



題目：以連續注入式臭氧裝置處理醫院廢水之可行性研究 縮送

NSC87-2314-B-039-034

中國醫藥環醫所 蔡清讚副教授

小

組

摘 要

本研究以連續注入式臭氧處理裝置，來消毒醫院廢水，增強其消毒效率，本裝置置於前消毒處理，可將致病性微生物處理前即予以消毒，使其成為一般之家庭廢水而且不會產生任何的殘餘，本研究結果如下有些文獻提出臭氧消毒屬於 All and None effectation，在達到一定濃度下，才能發揮消毒效率，在本研究中對 coliform 濃度約在 6-10mg/L 之間，會有活存率 sudden drop(突然下降)的現象，單位時間臭氧供給臭氧量越大，達到 sudden drop 所需濃度越少，達一定去除率所需濃度越低。對 pseudomonas aeruginosa 之消毒，達 sudden drop 現象需濃度約在 6-8mg/L 之的，故臭氧在廢水中之對 pseudomonas aeruginosa 消毒效率比對 coliform 消毒效率高，而完全去除水中所有細菌，所須知濃度約需 10mg/L，有機物質越多臭氧消耗率越大共達 sudden drop 所需濃度越大。而在 sudden drop 之前仍可以 $S=k(CT)^n$ 消毒模式預估，對 coliform 之消毒模式 $S=0.55(CT)^{-0.91}$ ，對 pseudomonas aeruginosa 之消毒模式 $S=0.53(CT)^{-0.94}$ ，對 total count 之消毒模式 $S=0.41(CT)^{-0.65}$ ，而對有機物處理方面臭氧對 COD 之去除率約為 35%，而臭氧可分解有機物增加 BOD/COD 之比值。

第一章 研究動機與研究目的

由於醫院廢水所含之致病性微生物，無論種類或含量皆很高⁽¹⁾，若任意排放使病原菌四處傳播，造成傳染病流行，則將引起公共衛生之問題，而嚴重威脅社區居民的健康，若經處理則無論生物處理或化學處理，在其處理過程中，致病性微生物皆易附著至污泥中，其懸浮污泥量越多微生物之附著量亦越多，許多致病性微生物濃縮道污泥中，使污泥成為感染性廢棄物，由本人(1992)所做醫院廢水處理後污泥之平均含菌量總生菌數為 9.22×10^7 CFU/g，大腸桿菌群為 8.46×10^6 CFU/g，糞便大腸桿菌群為 2.2×10^6 CFU/g，糞便鏈球菌為 1.41×10^6 CFU/g，綠膿桿菌為 1.84×10^5 CFU/g，沙門氏菌為 1.31×10^5 CFU/g。由醫院廢水處理廠處理後污泥中致病性微生物檢出率得知沙門氏菌檢出率為 37.0% (10/27)⁽²⁾，由本人(1993)所做醫院廢水處理後污泥加氯消毒之研究⁽³⁾，以 1000 床之醫院為例，其廢水處理後污泥以 400 mg/L 之濃度加氯消毒(在此濃度下才能達消毒效果)得知污泥無論佳不加氯消毒皆有很大危害性。若要將污泥焚化則增加焚化的負擔(活性污泥法污泥量約為感染性醫院廢棄物量之 0.5 倍，燃燒污泥西加大焚化爐容積，且因污泥水份多其蒸發熱多，輔助燃料添加量多，因此醫院廢水前消毒處理應較後消毒處理為佳，先去除致病性微生物再進行生物處理。而如以加氯進行前消毒處理，仍會產生許多總有機鹵化物(TOX)⁽⁴⁾，依據 Suzuki, N. 廢水前加氯消毒之 TOXFP(有機鹵化物產生潛能)為 TOC 之 0.145 倍故前加氯消毒亦可能產生度量之有機鹵化物⁽⁵⁾。而且前加氯

消毒處理亦可能含大量殘餘餘氣，會對生物處理產生很大的影響。故研發擬以連續注入式臭氧處理裝置，來消毒醫院廢水，一面解決臭氧揮發逸散之問題，增強其消毒效率，將裝置置於前消毒處理，可將致病性微生物在生物處理前即予以消毒使其成為一般之家庭廢水，而且不會產生任何的殘餘，對生物處理產生危害，基於以上之原因，本研究之目的如下：

