Journal of Korean Society of Water and Wastewater
Vol.22. No4. pp. 455-460 August. 2008

분말활성탄 흡착 및 탈기에 의한 이취미 제거

Removal of Taste and Odor by Powdered Activated Carbon Adsorption and Air Stripping

전항배[1]* · 나광주[2] · 서태경[1] · 박상민[1]

Jun, Hang-Bae[1]* · Na, Kwang-Ju[2] · Seo, Tae-Kyeong[1] · Park, Sang-Min[1]

1 충북대학교 환경공학과, 2 한국수자원공사 청주정수장

(2007년 12월 5일 접수 ; 2008년 1월 2일 1차 수정 ; 2008년 7월 3일 2차 수정 ; 2008년 8월 8일 채택)

Abstract

Powered activated carbon(PAC) has been widely applied for controling odor causing compounds(OCCs) from water treatment plants. Because of their volatility, the OCCs can also be removed from water by air stripping methods. In this study, OCCs removal was tested with PAC adsorption, air stripping, and both PAC adsorption and air stripping from the Taecheong lake water. Removal efficiency of OCCs in terms of threshold odor number(TON) were 39.6% by both PAC (15mg/L) adsorption and aeration for 30 min, 33.6% by PAC(15mg/L) adsorption alone for 30 min, and 22.9% by aeration alone for 30 min, respectively. OCCs could be removed up to 50% by aeration for 120 min without PAC adsorption. At an extended aeration with 15mg/L of PAC, OCCs removal occurred mainly by PAC adsorption within 30 min aeration while it continued by air stripping afterward. At simulated jar tests with the raw water, removal efficiencies of geosmin and MIB were 48.3, 36.1% by coagulation and sedimentation without PAC addition. With 15mg/L of PAC on the same jar tests, the removal efficiencies were 83.1, 60.1%, respectively. Without PAC, OCCs could be possibly removed by stripping during the agitation processes.

Key words : Odor causing compounds(OCCs), PAC adsorption, Air stripping

주 제 어 : 냄새유발(이취미)물질, 분말활성탄 흡착, 탈기

1. 서 론

계절별 주기적으로 발생하는 상수원수의 이취미 문제가 전국적으로 발생하고 있으며, 특히, 댐으로 조성된 인공호수에서는 발생 빈도나 강도가 점차 증가하고 있는 실정이다. 이취미 원인물질로 알려진 것은 geosmin과 MIB가 대표적인 물질이며, 주로 남조류에 의해 발생되는 것으로 보고되고 있다(임, 2007). 오존산화와 활성탄 흡착공정이 이러한 물질을 제거하는 가장 효과적인 방법으로 제안되고 있으며, 주로 분말활성탄(PAC)을 이용해 오고 있다. 냄새유발물질은 활성탄에 의해 흡착이 잘 되는 것으로 알려져 있으나(배, 2003, 전, 2000), 자연유기물질(NOM)이 높거나, 탁도가 높을 경우에는 경쟁흡착이나 흡착방해 작용 등이 보고 된 바 있다(김, 2007, Cook, 2001, Newcombe, 2002).

냄새를 발생시키는 물질은 휘발성이 있기 때문에 액체에 있는 물질이지만 냄새로 감지된다. 휘발성 유기물질(VOCs)

*Corresponding author Tel: +82-43-261-2470, Fax: +82-43-271-7976, E-mail: jhbcbe@cbnu.ac.kr (Jun, HB)

