

FAC-Biofilm과 F-A시스템에 의한 下水處理 特性

東亞大學校教授
姜 龍 太

I. 序 論

下水 處理에 있어서, 生物學的 處理方法인 활성오니법이 現在 널리 使用되고 있다. 活性 汚泥法(Activated Sludge Process)은 1913년 英國의 Arden과 Rokett에 의해 考案된 以後 많은 발전의 과정을 거치면서 지금에 이르고 있다.

이 方法은 淨化機能을 가진 flocc상의 生物增 殖體의 必要에 따라서 生物 反應界 內에서 끊임없이 循環시켜 폭기조 내에서 基質과 淨化 微生物의 比率이 항상 一定하게 되도록 人爲 的으로 조작하여 용존 酸素의 存在下에서 基 質과 이동 개체군의 微生物로 구성되는 flocc을 충분히 接觸시켜 이것을 호기적으로 酸化 分解하는 處理法이다.

그러나 이 처리법은 高度의 維持管理 技術이 必要하며, Sludge bulking發生 등의 문제점 을 지니고 있다. 이러한 短點을 補完하기 위하여 여러 研究者들에 의해 活性오니법들이

研究 開發이 行 되어 왔다. 그러나 이러한 활성오니 變法들은 고농도 下水處理에 더 効果的이므로 水質, 水量의 變化가 심한 下水나 地下水가 流入한 저농도 下水, 원수기질의 變化가 심한 下水에 대해서는 F/M比의 조절이 어렵고, 활성오니의 flocc이 잘 形成되지 않아 處理가 대단히 곤란하다.

따라서 저농도 下水에 대하여는 單獨處理를 할 수 있고, 고농도 下水에 대하여는 전처리施設로서 活用이 가능한, 經濟적이고 效率이 좋은 수처리 裝置로써 FAC(Flocculation-Aeration-Clarification)이라 불리우는 새로운 裝置를 開發하였다.

FAC법은 수정폭기법의 고부하 下水의 單獨 處理能力과 接觸 안정화법의 오니재생能力을 절충시킨 형태로써 SVI값이 낮아져서 오니의 沈降 濃縮性이 우수하고 Sludge bulking현상을 억제할 수 있다는 등의 수정폭기법과 접촉안정화법의 長點을 취한 것이다.

本 研究에서는 FAC process의 長點을 살려

既存의 처리방식인 活性汚泥法, 生物膜濾過法 등과의 접목을 통하여 보다 效率的이고 經濟的인 수처리System을 考案하는 데 重點을 두었다.

