



# BAC SYSTEM에 의한 고도정수처리 기술

이 기술은 환경부가 올해 처음 실시한 제 1회 환경기술상에서 대상(대통령상)을 받은 기술로서 염소 소독을 주로 하던 정수처리를 종래 공법에 비해 발암물질(THMs)등의 생성억제와 유해물질 분해 가속화, 겨울철 수중 암모니아성 질소까지 제거하는 탁월한 기술이다. 이에 이 기술의 연구 과정과 활용현황 등에 대해 알아보자.



이원권



서영진

- 삼성 엔지니어링 기술연구소 -

## 1. 개요

BAC는 "Biological Activated Carbon"의 약자이다. 형질은 입상활성탄이나 활성탄 표면에 부착 서식하는 미생물의 활동도를 최대화하여 수처리에 이용하는 측면에서 생물학적(biological)이라는 명칭이 붙었다. 기존의 입상활성탄(GAC: Granular Activated Carbon)이 수중의 유해 유기물을 흡착 처리하는데 비해 BAC는 흡착처리와 미생물에 의한 생물학적 처리를 동시에 수행함으로써 유기물에 의한 흡착부하량을 줄여 활성탄의 수명을 연장시키고 흡착에 의해 처리되지 않는 암모니아성 질소(NH<sub>3</sub>-N) 성분 등을 생물학적으로 처리한다.

GAC를 BAC로 이용하기 위해서는 BAC 접촉조의 유입수에 미생물에 유해한 물질이 없어야 하고 미생물의 성장에 필요한 영양소가 있어야 하며 적절한 수온과 용존 산소가 유지되어야 한다. 일반적으로 BAC 내의 미생물은 자연발생하는 미생물을 의미하며 필요시 영양분을 투입하여 단기간에 미생물의 생장이 촉진되도록

한 예도 있다. 일반 정수공정에서 BAC SYSTEM을 유지하기 위해서는 원수 중의 중금속 등 유해 물질을 배제함은 물론 소독제로 널리 쓰이는 염소투입을 중지시켜야 한다. 소량의 염소를 전단계에 투입할 때도 잔류 염소량이 극미량이 되도록 해야한다. 영양소는 생물학적으로 분해 가능한 유기물이나 질소, 인 성분이 많을수록 유리하다. 영양소 측면에서 보통의 하천수를 BAC SYSTEM의 원수로 이용하는 데는 큰 어려움이 없다. 수온은 10 이상이 미생물 성장에 유리하나, 특별한 구조의 활성탄을 이용하여 5 이하 저온에서도 미생물의 활동을 왕성하게 하여 수처리에 응용한 예가 보고되고 있다. 본시스템에서 이용되는 미생물은 대개 호기성 박테리아이므로 용존산소는 미생물에 의해 처리되는 분해 물질의 최대량을 결정하는 주요한 인자가 된다.

BAC SYSTEM을 활성화하는 방법에는 위의 환경적인 요인과 더불어 활성탄 자체의 물성과 오존의 응용이

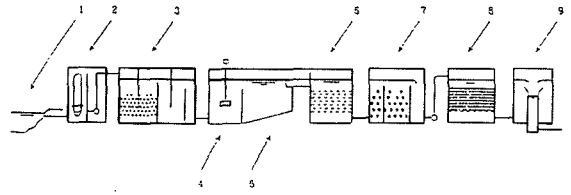
중요하다. 활성탄은 coconut, coal, wood 등을 탄화시킨 뒤 고온의 증기와 약품을 이 용하여 재료내의 불순물질을 휘발시킴으로써 수많은 미세 기공이 발생되어 단위 부피당 표면적이 증가된 것이다. 보통 입상활성탄은 비표면적이 1200m<sup>2</sup>/g 이상 된다. 이 표면에 흡착되어 수증기나 대기상의 불순물이 분리 제거된다. 환경적인 요인이 양호할 때 일반 입상활성탄은 자연적으로 BAC 기능을 가지게 된다. 그러나, 수온이 낮은 동계에 미생물의 활동도가 떨어지고 역세공정후 미생물의 탈리 현상이 일어나, BAC 기능이 불안정해진다. 이 때문에 활성탄의 흡착기능보다는 미생물의 안정적인 서식처로서 기능을 강화하기 위해 거대기공이 발달된 목탄계 활성탄이 개발되기도 했다. 아직은 학계와 업계의 이론이 있지만 국내외에서 활발히 현장 테스트를 하고 있다.

