

고도정수처리공정에서 오존의 유기물 분해능

윤 태 경 · 이 강 춘 · 노 병 일*
동의대학교 환경공학과, 동서대학교 화학공학과
(2004년 10월 11일 접수; 2005년 3월 3일 채택)

Decomposition of Organic Matters by Ozonation in Advanced Water Treatment Process

Taekyung Yoon, Gangchoon Lee and Byeongil Noh*

Department of Environmental Engineering, Dong-eui University, Busan 614-714, Korea

*Department of Chemical Engineering, Dongseo University, Busan 617-716, Korea

(Manuscript received 11 October, 2004; accepted 3 March, 2005)

The performance of ozone contactor in ozone-BAC advanced water treatment process was evaluated by the degree of decomposition of organic matters. The degree was measured by the analyses of UV₂₅₄ absorbance and the concentrations of DOC and BDOC for the sand filtered water and the ozone treated water, respectively. In addition, the ozone concentration in the contactor, required for the maximum BDOC concentration, was selected as the optimum concentration, and the appropriate residential time of ozone treated water in a reservoir was recommended based on the residual ozone concentration in the treated water.

The following results were obtained from the pilot scale experiments. By ozonation UV₂₅₄ absorbance was decreased, and BDOC concentration was increased. The change of DOC concentration by ozonation was negligible, but the excess input of ozone resulted in the removal of the small amount of BDOC by complete oxidation. The optimum ozone concentration was 0.58 mg O₃/mg DOC. In order to remove residual ozone, 20 minutes of the residential time were enough after ozonation.

Key Words : Water Purification, Advanced Water Treatment, Ozonation, Ozone, DOC, BDOC

1. 서 론

원수에 응집제를 첨가하여 혼화→응집→침전→여과→소독공정을 거쳐 수돗물을 생산, 공급하는 표준정수처리공정으로 수중에 일반적으로 존재하는 입자성 물질 대부분과 용존 물질 일부는 제거된다. 그러나 인구과밀과 급속한 산업화로 인하여 미량이지만 상수원수의 수질을 악화시키는 용존유기물, 특히 소독부산물인 트리할로메탄(THMs) 등과 같이 발암성 물질로 알려진 유기염소화합물 또는 이취미 유발물질이 발생하는 경우 이들은 표준정수처리공정으로 쉽게 제거되지 않으므로 추가적인 처리공정을 도입하여 제거하여야 한다. 이와 같이 미량의 유기

물 제거를 위한 추가적인 정수처리공정을 고도정수처리(Advanced water treatment)라 한다¹⁾.

현재 주로 사용되고 있는 고도정수처리기술로 활성탄 단독공정 또는 오존처리공정 이후에 입상활성탄(granular activated carbon, GAC) 표면에 부착미생물을 형성시켜 미생물과 활성탄 흡착에 의한 유기물 제거기구를 동시에 이용하는 오존-생물활성탄(biological activated carbon, BAC) 공정이 도입되어 이용되고 있다. 활성탄처리공정은 수중에 존재하는 용존유기물(dissolved organic carbon, DOC)을 흡착으로 제거하기 위한 공정이다. GAC가 단독으로 사용될 경우 활성탄의 유기물 흡착능력을 주로 사용하여 DOC를 제거한다. 반면, 오존처리공정과 연계하여 활성탄을 사용할 경우 두 가지 DOC 제거기구 즉, GAC 입자 표면에 충분한 미생물이 형성되어 구성된 부착미생물에 의한 생분해와 GAC 원래의 흡

Corresponding Author : Taekyung Yoon, Department of Environmental Engineering, Dong-eui University, Busan 614-714, Korea
Phone: +82-51-890-1697
E-mail: tkyoon@deu.ac.kr

착능력에 의한 제거가 DOC 제거에 동시에 사용되는 BAC공정이 진행된다. 따라서 GAC단독공정에 비해 오존-BAC공정은 활성탄 재생주기를 크게 연장시켜주게 된다²⁻⁴⁾. 또한 최근에는 Nanofiltration (NF), 역삼투압(reverse osmosis, RO) 공정과 같은 막분리기술을 사용하여 먹는 물을 생산하는 사례가 국내 도서지역과 외국에서 보고되고 있지만, 그 규모는 오존-활성탄 고도처리공정에 비해 상당히 작은 규모로 운영되고 있고 경제성이 있는 대형화에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다¹⁵⁾.

