

기존 하수처리장에서의 처리효율 개선에 관한 연구

안철우 · 박진식* · 문추연*

동아대학교 환경공학과, 경운대학교 환경공학과*

A Study on the improvement of treatment efficiency in a conventional sewage treatment plant

Chul-Woo Ahn · Jin-Sick Park* · Choo-Yeun Moon*

Dept. of Environmental Engineering, Dong-A University

*Dept. of Environmental Engineering, Kyungwoon University**

Abstract

In this study, sewage were treated with operating Two-step Aeration System and conventional activated sludge process together in a condition. At the same HRT 8hr of Two-step Aeration System and Activated Sludge Process, BOD treatment efficiency of 1st sedimentation basin effluent 36.9% by Two-step Aeration System was 12.3% higher than 24.6% by Activated Sludge Process and the COD treatment efficiency 39.8% by Two-step Aeration System was 11.6.3% higher than 28.2% by Activated Sludge Process. BOD and COD treatment efficiencies of 2nd sedimentation basin effluent were 88.1% and 85.6% Two-step Aeration System and were 83.8% and 82.3% Activated Sludge Process. In the first treatment, as BOD was relatively removed a lot, F/M ratio 0.17, 0.21 · BOD/kg · MLSS.d was maintained by Activated Sludge Process. Therefore it was proved that organic matter treatment efficiency by Two-step Aeration System is Higher than by Activated Sludge Process in a aeration time 8hr. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ treatment efficiencies were 55.5% by Two-step Aeration System and 39.7% by Activated Sludge Process. $\text{NO}_3^-\text{-N}$ concentration in 2nd. sedimentation basin effluent were 3.33% by Two-step Aeration System and 2.36% by Activated Sludge Process. From this result, Two-step Aeration System was proved more advantageous treatment process for nitrification than Activated Sludge Process. The fluctuation range of BOD, COD and SS concentration in 2nd sedimentation basin effluent 16~33mg/ℓ, 15~23mg/ℓ and 14~22mg/ℓ by Two-step Aeration System was smaller than 16~57mg/ℓ, 15~25mg/ℓ by Activated Sludge Process. Overall the fluctuation range in 2nd sediment basin effluent by was smaller than by Activated Sludge Process. As a result, it is possible for this Two-step Aeration with no facility investment and a little of operation condition change in a conventional sewage treatment plant to get stability and nitrification of treatment water quality.

Key words : Two-step Aeration System, Activated Sludge Process, organic matter nitrification, sewage treatment plant

I. 서 론

최근에 나타난 급격한 인구증가와 도시화 및 산업화는 각종 오염물의 배출을 증가시켜 이를 수용하는 하천, 호소 등 공공수역의 수질을 오염시키고 수자원으로서의 가치를 떨어뜨리는 요인으로 작용하고 있다. 수질오염을 방지하고 귀중한 수자원을 유지, 보전하는 단순하고도 확실한 방법은 생활하수, 분뇨, 산업폐수 등을 적절히 처리하여 오염부하량을 대폭 감소시킨 후 방류하는 것이다.

1998년말 현재 국내 76개 지역의 114개의 처리장에서 16,616천m³/d의 하수를 처리중이며, 이에 따른 하수도 보급률은 66%에 달하고 있으며, 앞으로 2005년까지 하수도보급률을 80%까지 향상시킬 목적으로 총 315개소의 처리장에서 30,359천m³/d의 하수를 처리할 계획이다.¹⁾

일반적인 하수처리 방법으로는 크게 생물학적, 물리적, 화학적방법으로 나눌수 있으며, 이 중 생물학적 처리방법이 처리효율 및 경제적인 측면에서 가장 널리 이용되고 있다. 생물학적 처리방법은 미생물의 종류에 따라 혐기성 처리법과 호기성 처리법으로 나눌 수 있는데 도시하수의 경우 호기성 처리법이 주종을 이루고 있다.

