

新材料による簡易濾過槽の実験的 試作について

(ウレタンフォームの濾水効果)

村 松 常 司

1 緒 言

戦後、日本における上水道は日本経済急激な伸びにもかかわらず、普及していない。実際、山間部の避地では、今だに天水や、簡易濾過装置に依存する民家が相当数あることは問題であり、特に上道の普及率の低い岩手、茨城、栃木の各県においては上水道対策は深刻な問題となっている。

そこで、避地における日常的な簡易濾過槽と、都市における災害時の緊急用と、この二つの観点から新材料を使用し、さらに濾過材料の組み合わせに変化をもたせた簡易濾過装置を試作しようとした。

特に上水は、人体に直接的影響を与え、水系伝染病の感染源となるものであり、いかに緊急時であっても、決して浄化殺菌をおろそかに出来ないものである。しかし、だからといって濾過能力が高性能であっても、結果的に濾過装置が高価になっては、緊急時、日常を問わず一般家庭としては、入手し難いものになる。

そこで、従来の濾過材料の他にウレタンフォーム等の新材料を使用して、より簡単で、安価で、入手しやすく、濾過能力に優れた上水簡易濾過装置について実験的試作を試みた。その結果、次の如き結果を得たので報告する。

2 調査方法

2・1 濾過槽

1) 単層：図1の容器に、単一材料それぞれ、小石、砂利、ウレタンフォーム、コークスを入れ、No.1, No.2, No.3, No.4の実験濾過槽を作った。

2) 複層：図2, 図3, 図4のように単一材料の組み合わせにより、複層の実験濾過槽を作り、No.5, No.6, No.7とした。

図1 濾過槽の見取図 単位mm

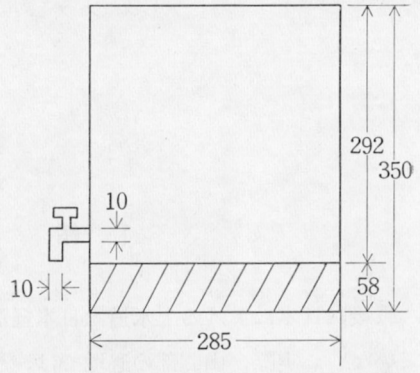


図2 濾過槽No.5 単位cm

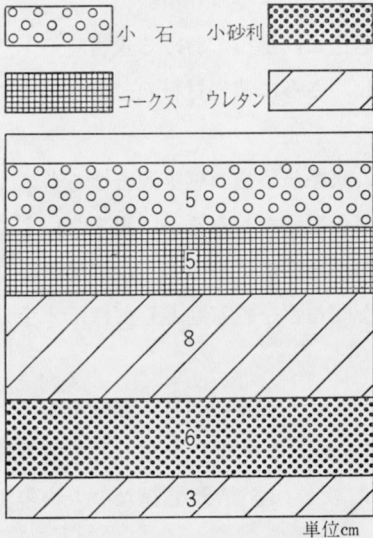
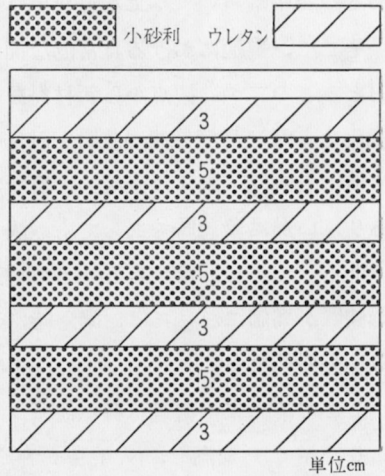


