

論 文

저농도 도시하수 처리를 위한 활성슬러지공정에서 HRT 및 SRT가
처리효율에 미치는 영향**The Effect of HRT and SRT on Treatment Efficiency of Activated
Sludge Process for Low Concentration Municipal Sewage**

황규대* · 김민호** · 고새봄***

Whang, Gye Dae · Kim, Min Ho · Ko, Sae Bom

Abstract

Most of the municipal wastewater treatment plants operated in Korea are designed for high concentrations municipal sewage. However, activated sludge process employed by municipal wastewater treatment plant is operated at low organic loading. The objective of this study was to determine optimum operating condition of activated sludge process for treatment of low concentration municipal sewage. Three bench scale activated sludge reactors were operated to investigate the effect of HRT and SRT on the COD and TSS removal efficiency.

The average concentration of TSS, SCOD, SBOD and TKN in influent were 118mg/l, 61mg/l, 21mg/l, and 12mg/l, respectively. The activated sludge reactors operated with various HRT and SRT showed about 89-93% TSS removal efficiency. HRT and SRT does not affect the TSS removal efficiency of activated sludge process significantly. However, HRT affected the SCOD removal efficiency slightly. As the HRT decreases from 13hours to 3hours, the SCOD removal efficiency decreases from 67% to 56%. The average effluent TCOD concentration of the reactor operated with 3hours of HRT was approximately 40-45mg/l. Kinetic coefficient yield (Y_t) and decay coefficients(K_d) were 0.594-0.954 mgMLVSS/mgCOD and 0.0197-0.0317day⁻¹, respectively. Low concentration municipal sewage can be treated with 3 hours of HRT without effluent quality deterioration and SRT does not affect the substrate removal efficiency at this operation condition.

1. 서 론

* 경희대학교 환경학과 교수

** 경희대학교 환경학과 박사과정

***경희대학교 환경학과 석사

국내 하수처리장의 시조는 중랑하수처리장으로 당시에는 국내 설계용역회사의 경험과 건설

자금 부족으로 외국 용역회사의 협력하여 설계 하였으나 그동안 설계 경험을 축적하여 오늘날에는 단독으로 국내는 물론 해외의 하수처리장 설계 및 시공을 담당할 수 있는 수준에 달하였다. 환경부 자료에 의하면 1997년까지 하수처리 보급율을 73%까지 향상시킬 계획에 있으므로 차후 약 238개의 하수종말 처리시설의 신설이 요구되고 있다.¹⁾

1993년 환경부에서 발표한 하수처리장 운영 실태의 조사자료를 보면 표 1과 같이 현재 가동중인 하수처리장 대부분이 설계대로 운영되지 않고 있음을 알 수 있는데²⁾ 국내 하수처리장 유입하수 BOD와 SS의 평균 농도는 각각 111mg/l과 127mg/l로 선진국 하수의 BOD와

SS의 평균 농도인 200mg/l, 240mg/l보다 상당히 낮음을 알 수 있다. 이와같은 유입하수의 성상 사이에도 불구하고, 국내 하수처리장의 설계, 운영 지침은 선진국인 미국과 일본의 설계 지침서를 그대로 이용하고 있는 실정이므로 국내 저농도 유입하수를 처리하는 운전인자로는 적합하지 않음을 알 수 있으므로 이에 대한 적절한 대책이 마련되어야 한다.³⁾ 국내 하수처리 실태를 감안할 때 효율적으로 하수를 처리하기 위해서는 하수처리 및 슬러지 처리계통을 비롯한 처리장의 모든 시설과 관련지어 운전관리를 해야 하며 처리시설의 제기능을 발휘할 수 있도록 하기 위하여 적합한 운전조건을 도출할 필요가 있다.

표 1. 국내 도시하수처리장의 운영실태 조사

처리장명	시설용량 (천톤/일)	유입수량 (천톤/일) 년평균	BOD (mg/l)			SS (mg/l)		
			유입수		방류수	유입수		방류수
			설계치	년평균	년평균	설계치	년평균	년평균
충당	1,460	1,460	200	106	22	200	112	19
탄천	600	600	200	97	23	300	118	24
가양	1,000	1,000	160	103	62	170	113	65
난지	500	500	200	67	44	250	63	38
수영	230	286	170	97.7	9.5	235	110.8	2.9
달서천	250	250	200	157.8	29.1	200	143.6	64.1
신진	620	350	200	69.6	6.8	200	131	9.2
가좌	190	137	200	159	23	200	203	33
광주	300	301	180	125.2	14.3	210	126.3	9.3
대전	150	143	150	99.9	16.5	160	104.1	14
의정부	60	54	200	151.8	21.3	250	162.7	17.8
괴천	30	14	200	216.9	16.2	100	204.1	14.1
안산	121	130	200	163	122	200	160	112
구리	50	53	150	98.1	15.5	180	111.9	16.1
성남	115	98	200	141	8	200	121	8
안양	150	136	210	143	23	210	177	27.6
춘천	100	66	200	79.4	9.5	250	103.8	9.3
청주	150	134	200	94.6	15	200	158.2	13.3
문의	1	0.8	200	71.3	9	200	16.2	10.3
전주	103	103	240	95.2	11.5	220	347.5	14.7
경주	25	12	180	101.8	42.4	300	73.2	29.6
구미	135	135	210	58.8	15	207	67.8	11.1
회야	32	31	500	51	5	700	63	10
화도	15	5.8	250	170	17	340	138	47

본 연구에서는 국내 하수 특성상 저농도 도시하수 처리를 위한 활성슬러지 처리공정에서 HRT 및 SRT가 처리효율에 미치는 영향을 분석하여 주요한 운전조건을 도출하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 실험 재료

실험에 사용된 유입수는 경기도 수원시에 위치한 S전자 기숙사 및 식당에서 배출되는 하수를 처리하는 하수 처리장 저류조를 거쳐 포기조로 유입되는 유입수를 이용하였으며 유입수 특성은 표 2와 같이 선진국의 BOD와 SS 평균 농도인 200mg/l 과 240mg/l 인 것에 비하면 유입 농도가 상당히 낮음을 알 수 있다.

2.2 실험장치 및 방법

S전자 하수처리장 현상에 설치한 실험실 규모의 연속식 활성슬러지 반응조의 장치 개략도는 그림 1과 같다. 각 반응조의 총량은 7L이며 칸막이를 이용하여 포기조와 침전조를 분리하였고 각각의 용량은 5L와 2L로 되어 있다. 반응조의 온도는 온도조절기를 이용하여 실험기간 동안 20 ± 2°C의 균일한 온도 상태를 유지하였고 포기조내 용존산소 농도는 공기압축기 (air-compressor)에 의한 미세 산기관을 사용하여 유지하였다.

유입수는 하수처리장 유입부에 설치되어 24시간 가동된 펌프에 의해 원수통을 거쳐 방류되도록 하였으며 원수통 유입수의 기질농도를 균일하게 유지하기 위하여 원수통에 모터를 부

착한 혼합기를 사용하여 완전·혼합시켰다. 반응조 유입수는 원수통으로부터 정량펌프를 이용하여 각 반응조에 일정량씩 공급되었으며 유입관에 slim이 형성되어 기질의 농도변화와 관이 막혀 유입 유량이 줄어드는 것을 방지하기 위해 유입관을 수시로 세척하였다. 본 실험을 위하여 총 3개의 반응조를 현장에서 운영하였으며 반응조의 종오니(seed sludge)는 현상 하수처리장의 반송슬러지를 유입수에 순용시켜 실험을 수행하였다.