1. 探討連續注入式臭氧裝置對醫院廢水中微生物之消毒效率。
2. 探討有機物之濃度對連續注入式臭氧裝置對醫院廢水中微生物之消毒效率之影響
3. 探討連續注入式臭氧裝置對醫院廢水中有機物之去除效率。

第二章 研究方法

2-1 研究對象：選擇中部地區之大型醫院(1000 床)之醫院廢水。

2-2 儀器設施圖：

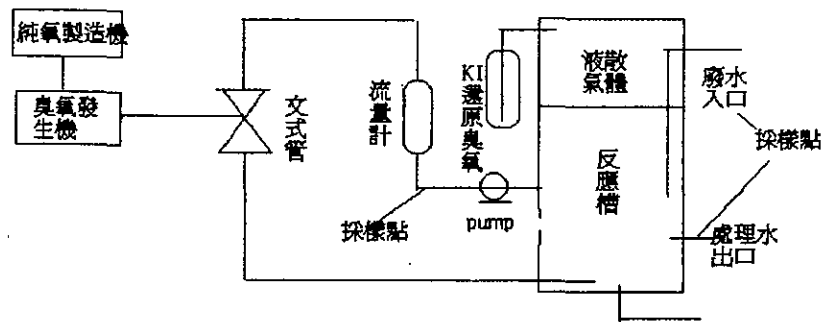


圖 2-1

2-3 研究步驟

1. 臭氧發生機定量：本研究使用純氧發生機製造純氧，再通入臭氧發生機中製造臭氧，為了方便定量本研究採取純氧流量包括〔1L/min, 2L/min, 4L/min, 6L/min〕製造臭氧。
2. 水中臭氧定量：本研究採用文式管使臭氧均勻混合於反應槽水中，〔文式管之規格 Ozone Venturi injectors 384-x 及 885-x、混合效率 32-52%〕，臭氧經由文式管連續注入連續注入，並借高壓 pump 之抽送使臭氧與廢水充分混合，由實驗以 KI 分析，連續注入混合效率可達 51%，本研究反應槽為 150L 之密閉容器(如圖 2-1)，只有外接一溢散氣體導管，操作時廢水體積為 100L，槽內殘留空間為 50L，在操作完後，將溢散之氣體，導入含 KI 之反應槽內進行定量分析，扣除氣體中臭氧溢散量即為水中臭氧溶解量。⁽⁶⁾
2. 反應槽中臭氧之反應濃度
將上述溶解量扣除臭氧殘存量，在除以反應槽體積即可估算水中臭氧反應濃度，如表 3-1。
3. 對醫院廢水進行連續注入式消毒實驗
臭氧經由文式管連續注入(注入流量 1L/min, 2L/min, 4L/min, 6L/min)，並借高壓 pump 之

抽送(水流量 100L/min)使臭氣與廢水充分混合，消毒反應時間(1min、2min、3min、4min、5min、6min、8min、10min、15min 及 20 min)反應時間到以無菌三角瓶採樣，樣品量 100 mL。同時以 1000mL 之採樣瓶採取水樣進行 BOD、COD 去除率分析。

4. 做微生物之定量分析：包括 Total Count、Coliform、Pseudomonas aeruginosa。

估算其消毒效率

5. 做 BOD、COD 殘量比值分析。

2-4 分析方法

2-4-1 臭氣量的定量⁽⁷⁾

2-4-1-1 臭氣機產生臭氣之濃度測試

採用多段之碘吸收測試法，其方法如下：將臭氣機出口處接上底部有多孔擴散版之 1 升洗瓶中，內裝有 400ml 之碘化鉀溶液，然後再接上亦裝有 400ml 之碘化鉀溶液之吸收器，打開臭氣機，使臭氣通入與碘化鉀溶液作用，計算通入臭氣之流量與時間，然後各加入 20ml H_2SO_4 ，使 pH 皆在 2.0 以下，在分別以 $Na_2S_2O_3$ (Merck GR) 滴定換算之。使用兩個吸收器為避免臭氣流失，而能與碘化鉀溶液完全作用。

