

# 맥반석과 숯을 이용한 수돗물 중 이취미 제거 등에 관한 연구

수질보전과

박정옥

A Study of removal taste and odor on tapwater  
by using Macbanseok and Coal

*Water Conservation Division*

Jeong-Ok Park

## Abstract

This study is odor and taste substances and component change on tapwater by using macbanseok and coal. odor intensity is evaluated 10-12 TON by organic function tests on tapwater, analyzed kinds of 22 halogenates and aromatic hydrocarbonates, aldehyde compounds with chloride disinfection on GC/MSD. A cause substances of tapwater odor are Octanal > Heptanal > Hexanal in order to threshold value is low. Results of removal experiment of odor substances are not removed by macbanseok but removed to 90 % by coal. Heavy metals are some change by macbanseok but removed to 95 % on Ca, Ni, K in great quantity eluted by coal. Macbanseok and coal are alkalized water, antibacterial function is not founded.

## 서론

오늘날 국민소득 증가에 따른 생활의 질이 향상되고 의식이 높아짐에 따라 건강에 대한 관심이 고조되면서 이에 대한 욕구도 점차 강해지고 있다.

먹는 물의 경우, 상수원 원수의 오염심화로 인해 갈수록 정수처리에 많은 경비가 투자되어 수돗물을 생산하여도 시민들은 수돗물을 먹는 물로 이용하지 않고 설거지, 세탁, 청소용수 등으로 주로 사용하고 실제 먹는 물로 이용하는 시민은 52.6 %, 이중 6.4 %만이 수돗물을 그대로 마신다는 조사가 있었다.<sup>2)</sup> 이는 상수원수의 오염에 대한 거부감과 최종 정수처리에 사용되는 염소소독 냄새 때문이라고 한다.

그래서 지하수나 약수터 물을 이용하거나 시판되는 먹는 샘물을 구입하여 마시고 있는 실정이다. 또 일부가정에서 고가의 정수기를 구입하거나 대여하여 사용하고 있는데, 세균의 증식을 막기 위해 필터의 주기적인 교체 및 유지관리가 필요하므로 비용 또한 추가로 발생되고 있다.

따라서 본 연구는 일반적인 가정에서 손쉽게 물을 정화하는 방법으로 알려진 맥반석과 숯, 두 가지 재료를 이용하여 수돗물의 이취미 성분을 화학적 기기분석을 통해 알아보고, 각각에 대한 제거 비교실험을 통해 수질 성분 변화를 알아본 다음, 후각으로 평가할 수 있는 관능시험법으로도 물의 이취미 변화를 연구하고자 한다. 그리하여 수돗물의 먹는물 사용을 권장하고 각

가정에서 먹는샘물 구입 및 정수기 구입 등으로 인한 가계 재정 낭비 감소에 본 연구의 목적이 있다고 하겠다.

## 이론적 고찰

### 1. 이취미 물질의 개요

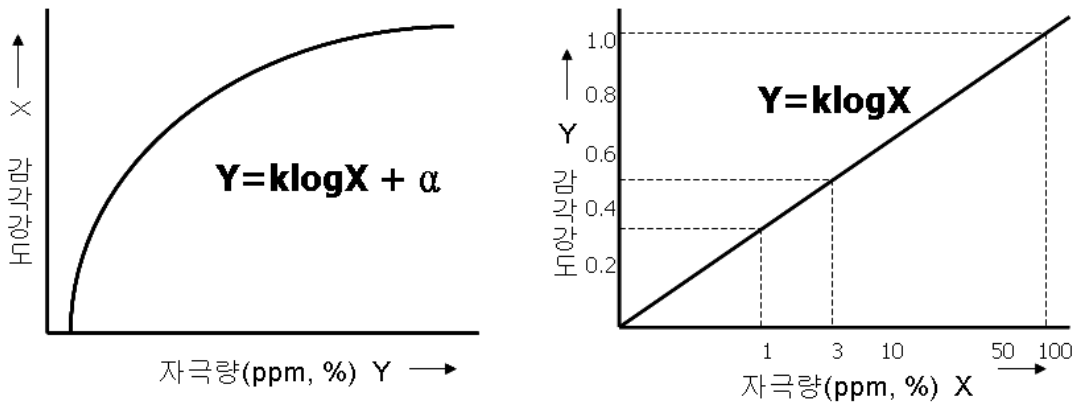
이취미(異臭味)물질이라 함은 냄새(Odor)와 맛(Taste)을 내는 물질을 말하는 것으로 먹는 물 수질기준 항목 중 색도, 탁도와 더불어 대표적인 심미적인 항목들이다. 일반적으로 냄새와 맛의 관계는 인간이 느끼는 가장 발달된 감각인 코와 혀로 감지되는 것으로 냄새가 나는 것은 맛으로 감지할 수 있으나, 맛은 있으나 냄새로는 느끼지 못하는 경우도 있다. 따라서 본 연구에서 이취미 물질은 주로 냄새를 유발하는 물질들을 대상으로 하였다.

냄새에 대한 측정방법은 크게 인간의 후각을 이용하여 냄새를 수치화하는 방법(관능시험법)과 냄새를 구성하는 화학물질의 농도로 표시하는 성분농도 표시법(기기분석법)으로 나누어 볼 수 있다.<sup>1)</sup> 인간은 기체상태의 물질이 아니면 악취를 느낄 수 없다고 한다. 냄새를 기기분석 한다는 것은 쉬운 일이 아니지만 냄새물질은 최소감지농도 이상이면 냄새를 느끼게 하므로 최소감지농도의 농도를 측정할 수 있는 장비에 의해 분석되어야 한다.

냄새물질은 40여만종으로 다양하고 GC/MSD를 통한 다성분 정성은 가능하나 정량에 있어서 고가의 표준물질과 여러 종류

**Table 1. Analytical Methods Of Odor&Taste**

측정항목	한 국	일 본	미 국
냄새	관능법	관능법	Threshold Odor 법
맛	관능법	관능법	Flavor Profile 법



**Fig. 1. Weber-Fechner's law**

의 칼럼이 필요하고 물질의 특성따라 분석 조건이 달라지므로 분석시간이 길다는 한계성이 있다. 또한 최소감지농도값이 알려진 물질수에 비해 적으므로 환경법과 관련하여 관능법이 세계적으로 주 시험법으로 채택되어진 경우가 대부분이다.<sup>12)</sup> 각국에서의 먹는물 중 이취미 성분 분석법은 Table 1과 같다.

물리·화학적 자극량과 인간의 감각세기와의 관계는 Fig. 1의 Weber-Fechner 법칙이 성립된다. 이 법칙은  $Y = a \log X + b$ 로 표시하며, X는 자극량, Y는 감각강도, a와 b는 자극 고유의 상수를 표시한다. 위의

그래프에서 치솟는 점이 최소감지 농도이며, 이 관계는 단일물질일 경우에 성립되는 관계로 복합적인 이취미에 대해서는 단순한 관계식으로는 표현되지 않는다.<sup>2)</sup>

냄새는 사람에 따라 주관적이고 물질마다 최소감지농도도 다를 뿐 아니라 기기분석법이 아무리 발달했다 하더라도 인체에서 감지하고 평가하는 관능법과 병행해야만 정확한 실험이라 볼 수 있겠다.

## 2. 맥반석

여러업체에서 선전용으로 알려지고 있는 맥반석의 일반적인 효능을 알아보면 대략

다음과 같다. 우선 맥반석은 흡착력이 강하다는 것이다. 인체에 해로운 각종 유해 물질 및 중금속을 흡착하여 제거시키고, Ca, Mg, Fe, Mn 등의 각종 미네랄이 용출되어 신진대사와 피부건강관리에 효과가 있다고 한다. 또한 산성이나 강한 알칼리성 물을 약알칼리성 (pH 7.2 ~ 7.4)으로 조절하며, 항균력이 있다고 한다.

맥반석에 의한 중금속 흡착제거 논문은 이 등<sup>15)</sup>, 김 등<sup>16)</sup>, 황 등<sup>9)</sup>에 의해 이미 여러편 나와 있다. 이러한 논문들은 맥반석을 200 mesh 이상의 분말 상태에서 실험한 것으로 각종 중금속에서 높은 제거율을 보이는 것으로 나타나 있다.

본 연구에서는 분말상태가 아닌 일반 가정에서 사용하고 있는 방법인 고상으로 물속에 담겼을때 냄새를 유발하는 유기물질량의 변화를 알아보기로 하였다. 실험에 사용된 맥반석은 Fig. 2와 같이 일반가정에서 흔히 볼 수 있는 맥반석을 사용하였다.



Fig. 2. Macbanseok on the study

### 3. 숯 (Coal)

숯이란 참나무, 대나무 등 일반목재를 숯가마에 넣어서 300 - 500℃의 고열에서 일차적으로 탄화시킨 것을 말하며, 맛과 냄새가 없는 것을 말한다. 숯의 단면을 전자현미경으로 보면 마이크로 단위의 구멍이 숯 내부에 가득 차 있으며, 이 구멍은 어느 것 하나 막힌 곳 없이 모두 밖으로 연결되어 있는 다공질 구조로 되어 있다.<sup>17)</sup>

활성탄이란 탄화된 숯을 더욱 활성화시키기 위하여, 즉 더 큰 다공성을 얻기 위하여 약 1,000℃ 이상의 고온에서 한번 더 열처리 한 것을 말한다. 이렇게 하면 표면적이 약 100배 가량 증가한다는 보고도 있다.<sup>18)</sup> 이런 활성탄은 수처리 분야의 실공정에서 널리 사용되어지고 있으며, 지금까지 흡착력에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

숯은 중금속이나 유기물질을 제거시키는 기능 외에 미네랄 성분이 함유되어 있고, 물



Fig. 3. Coal on the study

을 알칼리수로 만들어 주어 인체에 유익한 물로 수질을 정화시킨다고도 알려져 있다.

본 실험에서는 참나무를 탄화시켜 만든 참숯 중 높은 온도에서 구워 질이 좋다는 Fig. 3의 백탄을 사용하여 실험을 하였다.