HRT와 SRT에 따른 처리효율을 분석하고자 표 2와 같은 운전조건으로 실험을 실시하였으며 HRT는 실제 하수처리장에서 주중과 주말에 유입되는 하수량 변화를 고려하여 월요일 오후부터 금요일 오전까지는 주중조건으로 운전하였고 금요일 오후부터 월요일 오전까지는 주말조건으로 구분하여 운전하였다.

운전기간중 반응조에 유입되는 유입수는 자동 타이머가 부착된 시료채취기를 이용하여 원수통으로부터 매 2시간마다 채취한 시료를 완전·혼합한 다음 일정량을 채취하여 분석하였다. 또한, 처리수의 수질분석은 반응조의 침전조를 거쳐 배출된 처리수를 24시간 동안 수집한 유출수통을 완전 혼합한 다음 일정량을 채취하여 분석하였다. 그리고 MLSS 농도는 포기조와 침전조 사이의 칸막이(baffle)를 열고 완전히 혼합된 후 일정량을 채취하여 측정하였고 잉여슬러지의 배출량은 포기조내 MLSS농도와

표 2. 유입하수의 특성

항 목(단위)	평균 농도	농도 범위
pH	7.23	6.72-7.69
TSS(mg/l)	119.89	105-125
TCODcr(mg/l)	170.24	154-182
SCODcr(mg/l)	60.58	47-70
TBOD(mg/l)	91.84	41.3-145.6
SBOD(mg/l)	25.56	5.75-44.25
TKN(mg/l)	11.94	9-14

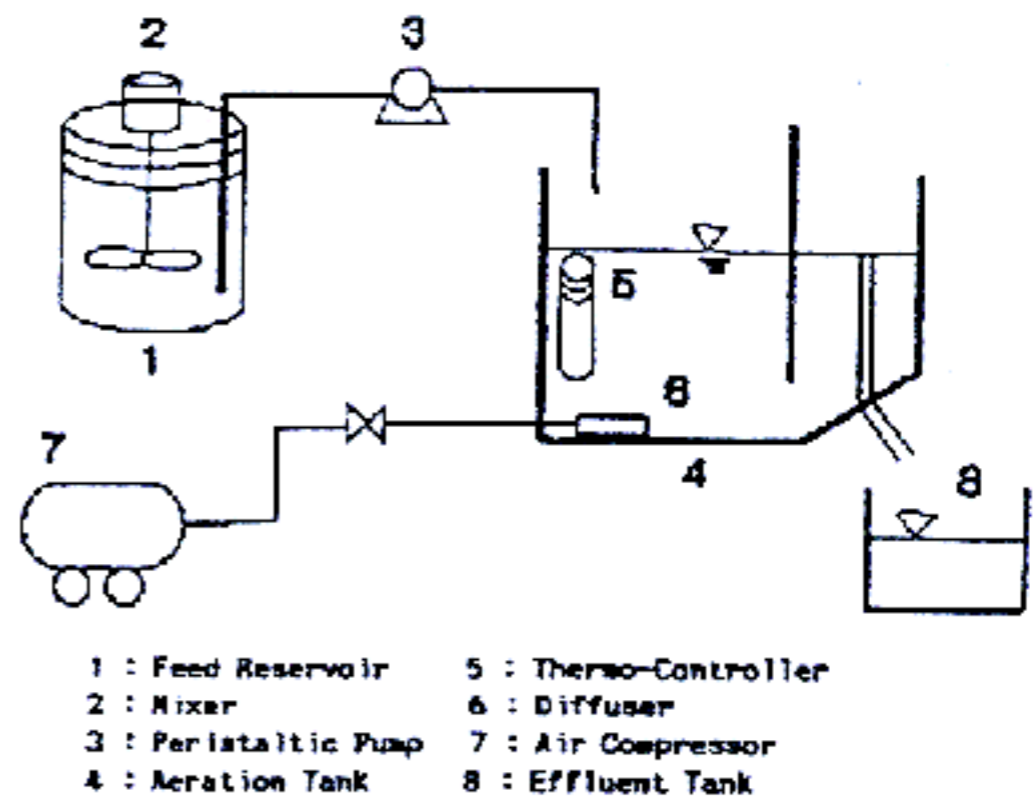


그림 1. 활성슬러지 반응조의 실험장치

표 2. 활성슬러지 반응조의 운전조건

운전 조건	반응조 Set #1			반응조 Set #2			반응조 Set #3			
	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	
HRT(hr)	주중	13	13	13	7	7	7	3	3	3
	주말	17	17	17	10	10	10	5	5	5
SRT(day)		10	20	30	10	20	30	5	10	15

유출수 SS를 이용하여 각 반응조의 SRT에 따라 산정하였다. 운전기간중 HRT를 13시간, 7시간, 3시간에서 각각 약 3개월동안 실험을 수행하였으며 HRT 운전조건을 변화시켜 실험을 수행할 경우는 약 2-3주간의 미생물 적응기간을 거친 후 분석자료의 값이 안정된 상태로 유지되었다고 판단될 때부터 운전자료를 수집·분석하였다.

2.3 분석 방법

반응조 운전중 분석항목은 반응조내 MLSS, MLVSS, pH, 온도 그리고 유입수 및 유출수의 TSS, TCOD_{Cr}, SCOD_{Cr}, SBOD, TKN 등을 측정하였다. 위와같은 모든 분석항목은 Standard Method(17th Edition)와 환경오염공정시험법을 기준으로 하였다. 4.5)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 HRT 13시간으로 운전된 반응조에서 SRT가 처리효율에 미치는 영향

HRT를 13시간으로 유지된 반응조 Set #1의 운전기간 동안 평균 MLSS 농도는 각 반응조에 적용된 SRT에 따라 각각 827mg/l, 1,563mg/l, 2,180mg/l로 유지되었다. 또한, 모든 반응조의 MLVSS/MLSS 비는 0.58-0.63 정도로 나타나 도시하수처리장의 활성슬러지의 일반값보다 약간 낮은 값을 보였는데 이는 유입수 성상의 영향과 유기물 부하량이 0.26kgCOD/m³·day로 낮게 운전되었기 때문으로 사료된다.

그림 2는 유입수와 유출수의 TSS 농도변화를 보여 주고 있는데 유입수 TSS 농도는 큰 변

화폭을 보이는 반면에 유출수 농도는 반응조 MLSS 농도변화에 관계없이 모든 반응조에서 유사하게 나타났다. 이때 유출수의 평균 TSS 농도는 MLSS 농도가 가장 낮게 유지된 반응조 No. 1에서 가장 낮은 6.6mg/l를 보여 MLSS 농도가 높을수록 유출수의 TSS 농도가 높게 나타났다. 이는 반응조 No.2와 No.3의 F/M비가 0.17-0.12kgCOD/kgMLSS·day으로 일반적인 활성슬러지의 기준치인 0.17-0.34 kgCOD/kgMLSS·day보다 낮게 운전되어 미생물 농도가 증가함에 따라 유기물 공급이 부족하게 되어 미생물들이 과다하게 내생 분해하여 미생물 플록이 잘 형성되지 않고 분산상태로 유출되었기 때문으로 사료된다. 6)

유출수의 SCOD_{Cr} 농도변화는 그림 3과 같이 유입수 변화에 관계없이 유출수의 농도는 모든 반응조에서 거의 일정한 농도로 나타나 MLSS 농도변화에 따른 영향은 미비한 것으로 나타났