図3 濾過槽No.6 単位cm



単位cm

単位cm

3) 材料の洗浄方法：小石，破利ウレタンフォーム，コークス等を1日約3時間，2日間にわたり煮沸後蒸留水で洗浄し，充分乾燥させた。

2・2 採水

1) 取水：某大学の尿尿浄化槽の消毒槽にて取水した。

2) 稀釈度：原水を10倍に稀釈した。

2・3 検水の条件

稀釈水を各槽の上縁まで満たし，注水量だけ，原則として全部排水しいつも1ℓ区切りで排水した最後の1ℓを検水として使用した。また，

貯留時間は12時間，48時間，……312時間とし，次の9項目について実験調査を行なった。

(1) 色度

検水10CCにて比色法で行なった。

(2) 濁度

検水10CCにて比色法で行なった。

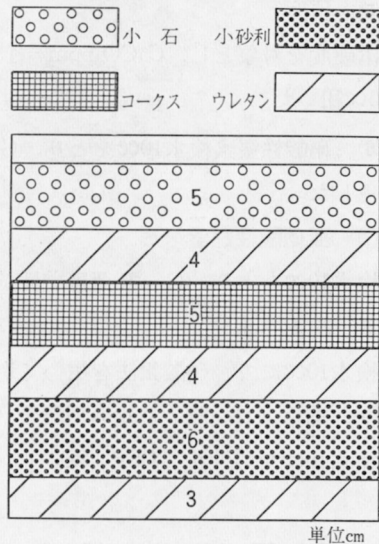
(3) PH

検水5CCをとり，BTB溶液並びに，PR溶液のどちらか2滴加えて比色した。

(4) 総アルカリ度

水中のアルカリ全部をCaCO₃として，ppmであらわしたもので，本法は中和点の終末点を，メチルオレンジ溶液を指示薬として測定した。すなわち，検水10CCを磁皿にとり，メチルオレンジ溶液を1滴加えて，N/50H₂SO₄

図4 濾過槽No.7 単位cm



で滴定した。

(5) 硬度

総硬度を対象とし、 $\text{CaCO}_3\text{ppm} = 1$ を1度に相当する基準とした。検水は200cc用いた。

(6) 硝酸性窒素検水10ccをとり、G・R硝酸性試薬を発色剤として使用し比色した。

(7) 亜硝酸性窒素

検水10ccをとり、G・R亜硝酸性試薬を発色剤として使用し、比色した。

(8) 塩素イオン

検水10ccにて、硝酸銀法を用いて塩化物を塩素イオンであらわした。

(9) 過マンガン酸カリウム消費量

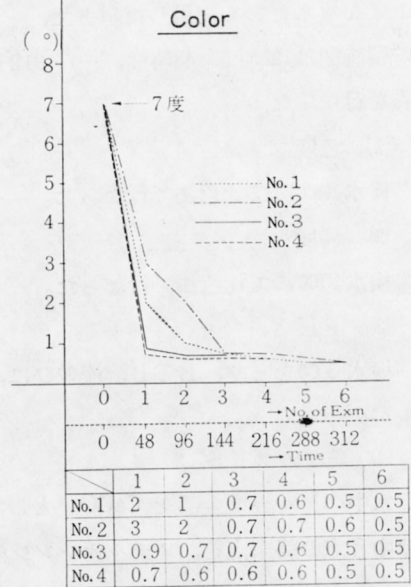
検水10ccを酸性法で行なった。

3 調査成績

3・1 色度

1) 単層：表1-1にあらわしたように、入水後48時間で、それぞれ急激な低下を示している。この時点で濾過能力の高いものから、 $\text{No. 4} > \text{No. 3} > \text{No. 1} > \text{No. 2}$ の配列となり、 No. 3 、 No. 4 のウレタンフォームとコークスが特にすぐれている。3回目の144時間後では、 No. 1 、 No. 2 、 No. 3 がそれぞれ0.7度、 No. 4 が0.6度とほぼ安定してきている。実験当初の予想では砂利の方が小石よりも低い

表1-1



値を示すものと思われていたが逆の値になった。

2) 複層：表1-2に示すように、

No.5, No.6, No.7とも急激に低下し、4回目は三者とも0.1度以下となった。とりわけ、No.5, No.7が同じ経過で、1回目に0.1度となり、2回目で0.1度以下となった。No.6は1回目に0.3度に低下、以後0.2度、0.1度と低下し、4回目に0.1度以下となった。注入前の色度は4度であった。

3・2 濁度

1) 単層：表2-1に示すように、

入水48時間後、原水13度のものが、No.1が8度、No.2が4度、No.3が1度、No.4が4度に低下した。3回目の144時間後にNo.1を除いて、他は1度以下になっており、4回目でNo.1が0.4度となった。結局、No.1, No.2, No.4のいずれも急激な低下を示していることがわかる。

