



자율적 환경관리를 위한 환경경영기술 (9)



서울시 수도기술연구소 기술개발부장 이규성 박사

④ 원수의 수질변화

실험기간 중 원수의 BOD₅의 평균 농도는 평균 82.8mg/L이었고, 최소 31.5mg/L에서 최대 144mg/L로 겨울철인 1월 31일, 2월 29일에는 38mg/L, 31.4mg/L로 낮은 농도를 나타내었으며, 그 외는 전반적으로 비슷한 농도를 나타내었다. COD_{Mn}의 평균 농도는 40.4mg/L이었고, 최소 15.4mg/L에서 최대 68mg/L로서 1월과 2월이 전반적으로 낮았으며, 그 외는 비슷한 경향을 보였다. BOD₅ 농도가 낮다고 해서 이에 비례해 COD_{Mn} 농도가 낮아지게 되는 상관성이 없으며, 본 유입수에서는 COD_{Mn} 농도가 BOD₅ 농도 보다 낮은 경향을 보였다. 원수에 포함된 부유물질의 평균 농도는 87.1mg/L이었고, 최소 24.6mg/L에서 최대 196mg/L로서 농도 분포의 폭이 넓으나 겨울철인 1월과 2월에 각각 24.6mg/L와 28.4mg/L로 아주 낮았다. 또한 총 질소의 평균 농도는 평균 21.9mg/L이었고, 최소 14.1mg/L에서 최고 33.9mg/L로 나타났

으며, 총 인의 평균 농도는 2.65mg/L이었고, 최소 1.43mg/L에서 최고 4.66mg/L로서 공히 월별에 관계 없이 비슷한 농도 분포를 가져 매우 흡사한 연관성을 나타내었다.

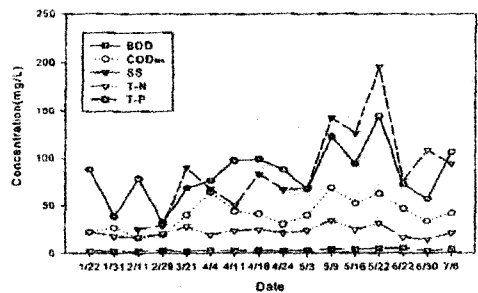


Fig.2 variation of water quality for inflow sewage.

연속 회분식 활성오니법의 운전 조건은 주기는 batch 식으로 운영하여 유입하수의 BOD₅, N과 P의 오염 부하에 크게 영향을 받는다. 부하가 낮으면, 한 주기 운전 시간이 4시간 소요되며, 부하가 높으면 6시간 정도



로 운영하여야 한다.

한 주기가 6시간일 경우에 총 호기성 조건은 100분 이고, 총 혐기성 조건은 85분 정도가 소요되는데, 유입은 총 90분으로 무산소 30분, 혐기 25분, 호기 35분, 반응은 무산소 55분, 혐기 60분, 호기 65분, 총 180분이 소요되며, 침전은 40분, 배출은 40분과 휴지는 10분으로 1일 4주기씩 연속 운영하였으며 그 결과를 Table4에 나타내었다.

Table4. variation of operating condition during cycle

구분	30분	25분	35분	55분	60분	65분	40분	40분	10분
운영조건	무산소	혐기	호기	무산소	혐기	호기	침전	배출	휴지
소요시간	유입(90분)			반응(180분)					

각 공정별 유기물질, 질소와 인의 제거 효율을 알아보기 위해서 각 경과시간에 따른 운전 조건별 원수를 2000년 7월 12일 12시 15분에 SBR 반응조에 유입시켜서 한 주기를 실험한 결과 무산소, 혐기, 호기 90분 동안 유입하면서 무산소 30분, 혐기 60분, 호기 35분, 무산소 25분, 호기 30분 동안 실시한 후 40분 동안 포기를 중단하고 침전으로 고액 분리하여 잉여 슬러지를 침전시킨 후 40분간 처리수를 배출시켰다. 이때 각 운전모드별 유입수와 유출수의 용해서 유기물질(COD_{Cr}),과 NO₃-N, PO₄-P를 정량분석하여 Table5에 나타내었다.

Table5에 나타냈듯이 COD_{Cr}의 경우 총 유입 시간이 90분 중 무산소 30분 경과시 반응조내에 COD_{Cr}은 21mg/L로 높았으며, 이후에는 농도가 계속 낮아지는 현상을 보였다. 이는 유입수 농도와 반응조내 농도가 차이가 많은 것은 1차적으로 회석에 의해 농도가 낮아지는 것으로 사료된다. 또한 유입이 계속되는 동안 반응조내 COD_{Cr} 농도가 낮아지는 것은 유기물질들이 미생물과 흡착하여 일부가 제거되는 것이라 판단된다. 1호기 단계와 반응과정의 무산소 단계 이후에 거

의 일정한 농도를 나타내 주며 COD_{Cr}가 상당부분 제거되는 된 것은 유입 농도가 낮을 경우 처리시간을 한 주기 6시간 보다 단축해도 된다는 것을 의미하는 것으로 보여진다.