2-4-1-2 水中殘留臭氣濃度的測定

取 800ml 供試液置於底部有多孔擴散版之 1 升洗瓶中，通入氮氣，然後導入含有 O_3 之氣體流入盛有 400ml 碘化鉀溶液(2%)之吸收器，待水中 O_3 全部驅出被吸收在 KI 溶液後，加 20ml H_2SO_4 使 pH 調至 2.0 以下，在以 0.005N 之 $Na_2S_2O_3$ 使(Merck GR) 滴定換算之

2-4-2 微生物定量法

依據 Standard Method⁽⁷⁾

2-4-3 COD 及 BOD 定量之方法

依據 Standard Method⁽⁷⁾

第三章 結果與討論

3-1 臭氣機之臭氣產生量分析

臭氣發生機產生臭氣量顯示於表 3-1，由表 3-1 可知純氧流量越大時，臭氣每小時產生量越多；而在純氧流量 6L/min 時最大產生量可達 20g/hr。

3-2 臭氣經文氏管注入水中水中臭氣量分析

對文式管注入水中水中之臭氣濃度由表 3-1 顯示，在不同純氧流量產生臭氣分別為 3.49 g/hr, 8.02g/hr, 16.06g/hr, 21.00g/hr；而文式管混合效率為 51%，其他皆溢散為氣體〔氣體皆導入含 KI 之反應瓶內〕，扣除氣體之量，水中溶解度應為 1.78g/hr, 4.09g/hr, 8.19g/hr,

10.71g/hr；再扣除臭氧殘存量，則可估算水中臭氧反應量，再乘以反應時間及除以反應槽體積（100L）及求得水中臭氧反應濃度，如表 3-1 所示。

3-3 連續注入式臭氧裝置對醫院廢水中微生物之消毒效率分析

3-3-1 臭氧對Coliform消毒效率分析

Coliform消毒效率分析如圖3-2所示。依據Somendu B.Majumdar⁽⁸⁾發現臭氧消毒水中之poliovirus時，臭氧消毒屬於All and None effectation，在達到一定濃度下，才能發揮消毒效率，而產生活存率sudden drop(突然下降)的現象，在本研究中對醫院廢水中coliform進行臭氧消毒，亦發現濃度約在6-10mg/L之間，會有活存率sudden drop(突然下降)的現象，發現 6-10mg/L之臭氧反應濃度會發生Sudden drop（突然下降）之現象，而單位時間內臭氧供給量越大（純氧流量越大）時，其消毒效率越高，產生Sudden drop的所需濃度越低，而在未發生Sudden drop之前之消毒模式可由圖3-5顯示其模式為 $S=0.55(CT)^{-0.91}$ 。

3-3-2 臭氧對Pseudomonas aeruginosa消毒效率分析

Pseudomonas aeruginosa消毒效率分析如圖3-3所示。在6-8mg/L之臭氧反應濃度會發生Sudden drop之現象，而單位時間內臭氧供給量越大時，其消毒效率越高，產生Sudden drop的所需濃度越低，而在未發生Sudden drop之前之消毒模式可由圖3-6顯示其模式為 $S=0.53(CT)^{-0.94}$ 。

3-3-3 臭氧對Total Count消毒效率分析^(9,10)

Total Count消毒效率分析如圖3-4所示。約在10mg/L左右之臭氧反應濃度會發生Sudden drop之現象，而單位時間內臭氧供給量越大時，其消毒效率越高，產生Sudden drop的所需濃度越低，而在未發生Sudden drop之前之消毒模式可由圖3-7 顯示其模式為 $S=0.41(CT)^{-0.65}$ 。

3-4 有機物之濃度對連續注入式臭氧裝置對醫院廢水中微生物之消毒效率之影響⁽¹¹⁾

有機物濃度對連續注入式臭氧裝置對醫院廢水中微生物之消毒效率如圖3-10 所示。由圖3-10顯示COD平均是175mg/L比254mg/L時之消毒效率為高。COD在175mg/L時Ozone之Sudden drop濃度在4-10mg/L之間，而COD在254mg/L時其Sudden drop濃度在10-30mg/L之間。故有機物越大消毒效率越低。

3-5 連續注入式臭氧裝置對醫院廢水中有機物之去除效率

臭氧裝置對醫院廢水中有機物之去除效率^(12,13,14)，由圖3-8顯示COD殘存率約為70%。因O₃要將有機物氧化，其消耗量非常大，而在25mg/L之O₃濃度其COD去除率只有30%。