오존은 정수장에서 조류 발생을 억제하고 배수 관로에서 병원균의 발생을 억제하기 위해 소독제로 염소보다 앞서 개발되어 이용되었으나 값싼 염소 소독법이 개발됨으로써 유럽 일부 지역에 한정적으로 쓰이다가 1970년대 들어 염소소독후 발생하는 부산물의 유해성이 알려짐으로써 다시 무해하고 강력한 산화제 및 소독제로서 정수공정에서 각광을 받고 있다. 오존은 설치비와 운전비가 염소에 비해 월등히 높지만 BAC SYSTEM에서 염소의 대체용로서 많은 장점을 갖고 있다. 오존은 강한 산화력을 갖고 있지만 반감 시간이 30분 미만으로 잔류성이 없어 BAC 전에 약간의 체류시간을 가지면 BAC 내의 미생물에 유해하지 않다. BAC 전단계에서 투여되는 오존은 생분해성 물질을 증가시키고 용존산소(오존의 분해로부터 발생됨)를 증가시켜 BAC내의 미생물의 활동을 강화시킨다. 따라서, BAC SYSTEM에서는 염소가 배제되고 오존이 그 대응으로 이용되는 것이 일반적이다. 경우에 따라 오존대신 공기주입 장치가 이용될 수 있다.

BAC SYSTEM의 개요를 요약하면 오존(또는 산소)과 GAC로 구성되어 수중 오염원을 흡착과 생물학적 분해를 통해 제거하는 정수 기술이다.

## 2. BAC SYSTEM의 일반 계통도

FIG. 1.



원수의 특성에 따라 기존 정수공정인 응집침전과 모래여과와 더불어 오존과 활성탄을 조합한 다양한 시스템이 구성되어 질 수 있다. FIG. 1.의 계통도는 가장 일반적인 시스템이다. 각 단위 공정의 기능은 다음과 같다.

표류수를 취수한 원수는 최초에 ②침사지에서 굵은 입자를 침강시키고 ③오존을 주입하여 원수중의 난분해성 유기 오염물질을 생분해 가능한 물질로 변화시키며, 수중의 MINERAL 성분을 산화시키고 응집효과를 증진시킨다. 오존처리수에 응집제 및 응집보조제를 투입④ 미세한 입자를 플록으로 형성시켜 ⑤침전조에서 침전 제거한다. 다음 공정으로 ⑥급속여과조를 경유 침전불능의 불용성 물질을 제거하여 활성탄에 SS 부하를 감소시킨다. ⑦후오존 처리설비는 미생물의 생분해 활동을 증진시켜, 난분해성 물질을 생분해성 물질로 전환시켜 준다. ⑧BAC 접촉조는 전공정에서 처리되지 못한 유기물의 흡착 및 호기성 생물학적 산화처리 기능이 동시에 작용되어 잔류 용존유기물을 처리하여 다음 공정인 ⑨염소소독조로 이송, 살균 처리되어 처리수 저장조로 공급된다.

## 3. 관련 기술 및 용어 설명

### (1) 오존

오존은 산소원자 3개가 결합된 분자(O<sub>3</sub>)로서 공기에 대한 비중은 1.7이고 용해도는 상온상압에서 1% wt의 feed gas에서 4.29mg/L이며 수중에서 자가분해에 의한 반감시간은 20 - 30분이다. 기상에서 0.01 ppm-vol 이상일 때 강한 비릿한 냄새가 난다.

오존 발생법은 화학법, 자외선법, 프라즈마법 방사선



조사법, 무성방전법 등 여러가지가 있으나 기본 원리는 강한 전자선이 산소분자의 고리를 파괴하여 2개의 산소 원자를 생성하고 발생한 산소원자가 산소분자와 결합하여 산소원자 3개로 이루어진 오존을 생성하는 것이다.

오존은 염소보다 5.6배 강한 산화력을 가지고 있으며 수처리에서 철과 망간의 산화, 색제거, 맛과 냄새의 개선, 미생물과 조류의 살균, 응집효과 개선의 효과가 있다. 난분해성 물질을 산화시켜 생분해성 물질을 증가시켜 BAC SYSTEM의 처리 성능을 향상시켜 준다.

