
碩士學位論文

食品工場廢水의 活性汚泥處理 中
오존에 依한 酸化分解效果

濟州大學校 大學院

食品工學科



1988年 8月 日

食品工場廢水의 活性汚泥處理 中
오존에 依한 酸化分解效果

指導教授 宋 大 鎭




康 京 壽

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

1988年 8月

康京壽의 工學 碩士學位 論文을 認准함

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

審査委員長	金 花 河	
委 員	宋 大 鎭	
委 員	崔 永 尊	

濟州大學校 大學院

1988年 8月

THE EFFECT OF OXIDATIVE DECOMPOSITION BY OZONE
DURING ACTIVATED SLUDGE TREATMENT
ON WASTE WATER FROM FOOD INDUSTRY

Kyung-Soo, Kang
(Supervised by Professor Dae-jin, Song)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1 9 8 8

目 次

Summary	1
I. 序 論	2
II. 材 料 및 方 法	4
1. 試料	4
2. 實驗裝置 및 器具	4
3. 實驗方法	4
III. 結 果 및 考 察	8
1. 오존處理에 의한 COD 除去效果	8
1) pH의 影響	8
2) 水溫의 影響	8
2. 活性汚泥에 의한 COD 除去效果	8
3. 오존酸化에 의한 투과율의 變化	14
1) pH의 影響	15
2) 희석에 의한 影響	17
要 約	18
參 考 文 獻	19

Summary

For the increase of treatment efficiency when waste water which included residual chlorine was biologically treated with activated sludge, elimination efficiency of COD and change of transmittance by activated sludge method were examined after the treatment of residual chlorine with ozone of 100 volt and 10ℓ -air/min., $0.8\text{g-O}_3/\text{hr.}$ in velocity. The results were as follows.

1) When the sample which included residual chlorine was treated with ozone of $0.8\text{g-O}_3/\text{hr.}$, COD removal rate by the change of pH and ozonization time was more efficient than acidity solution of pH 3.2(20%) and alkaline solution of pH 12.0(10%). Since the COD removal rate become 35% after 50 minutes of ozonization time at neutral solution of pH 7.2.

2) After the residual chlorine included sample was treated with ozone for 50 minutes to make the F/M rate of $0.1\text{kg} \cdot \text{BOD} / \text{kg} \cdot \text{MLSS}$, the sample was reacted with activated sludge for 3, 6, 9 and 15 hours. The 6 hours reaction gave 85.8% COD elimination which showed higher efficiency than 60.5% by $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ treatment together with shorting efficiency of reaction time.

3) When such sample as polyphenol which gives dark brown color was treated with ozone for 50 minutes after being made into acidic, neutral and alkaline solution, the transmittance increased from 30-40% to 70% and gave better result in alkaline solution.

I. 序 論

인구의 增加와 高度의 産業發達을 大氣, 水質, 土壤汚染 等 環境汚染을 加重시키고 있고, 이러한 生活環境을 보다 나은 環境으로 改善하기 위하여 環境汚染에 對한 적절한 해결방안이 要求되고 있다. 특히 水質汚染에 對한 해결방안 중 鹽素를 利用한 水處理方法은 鹽素의 強한 酸化力을 利用하여 殺菌(金과 金, 1980), 脫臭, BOD의 除去(崔와 趙, 1978) 等の 目的으로 使用되어 왔으나, 최근에는 淨水場이나 廢水處理場에서의 鹽素處理은 큰 問題를 발起 일으키고 있다(Dore, 1982; Glaze, 1987). 유리염소($HOCl/OCI$)는 水中의 有機物과 結合하여 人體에 해로운 鹽素化合物 生成시키며(Dore, 1982), 이들 中には 發癌物質인 Trihalomethanes 等도 있다(Glaze, 1987; Veenstra et al., 1983; Robertson과 趙, 1983; Trusseil과 Umphres, 1979). 다른 酸化劑의 使用이 검토되어 지고 있다(Killops, 1986).

오존은 1906년 프랑스 Nice에서 살균의 殺菌目的으로 使用되어진 이후(Glaze, 1987) 脫色, 脫臭, 殺菌 等の 處理 그리고 臭, 맛 等의 除去(Richard, 1982)에 使用되어지고 있다. 水中에서 오존은 鹽素보다 酸化力이 強하고 짧은 시간에 自己分解되어 溶存酸素로 잔류함으로 二次公害가 없고, 電氣만 있으면 無聲放電에 의해 오존을 發生시킬 수 있어 수중이나 저장이 不必要하고, 처리장치의 유지관리가 용이하며, 淨化方法이 확실하다는 장점이 있으므로(松岡, 1977; 牧豊, 1981; 池, 1981) 우리나라에서도 오존을 利用한 水處理 研究(李, 1986; 曹, 1984; 金, 1983)가 있으며 앞으로 많이 活用되어 지리라 본다.

廢水處理에 오존을 利用한 研究은 Nebel(1972, 1976)이 부유물질 除去를 爲하여 $20g-O_3/m^3$ 주입으로 80%의 除去率을, 탁도 除去를 爲하여 $15g-O_3/m^3$ 주입으로 70%의 除去率을, 色度 除去를 爲하여 $20g-O_3/m^3$ 로 30%의 除去率을, 有機化合物 除去에는 $6g-O_3/m^3$ 주입으로 80% 除去, 아질산염 酸化에는 $60g-O_3/m^3$ 주입으로 80% 酸化, phenol化合物 除去에는 $10.8g-O_3/m^3$ 주입으로 93%의 除去效果가 있음을 보고 하고 있다. 또 Gardiner와 Montgomery(1968)는 부유물질의 除去에 $40g-O_3/m^3$ 를 주입으로 35%의 除去率을, phenol 除去에 $25.6\sim 28.8g-O_3/m^3$ 주입하여 780초 동안 反應시켰을 때 77.5~89.5%의 除去率을, 계면활성제인 Alkyl Benzene Sulfonate(ABS)의 除去에는 $30g-O_3/m^3$ 로 65%, $50g-O_3/m^3$ 로 90~100%

의 除去效果를 보였고, 또 유기염소살균제 除去에는 $20\text{ g-O}_2/\text{m}^3$ 투입으로 300~1200초 동안 反應시켜 16.1~93%까지 제거되고 있어 오존處理에 의한 效果는 매우 좋았음을 보고하였다. 그러나, 有機物인 COD 및 BOD除去에는 Gomella(1979)가 $9.1\text{ g-O}_2/\text{m}^3$ 투입으로 540초 동안 處理하여 20%의 COD除去率을 보였으며, 또 Crodat(1976)의 보고서에는 $11.8\sim 18.0\text{ g-O}_2/\text{m}^3$ 투입으로 800~1600초동안 反應시켰을 때 22.1~32.6%의 COD除去율 보였고, Carthy(1975)는 $80\text{ g-O}_2/\text{m}^3$ 투입으로 3600초 間 反應時 50%의 낮은 除去效果가 있었다고 보고하고 있다. 이와같이 유기물을 제외하면 脫色, 脫臭, 窒素化合物, 아질산염, phenol 化合物, Alkyl Benzene Sulfonate 等の 除去에는 탁월한 效果가 있으나, BOD 및 COD 除去에는 큰 效果가 없으므로 오존處理 한 다음 잔류하는 有機物을 活性汚泥에 의한 生物學的處理方法 等으로 處理하고 있다(Stoven et al., 1982).