들은 고유의 헨리상수를 갖고 있어 액체표면으로부터 휘발되는 정도가 서로 다르다. 탈기는 액체 내에 작은 공기방울을 넣어 물속의 휘발성 물질을 공기방울로 이동시킨 다음 대기 중으로 방출시키는 것이다. 휘발성이 큰 물질들은 탈기에 의해서 쉽게 물로부터 제거할 수 있다(Metcalf, 2004). 상수원수에서 종종 관측되는 geosmin과 MIB의 헨리상수는 각각 6.66×10^{-5}과 5.76×10^{-5} $m^3\cdot atm/mol$ 으로 벤젠이나 TCE(5.49×10^{-3}, 1.17×10^{-5} $m^3\cdot atm/mol$) 등에 비하면 작은 값이나, 휘발성을 갖고 있기 때문에 탈기에 의한 제거가 가능하다. Lalezary(1984) 등은 상수원수에서 흙냄새와 곰팡이 냄새를 유발시키는 geosmin과 MIB를 포함한 수종의 물질에 대하여 탈기에 의한 제거특성을 조사한 실험에서 위의 두 물질은 클로로포름보다 헨리상수가 작아 제거효율이 약 1/50 정도라고 설명하고 있다. 그러나 원수 내 농도가 각각 100ng/L일 경우 탈기에 의해 최대 45% 및 70%가 제거되는 것으로 나타났다.

본 논문은 상수원수에 존재하는 냄새유발물질 제거를 연구의 목적으로 하며, 이를 위하여 일반적으로 폭 넓게 사용되고 있는 분말활성탄(PAC) 흡착과 폭기(aeration)에 의한 탈기방법을 검토하였다. PAC를 적용할 경우 최적의 주입률을 결정하였으며, 탈기에 의한 냄새물질 제거성능을 평가하였다. 또한, PAC 흡착과 탈기를 동시에 적용할 경우 폭기시간에 따른 냄새물질 제거특성을 분석하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. 실험재료

냄새가 발생하는 기간 중 대청호 원수를 채수하여 모든 실험의 시료로 사용하였다. 실험기간 채수한 시료의 냄새유발물질인 geosmin과 MIB는 각각 평균 8.9 및 6.1 ng/L이었고, 기타 유기물질농도나 수질자료는 Table 1과 같다. 탁도는 3 NTU 전후이었으며, pH는 7 ~ 8 범위로 큰 변화가 없었다. 실험에 사용된 분말활성탄(삼천리활성탄소(주))은 목탄계를 원료로 제조한 것으로 200번 체(0.075㎜)를 통과하고 3% 정도 잔류하는 크기를 사용하였고, 분말활성탄의 기타 물리적 특성은 Table 2와 같다.

2.2. 실험방법

분말활성탄 흡착과 탈기에 의한 상수원수로부터 냄새유발물질을 제거하는 실험을 수행하였다. PAC 흡착실험은 일반 Jar test 방법에 준하여 수행하였다. 채취한 시료를 2 L Jar에 넣고, 활성탄을 농도별(0~30 mg/L)로 주입한 후, 15 rpm으로 교반시키면서 30분간 PAC와 접촉시킨 후 GF/C에 여과시켜 TON(threshold odor number)을 분석하였다. 교반강도는 PAC가 가라앉지 않을 정도이었으며, 이는 C 정수장에서 현재 운영되고 있는 PAC 접촉조의 교반강도를 모의한 것이다. 탈기실험은 1 L 메스실린더에 시료를 채취한 후 약 3 ㎜정도 크기의 기포를 발생시킬 수 있는 산기석을 이용하여 분당 약 5 L의 공기를 주입시키며 폭기시간에 따라 냄새강도를 측정하였다. PAC 흡착과 동시에 탈기에 의한 냄새유발물질 제거를 관찰하기 위하여 PAC 15 mg/L를 탈기실험에 사용한 동일한 실험장치에 주입한 후 실험하였다. 실험조건에 따른 냄새강도는 주로 TON으로 분석하였으며, 기존 정수공정에서 이취미 제거 효율평가를 위해서 TON과 함께 geosmin과 MIB를 분석하였다.

2.3. 분석항목

모든 실험은 20℃로 유지되는 실험실에서 수행하였고, 냄새강도는 관능시험법인 TON으로 분석하였고, 냄새 유발물질인 geosmin과 MIB, 및 유기물 농도(DOC, UV_{254})를 측정하였다. geosmin과 MIB는 농도가 너무 낮기 때문에 SPME(Solid phase micro extraction)를 이용하여 이들의 물질을 농축한 후 GC/MS를 이용하여 분석하였다(임 등, 2007). 원수 내 용존유기물질(DOC)은 persulfate ultraviolet oxidation method(APHA, 1998)에 따라 TOC 분석기(Phoenix 8000, Dohrmann, USA)로 분석하였다. 자외선파장 254㎚에서의 흡광도(UV_{254})는 ultraviolet absorption method(APHA, 1998)에 따라 대상 시료를 0.45 ㎛의 멤브레인 필터로 여과한 후 흡광광도계(Cary 300, Varian, USA)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 냄새강도(TON)와 Geosmin 및 MIB의 상관성