## (2) BAC/GAC 비교

같은 입상활성탄을 그 이용 목적에 따라 BAC와 GAC로 분류할 수 있다. 앞서 개요에서 설명했듯이 BAC는 활성탄에 부착되어 있는 미생물의 생물학적 산화력을 이용하는 것이 주목적이고 GAC는 물리화학적 흡착력을 이용한다. GAC는 벤젠, 페놀, 농약성분 등 미량유해 물질을 흡착 제거하는데 안정성을 가진다. 그러나, 6 - 12개월만에 흡착 능력이 포화가 되어 재생을 해주어야 한다. 재생비용은 신탄 가격의 40%에 이른다. 보통 활성탄 가격이 40 - 60만원/톤이므로 수처리에 이용되는 GAC 유지비는 큰 부담이 된다. 또, 국내 하천에서 문제가 되는 질소, 인성분은 활성탄에 흡착 제거되지 않는다. 이에 비해, BAC는 미생물의 작용으로 흡착 부하량이 감소하고 생물학적 처리능력이 지속적으로 유지되어 5 - 10년까지 재생없이 운전된다. 또, 질소 성분을 생물적으로 질산화하여 안정화 한다. 그러나 BAC는 유독 성분에 약하고 고도의 운전 기술을 요하고 오존을 도입할 경우 초기투자비가 높아진다. 이런 BAC와 GAC의 장단점을 비교하여 원수의 특성에 맞춰 적절한 시스템을 구축해야 한다. 국내에서는 생활오수와 질소 성분이 많은 낙동강 수계와 조류가 많이 발생하는 대청호에서 BAC의 효율성이 높다고 판단된다.

## (3) 관련 용어

다음은 BAC SYSTEM에서 많이 쓰이는 용어를 풀어 나타냈다.

- DOC(Dissolved Organic Carbon): 수중에 용존

하는 0.1  $\mu\text{m}$  이하의 유기물

- BDOC(Biodegradable Dissolved Organic Carbon): 용존 유기물중 미생물에 의해 분해가능한 물질

- TOX(Total Organic Halides): 염소, 브롬과 같이 halide 계열의 원소와 유기물의 반응에 의해 생성되는 모든 화합물로 대개 인체에 유해함

- THM(Three-Chloro-methane): 염소원자 3개와 탄소원자 1개를 포함하는 화합물로 대표적인 발암성 물질

## 4. 외국의 응용 사례

석회질 토양이 많은 유럽에서는 지하수 이용이 어려워 대부분의 식수원을 우리와 마찬가지로 지표수에서 이용한다. 유럽의 지표수는 라인강, 다뉴브강 등 여러나라를 통과하는 거대 하천이 많아 생활오수나 공장폐수의 유입으로 오염이 심해 프랑스, 독일을 중심으로 일찍이 고도정수처리 기술이 발달되어 이 분야에서 풍부한 경험을 가지고 있다.

미국의 경우, 식수원의 50% 이상을 지하수에서 이용하고 오염된 원수를 정수하기보다는 오염되지 않은 강 상류로부터 식수원을 끌어오는 정책을 펴기 때문에 고도정수 설비가 도입된 실례가 유럽에 비해 많지 않으나, AWWA(American Water Works Association)을 중심으로 많은 연구성과를 내고 있다.

일본은 하천의 특성이 유량변화가 심하고 길이가 짧아 인공호소를 만들어 식수원으로 이용하고 있다. 이 때문에 조류의 발생으로 인한 식수에서의 이상한 맛과 냄새 발생으로 고도정수설비 도입의 필요성이 강해 학계에서의 연구가 활발하고 일부 신폴랜드도 가동중이나 경험이 부족하고 전면적인 설비도입에 소극적이다.

## 5. BAC SYSTEM의 연구방법 및 결과 고찰

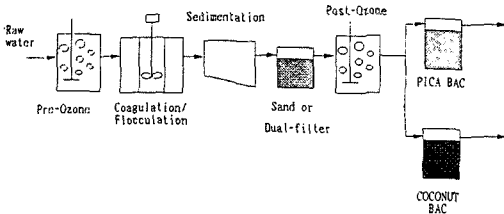
### (1) 실험장치

본 실험은 전염소처리를 하지 않은 낙동강 원수를 기



존처리공정으로 처리한 후 0.5L/min의 유량으로 BAC 시스템을 통과시켰으며 장치도는 Fig.2와 같다. BAC 반응조는 직경 9cm, 높이 200cm의 두 칼럼을 설치하여 접촉시간(EBCT)은 15분으로 운전하였다. 활성탄은 야자계 활성탄과 목탄계 활성탄을 이용하였으며 목탄계 활성탄은 프랑스 PICA사에서 제조한 PICABIOL이다. 이들의 물성치는 Table. 1와 같다. 오존접촉조는 직경 15cm, 높이 200cm이며, 접촉시간은 10분이고 오존주입량은 1mg/l로 유지하였다. 또한 고농도 암모니아성 질소의 제거대책으로 Dual-filter법을 적용하였다. Dual-filter는 기존의 모래여과지를 대신하여 이용되며 직경 9cm, 높이 110cm 칼럼 바닥에 자갈을 10cm 깔고 위에 모래와 활성탄을 주입하였으며 Linear velocity는 4m/h로 유지하였다. 상단에 활성탄층을 30cm로 두고 하부에 모래를 70cm로 채워 운전하였다.