국내 하수처리장에서 적용하고 있는 생물학적 처리공정은 전국의 114개 하수처리장의 약 74%에 달하는 84개소에서 표준활성슬러지법을 적용하고 있다. 그러나 표준활성슬러지법은 BOD, SS등의 유기오염물질의 제거에는 효과를 보이고 있지만 T-N, T-P등 영양염류의 제거효율은 높지 않아 호소나 하천에서의 부영양화 및 연안해역의 적조 발생 빈도를 증가시키고 있다.²⁾

하수처리장 건설초기에는 합류식 하수관거 및 정화조 등으로 인한 낮은 유입수질로 하수처리에 어려움이 있었으나 점차 이들이 정비되고, 또 분류식 하수관거가 설치되어 생활하수가 정화조나 오수정화시설을 거치지 않고 바로 유입되는 경우에는 처리효율의 고도화와 방류수질의 변동폭을 줄일 수 있는 안정화 대책이 필요하다. 동시에 정부에서는 1996년부터 하수처리장 방류수중의 영양염류를 규제하고 있는 실정이며, 앞으로 규제가 더욱 강화되어질 전망이므로 기존 하수처리장 시설의

개선 및 보완문제가 요구될 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 염색폐수, 제지폐수, 피혁폐수 등의 고농도오염폐수처리에 있어 공정의 안정성 및 처리효율의 우수성이 보고되었을 뿐만 아니라 새로운 처리시설의 추가나 증설 없이 기존의 시설에서 간단한 배관의 변동만으로 기존 하수처리장의 개선이 가능한 2단 폭기방식인 AB-Process³⁻⁵⁾와 표준활성슬러지법의 유기물 처리효율과 질산화율을 비교·검토함으로써 기존 하수처리장의 처리효율 개선을 도모하고자 한다.

II. 실험

1. 실험장치 및 시료

본 실험에 사용된 표준활성슬러지법 및 2단 폭기법 실험장치를 Fig. 1에 나타내었다. 실험장치는 10mm 두께의 투명한 아크릴판으로 제작하였으며, 침사지(1단계 폭기조), 1차침전조, 2단계 폭기조, 2차침전조로 구성되었다.

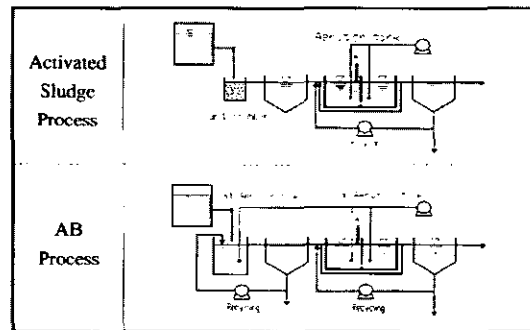


Fig. 1. Schematic Diagram of experimental apparatus

침사지(1단계 폭기조), 1차침전조, 2단계 폭기조 및 2차침전조의 용량은 각각 1ℓ(1단계 폭기조 : 10ℓ), 40ℓ, 160ℓ, 60ℓ로 하였고, 1단계 폭기조와 2단계 폭기조의 공기공급을 위하여 조 하부에 산기석을 설치하였고, 정량펌프를 이용하여 1차침전조와 2차침전조에서 1단계 폭기조와 2단계 폭기조로 슬러지 반송이 이루어지도록 하였다. 또한 적절한 온도의 유지를 위하여 조 내부에 Heater를 설치하였다.

2단폭기방식의 운전시 1차침전조에서 침전슬러지를 반송하여 1단계 폭기조의 MLSS농도가 600~800mg/l를 유지하도록 하였다. 각 폭기조내의 산소공급은 1단계 폭기조에서 DO가 0.1mg/l 이하의 상태가 되도록 하였고, 2단계 폭기조에서는 2mg/l 이상 유지되도록 하였다. 2단계 폭기조내의 온도는 20~25℃를 유지하였고, 2단계 폭기조의 MLSS농도를 2,500mg/l로 유지하기 위하여 2차침전조에서 슬러지를 반송하였으며 표준활성슬러지법 및 2단폭기방식 모두 F/M비 0.2, HRT 8hr으로 운전하였다.

본 실험에 사용된 시료는 하수처리장으로 유입되는 하수를 채취하여 사용하였으며, 본 실험기간 동안 조사되어진 시료의 성상은 Table 1과 같다. Table 1에 의하면 원수의 BOD는 195~310mg/l의 범위로 평균 246mg/l로 나타났으며, COD는 94~146mg/l의 범위로 평균 121mg/l로 조사되었다.

Table 1. The Characteristics of influent raw water

Item	pH	BOD (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	SS (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
Min.	6.6	195	94	176	18.92	1.84
Max.	7.8	310	146	295	29.94	2.67
Ave.	7.2	246	121	242	23.34	2.27

III. 결과 및 고찰

1. 유기물(BOD, COD) 처리효율 비교

본 실험기간에 Pilot에 유입된 원수의 성상을 살펴보면 BOD의 경우 195~310mg/l, COD 94~146mg/l로 나타났으며, 1차침전조 유출수에서 평균 BOD 농도는 2단 폭기법과 활성슬러지법이 각각 135mg/l, 161mg/l였고, 평균 COD 농도는 각각 76mg/l와 91mg/l였다.