Table 1. Characteristics of the raw water sample from Taecheong lake

Item (unit)	Geosmin(ng/L)	MIB(ng/L)	DOC(mg/L)	UV254(cm^{-1})	TON
Concentration	8.9	6.1	1.89	0.0594	10

Table 2. Physical characteristics of the powdered activated carbon

Item (unit)	Iodine number (mg/g)	Moisture (%)	Methylene blue decoloration index (mL/g)	Sieve residual through #200 #200 mesh (%)
Value	1115	12.1	240	3.3

상하수도학회지, 논문
22권 4호, pp. 455-460, 8월. 2008

Table 3은 PAC를 주입하고 40 rpm에서 40분 접촉시킨 후, 응집제(PAHCS)를 20ppm 주입하고 1분 급속교반, 10분 완속교반 및 30분 침전 후 상징수내에 존재하는 냄새유발물질의 농도를 분석한 결과이다. 원수의 geosmin과 MIB가 각각 8.9 및 6.1 ng/L일 경우 TON의 값은 약 10정도 이었다. Fig.1은 원수와 PAC농도를 다르게 주입해 가며 응집 침전실험 후 상징수내의 TON과 냄새유발물질인 geosmin 및 MIB 농도와의 상관관계를 분석한 결과이다. TON은 냄새의 강도를 관능적 방법으로 측정한 수치로 냄새유발물질로 알려진 geosmin와 MIB 잔류농도와 상관성이 높은 것으로 나타났으며, MIB(R^2=0.79)보다 geosmin(R^2=0.92)의 상관성이 더 크다는 것을 알 수 있다.

3.2. 분말활성탄 주입과 응집 침전과정에서 냄새유발물질 제거

Table 3에서와 같이 PAC를 첨가하지 않고, Jar test 방법으로 교반, 응집, 침전실험만 수행하더라도 냄새 유발물질인 geosmin, MIB, TON이 각각 약 48.3, 36.1, 30.0% 제거되는 것으로 나타났다. 또한, PAC를 15 mg/L 주입하고, 40분 접촉 후 응집, 침전실험을 할 경우 geosmin, MIB, TON의 제거효율은 각각 83.1, 60.7, 50.0%로 나타났다.

응집과정에서 냄새유발물질이 제거될 수 있는 것은 교반에 의한 것으로 추정할 수 있다. 폭기를 수행하지는 않았지만, 40rpm으로 40분 동안 교반하였고, 응집과정에서 급속교반과 완속교반을 수행하였으므로 냄새유발물질이 교반과정에서 탈기에 의해 제거된 것으로 생각된다. 또한, 탈기나 흡착에 의해 geosmin이 MIB에 비해 더 잘 제거되었다. PAC 20mg/L를 주입하고, 40분 접촉 및 응집, 침전실험을 수행할 경우 85%이상의 geosmin을 제거할 수 있었고, 침전지 유출수내 TON이 4 정도로 낮게 나타났다.

배경물질인 DOC는 원수에 약 1.9 mg-C/L정도 함유되어 있었고, SUVA 값은 약 3.14이었다. SUVA가 3이하일 경우에 DOC는 상대적으로 친수성, 비방향족, 저분자량 성향을 가지고 있으며, 일반적인 응집처리에 의해 잘 제거되지 않는 특성이 있다. 본 응집실험에서 DOC는 약 41%가 제거되었고, 15 mg/L의 PAC 주입으로 18.3%가 더 제거되어 PAC 흡착과 응집에 의해 총 51.5%가 제거된 것으로 나타났다. 원수 내 DOC 농도는 냄새유발물질의 약 105배 정도로 높게 존재하는 것으로 측정되었다.

