

## 공장폐수의 재활용에 관한 연구\*

이병호 · 김성혁  
토목환경공학부

### <요 약>

본 연구는 공장폐수의 생물학적 처리에서 오존공정을 도입하여 보다 나은 처리효율을 얻고, 기타 공정의 추가 도입으로 최적의 수질을 얻을 수 있는 가능성을 검토하였다. S 공장의 생물학적처리장의 유입 원폐수를 대상시료로 하였으며 실험실내 Lab scale의 실험장치를 설치하였고, 유입수의 농도를 저농도에서 고농도로 점차적으로 미생물에 적응시켰다. 그리고 수질의 처리효율은 COD를 중심으로 분석하였다.

오존공정을 도입하지 않았을 경우 COD는 약 90%의 제거효율을 나타냈고, 오존의 주입 농도를 변화시켰을 때 전오존주입농도 200mg/ℓ에서 COD가 약 96%의 제거효율을 나타냈다. 또한 유입원수의 COD 농도가 다양하게 변화하여도 오존공정을 도입함에 따라 처리되는 수질의 COD는 안정된 값을 나타내었다. COD의 높은 처리효율을 얻기 위해서는 오존의 주입농도는 약 200mg/ℓ 이상으로 고농도가 요구되며, 오존공정에 과산화수소를 첨가하였을 경우에는 COD의 처리효율이 낮게 나타났다. 오존공정과 함께 DAF(Dissolved Air Flotation) 및 활성탄 칼럼등의 추가도입으로 만족한 수질을 얻을 수 있었다.

본 연구결과가 실제현장에 도입되기 위해서는 각 공장별 발생 원폐수의 성분분석이 필요하고, 프로세스 시스템적인 입장에서 개별적 전처리에 대한 경제성 검토가 필요하다. 그러나 공장폐수의 재활용을 위한 공정에서 오존의 도입 가능성은 매우 높았다.

## Industrial Wastewater Treatment for Water Reuse

Byoung-Ho Lee · Sung-Hyuk Kim  
Department of Civil & Environment Engineering

\* 본 연구는 1998학년도 울산대학교 학술연구비(교비)의 지원으로 수행된 것임.

### <Abstract>

This paper investigated effectiveness of high concentrations of ozone in activated sludge process as pretreatment for industrial wastewater. This research used S company wastewater for water reuse by COD reduction. Experiments have been performed in Lab scale.

COD removal rate was about 90% without ozone application while about 96% with 200mg/ℓ of ozone. With ozone application effluent COD was very much stable as about 21~28mg/ℓ even though influent concentrations were varied from 250~550mg/ℓ. Additional series of DAF(Dissolved Air Flotation) and Activated Carbon process even more improved the quality of effluent.

Specific constituents of wastewater need to be analyzed for other industrial wastewater before employing ozone treatment. Economic aspects of ozone process also need to be analyzed.

## 1. 서론

최근에 WTO와 OECD에서 거론되고 있는 '생산공정 및 방법(PPMs)에 관한 규제'가 두되고 있기 때문에 각 산업체에서는 오염물질의 발생원 자체를 없애거나 재활용을 극대화하는 소위 청정기술 개발에 적극적으로 나서야 할 것으로 생각된다. 이러한 노력은 궁극적으로 제품의 경쟁력을 강화시킬 뿐 아니라 날로 엄격해지는 국내 환경규제정책에도 능동적으로 대응하는 가장 분명한 수단이 될 것이다.<sup>1)</sup>

현재 울산지역은 공업용수와 생활용수를 낙동강에서 취수하여 사용하고 있으며 울산지역의 강수량도 평균강수량보다 점점 줄어드는 추세를 보이고 있다. 따라서 울산지역은 생활용수와 농·공업용수의 확보에 최대한 노력하여야 한다. 그러나 현재와 같은 일반적인 수처리방법으로 처리되는 물로는 재활용할 수 있는 용도가 상당히 제한적이어서 많은 양의 물을 재활용하기에는 한계가 있다. 따라서 공장의 최종 배출수를 보다 고도의 처리기술을 이용하여 공업용수 수준으로 처리, 재이용함으로써 최종적으로는 배출수를 최소화 내지는 재로화하는 방안을 모색하여야 한다.