Fig. 2와 Fig. 3에 나타난 바와 같이 1차 침전처리 한 후의 BOD 평균 농도 및 처리효율은 2단 폭기법의 1차침전 처리수의 BOD 농도 135mg/l, 처

리효율 36.9%로 활성슬러지법의 BOD 농도 161mg/l, 처리효율 24.6%보다 12.3% 높게 나타났고, COD의 농도 및 처리효율은 2단 폭기법이 COD 농도 76mg/l, 처리효율 39.8%로 활성슬러지법의 COD 농도 91mg/l, 처리효율 28.2%보다 11.6% 높게 나타났다. 이와 같은 결과로 볼 때 2단 폭기법의 경우 1차 처리를 거치는 동안 Procaroyotes계 저급 미생물의 응집·흡착으로 인한 높은 유기물 처리효율을 얻을 수 있는 것으로 나타났다으며, 이것은 Böhnke⁶⁻⁹⁾에 의하여 보고된 내용과 동일한 것으로 나타났다.

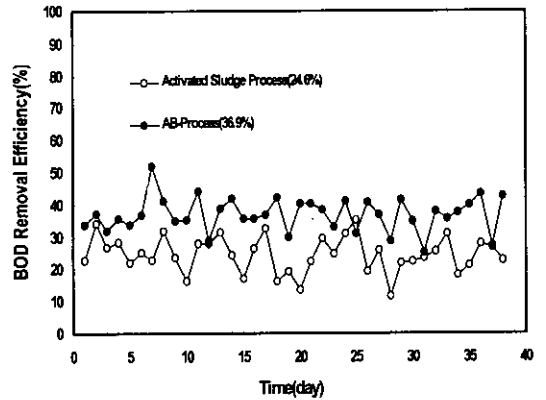


Fig. 2. BOD Removal Efficiencies of 1st. treatment during operation period.

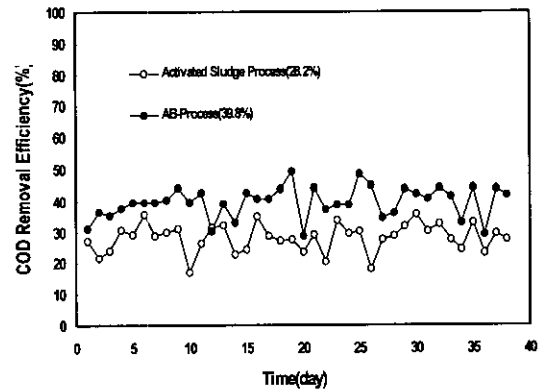


Fig. 3. COD Removal Efficiencies of 1st. treatment during operation period.

Fig. 4와 Fig. 5에서 나타난 바와 같이 2차침전조 유출수의 BOD, COD 처리효율은 2단 폭기법에

서 BOD농도 25mg/ℓ로서 처리효율 88.1%로 나타났으며, COD농도 18mg/ℓ로서 85.6%의 처리효율을 보였다. 그리고 활성슬러지법에서는 BOD농도 35mg/ℓ로서 처리효율 83.8%로 나타났으며, COD농도 22mg/ℓ로서 82.3%의 처리효율을 나타내었다. 전체적인 유기물 처리효율에서 2단 폭기법과 활성슬러지법의 차이는 1차 처리에서처럼 크지 않으나, 안정된 유출수를 얻기 위해서는 2단 폭기법이 적절한 것으로 사료된다.

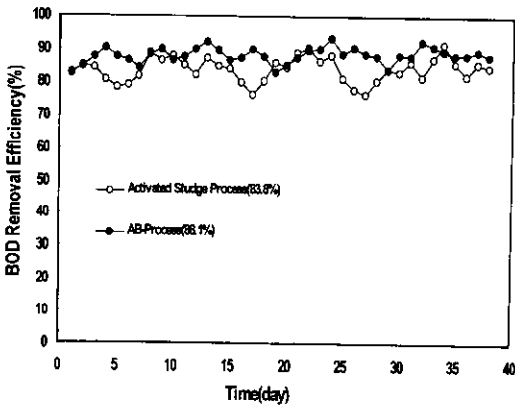


Fig. 4. BOD Removal Efficiencies of 2nd. treatment during operation period.