表1-2

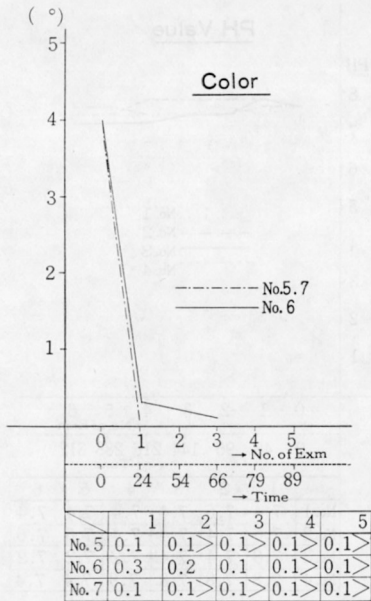
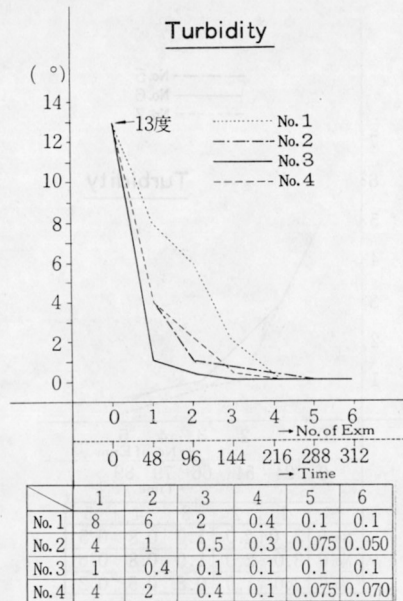


表2-1



2) 複層：表2-2に示すように、

色度と同様にNo. 5, No. 6, No. 7がともに急激に低下している。すなわち、No. 7は1回目、注入前の5度が3度となり、2回目1度、3回目0.8度、4回目0.5度、5回目0.2度となった。No. 5, No. 6は、1~4回まで同じような低下曲線をたどっており、1回目から順に3度、2度、1度、0.8度となり、5回目でNo. 5が0.5度、No. 6が0.6度となった。わずかにNo. 7が、No. 5, No. 6よりも濾過能力が優れていることがわかった。

3・3 PH

1) 単層：表3-1に示すように、

No. 2の5回目のPH値が上昇しているのを除いて、他はそれぞれ階段状に低下、もしくは一定値を示している。すなわち、No. 1では1回目で7.4に低下、2回目で7.6に上昇、3回目から6回目まで7.4を示している。

表2-2

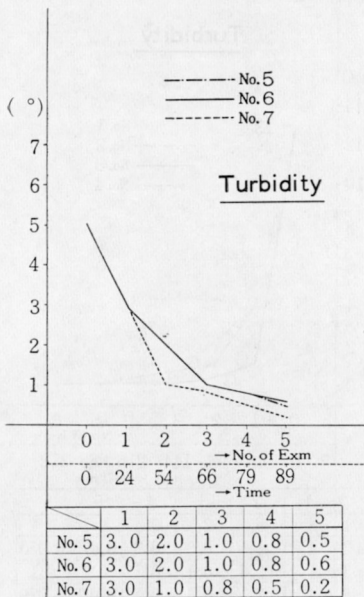
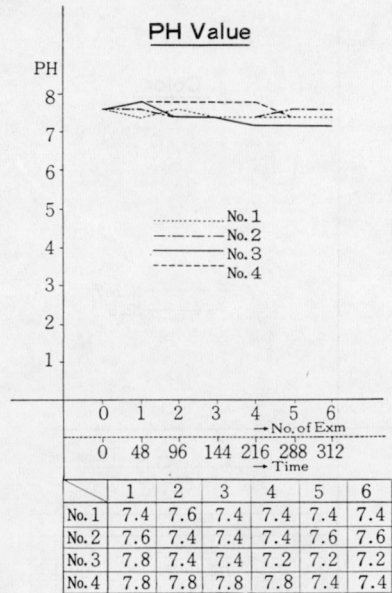


表3-1



2) 複層：表3-2に示すように、

それぞれ、大きな変化はみられず、No.5, No.7が1回目から4回目まで同じ経過をたどった。No.5, No.6, No.7がともに、ほとんど7.0~7.2の間にあり、No.6は1回目で6.8、以後は7.0ではぼ安定した。また、No.5のみが5回目7.0~7.2に上昇した。

3・4 アルカリ度

1) 単層：表4-1に示したように、

最高値はNo.4の2回目96時間後、3回目144時間後の120ppmで、最低値はNo.3の6回目312時間後の50ppmである。No.1~No.4の中ですぐれているのはNo.3のウレタンフォームで、1回目60ppmに低下、2回目80ppmに上昇、3回目70ppmになり、5回目まで一定で、6回目50ppmに低下している。注水前の値より終局的に低下したものは、No.2, No.3の二つで、No.1,

