

## 病院廢水의 特性과 處理에 關한 研究

— 消毒劑가 활성슬러지법에 미치는 영향 —

羅圭煥 · 玉致相

延世大學校 原州醫科大學 保健學科

### Studies on the Wastewater of General Hospital and It's Treatment — Effects of Disinfectants on Activated Sludge Process —

Kyu Hwan Ra · Chi Sang Ok

*Dept. of Health Science, Wonju Coll.  
of Medicine, Yonsei University*

#### ABSTRACT

The hospital wastewaters have to be so disposed as to prevent disease and to protect water resources from hazardous substances; disinfectants, medicines, and chemicals.

Polyvinylpyrrolidone-iodine complex (povidone-iodine) is widely used in the hospital as one of disinfectants.

This study was carried out to manifest the effect of disinfectants in growth of activated sludge in treatment of the hospital wastewater by the activated sludge process.

The results are as follow.

1. An average water quality of the hospital wastewater showed 7.2 in pH, 3.2 ppm in DO, 293.3 ppm in SS, 96.0 ppm in BOD, 151.1 ppm in COD, 0.4 ppm in povidone-iodine, 0.5 ppm in phenols, 5.4 ppm in surfactants, 1.6 ppm in o-phosphate, 4.6 ppm in  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $249 \times 10^4$  counts/100 ml in coliform group organisms, and  $1,369 \times 10^2$  counts/ml in general counts of bacteria. And wastewater amounts discharged per bed was calculated 70 l/d/bed.
2. In batch culture activated sludge process, each of cresol and povidone-iodine was not effected in less than 0.1 ppm concentration, but the more concentration, the more inhibit the growth rate of activated sludge. In the mixture of two disinfectants, the growth was more inhibited the effect of single disinfectants. So that this reaction is considered as addition effect of two disinfectants.
3. The removal rates of the disinfectants-by continuous culture activated sludge process were 77.6% in 0.4 ppm povidone-iodine, and in BOD was 85.6%.
4. It is desirable that the hospital wastewater is planed in order to be discharged to two system separately, sewer from life system and wastewater from medical system.

From those results, it has been concluded that the hospital wastewater has to be treated safely by the activated sludge process.

## I. 緒 論

최근 우리나라는 경제적 성장에 따라 保健界에도 많은 발전을 가져오게 되었다. 한편 우리의 健康管理에도 역점을 두어 의료제도의 확립과 동시에 의료보험제도의 도입으로 점차 의료기관을 이용하는 국민이 급격히 증가하는 추세이다.<sup>1)</sup> 病院에서 排出되는 廢水<sup>2)</sup>는 각종 유독물질과 의약품 특히 消毒劑 등의 성분이 함유되어 있으며 일부 病原微生物이 함유될 우려가 있다. 이러한 病院廢水가 處理되지 않은 상태로 공공수역에 배출될 경우 병원미생물에 의한 국민의 건강피해를 예방하고 유독성물질로 인한 생활환경의 보호유지를 위하여 적극적인 오염방지대책이 필요하다. 병원폐수는 처리방법이 일반하수처리법으로는 적합치 않을 것으로 사료된다. 消毒劑 등에 의한 영향에 대하여는 狹山<sup>3,5)</sup>의 報告가 있을 뿐 우리나라에서는 아직 조사연구된 보고가 없다.

따라서 著者들은 강원도 원주시에 소재하고 있는 종합병원을 대상으로 하여 우리나라 病院廢水의 특성을 밝히고 폐수중에 함유된 소독제가 活性汚泥法에 의한 폐수처리에 미치는 영향에 대한 기초적 자료를 얻고져 實驗을 착수하였다.

## II. 實驗對象 및 方法

### 1) 對 象

江原道 原州市에 소재하고 있는 457 病床을 가지고 있는 종합병원을 선택하였다. 분뇨 및 주방시설에서 배출되는 生活下水를 제외한 주간의 진료과 정중에서 배출되는 廢水만을 대상으로 하였다.

본 조사대상 병원의 계통별 각 주요 배출원과 폐수배출량은 Table 1에서 보는 바와 같다.

