

使い捨てカイロとペットボトルを用いた簡易型ツルグレン装置

加 藤 良 一

(地域教育文化学部 地域教育文化学科)

谷 原 一 弥

(教育実践研究科 学習開発コース)

長 根 智 洋

(天津日本人学校)

鈴 木 隆

(地域教育文化学部 地域教育文化学科)

山形大学紀要（教育科学）第15巻第4号別刷

平成25年（2013）2月

使い捨てカイロとペットボトルを用いた簡易型ツルグレン装置

加藤 良一

地域教育文化学部 地域教育文化学科

谷原 一弥

教育実践研究科 学習開発コース

長根 智洋

天津日本人学校

鈴木 隆

地域教育文化学部 地域教育文化学科

(平成24年9月28日受理)

要 旨

2ℓのペットボトルとステンレス製の排水ネット(直径:70mm)を用いてツルグレン装置を自作し、320mℓの土をこの装置に入れ、ミニサイズの使い捨てカイロ4個を60Wの白熱電球の代わりに使用して、装置全体を黒色の紙の筒の中に静置すると、この土の中から小さな動物を効率よく取り出すことができた。

I はじめに

土の中には、哺乳類であるモグラやネズミ、環形動物のミミズ、および節足動物のダニやムカデなど多くの種類の動物がいる¹⁾。これらの動物が理科教育における教材として取り上げられているのは、中学校理科3年²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾ および高等学校「生物基礎」⁷⁾⁸⁾⁹⁾において、土の中の生態系の構成者および生物の死骸やその排出物の分解者としてである。そして、実際に土の中からそれらの動物を取り出して観察する場合、採取した土をバットや白い紙の上に置いて、土を少しずつ選り分けながら比較的大きな動物はピンセットや吸虫管で採集し³⁾⁸⁾⁹⁾、その後その土をツルグレン装置にセットして、肉眼では確認できない小さな動物を採集する³⁾⁴⁾⁹⁾ことが紹介されている。

このツルグレン装置が理科教材(土壌動物抽出装置)として販売されているものの値段は2~3万円台で、その簡易型の装置でも8千円程度と高価である。さらに、土の中から動物を追い出すのに、40Wまたは60Wの白熱電球を長時間使用しなければならない³⁾⁴⁾⁹⁾。よって、中学校理科または高等学校「生物基礎」の授業において、このツルグレン装置を10台程度(各班に1台)または40台程度(生徒一人に1台)設置して土の中からそれぞれ小さな動物を採集しようとする、多額の予算と大きな電力を必要とするので、それは不可能である。

ペットボトルを用いて、ツルグレン装置を自作する試みはいくつか紹介されている¹⁰⁾¹¹⁾。それは、2ℓのペットボトルのほぼ半分的位置で、ペットボトルを2つに切り離し、その

口の付いた上部を逆さまにして立て、その中に金網またはネットを広げて入れ、その上に土を乗せ、白熱電球をセットして土の中から動物を取り出す方式である。

本研究では、このペットボトルを用いたツルグレン装置を自作し、さらに、白熱電球の熱源の代わりに使い捨てカイロをセットして、予算と電力供給の問題を解消し、中学校理科または高等学校「生物基礎」の授業で、このツルグレン装置を生徒一人に1台設置することも可能とした実験例を提唱した。

II 研究方法

1. 器具類

使い捨てカイロ（カイロミニ、サイズ：96mm×70mm、最高温度：62℃、平均温度：50℃、40℃以上を継続する時間：10時間、マイコール(株)、排水ネット（排水栓ネット7cm、ステンレス製、品番：DF-1480、貝印(株)）、およびLED電球（品番：LDA 7L-H-TV、全光束：約310ルーメン、明るさ：60W相当、イオン(株)）は、山形市内のホームセンターで購入した。白熱灯スタント（品番：ODS-60D-N/N-AG、(株)オーム電機または品番：BTE360005、小泉産業(株)）には、60Wの白熱電球（昼光ランプ、東芝ライテック(株)）またはLED電球をセットして使用した。