로 가온한다. 5명 이상의 판정원이 냄새가 나지 않을 때까지 탈취 정제수로 희석해 가면서 아래식과 같이 악취판정을 하였다.

$$\text{TON(Threshold Odor Number)} = \frac{A + B}{A}$$

A : 샘플 mL

B : 탈취정제수 mL

## 연구내용 및 방법

### 1. 공극 확인 및 성분 분석

동아대학교 환경연구센터의 SEM (Field Emission Scanning Electron Microscope, JSM-6700F, 분해능 1nm at 15KV) 장치를 이용하여 맥반석과 숯에 대한 다공층을 알아보기 위해 촬영을 하였으며, 수질변화에 영향을 미치는 성분을 알아보기 위해 각각에 대한 성분 분석을 실시하였다.

### 2. 흡착능 실험을 위한 비표면적 검사

맥반석과 숯의 비표면적의 확인을 위해 부산시 상수도사업본부 수질연구소의 비표면적 분석기(Quanta chrome, Autosorb-1)를 이용하여 비표면적을 검사하였으며, 참고로 활성탄의 비표면적도 알아 보았다.

### 3. 수돗물에서의 이취미 물질 조사분석

#### 3.1. 관능시험법을 통한 악취 판정

Standard Methods <sup>19)</sup>에 나오는 수증에서의 냄새를 감지하는 관능시험법을 따랐으며, 시험방법은 500 mL 유리마개가 달린 플라스크에 시료를 200 mL를 취하여 60℃

#### 3.2. GC/MSD를 이용하여 수돗물에서의 휘발성 물질 분석

Purge&Trap이 부착된 GC/MSD를 이용하여 수돗물에서의 휘발성 유기물질에 의한 이취미를 조사하기 위하여 분석된 성분 중 냄새유발 물질을 알아보았다. 수돗물에서 많이 감지되는 염소가스에 의한 냄새 등 무기화학물질들은 본 기기분석법으로는 분석이 불가능하므로 그에 대한 냄새와 농도는 배제하여 실험하였다. 분석에 사용된 조건은 Table 2, Table 3과 같다.

#### 3.3. 반휘발성 유기화합물질 분석

반휘발성 유기물질은 액/액 추출법에 의해 전처리 후 GC/MSD를 사용하여 분석하였다. 반휘발성 물질이라 함은 증기압이 10<sup>-2</sup> kPa에서 10<sup>-8</sup> kPa 정도이고, 비등점이 240 ~ 380 ℃ 인 물질을 말하는 것으로, 부탈산에스테르, 유기인계 농약 등이 이에 해당된다. 이러한 물질들은 냄새와 맛을 유발하기도 하므로 수돗물 중 함유된 성분을 알아보기 위해 Fig. 4의 모식도에 따른

**Table 2. Analytical condition of GC/MSD and Purge & Trap**

Purge and Trap	Teckmar, LSC-3000
Trap	Tenax
Sample volume	25 mL
Standby Temp.	30 °C
Purge Temp.	80 °C
Desorb Temp.	230 °C
Desorb Time	6 min
Bake Temp.	220 °C
Bake Time	10 min

**Table 3. Analytical condition of GC/MSD**

GC Condition	Agilent HP-6890
Column	AT-1 (60 m×0.25 mm ID×1.05 μm)
Head Pressure	1 mL/min
Split Ratio	Splitless
Transfer Line Temp.	280 °C
Injector Temp.	270 °C
Column Program	(2 °C/min) 35 °C(5 min) → 100 °C(2 min) (5 °C/min) (10 °C/min) → 150 °C(2 min) → 220 °C(5 min)
MSD Condition	Agilent 5973N
Manifold Temp.	170 °C
Scan Rate	0.6 sec/scan
Filament/Multiplier Delay	1 min
Threshold	1 count
EM volts	1735
Mass Range	35 - 360 until run end

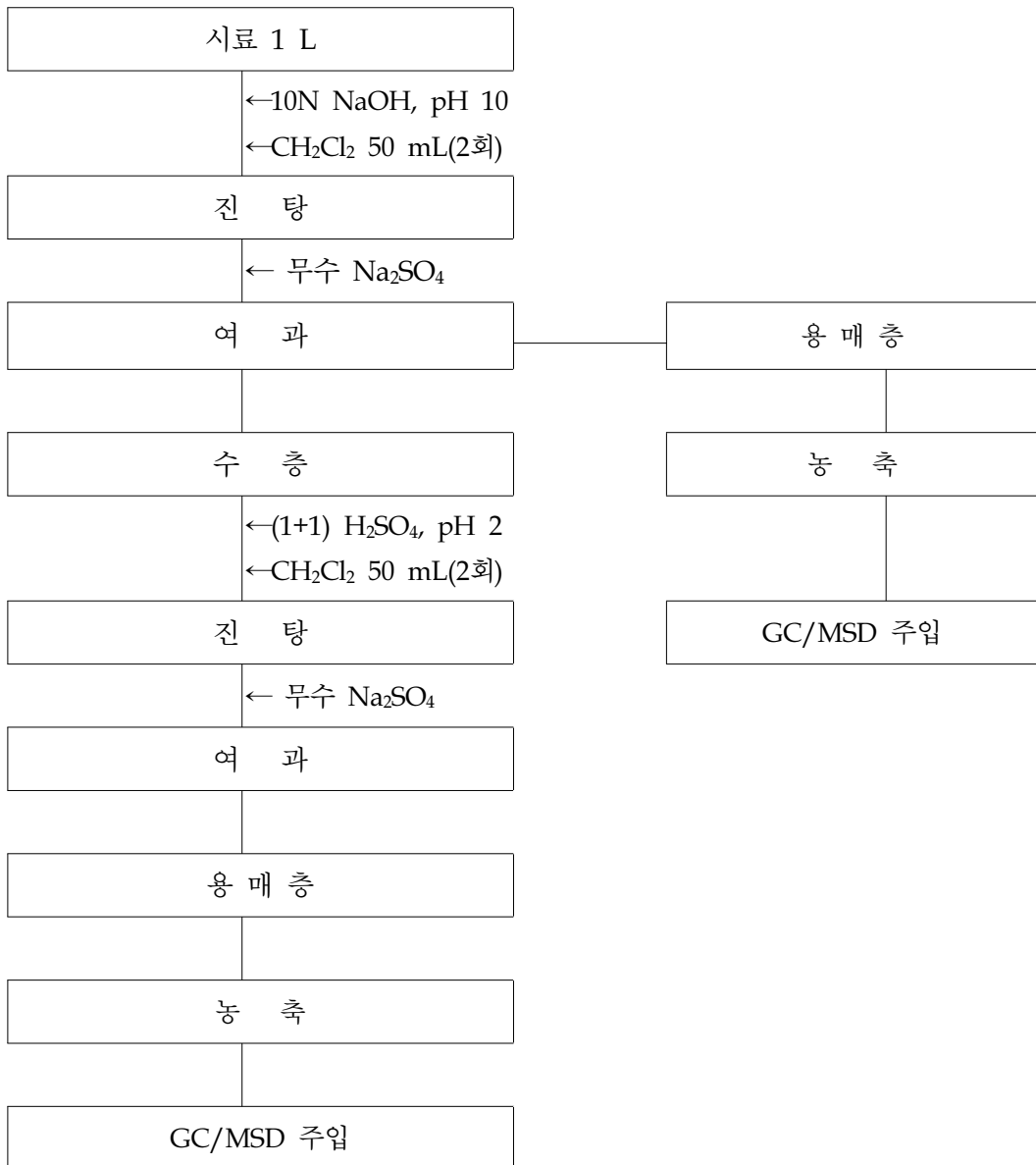


Fig. 4. Flowchart of semi-VOCs pretreatment

전처리 과정을 통해 최종액을 GC/MSD로 분석 하였다. GC/MSD 분석조건은 Table 3 과 같다.

### 3.4. 조류 및 기타에 의한 이취미 물질 분석

낙동강 원수의 조류번식에 따른 이취미 물질 중 Geosmin, 2-MIB(Methyl Isoboreneol), 2-Isopropyl-3-Methoxypyrazine, 2,4,6-Trichloroanisole 4가지 물질을 분석하기위해 Purge & Trap법과 반휘발유기물질 분석을 위한 액-액 추출법으로 전처리 후 GC/MSD의 SCAN모드로 각각 분석하였다. 분석조건은 Table 4와 같다.

### 3.5. 무기물질의 용출 및 수질 변화

맥반석과 숯에서 용출되는 미량무기물질 과 두 물질이 가지는 흡착능에 의해 제거 되는 중금속량을 알아보기 위해 ICP/MSD 를 이용하여 수질변화를 실험하였다. 이때 분석조건은 Table 5와 같다.

### 3.6. pH의 변화

맥반석과 숯은 물을 알칼리수로 만든다고 알려져 있어 각 각에 대한 투입량과 시간에 대한 수소이온농도의 변화를 알아보았다.

### 3.7. 항균실험

맥반석과 숯의 항균 효과 실험을 위해 일반세균(Colony Forming Units)수를 먹는 물수질오염공정시험방법에 따라 실험하여

세균증식에 따른 변화를 통해 항균력을 실험하였다.

## 실험 결과 및 고찰

### 1. SEM(주사전자현미경)을 이용한 표면촬영

맥반석과 숯의 다공층 확인을 위해 SEM (Scanning Electron Microwave, 주사전자현미경)을 이용하여 시료표면을 촬영하였다. SEM 이란 고진공 중에 놓여진 시료표면을 1~100 nm정도의 미세한 전자선으로 x-y 의 이차원 방향으로 주사하여 시료표면에서 발생하는 2차 전자, 반사전자, 투과전자, 가시광, 적외선, X선, 내부기전력 등의 신호를 검출하여 음극선관(브라운관) 화면 상에 확대화상을 표시하거나 기록하여 시료의 형태, 미세구조의 관찰이나 구성원소의 분포, 정성, 정량 등의 분석을 행하는 장치이다.

SEM 장치를 이용하여 맥반석 ×600, 숯의 측면과 단면을 ×300 배율로 촬영하여 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7과 같은 결과를 얻었다. 맥반석은 표면이 거칠게 나올 뿐 다공성은 찾아볼 수 없었고, 숯은 수많은 다공층으로 이루어져 있음을 알 수 있었다.