### 2) 시료수의 채취

Table 1. Waste water discharged from the W-Hospital (1983. 5)

Dept.	Discharged amounts(m <sup>3</sup> /day)
Ward	3.0
First aid	0.5
Dispensary	2.0
X-ray	6.0
Surgery	0.5
Pharmacy	4.0
Clinicopathology	5.0
Dinning room	105.0
Toilet	180.0
Bath room	-
Laundry	11.0
Boiler	-
Establishment	0.1
Cleaning	4.0
Total	321.1

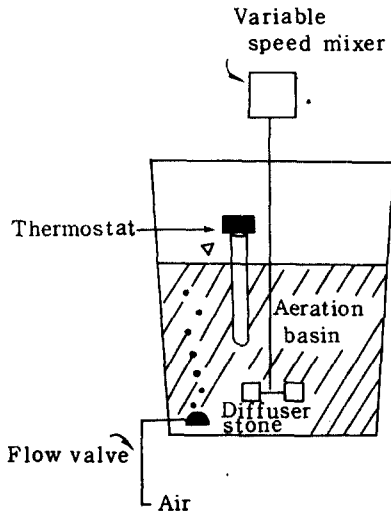
시료채취는 1983년 5월 2일부터 5월 9일에 걸쳐 병원업무가 활발한 낮을 택하여 종합채취방법에 따라 최종 방류지점인 저류조에서 1일 1 회씩 채수하였다.

### 3) 측정방법

기온, 수온, pH 및 용존산소(DO)는 시료채취 현장에서 봉상온도계 및 휴대용 수질측정기(Water checker, HORIBA Co, U-7)를 사용하여 측정하였다. 流量은 폐수처리장에서의 1일평균처리량으로 표시하였으며 polyvinylpyrrolidone-iodine complex(povidone-iodine)은 內海 喻<sup>6)</sup>에 준하여 요오드를 측정하여 환산하였고 대장균군수는 coliform detection paper(Sun chemical Co, Ltd.)를 사용하여 검출하였다. 其他 수질분석항목은 실험실에 운반 즉시 냉장보관하면서 환경오염공정시험법<sup>7)</sup> 및 Standard method<sup>8)</sup>에 준하여 측정하였다.

### 4) 活性汚泥증식에 미치는 消毒劑의 영향

活性汚泥는 병원폐수처리장 曝氣槽로부터 채취하여 人工下水에 주입하고 氣泡 발생기로 공기를 2.8l/hr<sup>9)</sup>로 공급하면서 배양한 후 소독제인 o-cresol 및 povidone-iodine 을 각각



Aeration basin volume : 51  
 Effective aeration  
 basin volume : 31  
 Aeration rate : 2.81/hr  
 Aeration time : 16 hr

Fig 1. Diagram of batch culture activated sludge unit.

1ppm씩 첨가한 폐수에 10 일간씩 순화배양하였다.

실험실적 유리제 비연속배양 활성오니조는 fig.1과 같다. 배양된 활성오니와 인공하수를 초기의 오니량이 20mg/l이 되도록 비연속배양 오니조에 넣었다. 여기에 o-cresol 및 povidone-iodine의 농도를 각각 0.1 ppm, 0.5 ppm 및 1.0 ppm이 되도록 조절한 후 활성오니의 증식을 소독제를 넣지 않는 대조군과 비교하면서 시간별로 측정하였다. 이때의 수온은 가온기와 자동온도조절기를 사용하여  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 하면서 호기상태를 유지하기 위하여 DO가 1~2mg/l이 되도록 확산석을 부착한曝氣器 및 교반기로 曝氣하였다. 汚泥의 증식상태는 金<sup>10)</sup>등의 방법에 준하여 14 시간 동안에 2시간 간격으로 比濁法으로 560 nm에서 흡광도로 측정하였으며 活性汚泥농도는 건조, 평량하여 mg

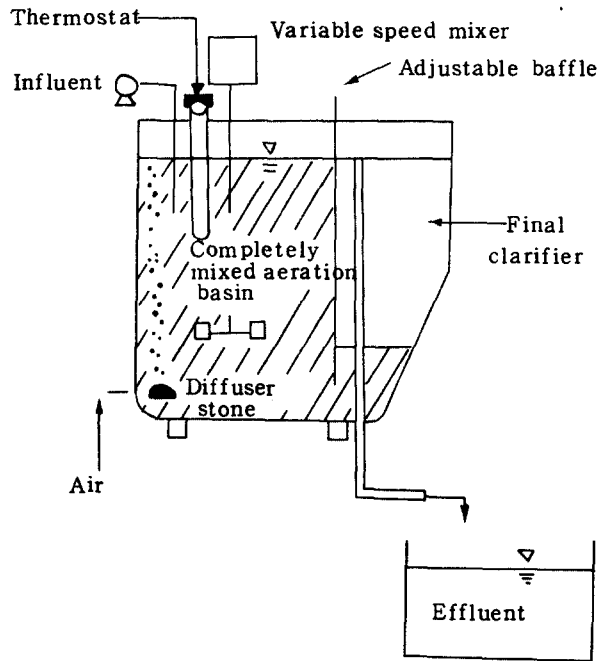


Fig 2. Diagram of continuous culture activated sludge unit.