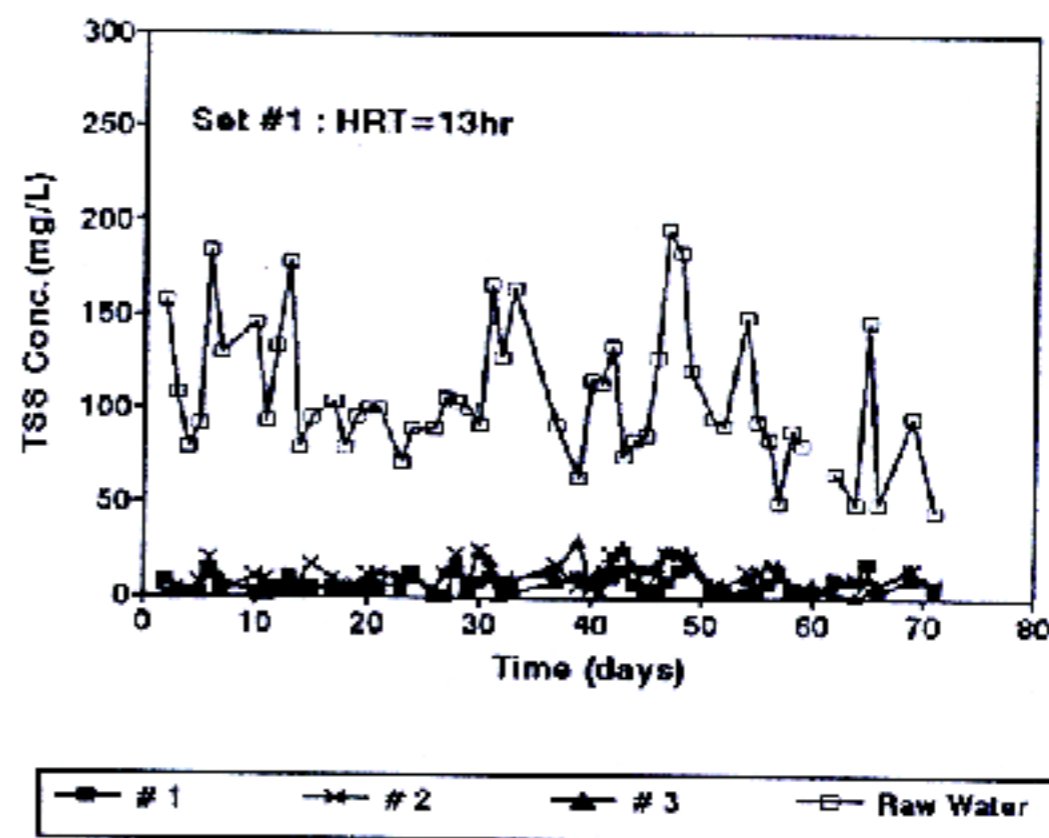


그림 2. HRT 13시간으로 운전된 반응조에서 SRT에 따른 TSS의 농도변화

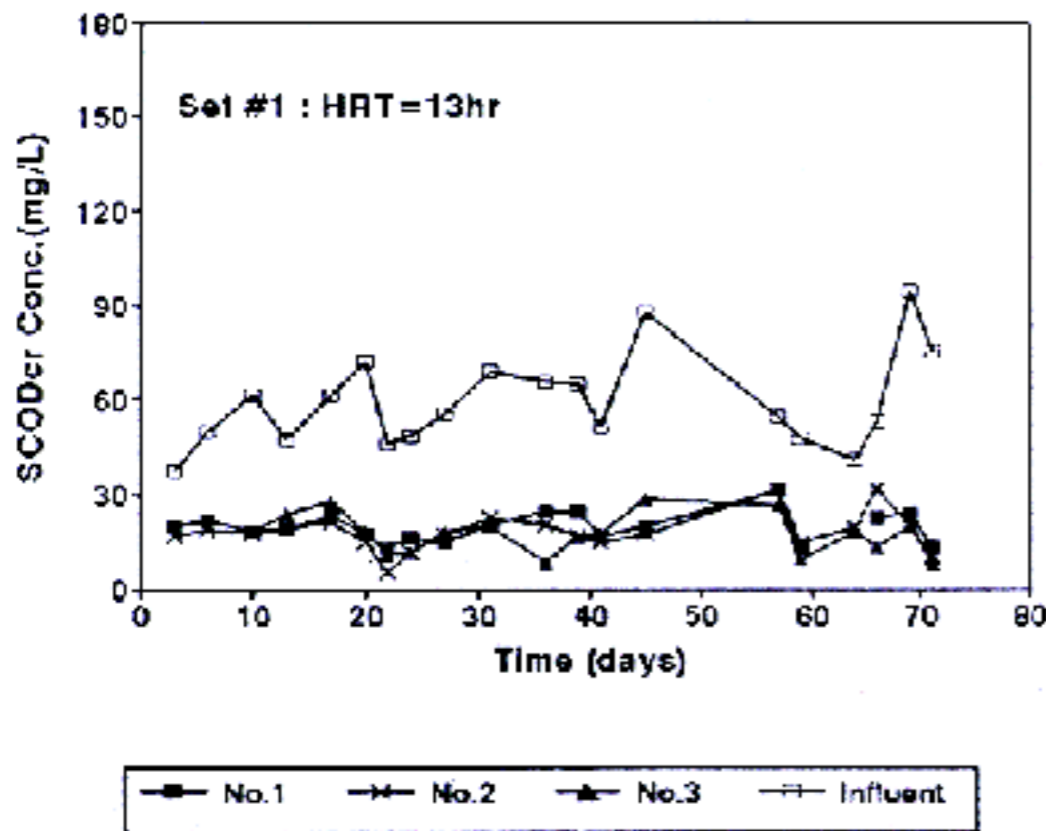


그림 3. HRT 13시간으로 운전된 반응조에서 SRT에 따른 SCOD_{cr}의 농도변화

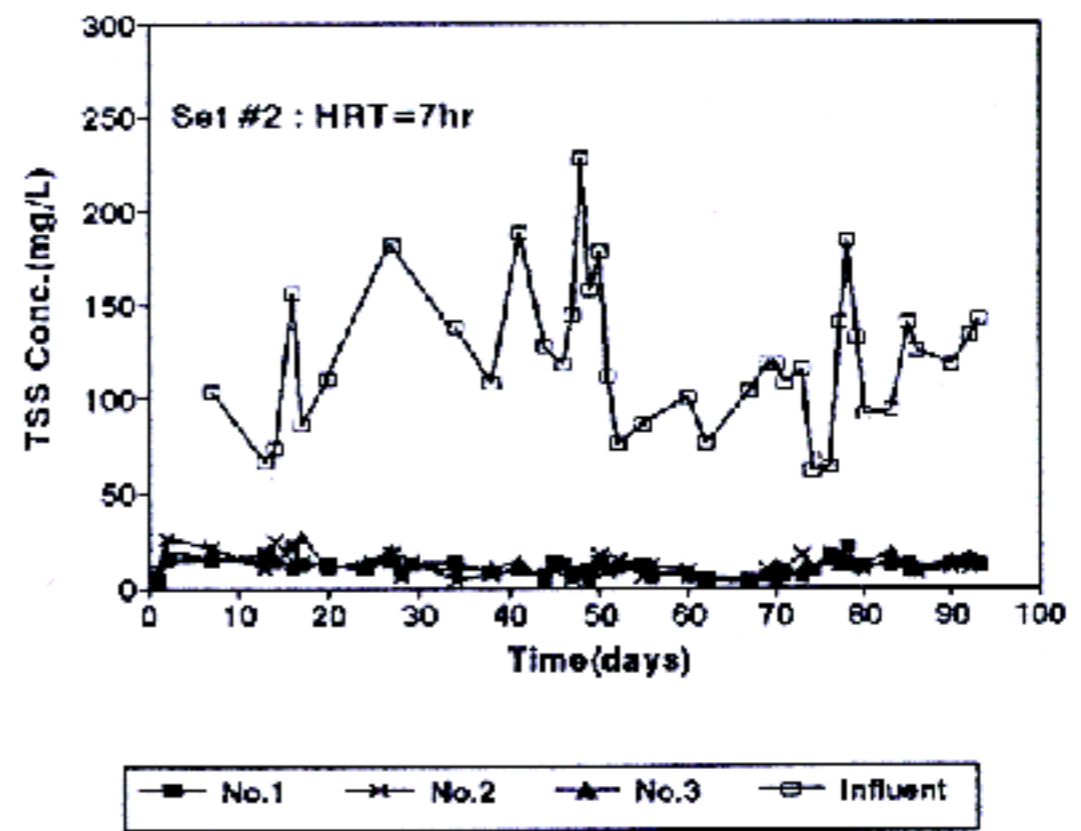


그림 4. HRT 7시간으로 운전된 반응조에서 SRT에 따른 TSS의 농도변화

다. 모든 반응조에서 유출수 평균농도는 17.8-19.7mg/l로 나타났다. 또한, 유출수 평균 SBOD₅ 농도는 약 1.8mg/l 이하로 나타나 이 역시 MLSS 농도에 관계없음을 보였다. 이는 활성슬러지 단위질량당 유기물질 부하량이 매우 낮게 적용되었기 때문으로 판단된다. 그리고 TKN의 처리 수질은 1.26mg/l 이하로 나타났는데 이는 모든 반응조에서 SRT가 10일 이상으로 운전되었고 포기조내 용존산소농도가 충분하여 질산화반응이 진행되었기 때문으로 판단된다. 7)

3.2 HRT 7시간으로 운전된 반응조에서 SRT가 처리효율에 미치는 영향

HRT를 7시간으로 유지된 반응조 Set #2의 실험기간중 평균 MLSS 농도는 반응조에 적용된 SRT에 따라 974mg/l, 1,674mg/l, 2,357mg/l로 유지되었다. 또한 모든 반응조의 MLVSS/MLSS 비는 0.58-0.66으로 나타나 HRT가 13시간으로 운전된 반응조 Set #1보다 전체 부유물질중 유기물질이 차지하는 양이 약간 증가되었다. 이는 시험기간중 유입수의 유기물 부하량이 0.54kgCOD/m³·day로 반응조 Set #1보다 약 2배정도 증가되었기 때문이다.