FIG. 2 Schematic diagram of experimental system



Properties	목탄계 활성탄	야자계 활성탄
Raw material	wood	coconut
Apparent density (g/cc)	0.24 - 0.03	0.43 - 0.47
Particle size (mesh)	12×25	8×30
Specific surface area (m <sup>2</sup> /g)	1200	1000
Idonine number (mg/g)	900	1100
Uniformity coefficient (mm)	1.8	1.5 - 2.0

Table 1 The comparison of two experimental methods

**(2) 실험방법**

실험기간 중 수온은 9℃에서 13℃ 범위였기 때문에 저온의 영향을 알아보기 위하여 PICABIOL을 이용한 반응조에 유입되는 물은 냉각장치를 이용하여 수온을 6

℃정도로 유지하였다. 이 기간동안 원수 중 암모니아성 질소농도는 3.2에서 1.9mg/l까지 점차적으로 변하였다. 암모니아성 질소농도가 높은 경우는 이와 비례하여 염소주입량이 증가하게 되고 이에 따른 염소부산물(THMs)의 농도도 증가할 것이다. 따라서 정수장 관망에서 형성된 염소부산물을 나타내기 위하여 실제 BAC 처리수에 파괴점 염소주입후 잔류염소가 존재하는 상태에서 24시간 반응시킨 후 THMs를 측정였다. 파괴점 염소주입법은 처리수에 NaOCl 표준용액(1.2mg Cl<sub>2</sub>/ml)을 일정량씩 주입하여 2시간반응시킨 후, 암모니아성 질소농도와 총 잔류염소 농도를 측정하였다. 반응은 incubator에서 온도 20℃를 유지하였으며 초기 pH는 7.0이었다.

**(3) 분석방법**

분석항목은 암모니아성 질소농도와 용존산소, 질산성 질소, 알칼리도, THM생성 가능성이었고, 분석방법은 standard method에 따라 실시하였다. 잔류염소 분석은 DPD colorimetric method에 따라 분석하였으며 용존산소는 DO meter(ORION Model 860)를 사용하였다. THMs은 Purge and trap GC/MS(Tekmar LSC-2000, Varian star 3400)법을 사용하여 측정하였으며 분석조건은 Table. 2에 나타내었다.

GC/MS SYSTEM (Varian Star 3400)	
Columns	60m×0.25mm I.D
Oven temperature	35℃(3min) 92℃ 180℃ 4℃/min 15.4℃/min
Carrier gas	Helium
Carrier gas velocity	47Cm/sec, at 40℃

Table 2. The analytical conditions of GC/MS

**(4) 결과 및 고찰**

**① 암모니아성 질소와 유기물 제거**

실험기간 중 암모니아성 질소농도가 3.0mg/l에서 2.0gm/l로 급격히 변했던 기간(95년 3월초)의 낙동강 원수와 BAC반응조 각각의 처리수 농도를 Fig. 3에 나

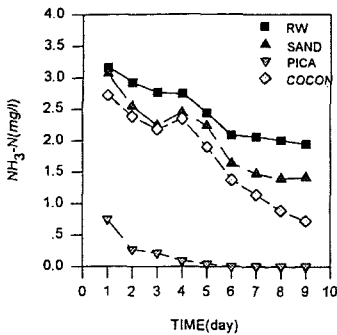


Fig. 3. The removal of NH<sub>3</sub>-N by BAC system.