//로 계산하였다.

#### 5) 活性汚泥法에 의한 병원폐수의 처리

Fig. 2와 같이 가온기, 자동온도조절기, 曝氣器 및 교반기를 부착하고 15l의 曝氣槽와 3l의 종말침전지로 구분된 연속 배양장치를 사용하였다. 연속배양폭기조에 人工下水에서 배양하여 순화된 活性汚泥를 넣고 폭기하면서 초기의 혼합액부유고형물농도(MLSS)가 1,800 ppm이상이 되도록 배양한 후 1차처리(screening)를 거친 소독제가 함유된 병원폐수를 25 m<sup>3</sup>/min의 속도로 유입하였다. 수온은  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하면서 폭기조의 체류시간은 6시간으로 일정하게 하였다. 병원폐수의 처리효과를 관찰하기 위하여 먹이대미생물비(F/M ratio)와 고형물평균체류시간(HRT) 및 오니용적지수(SVI)를 Hammer<sup>11)</sup>의 공식에 따라 산출하였다.

### Ⅲ. 結果 및 考察

#### 1) 病院廢水의 水質

병원폐수의 수질을 측정분석한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. pH는 6.9~7.6으로 거의 중성으로 일반 河川水와 비슷하였다. 수온은 17.0~22.3℃로 상온이며 외기온에 의한 변화는 적었다. DO는 2.3~3.8 ppm으로 낮은 편이었으며 SS는 2470~3440 ppm이었고 BOD와 COD는 각각 80.0~127.2 ppm 및 97.5~200 ppm이었다. 이는 일본<sup>12)</sup> 도시하수의 BOD 150~300 ppm보다는 다소 낮은 편이었으며 SS는 거의 비슷하였다. 또한 일본의 무기화학공업의 미처리 배수의 BOD 200~733 ppm, COD 92~434 ppm 및 SS 18~475 ppm과 비교할 때 비슷한 성격을 띠고 있는 배수라고 보겠다. povidone-iodine은 0.2~0.8 ppm, phenols는 0.1~1.2 ppm으로 나타났으며 중성세제는 5~6.7 ppm이었는데 이는 1975년<sup>13)</sup> 청계천의 4.17 ppm보다도 높은치를 나타내었다.  $PO_4^{3-}$ 와  $NH_3-N$ 는 각각 0.8~3.2 ppm 및 3.1~5.3 ppm으로서 원주천하류<sup>14)</sup>의  $PO_4^{3-}$  0.244 ppm 및  $NH_3-N$  0.473 ppm보다 상당히 높아 原廢水임을

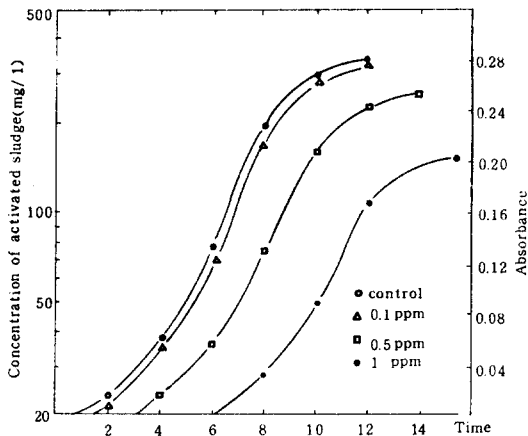


Fig 3. Growth curve of activated sludge on the variation of cresol concentration

알 수 있다. 대장균수는  $151\sim362\times 10^4$  counts / 100 ml 이고 일반세균수는  $935\sim1763\times 10^4$  counts / 100 ml 이었다.