廢水處理 時 廢水에 함유된 잔류염소가 생물학적처리에서 活性汚泥 生育活動에 억제작용을 일으킴으로 응집제 等 化장약품으로 제거시켜 活性汚泥에 의해 廢水處理을 하고 있으므로 本 研究은 오존으로 廢水 中の 잔류염소를 除去하여 活性汚泥에 의한 生物學的處理의 效率를 높이기 위하여 오존處理 時 pH, 水溫의 影響, 티오황산나트륨($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) 및 오존(O_3)으로 前處理한 廢水가 活性汚泥에 의하여 有機物의 除去效果 및 脫色效果 等を 검토하기 위하여 實驗하였다.



II. 材料 및 方法

1. 試料

濟州市內 海조유 加 工場의 原廢水를 收去하여 水中에서 판매되는 여포(ϕ 50~60 mesh)로 穢잡물을 除去하고 그 여액을 試料로 하였으며 原廢水의 상태는 Table 1과 같다.

Table 1. Pollution level of the raw waste water used in experiment (mg/l)

pH	COD	BOD	SS	OCl^-	Color
11.2	920.5	870.6	1780.0	1200.0	Dark Brown

2. 實驗裝置 및 器具

本 實驗에 使用된 臭氧發生機(산천오존 Co.製)는 空氣를 주입 후 無聲方電사커 오존을 發生하게 하는 것으로 그 原理圖는 Fig. 1-1과 같다. 反應槽의 底部에는 散氣管을 Fig. 1-2와 같이 設置하여 試料에 對하여 10, 20, 30, 40 및 50分씩 時分式으로 處理하였다.

3. 實驗方法

1) pH의 조절

原廢水의 pH는 pH meter(Hach chemical Co. Model No. 12330-00)로 測定하였으며, pH는 수산화나트륨 및 황산(Haysi Co.製 一級試藥)을 使用하여 조절하였다.

2) COD(Chemical Oxygen Demand)의 分析

COD는 酸性 100°C에서 과망간산칼륨의 소비량에 依하여 分析하는 環境汚染公定 試驗法(1983)으로 하였으며 試약은 과망간산칼륨과 수산화나트륨(Junsei Chemical Co. 製, 特級試藥)을 使用하였다.

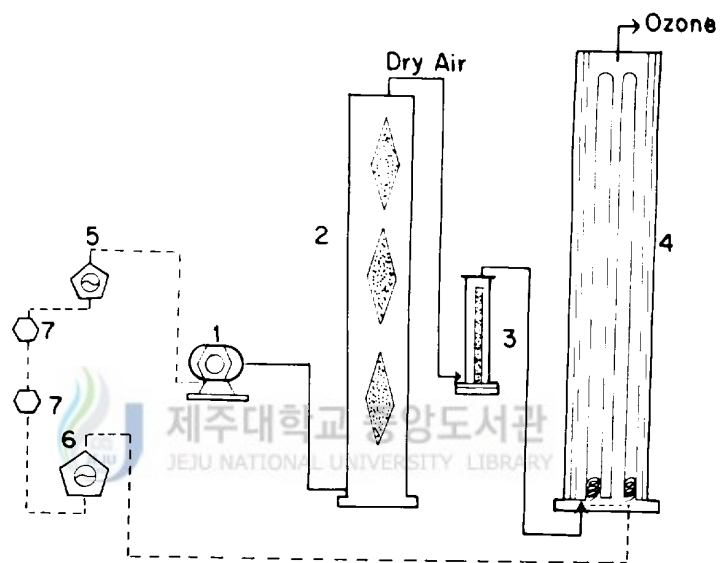
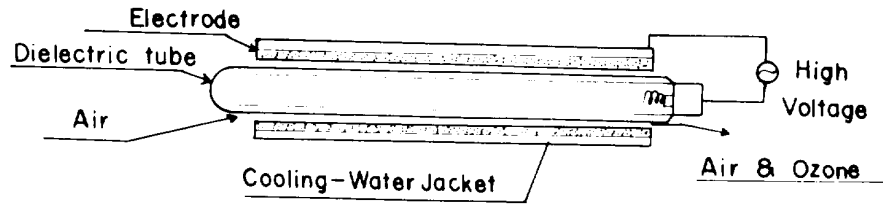


Fig. 1-1. Schematic diagram of apparatus.