이에 본 연구에서는 산업폐수의 처리시 사용되어지는 활성슬러지법에 오존공정을 도입하여 보다 나은 처리효율을 얻고, 기타 공정의 추가 도입으로 최적의 수질을 구하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 오존(Ozone)

#### 2.1.1 오존의 개요

유럽에서는 상수처리에 오존을 많이 사용한다. 오존을 제일 먼저 적용한 것은 1893년 네

델란드의 Oudshoorn에서 라인강 강물을 침전, 여과시켜서 오존소독을 실시했다. 오늘날에는 전세계를 통해 1000곳 이상의 처리장에서 오존을 사용하고 있다. 오존은 반대 전극을 띤 대전판이나 관벽에 반대 전하를 띤 코일이 감긴 관속으로 공기를 통과시킴으로서 발생시킨다. 공기는 이슬점 이하에서 응축되므로 대기중의 습기를 제거하기 위해 실리카겔, 활성 알루미나 등의 건조제층을 통과시키거나  $-40^{\circ}\text{C} \sim -60^{\circ}\text{C}$ 의 이슬점에서 공기를 건조시킨다. 건조 정화된 공기를 사용하게 되면 오존발생기의 유지비가 적게 들고 발생기의 수명이 길어지며 또한 단위 전력당 더 많은 오존을 생산할 수 있다.<sup>2),3)</sup>

2.1.2 오존의 특성

오존은 공명결합 형태의 이등변삼각형 구조로 결합력이 약해 3개의 원자중 제3원자는 쉽게 분리되어 발생기산소(Nascent Oxygen)로 되는 성질이 있다. 이 발생기산소는 염소나 과산화수소 등에 비해서 강력한 산화력을 가지고 있으며, 화학적 성질이 남지 않는다.<sup>4)</sup>

오존의 물리적 특성은 3개의 산소원자가 4가지 형상의 공명구조로 결합된 형태로 존재하며, 오존의 물에 대한 용해도는 산소보다 수배~수십배 크지만 온도와 압력에 좌우된다. 즉 시스템의 압력이 크고 온도가 낮을수록 용해도가 커진다.<sup>4)</sup> Table 1에 오존의 물리적 성질을 나타내었다. 산소 동위원소인 오존은 상온에서 무색의 기체로서 코를 자극하는 독특한 냄새를 가지고 있으며  $-180^{\circ}\text{C}$ 까지 냉각시키면 검푸른 액체로 된다. 액체상 오존은 대단히 불안정하고 폭발성이 있어서 공기·산소 혼합상태에서 오존농도가 30% 이상이 될 때는 쉽게 폭발하게 된다.<sup>5)</sup>

Table 1 오존의 물리적 성질

물 성 명	물 성 값
분자량(M.W.)	48g
비 점(b.p.)	$-111.9^{\circ}\text{C}$
융 점(m.p.)	$-192.7^{\circ}\text{C}$
임계온도	$-12.1^{\circ}\text{C}$
임계압력	$54.6\text{kg}/\text{cm}^2$
임계밀도	$0.437 \text{ g}/\text{ml}$
임계용적	$0.147 \text{ l}/\text{ml}$
기체밀도( $0^{\circ}\text{C}$ )	$2.144\text{g}/\text{l}$
액의밀도( $-112^{\circ}\text{C}$ )	$1.354\text{g}/\text{ml}$
( $-183^{\circ}\text{C}$ )	$1.571\text{g}/\text{ml}$
( $-195.4^{\circ}\text{C}$ )	$1.614\text{g}/\text{ml}$
표면장력( $-183^{\circ}\text{C}$ )	$38.4\text{dyne}/\text{cm}$
정압Mole비열( $100^{\circ}\text{C}$ )	$43.4\text{kJ}/\text{mol} \cdot \text{deg}$
( $-173^{\circ}\text{C}$ )	$33.2\text{kJ}/\text{mol} \cdot \text{deg}$
점도[액체]( $-183^{\circ}\text{C}$ )	$1.57\text{cp}$
증발열( $-112^{\circ}\text{C}$ )	$316\text{kJ}/\text{g}$
생성열	$144\text{kJ}/\text{mol}$
용해열(물, $18^{\circ}\text{C}$ )	$15.3\text{kJ}/\text{mol}$
이온화전위(Ion Potential)	$12.8\text{eV}$
전자친화력	$1.9 \sim 2.7\text{eV}$
쌍극자모멘트	$0.53\text{D}$