NO₃-N의 경우 유입수 중 질산성 질소 농도가 3.1mg/L로 높은 편이나 유입초기 혐기, 무산소 단계에서 유입하수를 탄소원으로 하여 탈질반응이 일어나서 반응조내에 질산성질소 농도가 1.2~0.9mg/L로 계속 낮아지는 것으로 사료되며 이는 탈질반응은 대부분 유입과정에서 이루어지는 것으로 보여진다. 그 이후 1호기 단계에서 유입하수 중 질산성 질소 유입에 의한 것과 암모니아성 질소의 질산화에 의해 질산성 질소 농도가 증가하였다. 반응과정의 무산소 단계에서 일부 탈질반응에 의해 질산성질소 농도가 낮아지는 것으로 나타났으며, 호기단계에서는 다시 3.0mg/L까지 질산화 반응에 의해 질산성질소 농도가 증가함을 알 수 있다. 이는 혐기, 무산소, 조건에서는 탈질이 일어날 것으로 보이며 호기성 조건에서는 질산화가 일어난 것을 알 수 있다.

반응과정에서 더 많은 질산성질소를 탈질시켜 제거하기 위해서는 반응초기나 증반 무산소 단계에서 탄소원을 보충해 중 탈질율을 높이거나 반응과정 이후에 무산소 기간을 길게 설정하여 내생탈질을 유도하도록 하여야 한다.

Table 5. variation of effluent water quality during cycle

경과시간	소요시간	조건	COD _{Cr}	NO ₃ -N	PO ₄ -P	
0	유입 (90분)	유입	49	3.1	1.9	
30		무산소30분	21	1.2	1.8	
55		혐기25분	17	0.9	1.7	
90		호기35분	17	2.3	1.6	
130	반응 (180분)	무산소30분	11	1.8	1.8	
160		혐기60분	12	2.0	1.7	
190		호기35분	12	3.0	1.3	
225		무산소25분		11	2.3	1.5
250				12	3.0	1.3
260				12	3.0	1.3
290	침전	침전40분	12	2.7	1.3	
330	방류	방류40분	13	2.8	1.3	



PO₄-P 변화의 경우 유입수 중 PO₄-P 농도가 1.9mg/L로 높은 편이나 반응조내에 유입후에는 희석에 의해 PO₄-P 농도가 무산소 단계 후에도 1.7mg/L로 크게 증가하지 않은 것으로 나타났으며, 또한 무산소 및 혐기 단계에서 약간의 인 방출이 일어난 것으로 볼 수 있으며 인방출은 질산성 질소에 의해 방해 받은 것으로 질산성질소가 일부 제거된 이후에 일어날 것으로 판단 되어진다. 유입과정의 호기단계부터 인 과잉섭취가 이루어져 1.3mg/L까지 PO₄-P 농도가 낮아졌으며 이후에는 농도 변화가 없는 것으로 나타났다. 또는 침전 및 방류과정에서도 인 방출은 없는 것으로 나타났다. 이는 반응조내에 ORP의 변화가 인 방출에 필요한 범위까지 낮아지는데 시간이 충분하지 못했으며 유기 탄소원을 대부분 소비한 이후이기 때문에 인 방출에 필요한 탄소원을 얻지 못했기 때문인 것으로 판단 된다.

여기서 알 수가 있듯이 운전모드를 변화시키면서 전환 경우 호기성 조건에서는 COD_{cr}, NO₃-N농도가 약간 증가하였으나, 무산소 및 혐기 조건에서는 약간 감소한 것으로 나타났다. 이는 호기성 세균이 하수속의 유기물질 중 고분자성 유기물질을 저분자성 생물학적 분해가 가능한 용해성 유기물질로 변화되었고, 총 질소는 대부분이 유기질소이어서 질산화되어 증가된 것으로 사료된다.

NO₃-N는 초기 운전시에 무산소 및 혐기성 조건에서는 낮은 농도로 감소하다가 조금씩 호기성 조건으로 되면서 증가하는 경향을 보였다. 이는 nitroacter의 활성도가 커서 NO₃-N으로 산화된 것으로 사료된다. 또한 PO₄-P은 유입 초기부터 반응 단계까지 계속해서 조금씩 감소된 것은 혐기성 조건에서 PHB형태로 저장하고, 호기성 조건에서는 과잉으로 섭취하기 때문으로 판단된다.