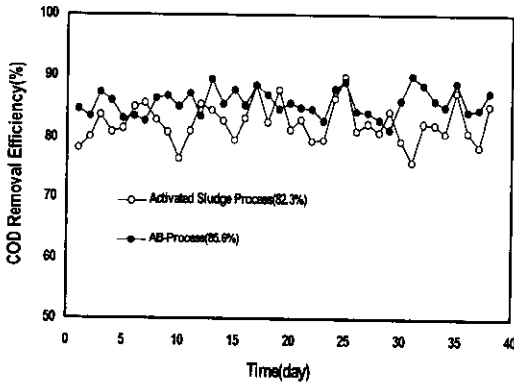


Fig. 5. COD Removal Efficiencies of 2nd. treatment during operation period.

폭기조에서의 F/M비가 Fig. 6에 나타나 있다. Fig. 6에 의하면 2단 폭기법의 경우 1차 처리에서 BOD가 상대적으로 많이 제거됨으로서 2단계 폭기

조에서의 F/M비는 0.11~0.17kg·BOD/kg·MLSS·d로 유지되었고, 반면에 활성슬러지법은 폭기조의 F/M비가 0.17~0.21kg·BOD/kg·MLSS·d로 유지되었기 때문에 동일한 체류시간인 8hr에서는 2단 폭기법이 폭기시간이 이로 같은 활성슬러지법보다 높은 유기물 처리효율을 얻을 수 있는 것으로 사료된다. 또한 이와 같은 결과는 Imhoff⁶⁾ 등에 의해 보고된 하수처리에 있어 F/M비가 커짐에 따라 BOD분해율도 저하된다는 내용과 일치하는 것으로 나타났다.

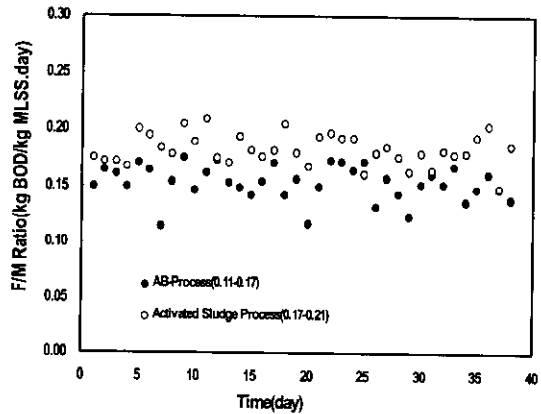


Fig. 6 F/M Ratio of aeration basin

2. 질산화 및 NH₄⁺-N의 처리효율 비교

실험기간 동안 유입수의 평균 NH₄⁺-N 농도는 23.3mg/ℓ였고, 농도범위는 18.9~29.9mg/ℓ였다. Table 2.에는 2단 폭기법의 2단계 폭기조와 활성슬러지법의 폭기조 운전인자를 비교하여 나타내었다. 하천이나 호소의 부영양화 제한인자로 작용하는 질소성분을 제거하기 위해서는 질산화가 선행되어야 하는데 Table 2.에서 알 수 있는 바와 같이 2단 폭기법의 2단계 폭기조에서의 F/M비의 범위는 0.11~0.17로 나타나 Imhoff에 의해 제안되어진 질산화가 일어나기 위한 적정 F/M비 0.15이하를 충족함에 따라 하수중의 질소성분 제거를 위한 질산화의 진행에 있어 활성슬러지법의 폭기조보다 크게 유리한 것으로 판단된다.

Table 2. Operation Factor of AB-process & Activated sludge process

Operation Factor	AB-process	Activated Sludge process
BOD/NH ₄ -N	3.9 ~ 9.0	5.4 ~ 11.2
F/M Ratio	0.11 ~ 0.17	0.17 ~ 0.21

2차침전조 유출수의 NH₄⁺-N의 농도는 2단 폭기법과 활성슬러지법에서 각각 10.51mg/l, 14.20mg/l로 나타났으며, 실험기간동안의 NH₄⁺-N 처리효율이 나타나 있는 Fig. 7에 의하면 2단 폭기법에서 NH₄⁺-N 처리효율은 55.5%로 활성슬러지법에서의 NH₄⁺-N 처리효율 39.7%보다 15.8% 높은 것으로 나타났다.