오존의 화학적 특성은 강력한 산화제로서 특징적인 분자구조로 인하여 다양한 형태의 유·무기물과 선택적으로 산화반응을 일으키며, 자기분해반응에 의해 생성된 OH-기는 비록 비선택적으로 산화반응을 일으키지만 오존분자보다 더 큰 반응성을 가지고 있다. 따라서, 오존처리에 의해 불포화 유기물질과 방향족 화합물들은 쉽게 저분자 물질로 분해되며, 시안, 철이온, 망간등의 무기물도 효과적으로 산화처리 할 수 있다. 오존의 분해 메카니즘은 pH, UV, radical scavenger, 오존농도에 의해 영향을 받으며, 가장 큰 인자는 pH로서 pH가 증가함에 따라 오존의 분해가 가속화되며 자기분해 반응이 시작되어 라디칼 형태의 연쇄반응에 의해 가속화된다.4) 오존의 분해 메카니즘은 크게 초기단계, 전파단계, 종료단계로 구분할 수 있으며 Fig.1과 같은 분해 메카니즘을 보인다.6

자연원수내에서 오존의 반응은 더욱 복잡해 진다. 오존이 자연유기물과 반응할 때 복합 humic molecules의 가장 결합력이 약한 곳을 공격하게 되는데 탄소-탄소 이중결합, 방향족 고리, 금속이온 등이 대표적인 예이다.

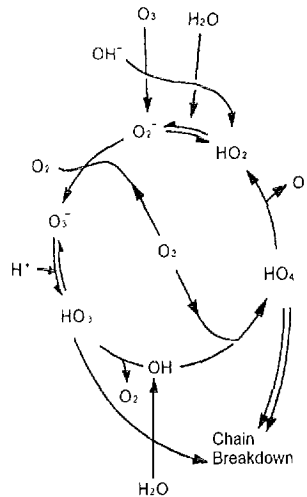


Fig.1 Reaction Diagram and Rate Constants for Ozone Decomposition Process

### 3. 실험장치 및 방법

#### 3.1 오존 발생기

본 연구에 사용된 오존 발생기는 울산광역시외의 중소기업에서 제작한 것으로 기기의 사용이 편리하고, 소형으로 고농도의 오존을 발생시킨다. Table 2에 오존 발생기의 제원을 정리하였다.

Table 2 Ozone Generator Specifications

발생방식	무성방전형
오존 발생량	660 mg/hr × 2CH
고압전원 전압	2.5 KVP-P
고압전원 주파수	40 KHZ
전원 전압	AC 220V, 60HZ, 30VA
Compressor Air 토출량	5000 CC/CH

오존처리공정의 도입은 두가지 공정으로 구분하였다. 전오존 단계로는 연속식 오존접촉조를 투명아크릴로 제작하여 실험실 후드내에 설치하여 오존 배가스의 유출을 제어하였다. 후오존 단계에서는 오존 접촉조를 원통형의 투명아크릴로 제작하여 회분식으로 실험을 실시하였다.

### 3.2 활성탄 칼럼 실험

활성탄 column test를 위해 크게 두가지 공정으로 구분하였다. 전오존+생물+DAF+GAC 공정과 전오존+생물+DAF+후오존+GAC 공정으로 나누었다. 여기서 GAC는 Calgon F400을 사용하였다. 두가지 공정에서 DAF(용존공기부상법) 처리공정을 추가한 것은 최종 유출수에서 거품등이 발생되어 거품류의 제거에 효과적인 DAF 공정을 도입하였다.