II. 實驗裝置 및 方法

II. 1 實驗 裝置

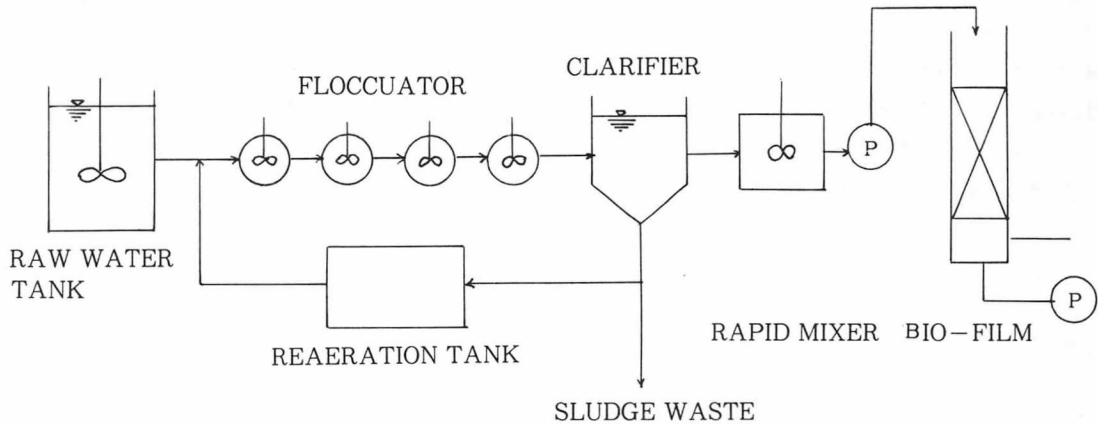


Fig.- 1. FAC-BIO FILM PROCESS FLOW SHEET

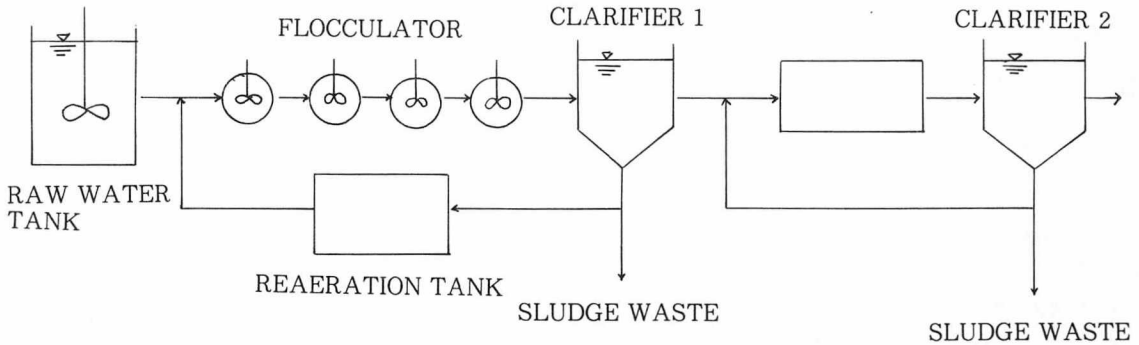


Fig.- 2. F-A PROCESS FLOW SHEET

Flocculator 4機는 內徑 90mm, 높이 250mm의 透明 아크릴 원통으로서 flocc형성 상태의 관찰이 가능토록 하였고, 회전익은 Stainless 재질로 60×20mm의 회전익을 350mm의 봉에 부착시켰다. Clarifier-1,2는 內徑 300mm 높이 150mm의 Stainless로 침전 경사각은 60도를 유지

本 實驗에 사용된 實驗 裝置는 Fig. 1의 FAC-Bio Film공정과 Fig. 2의 F-A의 공정으로 大별되며 FAC-Bio Film공정은 원수조, 1차 침전조, 안정화조, 급속교반조, 생물막여과탑으로 구성되고, F-A공정은 원수조, 응집조, 1차 침전조, 재폭기조(안정화조), 2차 침전조, 폭기조로 구성되었다.

했다. 폭기조-1,2는 透明 아크릴로써 各各 150×150×400mm와 400×300×300mm의 크기로 製作하였다.

원수 공급 및 침전지-안정화조, 폭기조-침전지, 침전지-급속교반조 사이에서는 定量 Pump에 의해 유입수를 각 조에 유입시키므로

써 實驗의 정확성을 높였다. 또한 폭기조와 생물막 여과탑의 저부에는 微細산기관을 이용하여 포기시켰다. 生物膜은 內徑 30mm, 높이 2, 300mm의 투명 아크릴 원통에 3~5mm의 화강암 쇄석을 여재로 1,650mm 충전시켰다.

II. 2 實驗 方法

實驗에 앞서서 活動力이 강한 미생물을 얻기 위해 現場에서 가져온 폭기조 活性오니를 약 3주간의 순화기간을 통해 人工 원수에 적합하게 식중시켜 使用하였다. 實驗에 使用한 원수는 人工下水로서 시료의 주성분인 글루코스과 脫脂粉乳를 混合하여 특히 COD, SS에 대한 濃度 變化를 갖도록 構成하였다.

원수조에서는 下水중의 不溶性 기질이 沈澱되지 않도록 100×40mm의 회전익을 이용하여 20rpm의 速度로 교반 시켰으며 원수 注入은

定量 Pump로써 70ml/min의 유량을 취하여 Flocculator에 流入시킨 후 安定화조에서 수정 폭기된 재생오니와 함께 #1,2-Flocculator에서는 40rpm으로 接觸을 增加시켜 微生物 대 사활동을 增加시키고 #3,4-Flocculator에서는 30rpm의 회전 速度로 교반시켜 水位차를 이용한 흐름으로 침전조에 유입시켰다.

또한, Flocculator의 부피는 各各 1ℓ로 총 4ℓ로써 HRT 37min로 運轉하였으며 Flocculator내의 MLSS濃度は 430~700mg/ℓ로 維持시켰다.