	원수농도범위 (mg/l)	목탄계활성탄		야자계활성탄	
		처리수질 (mg/l)	제거율 (%)	처리수질 (mg/l)	제거율 (%)
NH <sub>3</sub> -N	2.0 - 3.0	0.01 - 0.4	85 - 99	1.0 - 2.4	20 - 50
NO <sub>x</sub> -N	3.0 - 3.2	4.6 - 5.0	-	3.3 - 3.7	-
DOC	5.44	2.0	63	2.07	62

Table 3. The remove efficiencies of NH<sub>3</sub>-N and DOC by BAC

타내었다. 원수 중 암모니아성 질소농도는 2.0 - 3.0mg/l이며 모래여과를 거친 후 BAC 반응조 유입수는 1.5 - 2.6mg/l범위를 나타낸다. BAC 반응조 유출수의 경우 목탄계 활성탄을 사용한 경우는 수온을 6℃로 유지시킨 상태에서도 0.01 - 0.4mg/l로 85-99%의 제거율을 보인 반면, 야자계 활성탄은 30%정도의 제거효율을 보였다. 이것은 목탄계 활성탄의 구조가 거대기공이 잘 발달되어 있고 표면이 거칠어 미생물의 부착이 안정되어 있어 상대적으로 많은 양의 미생물을 활동성이 양호한 상태로 유지할 수 있기 때문에 생물학적 처리효

율이 월등한 것으로 해석된다. 원수의 암모니아성 질소 농도 범위가 2.0-3.0mg/l일때 각 BAC반응조의 제거효율 및 질산성 질소 농도변화와 DOC(Dissolved Organic Carbon)제거정도를 Table 3에 나타내었다. 질산성 질소를 측정된 결과 암모니아성 질소의 제거율이 높은 목탄계 활성탄이 야자계 활성탄보다 2mg/l정도 더 높게 측정되었으며 이는 기준치인 10mg/l보다 낮은 값으로 안전하다고 판단되었다. Table 3에서 보듯이 용존성 유기물인 DOC는 암모니아성 질소와는 달리 두 종류의 활성탄에서 60%정도의 비슷한 제거효율을 보였다. 이것은 유기물을 주로 제거하는 미생물인 heterotroph는 질산화 미생물인 autotroph에 비해 주변 환경에 덜 민감하여 활성탄의 종류에 큰 영향을 받지 않고 비슷한 처리효율을 보이는 것으로 생각된다.

BAC반응조 각각에 대해 EBCT별 용존산소 농도와 산소소모율은 Table 4에 나타내었다. 제거된 단위 암모니아성 질소당 소모된 산소량은 이론치인 4.57 O<sub>2</sub>mg/ Nmg보다 낮게 나타났다. 이러한 현상은 두가지 측면에서 추정할 수 있다. 첫째, BAC반응조 유출수의 용존산소는 2mg/l정도의 낮은 값으로 시료를 채취시 포기로 인해 실제값보다 높게 측정될 수 있다. 그래서 산소소모량이 이론치보다 낮게 나타났다는 점이다. 둘째, 당 BAC반응조에서 일어난 암모니아성 질소의 질산화가 일반적으로 알려진 Nitrosomonas와 Nitrobacter에 의한 경로외의 산소소모량이 작은 다른 경로에 의해 일어날 가능성도 있다. 독일의 쾰른 정수장에서 산소소모량이 이론치보다 작은 경우가 있었음이 보고되고 있다. 이 부분은 향후 더 연구가 진행될 계획이다. 각 BAC 반응조의 산소소모량은 EBCT 7분까지

BAC 유입수	목탄계BAC유출수				야자계BAC유출수				
	DO(mg/L)	DO(mg/l)	UR*(%)	DO(mg/l)	UR*(%)	DO(mg/L)	UR*(%)	DO(mg/l)	UR*(%)
		EBCT=7분	EBCT=15분	EBCT=7분	EBCT=15분				
10.6	4.65	56.1	2.3	22.2	9.1	14.1	8.4	6.6	
10.3	4.5	56.3	1.7	27.2	8.5	17.5	7.8	6.8	
10.0	5.5	45.0	4.5	10.0	8.0	20.0	7.2	8.0	

Table 4. The concentration of DO and oxygen utilization ratio in EBCT

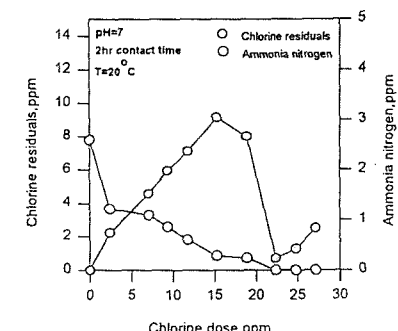
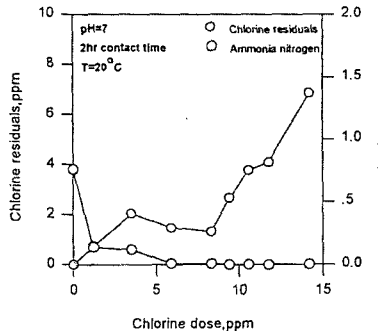
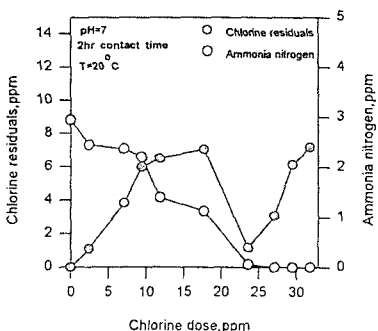
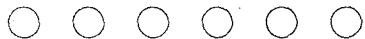