우리나라에는 현재 18개 고도정수처리 시설이 운영 중에 있는데, 이들 모두 활성탄 또는 오존-활성탄 공정을 채택하고 있다. 이 중 상수원 수질오염이 심한 낙동강 수계의 중하류에 위치한 부산·경남북의 13개 정수장 중 12개 정수장에서는 오존과 생물활성탄 처리를 사용하고 1개 정수장에서는 활성탄만을 사용하고 있다. 한강 수계 3개와 금강 수계 2개의 정수장에서는 한곳을 제외하곤 주로 입상활성탄 공정을 채택하여 수돗물을 생산하고 있다. 특히, 우리나라의 정수장은 취수원의 90% 이상을 수질오염에 취약한 하천 표류수에 의존하고 있으므로 안전한 수돗물을 공급하기 위하여 고도정수처리시설의 사용은 계속 늘어날 것으로 예상된다⁶⁾.

현재 국내에서 주로 사용되고 있는 고도처리공정인 오존-생물활성탄 공정에서 오존의 역할은 ① 일부 유기물을 완전산화로 제거, ② NBDOC(non-biodegradable DOC) 일부를 저분자 크기로 분해시켜 BDOC(biodegradable DOC)로 전환, ③ 유입수에 존재할 수 있는 병원성 미생물에 대한 살균⁷⁾, ④ 용존산소의 농도 증가 ⑤ 금속이온과 무기물질의 산화, ⑥ 응집능력 향상 등으로 요약될 수 있다¹⁾.

본 연구에서는 오존에 의한 UV₂₅₄ 흡광도, DOC 농도 및 BDOC 농도의 변화를 실험하여 유기물 제거에 오존의 영향을 분석하였고, 최적 오존접촉공정을 도출하기 위하여 주입오존농도에 따른 유기물 제거율의 변화를 실험하여 최적 주입오존농도를 선정하였다. 또한 오존처리수의 잔류오존에 대한 실험을 통하여 다음 공정인 BAC로 처리수가 유입되기 전

에 오존처리수의 적정체류시간을 선정하였다. 실험은 scale의 영향을 최소화하기 위하여 기존 정수장에 pilot 규모의 plant를 건설하였고, 지표수원 수질의 지속적인 변화를 반영하기 위하여 해당 정수장의 모래여과수를 원수로 사용하여 오존접촉공정을 수행하였다.

2. 실험방법 및 재료

2.1. 실험방법

오존접촉조에서 운전조건은 Table 1과 같다. 정상 운전 시 오존처리수는 활성탄접촉조로 투입하기 전 잔류오존을 제거하기 위하여 처리수 체류조에서 25분간 체류시켰다. 오존은 유입수와 접촉면적을 증가시키기 위하여 접촉조 하단에 설치된 다공성 세라믹 분산기를 통하여 작은 기포로 유입되어 접촉조 상부로 배출되었고, 미반응 오존은 배오존 파파기에서 분해, 제거되었다. 유입수는 오존과 반대로 접촉조 상부로 투입되어 하부로 배출되었다. 접촉조는 상압에서 운전되었고, 일정한 접촉시간을 주기 위하여 일정한 액수위를 계속 유지하였다.

2.2. 실험재료

실험은 낙동강을 취수원으로 사용하는 D정수장 내에 pilot 규모의 오존-BAC 고도정수처리 plant를 설치하여 실험하였다. 설치된 pilot plant의 주요 장치는 Fig. 1과 같이 원수저장조, 오존접촉조, 오존처리수 체류조, 오존발생기, 배오존파파기, 오존분석기, BAC접촉조, 처리수저장조, 그리고 공기압축기로 구성되었다. 주요 장치의 사양은 Table 2와 같다.