DAF처리에 앞서 필수적인 전처리로서 응집처리가 있다. 응집처리는 일반적인 Jar Test 기기를 사용하였으며, 응집조는 아크릴을 이용하여 장방형으로 제작하여 실험을 실시하였다. 본 실험에서 급속·교반은 처리장별 배출수의 응집·침전 실험의 운전조건과 동일하게 실시하였다. 급속교반은 200rpm으로 1분간, 완속교반은 30rpm으로 20분으로 하였다. 또한 최적응집제량은 120ppm으로 주입하였다. 본 실험에서는 응집조와 부상조를 분리하였다.

활성탄 칼럼 실험의 장치도는 Fig. 2과 같다.

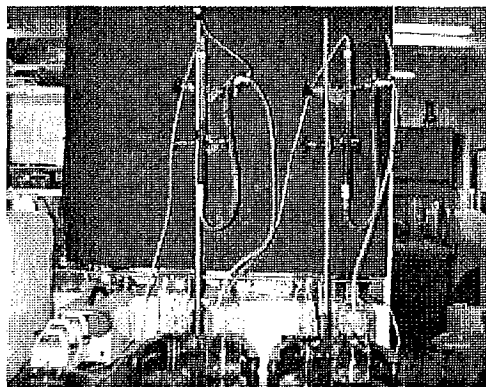


Fig. 2 활성탄 칼럼 TEST 장치

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 기존 처리공정 배출수 기초 분석

#### 4.1.1 방류수 수질 분석

폐수 재이용을 위한 연구에 앞서 현재 운영되고 있는 처리시스템의 처리정도를 파악하고 처리되는 효율을 분석하였다. 수질분석은 수질오염공정시험법과 Standard Methods에 의하였다.

Table 3 운전중인 두 플랜트의 처리수 현황

	생물학적 처리	물리화학적 처리
pH	7.56	7.92
BOD(mg/L)	7	20
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	35.23	17.44
SS(mg/L)	12	20
Cl <sup>-</sup> (ppm)	299	1,045
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N(mg/L)	25	550
NO <sub>3</sub> -N(mg/L)	6.9	19.3
TS(mg/L)	870	6,340
TDS(mg/L)	858	6,293
Turbidity	1.94	7.78
n-Hexane	1	3
T-N(mg/L)	100	2,000
LAS(mg/L)	0.421	3.985

현재 운전중인 생물학적 처리장과 물리화학적 처리장의 방류수를 분석한 결과 생물학적 공정에서는 COD의 농도가 높게 나타났는데 하천 방류기준은 만족하지만 재이용을 위한 수질로는 부족하다. 그리고 물리화학적 공정에서는 BOD, COD등을 제외한 다른 항목에서 생물학적 처리보다 상당히 높은 농도를 나타내고 있다. 특히 염도, 총질소, LAS등이 매우 높은 농도를 나타냈다. 현장에서 운전중인 각 처리장별 처리수 현황을 Table 3에 나타내었다.

#### 4.1.2 방류수 응집·침전(Jar Test)

##### 4.1.2.1 유입원수(Raw Water)

각 처리장별 배출수를 대상으로 응집·침전 실험을 한 결과 물리화학적 처리공정의 배출수에서 재응집에 따른 처리효율이 떨어져 공정별 유입원수에 대한 응집·침전 실험을 실시하였다. 배출수와 비교를 위하여 탁도 항목에 대하여 응집제(Alum)의 양을 변화시켜 실험을 실시하였다. 처리장별 유입원수의 응집·침전 실험의 결과를 Table 4에 나타내

었다. 처리장별 유입원수의 탁도가 매우 높게 나타났는데 생물학적 처리공정에서는 최적응집제량이 50, 120ppm일 때 처리효율이 가장 좋았다. 물리화학적 처리공정에서는 응집제량이 120ppm 일 때 가장 좋은 처리효율을 나타냈다. 물리화학적·생물학적처리공정의 유입원수에 대해 응집제의 농도를 변화시키면서 탁도가 제거되는 것을 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.

