

簡易ろ過装置によるろ過効果の検証

野村 正則 有吉 宏朗 衛藤 大青

Verification of the Effectiveness of Filtration by Simple Filtration Device

Masanori NOMURA Hiroaki ARIYOSHI Daisei ETOH

【要 旨】

震災時の生活用水確保には、雨水の活用が考えられる。そこで雨水が安心して活用できるかどうかを検証するために、まずは簡易ろ過装置についてインターネットで調べ、その中から身近にある材料で簡単に製作できるものを数種類ピックアップし、ろ過効果を実測した結果、ろ過装置は材料の組み合わせや量の違いにより、落下速度が異なりろ過水の濁度も異なることが判明した。

落下実験を繰り返しながらろ過装置を改善していく中で得られた結果を基に、最も効率的と思われる簡易ろ過装置を製作し、近辺の川・海・水たまりの泥水・ポリ容器にたまっていた雨水をろ過し、ろ過前後と培養実験後とを比較した。しかしこの培養実験では、雨水は、ポリ容器に長時間たまっていた水を使用したため、降雨中に取水した雨水を使って、取水3日後に再度培養実験を行い、雨水が生活用水として使用可能かどうかを検証した。

【キーワード】

雨水 ペットボトルのろ過装置 落下実験 微生物培養実験

1. はじめに

学校法人別府大学では平成23年度より、学内GP制度を創設し、学科や教員の研究支援をすることになった。その一つとして短大では「震災GP」に取り組むこととなった。「震災GP」の一部として「震災時の食」に取り組む中で、生活用水について担当することとなった。

そこで、大学近辺の水が生活用水として活用可能かどうかを検証するため、春木橋上流の春木川の水、上人ヶ浜の別府湾の海水、大学中庭

の水たまりの泥水、自宅のポリ容器に溜まっていた雨水について、手作りの簡易ろ過装置によるろ過実験と、細菌の有無を確認するための微生物培養実験を行うことにした。

2. 方法

(1) まずは、インターネットでペットボトルで作る簡易ろ過装置について調べたところ、ほとんどの材料は共通しているが、材料を重ねる順番や、量がそれぞれ違うことが判明した。そこで、ろ過効果の高い簡易ろ過装置はどのような

材料をどの順序で、どの量で組み合わせるのが効率的か6種類の装置を作り比較し、その中で最も濁りが少なかったろ過装置の作成方法を採用することとした。

(2) 次に、(1)の実験で水の落下速度が早い装置はろ過効果が少なかったことから、落下速度の遅い装置を作るため、落下速度の違いは砂の量と関連があるのではないかと推測し、砂の量を100g単位で変えた装置を作り、落下時間を測定したところ、砂の量と落下速度に相関関係はないことが判明した。

(3) 落下速度を遅くするには、排水口（ペットボトルの口）に湿らせたカット綿をギュッと詰めると効果的であることがわかったので、この方法で作成した改良型ろ過装置を使い、大学近辺で採取した4種類の水のろ過前とろ過後を顕微鏡観察し、比較した。

(4) 作成した簡易ろ過装置で、見た目はほとんど汚れのない水が得られることが確認できたが、細菌の有無も気になったので、微生物培養実験を行い、ろ過前とろ過後の比較をした。

3. 結果及び考察

(1) ペットボトルのろ過装置について

インターネットで検索すると数多くのろ過装置がヒットするが、その中から、材料が容易に入手できるもの6種類を選択し、試作することとした。また、それらの装置に使用されているろ過材について、それぞれの役割を簡単に記しておく。

1) 木炭・活性炭

木炭には、数ミクロンから数百ミクロン（1ミクロンは1.000分の1ミリ）の小さな孔がいっぱいあいている。炭1グラムの孔の内部の表面積は、約300平方メートルと言われている。木炭のこの広い表面積をくぐり抜ける中で汚れが吸いつき、水はきれいになっていく。なお、参

考資料ではより緻密な活性炭や備長炭などを使用していた装置があったが、これらは入手が難しいので、今回は入手しやすいバーベキュー用の木炭を使用することとした。

2) 砂

砂は、ゴミを通さないフィルター役目をすると考えられる。

3) 砂利・小石

ペットボトルの口に近い底の部分の小石は、沈殿層の役割をする。木炭の上部の小石は、ろ過しようとする水を注いだ時、木炭が浮き上がらないようにするのが目的である。木炭が浮き上がらないで、永く水中に留まることで、吸着効果が高まる。