Clarifier-1,2는 부피 11ℓ이고 HRT는 시방 서상의 3.0~4.8시간의 약 1/2정도인 1.7시간으로 하였다. 沈澱오니는 Clarifier-1에서 安定화조로 Clarifier-2에서 폭기조-2로 返送하였으며 F-A(FAC-Activated Sludge)process에서는 Clarifier-1에서 폭기조를 거쳐 Clarifier-2에서 上澄水を 放流시켰다.

Table 1. FAC Process Operation Condition

Unit Process & Parameter	Value	Unit Process & Parameter	Value
FLOCCULATOR		REAERATION TANK	
Number	4	Volume	9 ℓ
Volume(each)	1 ℓ	H R T	4.2hr.
Volume(total)	4 ℓ	Sludge Recycleratio	0.5
Feed Rate	70mg/min	D O Concentration	4.5mg/ℓ
H R T	37min	MLSS Concentration	1000~1400mg/ℓ
Mixing Speed		M C R T	3day
# 1 & # 2	40rpm	CLARIFIER-1	
# 3 & # 4	30rpm	Volume	11 ℓ
TSS Concentration	430~700mg/ℓ	H R T	1.7hr.

FAC-Bio Film(Fig.-2)에서는 먼저 凝集劑 (Al₂SO₄)注入 후 沈澱槽로 유입시의 T-P의 제거결과를 檢定하기 위하여 Batch 實驗을 행한 결과 凝集劑 注入量이 50mg/ℓ 부근에서 인의 除去効率が 가장 양호하게 나타남을 알수

있었다. 이러한 結果를 이용하여 Clarifier-1에서 排出된 流出水を 急速교반지에서 凝集劑를 50mg/ℓ로 混合한 후 生物막여과탑에 注入시켰다.

이때 處理速度는 30m/day로 運轉하여 放流

하였다. 안정화조-1의 부피는 9ℓ, HRT 4.2hr, DO速度 4.5mg/ℓ 오니반송비는 0.5, MCRT는 3일로 固定시키고 MLSS濃도는 1000~1400mg/ℓ로 유지시켰다. 폭기조-2는

Table 2. Activated Sludge Process Operation Condition

Unit Process & Parameter	Value
AERATION TANK	
Volume	24 ℓ
H R T	3.8hr.
DO Concentration	2mg/1
MLSS Concentration	1500mg/1
Sludge Recycle Ratio	0.5
MCRT	3 day
CLARIFIER-2	
Volume	11 ℓ
H R T	1.7hr.

부피 24ℓ, HRT 3.8hr, DO濃度 2mg/ℓ, 返送 오니비는 0.5, MCRT 3일 固定시켰으며 MLSS濃도는 1500mg/ℓ로 運轉하였다.

분석항목은 COD, SS, NH₄-N, T-P로 限定시켰으며 分析은 Standard Method에 準하여 實施하였다.

Table 3. Bio-film Process Operation Condition

Unit Process & Parameter	Value
Column Size	Φ30×H 230mm
Media	3~5mm
Flow Rate	30m/day
Backwashing Cycle	14~18hr.
Packed Depth	1650mm
Void Ratio	0.5

Ⅲ. 結果 및 考察

流入水 濃度 變化에 따른 除去 效率를 比較하기 위하여 流入 원수 濃度를 COD 128~243mg/ℓ, SS 103~192mg/ℓ로 變化시켰고 NH₄-N, T-P는 各各 8~12, 9~12mg/ℓ로 固定시켰으며 이러한 경우 FAC Process에 의한 1차 處理水의 平均除去率은 流入水 濃度에 따라 다소 差異는 있었지만 COD, SS모두 50~70%를 나타내었다.(Table 4, 5, Fig3, 4) 위와 같은 FAC Process의 檢定 實驗을 거친후 1차 處理水를 활성오니만으로 처리한 것과 1차 처리수에 Alum을 첨가한 후 생물막 여과 실험을 행한 것을 비교 검토한 결과 COD, SS의 平均 除去率은 流入水 濃度에 關係없이 91% 이상의 양호한 처리효율을 나타냈다. 그러나 Table4, 5에서 알 수 있듯이 F. A Process와 FAC-Bio Film에 있어서 처리효율은 NH₄-N의 경우 各各 40%, 95%以上으로 나타났으며 T-P의 경우 10%以下, 55%로 나타났다. 이러한 結果에서 FAC Process의 Bio Film Process를 接目시킴으로서 하수의 2차 處理效果까지 기대 할 수 있을 뿐만아니라 既存의 활성오니법보다 施設 縮小 및 유지 管理에 必要한 動力費도 줄일 수 있기 때문에 FAC-Bio Film은 활성오니법보다 經濟적이고 效率적인 Process임을 본 연구를 통하여 알 수 있었다.