Table 4 처리장별 유입원수 응집·침전 실험결과

물리화학적처리 공정 유입수		생물학적처리 공정 유입수	
원수	11.16 NTU	원수	14.67 NTU
Alum 30 ppm	1.42	Alum 30 ppm	7.62
40	1.03	40	6.19
50	<b>0.81</b>	50	7.01
60	2.01	60	5.53
70	0.99	70	5.41
90	1.00	90	2.56
100	1.24	100	4.81
110	0.96	110	1.66
120	<b>0.85</b>	120	<b>1.45</b>
130	1.05	130	2.47

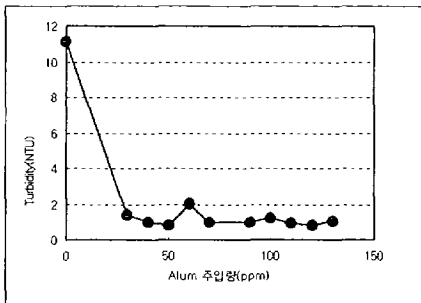


Fig. 3 물리화학적처리공정 유입원수 응집·침전 실험결과

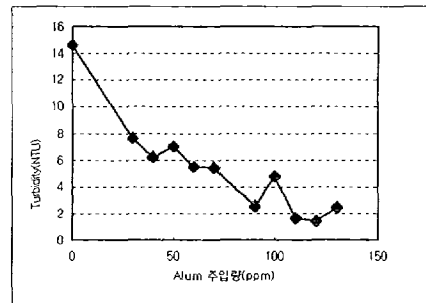


Fig. 4 생물학적처리공정 유입원수 응집·침전 실험결과

4.1.2.2 최종 처리수(방류수)

응집·침전 실험은 기존 공정의 배출수를 채취하여 실험실에 운반후 즉시 실시하였다. 급속교반, 완속교반 및 침전시간은 두 공정의 배출수에 대해 동일한 조건으로 실시하였다. 응집제로는 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>를 사용하였고, 최적응집제량을 결정하였다. 그리고 Table 5에 각 처리장에 대한 방류수의 응집·침전 후 수질분석 결과를 나타내었다.

응집·침전 실험결과 생물학적 처리공정의 배출수가 물리화학적 처리공정 배출수보다 응집효율이 높게 나타나고 있다. 이는 물리화학적 처리공정 배출수는 응집·침전 전단계에서 응집공정을 거친 후 이므로 재응집이 잘 이루어지지 않기 때문이다.

Table 5 두 처리장에 대한 방류수의 응집·침전후 수질

	생물학적 처리		물리화학적 처리	
	응집전	응집후	응집전	응집후
pH	7.56	6.46	7.92	7.52
BOD(mg/L)	7	6.4	20	9.5
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	35.23	34.49	17.44	11.72
SS(mg/L)	12	4	20	13
Cl <sup>-</sup> (ppm)	299	264	1,045	942
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N(mg/L)	25	18	550	377
NO <sub>3</sub> -N(mg/L)	6.9	6.0	19.3	16.1
TS(mg/L)	870	770	6,340	5,180
TDS(mg/L)	858	766	6,293	5,147
Turbidity	1.94	0.93	7.78	2.96
n-Hexane	1	0.8	3	2
T-N(mg/L)	100	80	2,000	1,600
LAS(mg/L)	0.421	0.319	3.985	0.688

### 4.3 오존을 이용한 표준활성슬러지 Pilot Plant 분석결과

#### 4.3.1 진오존에 의한 효과

오존을 사용하지 않았을 때 PILOT PLANT에서 실시한 운전중 유입수와 유출수의 COD 농도를 Table 6에 나타내었다.

Table 6 오존공정을 도입하지 않았을 때의 COD 처리효율

유입원수 COD(ppm)	최종유출수 COD(ppm)	처리효율 (%)
340	39	88.5
500	47	<b>90.6</b>
550	56	89.8

오존공정을 도입하지 않았을 때의 COD 처리효율은 유입수의 농도가 340~550 mg/L 일 때 유출수의 농도가 39~56 mg/L로 약 90%의 제거율을 나타내고 있는데 이는 일반적인 생물학적 처리공정에 비하면 상당히 양호한 편이다.



오존 200 ppm 주입하였을 때, 본 실험의 대상시료는 공장폐수로서 난분해성 유기물을 함유하고 있기 때문에 고농도의 오존을 이용하였는데 최대 주입농도는 약 200 ppm을 주입하였다. 오존 주입농도가 200 ppm 일때 COD 처리효율을 Table 7에 나타내었다.