3-6 連續注入式臭氧裝置處理醫院廢水，水中BOD/COD關連分析

水中 BOD/COD 關連分析顯示於圖 3-9。由圖 3-9 顯示 COD 平均為 175mg/L 時，Ozone 之反應量越高，BOD/COD 比值越高。25mg/L 之 Ozone 濃度其 BOD/COD 比值由 0.15 升至 0.26。故 Ozone 處理應可幫助後面之生物處理。

Reference

1. **Tsai, C. T., Lee, C. C., Shue, Y. C., Chang, K. P.** 1992. The Study on Performance and Evaluation of The Wastewater Treatment Plants of The Small Hospital (under 50 Beds), *Journal of the Chinese Environmental Protection Society* 15:42-54.
2. **Tsai .C.T., Y. J. Juang., S.T.Lin** 1998."Quantification of Pathogenic Microorganisms in the Sludge from treated Hospital Wastewater" *Journal of Applied Microbiology* 84 21
3. **Tsai .C.T., S.T.Lin** 1998" Disinfection of Hospital Waste Sludge Using Hypochlorite and Chlorine Dioxide" accepted by *Journal of Applied Microbiology*
4. **Tsai .C.T.,C.T.Kuo., S.T.Lin** 1998 "Analysis of Organic Halides in Hospital Waste Sludge Chlorinated Using Sodium Hypochlorite(NaOCl)" accepted by *Water Research*.
5. **Suzuki,N.,Nakanishi,J.,**"Total Organic Halogen (TOX)Formation Potential in Activated Sludge Treatment and Small River " *JWPCF,59:8:767-773,1987*
6. **C.Y.Chang, C.Y.Chiu, S.J.Lee, W.H.Huang, Y.H.Yu, H.T.Liou, Y.Ku and J.N.Chen** 1996 "Mass Transfer Aspect Of Ozone Absorption And Decomposition In Aqueous Solution With Ultraviolet Radiation" *Toxicological and Environmental Chemistry Vol.57.37-52*
7. **APHA, AWWA, WPCF,** "Standard Method for the Examination of Water and Wastewater" fifteenth edition p399-402, p483-493, p789-794, p806-817, p875-876
8. **Somendu B.Majumdar, William H.Ceckler and Otis J.Sproul** 1974 "Inactivation of Poliovirus In Water By Ozonation" *Journal Vol.46 No.8 2049- 2053*
9. **Huang Junli, Wang Li, Ren Nenqi, Liu Xue Li, Sun Ron Fun and Yang Guanle** 1997 "Disinfection effect of chlorine dioxide on viruses, algas and animal planktons in water" *Water Research* 31.3.455-460
10. **Nimrata K.Hunt and Benito J.Marinas** 1997 "Kinetics of Escherichia coli inactivation with ozone" *Water Research* 31.6.1355-1362
11. **Christian Volk, Pascal Roche, Jean-Claude Joret and Herve Paillard** 1997 "Comparison of the effect of ozone, ozone-hydrogen peroxide system and catalytic ozone on the biodegradable organic matter of a fulvic acid solution" *Water Research* 31.3.650-656
12. **A.Brambilia, E.Bolzacchini, M.Orlandi, S.Polesello and B.Rindone** 1997 "Reactivity of two models of non-ionic surfactants with ozone" *Water Research* 31.8.1839-1846
13. **Karel Stopka** 1978 "Ozone Plant Improves Efficiency And Economy of Wastewater Treatment" *Water and Sewage works* April 1-6

14. **C.Y.Chang, C.Y.Chiu, S.J.Lee, W.H.Huang, Y.H.Yu, H.T.Liou, Y.Ku and J.N.Chen** 1995
"Absorpyion Of Ozone In Aqueous Solutions With Self-Decomposition effect" *Toxicological and Environmental Chemistry* Vol.50.197-205