表3-2

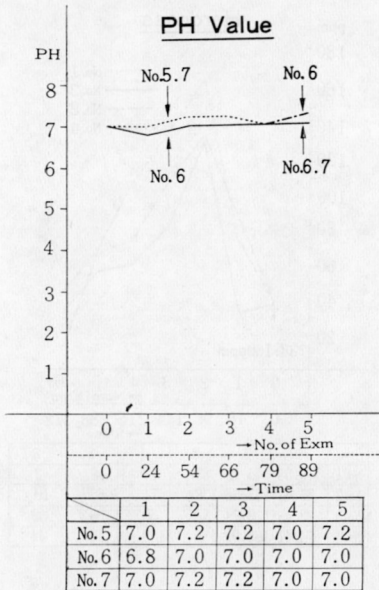
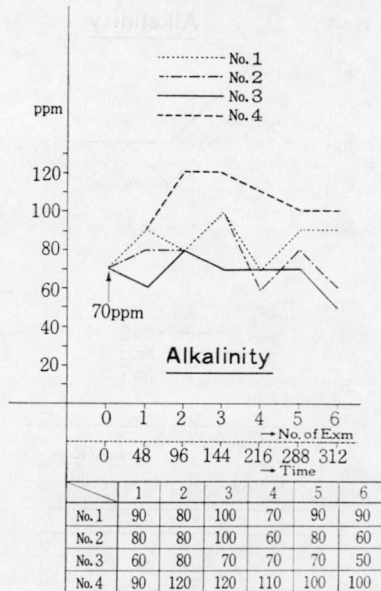


表4-1



No. 4 の二つはいずれも上昇している。No. 1, No. 4 の二つは6 回目以後低下するものと思われるが、6 回目以後の実験結果は求めてない。

2) 複層：表4—2 に示したように、

1 回目の24時間後で、No. 5, No. 6, No. 7 とともに上昇。すなわち、No. 6 が最高90ppm で、No. 5, No. 7 とともに80ppm で、以後3 回目までともに低下した。No. 5 を除いて、他は3 回目～4 回目までは一定であり、以後低下して、最終的にNo. 6 が60ppm, No. 7 が50ppm となった。No. 5 は4 回目で70ppm となり、以後一定値を示した。

3・5 硬度

1) 単層：表5—1 に示すように、

1 回目でNo. 2, No. 4 の二つが上昇し、No. 1, No. 3 が19.08ppm, 32.43 ppm と低下した。2 回目に、最高はNo. 4 の165.99ppm で、No. 1 45.79ppm, No. 2

表4—2

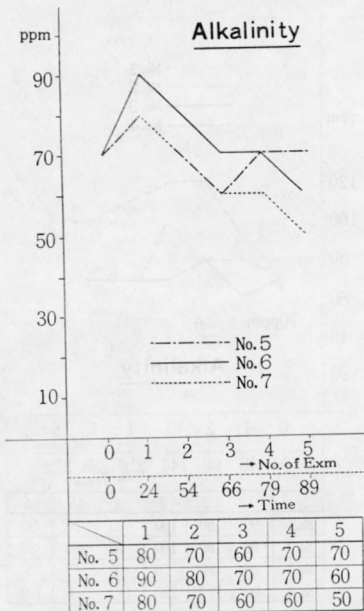
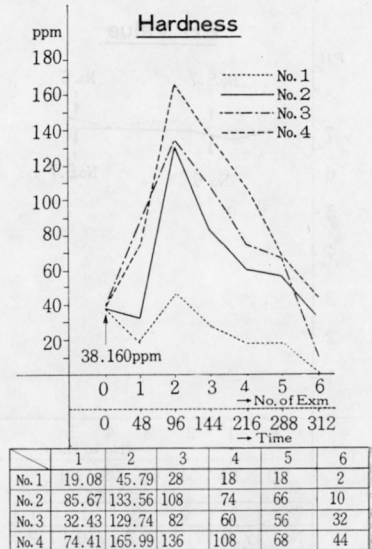


表5—1



133.56ppm, Na 3 129.74ppm と、いずれも下降の一途をたどっている。

終局的に、吸着力のすぐれているものはNa 1 で、順にNa 1 > Na 2 > Na 3 > Na 4 となっている。いずれも3回目から低下しているのがよくわかる。