오존 200 ppm을 주입하였을 때 유입수의 COD 농도 변화가 180~548 mg/L으로 다양하게 유입되어도 유출수의 농도는 약 21~27 mg/L로 안정된 값을 나타내고 있다. 이는 유입수의 유기물질들이 오존에 의해 미생물이 분해하기 쉬운 상태로 변화하여 효과적이고 안정적인 처리효율을 나타내고 있다.

Table 7 오존 200 ppm 주입시 COD 처리효율

유입원수 COD(ppm)	전오존처리 COD(ppm)	최종유출수 COD(ppm)	처리효율 (%)
180	140	21.1	88.2
343	288	24.4	92.9
486	377	26.5	94.5
517	501	26.8	94.8
530	528	27.1	<b>95.9</b>
548	516	27.3	95.0

오존 80 ppm 주입시 COD의 변화를 관찰하였다. 오존 주입농도 80 ppm 일때의 COD 처리효율을 Table 8에 나타내었다.

오존 주입농도를 약 80 ppm 주입시 유입수의 COD 농도가 345~442 mg/L로 유입될 때 유출수의 COD 농도는 약 35~49 mg/L로 89% 정도의 처리효율을 나타냈다. 처리효율을 비교하면 오존공정을 도입하지 않았을 때와 비슷한 처리효율을 보이고 있는데 이는 난분해성 유기물질들이 고농도의 오존에서 미생물이 분해하기 쉬운 상태로 변화하는 것으로 판단된다. 저농도의 오존에서는 오존의 잔류성이 약하기 때문에 효과적으로 유기물질들을 분해하지 못해 오존을 사용하지 않았을 때와 비슷한 결과를 나타내고 있는 것으로 분석된다.

Table 8 오존 80 ppm 주입시 COD 처리효율

유입원수 COD(ppm)	전오존처리 COD(ppm)	최종유출수 COD(ppm)	처리효율 (%)
345	268	35.3	89.8
403	198	44.5	89.0
430	380	49.0	88.6
435	355	47.6	89.1
442	361	45.4	<b>89.7</b>

오존 주입농도 80 ppm 일 때 COD 처리효율이 효과적으로 나타나지 않았지만 저농도의 오존을 주입하였을 때 효과가 없음을 확인하기 위하여 오존 40 ppm을 주입하여 COD 변화를 알아 보았다. COD 농도 변화 결과를 Table 9에 나타내었다.

오존 주입농도 40 ppm 투입하였을 때 유입수의 COD 농도가 365~498 mg/L에 대한 유

출수의 농도는 79~244 mg/L 정도로 약 50~78%의 처리효율을 나타내었다. 이 결과는 오존공정을 도입하지 않았을 때 보다 더 좋지않은 처리효율을 보이고 있다. 폭기조의 수온 변화등으로 실험의 오차가 있었던 것으로 분석된다.

Table 9 오존 40 ppm 주입시 COD 처리효율

유입원수 COD(ppm)	전오존처리 COD(ppm)	최종유출수 COD(ppm)	처리효율 (%)
365	319	79	78.4
414	376	140	66.2
498	431	244	51.0

Fig. 5에 주입오존농도에 따른 COD 처리효율을 나타내었다. 저농도의 오존을 주입하였을 때는 처리효율이 낮아지다가 주입하는 오존의 농도가 고농도로 변화하면서 처리효율이 높아져 약 200 ppm 정도에서는 오존을 사용하지 않았을 때보다 높은 처리효율을 나타내고 있다.

오존 투입농도에 따른 처리효율을 비교하면 S사에서 미생물 처리장으로 유입되는 폐수는 오존의 농도가 100 mg/L 이하로 투입될 때에는 색도를 어느정도 낮출 수 있었으나 COD를 낮추는 데에는 큰 효과를 보이지 않았다.

미생물 처리장 유입수의 COD 농도가 180 ~ 550 mg/L로 변화폭이 클 때에도 미생물 처리장에서 안정적으로 유출수의 농도가 30 mg/L 이하로 유지하기 위해서는 오존을 200 mg/L 정도를 써야하는 것으로 나타났다.

