

下水處理場에서 返送水の 性狀과 影響

The Sidestream from WWTP;
Its Characteristics and Effects on the Main Process

최희소* · 이호식**

Choi, Eui So · Lee, Ho Sik

Abstract

This study was conducted to characterise the sidestream from municipal wastewater treatment plants and its effects on the main treatment process. The flow rates and waste strengthes from each unit processes were measured and analysed, and finally determined its characteristics through the mass balance techniques. A laboratory scale completely mixed activated sludge was operated at 20 °C and fed in pulse with the sidestream to simulate the actual operating conditions.

The study results indicated that the flow rates of sidestream ranged from 1.2 to 1.8 percent of the influent flow. However, the organic and nutrient loading rates could be increased to about 20 to 30 percent at an average, but 40 to 70 percent at a peak condition. It appears that the impurities from the sidestreams were not easily settled and resulted in lower primary efficiency. Consequently, it increased the organic loading rates to the aeration tank and the efficiencies were decreased at least about 10 percent at an average in comparison to the ordinary condition without the sidestream. With the peak condition, the efficiencies could not reach more than 80 percent for the organic removal and 50 percent for the nitrification.

요 지

도시 하수처리장에서 발생하는 반송수의 성상과 처리계통에서의 영향을 검토하기 위해 본 연구가 수행되었다. 각 단위 공정별 반송수의 유량과 분석자료를 이용하여 물질수지를 작성한 뒤 반송수의 특성을 결정하였으며 실험실 완전혼합 활성슬러지 반응조를 현장 운전 조건과 유사한 방법으로 운전하여 반송수의 영향을 살펴보았다.

연구 결과 반송수의 유량은 유입원수량에 대해 1.2-1.8%로 적은 양이지만 높은 농도로 인하여 유기물과 영양소 부하량은 평균 부하시 20-30% 정도로 증가되고 있었으며 충격부하는 40-70%까지 증가되고 있었다. 혼합하수의 침전효율은 BOD 30%, SS 45%를 나타내고 있으나, 반송수에 의한 부하증가로 인해 BOD의 제거효율은 원수 기준시 10% 미만으로 떨어져 포기조에 큰 영향을 미치고 있었다. 즉, 반송수의 평균부하가 포기조에 유입되는 경우 반송수의 유입이 없는 경우에 비해 10%의 BOD 제거효율이 저하되었고 충격부하는 80% 이상의 BOD 제거효율을 얻을 수 없었으며 50% 이하의 질산화율에 불과하였다.

* 정희원 · 고려대학교 공과대학, 토목환경공학과 교수

** 정희원 · 고려대학교 대학원, 토목환경공학과 박사과정

1. 서 론

우리나라 하수처리장에서 주목할만한 문제점⁽¹⁾ 중의 하나는 하수처리장 유입원수의 농도는 매우 낮으나 슬러지 처리계통인 농축조, 소화조, 탈수기로부터 발생하는 반송수에 의해 혼합하수의 농도가 크게 증가되고 있는 점이다. 이러한 반송수의 양은 전체 유입원수의 양에 비해서는 적은 양이지만 높은 농도의 유기물질과 질소나 인과 같은 영양소를 포함하고 있어 수처리계통에 부가적인 부하를 가중시켜 처리수의 수질악화와 영양소의 과다방출을 초래할 수 있을 것이다.⁽²⁾

따라서 본 연구에서는 국내의 하수처리장을 대상으로 현장자료 및 분석결과를 이용한 물질수지를 통해 반송수의 배출량과 그 특성을 파악하였다. 또한 유입되는 원수에 대하여 반송수로 인한 유기물과 영양소의 부하 증가량을 검토하였다. 아울러 반송수가 수처리계에서 유기물 및 영양소 제거효율에 미치는 영향을 검토하기 위해서 먼저 1차 침전지에서 반송수의 유입으로 인한 침전 효율의 변화를 살펴보았다. 또한 실험실 완전혼합 활성슬러지 반응조를 이용하여 현장운전 조건과 같이 주기적으로 반송수를 유입시킨 뒤 반송수가 활성슬러지 계통에 미치는 영향을 알아보았다.

2. 조사 및 실험 방법

반송수의 특성 및 유입원수에 대한 부하 증가량 등의 검토는 수도권에 대표적인 4개 하수처리장을 대상으로 실시하였으며 미국과 일본의 경우와 비교하여 보았다. 우리나라의 조사대상 하수처리장은 T, J, G, K 처리장으로써 분류식 하수 배제방식인 K 처리장을 제외하고 나머지 3개 하수처리장은 합류식이며 4개 하수처리장의 공칭 유입유량은 각각 656, 000, 930,000, 480,00 그리고 11,800 m³/d 이다. 아울러 국내 하수처리장의 1차 침전지 운전자료와 유입원수 및 반송수가 혼합된 혼합하수의 침전 실험을 통해 반송수의 유입으로 인한 침전효율 변화를 분석해 보았다. 또한 실험실 완전 혼합 활성슬러지 반응조에 평균부하와 충격부하의 반송수를 1차 처리수와 혼합 유입시켜 반송수에 의한 영향을 검토

하였다. 여기서 반송수를 1차 처리수와 혼합시켰는데 이는 반송수가 잘 침전되지 않는 특성때문이었다. 사용된 활성슬러지 반응조의 부피는 2 L이고, 침전지는 0.67 L이며 수리학적으로 슬러지가 반송되도록 제작되었으며 연속적으로 운전되었다. 반송수는 Timer의 제어를 통해 현장 처리장과 유사하게 간헐적으로 주입하였다. 즉 평균부하의 유입은 하루 6시간 간격으로 4회 주입시켰으며, 충격부하는 실제 처리장에서 반송수의 최대부하 발생시간인 오전 8시-12시 사이에 2회, 오후 6시-10시 사이에 1회 주입하였다. 포기조내의 온도는 일정하게 20 ℃를 유지하기 위하여 항온 수조를 사용하였는데, 온도 변화는 ±2 ℃였다. 일정한 MLSS 농도를 유지하기 위하여 필요에 따라 슬러지 폐기를 실시 하였다.