실험에 사용된 원수는 실제 공정을 모사하기 위하여 정수장에서 침전 후 여과공정을 거친 모래여과수를 펌프로 원수저장조에 이송하여 사용하였다. 실제 공정수를 원수로 사용함에 따라 실험기간 중 원수에 포함된 오염물의 농도 및 성상은 일정하지 않았다.

실험은 계절별 영향 즉, 수온 및 원수 성상의 변화에 따른 영향을 보기 위하여 plant는 2002년 4월부터 2003년 6월까지 1년 3개월 동안 계속 운전되었다.

Table 1. Operating conditions in ozone contactor and BAC

unit process	Operating Condition				
	Activated carbon packing height (m)	Influent water flow rate (L/min)	Influent gas flow rate (L/min)	EBCT* (min)	Ozone conc. (mgO ₃ /L)
BAC	3.0	70	-	15.5	-
Ozone contactor	-	60	8.4	8.05	0.70~0.80

*Empty Bed Contact Time

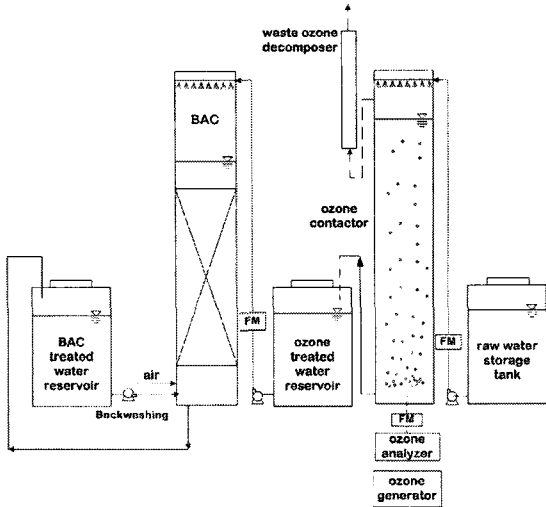


Fig. 1. Process flow diagram of the pilot plant.

Table 2. Specifications of major equipments

Equipment	Specification
BAC	acryl, square column 600W×600L×7000H
Ozone contactor	acryl, cylindrical column (300ID×7000H)×2EA
Raw water storage tank	PE, 1.5m ³
Ozone treated water reservoir	PE 1.5m ³ ×2EA=3.0m ³
BAC treated water reservoir	PE, 1.5m ³ ×2EA
Ozone generator	18g O ₃ /hr
Waste ozone decomposer	acryl, cylindrical column 16ID×100H
compressor	3hp

2.3. 분석

본 연구에서 DOC는 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 UV적용 persulfate 산화방식의 미국 Sievers사 820모델 총탄소분석기를 사용하였다. BDOC는 Servais 등⁸⁾이 개발한 방식에 따라 200 mL 시료를 0.2 μm membrane filter로 여과하고, 산으로 세척한 후 증류수로 세척하여 회화로에서 550 °C로 4시간 baking한 300 ml BOD병에 넣고 매리취수장의 원수를 2 μm 여지로 filtering한 것을 2 ml spiking하여 20°C BOD incubator에서 24일, 26일, 28일간 배양하여 DOC를 분석하여 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. UV₂₅₄ 흡광도

자외선 영역인 254 nm 파장의 흡광도는 수중에 존재하는 유기물이 조사된 자외선을 상당부분 흡수한다는 것을 이용하여 총유기탄소(TOC)의 농도를 간접적으로 즉, 반 정량적으로 측정할 수 있는 지표로 이용되거나, 유기물질 형태의 변화상태를 간접적으로 측정하는데 사용된다. 자외선 영역의 파장을 흡수하는 유기물질은 이중결합을 가지고 있는 방향족 화합물질과 불포화 및 포화 지방족 화합물 등 탄소고리가 이중결합 이상을 구성하고 있는 물질이다. 따라서 어떤 물의 UV₂₅₄ 흡광도는 함유하고 있는 유기물의 특성을 나타내므로 이중결합 이상을 가진 물질의 정량적 척도가 될 수 있다⁷⁾. 또한 유기물질 제거를 위한 처리공정의 효율과 오존접촉공정처럼 유기물질의 정상변화의 효율을 간단하게 측정할 수 있는 방법이다.