FIG. 4 Breakpoint chlorination in S/F water    FIG. 5 Breakpoint chlorination in BAC (PICA)    FIG. 4 Breakpoint chlorination in BAC (COCON)

높게 나타나며 7분에서 15분 사이의 산소소모율은 목탄계가 아자계 활성탄보다 높았다. 이것은 목탄계 활성탄에서 미생물이 반응조의 하단에 더 많이 성장하여 질산화가 일어났음을 나타낸다. 전체 산소소모율도 질소와 유기물 제거가 높은 목탄계 활성탄에서 평균4배정도 높게 나타났다.

② Dual-filter처리 효율

기존 모래여과지에 대한 Dual-filter의 처리효율을 비교한 결과 유입 암모니아성 질소농도가 3에서 2mg/l일 때 모래여과지 처리수는 평균 2mg/l이고 Dual-filter 처리수는 1.4mg/l로 평균 처리효율이 30%정도 높았다. 이는 dual-filter 상부에 충전한 활성탄에서의 생물학적 분해를 일부 이용할 수 있기 때문으로 생각된다. 따라서 dual-filter 후단에 BAC filter를 둘 경우, 암모니아성 질소제거는 두 단계에 걸쳐서 이를 수 있다. 따라서 원수 중 암모니아성 질소농도가 3mg/l이상 장기간 지속되는 겨울철 가뭄시에는 dual-filter를 BAC filter 전단에 설치하여 2단으로 처리하면 과도한 염소주입없이 암모니아성 질소를 생물학적으로 안정하게 처리할 수 있다는 확증을 얻었다.

③ 파괴점 염소주입법에 따른 결과

모래여과수와 두 종류의 BAC 처리수에 파괴점 염소주입법을 실시한 결과는 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6에 나타내었다. 파괴점 염소주입법의 결과 주입되는 염소량은 처리수의 암모니아성 질소농도와 상관관계가 있으며, 암모니아성 질소 1mg당 반응하는 이론적인 염소량은 7.6mg인데 비해 본 실험결과는 8.4mg으로 처리수 중

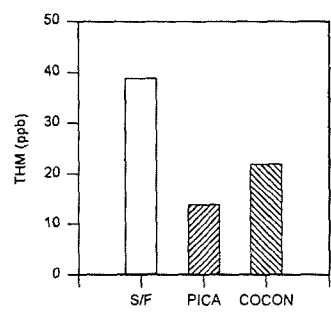


FIG. 9 The concentration of THM in water

에 존재하는 무기물이나 유기물에 의한 영향은 상대적으로 미비한 것을 알 수 있었다.

본 실험에서는 암모니아성 질소 농도가 다른 각 장치의 최종처리수에 염소주입을 실시하였다. 이 경우도 수중의 암모니아성 질소농도가 증가함에 따라 파괴점에서의 주입염소량이 비례적으로 증가되었으며 결과는 Fig. 7과 같다. 모래여과수와 각 BAC처리수에 대한 파괴점까지의 염소주입량은 Fig. 8에 나타내었다. 모래여과수의 경우 18.5mg Cl<sub>2</sub>/l로 파괴점까지 필요한 염소주입량이 가장 많았고, 아자계 활성탄 유출수도 암모니아성 질소의 제거율이 낮기때문에 염소주입량이 16mg Cl<sub>2</sub>/l로 높았다. 이에 비해 목탄계 활성탄은 암모니아성 질소농도가 낮은 관계로 6mg Cl<sub>2</sub>/l로 나타났다. 즉, 기존정수처리 공정에 목탄계 BAC프로세스를 추가할 경우 염소주입량을 최고 3배까지 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다.