4) 土

自然界では、雨水が土中を通って湧き水となるので、ろ過材として使用されたと思われる。

5) 枯れ葉・笹の葉

枯れ葉等は、付着しているバクテリアが、細菌を分解することを期待して使用されたと考えられる。

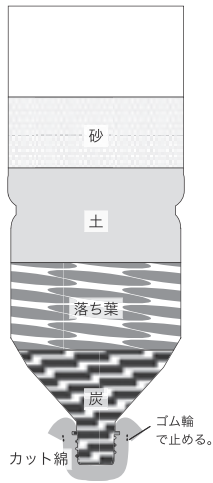
6) カット綿・布

ペットボトルの口の部分のカット綿は、保水効果を調節する役目をする。木炭の上と下のカット綿は、小石と木炭が混ざらないようにする役目である。最上部では、大まかなゴミや泥を吸着する。この部分は最も汚れるので、こまめに取り替えると、木炭の吸着効果も永く保たれる。

(2) 実際に作って見たろ過装置での落下実験

インターネット等で得られた情報を元に、活性炭や焚き火の燃えかすは、入手し易い、バーベキュー用の木炭に置き換え、6種類の簡易ろ過装置を製作し、それらに300ccの泥水を注いで、落下時間とろ過効果を測定した。

1) ドロップ先生の水講座「ペットボトルで水浄化」を参考に作成したろ過装置



- [使用材料]
 ・砂 200g
 ・土 300g
 ・落ち葉 100g
 ・木炭 100g

[排水口]
 ペットボトルの口を
 カット綿で外から覆
 い、輪ゴムで止めた。

図-1 土・落葉を含むろ過装置

300ccの泥水の落下時間34分、やや濁っている。

2) 喜多方市水道課「ろ過器を作ってみよう」を参考に作成したろ過装置(ただし活性炭を、木炭に置き換えた。)



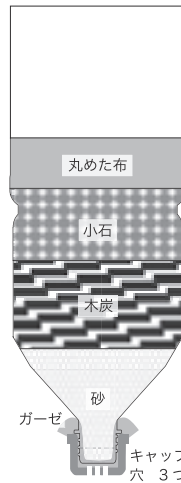
- [使用材料]
 ・布 1枚
 ・砂 400g
 ・木炭 100g
 ・小石 650g
 ・ティッシュ 40g

[排水口]
 ボトルのキャップにキ
 リで2つ穴を開ける。

図-2 排水口にティッシュを使つたろ過装置

300ccの泥水の落下時間11分、多少濁りがある。

3) アクアスフィア橋本淳事務所「非常用の飲み水を作る」を参考に作成したろ過装置



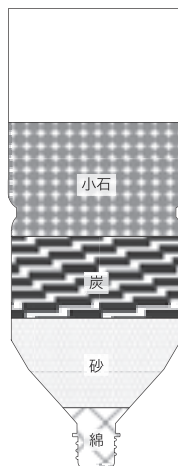
- [使用材料]
 ・丸めた布 5g
 ・小石 500g
 ・木炭 140g
 ・砂 845g

[排水口]
 ボトルのキャップ内側
 にガーゼをはさみ、
 キャップにはキリで3
 つ穴を開けた。

図-3 排水口にガーゼを使つたろ過装置

300ccの泥水の落下時間26分、あまり濁りはない。

4) 川崎市公害研究所「水の浄化実験」を参考に作成したろ過装置



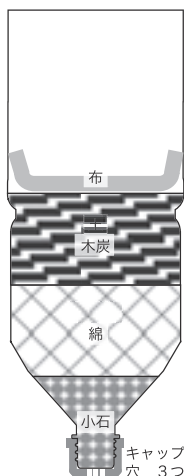
- [使用材料]
 ・小石 400g
 ・木炭 100g
 ・砂 320g

[排水口]
 ボトルの口部分にカッ
 ト綿を1層分詰め、
 キャップはしない。

図-4 排水口にカット綿を軽く詰めたるろ過装置

300ccの泥水の落下時間8分、多少濁りがある。

5) 仙台市立小野田小学校「小学校5年生にもできちゃったペットボトルの浄水器」を参考に作成したろ過装置

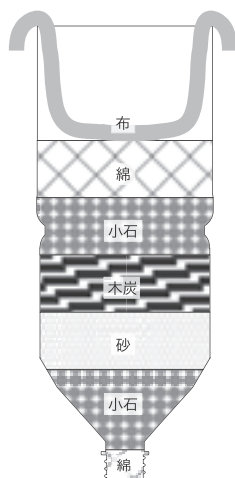


- [使用材料]
- ・布 1枚
 - ・木炭 100g
 - ・カット綿 2層
 - ・小石 200g
- [排水口]
- ボトルのキャップにキリで3つ穴を開ける。