### 2. SEM을 이용한 맥반석과 숯의 함량 분석

SEM으로 맥반석의 회색 부분과 백색 반점 부분을 각 각 성분 분석해 본 결과, 회



**Table 4. Analytical conditions of GC/MSD**

GC Condition	Agilent HP-6890
Column	AT-1 (60 m×0.25 mm ID×1.05 μm)
Head Pressure	1 mL/min
Split Ratio	Splitless
Transfer Line Temp.	280 °C
Injector Temp.	270 °C
Column Program	100 °C(5 min) → 280 °C(5 min) (4 °C/min)
MSD Condition	Agilent 5973N
Interface Temperature	270 °C
Scan Rate	0.6 sec/scan
Filament/Multiplier Delay	1 min
EM	1750 V
Ion Voltage	70 eV
Mass Range	35 - 360 m/z

**Table 5. Analytical conditions of ICP/MSD**

Descriptions	Agilent HP-7500a Series
RF Power	1200 W
Carrier Gas	1.15 L/min
Makeup Gas	0 L/min
Peri Pump	0.1 rps
S/C Temp	2 degC
AMU Gain	137
AMU offset	124
Axis Gain	1.0008
Axis offset	-0.02
QP Bias	1.5V
Discriminator	8 mV
Analog HV	1600 V
Pulse HV	1120 V

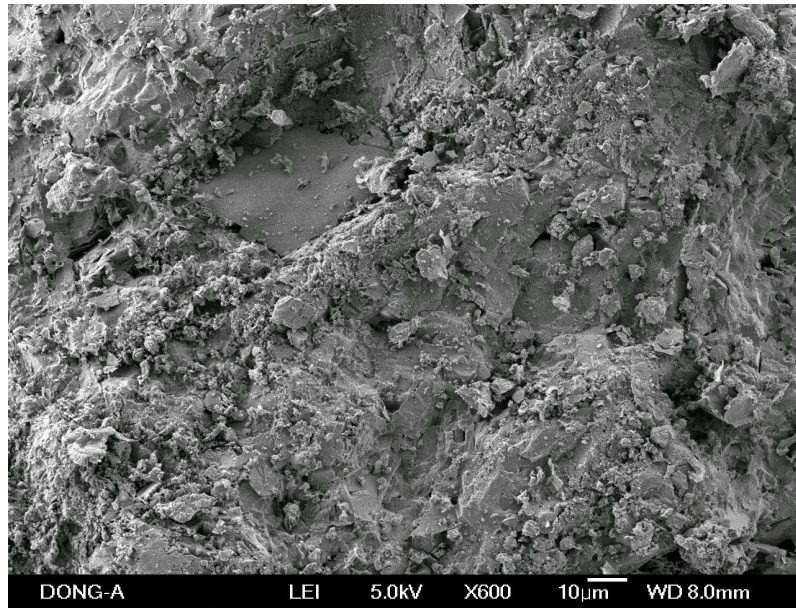


Fig. 5. SEM으로 촬영한 맥반석의 표면 (×600)

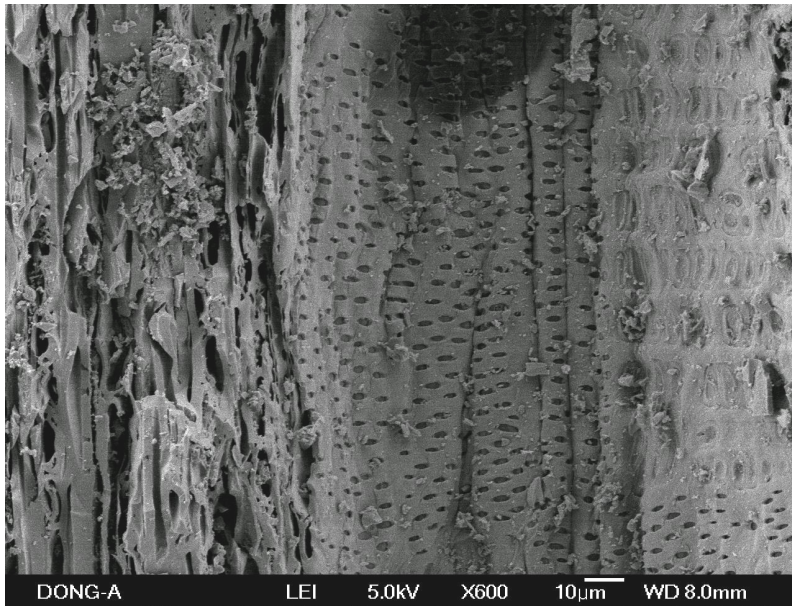


Fig. 6. SEM으로 촬영한 숯의 측면 (×300)

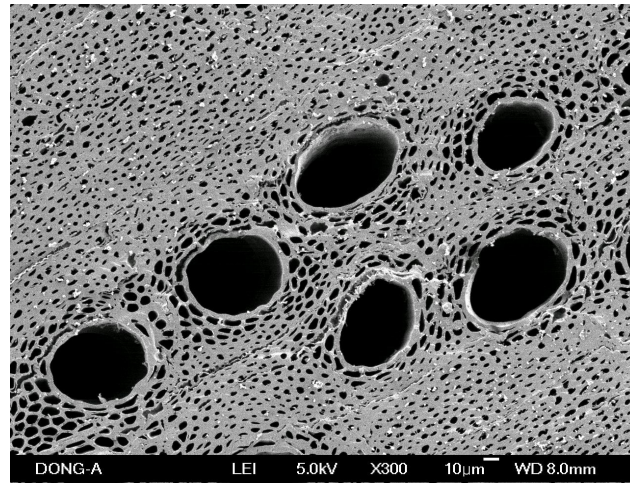
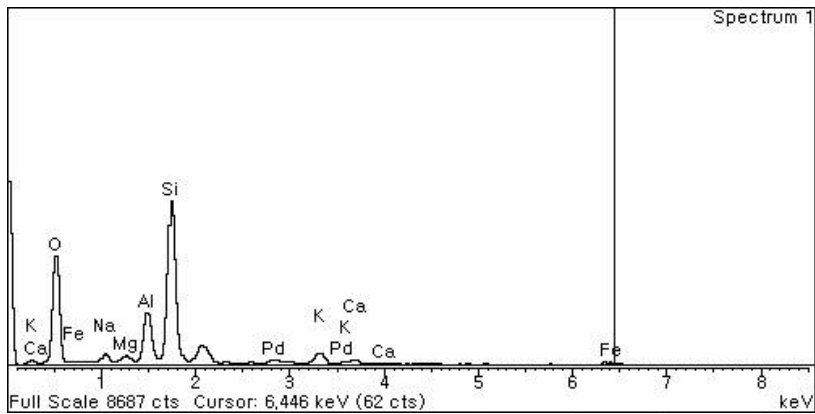


Fig. 7. SEM으로 촬영한 솟의 단면 (×300)



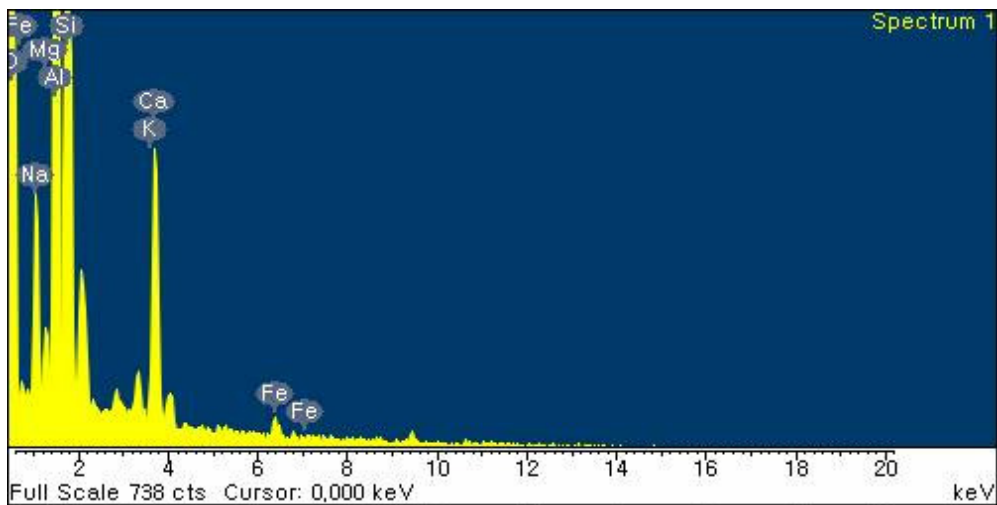
Element	Weight%	Atomic%
O	57.56	71.49
Na	2.25	1.95
Mg	1.11	0.91
Al	7.06	5.20
Si	25.36	17.94
K	2.31	1.17
Ca	0.90	0.45
Fe	1.44	0.51
Pd	2.01	0.38
Totals	100.00	

Fig. 8. SEM으로 촬영한 맥반석의 함량 (회색)

색부분에서는 O의 함량은 전체의 57.55 %, Si는 25.36 %의 함량을 보였으며, Fig. 8과 같은 결과를 얻었다. 맥반석은 O > Si > Al > K > Na 등의 순으로 함량이 높은 것으로 나타났다.

맥반석 중 백색 반점을 나타내는 부분의

함량은 O가 65.64 %였고, 그 다음이 C로 14.8 %로 나타났으며, O > C > Si > Al > Na > Ca 순으로 나타났다. 따라서 회색 부분이 백색 반점 보다는 C와 Ca을 제외한 대부분의 중금속이 비슷하거나 많이 함유되어 있었다. 결과는 Fig. 9와 같다.



Element	Weight%	Atomic%
C	9.97	14.80
O	58.91	65.65
Na	2.70	2.09
Mg	0.60	0.44
Al	7.99	5.28
Si	15.69	9.96
K	0.44	0.20
Ca	3.19	1.42
Fe	0.51	0.16
Totals	100.00	

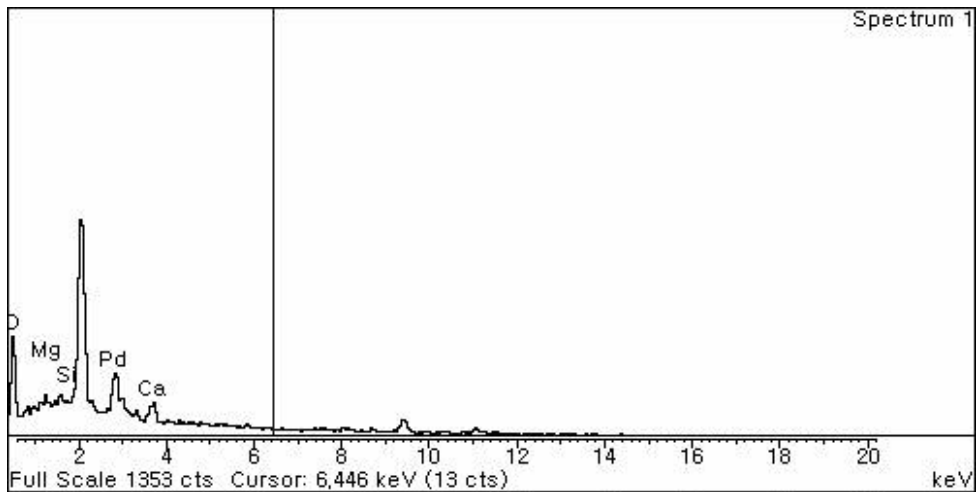
Fig. 9. SEM으로 분석한 맥반석의 함량 (백색)

같은 방법으로 숯의 성분을 분석해 본 결과 Fig. 10과 같이 나타났고 숯의 92.01 % 인 대부분이 C였으며, O 7.49 %, Ca 0.14 % 순으로 분석되었다.