Ⅳ. 結 論

人工 下水를 원수로 使用하여 實驗한 F. A Process와 FAC-Bio Process를 比較 實驗한 結果로 부터 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다.

1) 檢證 實驗을 통해 나타났듯이 FAC Process를 이용한 1차 處理의 경우 저농도 下水 處理에 매우 效果의이며 放流水域의 自淨 能力을 고려하면 單獨 處理도 可能함을 알 수 있었다.

2) F. A Process와 FAC-Bio Film Process

Table 4. Fac-Bio Film Process Operation Condition

Parameter		Inf. mg/ℓ	Eff.-1 mg/ℓ	Removal %	Eff.-2 mg/ℓ	Removal %
RUN 1	TCOD	138 127~147	41 36~45	70	11.5 9~14	92
	TSS	111 103~120	33 29~41	70	9 7~11	93
	NH ₄ -N	10.18 8.7~11.6	9.76 7.9~10.1	4.2	0.45 0.3~0.6	95.67.6
	T-P	10.08 9.3~11.2	9.48 8.9~10.8	6	5.28 4.5~6.1	47.6
RUN 2	TCOD	206 179~232	92 83~107	55	18 13~22	91
	TSS	177 159~194	81.8 64~99	54	10 7~13	94
	NH ₄ -N	10.8 9.9~11.8	9.9 9.2~11	8.3	0.46 0.4~0.6	95.8
	T-P	10.9 9.8~11.7	10.4 9.1~11.0	4.7	5.64 4.5~6.1	48.3

Table 5. F. A Process Operation Condition

Parameter		Inf. mg/ℓ	Eff.-1 mg/ℓ	Removal %	Eff.-2 mg/ℓ	Removal %
RUN I	TCOD	142 128~153	42 38~47	70	11 9~12	93
	TSS	108 97~118	32 27~38	70	9 7~10	92
	NH ₄ -N	9.74 8.4~11.2	8.62 7.8~10.1	8.9	6.1 5.3~6.9	35.6
	T-P	10.06 9.0~11.2	9.77 8.8~10.7	2.9	9.12 8.4~10.0	9.3
RUN II	TCOD	200 156~243	77 59~103	62	14 11~22	93
	TSS	168 156~243	75 59~103	56	11 10~14	94
	NH ₄ -N	11.06 9.8~11.9	10.23 9.4~10.9	7.4	6.31 5.3~7.0	42.9
	T-P	11 10.4~11.8	10.8 10.2~11.6	2	9.94 9.3~10.8	9.6

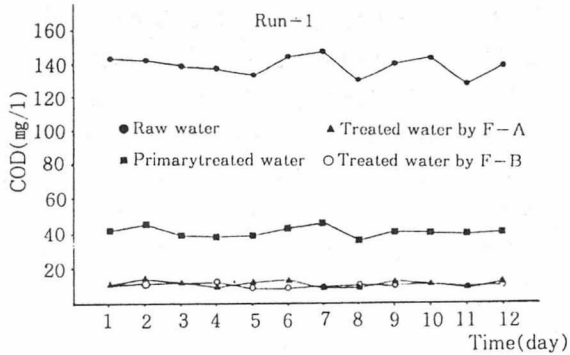


Fig. -3 Effects of FAC-Bio Film process and F-A process for COD removal by FAC treated water

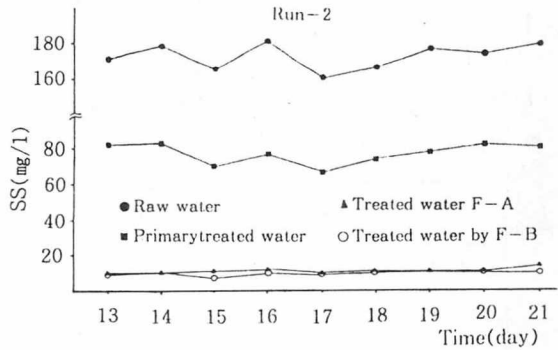


Fig. -6 Effects of FAC-Bio Film process and F-A process for SS removal by FAC treated water