3.3. 분말활성탄 흡착 및 탈기에 의한 냄새유발물질 제거

Table 4는 분말활성탄을 15 mg/L 주입한 후 폭기시간에 따라 TON의 제거특성을 분석한 결과이다. 일반 정수장에 도입되어 있는 분말활성탄 접촉조 체류시간이 30분 이하이고, 분말활성탄 주입률이 10~20 mg/L인 점을 감안하여 분말활성탄 주입률을 15 mg/L로 고정하고, 30분 폭기시간별 이취미 강도를 측정하였다. 공기주입량은 5 L/min으로 하였고, 실험실 온도는 약 20℃이었다. 실험기간 중 원수의 이취미 강도는 5.0~8.0 TON 범위이었고, 30분 접촉 후에는 평균 3.8 TON으로 감소하여 제거효율은 39.6%이었다. Cook(2001) 등은 PAC를 15 mg/L 주입한 후 30분 접촉시킨 실험에서 geosmin이 원수의 탁도에 따라 30~50% 정도 제거된다고 하였다. Newcombe(2002) 등은 PAC 종류에 따라 geosmin의 제거효율은 50~80%정도이었고, NOM 농도에 따라 30~90%로 다양하게 나타나고 있다.

또한, 배(2003) 등은 PAC 종류에 관계없이 접촉시간 30분 이내에 geosmin이 대부분 흡착된다고 하였고, 본 실험에서도 30분 이내에 제거되는 것으로 나타났다. 그러나 PAC 접촉방법이 문헌마다 조금씩 차이가 있고, 일부 연구는 jar test 방법을 활용하거나(Cook, 2001, 배, 2003), 등온흡착 실험의 경우에도 시료병에 약 60%만 채워 실험하기도 하였으므로 절대적인 비교는 불가능하였다. 특히, jar test 방법을 사용한 흡착실험에서 탈기에 대한 고려는 하지 않았다.

본 실험에서 분말활성탄에 의한 흡착과 탈기에 의해 제거된 냄새유발물질(TON)을 분리하기 위하여 jar test 중 교반을 15 rpm으로 PAC를 부상시킬 수 있는 정도로 작게 하였다. 탈기와 흡착/탈기는 같은 메스실린더에 폭기장치를 설치하여 실험하였다. Table 4, 5, 6은 각각 'PAC 흡착과 탈기', 'PAC 흡착', '탈기'에 의한 TON의 제거특성을 관찰한 결과이다. PAC를 15 mg/L 주입하고, 30분 폭기를 수행한 결과 약 39.6%의 TON이 제거되었다(Table 4). 폭기 시키지 않고,

Table 3. Removal of odor causing compounds at different PAC doses followed by coagulation and sedimentation(40min contact at 40rpm, 1min rapid mixing, 10min slow mixing, and 30min sedimentation, PAHCS dose: 20ppm)

PAC(mg/L)	Geosmin(ng/L)	MIB(ng/L)	DOC(mg/L)	$UV_{254}(cm^{-1})$	TON
Raw water	8.9	6.1	1.891	0.0594	10
0	4.6	3.9	1.123	0.0246	7
5	3.1	2.8	1.001	0.0234	7
7	2.7	3.6	1.016	0.0228	5
10	2.0	3.0	0.973	0.0217	5
15	1.5	2.4	0.918	0.0213	5
20	1.3	1.8	0.917	0.0204	4

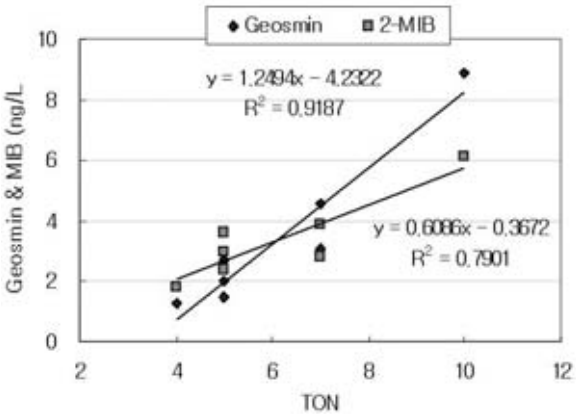

Fig. 1. Correlations between TON and concentrations of both geosmin and MIB at different samples in Table 6.