図-5 排水口はキャップに穴を開けたろ過装置

300ccの泥水の落下時間6分、かなり濁りがある。

6) 日本ボーイスカウト岐阜連盟「遊びの中で学ぶ防災サバイバル」を参考に作成したろ過装置



- [使用材料]
- ・布 1枚
 - ・カット綿 1層
 - ・小石 200g
 - ・木炭 100g
 - ・砂 250g
 - ・小石 200g
- [排水口]
- ボトルの口部分にカット綿を1層分詰め、キャップはしない。

図-6 排水口にカット綿をギュッと詰めたろ過装置

300ccの泥水の落下時間40分、ほとんど濁りがない。

(3) 簡易濁度測定

上記6種類のろ過装置に泥水を注ぎ、ろ過後の泥水の濁度を視認比較した。また、写真のような投光方式での簡易測定も実施した。



写真-1 濁度の簡易測定

その結果、図5→図1→図4→図2、の順で濁度が高く、ろ過効果が少ないことが判明した。また、図5が最も落下速度が早く、図4・図2も落下速度が速かった。このことも、ろ過効果に影響していることが推測された。なお、1) (=図1)の使用材料の内、「土」については、水を加えることで、泥水になるので、かえって濁度を高めるため、使用しない方がよいことも判明した。また、「枯れ葉」については、微生物による分解が主な役目であることから、長時間水がとどまっている必要があり、別に「桜の枯れ葉」を主材料に使用したろ過装置で1日以上かけて落下させたところ、ろ過水は赤褐色になってしまった。しかし、1~2時間のろ過では、微生物による分解効果を期待するのは無理があると感じたので、今回はこの材料も使用しないことにした。

(4) 簡易ろ過装置 (試作器)

上記の結果を踏まえ、今回使用するろ過材は、カット綿・小石・砂・木炭とし、下記のようなろ過装置を、砂の量を変え5台試作した。

簡易ろ過装置 (試作器：5台とも砂の量は異なる)

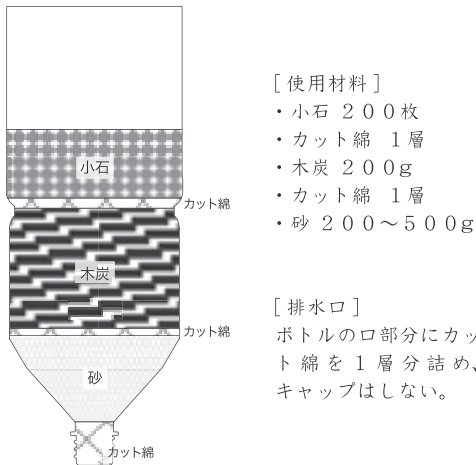


図-7 試作したろ過装置の一例

これらの5台のろ過装置は、先の実験で、落下速度の違いがろ過効果に影響すると推測できたので、砂の量を200g～600gまで100gずつ違えて、他の材料は同量になるように製作した。

これらのろ過装置を使って第1回のろ過実験を行ったところ、 $200g < 300g < 400g > 500g < 600g$ となり(表-1)、砂が増えるに従って落下速度が遅くなるわけでも無いという結果となったが、落下時間が1時間以上かかった装置は、ほぼ透明に近いろ過効果が得られた。同じ種類の材料で、もう一度作り直して第2回目のろ過実験をしたが、落下速度の結果は $200g < 300g > 400g < 500g > 600g$ となり(表-2)、砂の量と落下速度には相関関係が無いことが判明した。