그림 4는 유입수와 유출수 TSS 농도변화를 보여 주고 있는데 유출수의 평균 TSS 농도는 모든 반응조에서 11.2-11.4mg/l를 보여 각 반

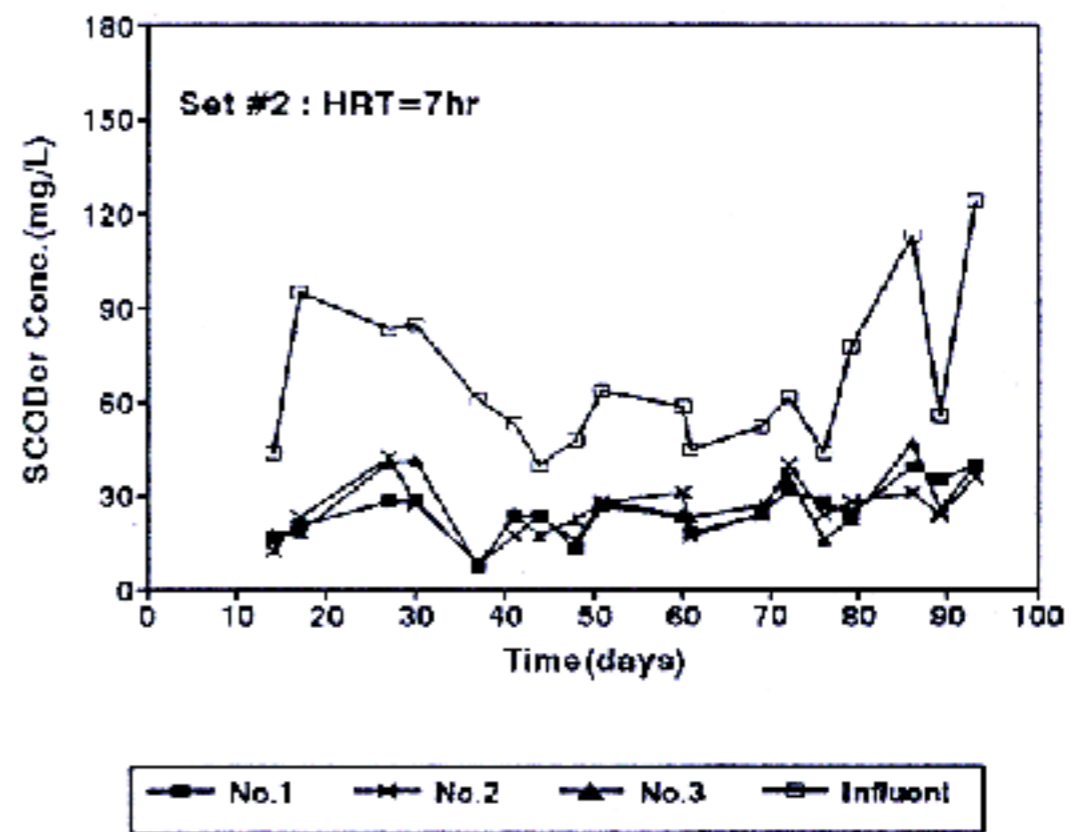


그림 5. HRT 13시간으로 운전된 반응조에서 SRT에 따른 SCOD_{cr}의 농도변화

응조의 MLSS 농도에 상관없이 유출수 TSS 농도는 거의 동일하게 나타났다. HRT 13시간으로 운전된 반응조 Set #1에 비해 유출수 TSS 농도는 약간 증가하는 경향을 보였으나 90% 이상의 높은 제거효율을 보였다.

유출수의 SCOD_{cr} 농도변화는 그림 5에 나타내었다. 유출수의 평균 농도는 MLSS의 농도변화에 관계없이 25.2-26.5mg/l를 나타내었으며 HRT 13시간으로 운전된 반응조 St #1에 비해 약간 높은 농도를 보였다. 또한, 모든 반응조에서 유출수의 평균 SBOD₅ 농도가 1.3-1.9mg/l 내외를 보여 이 역시 MLSS 농도에 상

관없이 유사하였다. 이상과 같이 MLSS 농도가 용존 유기물질의 처리효율에 미치는 영향은 HRT 13시간으로 운전된 반응조 Set #1과 같이 아주 미비함을 알수 있었다. 그리고 TKN의 처리효율은 1.09mg/l 이하로 나타나 반응조 Set #1과 비교하여 볼 때 거의 유사한 결과를 나타내었는데 이는 HRT는 감소되었으나 SRT가 동일하게 유지되어 질산화박테리아의 성장과 활성에 큰 영향을 미치지 않았기 때문으로 사료된다.