Fig. 2는 본 시험공정에서의 UV₂₅₄ 흡광도 변화를 보여준다. 모래여과수(S.F.W.)에서는 0.025 그리고 오존처리수(O.T.W.)는 0.015로 거의 일정한 값을 나타냈고, 오존접촉으로 모래여과수에 비해 약 50% 감소를 보였다. 이는 오존접촉조에서 오존이 UV₂₅₄를 흡수하는 원인 유기물을 분해시켜 발생하는 것이다. UV₂₅₄의 변화를 DOC의 변화와 비교해 보면 오존접촉조에서 유기물의 완전산화에 의한 유기물 제거량은 매우 적지만 오존산화에 의한 유기물의 부분 분해는 상당히 일어난다고 결론지을 수 있다. 즉, 상당량의 이중결합 이상을 보유한 유기화합물이 오존에 의하여 산화되어 포화탄화수소로 구성된 화합물로 변화시켜주는 것으로 사료된다.

3.2. DOC농도

DOC농도의 변화를 Fig. 3에 나타냈다. 모래여과수에서의 DOC농도는 앞 공정인 혼화, 침전 및 모래여과공정에서 상당량 제거되므로 그리 높지 않았다.

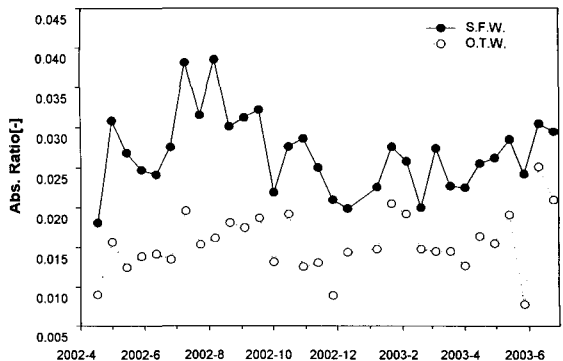


Fig. 2. Change of UV₂₅₄ absorption.

또한 정수장 원수의 수질변화와 앞 단계 공정에서 처리효율에 의해 DOC농도는 일정하지 않았고 연중 변화하였다. 그림에서 모래여과수나 오존처리수에서 DOC농도는 평균 1.7 mg/L로 별다른 차이를 보이지는 않지만, 오존처리수에서의 농도가 모래여과수에서의 농도에 비해 미세하지만 약간 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이것은 오존이 유기물의 일부를 완전산화에 의해 제거하는 것에 기인한다. 그렇지만 그 양은 매우 작았다.

3.3. BDOC농도

BDOC는 생분해가 가능한 용존유기탄소로 고도정수처리공정에서 충분히 제거하지 못할 경우 상수도 배수계통에서 박테리아의 재성장을 조장할 수 있고, 배수 전 소독공정에서 발암성 염소화합물을 형성할 수 있다⁷⁾. BDOC의 농도 변화는 Fig. 4에 나타내었다.

BDOC의 농도는 모래여과수에 비해 오존처리수에서 높은 값을 보였다. 오존처리수에서 BDOC의 증가는 오존에 의한 NBDOC의 산화분해로 BDOC의 증가에 의한 것이다. 오존은 원수에 존재하는 NOM (natural organic matter)과 합성유기물 등을 공격하여 고분자구조를 절단하고 분해하여 aldehyde류, ketone류, 저분자 유기산 등의 BDOC를 생성시킨다^{12,13)}. 따라서 오존접촉조에서의 공정조건이 BDOC의 농도 즉, NBDOC의 분해능에 영향을 미칠 것이다.