### 3. 비표면적 분석기를 이용한 검사

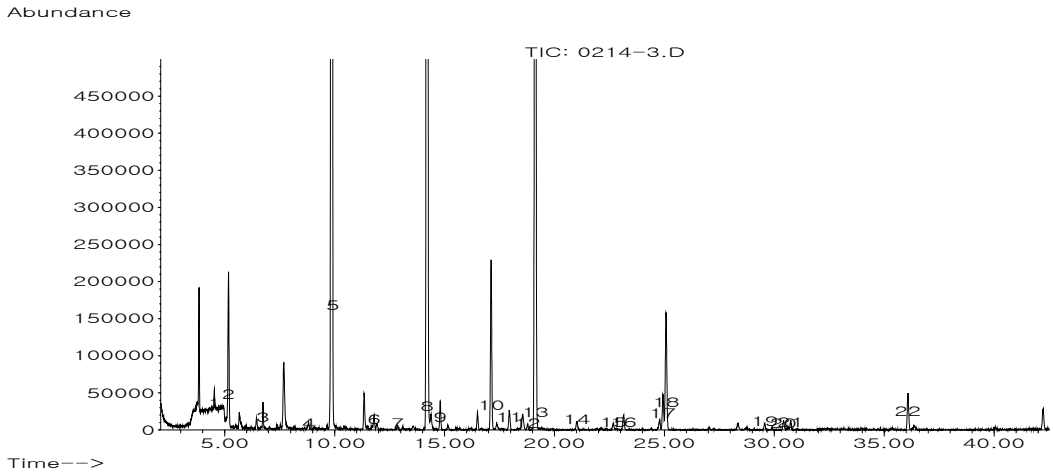
비표면적 분석기를 이용하여 맥반석과 숯의 비표면적을 검사해 본 결과, 맥반석

은 1.325 m<sup>2</sup>/g 이었으며, 숯의 비표면적은 101.3 m<sup>2</sup>/g으로 나타나 숯의 비표면적이 100배가량 넓은 것으로 조사되었다. 맥반석에서는 다공성이 나타나지 않았으며, 비표면적 검사에서도 일반적인 암석과 그다지 차이가 없는 것으로 나타났다. 숯은 수많은 다공질에 가지고 있고 비표면적 또한 넓은 것으로 분석되었다. 정수처리에 이용



Element	Weight%	Atomic%
C	87.59	92.01
O	9.49	7.49
Mg	0.10	0.05
Si	0.09	0.04
Ca	0.46	0.14
Pd	2.27	0.27
Totals	100.00	

Fig. 10. SEM으로 분석한 숯의 함량



- |                           |                          |                  |
|---------------------------|--------------------------|------------------|
| 1. Ethyl Chloride         | 10. Toluene              | 19. Benzaldehyde |
| 2. Trichlorofluoromethane | 11. Tetrachloromethane   | 20. Aniline      |
| 3. Methylene Chloride     | 12. Hexanal              | 21. n-Octanal    |
| 4. n-Butanal              | 13. Dibromochloromethane | 22. n-Nonanal    |
| 5. Chloroform             | 14. Dichloriodomethane   |                  |
| 6. Benzene                | 15. Ethylbenzene         |                  |
| 7. 1,1-dichloropropane    | 16. P-Xylene             |                  |
| 8. Bromodichloromethane   | 17. n-Heptanal           |                  |
| 9. Dichloroacetonitrile   | 18. Bromoform            |                  |

Fig. 11. GC./MSD로 분석한 수돗물 중 휘발성 유기화합물질

되는 활성탄의 비표면적은 1,010 m<sup>2</sup>/g으로 나타났으며, 이는 숯 비표면적의 10배에 달하는 것이다.

#### 4. 수돗물의 수질분석결과

##### 4.1. 관능법을 통한 수돗물 중 냄새 강도 측정

수돗물을 냄새를 느끼지 못할 정도로 희석하여 냄새를 판별하는 관능희석법으로 측정된 결과, 10 ~ 12 TON (Threshold

Odor Number)로 나타났다. 이때 냄새의 질은 염소소독으로 인한 염소 냄새가 대부분이었으며, 물에서 나는 특유의 흙냄새가 주를 이루는 것으로 나타났다.

##### 4.2. 수돗물 중 휘발성유기물질 정성분석

GC/MSD에 Purge&Trap 장치를 장착하여 scan mode로 수돗물의 휘발성유기화합물질의 성분을 분석해 본 결과 Fig. 11과 같은 TIC를 얻을 수 있었다. 검출된 성분은

**Table 6. 냄새강도와 기여율 산정<sup>12)</sup>**

<p>냄새물질농도 (as Bromoform) = Bromoform의 농도 (0.0018ppm) ×                  물질의 peak heights/Bromoform의 peak heights</p> <p>예상냄새농도 = 냄새물질의 농도(ppm) ÷ 냄새물질의 최소 감지 농도(ppm)</p> <p>악취기여율 (%) = 각 물질별 악취 강도 ÷ 모든물질의 악취강도의 합 × 100</p>
<p>&lt; 예상 냄새 강도와 기여율 산정에 있어서 고려된 사항 &gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 측정된 항목만이 모든 냄새 유발물질임을 가정</li> <li>2. 계산된 농도값이 낮고 최소감지농도가 높은 물질은 냄새 유발 물질에서 배제</li> </ol>

Ethyl Chloride 등 22종이 검출되었고, 주된 성분은 염소소독으로 인한 염소화합물과 방향족탄화수소, 그리고 알데히드류들로 나타났다. 주로 염소소독에 따른 소독 부산물과 흙냄새나 곰팡이 냄새를 유발하는 알데히드류가 수돗물 냄새유발인 것으로 나타났다.

하지만 물질에 따라 최소감지농도가 달라 냄새유발의 주원인 물질을 알아내기 위해 다음과 같은 평가사례를 통해 물질별 냄새 기여도를 평가하여 보았다. 알려진 최소감지농도는 물질이 기체상태일 때의 농도를 말하는 것이긴 하나, 본 실험에서는 수중 농도가 기화된 대기상태와 농도가 같다는 가정하에 실시해 보았다.

먼저 항목별 농도산정을 위해 농도가 가장 높은 총트리할로메탄(THMs)만 농도를 산정하고, 나머지 성분들은 농도가 극히

미량이고 표준 물질을 구하기 어려워 농도를 알기 쉽게 나타내기위해 TIC 상에서 물질들의 Peak heights를 Bromoform의 농도로 환산하여 농도를 표시하였다. 여기서 나온 농도값을 최저감지 농도로 나누어 냄새 강도를 측정하여 냄새의 기여도를 평가하였다. 그 평가방법은 Table 6과 같다.

Table 7은 위와 같은 평가방법으로 평가해서 얻은 결과로서 수돗물에서의 냄새 물질의 강도에 따라 그 기여도를 알 수 있었는데, Octanal > Heptanal > Hexanal 등의 순으로 나타났다. 이들 물질들은 모두 알데히드류로서 최소감지 농도값이 낮은 물질들이다. Octanal과 Heptanal을 제외한 나머지 물질들은 모두 최소감지 농도값 보다 낮게 검출되었으나, 냄새성분은 단일성분일 때보다 복합성분일 경우에는 다른 강도로 나타나기 때문에 꼭 이 두 물질이 수돗

Table 7. GC/MSD로 분석한 수돗물 중 휘발성 유기화합물질

물질명	분자식	Quality of odor	TLV (ppm)	conc. (ppm as bromoform)	Odor intensity
Trichlorofluoromethane	CCl <sub>3</sub> F	slightly ethereal		0.00230	
n-Butanal	CH <sub>2</sub> BrCl	sweet	0.00067	0.00009	0.0138
Chloroform	CHCl <sub>3</sub>	sweet	8.8	0.05564*	0.0086
Bromodichloromethane	CHBrCl <sub>2</sub>	sweet		0.02551*	
Dichloroacetonitrile	C <sub>2</sub> HCl <sub>2</sub> N	sweet		0.00033	
Dibromochloromethane	CH <sub>2</sub> Br <sub>2</sub> Cl	non odor		0.01975*	-
Hexanal	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	smells of green apple, bean flavour	0.00028	0.00009	0.3186
Bromoform	CHBr <sub>3</sub>	sweet	0.047	0.00180*	0.0383
P-Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	sweet	0.05	0.00014	0.0027
Heptanal	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	rancid, toasted smell, fat, citrus	0.00018	0.00054	2.9937
Aniline	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	rancid	1.0	0.00015	0.0001
Octanal	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	citrus, rancid	0.000010	0.00015	14.615

\* 수중에서의 원래 농도임.

물 냄새를 지배한다고는 보기 어렵다고 판단된다.

#### 4.3. 반휘발성유기물질 분석

반휘발성 유기물질은 1 L를 액-액 추출하여 100 µL로 진공 농축 후 GC/MSD로 분석한 결과 검출되지 않은 것으로 나타났다.

#### 4.4. 조류 및 기타 물질에 의한 냄새 및 성분 분석

낙동강 원수의 조류번식에 따른 먹는물 중 이취미 물질 Geosmin, 2-MIB(Methyl Isoboreneol), 2-Isopropyl-3-Methoxypyrazine,

2,4,6-Trichloro anisole 4가지 물질을 분석하기 위해 Purge&Trap법과 반휘발성 유기물질 분석을 위한 액-액 추출법으로 전처리 후 GC/MSD로 각각 분석하였다.