3.3 HRT 3시간으로 운전된 반응조에서

SRT가 처리효율에 미치는 영향

HRT를 3시간으로 유지된 반응조 Set #3의 운전기간중 평균 MLSS 농도는 각 반응조에 적용된 SRT에 따라 각각 978mg/l, 1,685mg/l, 2,522mg/l로 유지되었다. 또한, 모든 반응조의 MLVSS/MLSS 비는 0.62-0.66으로 HRT를 7시간으로 운전된 반응조와 거의 유사한 값을 나타내었다.

그림 6은 유입수와 유출수의 TSS 농도변화를 보여주고 있는데 유입수의 농도가 큰 변화 폭을 보임에도 불구하고 MLSS 농도 차이에 따른 유출수 농도 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 이때 모든 반응조에서 유출수의 평균 TSS 농도는 14mg/l내외로 나타났고 HRT가 3시간으로 감소됨에 따라 침전지의 표면부하율이 증가되어 반응조 Set #1과 #2에서 보다 TSS 농도가 약간 높은 수질을 보였다.

유출수의 SCOD_{cr} 농도변화는 그림 7에 나타난 것과 같이 약 28.3-30.9mg/l을 보여 선행된 실험과 동일하게 MLSS 농도에 따른 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 특히, 실험중반경에 유출 수질이 상승하는 경향을 보이는 데 이는 공장가동이 일시적으로 중단되어 공정에 상수하는 인구가 급격히 감소되어 유입 유량 및 유입 하수 농도가 급격히 저하되어 충격부하가 발생되었기 때문으로 사료된다. 또한, SBOD₅의 경우도 MLSS 농도에 영향을 받지 않고 7.41mg/l 이하로 나타났다. 그리고 TKN의 농도는 3.74-4.64mg/l로 나타나 반응조 Set #1

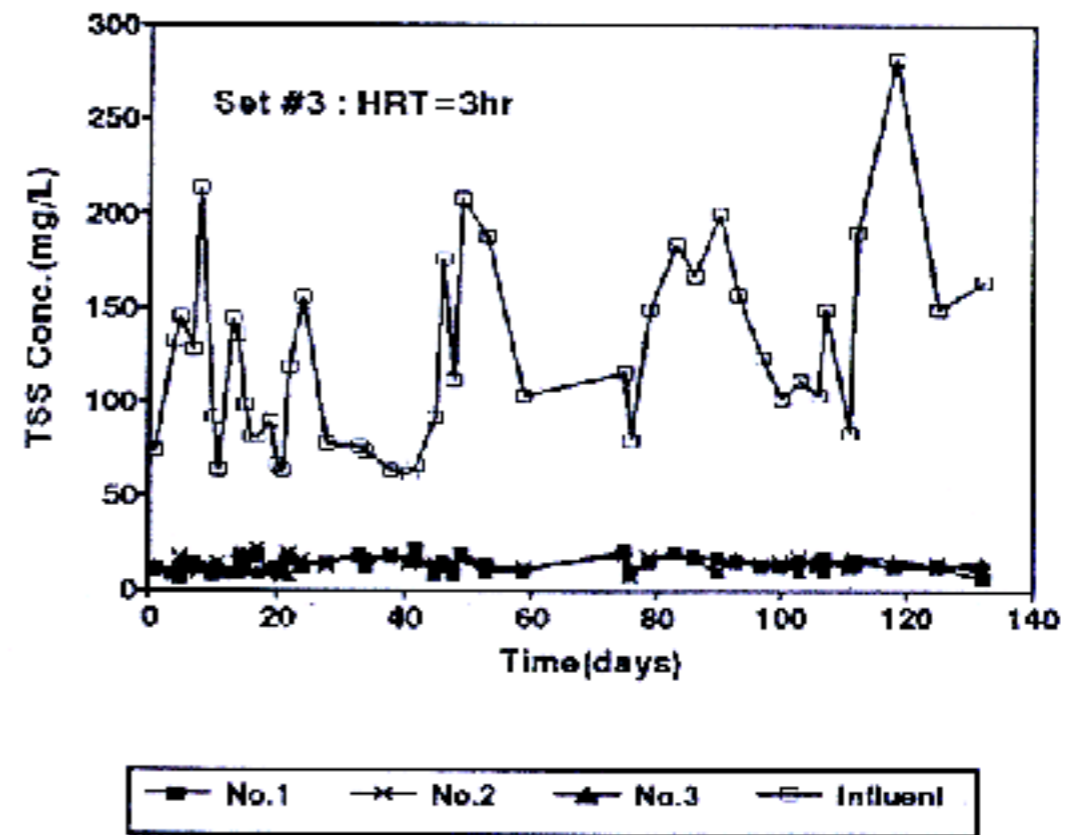


그림 6. HRT 3시간으로 운전된 반응조에서 SRT에 따른 TSS의 농도변화

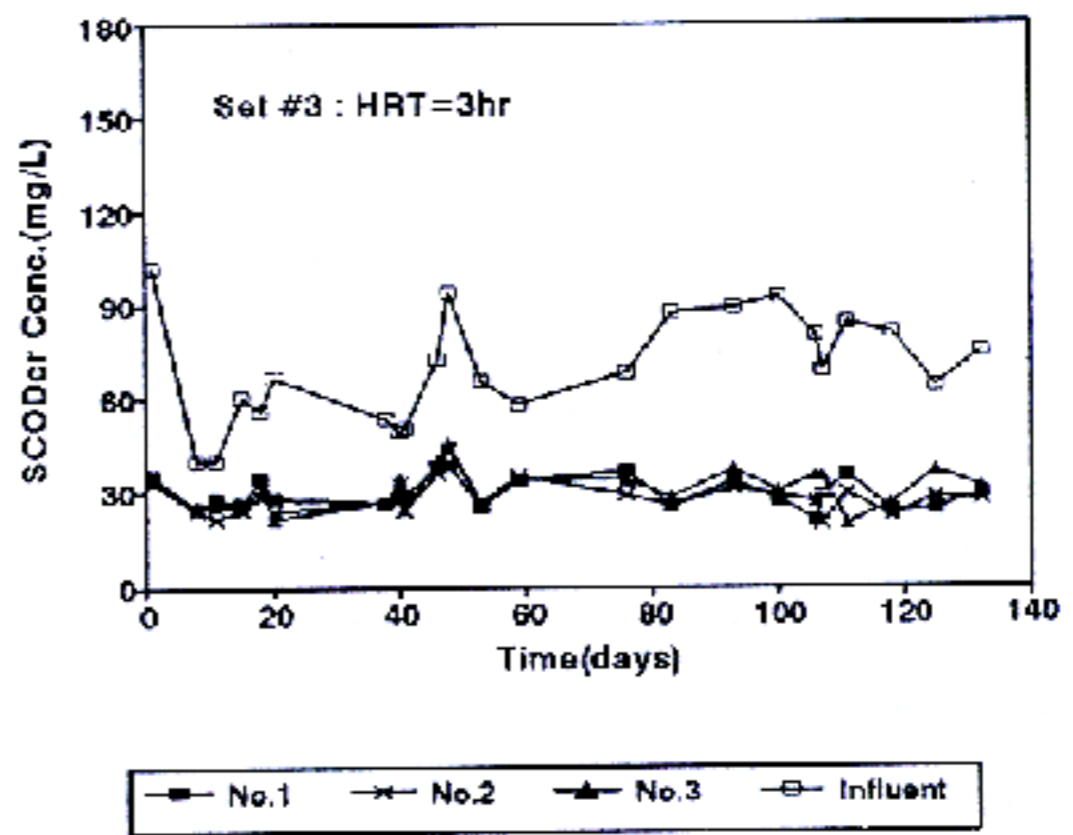


그림 7. HRT 3시간으로 운전된 반응조에서 SRT에 따른 SCOD_{cr}의 농도변화

과 #2에 비해 낮은 제거효율을 보여주고 있는데 이런 이유는 Set #1, #2 반응조들에 비해 SRT가 낮게 유지되어 질산화 박테리아가 충분히 활성화되지 못하였고 HRT가 짧아 반응시간이 단축되었기 때문으로 사료된다.