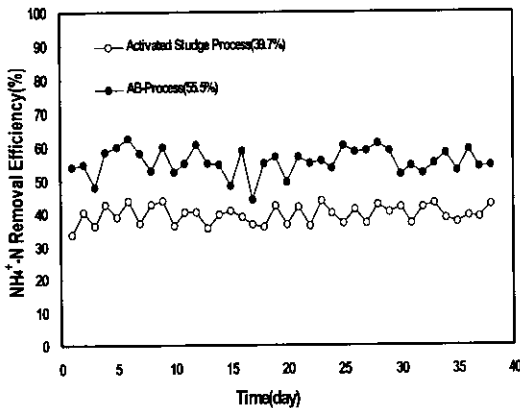


Fig. 7. NH₄⁺-N Removal Efficiencies during operation period

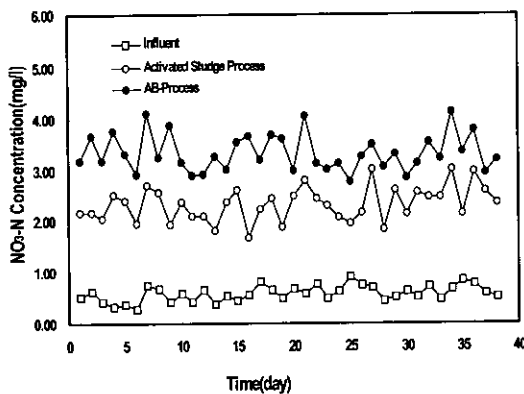


Fig. 8. Influent and Effluent NO₃⁻-N Concentration during operation period

반면에, 2차침전조 유출수 중 NO₃⁻-N 농도는 Fig. 8에서 나타난 바와 같이 2단 폭기법에서 3.33 mg/l로 활성슬러지법의 2.36mg/l보다 높은 것으로 나타나 2단폭기법에서의 질산화율이 높은 것으로 나타났다. 따라서 2단 폭기법은 기존 하수처리장에서 별도의 시설투자 없이 약간의 운전조건 변경만으로 탈질화를 위한 충분한 질산화를 일으킬 수 있는 Process로 사료된다.

3. 인산염 인(PO₄⁻-P)의 처리효율 비교

유입수의 성상을 살펴보면 평균 PO₄⁻-P의 농도는 2.27mg/l이며, 그 범위는 1.84~2.67mg/l로 나타났다. Fig. 9에서 나타난바와 같이 2단 폭기법의 PO₄⁻-P 처리효율은 32.4%로 활성슬러지법의 PO₄⁻-P 처리효율 29.6%와 비교해 볼 때 비슷한 효율을 나타내고 있어 2단 폭기로 인한 PO₄⁻-P의 처리효율 상승은 관찰되지 않았다. 이것은 2단 폭기법의 경우, 1단계 폭기조에서 BOD 제거와 함께 세포합성으로 인한 인의 제거가 이루어지지만 폭기조로 유입되는 BOD부하가 낮으므로 폭기조에서 미생물의 인 흡수속도가 느려져서 전체적으로 활성슬러지법과 PO₄⁻-P처리효율이 비슷한 것으로 사료된다. 따라서 금후 경제적인 인 제거에 대해 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

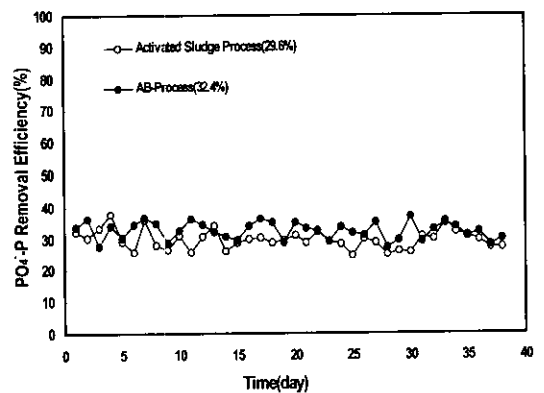


Fig. 9. PO₄⁻-P Removal Efficiencies during operation period

4. 처리수질의 안정화 비교

2단 폭기법과 활성슬러지법에서 2차침전조 유출

수의 BOD, COD, SS농도를 비교해 보면 Fig. 10과 같다. Fig. 10에 의하면 2단 폭기법은 2차침전조 유출수의 BOD농도가 16~33mg/l로, 활성슬러지법의 2차침전조 유출수 BOD농도 16~57mg/l보다 변동 폭이 적은 것으로 나타났으며, COD와 SS의 경우에도 2단폭기법이 각각 15~23mg/l, 14~22mg/l인데 반하여 활성슬러지법은 15~38mg/l, 15~25mg/l를 나타내고 있어, 전반적으로 2단 폭기법의 2차침전조 유출수가 활성슬러지법보다 변동 폭이 적은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 볼 때 2단 폭기법을 이용하여 하수를 처리할 경우 활성슬러지법보다 안정된 처리수질을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