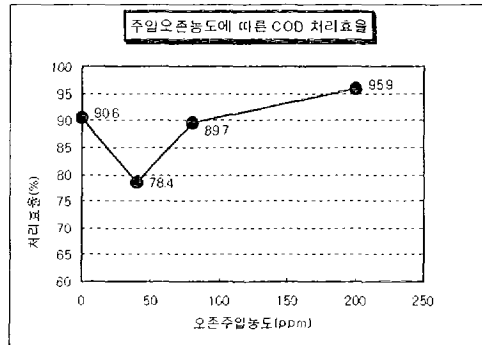


Fig. 5 오존주입농도에 따른 COD 처리효율 비교

#### 4.3.2 전오존과 후오존에 의한 효과

미생물처리를 통과한 유출수의 COD가 후오존처리에 의하여 제거되는지를 파악하기 위하여 추가적인 실험을 하였다. 미생물에 의해 처리된 물은 아직 색도를 가지고 있기 때문에 색도를 제거할 수 있는지를 보기 위한 실험이었다. 실험결과를 Table 10에 정리하였다.

전오존처리와 생물학적 처리를 거친 유출수의 COD 농도가 상당히 양호한 수질을 얻었으나 여기서 후오존으로 추가적인 처리를 하였을 때 COD 농도가 많이 낮아졌다. 이러한

공정의 처리효율은 유입수에 대하여 약 95~96%의 처리를 나타내고 있다. 또한 생물학적 처리에서 제거되지 못했던 색도가 무색으로 제거되었다.

Table 10 활성슬러지 유출수의 후오존처리에 의한 제거율

유입원수 COD(ppm)	전오존처리 COD(ppm)	전오존+생물 유출수 COD(ppm)	전오존+생물 +후오존 유출수 COD(ppm)	처리효율 (%)
343	288	24.4	17.7	94.8
486	377	26.5	18.9	96.1
517	501	26.8	19.3	96.3
530	528	27.1	19.6	94.9
548	516	27.3	21.0	96.2

Fig. 6에 유입원수, 전오존, 전오존+생물, 전오존+생물+후오존 처리후의 유출수 COD 농도를 비교하여 나타내었다.

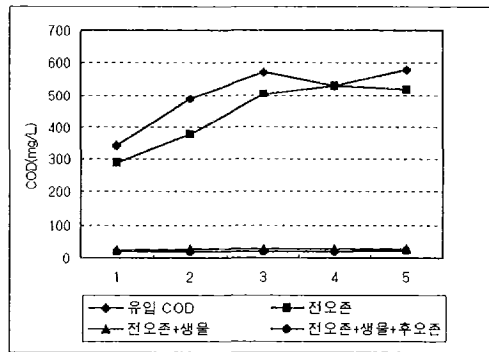


Fig. 6 공정 단계별 COD 농도 변화

#### 4.4 Activated Carbon Test

활성탄 칼럼에 유입되는 COD 농도는 24ppm, 18ppm으로 유입되었다. 각각 두 처리공정에 대한 처리효율을 Fig. 7와 Fig. 8에 나타내었다. 동일한 유입수의 조건을 맞추기 위해 사용된 대상시료의 양이 약간 부족하여 완전한 파과곡선은 나타내지 못하였다. 하지만 어느정도 목표수질을 초과하였기에 그 결과를 정리하였다.