2. 土の準備

山形大学小白川キャンパス内の花壇（図1）において、そこに茂っている雑草を除き、その土壌表面から約150mmまでの深さの土をコンテナ（縦：270mm、横：320mm、深さ：140mm）の中に集めた（図2）。そのコンテナ内の土をよくかき混ぜて均一にしながら（図3）、その中に含まれる小石、植物の根、およびゴミを除いた。なお、この土では、モグラ、ネズミ、またはミミズなどの比較的大きな動物は見当たらなかった。

3. ツルグレン装置の作製および設置

2ℓの透明なペットボトルを準備し、その口から下方へ150mmの箇所およびその底から上方へ140mmの箇所、で、カッターナイフを用い切り離した（図4）。また、その口から下方へ100mmの箇所に、油性マジックで印を付けた（図4）。ペットボトルの底の下部の中に



図1 土を採取した場所



図2 採取した土をコンテナの中に集めている様子

直径90mmのガラスシャーレを置き、そのガラスシャーレの中に水を15mℓ入れた。ペットボトルの口の上部を引っくり返して、その口付近に排水ネットを置き、ペットボトルの口にキャップを付けた。その排水ネットから油性マジックの印までの間に、上記2のようにして準備した土（約320mℓ）を入れ、排水ネットを通過してその口の箇所に溜まった土を、キャップを外してその口から下に落とした。次に、排水ネットからさらに土が通過して落下しないように、土の入った口の上部をその底の下部の上にそっと乗せた（図5）。そして、その土の上面から上方に150mm離れた位置に白熱電球またはLED電球の下部がくるように、白熱灯スタンドをセットした（図6）。または、その土の上面全部を覆うように、使い捨てカイロを4個置いた（図7）。最後に、遮光するため、これらの装置全体を黒色の紙の筒（高さ：240mm）の中に入れた（図8）。

4. 土の温度変化の測定

上記3のようにして土を入れたツルグレン装置（図5）を準備し、白熱電球をセットした実験区、LED電球をセットした実験区、使い捨てカイロ4個をセットした実験区、およびそれら全てをセットしない実験区（対照区）を設置した。各実験区において、土の上面から5mm潜った箇所および排水ネットから5mm上方の箇所に、温度計の先端がそれぞれ位置するようにした（図9）。そして、それらを室温（24℃）下でセットしてから7時間



図3 土をよくかき混ぜて均一にしている様子

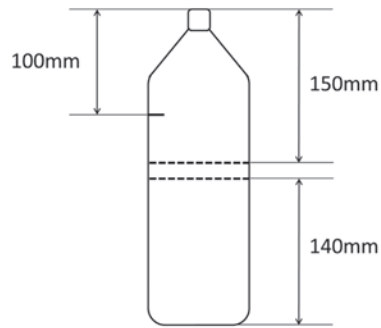


図4 2ℓのペットボトルの裁断箇所および印をつける箇所

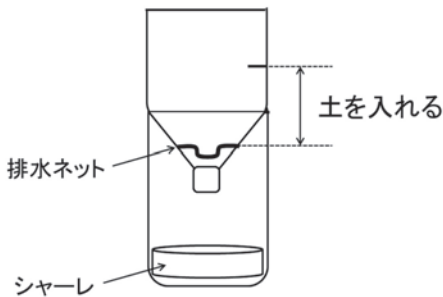


図5 ペットボトルで自作したツルグレン装置



図6 ツルグレン装置に白熱灯スタンドをセットした様子

30分後または8時間後まで、10分、30分、または60分間隔で温度計の数値を記録していった。

5. 土の中の動物数の測定

上記3のようにして土を入れたツルグレン装置（図5）を準備し、白熱電球をセットした実験区、LED電球をセットした実験区、使い捨てカイロ4個をセットした実験区、およびそれら全てをセットしない実験区（対照区）を設置した。そして、これらの装置全体を黒色の紙の筒の中に入れ、対照区ではその装置の上部から光が入らないように紙の筒の上部に新聞紙をのせた。それらを室温（24℃）下でセットしてから8時間後に、その中の水がこぼれないように注意しながら、ガラスシャーレをペットボトルの底の下部から取り出し、実体顕微鏡（Nikon SMZ-1B）を用いてその水の中に含まれる全動物の数を数えて記録した。