圖3-1 純氧發生機流量與臭氧產生量關係圖

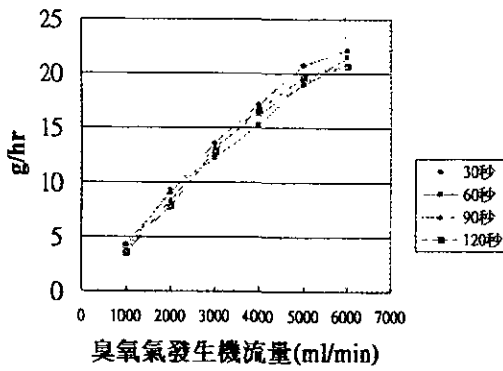


圖3-3 Ozone 對Pseudomonas aeruginosa 消毒效率分析圖

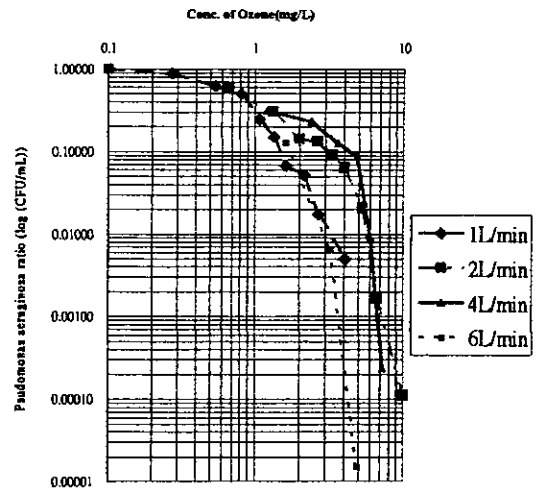


表3-1 反應槽中臭氧反應濃度隨反應時間變化圖

| 臭氧流量 | 1L/min | 2L/min | 4L/min | 6L/min |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| 臭氧產生量 (g/hr) | 3.49 | 8.02 | 16.06 | 21.00 |
| 水中臭氧濃度 (mg/L) | 1.78 | 4.09 | 8.19 | 10.71 |
| 水中臭氧反應濃度 (mg/L) | 0.15 | 0.09 | 0.91 | 1.02 |

| 時間 (min) | 水中臭氧反應濃度 (mg/L) | | | |
|----------|-----------------|--------|--------|--------|
| | 1L/min | 2L/min | 4L/min | 6L/min |
| 1 | 0.27 | 0.67 | 1.21 | 1.62 |
| 2 | 0.54 | 1.33 | 2.43 | 3.23 |
| 3 | 0.82 | 2.00 | 3.64 | 4.85 |
| 4 | 1.09 | 2.67 | 4.85 | 6.46 |
| 5 | 1.36 | 3.33 | 6.07 | 8.08 |
| 6 | 1.63 | 4.00 | 7.28 | 9.69 |
| 8 | 2.17 | 5.33 | 9.71 | 12.92 |
| 10 | 2.72 | 6.67 | 12.13 | 16.15 |
| 15 | 4.08 | 10.00 | 18.20 | 24.23 |