3.4 HRT 및 SRT 변화에 따른 처리효율 비교

각 HRT에서 F/M 비와 유출수의 TSS의 농도와의 관계는 그림 8과 같이 F/M 비가 유출수 TSS 농도에 미치는 영향은 아주 미비하였다. HRT 감소는 유출수의 TSS 농도에 영향을

비치는 것으로 나타났으나 그 차이는 매우 적은 것으로 나타났다. HRT를 13시간으로 유지한 경우 유출수의 평균 TSS 농도는 약 8.8mg/l 내외로, HRT를 7시간으로 유지한 경우는 약 11.3mg/l 내외로, HRT를 3시간으로 유지한 경우는 약 13.7mg/l 내외로 나타났다. 이와같이 수리학적 체류시간의 단축으로 인한 침전조의 수면적 부하율이 증가되는 것에 비하면 HRT가 유출 수질에 미치는 영향은 미비하다는 것을 알 수 있다. 그림 9는 각 HRT에서 F/M 비와 유출수의 SCOD_{cr}의 농도 관계를 보여 주는데 이 역시 각 HRT에서 F/M 비가 유출수 SCOD_{cr} 농도에 미치는 영향은 미비하였다. F/M 비에 따른 TSS의 농도 관계와 같이 HRT가 감소될수록 유출수의 SCOD_{cr} 농도는 약간 증가하는 경향을 보였다. 즉 HRT가 13시간, 7시간, 3시간으로 운전된 경우는 각각 약 18.5mg/l, 25.6mg/l, 29.6mg/l 내외로 나타나 수리학적 체류시간의 감소에 비하여 유출수질은 큰 차이를 보이지 않았다.

저농도 도시하수를 효율적으로 처리하기 위한 방안을 도출하기 위해 HRT 및 SRT가 처리 효율에 미치는 영향을 분석하고자 실시한 실험의 전체적인 결과는 표 3과 같다. TSS의 평균 제거효율은 HRT와 SRT에 상관없이 모든 반응조에서 89% 이상으로 나타났고 TCOD_{cr}의 경우는 Set #1에서는 80-84%, Set #2에서는 78-81%, Set #3에서는 74-77%으로 나타났다. 일반적으로 TSS의 제거효율이 증가될수록 TCOD_{cr}의 제거효율도 증가됨을 알 수 있었는데 이는 1mg의 TSS가 평균 0.9mg의 TCOD_{cr}을 나타내기 때문이다. 또한, SCOD_{cr}의 평균 제거효율은 반응조 번호에 따라 각각 65-70%, 60-63%, 56-59%의 범위로 나타나 HRT가 감소될수록 SCOD_{cr}의 제거효율은 약간 감소하는 경향을 보였으며 SRT에 따른 제거효율은 차이가 거의 없었다. 그리고 SBOD의 제거효율은 모든 반응조에서 82% 이상의 높은 제거효율을 보였다. TKN의 평균 제거효율은 반응조 Set.#1과 Set #2에서는 88% 이상의 높은 제거효율을 보였지만 반응조 Set #3에서는 다른 반

응조 Set에 비해 낮은 71-77%의 제거효율을 보여 HRT가 3시간으로 운전된 반응조에서는 SRT에 상관없이 낮은 제거효율을 보였다. 이러한 낮은 제거효율은 반응조 Set #1과 Set #2에 비해 SRT가 낮게 유지되어 질산화 박테리아의 성장시간이 충분하지 않았기 때문으로 사료된다. 이상의 결과로부터 저농도 도시하수 처리시 HRT를 3시간으로 단축하여도 유기물질 처리효율에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 저농도 하수를 처리하는 기존 하수처리장의 HRT를 낮게 운전하여 여분의 포기조 용적을 탈질공정을 위한 처리시설이나 유입 유량의