BDOC 생성율이 일정하지 않은 것은 원수 중 유기물 성상이 계속 변화하므로 즉, DOC 농도와 더불어 DOC 중 오존에 의해 산화 가능한 유기물의 함량이 계속 변하기 때문인 것으로 추측된다.

3.4. 최적공정조건

고도정수처리공정에서 오존을 투입하여 완전 산화시켜 제거할 수 있는 유기물은 BAC접촉조에서 쉽게 제거될 수 있으므로 유기물 제거를 위하여 과도

한 오존을 투입하는 것은 경제적 측면이나 용존 오존에 대한 문제 등을 고려할 때 바람직하지 않다. 따라서 오존접촉조에서의 최적 운전조건을 선정하는 한 가지 방법으로 BDOC로의 전환율을 최대화하는 조건이 제안될 수 있다.

오존접촉조에서 가장 중요한 공정조건은 접촉조 내 오존농도(mg O₃/L)다. 오존농도는 원수유입속도, 유입공기 중 오존농도, 그리고 유입공기유속에 따라 결정된다. 즉, 접촉조 내의 오존농도는 일정한 유입공기유속과 원수유입속도에서 유입공기 중 오존농도의 변화, 일정한 유입공기유속과 유입공기 중 오존농도에서 원수유입속도의 변화, 또는 일정한 원수유입속도와 유입공기 중 오존농도에서 유입공기유속의 변화로 조정될 수 있다. 본 연구에서는 최적 운전조건 즉, 최적 오존농도 선정실험의 방법으로 원수유입속도와 유입공기유속은 고정시키고, 유입공기 중 오존농도를 변화시켜 접촉조 내 오존농도를 조정하여 처리수의 DOC와 BDOC의 농도변화를 조사하였다. 실험조건과 그 결과는 Table 3과 같다.

접촉조 내 오존농도를 0.48, 0.84, 1.16, 1.39 그리고 1.70 mg O₃/L로 선정하여 실험한 결과, BDOC의 농도는 오존농도가 0.48에서 0.84 mg O₃/L로 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 그러나 더 이상의 오존농도 증가에서는 BDOC가 감소하기 시작하여 1.39 mg O₃/L 이상에서는 본 pilot공정의 원수인 모래여과수에서의 BDOC 농도와 거의 같아졌다. 전체적인 경향으판단할 때 0.84 mg O₃/L(0.58 mg O₃/mg DOC)에서 BDOC가 가장 높게 나타났다.

이러한 결과는 낮은 오존주입율에서 오존의 역할은 주로 NBDOC의 산화에 의한 BDOC생성이라는 것을 보여주는 결과이다. 한편 일정 오존농도 이상에서 DOC와 BDOC의 감소는 오존에 의한 완전산화에서 비롯된 결과이다. 즉, 높은 오존농도에서는 BDOC로 변환될 수 있는 NBDOC가 더 이상 존재

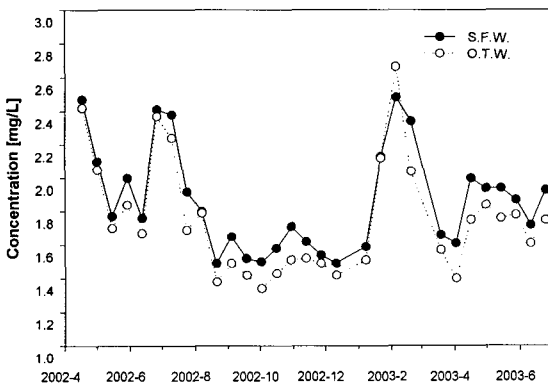


Fig. 3. Change of DOC concentration.