圖3-2 Ozone 對coliform 消毒效率分析圖

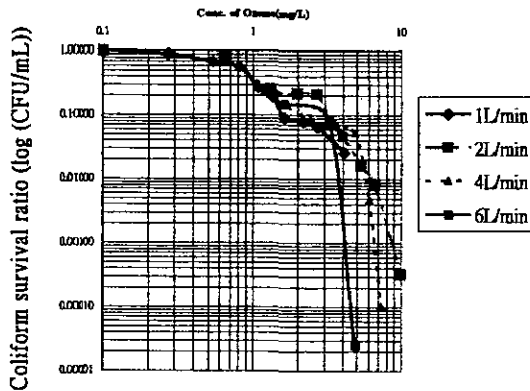


圖3-4 Ozone 對Total Count 消毒效率分析圖

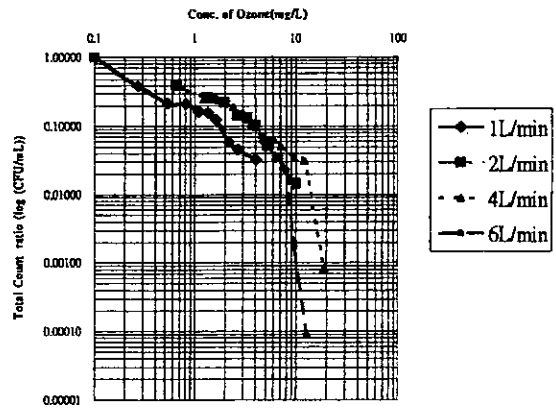


圖3-5 經 Ozone 消毒後 coliform 之殘存率與 CT 之關係圖

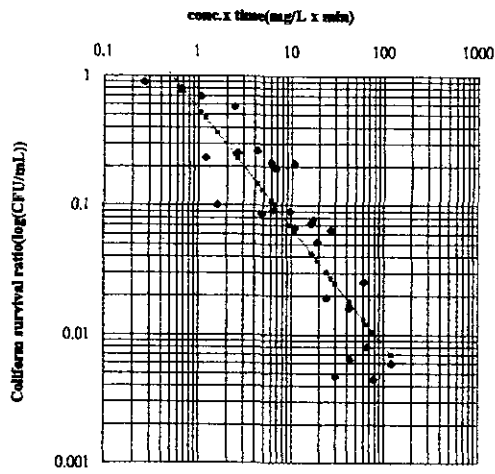


圖3-6 經 Ozone 消毒後 Pseudomonas aeruginosa 之殘存率與 CT 之關係圖

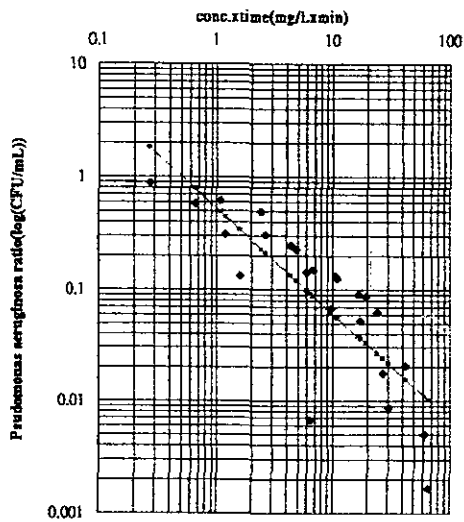


圖3-7 經 Ozone 消毒後 Total Count 之殘存率與 CT 之關係圖

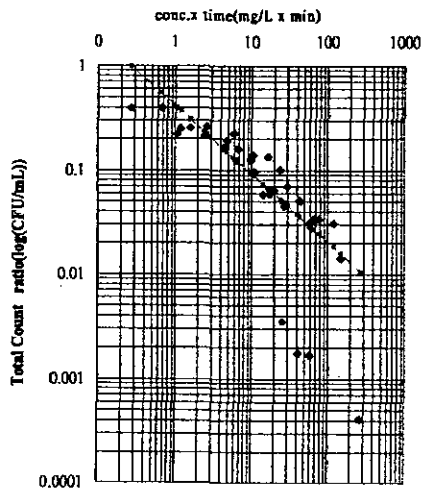


圖3-8 醫院廢水有機物經臭氧化後 COD 殘存率 (%) 變化圖

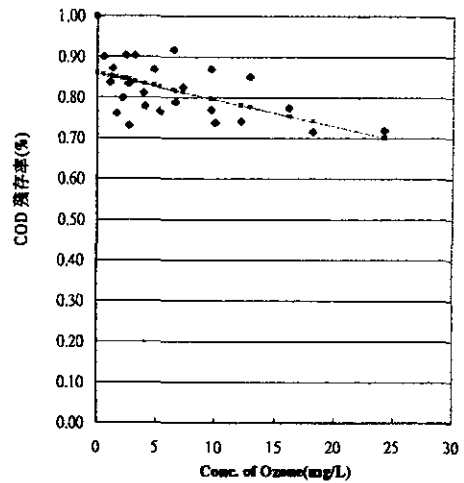


圖3-9 醫院廢水有機物經臭氧化後 BOD/COD 比值變化圖

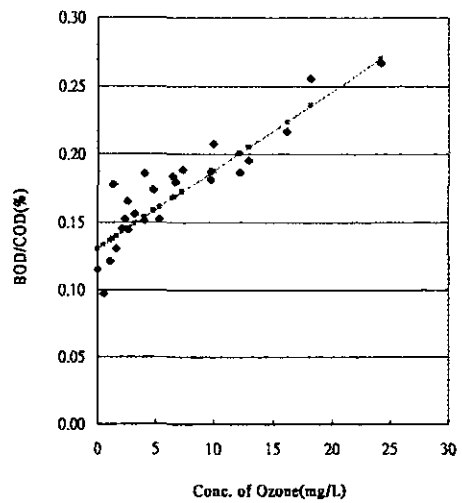


圖3-10 Ozone 對 coliform 消毒效率受有機物之影響分析圖