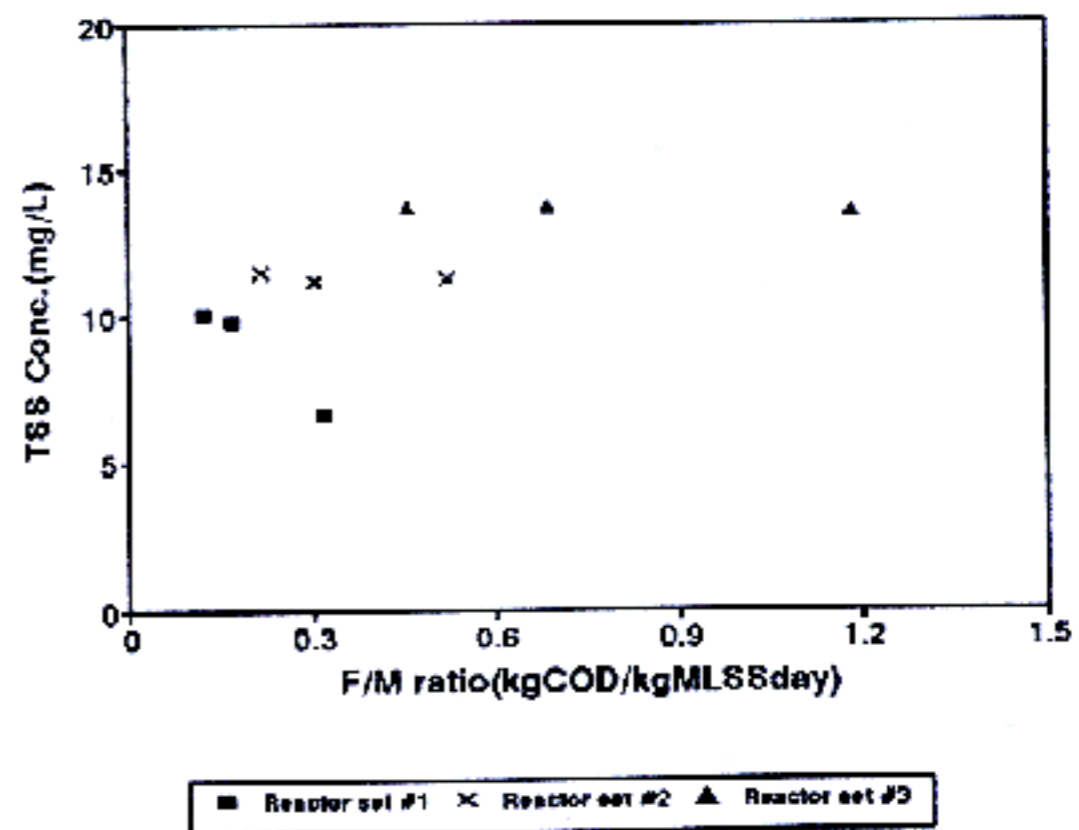


그림 8. 각 HRT에서 F/M 비에 따른 유출수 TSS의 농도 비교

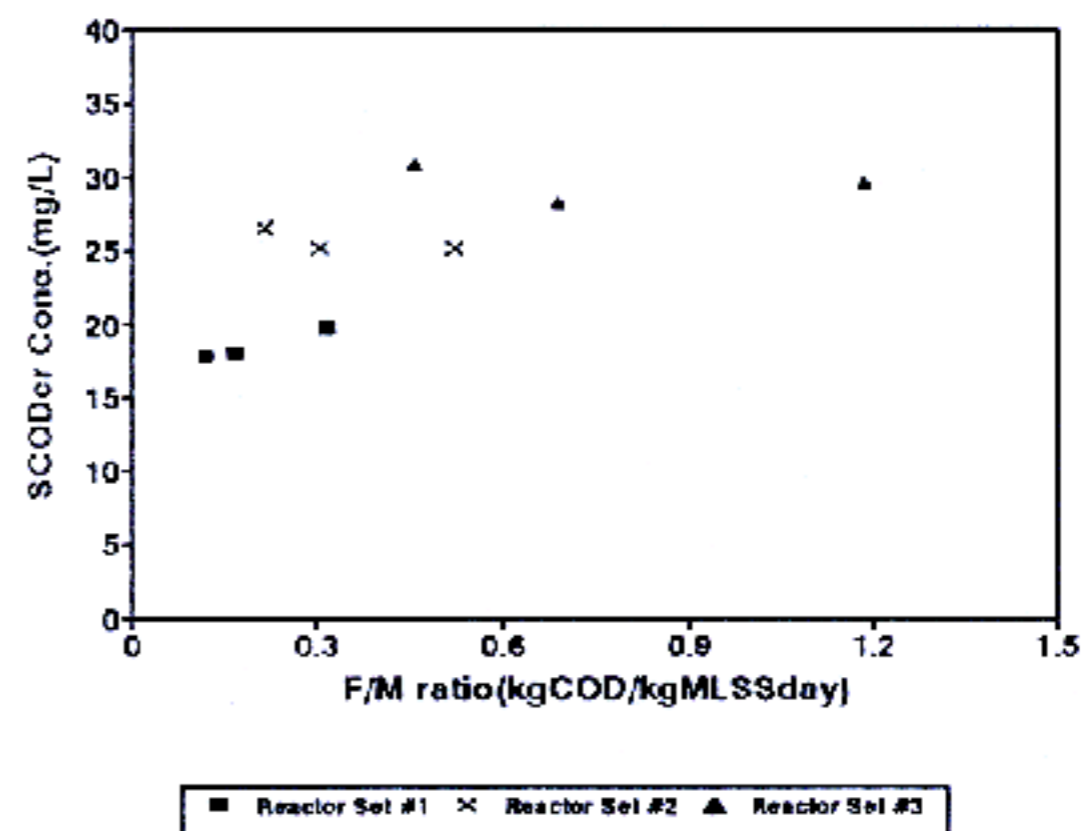


그림 9. 각 HRT에서 F/M 비에 따른 유출수 SCOD_{cr}의 농도 비교

표 3. 활성슬러지 반응조의 실험결과

운전조건 및 분석항목 (단 위)	반응조 Set #1			반응조 Set #2			반응조 Set #3		
	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
HRT(hrs) 주중	13	13	13	7	7	7	3	3	3
주말	16	16	16	10	10	10	5	5	5
SRT(days)	10	20	30	10	20	30	5	10	15
MLSS(mg/l)	827	1563	2180	974	1674	2357	978	1685	2522
MLVSS(mg/l)	825	920	1262	633	1067	1381	647	1068	1562
MLVSS/MLSS 비	0.63	0.59	0.58	0.65	0.64	0.59	0.66	0.63	0.62
유기물 용적부하 (kgTCOD _{cr} /m ³ · day)	0.262	0.262	0.262	0.543	0.543	0.543	1.157	1.157	1.157
F/M 비 (kgTCOD _{cr} /kgMLSS · day)	0.317	0.168	0.120	0.521	0.303	0.215	1.183	0.687	0.459
유입 TSS(mg/l)	104.81	104.81	104.81	121.68	121.68	121.68	126.17	126.17	126.17
유출 TSS(mg/l)	6.63	9.77	10.12	11.28	11.20	11.48	13.55	13.74	13.7
제거효율(%)	93.67	90.69	90.44	90.73	90.79	90.57	89.42	89.11	89.15
유입 TCOD _{cr} (mg/l)	154.34	154.34	154.34	181.91	181.91	181.91	174.54	174.54	174.54
유출 TCOD _{cr} (mg/l)	27.37	21	28.87	37.81	35.47	40.71	43.08	39.71	45.45
제거효율(%)	81.17	83.49	80.14	79.387	80.5	77.62	75.32	77.25	73.96
유입 SCOD _{cr} (mg/l)	58.84	58.84	58.84	66.92	66.92	66.92	69.5	69.5	69.5
유출 SCOD _{cr} (mg/l)	19.74	18	17.84	25.19	25.2	26.54	29.7	28.27	30.88
제거효율(%)	66.45	69.41	69.98	62.36	62.64	60.34	57.26	59.33	55.58
유입 SBOD(mg/l)	22.83	22.83	22.83	23.9	23.9	23.9	41.03	41.03	41.03
유출 SBOD(mg/l)	1.45	1.54	1.33	1.66	1.93	1.3	5.94	6.21	7.41
제거효율(%)	93.65	93.25	94.2	93.05	91.92	93.31	85.52	84.96	81.94
유입 TKN(mg/l)	10.19	10.19	10.19	8.88	8.88	8.88	16.22	16.22	16.22
유출 TKN(mg/l)	1.26	1.11	0.93	0.97	1.09	0.81	4.64	3.79	3.74
제거효율(%)	87.63	89.12	90.84	89.08	87.72	90.88	71.4	76.62	76.95

과부하에 대처할 수 있는 시설로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

3.5. HRT에 따른 동역학적 상수 비교

슬러지 반응이 있는 연속흐름 완전혼합 활성 슬러지공정에서 미생물에 의한 물질수지는 등식 (1)과 같다. 8.9)

$$V(dX/dt) = Y_t(SCOD_i - SCOD_e)Q_i - K_d XV \quad (1)$$

$$- (X_w Q_w - X_e(Q_i - Q_w))$$

여기서, V = 포기조 부피(L)

dX/dt = 단위시간당 활성미생물의 생성속도(mg/l/day)

Y_t = 활성미생물의 유기물 합성계수 (mgMLVSS/mgCODrem.)