Geosmin과 2-MIB는 조류의 발생에서 기인되는 대표적인 악취물질로서 각각 곰팡이냄새와 흙냄새를 유발하는 물질로서 GC/MSD의 질량스펙트럼은 Fig. 12와 같다. 2-Isopropyl-3-Methoxypyrazine과 2,4,6-Trichloroanisole은 곰팡이 냄새를 유발하는 것으로 알려져 있고 GC/MSD의 질량스펙트럼은 Fig. 13과 같다. 수돗물 중에서는 4가지 물질 모두 불검출로 나타났다.



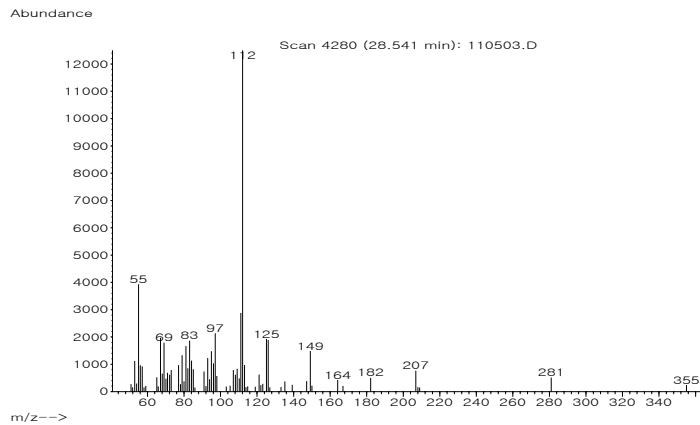
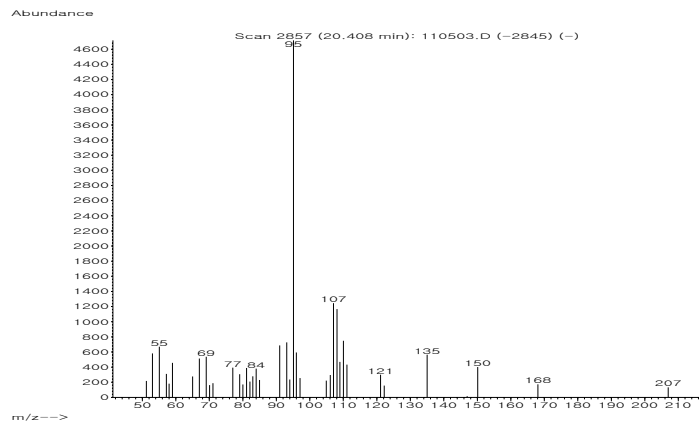
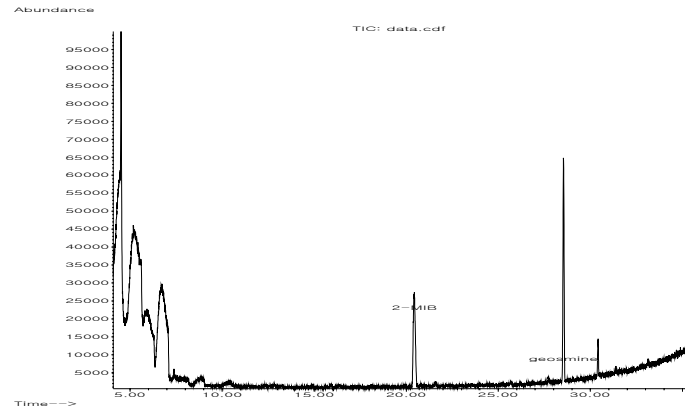


Fig. 12. 2-MIB와 Geosmin의 TIC와 질량스펙트럼

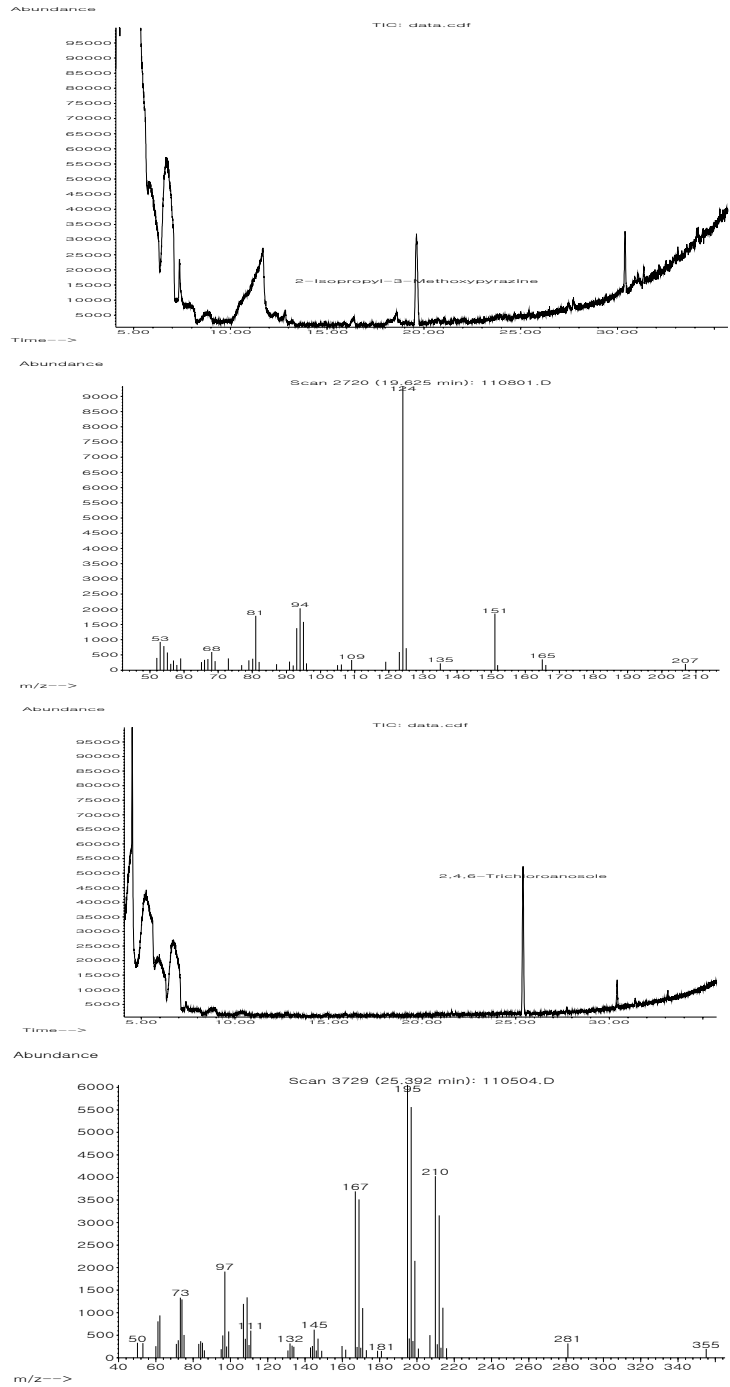


Fig. 13. 2-Isopropyl-3-Methoxypyrazine, 2,4,6-Trichloroanisole의 TIC와 스펙트럼

## 5. 맥반석과 숯을 이용한 이취미 물질 제거 실험

맥반석과 숯을 투입량에 따른 시간별 수질 변화를 실험하였다. 수조는 흡착이나 용출에 의한 방해성분 유입과 자연 휘발분을 최소화하기 위해 유리 마개가 달린 20 L 용량의 유리 수조를 사용하였으며, 냄새 유발 물질은 휘발성이 강하므로 제거실험은 자연 감소분을 감안, 보정 실험을 행하였다.

물량은 10 L 이었고, 맥반석과 숯은 각각 0.5 kg, 1.0 kg, 2.0kg 씩 투입하였으며 맥반석은 부피를 감안 3 kg까지 투입하여 실험하였다.

### 5.1. GC/MSD 분석에서 냄새성분 제거율 변화

4.2항에서 분석된 물질 중 검출량이 가장 많은 대표적인 소독부산물인 Chloroform 과 악취기여도가 가장 높은 것으로 나타난 Octanal 두 물질에 대한 제거실험을 실시하였다.

각각의 물질에 대한 제거율 그래프는 Fig. 14와 같다. 맥반석 투입량과 접촉시간에 따른 물질의 농도 변화는 자연 휘발분과 거의 차이가 나지 않는 것으로 보아 맥반석에 의한 흡착 제거는 거의 일어나지 않음을 알 수 있었다.

숯을 일정량씩 첨가하여 얻어진 그래프는 Fig. 15와 같음을 알 수 있었다. 숯은 첨가 후 2시간 후부터 농도가 감소하기 시

작하여 0.5 kg일 경우 50 %가 제거되는데 약 48시간, 1 kg는 약 20시간, 2 kg 투입량에서는 10시간 가량 소요되는 것으로 나타났다. 분자량이 크고 냄새 강도가 강한 Octanal은 자연휘발에 의한 감소는 거의 나타나지 않았으며, 숯을 투입 후 차츰 감소하여 72시간 후에는 0.5 kg 일때 60 %, 1 kg 일 때 75 %, 2 kg 투입했을 때에는 90%까지 제거되는 것으로 나타났다.

### 5. 중금속 흡착에 의한 수질 변화

맥반석과 숯의 흡착작용 및 미네랄 용출을 알아보기 위한 실험에서는 분석항목에 따라 다소 차이를 보였다.

Fig. 16과 Fig. 17에서와 같이 맥반석 투입량과 시간에 따른 농도변화를 나타내었다. Fe, Ba, Na, Ca의 경우, 시간과 투입량에 따라 약간의 용출로 변화가 있는 것으로 미미하게 나타났으나, Mg와 K의 농도는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 한편, Ni과 Zn은 미량이기 하나 Ni의 경우, 최고 44 %의 제거율을 보였고 Zn은 3 kg 투입하였을때 20 %까지 제거 되는 것으로 나타났다.