表-1 第1回ろ過実験

砂の量	200g	300g	400g	500g	600g
落下時間	45分	56分	78分	51分	65分

表-2 第2回ろ過実験

砂の量	200g	300g	400g	500g	600g
落下時間	48分	73分	65分	86分	52分

(5) 綿の詰め方の比較

ろ過装置の落下速度の違いは砂の量の違いで

はないことが判明したので、次は綿の詰め方に着目し、1リットルの水の落下速度を比較してみた。カット綿1層(6×12×0.6cm=2.6g)を使用し、乾いたままペットボトルの口につめた場合と、水を含ませた後しっかり絞ってからペットボトルの口につめた場合をそれぞれ4つずつ比較した(表-3)。ただし、試行の結果、最後の2～3滴が落下する時間に差が大きいことから、ペットボトルに100ccの水を入れた位置に印を付け、1100ccの水がその位置まで来た時点で1000ccの水が落下したものと、測定した。結果、乾いた綿では同じように詰めつつもりでも、落下時間にばらつきがあり、1時間前後で落下してしまうものが多のに対し、綿に水を含ませてからペットボトルの口につめると1リットルの水の落下時間はいずれも2時間以上かかることが確認された。

表-3 綿詰め方の違いによる水の落下時間

	A	B	C	D
乾いた綿	71分	113分	60分	47分
湿った綿	125分	147分	218分	157分

(6) 大学近辺の水、原液とろ過水の顕微鏡観察比較(顕微鏡写真:倍率40倍)

(5)の結果を踏まえ、ろ過装置の口の部分を湿ったカット綿に取り替えて、大学近辺の水4種類(春木橋上流の川水、上人ヶ浜の海水、長く溜まっていた雨水、中庭の泥を加えた水道水)について、まず、4種類の原液の顕微鏡写真を撮り、次にろ過後の水の顕微鏡写真を撮り、比較考察した。

1) 春木橋上流の川水(写真2・3)

原液:小さな石の粒らしきものを観察できた。しかし雨水(原液)よりは不純物は大幅に少なく、また大きな不純物なども観察できなかった。

ろ過水:ろ過前と同じく小さな石の粒らしきものや、植物片などをいくつか観察できた。もとの粒自体が小さいため、ろ過では取り除けなかったと思われる。

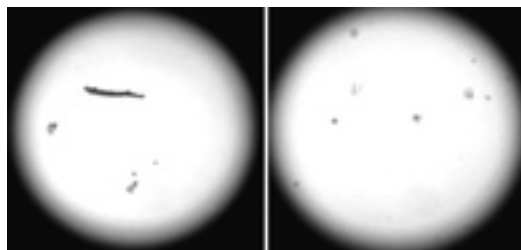


写真-2 川の水原液 写真-3 ろ過後の川水

2) 上人ヶ浜の海水 (写真4・5)

原液：大きな繊維状の物質が一つ混入していたが、他は小さな粒（おそらく細かな砂だと思われる）がいくつか観察できただけで、今回観察した4種のサンプルの中では圧倒的に不純物は少なかった。

ろ過水：小さな不純物が少数観察できただけで、混雑物はほぼ確認できなかった。

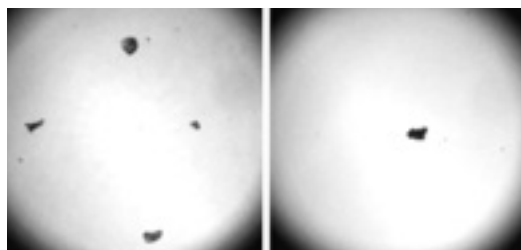


写真-4 海水原液 写真-5 ろ過後の海水

3) 長く溜まっていた雨水 (写真6・7)

原液：ボウフラが目立ったが、それ以外に根っこのようなものや、錆片らしき小さな粒を多数観察でき、不純物はやや多めだった。

ろ過水：ボウフラや根などの大きな混入物は除去できていたが、小さな粒はやや少なくなったものの残留していた。

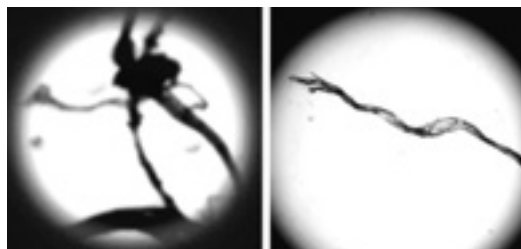


写真-6 溜り雨水原液 写真-7 ろ過後の雨水

4) 中庭の泥を加えた水道水 (写真8・9)