④ 염소주입에 따른 THM발생량 결과



FIG. 10 Scanning electron microscopy (SEM) of the biological activated carbon

파괴점 염소주입 실험결과, 파괴점을 지나 잔류염소가 2mg/l정도 유지된 상태의 시료를 24시간 보관한 후, THMs을 측정하였으며 결과는 Fig. 9과 같다. 목탄계 활성탄은 모래여과에 비해 65%정도 감소를 보였고 야자계 활성탄은 45%정도 감소하였다. 결과적으로 주입된 염소량이 높은 쪽이 상대적으로 THM발생량도 많은 것을 나타낸다. Table 3에서 보듯이 BAC유출수의 DOC (Dissolved Organic Carbon)를 측정한 결과, 두 경우 모두 2.0mg/l이었다. 그럼에도 불구하고 목탄계 활성탄의 경우 THM발생량이 감소된 원인은 암모니아성 질소 농도에 따라 투입된 염소량이 야자계보다 작기 때문에 비슷한 DOC값에도 낮은 THM발생량을 보인 것으로 판단된다.

#### ⑤ 미생물 관찰

BAC반응조에서 미생물 활성이 큰 EBCT 7분에서 채취한 활성탄에 부착된 미생물을 SEM사진으로 관찰하였다(Fig. 10). 두 종류의 활성탄 모두 다양한 종류의 미생물이 관찰되었으나 그림상으로는 미생물량과 미생물 분포의 차이를 구별하기는 어려웠다.

BAC반응조 전단에 전염소를 투입할 경우, 염소에 의한 미생물의 성장 저하로 BAC반응조가 처리효율을 나타내지 못하는 결과가 발생된다. 특히 미생물의 활성이 떨어지게 되는 겨울철에 이러한 영향도 더 크게 나타난다. 실제 정수장 현장에 설치한 pilot test결과, 전염소주입으로 암모니아성 질소농도는 0.1 - 0.8mg/l로 낮

아졌으나 BAC의 처리능력에 문제가 발생되어 BAC 반응조에서는 암모니아성 질소가 거의 제거되지 않았으며, 유기물인 DOC도 20 - 38%의 낮은 제거효율을 보였다.

#### (5)결론

이상의 연구를 통한 결과는 다음과 같다.

① 겨울철 저온(6℃)에서 원수중 암모니아성 질소농도가 3mg/l로 유입되는 경우, 기존의 응집침전설비와 아울러 목탄계 활성탄을 거친 경우 국내 수도물 기준치인 0.5mg/l이하로 유지할 수 있었다. 반면에 야자계 활성탄의 경우, 용존성 유기물인 DOC의 제거율은 60%로 비슷한 결과를 보였으나, 암모니아성 질소는 0.5mg/l이하로 처리할 수 없었다.

② 기존 모래여과지에 활성탄을 일부 대체한 dual-filter로 운전할 경우 기존 모래여과지보다 암모니아성 질소 처리효율이 30%정도 향상되었다. 상수원수중 암모니아 농도가 3mg/l이상 장기 간 유지되는 경우 dual-filter를 BAC반응조 전단에 사용하여 BAC시스템에 무리를 주지않고 처리할 수 있다.

③ 파괴점 염소주입법에 따른 결과, 암모니아성 질소의 처리도가 낮은 야자계 활성탄은 모래여과수에 비해 10%정도 염소주입량이 감소되었으며 목탄계 활성탄은 67%까지 감소하였다.

④ 파괴점 염소주입 후 발생하는 THM발생량을 비교한 결과, 목탄계 활성탄은 모래여과에 비해 65%정도 감소하였고 야자계 활성탄은 45%정도 감소하였다. 목탄계 활성탄은 암모니아성 질소의 제거로 주입된 염소량이 적어 THM발생량도 상대적으로 낮게 나타났다. 즉 기존처리공정에 고도정수처리인 BAC 프로세스를 설치할 경우 대부분의 암모니아성 질소를 미생물에 의해 산화처리함으로써 염소주입량을 줄일 수 있어 THM과 같은 유해 염소화합물을 감소시킬 수 있었다.