숯을 투입하였을 때의 중금속 변화 그래프는 Fig. 18, Fig. 19와 같다. Ni과 Ca은 숯을 3 kg 투입하였을때 최고 95 %까지 제거 되었고, Fe은 75 % 제거 되는 것으로 나타났다. 한편 Zn은 맥반석과 비슷한 25 %의 제거율을 보였으며 Ba, Na, Mg은 농도 변화가 거의 없는 것으로 분석되었다. 8 개 중금속 중 7개의 중금속이 흡착제거되

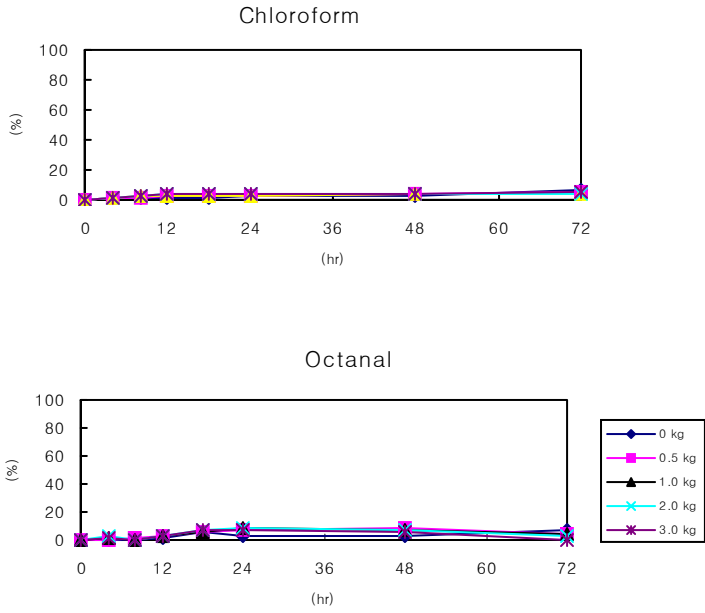


Fig. 14. 맥반석의 투입량 및 시간에 따른 물질 농도 변화

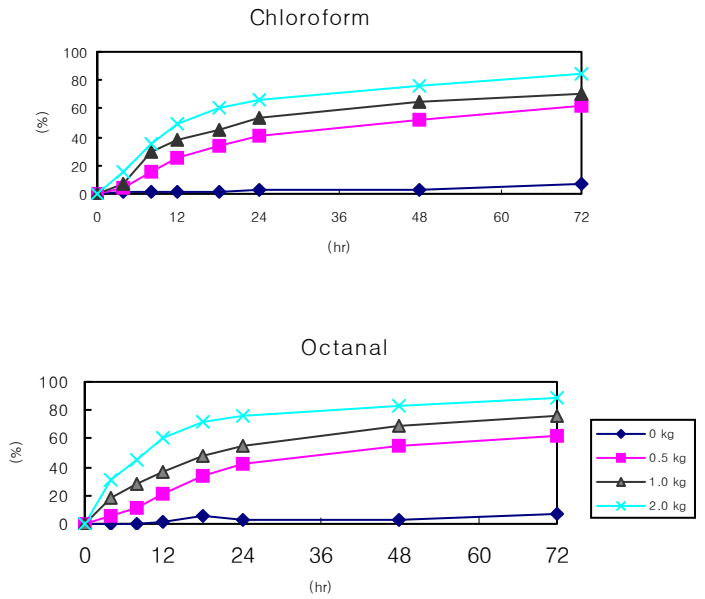


Fig. 15. 숯의 투입량 및 시간에 따른 물질 농도 변화

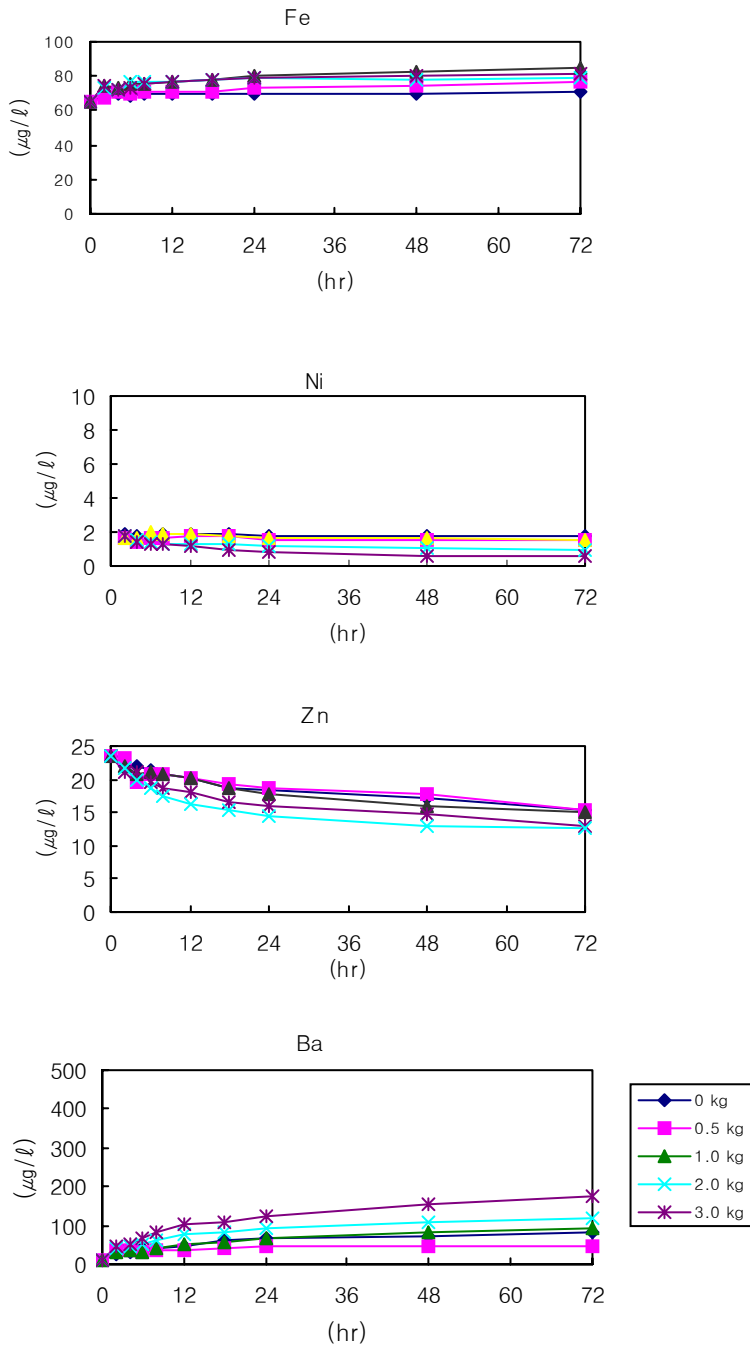


Fig. 16. 맥반석의 투입량 및 시간에 따른 중금속 농도 변화(I)

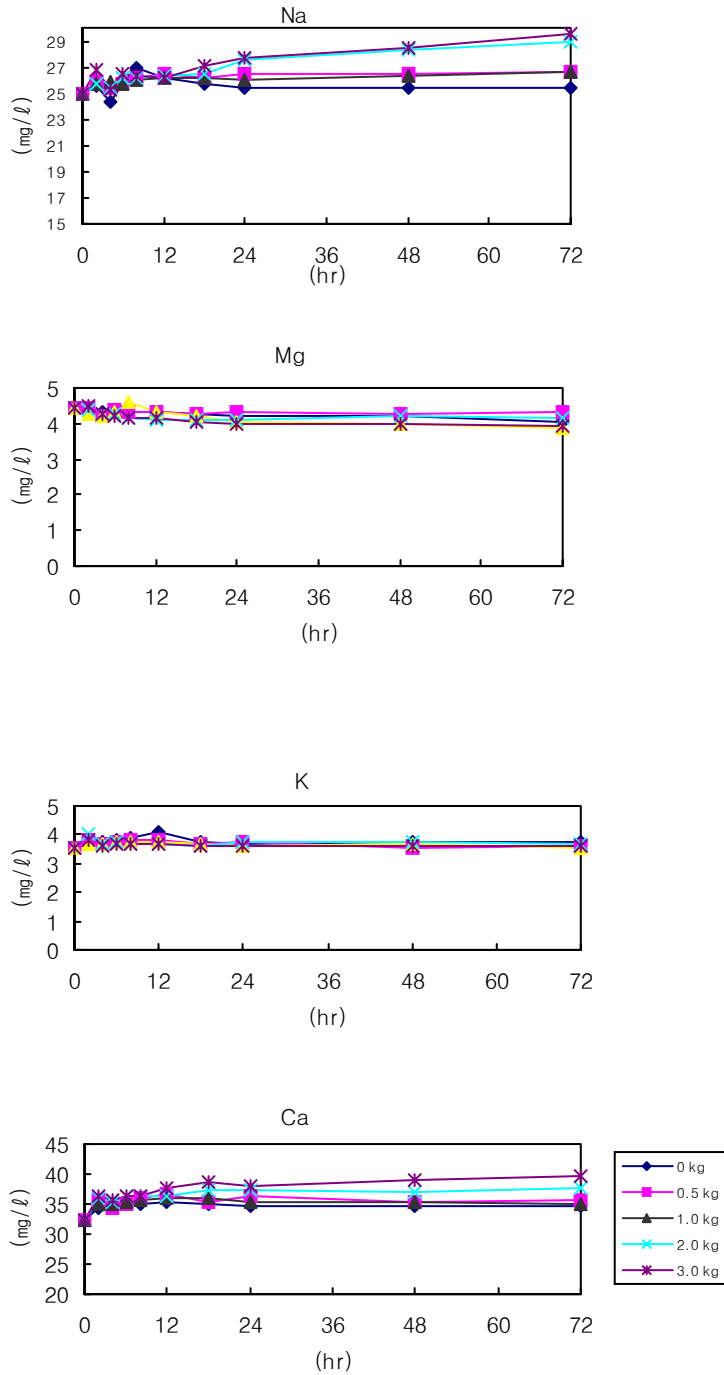


Fig. 17. 맥반석의 투입량 및 시간에 따른 중금속 농도 변화(II)