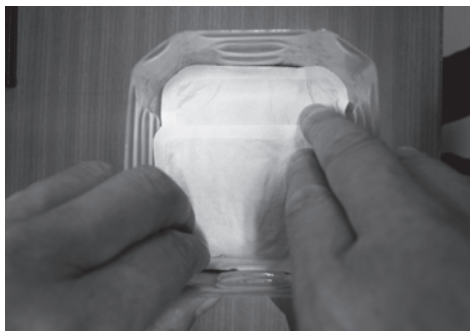


図7 ツルグレン装置の土の上面全部を覆うように使い捨てカイロ4個を置いた様子



図8 ツルグレン装置全体を黒色の紙の筒に入れた様子



図9 ツルグレン装置の土の温度変化を測定している様子

Ⅲ 結果

1. 土の温度変化の測定

図5のような土を入れたツルグレン装置を準備し、次の(1)~(4)の条件で、24℃下で7時間30分または8時間静置し、土の上面の箇所および排水ネットの箇所の温度変化を測定した。

(1) 白熱電球をセットした実験区

ツルグレン装置を設置してから3時間30分後には、土の上面から5mm潜った箇所および排水ネットから5mm上方の箇所での土の温度は、それぞれ30℃近くなり、その後は6時間30分後まで両箇所まで徐々に高くなった(図10)。

(2) LED電球をセットした実験区

ツルグレン装置を設置してから8時間後までに、土の上面の箇所および排水ネットの箇所での土の温度は、それぞれ26~27℃および24~25℃の間で、時間の経過共にほとんど高くならなかった(図11)。

(3) 使い捨てカイロ4個をセットした実験区

ツルグレン装置を設置してから約1時間30分後には、土の上面の箇所および排水ネットの箇所での土の温度は、それぞれ40℃ および34℃ 近くなった(図12)。さらに、7時間30分後までには、土の上面の箇所および排水ネットの箇所での土の温度は、それぞれ44℃ および37℃と徐々に高くなった(図12)。

(4) それら全てをセットしない実験区(対照区)

ツルグレン装置を設置してから8時間後までに、土の上面の箇所および排水ネットの箇所での土の温度は、両箇所共に26~27℃の間で、ほとんど変化しなかった(図13)。

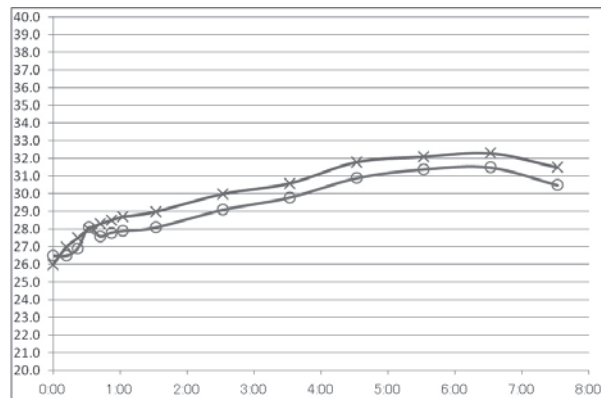


図10 ツルグレン装置に白熱電球をセットした実験区での土の温度変化

320mlの土を入れた自作のツルグレン装置に白熱電球をセットして、土の上面から5mm潜った箇所および排水ネットから5mm上方の箇所に、温度計の先端がそれぞれ位置するようにした。そして、それらを24℃で7時間30分後まで静置し、10分、30分、または60分間隔で温度計の数値を記録した。なお、×印は土の上面の箇所を、○印は排水ネットの箇所の土の温度を示した。