PAC를 15mg/L 주입하고 30분 반응 후 TON제거율은 33.6% 이었다(Table 5). 이 결과로부터 탈기에 의해 추가로 제거된 TON은 약 6% 정도이나, 두 실험의 교반조건이 서로 달라 직접 비교하는 것은 무리가 있다. PAC를 첨가하지 않고 폭기만 시킨 경우(Table 6)에 30분 후 TON이 22.9% 제거되었다. PAC를 15mg/L 첨가함으로써 폭기만에 의한 제거율보다 16.6%가 증가하고 있고, 제거속도가 빠르게 진행되었다(PAC를 15mg/L 첨가하고 폭기시간 5분 후 TON 제거율은 약 20%정도이었고, 탈기만 5분 수행한 경우에는 약 5%이었음). 탈기에 의한 TON제거는 PAC 흡착에 의한 제거보다 느리게 진행되고, PAC 흡착과 병행한 경우에 비하여 절반정도이지만, 폭기시간이 증가함에 따라 계속적으로 제거되는 특성을 보이고 있다.

위의 결과로부터 PAC에 흡착 제거되는 냄새유발물질의 절반 정도가 30분 탈기에 의해서도 제거될 수 있다는 것을 알 수 있다. 특히, 흡착과 탈기를 동시에 수행할 경우 냄새유발물질 제거효율을 높일 수 있는 것으로 나타났다.

3.4. 냄새유발물질의 흡착 및 탈기특성

휘발성 물질의 탈기(액체에서 기체로의 물질전달)속도는 다음과 같이 표현할 수 있다(Metcalf & Eddy, 2004).

$$r_{voc} = -K_L a_{voc}\,(C - C_s) \qquad (1)$$

여기에서 r_{voc} = 휘발성물질 탈기속도, $ng/m^3 \cdot h$
$K_L a_{voc}$ = 물질전달계수, 1/h
C_s = 액체중의 휘발성물질 포화농도, ng/m^3

공기 중에 휘발성(이취미)물질이 없을 경우 액체중의 포화농도는 0이라고 가정할 수 있으므로, 식(1)은 액체내 이취미물질에 따른 1차식으로 정리된다. 이식을 적분하여 정리하면 식(2)와 같다.

$$\frac{C}{C_0} = e^{-K_L a_{voc} t} \qquad (2)$$

Fig. 2는 Table 4와 6의 실험결과를 도시한 후 이취미 농도를 TON으로 정량화 할 경우 식(2)를 이용하여 회귀분석한 결과이다. 탈기에 의한 TON의 제거(S)는 지수함수식에 잘 따르고 있으나(R^2=0.96), PAC 흡착과 탈기를 병행한 경우(A/S)는 잘 맞지 않는다(R^2=0.88). 특히, PAC 흡착과 병행한 경우 반응 초반에 급격한 TON의 제거가 관찰되고 있는데, 이는 흡착반응이 탈기보다 빠르게 진행되기 때문인 것으로 추정할 수 있다. 즉, 탈기에 의한 이취미물질은 식(2)에 의해 감소하는 반면, 흡착과 탈기를 동시에 적용하는 경우에는 식(2)를 따르지 않는다고 해석할 수 있다.

Fig. 3은 폭기시간을 150분까지 연장하면서 탈기 및 PAC 흡착에 의한 TON을 측정한 것이다. 탈기에 의해 TON은 폭

Table 4. TON removal by PAC adsorption and air stripping (PAC dose: 15 mg/L)

Aeration time (min)	0	5	10	15	20	30
Average TON	6.2	5.1	4.7	4.2	4.0	3.8
Removal efficiency (%)	0.0	17.6	24.6	32.4	36.1	39.6

Table 5. TON removal by PAC adsorption (contact time of 30 minutes)

PAC dose (mg/L)	0	3	7	10	15	20
Average TON	7.0	6.8	6.4	5.5	4.7	4.5
Removal efficiency (%)	0.0	4.0	9.7	21.8	33.6	36.7