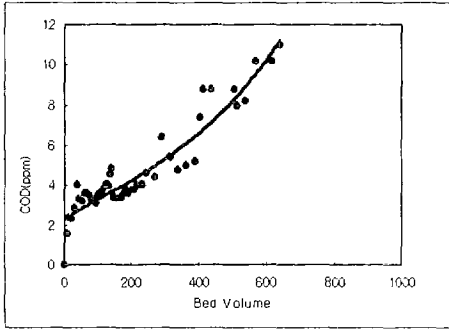


Fig. 7 전오존+생물+DAF 활성탄 칼럼 실험 결과

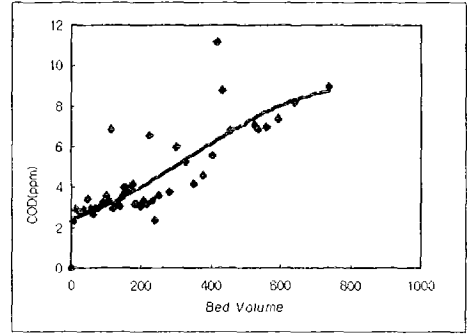


Fig. 8 전오존+생물+DAF+후오존 활성탄 칼럼 실험 결과

활성탄 칼럼 실험결과 앞에서 제시한 운전조건으로 처리시 목표수질 이하의 우수한 수질의 물을 얻을 수 있다. 두 공정 모두 유출수의 COD 농도가 2~3ppm 정도로 우수한 처리효율을 유지하였다. 전오존, 생물처리공정 및 응집·부상을 거친 대상시료의 활성탄 칼럼 실험결과는 약 7,000ml 정도의 물을 처리 후 목표수질을 넘었다. 또한 후오존 공정까지 도입한 대상시료에 대해서는 약 8500ml 정도의 대상시료를 처리 후 목표수질을 초과하였다. 이같은 자료를 바탕으로 공정설계시 폐수 재이용을 위한 최적의 수질을 얻을 수 있다.

## 5. 결론

유입폐수의 COD 농도가 250~500ppm 정도로 유입될 때 오존공정을 도입하지 않았을 때의 방류수의 COD 농도는 약 30~35ppm 정도로 운전되고 있다. 하지만 생물학적 처리공정의 전처리로 오존 약 200ppm을 주입시 유입수의 부하 변동이 다소 있어도 오존에 의해 산화되어 안정된 상태로 생물처리가 되어 유출 COD 농도가 약 17~27ppm 정도로 약 95%의 처리효율로 상당히 양호한 결과를 나타냈다. 또한 생물처리를 거친 다음에도 거품 등이 상당량 발생하는데 이는 DAF(Dissolved Air Flotation)를 통하여 거의 제거되었다.

공장폐수의 재이용을 위해서는 전오존-생물처리-DAF-후오존 공정을 통하여 부유물질 및 탁도등은 목표수질보다 낮게 나타났지만, COD의 농도는 후오존까지 실시하였을때도 약 18ppm 정도였다. 따라서 이 농도는 하천에 방류시에는 매우 만족한 수질이지만, 본 연구의 목적인 공장폐수의 재이용을 위한 목표수질인 COD 5ppm 이하로 처리하기 위해 활성탄 칼럼 실험을 한 결과 약 3ppm 정도로 상당기간 유지됨으로서 목표수질을 충분히 만족하였다. 비교를 위하여 실험에 사용한 대상시료의 생산공장에서 자체적으로 낙동강 원수를 받아 고도처리하여 사용되어지는 물을 분석한 결과 8ppm~10ppm 정도의 COD 농도를 보이고 있어 본 연구에서 최종적으로 활성탄을 통과한 물의 사용이 가능한 것으로 나타났다. 또한 실험실에서 증류수기를 거쳐 순수제조기에서 제조되어지는 물의 COD 농도도 약 1.5~3.0ppm 정도로 나타나 본 연구의 최종 수질은 상당히 양호한 것으로 증명되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] 전희동, "POSCO의 용수 사용 절감 및 재활용 계획", 공단폐수 무방류 시스템의 국내외 적용사례 국제 세미나, pp.43(1996)
- [2] 양병수, "용수 및 폐수처리", 동화기술, pp.285(1996)
- [3] Tom D.Reynolds, "Unit Operation and Processes in Environmental Engineering", pp.532~533(1990)
- [4] 이영재, "OZONIZER", (주)원전기술개발, pp.4~5(1994)
- [5] 이원중, "공단지역에서 발생하는 유독성 폐산·페알카리의 효과적인 처리에 관한 연구", 울산대 석사학위논문, pp.21(1997)
- [6] Bruno Langlais, David A. Reckhow & Deborah R. Brink, "Ozone in Water Treatment Application and Engineering", Cooperative Research Report, pp.15(1991)
- [7] 양상현, "上·下水道工學", 동화기술, pp.445~446(1995)