1. Air compressor
2. Air dryer
3. Air flow meter
4. Ozone generator
5. Potential transformer
6. Adaptor
7. Timer

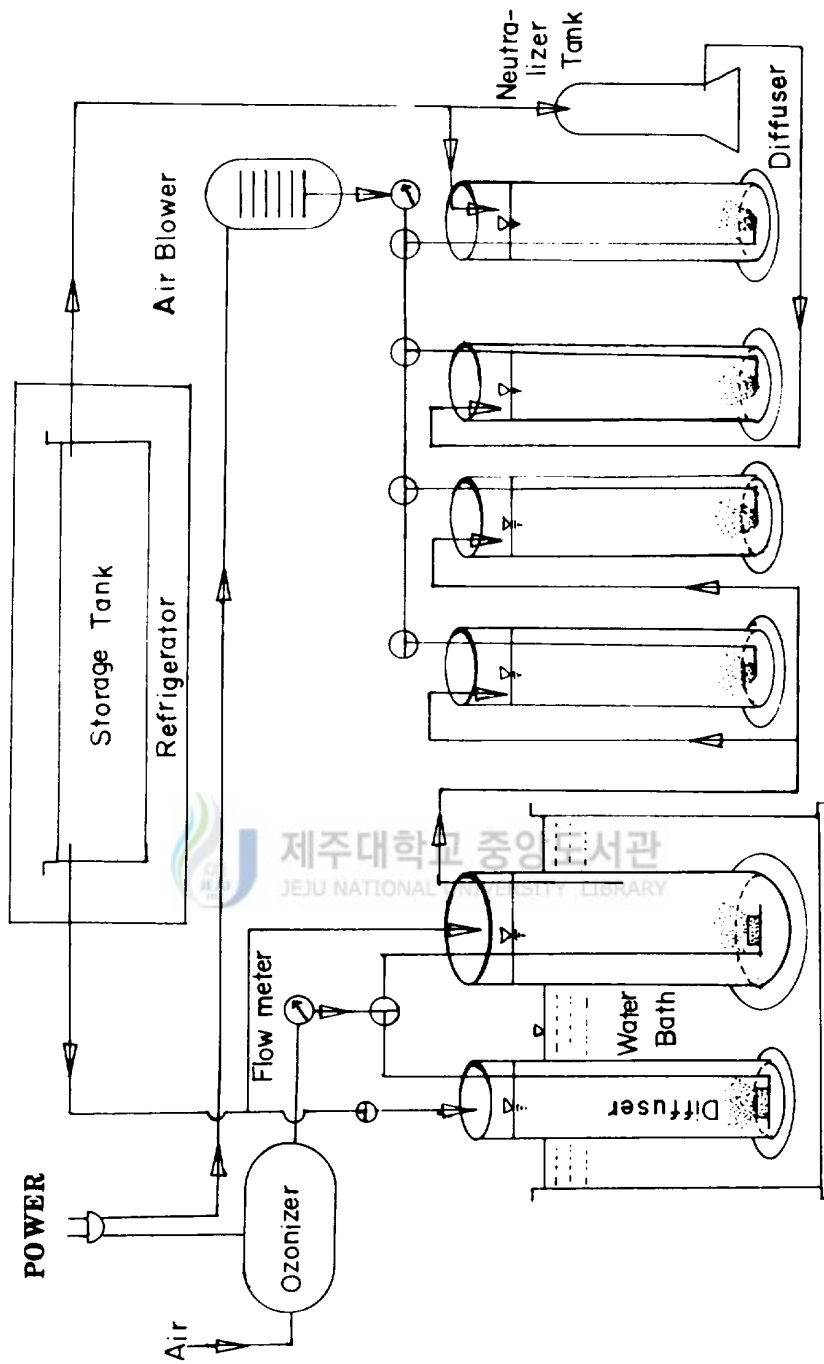


Fig. 1—2. Schematic diagram of experimental unit and apparatus.

3) 오존의 濃度測定

오존의 濃度는 STANDARD METHOD(1985)에 의하여 測定하였으며, 試藥은 요오드화칼륨, 탄산나트륨(Junsei chemical Co.製, 一級試藥) 및 티오황산나트륨(Junsei chemical Co.製, 特級試藥)을 使用하였다.

4) 투과율의 測定

試料를 오존으로 處理하여 여과지(Toyo, No. 5C)로 여과하고 그 여액을 400nm에서 투과율로 脫色效果를 比較하였다.



Ⅲ. 結果 및 考察

1. 오존處理에 의한 COD 除去效果

1) pH의 影響

Fig 2는 試料의 水溫을 일정하게 유지하면서 전압 100V, 오존發生量 0.8g-O₃/hr로 試料溶液 3ℓ에 10, 20, 30, 40 및 50分間 反應시켰을 때 pH 變化에 따른 COD 除去效果를 나타낸 結果이다. 酸性, 中性 및 鹼性에서 반응시간에 따른 COD 除去率은, 오존反應時間에 비례하여 높아지고 있는데, 中性溶液에서 오존處理時間 50分 후 35%의 除去效果를 나타내어 酸性의 20%, 鹼性의 10%의 除去效果 보다 훨씬 좋았다. 또 오존處理시간 30分에서는 中性溶液과 鹼性溶液에서는 각각 COD 除去가 이루어지나, 酸性溶液에서는 COD가 상승하는 것을 볼 수 있는데 이것은 Brunet 등(1984)에 의하면 오존에 의해 단백질, 아미노酸, 유기아민, 불포화화합물, 방향족화합물 등이 쉽게 酸化 分解되어 Glycolic酸, 수산, 초산 등으로 잔류하게 된다고 보고한 것과 관련시켜 볼 때 試料의 유기물이 酸化되는 과정에서 중간생성물의 생성에 의한 영향으로 추측된다.

2) 水溫의 影響

Fig.3은 試料溶液의 pH를 7.2로 조정하고 反應槽의 溫度를 15, 20, 25, 30°C로 變化시켜 오존處理時間에 따른 COD 除去效果를 조사한 결과이다. 反應槽의 水溫이 높을수록 COD 除去效果는 좋아지고 있는데 15, 20, 25°C에서 50分間 오존處理하였을 때 COD 除去率은 15% 내외이고, 30°C에서는 20%의 除去率을 보여 反應槽 水溫이 상승함에 따라 오존處理에 의한 COD 除去效果는 좋았다.

2. 活性汚泥에 의한 COD 除去效果

Fig. 4, 5는 殘留鹽素의 影響으로 活性汚泥處理가 어려운 廢水를 티오황산나트륨 및 오존으로 殘留鹽素를 除去하여 活性汚泥處理 했을 때 有機物의 除去效果를 比較한 結果이다.