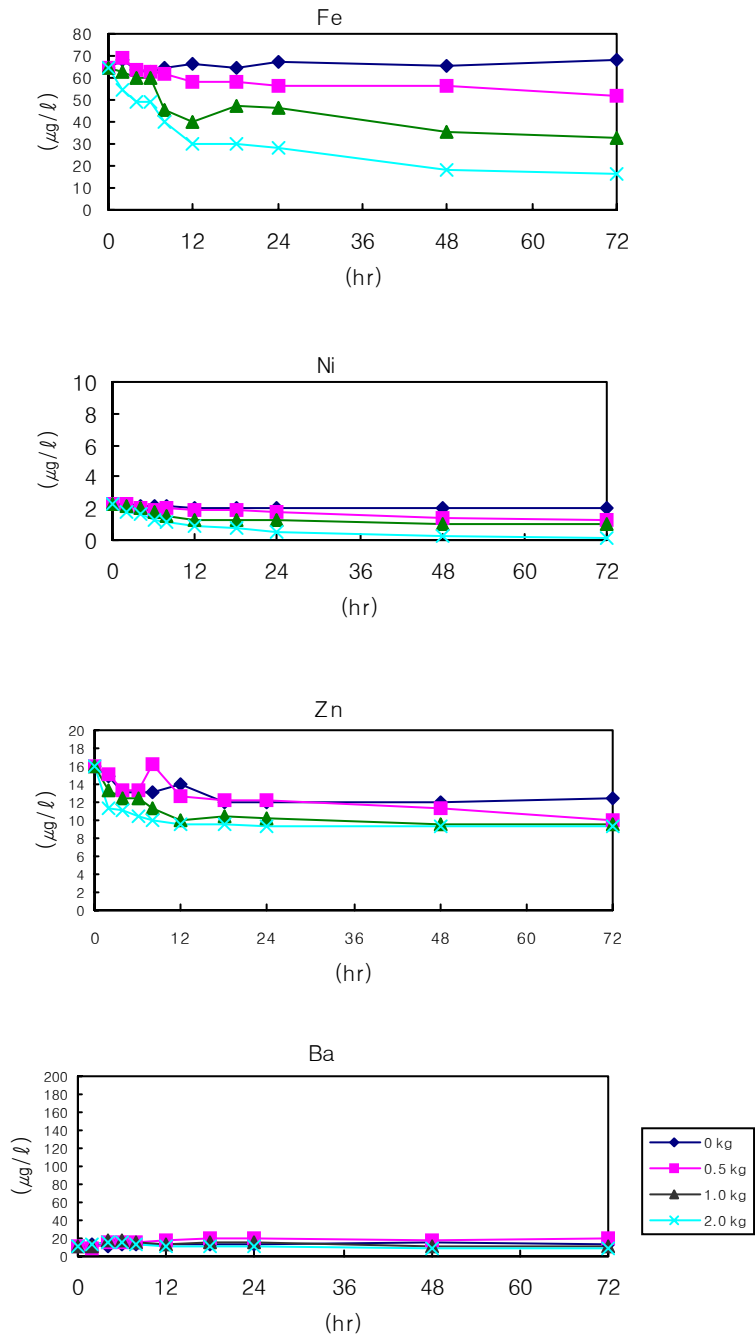


Fig. 18. 숯의 투입량 및 시간에 따른 중금속 농도 변화(I)

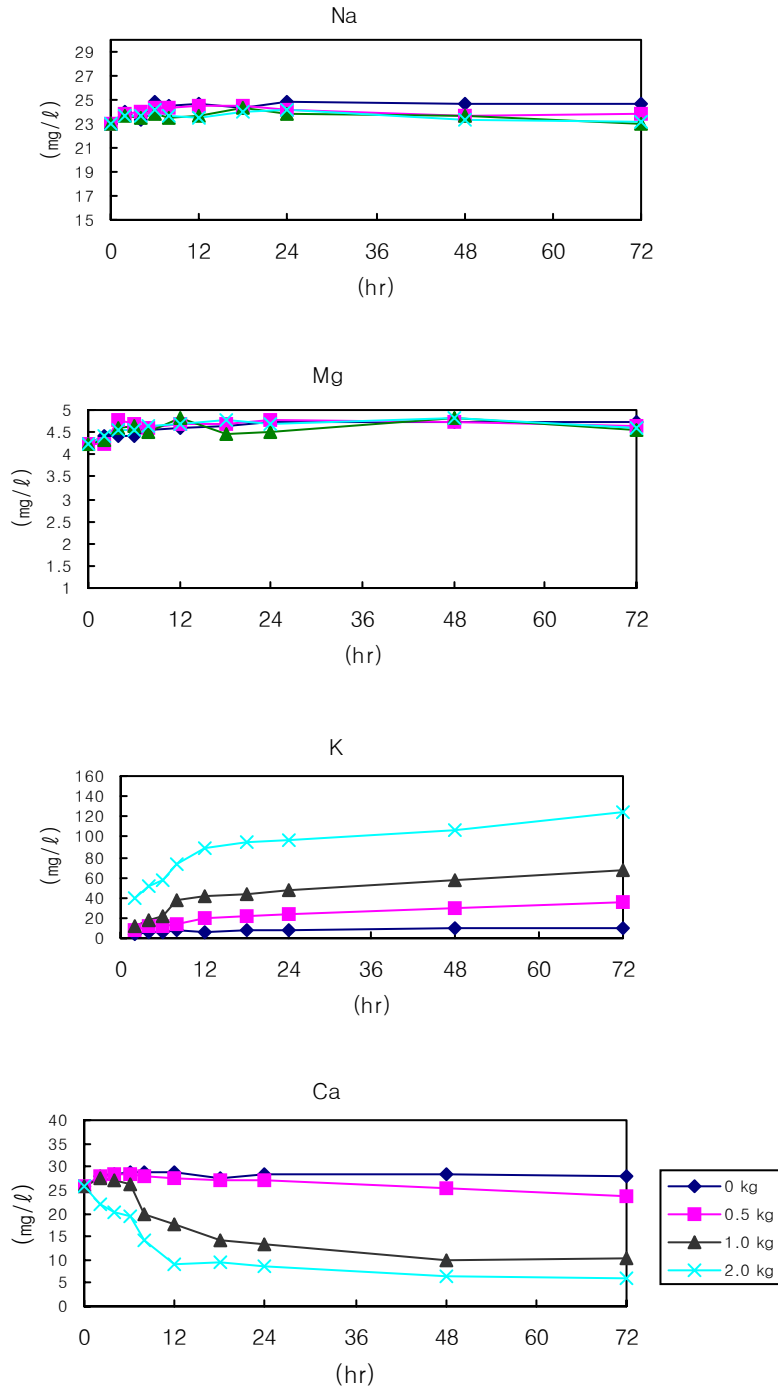


Fig. 19. 숯의 투입량 및 시간에 따른 중금속 농도 변화(II)



거나 변화가 없는 가운데, K의 농도는 솟을 투입 후 농도가 상승하기 시작하여 72시간 경과후에는 0.5 kg 투입했을때는 처음 K 농도의 3.5배, 1 kg 는 6.8배, 2 kg 투입한 수질에서는 12배까지 농도가 상승하는 것으로 나타났다.

본 연구 중 SEM을 이용한 솟의 함량분석에서도 K은 구성성분 중 함량이 매우 낮게 나타났는데 수중에서는 많은 양이 용출되어 이에 대해 관심을 가져볼 만하다고 하겠다.

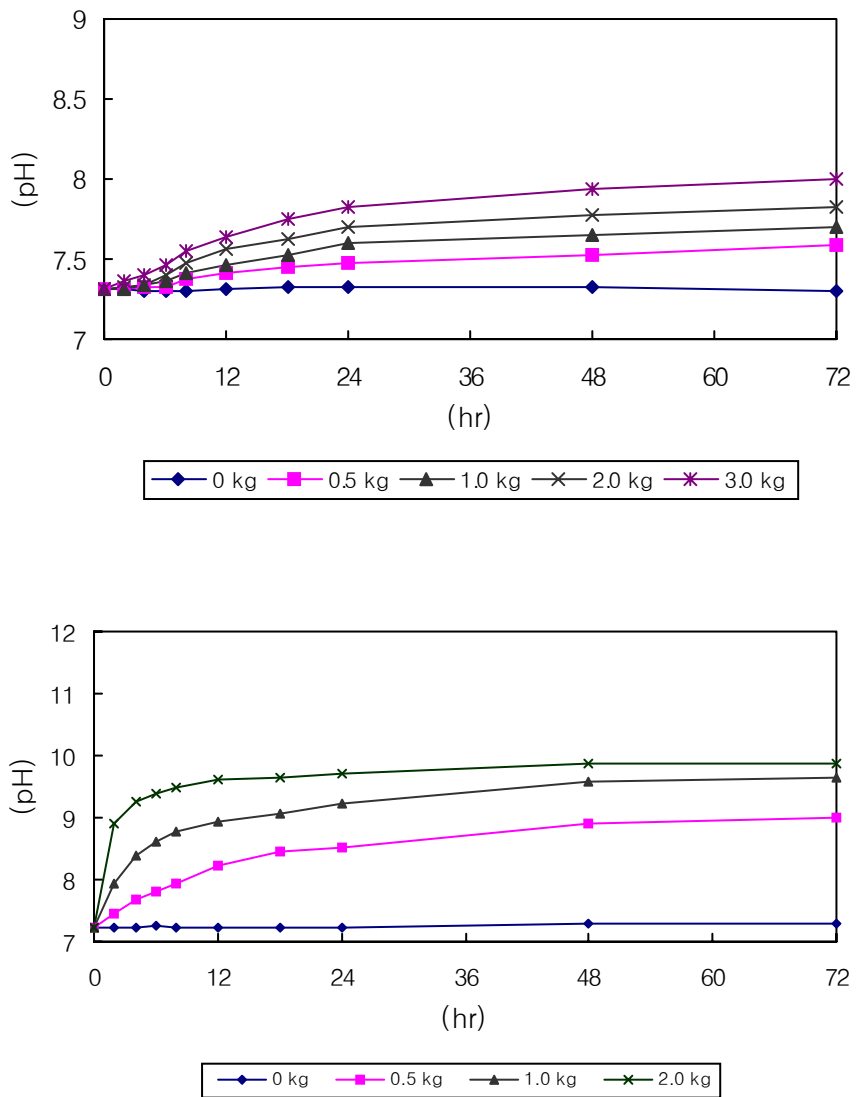


Fig. 20. 맥반석 투입량과 시간에 따른 pH 변화

### 5.3. 알칼리수로의 변화

맥반석과 숯의 투입량에 따른 시간별 pH의 변화는 Fig. 20, 21과 같다. 처음 pH 7.3에서 차츰 증가하다가 7.6 ~ 8.0 으로 상승하였고 투입량의 증가에 따라 pH도 약간씩 높게 나타나는 것을 알 수 있었다.