## 6. BAC SYSTEM 운전상의 유의점

### (1) 미생물의 유출 문제

BAC SYSTEM의 주요 목적중 하나가 수중의 용존유



기물을 저감시킴으로써 배수 관로에서 미생물의 재성장을 억제하는 것이다. 따라서, BAC 접촉조내의 미생물이 처리수에 유출되는 것을 최대한 방지해야 한다. 이를 위해서 정확한 미생물 관찰을 근거로 주기적인 역세 공정이 필요하다. 모래여과사에서 역세에 의해 고히름에 의한 수두증가를 해소하는 것과는 달리 BAC SYSTEM에서는 미생물이 과다 성장하여 유출되는 것을 방지하기 위해 역세를 한다. 역세는 공기와 처리수를 이용하여 최적조건으로 해야한다. 대표적인 BAC SYSTEM인 프랑스의 Choisy-le-Roi 정수장에서 미생물 및 유기물의 물질수지를 보면, 유출 미생물은 유입수에 대해 50%정도 증가하나 BAC SYSTEM에서 제거되는 총유기물량은 유출 미생물량의 100배 정도이다. 유출수를 염소 소독하면 유출 미생물은 유기물이 되며 그 양은 심각한 문제가 되지 않는다.

**(2) 전염소 처리**

BAC 전단계에 염소를 투입하면 미생물의 성장을 억제해 처리효율이 떨어진다. 취수원과 정수설비가 멀리 떨어져 있는 경우, 이송 관로에서의 미생물 발생을 억제하기 위해 염소를 투입한다. 이때 투입량을 최적화하여 BAC 접촉조 유입단계에서의 잔류 염소량이 없도록 해야한다. 또, 염소투입은 가급적 유기물이 충분히 제거된 정수공정 후단에 설치하는 것이 염소부산물 생성을 줄일 수 있어 바람직하다.

**7. 활용 현황 및 전망**

응집침전과 모래여과를 주요 단위공정으로 기존 정수공정은 입자성 물질을 주로 제거하며 용존성 물질은 대부분 처리수에 잔류하게 된다. 이 용존유기물이 미생물 살균을 위해 투여되는 염소와 반응하여 유해한 염소부산물을 발생시킨다. 또, 잔류 유기물은 배수 관로에서 미생물의 재증식을 일으켜 인체에 유해한 병원균을 발생시킨다. 이러한 요인으로 지표수를 주 식수원으로 하는 국내에도 고도정수설비가 빨리 설치되어 국민에게 안심하고 마실 수 있는 식수를 공급해야 한다. 마침, '91년 낙동강 폐놀 사건을 시작으로 수질오염이 큰 사회 문제로 대두되면서 정부와 국민의 인식이 크게 달라져 정수공정의 고도화에 관심을 갖게 되었다. 이에 정부에서 낙동강

수계를 중심으로 전국 19개 정수장에 '97년까지 3000억원을 투자하여 오존과 활성탄(BAC SYSTEM)을 중심으로 고도정수설비를 설치하기로 했고 현재 일부 정수장에서는 공사가 진행 중이다.

**8. 참고문헌**

- 1) 박영규, 상수고도처리에 있어서 오존산화와 생물학적 활성탄 여과, 대한환경공학회지, Vol.16, No.6, PP. 701-709 (1994)
- 2) 이상봉, 김동윤, 임정아, 이원권, "덕산 정수장에서의 BAC Pilot plant에 관한 연구", 상하수도 학회지, 제 9권, 제2호, PP. 97-107 (1995)
- 3) Water Chlorination(Vol.6), Jolley-Lewis Publishers, (1990)
- 4) Issam N. Najm, Nancy L. Patania, Joseph G. Jacangelo and Stuart W.Krasner, Evaluating surrogates for disinfection by-products, J. AWWA, No.6, PP. 98-103 (1994)
- 5) R. Gerval and G. Bablon, "Reduction in chlorine demand by combined ozone/BAC filtration", 8th Ozone World Congress, September, (1987)

◎ 이 원권(Won-kwon, Lee) : 수석연구원, '82년 한양대 화학공학과 학사, '95년 한양대 화학공학과 석사, '82년 삼성엔지니어링 입사, 현재 환경기술개발파트 팀장, 용순수처리 기술 및 고도정수처리기술 개발연구

◎ 서 영진(Young-jin, Seo) : 전임연구원, '91년 포항공대 화학공학과 학사, '93년 포항공대 화학공학과 석사, '93년 삼성엔지니어링 입사, 현재 상수처리분야 기술개발연구

◎ 강 은조(Eun-jo, Kang) : 주임연구원, '92년 영남대 환경공학과 학사, '94년 KAIST 토목공학과 석사, '94년 삼성엔지니어링 입사, 현재 하,폐수고도처리개발 연구

Table. 1 The characteristics of activated carbon used in BAC pilot plant

Table. 2 The analytical conditions of GC/MS

Table. 3 The removal efficiencies of NH3-N and DOC by BAC

Table. 4 The concentration of DO and oxygen utilization ratio in EBCT

( UR\* = Oxygen Utilization Rate )