2) 複層：表5-2に示すように、

Na 5, Na 7では1回目で減少し、2回目で増加傾向を示した。Na 5では2回目～3回目で一定値を示し、4回目～5回目まで増加傾向を示した。Na 7では3回目で増加のピークに達した。Na 6では、1回目若干の増加傾向がみられたが、後はほぼ変化は認められなかった。すなわち、2回目55ppm, 3回目50ppm, 4回目50ppm, 5回目45ppm となった。

3・6 硝酸性窒素

1) 単層：表6-1に示すように、

Na 1を除いて、他はかなりの変化がみられた。最高は4回目のNa 4 0.282

表5-2

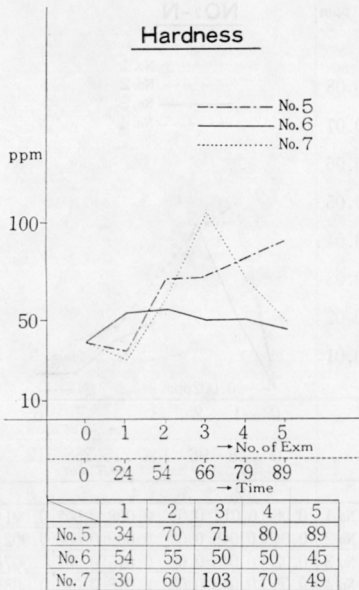
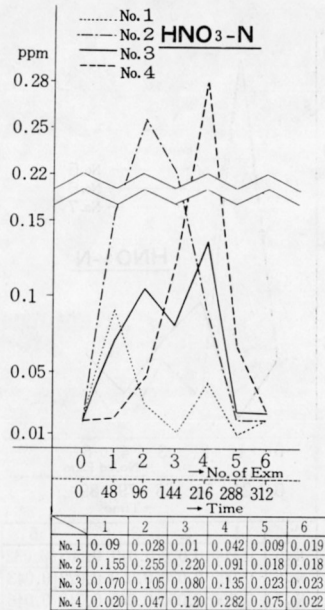


表6-1



ppm, No. 2 は 2 回目, 3 回目の 0.255 ppm, 0.220 ppm をピークに 5 回目で 0.018ppm に低下している。No. 4 は, 2 回目まで徐々に上昇し, 4 回目で 0.282ppm となっている。No. 1 では 1 回目 0.09ppm とピークを示し, 2 回目, 3 回目と低下し, 4 回目で上昇して, 5 回目で 0.009ppm と最底を示した。そして, 6 回目で 0.019 ppm と上昇した。No. 3 は 3 回目で若干低下しているが, 4 回目まで上昇し, 最高 0.135ppm を示し, 5 回目, 6 回目で最底 0.023 ppm を示した。No. 1, No. 2 を除いて, 4 回目が最高となってから低下しているのがわかる。

2) 複層: 表 6-2 に示したように,

No. 5, No. 7 では 1 回目急激に増加し, 2 回目急激な減少を示し, 4 回目でそれぞれ 0.003ppm, 0.040ppm となり, 5 回目で No. 5 が 0.03ppm, No. 7 が 0.046ppm と上昇した。No. 6 はそれほど大きな変化はみられなかった。

表 6-2

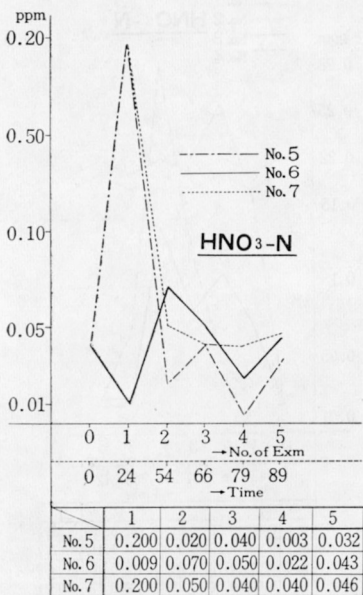
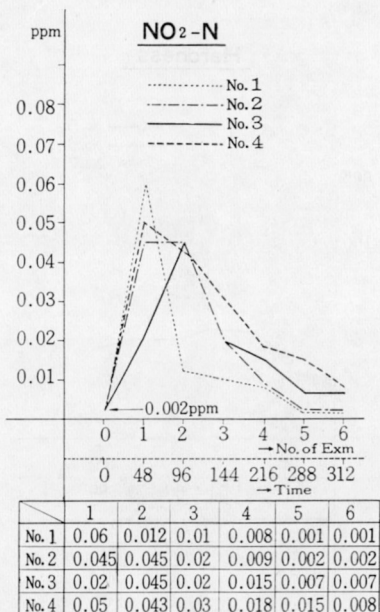