SCOD_i = 유입수중 용해성 유기물 농도(mg/l)

SCOD_e = 처리수중 용해성 유기물

농도 (mg/l)
 Q_i = 유입 유량 (l/day)
 K_d = 활성미생물의 내성호흡계수 (day⁻¹)
 X = 폭기조내 활성미생물 농도 (mg/l)
 X_w = 잉여슬러지의 활성미생물 농도 (mg/l)
 Q_w = 잉여슬러지 유량 (l/day)
 X_e = 처리수의 부유물질 농도 (mg/l)

이때 활성슬러지 반응조의 총 미생물 농도는 실험조건하에서 일정하게 유지되어 운전되므로 반응조내 활성미생물이 증식속도는 정상상태 ($dX/dt = 0$)로 놓을 수 있고 양변에 폭기조의 체적 (V)로 나눈후 V/Q 를 수리학적 체류시간 (T)으로 1일 제거되는 잉여슬러지량 ($X_w Q_w + X_e(Q_i - Q_w)$)은 총슬러지 생성량 (ΔX)로 나타낸다면, 반응조내에서 생성되는 활성슬러지의 생성량은 등식 (2)와 같이 표현된다.

$$(\Delta X)/VX = Y_t(SCOD_i - SCOD_e)/(XT) - K_d \quad (2)$$

이때 고형물 체류시간(SRT)은 식 (3)과 같이 정의되므로 위의 식은 등식 (4)와 같이 나타낼수 있다.

$$SRT = VX/(X_w Q_w + X_e(Q_i - Q_w)) = VX/\Delta X \quad (3)$$

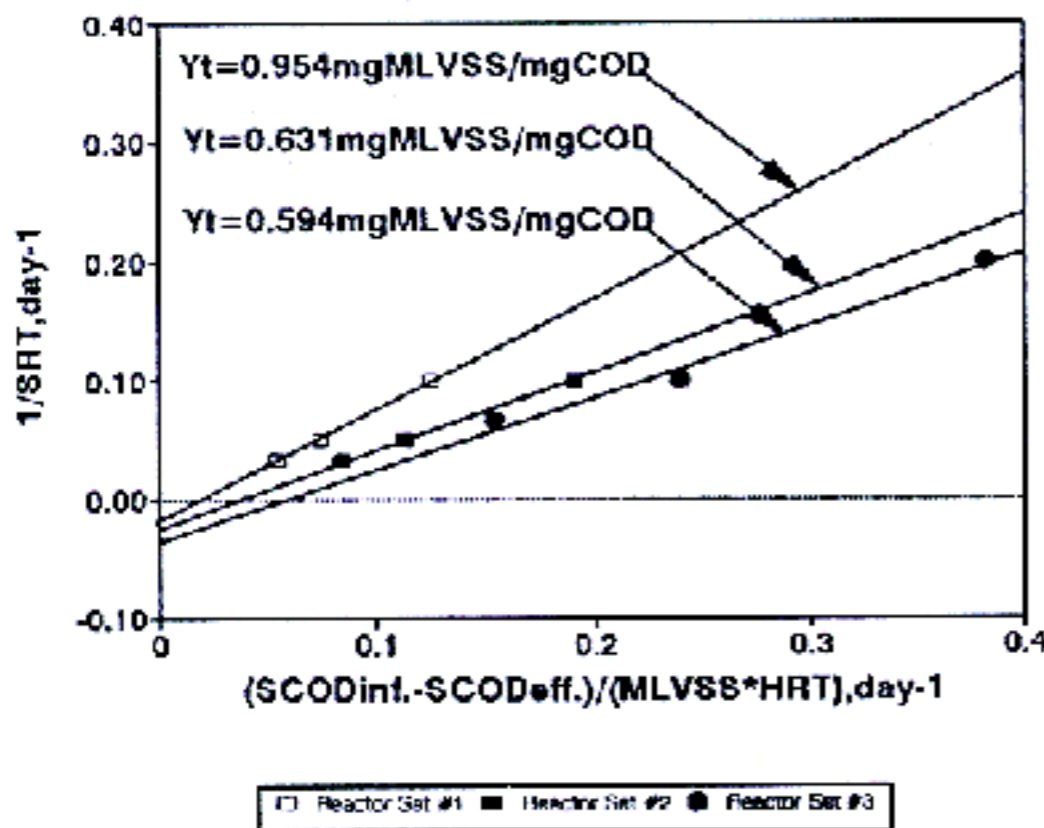


그림 10. HRT 변화에 따른 유기물 합성계수와 내성 호흡계수의 결정

$$1/SRT = Y_t(SCOD_i - SCOD_e)/(XT) - K_d \quad (4)$$

식(4)에 표 3의 자료를 대입시켜 활성슬러지의 유기물 합성계수(Y_t)와 내성호흡계수(K_d)는 그림 10에 나타난 것과 같이 HRT가 13시간으로 운전된 반응조에서는 각각 0.954mg MLVSS/mgCOD와 0.0197day⁻¹, HRT가 7시간으로 운전된 반응조에서는 각각 0.631mgMLVSS/mgCOD와 0.0207day⁻¹, HRT가 3시간으로 운전된 반응조에서는 각각 0.594mgMLVSS/mgCOD와 0.0317day⁻¹로 나타나 HRT의 운전조건에 따른 유기물 합성계수의 차이는 미생물종 변화에 기인된 것을 판단된다.¹⁰⁾

4. 결 론

저농도 도시하수를 효과적으로 처리하기 위하여 적용된 활성슬러지법에서 HRT와 SRT가 TSS 및 COD 제거효율에 미치는 영향을 조사하기 위한 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) HRT에 관계없이 TSS의 제거효율은 모든 반응조 Set에서 90% 이상으로 나타났고 SRT가 낮게 유지된 반응조 No.1에서는 다른 반응조보다 유출수 농도가 가장 낮게 나타났으나 이 역시 제거효율 차이는 미비하여 SRT는 TSS 제거에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

2) HRT를 13시간과 7시간으로 유지된 반응조에서 SCOD_{cr}의 제거효율은 약 67% 내외로 비슷하게 나타났으며 HRT가 3시간으로 유지된 반응조의 경우는 약 56%로 약간 낮게 나타났다. 이때 유출수의 SCOD_{cr} 농도는 HRT가 감소됨에 따라 각각 약 18mg/l, 25mg/l, 28mg/l 내외로 나타났다. HRT가 감소됨에 따라 또는 각 HRT에서 SRT는 높을수록 SCOD_{cr}은 약간 증가하는 경향을 보였지만 그 차이는 미비하였다.

3) 활성 미생물의 유기물 합성계수(Y_t)와 내성 호흡계수 (K_d)는 0.59-0.95mgMLVSS/

mgCOD, $0.0197-0.0317\text{day}^{-1}$ 로 산정되었다.

4) 이상과 같은 실험 결과에서 국내 하수처리장의 활성슬러지공정에서 HRT와 SRT가 유기물질 제거효율에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 HRT를 낮게 운전하여 포기조 용적을 탈질공정을 위한 처리시설이나 유입 유량의 과부하에 대처할 수 있는 시설로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 환경백서, 환경처, 1993.
2. 하수도 실태, 환경처, 1994.
3. 하수도 시설기준, 건설부, 1992.
4. APHA, AWWA, WEF, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 18th edition, American Public Health Association, 1992.
5. 환경오염공정시험법, 환경처, 1993.
6. Gaudy A. F., Jr. and Gaudy E. T., "Biological Concepts for Design and Operation of The Activated Sludge Process", Oklahoma State University, Program(Project) No. 17090 FQJ, 1991.
7. Shammass N. K., "Interactions of Temperature, pH, and Biomass on The Nitrification Process", JWPCF, Vol. 58, No. 52, 1986.
8. Goodman B. L. and Englande A. J., "A Unified Model of The Activated Sludge Process", JWPCF, Vol. 46, No.2, PP. 312-332, 1974.
9. Stensel, H. D. and Shell, G. L., "Two Methods of Biological Treatment Design", JWPCF, Vol. 46, No. 2, PP. 271, 1974.
10. Partrick R. V., "Use of a Kinetic Study to Optimize The Activated Sludge Process", JWPCF, Vol. 54, No.8, PP. 1176-1183, 1982.