病床數當 폐수배출량은 70 l/day/bed 이었으며 povidone-iodine은 0.03 g/day/bed, BOD는 6.7 g/day/bed, COD는 10.6 g/day/bed 및 중성세제는 0.4 g/day/bed로 산출되었다.

#### 2) 活性汚泥증식에 미치는 소독제의 영향

소독제인 cresol 과 povidone-iodine 을 사용하여 活性汚泥를 인공하수에서 비연속배양법으로 14 시간동안 배양증식할 때 흡광도와 활성오니농도의 변화는 Fig. 3, Fig. 4 및 Fig. 5에서 보는바와 같다. cresol 과 povidone-iodine 의 농도가 각각 0.1 ppm에서는 cresol 및 povidone-iodine 이 함유하지 않은 대조시료의 증식곡선과 유사한 곡선을 이루었다. 그러나 소독제의 농도가 0.5 ppm 이상의 농도에서는 농도가 높아짐에 따라 증식곡선은 대조시료와 비교할 때 큰 차이를 보이면서 대수성장기의 출현시간이 지연되었다.

cresol 과 povidone-iodine 을 혼합한 인공하수에서의 증식곡선은 0.1 ppm의 낮은 농도에서도 시간이 경과할수록 그 증식이 지연되는 차이를 보였다. 또한 소독제의 혼합농도가 높을

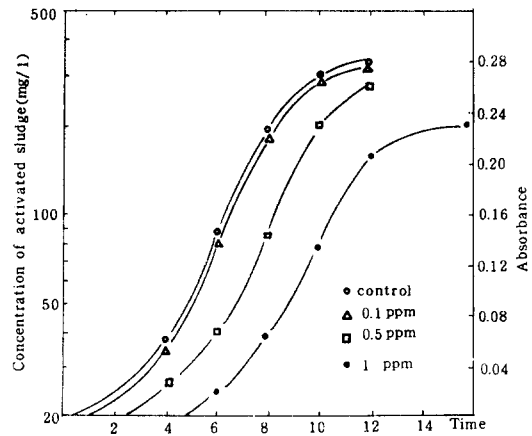


Fig 4. Growth curve of activated sludge on the variation of potadine concentration

Table 2. The Water quality of the Hospital waste water (1983. 5. 2—5.8)

No. of samples	Flow (m <sup>3</sup> /d)	Air temp. (°C)	Water temp. (°C)	pH	DO (ppm)	SS (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	Povidone iodine (ppm)	Phenols (ppm)	Surfactants (ppm)	P (ppm)	NH <sub>3</sub> -N (ppm)	Coliform group (10 <sup>4</sup> counts/100 ml)	G. counts of bacteria (10 <sup>2</sup> counts/ml)
S 1	-	18.0	21.0	7.6	2.3	247.0	110.0	172.0	0.4	1.2	6.7	2.7	4.2	246	1,312
S 2	-	10.0	19.0	7.2	2.6	265.0	87.0	97.5	0.5	0.2	5.0	1.1	5.1	362	1,734
S 3	-	17.0	20.0	7.2	3.3	320.0	85.5	102.3	0.3	0.4	5.4	1.0	3.7	194	1,426
S 4	-	16.0	20.0	6.9	3.7	286.0	127.2	192.0	0.5	0.9	5.0	1.0	4.2	151	935
S 5	-	23.0	20.0	7.1	3.4	278.0	84.0	172.0	0.3	0.5	6.1	0.8	3.1	330	1,026
S 6	-	26.0	20.0	7.2	3.8	344.0	91.5	200.0	0.2	0.4	5.0	1.2	6.2	177	1,763
S 7	-	18.0	17.0	7.4	2.7	327.0	85.7	124.0	0.5	0.1	5.0	1.4	5.2	295	1,171
S 8	-	21.0	22.3	7.2	3.4	280.0	97.3	149.0	0.8	0.3	5.0	3.2	5.3	239	1,589
Range	-	10.0~22.3	17.0~22.3	6.9~7.6	2.3~3.8	247.0~344.0	84.0~127.2	97.5~200.0	0.2~0.8	0.1~0.2	5.0~6.7	0.8~3.2	3.1~5.3	151~362	935~1,763
Mean	32.0	19.6 ± 8.0	19.8 ± 1.8	7.2 ± 0.2	3.2 ± 0.5	293.3 ± 31.3	96.0 ± 14.3	151.1 ± 37.0	0.4 ± 0.2	0.5 ± 0.6	5.4 ± 0.6	1.6 ± 0.8	4.6 ± 0.9	249 ± 70	1,369 ± 293.
±S.D.															