表 7-1



3・7 亜硝酸性窒素

1) 単層：表7-1に示すように、

Na 3を除いて1回目が最高となり、2回目ないし3回目から低下している。Na 3では2回目が最高0.045ppmとなっている。Na 1は2回目0.012ppmを下り、Na 2, Na 3, Na 4を下まわって低下している。

2) 複層：表7-2に示すように、

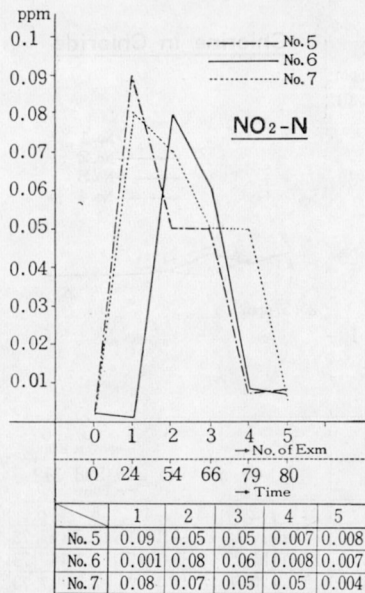
変動がかなり大きかった。Na 5, Na 7では1回目に大きく増加し、それぞれ0.09ppm, 0.08ppmと最大値を示したが、Na 5では2回目～3回目が0.05ppm, 4回目0.007ppmと急激に減少した。Na 7では3回目まで徐々に減少し、3回目, 4回目0.05ppm, 5回目に急激に0.004ppmまで減少した。これに反し、Na 6では1回目に0.001ppmとわずかに減少し、2回目に0.08ppmとピークを示し、4回目に0.008ppmに減少し、終局的には0.007ppmとなった。

3・8 塩素イオン

1) 単層：表8-1に示すように

Na 1, Na 2は1回目 35.46ppm, 29.78ppmと上昇し、2回目では、Na 1は19.14ppmと急激に低下し、後も徐々に低下している。Na 3は、20.56ppmと注水前よりも0.01ppm上昇し、後はNa 3, Na 4ともに効率よく低下している。最高は1回目のNa 1の 35.46ppm, 最底は5回目, 6回目のNa 1, Na 2, Na 3, Na 4の 17.73ppmである。相対的にみて、2回目, 3回目の時点で低下しているのがわかる。

表7-2



2) 複層：表8-2に示したように、

注入前の値は14.184ppmであったが、終局的にそれを下回ったのはNo.6の4回目、5回目の13.184ppmであった。最高はNo.6の1回目で27.368ppm、そしてまた、No.6は他よりも変動が大きかった。すなわち、1回目27.368ppm、2回目14.184ppm、3回目21.276ppmに増加し、4回目、5回目13.184ppmに減少した。また、No.5、No.7では1回目21.276ppm、2回目それぞれ14.184ppm、17.730ppmに減少した。No.5は2回目から3回目にかけては、少し増加し、4回目、5回目は17.730ppmと変化しなかった。No.7は3回目で17.730ppmと変化せず、4回目で減少し、5回目に13.184ppmから21.276ppmに増加した。本実験ではClに関して、さほど大きな減少はみられなかった。

3・9 過マンガン酸カリウム消費量

表8-1

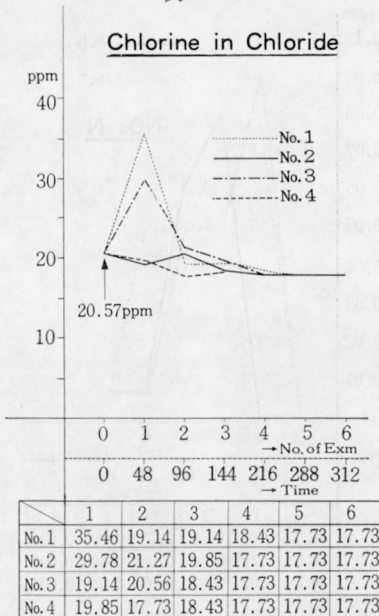
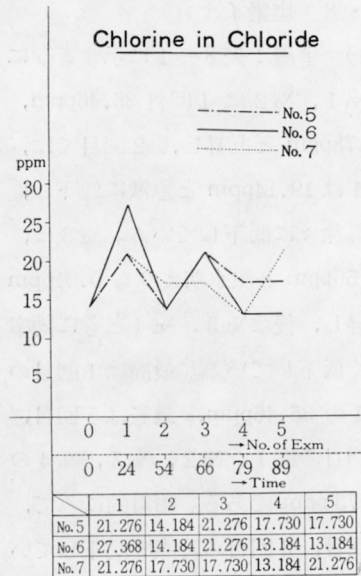