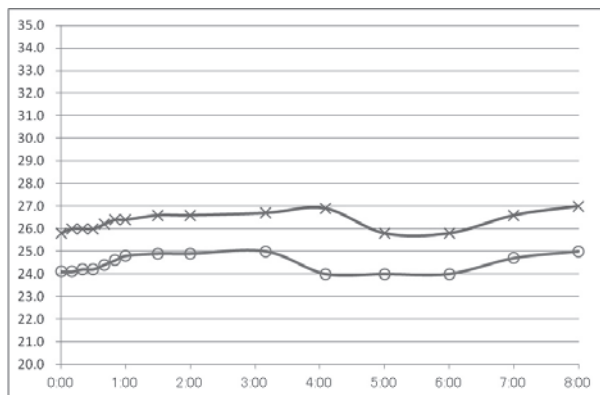


図11 ツルグレン装置にLED電球をセットした実験区での土の温度変化

320mlの土を入れた自作のツルグレン装置にLED電球をセットして、土の上面から5mm潜った箇所および排水ネットから5mm上方の箇所に、温度計の先端がそれぞれ位置するようにした。そして、それらを24℃で8時間後まで静置し、10分、30分、または60分間隔で温度計の数値を記録した。なお、×印は土の上面の箇所を、○印は排水ネットの箇所の土の温度を示した。

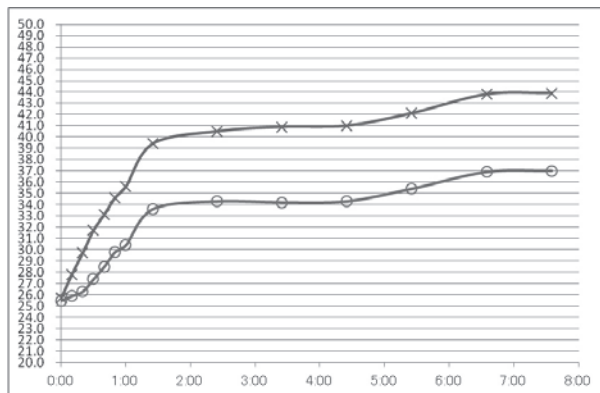


図12 ツルグレン装置に使い捨てカイロ4個をセットした実験区での土の温度変化

320mlの土を入れた自作のツルグレン装置にミニサイズの使い捨てカイロ4個をセットして、土の上面から5mm潜った箇所および排水ネットから5mm上方の箇所に、温度計の先端がそれぞれ位置するようにした。そして、それらを24℃で7時間30分後まで静置し、10分、30分、または60分間隔で温度計の数値を記録した。なお、×印は土の上面の箇所を、○印は排水ネットの箇所の土の温度を示した。

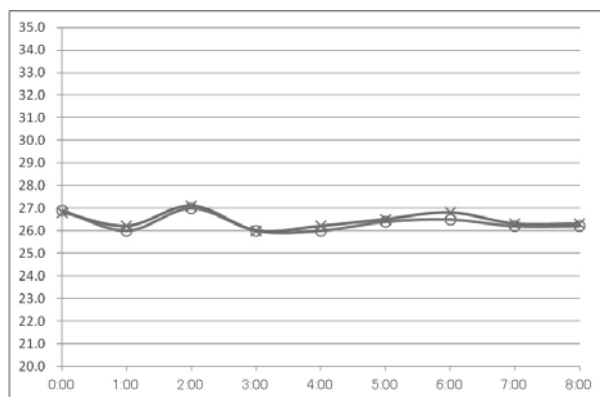


図13 ツルグレン装置に何もセットしない実験区（対照区）での土の温度変化

320mlの土を入れた自作のツルグレン装置に何もセットしないで、土の上面から5mm潜った箇所および排水ネットから5mm上方の箇所に、温度計の先端がそれぞれ位置するようにした。そして、それらを24℃で8時間後まで静置し、10分、30分、または60分間隔で温度計の数値を記録した。なお、×印は土の上面の箇所を、○印は排水ネットの箇所の土の温度を示した。

	1回目	2回目	3回目	4回目	平均値
白熱電球	13	—	20	12	15.0
LED電球	8	5	—	1	4.7
使い捨てカイロ	—	30	14	19	21.0
対照区	4	3	9	4	5.0