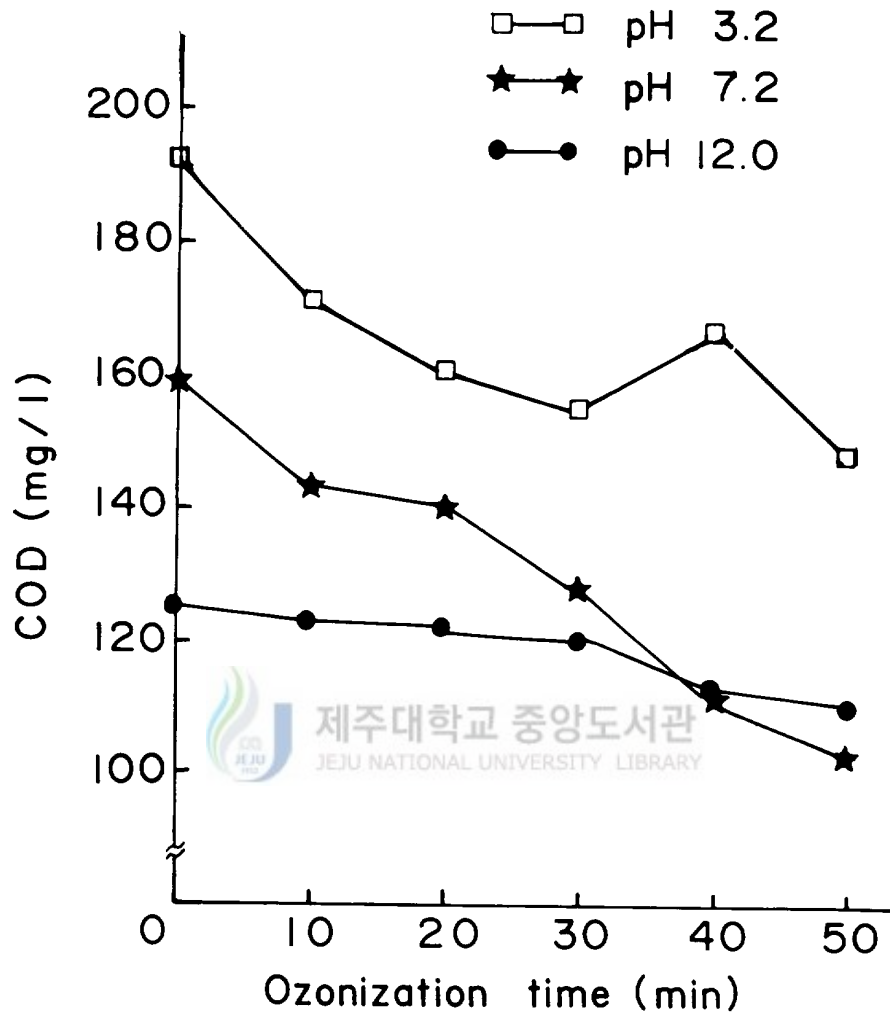


Fig. 2. The effects of ozonization time on COD removal at various pH during ozonization.

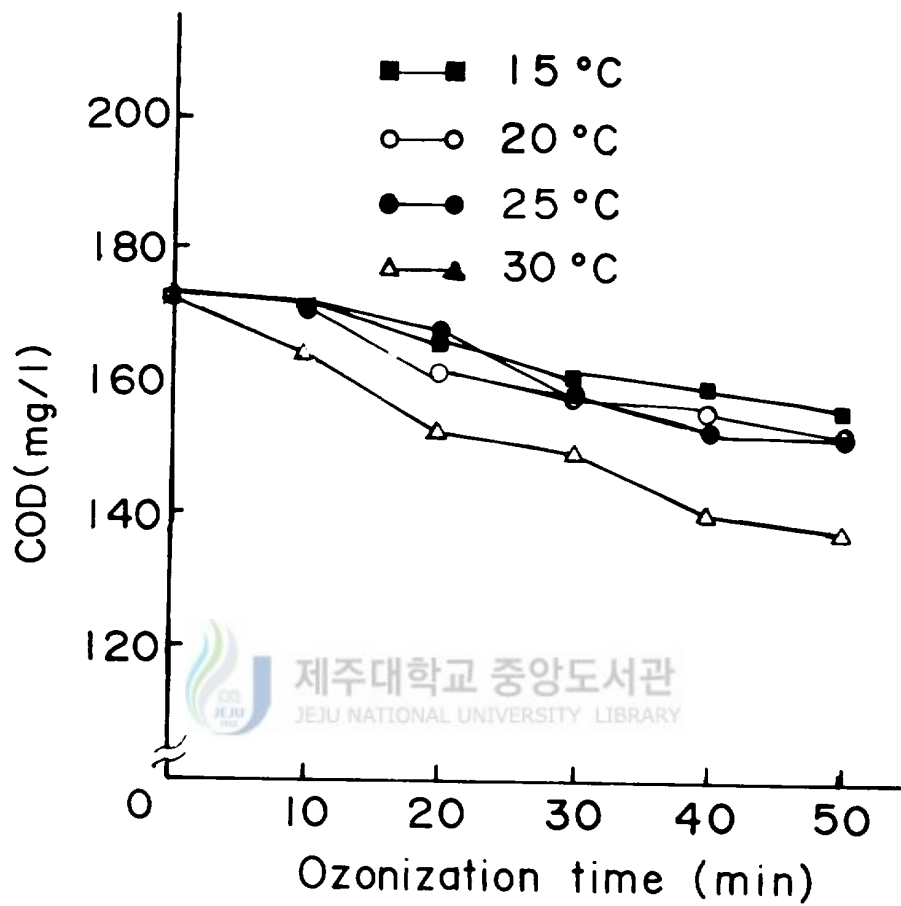


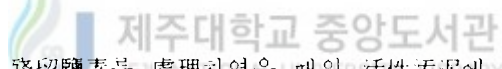
Fig. 3. The effects of ozonization time on COD removal at various temperature during ozonization at pH 7.2.

1) 티오황산나트륨으로 殘留鹽素를 處理하였을 때의 活性汚泥에 의한 COD 除去效果

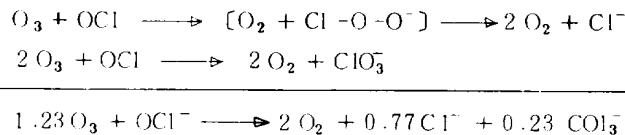
水中에서 차아염소산이온(OCl^-)은 티오황산이온($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)과 反應하여 염소이온(Cl^-)으로 되는데 그 反應式은 다음과 같다(Kolthoff et al., 1969).



Fig.4는 잔류염소를 함유한 試料를 티오황산나트륨으로 잔류염소를 除去하고 세주시내 廢水處理場의 MLSS(Mixed-Liquor Suspended Solids)를 F/M比(Food-to-Microorganism) 0.05 및 0.1 $\text{kg} \cdot \text{BOD} / \text{kg} \cdot \text{MLSS}$ 로 反應槽에 주입하여 活性汚泥濃도에 의한 有機物의 除去效果를 比較하였으며, 별도로 잔류염소는 함유되고 활성오나가 없는 상태에서 공폭기에 의해 유기물의 제거를 관찰하였다. 그림에서 보는 바와 같이 반응시작 6시간 후 COD 제거율은 F/M比 0.05와 0.1 $\text{kg} \cdot \text{BOD} / \text{kg} \cdot \text{MLSS}$ 에서 69.8 및 60.5%로 나타났고 15시간 이후에서는 80.9, 68.6%로 활성오나 농도가 높을수록 COD 제거율이 좋았으며, 별도로 比較實驗한 잔류염소가 함유되고 활성오나가 없는 상태에서 공폭기를 한것은 폭기시간 3시간 후 COD 제거율 12.0%가 15시간 폭기할 때까지 큰 變化가 없었으므로 試料중에 잔류염소를 除去해야만 活性汚泥에 의해 유기물이 除去될 수 있음을 알 수 있다.



2) 오존으로 殘留鹽素를 處理하였을 때의 活性汚泥에 의한 COD 除去效果
水中에서 오존과 차아염소산이온(HOCl/OCl^-)의 反應式은 다음과 같다.