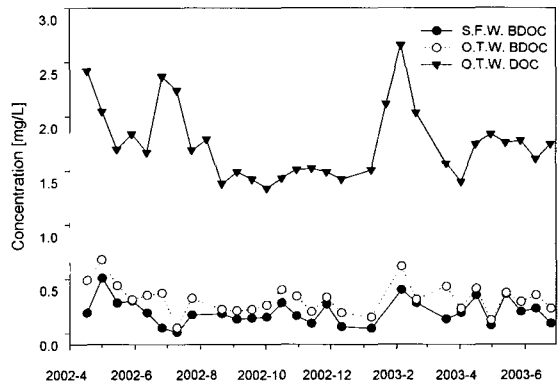


Fig. 4. Change of BDOC concentration.

Table 3. Effect of ozone concentration on the removal of DOC and BDOC

O ₃ conc. in inlet gas (wt%)	O ₃ conc. in contactor (mgO ₃ /L)	DOC (mg/L)	NBDOC (mg/l)	BDOC (mg/L)	comment
0	0	1.47	1.4	0.07	- gas flow rate = 6.5 L/min - influent water flow rate = 60 L/min
0.31	0.48	1.47	1.3	0.17	
0.60	0.84	1.46	1.17	0.29	
0.83	1.16	1.37	1.26	0.11	
1.00	1.39	1.32	1.24	0.08	
1.22	1.70	1.31	1.23	0.08	

하지 않으므로 생성된 BDOC의 일부가 완전 산화되기 때문인 것으로 추정된다.

이러한 결과는 Clipparone 등⁹⁾의 결과와 일치한다. 그들은 오존접촉과 모래부착미생물에 의한 TOC 제거실험에서 오존주입율(mg O₃/mg TOC)에 따른 BDOC의 증가는 일정농도 이상의 오존주입율에서 멈춘다는 것을 밝혔다. 또한 낮은 오존주입율에서는 TOC제거의 대부분은 오존에 의한 유기물의 완전산화에 의한 제거라기보다 오존접촉공정에서 생성된 BDOC가 모래부착미생물에 의하여 제거된 것이고, 반면 3~5 mg O₃/mg TOC의 높은 오존주입율에서는 오존에 의한 유기물 완전산화에 의한 TOC의 제거부분이 점차 증가함을 보였다. 또한 Nishijima 등¹⁰⁾은 오존처리와 미생물분해를 통한 휴믹물질의 제거연구에서 5분의 오존접촉시간은 BDOC를 최대 생성하는데 충분하고, 더 이상의 오존접촉은 생성된 BDOC를 완전산화로 제거하는데 사용된다고 주장하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 이러한 결과는 오존접촉공정의 최적운전조건 선정의 지표로 사용될 수 있다.

한편 Calson과 Amy^{11,12)}는 오존접촉에 의해 증가되는 BDOC의 농도는 생물활성탄공정과 같은 bio-filtration 공정에서 제거될 수 있는 rapidly degradable fraction (BDOC_{rapid})과 biofiltration 공정에서 거의 제거되지 않고 distribution system으로 빠져나가는 slowly degradable fraction (BDOC_{slow})으로 나누어진다고 주장하였다. 따라서 BDOC_{rapid}는 BAC공정에서 바로 제거되므로 오존접촉에 의한 BDOC_{rapid}의 함량증가가 요구되는 반면, BDOC_{slow}는 distribution system에서의 미생물 재성장을 야기할 뿐만 아니라 BAC공정의 다음 공정인 소독공정에서 소독 부산물(DBPs) 형성의 가능성이 있으므로 기존 고도정수처리공정의 효율을 극대화하기 위하여 즉, 최적 오존주입량은 BDOC_{rapid} 형성을 최대화하는 최소 오존주입량의 선정이 오존접촉공정의 최적조건으로 추천된다. 그러나 원수의 유기물 성상이 항상 일정하지 않고, 생성된 BDOC가 BDOC_{rapid}와 BDOC_{slow} 중 어

느 것인지를 구별하는 것은 상당히 어려울 것이다.