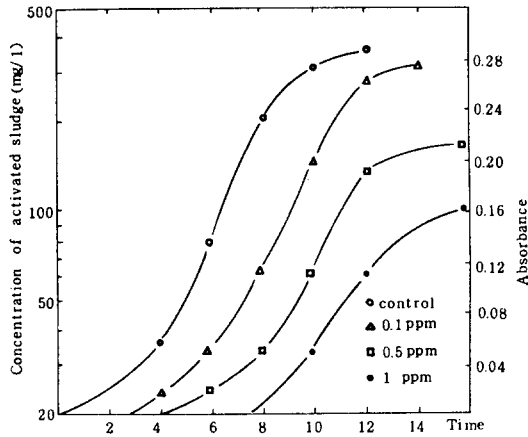


Fig 5. Growth curve of activated sludge on the variation of cresol and potadin mixed concentration.

수록 활성오니의 증식을 억제하는 작용이 크지만 비교적 높은 농도에서도 완전히 사멸하지는 않고 순화하기 위하여 증식이 일시적으로 정지될 뿐이며 순화후 다시 증식되었음은 狭山 등의 보고와 유사하였다.

Cresol의 각 농도에 따른 활성오니 증식에 미치는 영향은 12시간 실험결과 cresol이 함유치 않은 대조군인 인공하수에 비하여 0.1

ppm에서 95.3%, 0.5ppm에서 73.5% 및 1 ppm에서 30.9%가 각각 증식되었다. povidone-iodine의 경우에는 0.1ppm에서 96.3%, 0.5 ppm에서 83.8% 및 1ppm에서 44.1%가 각각 증식되었다. cresol과 povidone-iodine의 혼합농도의 경우 0.1ppm에서 73.5%, 0.5ppm에서 41.2% 및 1ppm에서 16.2%가 증식되어 혼합의 경우가 활성오니의 증식을 단독인 경우보다 더욱 억제되었다.

### 3) 활성오니법에 의한 병원폐수의 처리

소독제로 순화시킨 활성오니를 이용한 활성오니법으로 병원폐수를 3회에 걸쳐 처리실험한 결과 Table 3과 Table 4에서 보는 바와 같다. 수온을 20.5°C로 유지하면서 HRT는 6시간, SVI는 88~110 및 F/M비는 0.26~0.29로 하여 실험한 결과 각 오염물질의 평균 제거율은 povidone-iodine이 77.6%, phenols는 78.0%, BOD는 85.6% 및 COD는 76.1%이었으며 중성세제는 81.7%이었다. 이러한 결과로 보아 병원폐수를 활성오니법으로 처리할 경우 여기에 사용되는 활성오니의 소독제에 대한 순응도에 따라 처리가 가능하다고 생각된다.

Table 3. Activated sludge test for the Hospital wastewater.

	Influent	Effluent			
		NO. 1	NO. 2	NO. 3	Mean $\pm$ S.D.
Flow (l/d)	36	36	36	36	36 $\pm$ 0
Povidone-iodine (ppm)	0.40	0.10	0.08	0.09	0.09 $\pm$ 0
Phenols (ppm)	0.50	0.12	0.11	0.10	0.11 $\pm$ 0
BOD (ppm)	120.0	18.8	15.4	17.6	17.3 $\pm$ 1.4
COD (ppm)	188.0	46.4	42.9	45.5	44.9 $\pm$ 1.5
Surfactants (ppm)	2.0	0.4	0.3	0.3	0.3 $\pm$ 0.05

Cf. Operational condition of aeration basin

Water temp (°C)	20.5	20.5	20.5
HRT (days)	0.25	0.25	0.25
SVI	110	88	90
F/M-ratio	0.27	0.29	0.26

Table 4. Removed rate(%) of polutants in the Hospital wastewater by activated sludge process

	Povidone-iodine	Removed rate (%)			
		Phenols	BOD	COD	Surfactants
No. 1	75.0	76.0	84.3	75.3	80.0
No. 2	79.4	78.0	87.2	77.2	85.0
No. 3	77.5	80.0	85.3	75.8	80.0
Mean	77.6	78.0	85.6	76.1	81.7

HRT가 6시간동안인데도 처리가 가능한 것은 소독제에 순환시킨 활성오니를 사용한 이유이다. 또한 MLSS농도를 1,800ppm 이상으로 유지하였기 때문이라고 생각되며 활성오니의 순화도가 다를 경우에는 그 처리효과도 변할 것으로 생각된다.