表1 ツルグレン装置を用いた各実験区において確認できた動物数

自作したツルグレン装置に320mlの土を入れて準備し、白熱電球をセットした実験区、LED電球をセットした実験区、使い捨てカイロ4個をセットした実験区、およびそれら全てをセットしない実験区（対照区）を設置した。そして、これらの装置全体を黒色の紙の筒の中に入れ、対照区ではその装置の上部から光が入らないようにした。それらを24℃でセットしてから8時間後に、取り出された全動物の数を実体顕微鏡を用いて数えた。4回の実験の結果から各実験区の平均値を算出し、右端に記した。

2. 土の中の動物数の測定

本実験は、平成23年10月28日から11月4日までの期間で4回行われ、確認できた動物数の平均値を求めた（表1）。ただし、平成24年9月11日に行った結果では、確認できた動物数は各実験区で2匹程度と少なかった。

図5のような土を入れたツルグレン装置を準備し、次の(1)～(4)の条件で8時間静置し、ガラスシャーレの水の中に落下した動物の数を数えた。

(1) 白熱電球をセットした実験区

ツルグレン装置を設置してから8時間後に、確認できた動物数は平均で15匹と多かった（表1）。

(2) LED電球をセットした実験区

ツルグレン装置を設置してから8時間後に、確認できた動物数は平均で約5匹と少なかった（表1）。



図14 自作したツルグレン装置を用いて土から採取したダニ



図15 自作したツルグレン装置を用いて土から採取したセンチュウ

(3) 使い捨てカイロ4個をセットした実験区

ツルグレン装置を設置してから8時間後に、確認できた動物数は平均で21匹と最も多かった(表1)。

(4) それら全てをセットしない実験区(対照区)

ツルグレン装置を設置してから8時間後に、確認できた動物数は平均で5匹と少なかった(表1)。

本研究で実際に確認できた動物としては、ダニ類(図14)、センチュウ(図15)、クマムシ、トビムシ類、ヤスデ、およびアリなどであった。

IV 考 察

中学校理科²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾ および高等学校「生物基礎」⁷⁾⁸⁾⁹⁾の授業において、土の中の生態系の構成者および生物の死骸などの分解者として土の中の小さな動物を取り上げ、それらを観察する目的で土の中からそれらを採集するには、ツルグレン装置が用いられる。理科教材として販売されているこのツルグレン装置は、高価でさらに白熱電球を使用する³⁾⁴⁾⁹⁾ため、予算面および電力供給面から、これらの授業の中で生徒一人に1台設置することはできなかった。

従来のツルグレン装置では、土の中から動物を追い出して取り出すための熱源として、白熱電球を用いている。ここでは、ペットボトルを用いてツルグレン装置を自作しそこに土を入れて、60Wの白熱電球をセットした時の土の温度変化を調べた。結果は、セットしてから3時間30分後に、土の上面の箇所および排水ネットの箇所、それぞれ30℃前後となった(図10)。一方、同様のツルグレン装置に使い捨てカイロ4個をセットした時の土の温度変化は、セットしてから約1時間30分後に、土の上面の箇所および排水ネットの箇所(動物が土から出ていく箇所)の土の温度は、それぞれ40℃および34℃近くになった(図12)。よって、使い捨てカイロは、60Wの白熱電球と比較して、それよりも強い熱源としてこのツルグレン装置に用いることができると確信した。次に、土を入れたこのツルグレン装置に白熱電球または使い捨てカイロ4個をセットして、8時間後にその土から出てきた動物の数を調べると、使い捨てカイロをセットした実験区では、白熱電球をセットした実

験区の結果と比較して、その数は多かった(表1)。なお、それら全てをセットしない実験区(対照区で、図13のように熱は加えられなかった)の結果は、白熱電球および使い捨てカイロ4個の結果と比較して、その土から出てきた動物の数はかなり少なかった(表1)。これらのことから、土の中から動物を追い出して取り出すための熱源として、使い捨てカイロをツルグレン装置に使用できることが確かめられた。