表8-2



1) 単層：表9-1に示したように、

注入前は31.781ppmあり、6回目312時間後に、No.1～No.4それぞれが注入前よりも低下した。最高はNo.1の1回目170.64ppmである。時間経過、回数を追って検討してみると、ほぼ1回目に大きく上昇し、そして徐々に低下している。途中4回目でNo.1, No.2, No.4は3回目の値より低下し、5回目でまた上昇し、6回目で急激に低下している。No.3は例外で、1回目82.16ppm、2回目56.88ppm、3回目69.52ppm、となり、4回目で低下せず、75.84ppmと上昇し、5回目88.48ppm、6回目12.64ppmという経過をたどっている。

2) 複層：表9-2に示すように、

No.5, No.6, No.7ともかなりの変動がみられ、回数を重ねる後、ともに一度上昇し、その後低下した。No.5, No.7はそれぞれ1回目に最大値を示し

表9-1

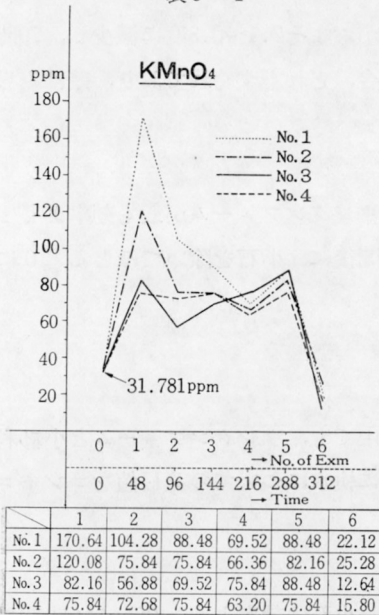
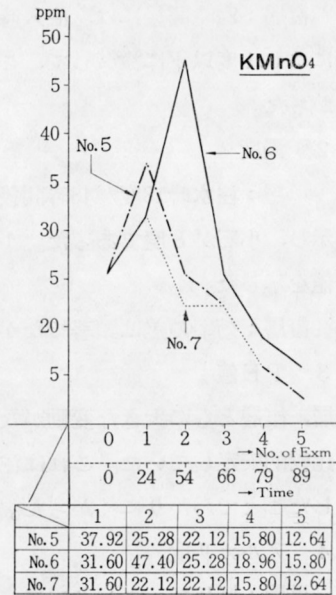


表9-2



その後徐々に減少し、3回目で22.12 ppm, となって、その後同じように減少し、5回目で12.64ppmになった。1回目でNo.5は37.92ppmに増加し、No.7が31.6ppmに増加した。その後3回目までNo.7の方が低い値を示した。No.6は1回目31.6ppmに増加し、2回目47.40ppmと最高になり、3回目に25.28ppmに減少し、その後、徐々に減少した。従ってNo.5, No.7は1回目にピークを示し、その後は、徐々に減少傾向を示していった。No.6は2回目にピークを示し、3回目、4回目、5回目と急激に減少していった。

4 結果の考察

4・1 色度

1) 単層：各濾過材料ともに、およそ48時間後から色度下降が顕著であった。

2) 複層：24時間後には、注入時4度がおよそ0.1~0.3度に減少し、79時間後には0.1度以下に激減して、この場合、どれもすぐれており、差はみられなかった。

4・2 濁度

1) 単層：注水時13度が48時間後に、ウレタンフォームが最も効率よく1度を示し、小石が8度であった。144時間後には小石を除いてほとんど0に近い値を示した。

2) 複層：効率の差は顕著でなかった。

4・3 PH値

単層、複層ともに大きな変動がなく、中でも、ウレタンフォームと小砂利とは比較的安定していた。これは注入時に検水についてのPH値をコントロールしたことでわかりにくかった。