原液：サンプル中圧倒的に混雑物が多かった。小さな砂の欠片がまんべんなく広がっていた。

ろ過水：原液で観察できた砂の欠片が2/3近く取り除かれていた。しかし他のサンプルに比べると混入物の数は多かった。

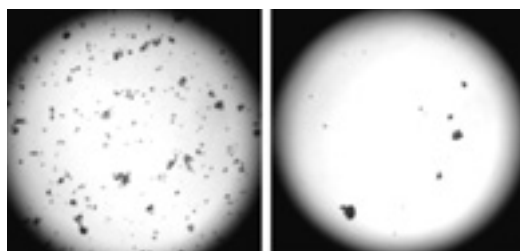


写真-8 中庭の泥水原液 写真-9 ろ過後の泥水

以上、顕微鏡観察では、4種類の原液はともに多くの不純物が混入していた。一方、4種類のろ過水いずれからも微細な混入物が確認されたが、見た目にはほぼ透明なるろ過水となっており、生活用水としては使用可能と思われた。

(7) 微生物培養実験

次に、上記4種類の水の原液と、ろ過後の水の微生物培養実験を下記の条件で行い、細菌の有無を観察した。

培地：LB 培地（標準培地）・培養時間：48時間
培養温度：35度

1) 春木橋上流の川水 (写真10・11)

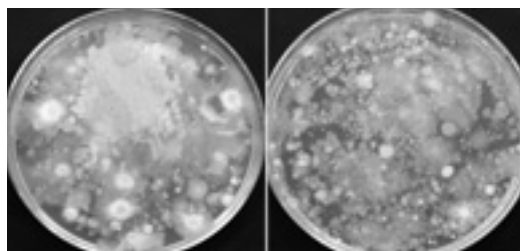


写真-10 川の水原液 写真-11 ろ過後の川水

原液：培地一面に菌が広がっていた。このことから菌数がある程度存在していることが考え

られる。また生育した菌数は雨水に比べて多様になっていたことから、菌種は多く存在していると考えられる。

ろ過水：原液に比して、培地への広がりが薄くなっているように見えた。

2) 上人ヶ浜の海水 (写真12・13)

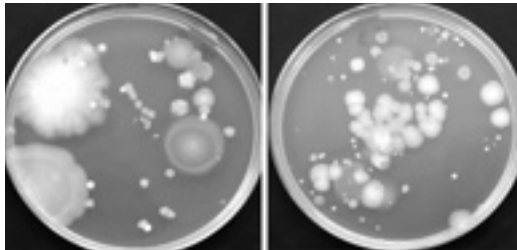


写真-12 海水原液 写真-13 ろ過後の海水

原液：今回のサンプルの原液の中で一番生育コロニー数が少なかった。

ろ過水：ろ過前と比してコロニー数の大幅な変化は観察できなかった。

3) 長く溜まっていた雨水 (写真14・15)

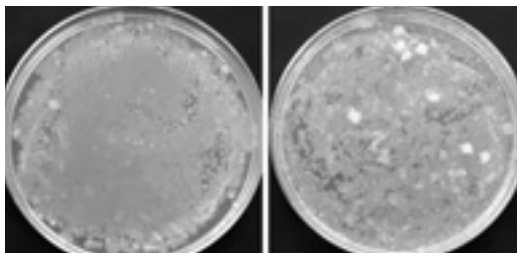


写真-14 溜り雨水原液 写真-15 ろ過後の雨水

原液：見た目的には生育した菌の種類は多くないように見えた。しかし培地一面に生育したことから菌数はある程度存在していたようであった。

ろ過水：原液に比して、若干だが培地への広がりが薄く、菌数がわずかに減少しているのではないかと考えられる。

4) 中庭の泥を加えた水道水 (写真16・17)

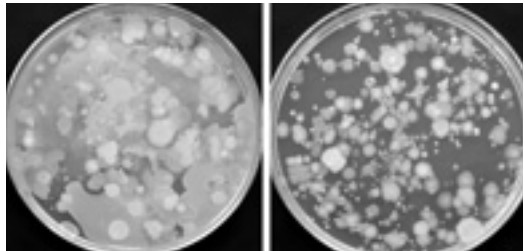


写真-16 泥水原液 写真-17 ろ過後の泥水

原液：培地一面にコロニーの生育を観察できたが、雨水や川水の原液に比して、それほど差はないように見えた。

ろ過水：雨水、川水と同様に培地へのコロニーの広がりが薄くなっていた。

以上、顕微鏡観察と微生物の生育について、今回の実験では混雑物が減少すると微生物のコロニー数も減少する結果を得た。これは混雑物を取り除くことによって、そこに付着していた微生物も取り除くことができたからではないかと考えられる。