Table 6. TON removal by air stripping alone

Aeration time (min)	0	5	10	15	20	30
Average TON	7.7	7.3	6.8	6.5	6.2	5.9
Removal efficiency (%)	0.0	4.6	11.1	15.0	19.3	22.9

상하수도학회지, 논문
22권 4호, pp. 455-460, 8월. 2008

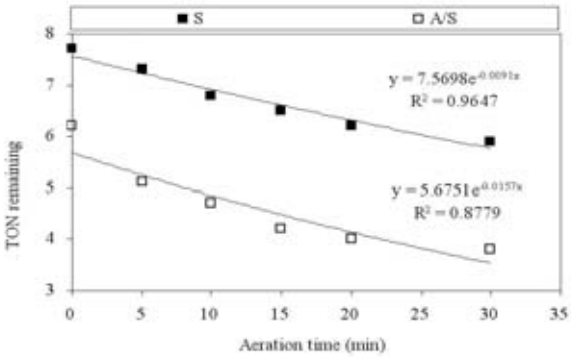

Fig. 2. Regression of TON remaining as a function of aeration time for both PAC adsorption and air stripping(A/S) and air stripping(S) alone.

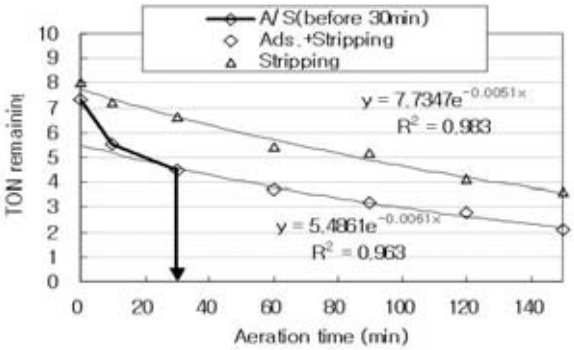

Fig. 3. TON remaining by both PAC adsorption and air stripping(A/S) and air stripping(S) alone at an extended aeration time(# of tests : 10 each).

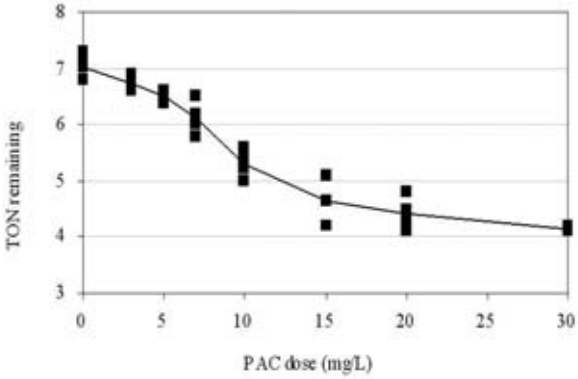

Fig. 4. TON remaining as a function of PAC dose after 30 min. contact time.

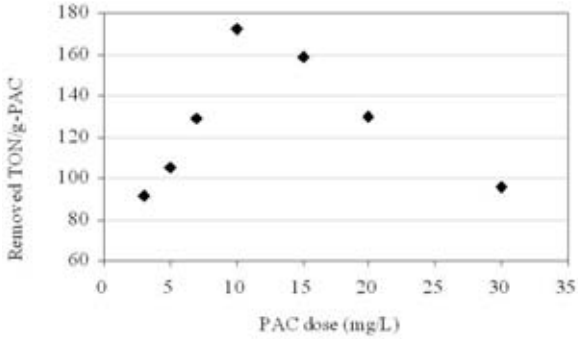

Fig. 5. Adsorption characteristics of TON as a function of PAC dose.

기시간이 150분까지 경과함에 따라 지속적으로 제거되고 있다. 동일한 TON을 제거하기 위해서 PAC를 함께 사용할 경우 탈기만 수행한 경우에 비하여 폭기시간이 약 60분 정도 단축되는 것으로 나타났다.