4・4 アルカリ度

1) 単層：概して、ウレタンフォーム、小石は効率よく、96~144時間以

後に減少傾向を示した。しかし、他は変動が大きく、安定性に乏しい。

2) 複層：24時間以後の減少が顕著にみられた。

4・5 硬度

1) 単層：特に小石は効率がよかった。カルシウム系物質について、沈降現象の影響が大であった。

2) 複層：複層についても同様であるが、Na 7が66時間以後減少傾向を示した。Na 5は増大、Na 6はほとんど変化がみられなかった。

4・6 硝酸性窒素、亜硝酸性窒素

1) 単層：どの材料も中途度々の増加を認めたが、これは硝酸性窒素、亜硝酸性窒素ともに不安定であり、また槽の下部の沈降現象等が原因であったように思われる。ともかく注水時の値に近接するのに両項目ともおよそ 312時間要した。

2) 複層：単層と同様の結果を得たが、Na 6のウレタンフォーム、小砂利の組み合わせがよかった。ただし、本実験では、単層で約一週間、複層で3～4日間の貯留放置が必要であった。その間の細菌や微生物の増殖は必至であり、その対策を考慮しなければならないと思う。

4・7 塩素イオン

1) 単層：Na 1, Na 2が中途やや増大傾向にあるが、96時間でおおよそ注入時の状態にもどり、以後顕著な減少は認められなかった。

2) 複層：きわめて不安定の状態であった。これは濾過材料の洗浄不足かあるいは検水の値が注入時に変化していたのを見落したか、この二点が原因と思われる。

4・8 過マンガン酸カリウム消費量

1) 単層：夫々48時間以後に減少を示し、312時間後には、注入時以下の濃度になった。とくにNa 3, Na 4の能力がすぐれていた。

2) 複層：中途、若干の増加を認めたが、24～54時間以後の減少が顕著であった。

5 総括ならびに結論

以上の結果にみられた様に、単層、複層ともに2～3項目を除いては、中途注入時の濃度よりも増加する傾向を認めたが、これは本実験のように検水を槽内に貯留し、一定時間後の状態について検討を加えた場合には、下層部に沈降現象が伴い、あるいは濾過材料そのものの性状に起因して、濃度の増大がみられるものと考えられる。いずれにしても有機物の吸着能力はウレタンフォーム、小砂利、コークスの組み合わせが望ましいことがわかった。この結果ウレタンフォームは濾過材料としてかなりすぐれているものと考えられる。さらに、実際に実用化する場合、濾過槽最上部にヤシ殻活性炭、もしくは木炭を置くことにより、臭いを除去し、味をよくすることもある程度可能となろう。そしてその上に、つまり濾過槽最上部に小石を置くことによって濾過莫が、流入する水によって破られることを防ぐことも必要である。

本実験の簡易濾過槽において、特に濁度、色度は容易に低下消去されるが、他の物質ではかなり困難であった。有機物質等は、濾過に要する時間がかなり異なるので、怒限度以下になるまで何回も濾過をくり返さなければならぬことが理解されるとともに、濾過した水は必ずしも安全ではないということを、常に留意しなければならない。従って、場合によっては煮沸後飲用に供せられるものとなろう。

この実験では、水の移動がなかったため、有機物に関する実験項目において、かなりの増大傾向を認めたので、槽内にはあまり長く水を放置しておかない様にする必要があると思われる。最底24時間か、もしくはそれ以下とした方がよい。この事については、濾過しようとする水が汚染されていると思われる場合、病原性微生物、細菌等の増殖ということを考慮して貯水時間を判断することが必要である。とにかく、この実験に関する限り、およそすべての検査項目が減少傾向を示した時点はほぼ3日後であった。

今後の問題点として、常に水が槽内を通過、流出する場合の濾過状況、濾過効率について、実験的検討を加えることが残されている。実際的使用の場合は、このような状態が多いと思われるため、実用面からのアプローチが今後の大きな方向づけになると思う。

参 考 文 献

- (1) 田中寅男他：「衛生工学」森北出版。
- (2) 厚生省：「飲料水検査指針」。
- (3) Harold E. Babbitt：「Engineering in public health」The Maple Press, N. Y. 1952.
- (4) C. D. Haward：「Lead in Drinking Water」 American Journal of Public Health 1923.
- (5) "Drinking Water Standards for Interstate Carriers," adopted by the U. S. Public Health Service. Feb. 6 1946.
- (6) 桑原麟児：「衛生工学入門」水質衛生。
- (7) 三浦豊彦：「生活の衛生学」労働科学研究所 昭35.