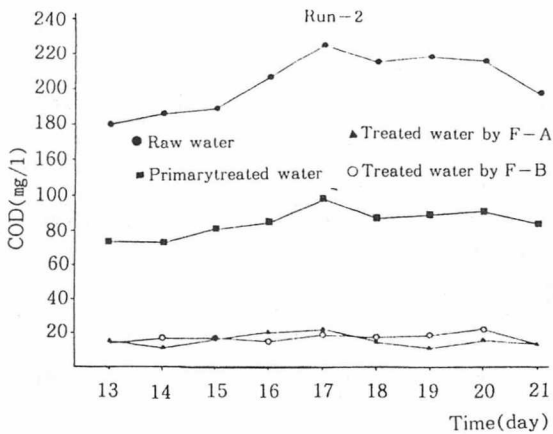


Fig. -4 Effect of FAC-Bio Film process and F-A process for COD removal by FAC treated water

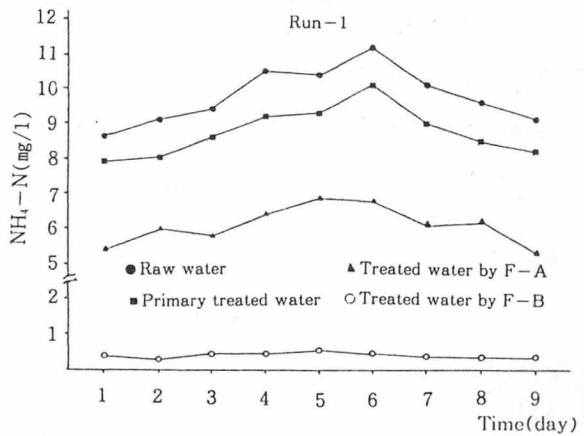
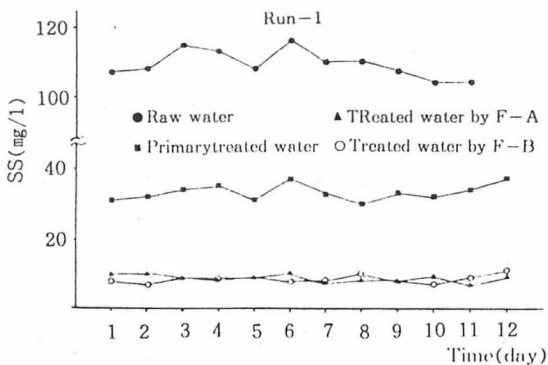
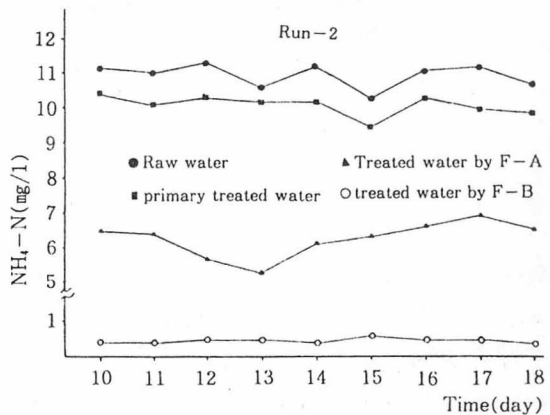
Fig. -7 Effects of FAC-Bio Film process and F-A process for $\text{NH}_4\text{-N}$ removal by FAC treated water

Fig. -5 Effect of FAC-Bio Film process and F-A process for SS removal by FAC treated water

Fig. -8 Effects of FAC-Bio Film process and F-A process for $\text{NH}_4\text{-N}$ removal by FAC treated water

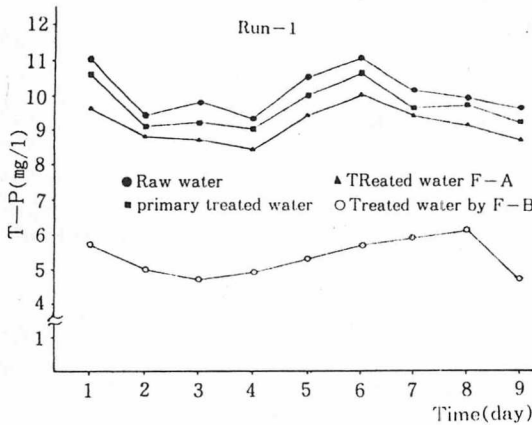


Fig.-9 Effects of FAC-Bio Film process and F-A process for T-P removal by FAC treated water