숯은 투입 후 급격하게 pH가 증가함을 알 수 있었고, 투입량에 따라 72시간 경과 후에는 9.0 ~ 9.9 까지 상승하는 것으로 나타났으며, 24시간 이후로는 증가폭이 다소 둔화되는 것으로 나타났다. 알려진 바와 같이 맥반석과 숯은 알칼리수로 변화시킨다는 것은 본 실험결과와 일치하는 것으로 나타났다.

### 5.4. 직접관능법에 의한 농도 변화 확인

수돗물 속에 맥반석과 숯을 투입하여 제거된 성분 변화에 따라 후각 및 미각으로 감지되는 이취미에는 어떤 변화가 생겼는지를 알아보기 위해 투입후 12시간, 24시간, 48시간, 72시간 경과후에 각각의 투입량에 대해 직접 관능법으로 시험을 해 보았다.

처음 실험에 사용한 수돗물의 관능법에 의한 조사에서는 10 TON으로 나타났는데, 맥반석 투입 후, 24시간 경과후에는 염소 냄새는 거의 나지 않았으나 흙냄새가 주로 나는 것으로 나타났으며 이는 아무것도 투입하지 않은 바탕시험용 수조에서도 냄새 강도나 냄새의 질은 비슷한 것으로 감지되어 맥반석의 흡착에 의한 제거는 일어나지 않는 것으로 나타났으며 냄새강도도 9 ~ 10

TON정도로 거의 감소 되지 않은 것으로 조사되었다. 이는 맥반석 투입후 냄새 성분의 제거실험에서의 GC/MSD 분석한 결과와 유사한 것을 얻을 수 있었다.

숯을 첨가 했을 때는 10 TON에서 12시간 경과 후부터 차츰 감소하기 시작하여 12시간 경과했을 때는 2 kg 투입한 수조에서는 냄새강도가 50% 가량 감소되는 것으로 나타났다. 0.5 kg 투입한 수조에서는 72시간에 3 TON, 1.0 kg 48시간 3 TON, 2.0 kg 24시간 경과 후에 3 TON으로 가장 적은 냄새 강도 값을 얻을 수 있었다. 그런데 48시간부터는 흙냄새는 거의 감지되지 않았으나, 또 다른 냄새성분이 감지되어 관능법으로 약간 증가하는 것으로 조사되었다. 숯의 투입량이 증가함에 따라 이러한 향기 성분이 조금 더 강하게 나타나는 것으로 보아 숯으로 탄화하는 과정에서 생성된 물질이 시간이 경과함에 따라 수증기로 용출되는 것으로 판단된다. 이는 중금속 실험에서 다량으로 용출되는 K의 성분 유입과 무관하지 않을 것으로 사료된다.

물맛에 영향을 미치는 요소는 유기물, 미네랄, 음이온, 용존기체의 종류와 양, pH, 온도 등이 있다.<sup>18)</sup> 숯을 투입했을때 용출되는 K은 물맛을 좌우하는 중요한 미네랄원소로서 Ca, K, SiO<sub>2</sub> 성분은 물맛을 좋게하고, Mg, SO<sub>4</sub> 성분은 물맛을 나쁘게 한다고 알려져 있다.<sup>20)</sup> 숯을 투입 후 Ca, Mg 등의 다른 중금속은 크게 성분변화가 일어나지 않았으나 K은 다량 용출되어 냄새와 맛을 변화시킨 것으로 보여진다.

### 5.5. 향균실험

맥반석과 숯의 향균 효과를 알아보기 위해 투입량에 따른 시간별 일반세균수 실험을 실시하였다. 맥반석과 숯에서 모두 일반세균수가 처음에는 서서히 증가하기 시작하여 갈수록 많은 양으로 증가하는 것으로 보아서 두 물질 모두 향균효과는 그다지 없는 것으로 나타났다.

## 결 론

맥반석과 숯을 이용하여 수돗물중의 이취미 물질 및 성분 변화 실험을 통해 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 수돗물을 관능시험법으로 냄새를 분석해본 결과 10 ~ 12 TON의 냄새강도를 나타내었고 냄새의 질은 염소 냄새와 흙냄새가 주를 이루었다.

2. 맥반석과 숯의 흡착능을 알아보기 위한 공극과 비표면적 분석에서 숯의 공극이 맥반석보다 훨씬 많았고, 맥반석의 비표면적은 1.325 m<sup>2</sup>/g, 숯의 비표면적은 101.3 m<sup>2</sup>/g으로 나타났다.

3. 수돗물의 이취미 성분 분석을 위해 휘발성 유기물질을 분석한 결과, 염소소독으로 인한 할로겐화합물과 방향족탄화수소, 알데히드류 총 22종이 검출되었다.

4. 물질별 수돗물 냄새성분의 기여도를 알아본 결과 최소감지농도가 낮은 Octanal > Heptanal > Hexanal 등의 순으로 나타

났다.

5. 반휘발성 유기화합물질과 상수원수의 조류 번식으로 인한 Geosmin, 2-MIB (Methyl Isoboreneol), 2-Isopropyl-3- Methoxypyrazine, 2,4,6-Trichloro anisole 성분은 불검출로 나타났다.

6. 이취미 물질 제거 실험에서는 맥반석을 투입량과 투입시간에 대해 수질변화를 GC/MS로 분석해 본 결과 큰 변화가 없음을 알 수 있었다. 숯은 Chloroform과 Octanal의 제거실험에서는 72시간경과 후에는 두 성분 모두 90% 가량의 제거율을 보여 흡착력이 뛰어난 것을 알 수 있었다.

7. 중금속량의 수질변화를 알아보기 위한 실험에서는 맥반석은 Ni이 최고 44 %, Zn은 20 %까지 흡착제거 되는 것으로 나타났으나 다른 성분변화는 미미하였다. 숯을 투입한 수조에서 Ni과 Ca은 최고 95 % 까지, Fe은 75 %, Zn은 25 %까지 제거되었으며, K의 농도는 72시간 경과 후, 최고 12배까지 농도가 상승하는 것으로 나타났다.

8. 알칼리수로의 변화를 알아보기 위한 실험에서는 투입량과 투입시간에 비례하여 수질이 알칼리수로 변하는 것으로 나타났으며 숯의 알칼리수로의 변화가 빠른 것으로 나타났다.

9. 직접관능법으로 시험해 본 결과, 맥반석을 투입한 물에서는 악취강도가 거의 감소하지 않은 것으로 나타났으나, 숯을 투입한 경우에는 10 TON에서 3 TON 로 냄새 강도가 감소하였다.

10. 두 가지 물질의 항균효과를 알아보기 위한 일반세균 실험에서는 뚜렷한 항균기능을 알 수 없었다.

11. 숯은 맥반석에 비해 다공성이어서 비표면적이 넓고 물질 흡착기능이 우수하며 수중에서 몸에 유익한 K가 용출되어 수질을 알칼리화시키므로 적량 사용시 정수 기능으로 활용가능 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 수행한 간단한 몇 가지 실험만으로 오랜 역사를 가지고 있으며, 또한 수질정화 효과가 널리 알려진 맥반석과 숯을 기기분석을 통해 과학적인 데이터로서만 해명하기에는 다소 부족함이 있을 것으로 생각된다. 이에 대한 특성은 앞으로 더 검토하고 수질정화 측면에서 실생활에 적용될 수 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

1. 광물과 산업, Vol 3. No. 2, 1990, 26-29
2. 김은호 등, 흡착제를 이용한 수중의 미량 이취물질 분석법 개발에 관한 연구, 생명과학회지, 9(5), 575-580, 1999
3. 류재근, 음용수 중의 이취미 발생물질의 규명 및 제어방안, 한국환경위생학회지, Vol. 20, No. 2, 1-13
4. David Benanou, GERSTEL Twister sniffs out causes of bad odors, Gerstel solutions World Wide 4, September, 2003
5. 상수원에 존재하는 맛·냄새 유발물질 중 Mercaptan류와 Sulfide류의 제어를 위한 오존의 효과, 대한환경공학회지, Vol. 21, No. 8, 1573-1582, 1999
6. 이정규 등, 분말활성탄을 이용한 자연수 중의 2-MIB와 Geosmin 제거, 대한환경공학회지, Vol. 23, No. 6, 1023-1033, 2001
7. 임병진 등, 상수원에서의 이취미 발생 원인 및 대책에 관한 연구, 국립환경연구 원보, Vol. 19, 401-417, 1997
8. 이경호, 수중에 존재하는 VOC에 대한 활성탄과 황토의 흡착 비교, 한국환경 분석학회지, Vol. 6, 179-188, 2003
9. 황진봉 등, 한국산 맥반석의 미네랄 용출 및 중금속 제거 효과, Analytical Science&Technology, Vol. 9, No. 3, 1996
10. 김준환, 먹는물 수질관리기법 개발에 관한 연구(II), 국립환경연구원, 1998. 12
11. 유미선, 냄새의 성분분석과 분석기법에 관한 연구, 울산대학교 대학원, 2002
12. 『VOCs 및 냄새물질 분석 교육』 자료, 부경대학교 공동실험실습관, VOCs 및 냄새분석연구실, 2004
13. 신호상, 물시료 중 휘발성 및 반휘발성 유기물질들의 빠른 분석법 및 전처리 단계별 모니터링, 한국분석화학회, Vol 17.No. 3, 240-250, 2004
14. 최윤정, 오존/AOP 및 활성탄 조합정수 공정에서의 맛·냄새물질 제거 특성,

- 한국건설기술연구원
15. 이신용 등, 맥반석의 유용성에 관한 연구, 자원문제연구논문집, 5권, 1호, 55p
  16. 김창석, 맥반석에 의한 광촉매 분해 반응, 과학교육연구논총, 19권, 1호, 157p, 2003
  17. 심상국, 숯과 활성탄의 기능성과 연구 동향 분석, 한국식품과학회, Vol. 36, No. 2, 99P, 2003
  18. 이남례 등, 먹는샘물 중의 건강과 맛에 영향을 미치는 화학 성분의 분석, 분석과학화학회지, 10(6), 459 ~ 467
  19. Standard Methods, 15th, part 200, Phycal Examination, 207. odor, 1981
  20. 김현실, 부산지역 일부 약수터의 수질 특성에 관한 연구, 부경대학교 대학원, 2002
  21. 조선일보, 3월 26일자, 사회면, 2004