MIB의 PAC 흡착은 대체로 30~50분 정도의 흡착시간 내에 평형에 도달한다고 한다(배, 2003, Newcombe, 2002). 또한, 30분 PAC 흡착 후 TON 제거율과 PAC 주입과 탈기를 병행한 후 TON 제거율이 각각 33.6, 39.6%인 것으로 볼 때 (Table 4, 5), 활성탄 흡착은 30분 전후의 TON 제거에 관여하고, 그 후부터는 탈기에 의해 주로 제거되는 것으로 추정할 수 있다. Fig. 3과 같이 PAC 흡착과 탈기를 동시에 수행한 경우 30분까지는 Fig. 2(A/S)와 같은 경향을 보이나, 그 후부터는 탈기에 의한 TON 제거와 유사한 경향(K_{La} = 0.0051와 0.0061)을 보여주고 있다. 탈기에 의한 TON 제거는 지수함수로 잘 표현할 수 있으나(R^2=0.98), PAC 흡착과 함께 수행한 실험결과는 잘 모의되지 않았다. 그러나 PAC 흡착이 폭기시간 30분 이내에 거의 평형에 도달한다고 가정하고, 그 이후의 실험결과만을 지수함수식으로 분석할 경우 Fig.3과 같이 R^2 값이 0.96으로 높게 나타났다. 즉, 폭기시간 30분 이후부터는 탈기에 의한 TON의 제거가 주를 이루고 있음을 암시해 주고 있다. 실제로 반응시간 30분을 기준으로 150분 반응 후 흡착과 탈기에 의해 제거된 TON은 약 50%이며, 탈기만에 의해 제거된 TON은 약 45%(회귀분석 지수함수로 30분과 150분 후 계산한 TON값으로 계산한 결과)이었다. 이러한 차이는 30분 이후 PAC에 의한 TON의 제거가 일부 진행되기 때문이며, 주로 탈기에 의해 제거되는 것으로 나타났다.

3.5. 분말활성탄 주입농도별 냄새유발물질 제거

Fig. 4는 PAC 주입농도별 TON을 분석한 결과이다. 실험은 일반적으로 사용되는 2 L Jar를 이용하여 수행하였으며, 교반은 탈기에 의한 영향을 줄이기 위하여 PAC가 침전되지 않을 정도인 15rpm(G=10sec^{-1})에서 30분간 수행하였다. 원수의 TON은 평균 7.1이었으며, PAC를 15 mg/L 주입할 때까지는 급격하게 4.6으로 감소하였고, 그 이상에서는 서서히 감소하여 PAC 주입률 30 mg/L에서는 약 4.2이었다. 이때 TON의 제거효율은 각각 평균 33.8%와 40.9% 이었다. TON의 PAC 흡착 특성을 관찰해 보면, PAC 주입률이 10 mg/L 전후에서 다른 경향을 보이고 있다.

Fig. 5는 시료 내 평형상태의 TON과 PAC 단위무게(g)당 제거된 TON(x/m)을 도시한 것이다. 이때 TON은 농도가 아닌 희석배율을 나타낸 것이지만, 냄새를 나타내는 농도로 보

고 흡착특성을 분석하였다. PAC 단위 무게 당 흡착 제거된 TON(TON/g-PAC)은 그림과 같이 PAC 10 mg/L 전후에서 확연한 차이를 보이고 있다. PAC 주입량이 10mg/L이상에서는 PAC 주입량이 증가함에 따라 단위 PAC 무게 당 제거되는 TON이 감소하는 경향을 보이고 있으나, 10mg/L이하에서는 단위 PAC 무게 당 제거된 TON량이 오히려 작고, PAC 주입량이 증가함에 따라 증가하고 있다. 이는 냄새강도(TON)에 비해 PAC 주입률이 낮을 경우(10mg/L이하) TON이 PAC에 의해 잘 흡착되지 않았음을 의미하는 것이다. 본 실험의 경우 교반강도를 15rpm으로 낮게 하였으므로 탈기에 의해 제거되는 이취미 물질의 양이 적다고 볼 때, 이취미 물질(TON) 흡착을 방해하는 NOM과 같은 고분자 유기물질들이 존재하기 때문이라 생각되며, PAC를 10 mg/L이상 주입할 경우 NOM과 같은 흡착방해물질에 의한 영향이 상대적으로 작기 때문인 것으로 추정할 수 있다. PAC 주입량이 10mg/L이상에서는 DOC농도가 0.97mg-C/L로 감소의 폭이 줄어들고 있는 것으로 나타나 이러한 설명을 입증해 주고 있다(Table 3).