차아염소산이온(OCl^-)은 77%의 염소이온으로, 과염소산이온은 23%로 되어서 살균력이 소멸된다고 보고된 바 있다(Haag와 Hoigne, 1984). 試料를 오존으로 處理하여 F/M比 0.1, 0.15 및 0.2 $\text{kg} \cdot \text{BOD} / \text{kg} \cdot \text{MLSS}$ 로 變化시켜 실험한 結果는 Fig.5와 같다. 反應時間 6時間 후 F/M比 0.1, 0.15, 0.2 $\text{kg} \cdot \text{BOD} / \text{kg} \cdot \text{MLSS}$ 에서 COD 除去效果는 各各 85.8, 84.5, 67.5%였다. 이와같이 오존으로 잔류염소를 處理하여

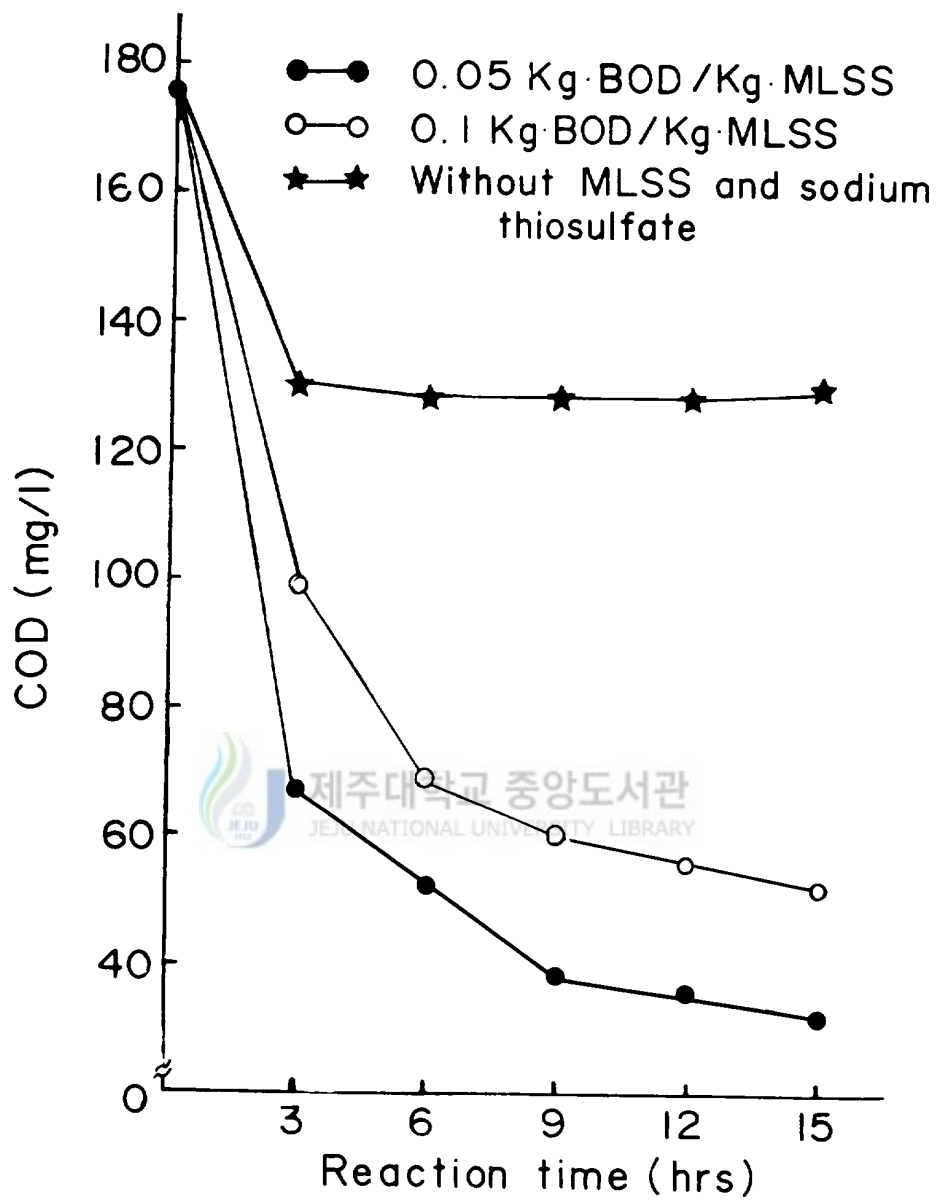


Fig. 4. The effects of reaction time on COD removal during activated sludge treatment compare with sodium thiosulfate.

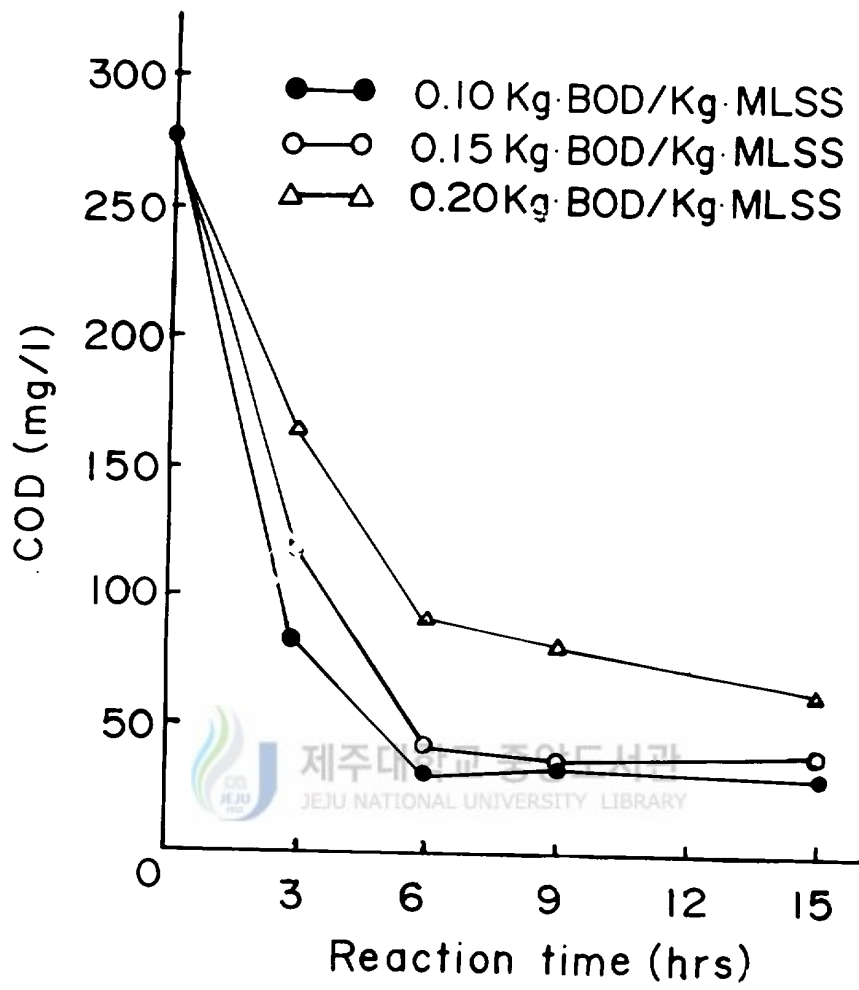
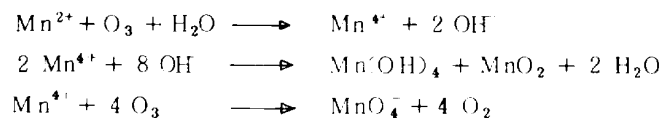
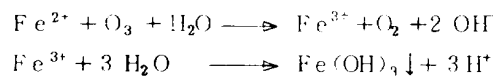


Fig. 5. The effects of reaction time on COD removal during activated sludge treatment after ozonization.