오존에 의해 완전 산화되어 제거되는 유기물은 주로 저분자 물질인 BDOC에 포함되는 물질일 것이다. 따라서 주입 오존농도 증가에 의해 산화·제거되는 BDOC량이 증가한다면, Table 3에서와 같이 BDOC는 어떤 오존농도 이상에서는 오히려 감소하는 경향을 보일 것이다. 그러므로 오존처리수에서 BDOC의 농도를 최대로 만들어 주는 오존농도를 최적공정 조건으로 선택하는 것이 타당할 것이다.

오존농도별 DOC 변화는 오존에 의해 완전산화로 제거되는 유기물 양을 대변해 준다. BDOC의 증감과 관계없이 0.84 mg O₃/L 이상에서 오존농도가 증가함에 따라 DOC의 감소가 지속되었지만 1.39 mg O₃/L에서 감소가 둔화되었다. 제거율은 원수 DOC로부터 11% 감소를 나타냈다. 이는 오존에 의해 완전산화로 제거되는 유기물 양이 한정적이라는 것을 보여준다.

본 실험에서 공기 및 원수 유입속도가 위 조건과 같을 때 최대 BDOC 농도가 달성되는 0.84 mg O₃/L가 최적 오존주입농도라 할 수 있다. 이 농도는 0.58 mg O₃/mg DOC로 나타낼 수 있다. 본 연구에서 모래여과공정까지 대부분의 부유물질이 제거되므로 실험기간 중 모래여과수는 0.4 NTU이하의 낮은 탁도를 보였고, 이에 따라 TOC와 DOC의 차이는 거의 없었다. 따라서 공정분석의 편리성으로 TOC를 분석하여 최적 주입오존농도를 0.58 mg O₃/mg TOC로 선정할 수 있다. 이것은 Calson과 Amy^{11,12)}가 제시한 1.0 mg O₃/mg DOC에 비해 약 40% 적은 값으로 적용된 원수가 함유하고 있는 DOC의 농도와 특성을 반영하는 것으로 판단된다.

3.5. 처리수 체류시간에 따른 잔류오존농도

본 실험 조건에서 오존접촉 직후 즉, 오존접촉조 유출수에서 측정된 잔류오존의 농도가 0.53 mg/L인 시료를 대상으로 시간 경과에 따른 잔류 오존의 농도를 측정해 보았다. Table 4에 나타난 실험 결과는 수온과 기온, 체류조의 규격 즉, 깊이, 대기 중 노출

Table 4. Variation of residual O₃ concentration

Time(min)	0	1	3	5
Concentration (mg/L)	0.53	0.50	0.35	0.23

면적 등에 따라 다른 결과를 보여 줄 수 있다. 현재 정수장의 운전 시 오존접촉조 유출수의 잔류오존 기준치는 0.4 mg/L 이하로 운전하고 있다. 잔류오존 기준치는 미생물의 99% 불활성화를 위하여 0.4 mg/L 이상의 농도에서 4분간 접촉이 필요하다는 WHO와 프랑스 공중위생국의 오존소독기준으로부터 비롯된 것으로 사료되며, 다음 공정인 BAC에서 부착미생물이 오존에 의하여 불활성화 되는 것을 방지하기 위하여 0.1 mg/L 이하의 잔류오존 농도가 필요하다⁷⁾. 따라서 오존처리수가 체류조에서 잔류오존이 용존 산소로 분해되기에 충분한 체류시간이 필요하다.

오존처리수의 적정 체류시간을 선정하기 위한 실험으로, 본 연구에서는 2 L 비이커를 사용하여 간단한 실험을 실시하였다. 약 3분이 지나면서 잔류 오존의 기준치인 0.4 mg/L 이하의 농도를 나타냈다. Table 4의 data에 대한 추세선을 구하고 잔류오존 농도가 0로 저하되는데 소요되는 시간은 8.7분으로 예상되었다. 이러한 결과로부터 정수장의 오존처리수 체류조의 설계기준으로 사용된 20분은 BAC 부착미생물에 영향을 없는 잔류오존 기준치를 달성하는데 충분하다고 판단된다. 실험 당시 수온은 5℃, 대기 기온은 8℃였다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 다음의 결론을 도출하였다.