K시 하수종말처리장에서 유입된 하수를 원수로 하여 연속 회분식 활성오니법에 따른 SBR 단일 반응조에

서 1일 100m³의 규모의 유입수를 대상으로 처리효율을 알아보았다. 본 실험의 운전조건은 1batch의 운전 시간을 한 주기 6시간으로 실험하였으며, 이는 예비 실험의 통한 1일 20L용량의 lab scale 실험을 실시한 결과를 토대로 모형 실험장치의 운전조건을 선정하였다. K시 하수종말처리장에 1일mg/L100m³의 처리능력을 갖춘 SBR 단일반응조의 유입수와 유출수에 대해 실험한 결과를 Table10에 정리하였다.

⑤ BOD₅(Biochemical Oxygen Demand)의 제거 효과

Fig. 3은 유입하수의 BOD₅ 농도를 수질오염공정시험 방법에 의거하여 분석한 결과이며 BOD₅ 유입 농도 범위는 31.4, -144mg/L 평균 농도값은 82.8mg/L이었다. 유입수는 전 처리된 후 유량 조정조에서 접수된후 SBR 단일반응조에 유입되는 하수의 농도값이다. 이러한 유입수를 SBR 단일반응조에 유입하여 연속회분식으로 분석한 결과 유출수의 수질은 2~11.7mg/L이었으며, 평균 농도값은 5.3mg/L로 최대 97.0% 이상의 재겨울을 보였다. 이는 표준활성슬러지법에 의한 평균 제거율 90.0%보다 높은 효율을 나타냄을 알 수 있었다. 본 실험 중 BOD₅ 제거 효율이 가장 높은 2000년 5월 9일의 경우를 보면 유입수의 BOD₅ 농도가 122mg/L이었고 유출수는 2.7mg/L로서 98.0%의 제거율을 보였다.

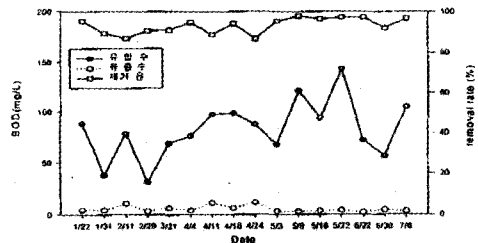


Fig. 3 variation removal rate of BOD using SBR.



⑥ COD_{Mn}(Chemical Oxygen Demand)의 제거 효과

Fig. 4에 SBR공법을 이용한 COD_{Mn}의 처리 효율을 나타내었다. 유입하수의 COD_{Mn}농도 범위는 15.4~68mg/L이었으며, 평균 농도값은 82.8mg/L이었다. BOD₅와 동일한 모형실험장치의 운영조건에서 유출수의 수질의 농도 범위는 5.4~12.7mg/L이고 평균 7.4mg/L로 BOD₅ 방류수질보다 높았다. COD_{Mn}제거율은 48.7~91.5%이었고, 평균 78.3mg/L정도의 제거율을 보였으며, 이는 기존 하수처리장의 표준활성슬러지 처리효율인 평균 70.7%보다 약간 높은 결과를 보여주고 있다. 본 실험에 의한 COD_{Mn}mg/L 제거효율이 가장 좋은 경우는 2000년 4월 4일의 결과로 유입 COD_{Mn} 63.7mg/L일때 유출수는 5.4mg/L로 약 91.5%를 보였다.

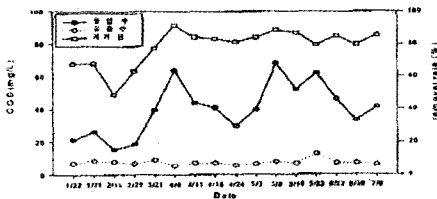


Fig. 4 variation removal rate of COD_{Mn} using SBR

⑦ SS(Suspended Solid)의 효과

Fig. 5에 SS의 제거 효과를 나타내었다. 유입수의 SS 농도 범위는 24.6~196mg/L이었으며, 평균 농도값은 87.1mg/L이었다. BOD₅, COD_{Mn}과 동일한 운전조건에서의 유출수는 0.8~2.4mg/L로 평균 농도값은 평균 1.8mg/L이었다. SS제거 효율이 90.2~99.0%이었으며, 평균 제거 효율이 97.3%로 아주 양호한 처리 수질을 나타냈다. 이는 기존 하수처리장의 표준 활성슬러지