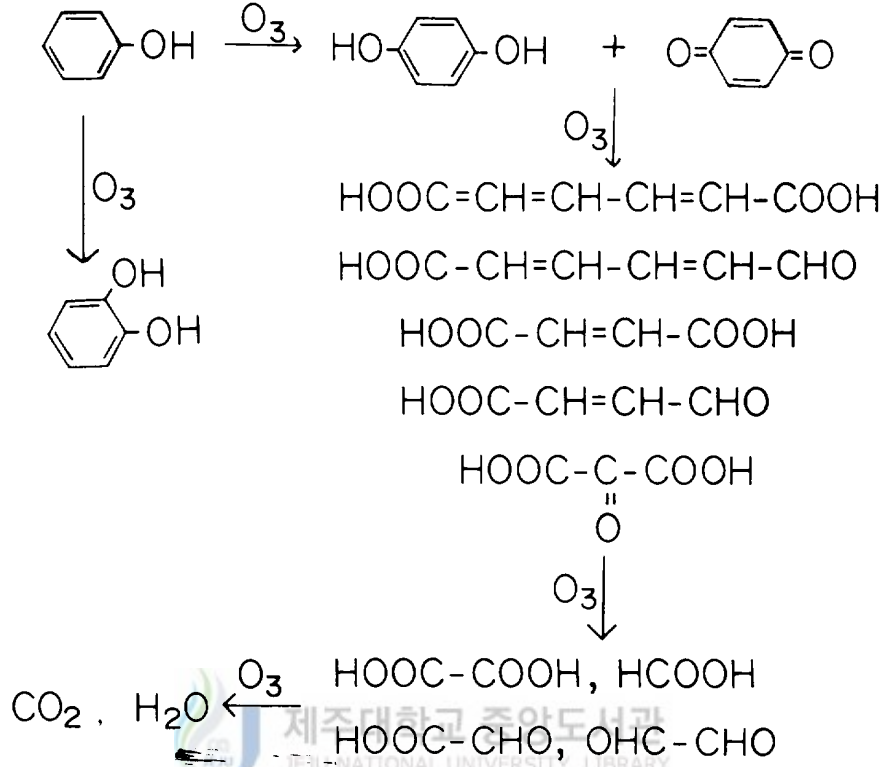
活性汚泥로 處理한 것이 티오황산나트륨으로 處理한 COD 除去效果 60.5% 보다도 높은 除去效果를 나타내고 있다. Brunet 등(1987)은 이와같은 結果는 有機物을 오존으로 處理할 때 分子들이 서로 安定된 상태로 있거나, 오존酸化 時 反應하여 Short-chain compound로 變化되어 COD 除去율은 10~20% 정도라고 보고하였다. 본 실험에서도 Fig.2에서 보는 바와 같이 COD 除去율이 10~35%이므로 잔류하는 有機物을 活性汚泥로 再次 處理하였을 때는 85% 이상의 COD 除去效果를 볼 수 있었다. 이와같은 현상은 오존處理에 의해 有機物이 酸化되어 活性汚泥에 의해 分解되기 쉬운 化合物로 變化되었다고 생각되어지며, 또한 오존이 水中에서 自己分解되어 溶存酸素로 잔류함으로써 好氣性微生物들의 生育條件에 좋은 영향을 주는 것으로 생각되어진다.

3. 오존酸化에 의한 투과율의 變化

原試料는 갈매와 넓디역을 加工한 때 얻어진 廢水로서, 진한갈색을 띠고 있었다. 姜과 宋(1977)은 갈매(*Ecklonia cava*) 중에는 무기성분인 철 및 망간이 각각 42.4mg%, 3.2mg% 그리고 chlorophyll-a가 86.5mg%, carotenoid가 210.5mg% 내외의 色素가 포함되어 있음을 보고하였으며, 또 姜(1981)은 갈조류 중에 polyphenol色素가 10% 정도 함유되어 있음을 보고하였다. 이와같은 보고와 관련하여 볼 때 廢水의 진한 着色成分은 철, 망간 및 polyphenol 色素 등에 의한 것으로 생각할 수 있다. 이들 成分 중 無機成分인 철과 망간은, 李(1983)에 의하면 오존과 酸化 反應하여 2가철이 colloid 상태인 수산화 제2철로 되고, 망간은 이산화망간이 되었다가 오존에 의해 과망간산이온으로 산화되면서 탁도가 감소한다고 보고하고 있으며, 일반적으로 철, 망간의 오존과 反應式은 다음과 같다.



또한 Legube 等(1981)은 phenol 및 polyphenol이 오존과 反應하여 다음과 같은 중 산생성물을 걸쳐 최종적으로는 이산화탄소와 물로 完全 分解된다고 보고하고 있다.



그래서 本 實驗은 廢水 中에 함유된 철, 망간 等の 無機成分과 polyphenol, carotenoid 等の 色素와 오존이 反應하여 투과율이 어떻게 變化하는가를 보기 위하여 pH의 影響 및 희석에 따른 效果를 比較 검토하였다.

1) pH의 影響

Fig.6은 試料溶液의 pH를 5.0, 7.2, 11.0으로 調整하여 각 試料을 오존으로 處理한 후 反應時間 별로 투과율을 比較한 結果이다. 酸性溶液(pH=5.0)에서 20分 反應하여 50%의 투과율을 보인 반면 鹼性溶液(pH=11.0)에서는 60%의 투과율을 보였고, 50分 反應후에는 모든 試料에서 70% 이상으로서 오존으로 處理하지 않은 試料의 투과율 30~40%보다 매우 좋았다. 이러한 結果는 試料溶液의 着色物質이 오