- 1) UV254의 흡광도는 오존에 의한 관련 유기물질의 산화로 모래여과수에서 0.025, 오존처리수에서 0.015로 거의 일정한 값을 나타냈다.
- 2) 오존에 의하여 완전산화로 제거되는 DOC의 양은 대단히 작아 모래여과수와 오존처리수에서 DOC 평균농도는 1.7 mg/L로 거의 같았다.
- 3) 오존의 NBDOC 분해능에 의하여 오존처리수에서 BDOC 농도는 모래여과수에 비해 높게 나타났다.
- 4) 일반적인 주입농도에서 오존에 의하여 분해 가능한 DOC의 비율은 거의 일정했다. 즉, 오존에 의하여 분해되지 않는 일정 DOC 비율이 존재한다. 과다 오존주입은 BDOC 일부를 완전산화시켜 DOC를 감소시켰다.
- 5) 최적 주입오존농도는 최소 오존주입량으로 DOC 중 BDOC 비율을 최대도로 만드는 농도로 결정한다. 본 연구에서 사용된 원수에 적합한 최적 오존

주입농도는 0.58 mg O₃/mg DOC로 결정되었다.

- 6) 체류조 설계 시 20분 이상으로 규정한 오존처리수 체류시간은 BAC 부착미생물에 영향이 없는 잔류오존 기준치를 달성하는데 충분하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 동의대학교 학술연구조성비에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 이성우, 이현동, 한명호, 광동희, 김충한, 2003, 고도상수처리 -원리 및 응용-, 동화기술, 31pp.
- 2) Clark, R. M. and B. W. Lykins, Jr., 1998, Granular Activated Carbon: Design, Operation and Cost, Lewis Publishers, Inc., 205-233pp.
- 3) 한무영, 강창호, 1993, 생물활성탄(Biological Activated Carbon, BAC)공정과 이 공정의 음용수처리에서의 사용, 대한상하수도학회지, 7(1), 77-103.
- 4) 김동윤, 1996, 덕산정수장 고도정수처리시 타당성 조사 및 기본계획 보고서, 부산광역시 상수도사업본부.
- 5) 서연태, 정동환, 임성균, 박규홍, 2001, 막분리를 이용한 정수처리공정의 생산원가에 관한 고찰, 한국물환경학회지, 17(3), 283-297.
- 6) 환경부 수도정책과, 2003, 고도정수처리 설치사업, 환경부 환경관리분야 자료목록.
- 7) 宗宮 功 편저, 강준원, 구자용, 최승일, 정재춘, 육운수 공역, 2002, 오존을 이용한 수처리기술, 동화기술, 115-142pp.
- 8) Servais P., G. Billen, C. Ventresque and G. P. Bablon, 1991, Microbial Activity in GAC Filters at The Choisy-le-roi Treatment Plant, J. AWWA, 83(2), 62-68.
- 9) Clipparone, L. A., A. C. Diehl and G. E. Speitel, Jr., 1997, Ozonation and BDOC removal: effect on water quality, J. AWWA, 89(2), 84-97.
- 10) Nishijima, W., T. Mukaidani and M. Okada, 2003, DOC removal by multi-stage ozonation-biological treatment, Water Research, 37, 150-154.
- 11) Calson, K. H. and G. L. Amy, 1997, The Formation of Filter Removable Biodegradable Organic Matter During Ozonation, Ozone Science & Engineering, 19(2), 179-199.
- 12) Calson, K. H. and G. L. Amy, 2001, Ozone and biofiltration optimization for multiple ob-

- jectives, J. AWWA, 93(1), 88-98.
- 13) Siddiqui M. S., G. L. Amy and B. D. Murphy, 1997, Ozone enhanced removal of natural organic matter from drinking water sources Water Research, 31(12), 3098-3106.