지법의 평균 70.0%보다 매우 높게 나타난 결과이며, 본 SBR반응공법에서는 생물학적공법의 경우 SS 제거 효율이 낮은 단점을 잘 보완한 공법이라 할 수 있다. SS 제거효율이 가장 높은 2000년 5월 22일은 유입수의 농도가 SS 196mg/L일 때 유출수는 1.21mg/L로 수질이 우수해 각종 중수도 용수로 사용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

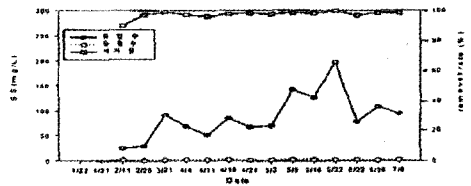


Fig. 5 variation removal rate of SS using SBR.

⑧ 총 질소(T-N)의 제거 효과

Fig. 6에 총 질소(T-N)의 제거 효과를 나타내었다. 총 질소의 유입수 농도 범위는 [4.1~33.9mg/L이었으며, 평균 농도값은 21.9mg/L이었다. 또한, 동일한 운전 조건에서 유출수의 농도는 4.1~16.2mg/L이었으며, 평균 농도값은 9.2mg/L로 제거 효율은 7.0~77.1%이었으며, 평균 56.4%의 제거율을 보였다. 수질환경보전법상 방류수 수질기준 농도의 20mg/L에 적합한 제거효과를 나타내었으나 적응기간이 짧았던 1월에는 제거율이 16.0%로 낮은 결과를 보였다. 2000년 5월 9일의 경우에는 유입수 33.9mg/L를 처리해 7.78 mg/L로 방류하여 75.0%이상의 제거율을 보이기도 하였다. (다음페이지Fig.6 참조)

⑨ 총 인(T-P)의 제거 효과

Fig. 7에 총 인(T-P)의 제거 효과를 나타내었다. 총



인의 유입수 농도 범위는 1.43~4.66mg/L이었으며, 평균 농도값은 2.65mg/L이었다. 또한 동일한 운전 조건에서의

수 방류수 수질기준은 수질환경보전법상 2mg/L이하이며, 본 실험에서 모두 기준치 이하로 나타났으나 2000년 5월 16일에는 유입수 3.72mg/L일 때, 처리수는 1.8 mg/L로 51.1의 낮은 제거 효율을 나타내었다.

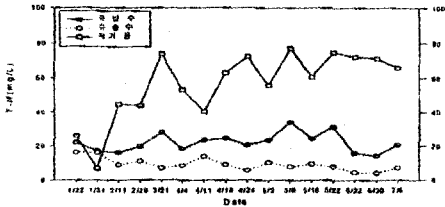


Fig. 6 variation removal rate of T-N using SBR.

유출수는 0.75~1.80mg/L이었으며, 평균농도값은 1.16mg/L이었다. 총 인의 제거효율은 33.6~76.5%이었고, 평균 제거 효율은 52.8로 나타냈다. 총 인의 하

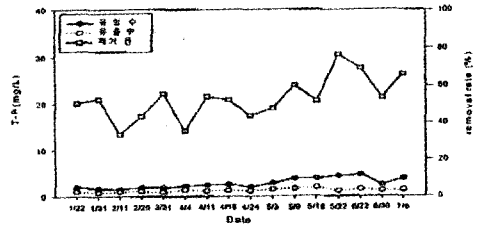


Fig. 7 variation removal rate of T-P using SBR.

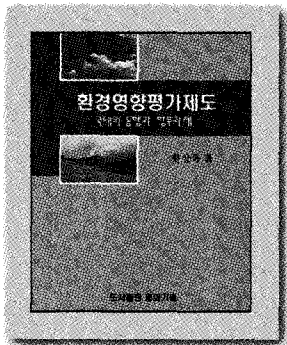
다음호에 계속...

회 · 고 · 회 · 고 · 회 · 고 · 회 · 고 · 회 · 고 · 회 · 고 · 회 · 고 · 회 · 고

환경영향평가제도

- 국내외 동향과 향후과제 -

한상욱 著



- 제1장 환경영향평가제도의 생성과 발전
- 제2장 환경영향평가제도의 본질과 영향
- 제3장 환경영향평가의 과정과 적용기법
- 제4장 국내외 환경영향평가제도의 발전상 및 시사점
- 제5장 미국의 국가환경정책법과 환경영향평가제도
- 제6장 환경영향평가제도의 새로운 전개
- 제7장 지속성지표의 개발과 예측·평가기법 등의 통합적 적용
- 제8장 우리나라환경영향평가제도의 개선과제

펴낸곳 : 도서출판 동화기술 전화 : (02) 2236-8121

정 가 : 15,000원