4. 결 론

냄새유발물질에 의한 이취미 문제가 해마다 주기적으로 발생하고 있는 대청호에서 원수를 채수하여 분말활성탄(PAC) 흡착과 탈기에 의한 각각의 냄새유발물질 제거특성과 조합에 의한 제거효율을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) PAC를 15 mg/L 주입하고 30분 폭기시킨 결과 TON의 제거효율은 39.6%이었고, PAC만 주입하고 교반시킨 경우는 33.6%, 30분 폭기만 시킨 경우는 22.9% 이었다. PAC 흡착과 폭기를 동시에 수행할 경우 TON 제거효율을 높일 수 있었다.
2) 폭기시간을 연장시킬 경우 초기 30분 전후에는 PAC 흡착에 의해 TON이 주로 제거되고, 그 이후에는 탈기에 의해 제거되었다. 폭기시간을 120분까지 연장할 경우 PAC 주입 없이도 50% 정도의 TON을 제거할 수 있었다. PAC 15 mg/L를 주입하고, 폭기시간 60분 후 TON 제거효율은 49.6%로 나타나, PAC 주입으로 동일한 TON 제거를 위해 폭기시간을 60분 정도 단축시킬 수 있었다.
3) PAC 흡착 없이 응집 침전만으로 원수 내 geosmin 및 MIB이 각각 48.3, 36.1% 제거되었다. 15 mg/L PAC를 주입할 경우 동일한 실험에서 geosmin 및 MIB를 각각 83.1, 60.1%까지 제거할 수 있었다.
4) 원수시료 내의 DOC는 1.89 mg/L이었고, PAC 주입량이 낮을 경우(10 mg/L 이하) 냄새유발물질의 흡착을 방해하는 것으로 나타났다.

KSWW

감사의 글

이 논문은 2007년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. 김성진, 홍성호, 신홍섭 (2007) 활성탄 흡착지에서 응집조건에 따른 자연유기물질과 이취미(Geosmin, MIB) 파과특성에 관한 연구, *상하수도학회지,* 21(1), pp. 91-99.
2. 김영일, 이상진, 배병욱 (2007) 상수원수 내 이취미 제거효율 향상을 위한 분말활성탄 투입지점의 평가, *상하수도학회지,* 21(3), pp. 431-348.
3. 배병욱, 김영일 (2003) Geosmin과 MIB 제거를 위한 분말활성탄 최적 투입량 결정, 대한환경공학회지, 25(8), pp. 955-962.
4. 임재림, 이경혁, 김성수, 채선하 (2007) 한강수계 고도정수처리 공정에서의 유기물과 맛 냄새의 제거특성, *상하수도학회지,* 21(1), pp. 13-25.
5. 전대영, 이현주, 홍성호, 윤제용 (2000) PAC를 이용한 MIB와 Geosmin의 흡착특성과 제거에 관한 연구, *대한환경공학회지,* 22(11), pp. 2097-2104.
6. APHA, AWWA and WEF (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th edn., Washington DC, U.S.A.
7. Lalezary, S., Pirbazari, M., McGuire, M. J., and Krasner, S. W., (1984) Air stripping of taste and odor compounds from water, *Journal AWWA.* 75:3, pp. 83-87.
8. Cook, D., Newcombe, G., and Sztajnbok, P. (2001) The application of powered activated carbon for MIB and Geosmin removal: Predicting PAC doses in four raw waters, *Wat. res.* 35(5), pp. 1325-1333.
9. Metcalf & Eddy (2004) *Wastewater Engineering-Treatment, disposal and reuse*, 4th. edn., McGraw Hill, Inc.
10. Newcombe, G., Morrison, J., Hepplewhite, C., and Knappe, D.R.U. (2002) Simultaneous adsorptionof MIB and NOM onto activated carbon. II. Competitive effects, *Carbon,* 40, pp. 2147-2156.