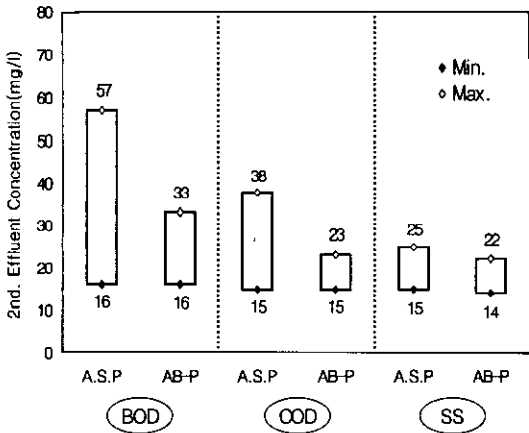


Fig. 10. Change Range of Effluent Concentration during operation period

IV. 결 론

본 연구에서는 새로운 처리시설의 추가나 증설 없이 기존의 시설에서 간단한 배관의 변동만으로 기존 하수처리장의 개선이 가능한 2단 폭기방식과 표준활성슬러지법을 비교·검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 2단 폭기법과 활성슬러지법의 HRT를 동일하게 8hr으로 하였을 때, 2차침전조 유출수의 BOD, COD 처리효율은 2단 폭기법에서 BOD 88.1%, COD 85.6%의 처리효율을 보였고, 활성슬러지

법에서는 83.8%, 82.3%의 처리효율을 나타내었는데, 이는 2단 폭기법의 경우 2단계 폭기조에서의 F/M비가 0.11~0.17로 활성슬러지법 폭기조의 F/M비 0.17~0.21보다 낮게 유지되었기 때문으로 사료된다.

2. NH₄⁺-N 처리효율은 2단 폭기법에서 55.5%로 활성슬러지법의 39.7%보다 15.8% 높은 것으로 나타났으며, 2단 폭기법의 PO₄⁻-P 처리효율은 89.3%로 활성슬러지법의 PO₄⁻-P 처리효율 29.6%와 큰 차이를 나타내지 않았다.
3. 2단 폭기법의 2차침전조 유출수 BOD, COD, SS 농도의 변동폭이 활성슬러지법보다 적은 것으로 조사되어 보다 안정된 처리효율을 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

따라서 기존의 하수처리장에서 별도의 시설 투자 없이 약간의 운전조건 변경만으로 설치 가능한 2단 폭기법을 이용하여 생활 하수를 처리할 경우, 처리수질의 안정화와 질산화를 달성할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. N. N. : 환경백서, 환경부, 1999
2. N. N. : 2000 환경산업총람, 환경관리연구소, 2000
3. 지기원 : 2단폭기방식에 의한 제지폐수처리 효과분석, 동아대학교 환경문제 연구소 연구보고 제13권 제1호, pp. 131-146, 1990
4. 정익상 : 2단폭기에 의한 피혁폐수 처리연구, 석사학위논문, 동아대학교, 1990
5. 안중수 : 2단폭기방법에 의한 염색폐수처리, 석사학위논문, 동아대학교, 1987
6. Böhnke : Leistungssteigerung und Energiekostensenkung. durch Einsatz Mohrstufiger Biologischer Verfahren seminar 2, RWTH, Aachen. 1981
7. Böhnke. B. : Gewassenschutz und Gesetzgebung und Ihre Aus-wirkungen aufdie Auslegung komm Nasler klaranlagen KA 281, 1980
8. Böhnke, B. : Das A-B Verfahren Zur Biologi-

- schen ABwasserringung, RWTH, Aachen, 1987
9. Böhnke. B. : Erfahrungen ans aweistufigen Wersachsenanlagen und Folgerungen fuer die Verfahrenstechnik korrespondenc Abwasser, Vol. 27. No. 3, 1980
10. Imhoff : “하수도·폐수처리 핸드북, 녹원출판사, p 159, 1982