しかし、今回の実験では、簡易ろ過装置では、微生物の除去はできないことが判明した。ただし、ろ過装置に使用した砂は、数回水洗いしたが、木炭の下部に使用したため、木炭で不純物が除去されてもその下部にある砂に雑菌が含まれていてろ過できなかった可能性も考えられるため、砂を使わないろ過装置を作成し、試してみることにした。

(8) 砂を除いたろ過装置の製作

これまでの結果から、砂は落下速度に関係しないことが確認されている。また、砂を洗って使用したが、砂は1～2度洗ってもまだ汚れ(泥の粒子)が残っていたことが考えられる。砂は、かえってろ過水が濁る原因になっていることがわかったので、今回使用するろ過材は、カット綿・小石・木炭とし、下記のようなろ過装置を製作した。このろ過装置で泥水をろ過してみたところ、砂があった時よりも、見た目ではきれいなるろ過水が得られた。また、砂を洗う

時間が不要になったことで、ろ過装置の製作時間が大幅に短縮できた。数回試してみたが、泥水がほぼ透明にろ過できることから、生活用水を得るための簡易ろ過装置としてはほぼ完成型と言える。

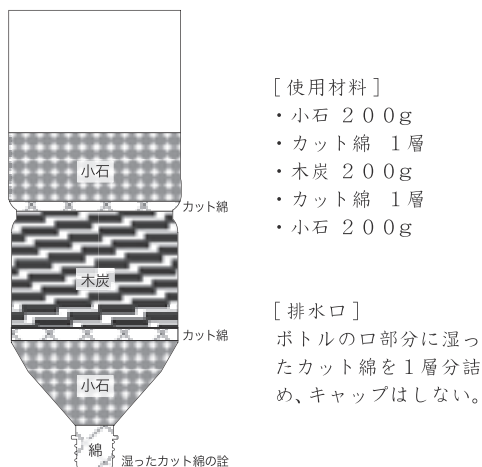


写真-8 完成型・簡易ろ過装置

(9) 降りたての雨水のろ過

今回作成したろ過装置を使えば、降りたての雨水が飲用に適するようになるのかどうか微生物培養実験を行い観察してみた。

1) 顕微鏡観察 (写真18・19)

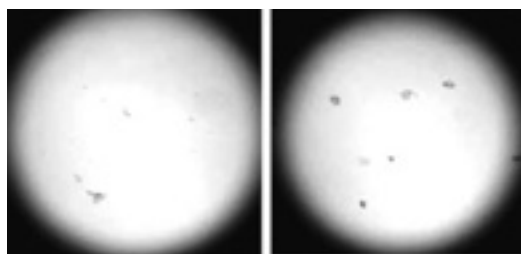


写真-18 原液

写真-19 ろ過水

前回観察した「長期間溜まっていた雨水」と比べると、混雑物の大きさもかなり小さく、その数自体もすくなくった。原液とろ過したものでも大きな差はないように見えた。

2) 微生物培養実験 (写真20・21)

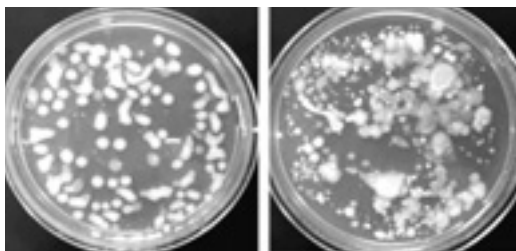


写真-20 原液

写真-21 ろ過水

混雑物が少なかったせい、培養できたコロニーの数も少なく、見た目にはその種類も多くなさそうに見えた。原液とろ過したものを比較すると、ろ過した後のほうがコロニーの数が増えているように見え、またコロニーの形も種類も多くなっているように見えた。(ろ過装置の材料に微生物が付着していたのか?)