ペットボトルを用いたツルグレン装置に土を入れて、LED電球をセットした時の土の温度変化を調べた。結果は、8時間後まで、動物が土から出ていく箇所の温度は25℃以下でほとんど高くならなかった(図11)。よって、LED電球をセットした実験区では、ツルグレン装置内の土に熱を加えずに光のみが加えられると確認できた。そこで、土の中から動物を追い出して取り出すために、光はどの程度有効なのか調べた。土を入れたこのツルグレン装置にLED電球をセットし、8時間後にその土から出てきた動物の数を数えると、それら全てをセットしない実験区(対照区で、光と、図13のように熱は加えられなかった)の場合(表1)と比較して、同程度にその数は少なかった(表1)。また、上記のように、このツルグレン装置に白熱電球または使い捨てカイロ4個をセットしてから8時間後の結果は、白熱電球をセットした実験区(光と、図10のように熱を加えた)の土から出てきた動物の数と、使い捨てカイロをセットした実験区(光は加えず、図12のように熱を加えた)のそれは、共に多かった(表1)。これらのことから、ツルグレン装置において、土の中から動物を追い出して取り出すために、光は有効でないことが分かった。

以上の結果から、今までツルグレン装置で用いられている白熱電球は、土の中から動物を追い出して取り出すための光源としての役割もあると考えられていたが、実際に確かめるとそのような役割はなく、動物を取り出すための熱源として働いていることが示された。そして、ツルグレン装置において、土の中から動物を取り出すための熱源として、使い捨てカイロを白熱電球の代わりに使用できることが、本研究で初めて証明された。このことから、今までは予算面と電力供給の面から不可能であったが、ペットボトルを用いたツルグレン装置を自作し、さらに、白熱電球の熱源の代わりに使い捨てカイロをセットすれば、一班に1台または生徒一人に1台のツルグレン装置を設置することができるようになり、これを実際の中学校理科および高等学校「生物基礎」の授業に提唱できる。

本研究では、2ℓのペットボトルでツルグレン装置を自作し、そこに320mlの土を入れ

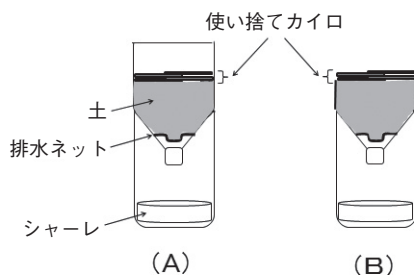


図16 使い捨てカイロ4個をセットしたツルグレン装置

A: 本研究で使用されたもの、B: 使い捨てカイロが外にむき出しにセットされたもの

て実験した(図5)。しかし、このツルグレン装置に660mlの土を入れて使い捨てカイロ4個をその土の上面全部を覆うようにセットすると、排水ネットから5mm上方の箇所(動物が土から出ていく箇所)の土の温度変化は、8時間後まで28℃以上にはならなかった(データは示さない)。よって、図5のような自作のツルグレン装置に使い捨てカイロ4個をセットする場合、中に入れる土の量は320ml程度にして、それ以上の量はいれないことが望ましいかもしれない。また、本研究では、2ℓのペットボトルの口から下方へ150mmの箇所で切り離し(図4)、その中に排水ネットと土を入れ、その土の上面全部を覆うように使い捨てカイロを4個置いた(図16A)。しかし、ペットボトルの口から下方へ100mmの箇所で切り離し、同様に設置して、装置全体よりも高い紙の筒の中に入れて実験すると(図16B)、使い捨てカイロからの熱が上部の空間にも放射されるようになって、使い捨てカイロに接している土を効果的に温めることができないようになると思われる。よって、セットされた使い捨てカイロが外にむき出しに(図16B)ならないようにして、ツルグレン装置を設置すべきと考えられる。さらに、本研究では、土の中の動物数の測定を平成23年10月28日から11月4日(最高気温:14.9~20.2℃)までの期間で行い結果を出したが、平成24年9月11日(最高気温:33.9℃)に行った結果では、確認できた動物数は各実験区でかなり少なかった。よって、気温が高いと小さい動物は高温を避けて地中深く潜ってしまう可能性があるため、土の中からその動物を数多く採取する場合、夏よりも秋が適しているのかもしれない。