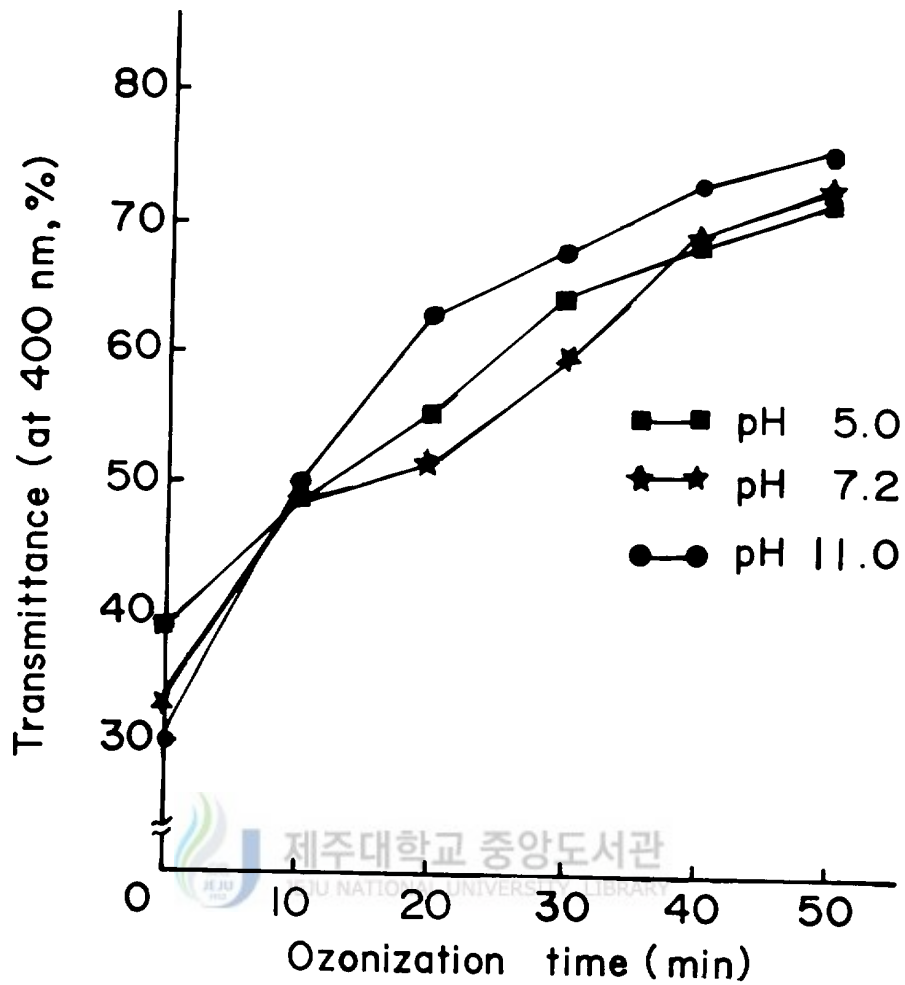


Fig. 6. The effects of ozonization time on transmittance at various pH during ozonization of waste water.

존과 反應함에 따라 소멸되는 것으로 생각되어지며 실험과정에서도 肉眼으로 완전히
 하 구별되어 지는 것을 보면 오존處理에 의한 脫色效果는 매우 좋은 것으로 보여진다.
 李(1986)는 염료 수용액에서 脫色效果를 實驗하여 알칼리성 영역에서 60分 오존
 處理함으로써 90% 이상 脫色되어졌다는 結果를 보고하였으며, 이는 本 實驗 結果와
 도 잘 부합된다.

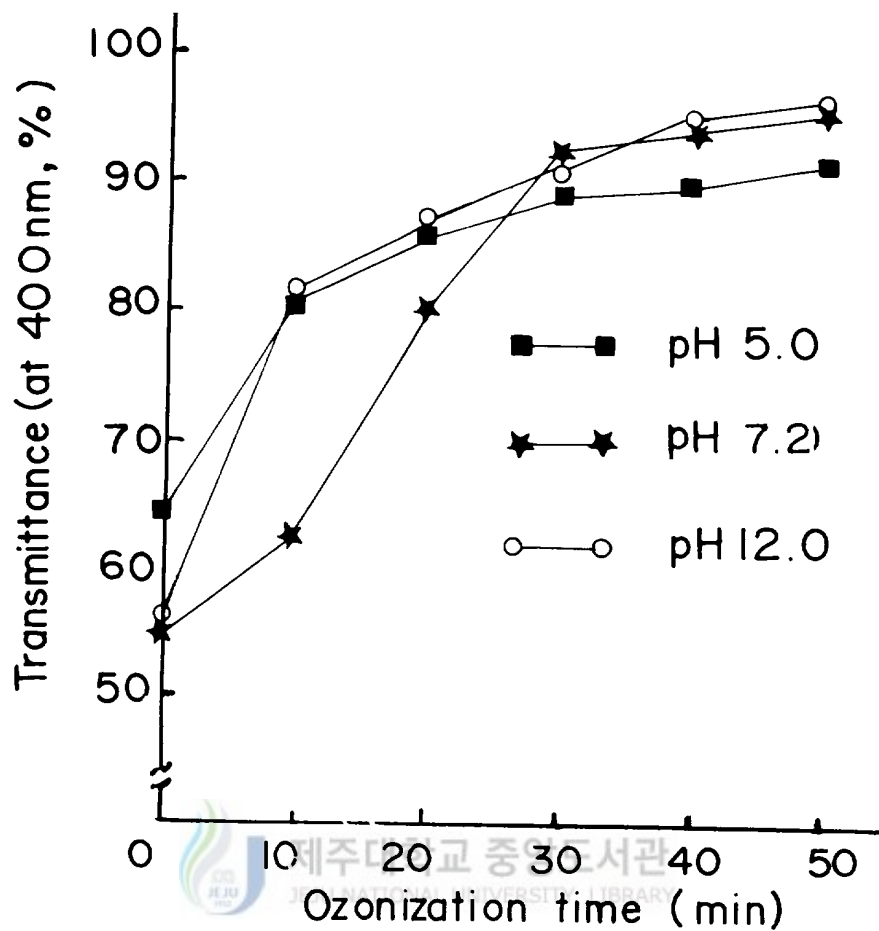


Fig. 7. The effects of ozonization time on transmittance at various pH during ozonization of diluted samples (Sample: Distilled water=1:1).

2) 회석에 의한 영향

Fig.7은 原試料와 증류수물 1:1로 희석하여 pH를 5.0, 7.2, 12.0으로 하여 반응 시간 별로 투과율을 비교한 것이다. 酸性溶液(pH=5.0)에서는 오존處理하지 않았을 때 투과율이 65%인 데 反하여 50分 反應 후에는 95%이며, 鹼性溶液(pH=12.0)에서는 55%에서 93%로 증가하여 試料를 희석하였을 때에도 鹼性溶液에서 투과율이 더 좋았다.

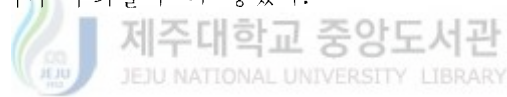
要 約

잔류염소를 함유한 廢水를 活性汚泥에 의한 處理效率를 增加시키기 위하여 전압 100 Volt, 유속 10 l-air/min, 0.8 g-O₃/hr의 오존으로 처리했을 때 COD의 除去效果 및 투과율의 變化를 實驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 잔류염소를 함유한 시료를 0.8 g-O₃/hr의 오존으로 處理하였을 때 pH의 變化 및 反應時間에 의한 COD의 除去率은 中性溶液(pH=7.2)에서 오존 處理時間 50分 후 35%의 除去效果를 나타내어 酸性溶液(pH=3.2)의 20%, 알칼리성溶液(pH=12.0)의 10%의 除去效果보다 좋았다.