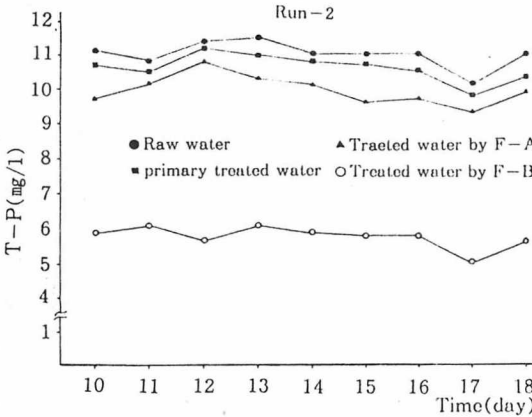


Fig.-10 Effects of FAC-Bio Film process and F-A process for T-P removal by FAC treated water

를 比較 실험한 결과 FAC-Bio Film Process 가 더욱 經濟的이고 流入 下水의 濃度 變化에 관계없이 平均 除去率이 COD, SS 모두 91% 以上, NH₄-N는 95% 以上 TP는 50%로 나타 났다. 따라서 이러한 결과로부터 處理機能이 매우 안정된 狀態임을 알 수 있었다.

3) 고농도 下水處理의 경우에도 FAC Process를 導入하여 2차 處理施設로써 Bio-Film Process와 접촉시킨 FAC-Bio Film Process는 활성 오니법의 短點을 충분히 보완하고 NH₄-

N TP까지 除去할 수 있는 2차 處理施設로서 도 經濟的인 Process임을 알 수 있었다.

4) 今後의 研究에서는 FAC-Bio Film Process의 實用化를 위한 實際 下水를 이용하여 變수 상호간의 最適關係를 導出하여 실제 설계시 적용하게 함과 동시에, FAC Process를 이용한 새로운 수처리 System開發에 注力할 것이다.

참고문헌

1. 姜龍太, 柳在益, "FAC Processにおいて蓄積再生 MODEL의 適用," 日本水道協會 下水道 研究 發表 講演集, pp. 182-184, 1988.
2. 柳成龍, "FAC Process에 의한 下水處理에 관한 研究" 東亞大學校, 碩士學位 論文 1988.
3. 姜龍太, "F. A Process에 의한 下水 處理에 관한 研究" 大韓土木學會 1989.
4. D. Jenkins, Kang Yung-Tae, "The Floccuration, Aeration, Clarification(FAC) Process—a novel method for the partial treatment of sewage and upgrading of existwing treatment plant performance" Water Resource Center University of California. 1986.
5. Laura M. Gray, "New Plant Provides a Unique Opportunity" Water Environment & Technology February 1990.
6. Sanjoy Chandra, R. O. Mines, J. H Sherrard" Evaluation of Oxygen Uptake Rate as an Activated Sludge Process Control Parameter" WPCF Volume 59. December 1987.
7. 松尾吉高, 山本文宣 "嫌氣 好氣 活性汚泥法における 亞硝酸 蓄積型 硝化의 實現とその 生物學的 리ソ除去への 影響" 日本 下水道協會誌 1989. 10.
8. 川田賢治, 山口孝一, "下水中の 리ソ除去 實驗 事例 報告, 日本上下水道設計誌

9. Glen T. Daigger, Millard H. Robbins, Jr. "The Design of a Selector to Control Low-F/M Flamentous Bulking" Journal WPCF Mar. 1985.
10. B. Bunch, D. M. Griffin. Jr. "Rapid Removal of colloidal Substrate from Domestic Waste-water" Journal Nov. 1987.
11. Hsuan-Hsien Yeh. Kno-Lin Huang, "The Optimization of Pretreatment for Direct Filtration" WATER NAGOYA 89, ASPAC IWSA.
12. 玄吉秀 "生物膜 濾過 裝置의 最適設計 및 逆洗에 관한 研究" 東亞大學校 碩士 學位 論文 1988.
13. 金泳珍 "生物膜 濾過에 의한 下水 源水 處理 特性" 동아대학교 碩士 學位 論文 1989.