3) 滅菌水と水道水の培養 (写真22・23)

また、培養装置に菌が残っていた可能性も考え、念のため、滅菌水と水道水についても同様に微生物培養を行ってみた。

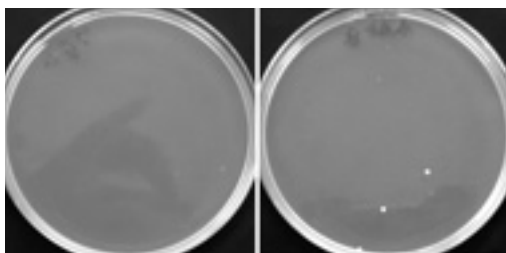


写真-22 滅菌水

写真-24 水道水

どちらも菌の存在は確認されなかった。

4. 結論

大きめのペットボトルで効果的な簡易ろ過装置を製作すれば、泥水や川の水であっても生活用水として使用できる程度にろ過できることがわかった。

効果的なろ過装置製作のポイントは、①ペットボトルの口に詰めるカット綿は水を含ませてきつく絞ってから詰めることで、水がろ過装置

に長時間留まるようにする。②ろ過材は木炭を主体とし、土や砂、枯れ葉等は使用しない。③ろ過しようとする水を入れた時、木炭が浮いてこないようにする。の3点である。

また、一連の観察結果から、私達が製作した簡易ろ過装置では、泥やゴミの除去はでき、生活用水として使用することはできそうだが、微生物を除去することはできなかった。

見た目では透明な雨水も、ろ過水も、微生物培養をすると、かなりの菌が増殖することから、飲食用には必ず煮沸する必要があることがわかった。

【追補】

今回の本文中では触れなかったが、微生物培養観察は、中庭の泥水に水質浄化剤ポリグルレスキュー^(*)を使用した水でもおこなった。その結果、細菌はほとんど検出されなかった。これは、泥水の不純物のフロックに細菌も一緒に凝集されたためと思われる。

この結果から、簡易ろ過装置での単なるろ過では、不純物は除去できても細菌までは完全に除去できなかったが、水質浄化剤を併用すれば飲み水の確保も可能であることが示唆される。

なお、微生物培養観察の際、観察記録としての量的観察しかおこなわなかったため、細菌の個体が多い・少ないという表現や、減少した・増加したという曖昧な表現になってしまったが、個体数を数的に記録しておけば、もう少し正確な資料となったと反省している。また、測定試薬や測定器具を使用した、水質検査や濁度測定をおこなえる環境も必要であると感じている。今後の課題としたい。

(*) ポリグルレスキュー：阪神淡路大震災の際、生活用水の確保が困難であったことから、日本ポリグル株式会社（大阪市中央区内久宝寺町4-2-9）が開発した水質浄化剤。1袋（100g）で1,000リットルの生活用水が確保できるとされている。

【参考文献】

- 1) 田中利永子・吉田謙一・岩淵美香 環境科学教室 2005 「水の浄化実験」～きたない水がきれいな水に！～ 川崎市公害研究所 年報 第33号 2006
- 2) 山口努・村山陽子 飲用水中の有害物質除去に関する研究 北陸学園短期大学紀要 第34号 2002
- 3) ろ過器を作ってみよう：喜多方市水道課 [上流は下流を想い、下流は上流を敬う。] <http://www.kitakata-suidou.jp/kids/handicraft.php> 2012/09/24
- 4) 監修：岐阜大学工学部教授 高木朗義 遊びの中で学ぶ防災サバイバル—きみは4日間生き延びられるか— 日本ボーイスカウト岐阜連盟 <http://www.bousaisurvival.net/credit.html> 2012/09/24
- 5) 非常用の飲み水を作る—aqua-solutions—/アクアスフィア橋本淳司事務所 <http://www.aqua-sphere.net/es/as/02/as02.html> 2012/09/24
- 6) ペットボトルで水浄化 ドロップ先生の水講座 http://dropwater.jp/3index_jouka.html 2012/09/24
- 7) ペットボトルの浄水場（泥水 VS 砂・砂利・布）高松市立・亀阜小学校 4年 安藤美咲・安藤千咲 www.pref.kagawa.jp/kankyoe_center/pdf/petji.pdf
- 8) 小学校5年生にもできちゃったペットボトルの浄水器 仙台市立大野田小学校 www.sendai-c.ed.jp/~oonoda_pet%20
- 9) ペットボトルでかんたん「ろ過実験」水のこと体験しよう メタウォーターランド www.mwland.jp/experience/01/html 2012/09/26
- 10) ペットボトルで水をろ過する方法—シャイニーキャットの日記 <http://d.hatenane.jp/Shinycat/20110321/1300682132> 2012/09/26
- 11) 谷口尚規・石川球太 冒険手帖 光文社 2005/8/15
- 12) かざまりんべい・佐原輝夫 新冒険手帖 主婦と生活社 2006