#### IV. 結 論

한 종합병원을 대상으로 폐수의 배출계통에 따른 폐수배출량과 폐수의 특성과 소독제가 활성오니 증식에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 활성오니법에 의한 병원폐수중의 소독제 및 유기물질등의 제거율을 실험한 결과는 다음과 같다.

조사대상에서 배출하는 병원폐수의 수질은 평균 DO 3.2ppm, SS는 293.3ppm, BOD는 96.0ppm, COD는 151.1ppm이었다. 소독제인 povidone-iodine 및 phenols는 0.5ppm, 중성세제는 5.4ppm, NH<sub>3</sub>-N는 4.6ppm, 대장균군수 및 일반세균수는 각각 249×10<sup>2</sup>counts/100m<sup>l</sup> 및 1,369×10<sup>2</sup>counts/m<sup>l</sup>이었으며 병상수당 폐수배출량은 70l/day/bed이었다.

실험실적 비연속배양에서 소독제의 활성오니 증식에 미치는 영향은 소독제가 함유되지 않은 인공하수에 비하여 12시간동안에 cresol은 0.1ppm에서 95.3%, 0.5ppm에서 73.5% 및 1ppm에서 30.9%가 증식되었으며 povidone-iodine은 0.1ppm에서 96.3%, 0.5ppm에서

83.8% 및 1ppm에서 44.1%가 증식되었다. cresol과 povidone-iodine 혼합의 경우에는 0.1ppm에서 73.5%, 0.5ppm에서 41.2% 및 1ppm에서 16.2%가 증가되었다.

Cresol과 povidone-iodine은 각각 0.1ppm이하인 경우에는 활성오니증식에 별 영향이 없으며 그 이상의 경우에는 소독제의 농도가 높을수록 대수성장기의 출현시간이 지연되었고 소독제의 혼합농도에서는 증식억제작용이 보다 컸다.

소독제에 순화된 활성오니를 이용한 활성오니처리법에 의한 povidone-iodine이 0.4ppm인 병원폐수의 경우 77.6%가 제거되었으며 이때 BOD는 85.6%, COD는 76.1% 및 중성세제는 81.7%가 제거되었다.

#### 參 考 文 獻

1. 보건사회부: 보건사회 통계연보, 1982.
2. 三浦經仁: 病院排水の規制に對する考之方とその動き, 日衛誌, 2, 69~79, 1978.
3. 狹山信矩: 醫科大學, 病院より排出される廢棄物の微生物學的處理に關する研究 第1報, ワシゾル, フェノール, ホルマリンの處理に關する基礎的實驗, 日衛誌, 34, 11~20, 1980.
4. 狹山信矩: 醫科大學, 病院より排出される廢棄物の微生物學的處理に關する研究第2報, パイロットプラントによるワレゾール

- の處理に関する實驗, 日衛誌, 35, 670, ~ 675, 1980.
5. 狹山信矩: 醫科大學, 病院より排出される廢棄物の微生物學的處理に関する研究第3報, 鹽化ベンザルユニウム溶液及びクロルヘキシジン溶液の處理實驗, 日衛誌, 35, 869~873, 1981.
  6. 内海 喻: 日本化學會誌, 74, 32, 1953.
  7. 環境廳: 環境汚染公定試驗法, 1983.
  8. APHA, AWWA, WPCF: Standard Methods for the Examination of water and waste water, 15th Eds., 1981.
  9. Merven, C. G.: J. WPCF, 51(9), 2354, 1981.
  10. 김종협, 이배함, 이지열: 미생물학실험서. 47~53, 대광문화사, 1982.
  11. Hammer: Water and Wastewater Technology. S1 version, p. 385, John Waley & Sons, Inc, 1977.
  12. 國際理研社: 用水廢水便覽(下), 1978 (번역서)
  13. 洪思澳: 서울시一圓下水 및 漢江水中의 合成洗劑의 汚染에 關한 研究, 成大科學技術研究所報, 3, 63~67, 1975.
  14. 羅圭煥, 高春明: 강원도원주천의 수질오염에 관한 기초적연구, 中央醫學, Vol. 42, No. 4, April. 1982.