2. 잔류염소를 함유한 試料을 오존으로 50分間 處理하여 F/M比 0.1kg·BOD/kg·MLSS로 한 후 3, 6, 9 및 15時間 活性汚泥로 反應시켰을 때 反應時間 6時間 후 85.8%의 COD의 除去效果가 있어 티오황산나트륨(Na₂S₂O₃)으로 處理한 試料의 除去率 60.5%보다 좋았으며, 反應時間의 단속효과도 있었다.

3. Polyphenol色素 등 暗褐色을 띠는 試料을 酸性, 中性, 알칼리성 溶液으로 하여 오존으로 50分間 處理하였을 때 투과율이 30~40%에서 70% 이상 상승하였으며 알칼리성溶液에서가 투과율이 더 좋았다.



參 考 文 獻

- APHP, AWWA, WPCF, 1985. Standard Method for the examination of water and wastewater. 16th Ed., American Public Health Association, Washinton, D.C.
- Brunet, R., M. M. Bourbigot & M. Dore. 1984. Oxidation of organic compounds through the combination ozone-hydrogen peroxide. *Ozone Sci. & Eng.* 6: 163-183.
- CRODA. 1976. Le traitement des eaux résiduaires par l'ozone in "Ozonization manual for water and wastewater treatment." Masschelein, W. J. edited. A Wiley-Interscience publication, New York. 250pp.
- 曹鈺鈺, 1984. 오존注入에 의한 불飽和폴리에스테르 合成樹脂 生成水의 COD 除去에 關한 研究, 漢陽大學校 環境科學大學院 碩士學位論文.
- 崔義昭, 趙光明, 1978. 環境工學: 153pp 清文閣, 서울.
- Doré, H., 1982. Ozone and Chlorinated organic compound. "Ozonization manual for water and wastewater treatment." Masschelein, W. J. edited. A Wiley-Interscience Publication, 77-80pp.
- Glaze, W. H., 1987. Drinking-water treatment with ozone. *Environ. Sci. Technol.* 21(3): 224-230.
- Gardiner, D. K. and H. A. C. Montgomery, 1968. *Water and waste treatment*. 12, 92.
- Gomella, S. 1979. Seminaire Gruttee. Paris. in "Ozonization manual for water and wastewater treatment", Masschelein, W. J. edited. A wiley-Interscience publication, New York. 250pp.
- Haag, W. R. & J. Hoigne. 1984. Kinetics and products of the reactions of ozone with various forms of chlorine and bromine in water. *Ozone Sci. & Eng.* 6: 103-114.
- 環境汚染公定試験法, 1983. 環境廳, 59pp.
- 池間昭, 1981. 産業排水の酸化處理. 用水廢水ハンドブック, 2: 320.

- 李鉉東, 1986. 染料水溶液의 오존酸化處理에 관한 研究. 漢陽大學校 環境科學大學院 工學碩士學位 論文.
- 姜泳周, 1981. 海藻類色素의 食用化에 관한 研究. 제주대학 논문집, 12: pp.199~203.
- 姜泳周·宋大鎭, 1977. 갈조류의 성분조성에 관한 연구. 제주대학 논문집, 9: pp.147~153.
- Killops, S. D., 1986. Volatile ozonization products of aqueous humic material. *Water Res.*, 20(2): 153-165.
- 松岡宏昌, 1977. 오존による排水の高度處理. PPM, 2: 49.
- 牧豊, 1981. 오존による上水處理, 用水廢水ハンドブック, 2: 304.
- Kolthoff, I. M., E. B. Sandell, E. J. Meehan and S. Bruckenstein, 1969. *Quantitative chemical analysis*. 4th Ed., MacMillan Co., London. 821-822pp.
- Legube, B., Langlais, B., Sohm, B. and Dore, M., 1981. Identification of Ozonation products of aromatic hydrocarbon micropollutants: Effect on chlorination and biological filtration. *Ozone Sci. & Eng.*, 3: 33-48.
- Nebel, C., R. D. Gottschling, P. C. Unangst, H. J. O'Neill and G. V. Zintel, 1976, *Water and sewage Works*. in "Ozonization manual for water and wastewater treatment", Masschelein, W. J. edited. A Wiley-Interscience publication. New York, 250pp.
- Martin, G. & M. Elmghari-Tabib, 1982. The use of ozone in wastewater treatment in "Ozonization manual for water and waste water treatment". A wiley-Interscience Publication. 248-252pp.
- McCarthy, J. 1975. *Proceedings of 2nd Intenational Symposium on Ozone Technology*. Montre'al. 522p.
- Richard, Y., 1982. Important of ozone on oxidation processes for the treatment of potable water interference with other oxidants. *Ozone Sci. & Eng.*, 4: 59-78.
- Robertson, J. L. & A. Oda, 1983. Combined application of ozone and chlorine or chloramine to reduce production of chlorinated organics in drinking water disinfection. *Ozone Sci. & Eng.*, 5: 79-93.
- 金東玟·金秀生, 1980. 廢水處理: pp.124~127. 産業公害研究所, 서울.

- 金富漢, 1983. 오존산화와 활성탄어과에 의한 음료수의 수질개선에 관하여, 영남대학교 대학원 석사학위논문.
- Stoven, E. L., L. W. Wang & D. R. Medley, 1982. Ozone assisted biological treatment of industrial wastewater containing biorefractory compounds. *Ozone Sci. & Eng.*, 4: 177-194.
- Trusseil, R. R. & M. D. Umphres, 1979. The formation of trihalomethanes. *J. Am. Water Works Assoc.*, 71(9): 525-529.
- Veenstra, J. N., J. B. Barber & P. A. Khan, 1983. Ozonization: Its effect on the apparent molecular weight of naturally organics and trihalomethane production. *Ozone Sci. & Eng.*, 5: 225-245.



謝 辭

本 研究와 學業에 끊임없는 指導와 鞭撻을 하여 주신 宋大鎭 教授님께 眞心으로 感謝드리며, 本 論文을 校閱하여 주신 金在河 教授님, 姜永周 教授님, 金洙賢 教授님, 河璉桓 教授님, 崔永箕 教授님께 깊이 感謝드립니다.

本 研究의 各種實驗과 資料整理에 直接的으로 도움을 주신 濟州環境開發(株) 實驗研究室 同僚職員들께 深甚한 謝意를 表합니다.

끝으로 어려운 여건에도 精神的으로 도움을 주신 부모님과 아내에게 이 論文을 바칩니다.