なお、本研究は、山形大学大学院教育実践研究科の大学院1年生を対象とした授業科目「教材開発のための教科内容研究(生物学)」の中で、生物教育の教材開発研究として行ったものである。

V まとめ

2ℓのペットボトルの口から下方へ150mmの箇所およびその底から上方へ140mmの箇所で切り離し、その底の下部の中に水(15ml)を入れたガラスシャーレを置き、ペットボトルの口の上部を引っくり返して、その口付近に排水ネットを置いて、そこに土(約320ml)を入れ、それをペットボトルの底の下部の上に乗せた。そして、その土の上面の上方に、(1)白熱電球(60W)または(2)LED電球(60W相当の明るさ)をセットした白熱灯スタンドを置いた。または、その土の上面全部を覆うように、(3)使い捨てカイロ(ミニサイズ)を4個セットした。さらに、それらをセットしない(4)対照区も準備した。

(1)~(4)の土の上面の箇所および排水ネットの箇所の土の温度変化をそれぞれ8時間測定すると、(1)と(3)では土の温度は高くなったが、(2)と(4)ではその温度は高くなかった。また、(1)~(4)の装置全体を黒色の紙の筒の中に入れ、8時間静置して、各実験区で土から取り出された動物の数を数えると、(1)と(3)ではその数が多かったが、(2)と(4)ではそれは少なかった。

以上のことから、従来ツルグレン装置にセットされている白熱電球は、土の中から動物を追い出して取り出すための光源としての役割はなく、そのための熱源として働いていることが分かった。そして、ツルグレン装置において、土の中から動物を取り出すための熱源として、使い捨てカイロを白熱電球の代わりに使用できることが確かめられた。

引用・参考文献

- 1) 金子信博 (2007)「土壌生態学入門」東海大学出版会
- 2) 岡村定矩、藤嶋昭、ほか49名 (2011)「文部科学省検定済教科書 新しい科学3年」東京書籍pp.235
- 3) 有馬郎人、ほか56名 (2011)「文部科学省検定済教科書 理科の世界3年」大日本図書 pp.121-122
- 4) 塚田捷、山極隆、森一夫、大矢禎一、ほか57名 (2011)「文部科学省検定済教科書 未来へひろがる サイエンス3」新興出版社啓林館pp.189-190
- 5) 霜田光一、ほか25名 (2011)「文部科学省検定済教科書 中学校科学3」学校図書pp.156
- 6) 細矢治夫、養老孟司、下野洋、福岡敏行、ほか25名 (2011)「文部科学省検定済教科書 自然の探求 中学校理科3」教育出版pp.190
- 7) 嶋田正和、ほか11名 (2011)「文部科学省検定済教科書 新編 生物基礎」数研出版 pp.138
- 8) 吉里勝利、ほか17名 (2011)「文部科学省検定済教科書 新生物基礎」第一学習社pp.166-167、pp.171
- 9) 馬場昭次、ほか9名 (2011)「文部科学省検定済教科書 高校生物基礎」実教出版pp.133
- 10) 東京都小学校理科教育研究会編、(2006)「21世紀の小学校理科カリキュラム ー科学的リテラシーの育成を目指した2区分制理科カリキュラムの提案」東洋出版社pp.112-114
- 11) エコ実験研究会編 (2008)「環境問題を考える自由研究ガイド」東京書籍pp.48-51

Summary

Ryoichi Kato¹⁾, Kazuya Tanihara²⁾,
Tomohiro Nagane³⁾, Takashi Suzuki⁴⁾ :
Simple model of crane Glenn device using pocket heaters and a plastic
bottle

The crane Glenn device was made using a plastic bottle of 2 L and a drainage net. Four pocket heaters of small size were set at the device as substitute for an electric light bulb of 60W. Many small animals were taken out efficiently from soil of 320ml.

- 1) Food and Nutrition, Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University
- 2) Curriculum and Instruction Course, Graduate School of Teacher Training, Yamagata University
- 3) Tianjin Japanese School
- 4) School Education, Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University