본 연구의 모든 수질 분석 방법은 Standard Methods⁽³⁾에 준하였다. 반송수의 성상 파악은 1990년 6월부터 1991년 3월까지 4개 하수처리장에서 조사하였으며, 반송수의 침전 실험 및 활성슬러지 실험은 J 처리장에서 채취한 반송수를 사용하여 1990년 6월부터 1991년 10월 까지 수행되었다.

3. 결과 및 분석

3.1 반송수의 성상

3.1.1 반송수의 배출량 및 수질특성

표 3.1은 국내 4개 하수처리장 가운데 분류식 관거 처리장인 K처리장과 나머지 합류식 처리장의 실측 현장자료와 물질수지를 이용하여 각 단위공정과 혼합 반송수의 배출량을 유입원수량에 대한 비로 나타낸 결과이다. 대체로 분류식의 경우가 합류식보다 큰 것을 알 수 있으며 미국 하수처리장⁽⁶⁾의 총배출량 0.9%에 비해서도 상당히 높은 배출량을 보여주고

표 3.1 유입원수량에 대한 반송수 배출유량비(%)

구 분	소화상징액	탈리액	농축상징액	혼합액
합류식	0.07-1.2	0.10-0.33	0.26-1.3	1.2-1.8
분류식	0.2-0.4	0.08-0.2	1.1-2.0	2.1-2.8
미 국 ⁽⁶⁾	0.3	0.2	0.4	0.9
일 본 ⁽⁹⁾	0.2-0.7	0.2-0.3	0.5-0.6	0.2-2.9

표 3.2 반송수의 발생원에 따른 수질특성

Sources	처리장	BOD(mg/L)	TSS(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)
농	T	381(32-871)	431(34-904)	17(5.3-33)	19(3.2-41)
	J	151(40-309)	215(100-305)	67(10-305)	14(5.1-19)
	G	150	163	59	10
축	K	283	305	-	-
	범 위	32-871	34-904	5.3-305	3.2-41
	미국 ^(3,7)	100-1,200	200-2,500	-	-
조	일본 ⁽⁹⁾	160-2,600	100-1,600	38-500	6.1-140
	T	100(57-210)	150(62-226)	120(4-225)	30(5-65)
	J	53(42-140)	293(243-360)	198(167-261)	49(29-68)
수	G	-	-	-	-
	K	272	361	-	-
	범 위	42-272	54-367	4-477	5.0-118
기	미국 ^(3,7)	50-500	100-2,000	-	-
	일본 ⁽⁹⁾	36-580	100-1,700	240 -940	8.0-200
	T	5,730(710-13,400)	7,263(770-15,000)	360(173-389)	250(29-437)
소	J	2,750(2,000-3,300)	7,194(6,300-20,000)	2,361(290-4,600)	280(61-641)
	G	2,783	3,000	672	61
	K	12,000	19,000	-	-
화	범 위	710-15,000	770-20,000	290-4,600	29-641
	미국 ^(3,7)	100-2,000	100-10,000	400-1,000	300-700
	일본 ⁽⁹⁾	120-2,100	170-1,700	390	25
소	T	524	623	44	17
	J	977	4,115	230	56
	G	1,110	1,200	219	26
합	K	1,750	1,900	183	-
	범 위	500-1,800	600-4,200	40-250	15-60
	미국 ^(3,7)	390	1,920	-	-
조	일본 ⁽⁹⁾	700-2,600	1,200-3,500	290-800	33-94

있으나 일본 하수처리장⁽⁹⁾의 총 배출량 0.2-2.9%와는 대체로 유사한 것으로 나타나고 있다.

반송수의 단위공정별 수질특성은 표 3.2에 나타나 있는데 농축조 상징액 및 탈리액의 농도는 미국⁽⁷⁾에 비해 그리 높지 않으나 소화조 상징액 및 혼합 반송수의 유기물과 질소의 농도는 매우 높음을 알 수 있으며 일본 하수처리장의 반송수 농도와 비교할 때 대체로 유사하거나 약간 낮게 나타났다. 또한 합류식

관거를 사용하는 T, J, G 처리장에 비해 분류식인 K 처리장의 소화조 상징액과 탈리액의 농도가 다소 높게 나타나고 있다. 이는 K 처리장의 경우 유입 원수량에 대해 합류식인 다른 처리장보다 많은 슬러지가 발생하고 있으며 이로 인하여 소화조에 투입량이 지나치게 많게 되므로 소화슬러지의 고액분리가 제대로 이루어지지 않는 이유⁽⁶⁾인 것 같다.

3.1.2 반송수에 의한 부하 증가량

표 3.3 반송수의 부하 증가량 (반송수 부하량/유입원수 부하량, %)

항목	구분	소화조	탈리액	농축조	혼합액	미국 ⁶⁾			
						소화조	탈리액	농축조	혼합액
BOD		5.6-21	0.4-1.6	0.8-6.8	23(13-43)	1.2	0.6	4.0	5.7
TSS		6.5-25	0.6-1.7	1.2-15	28(14-44)	4.7	2.6	8.9	16
TN		1.4-32	0.4-11	1.4-3.4	25(5-47)	--	--	--	--
TP		7.3-40	0.6-3.7	1.7-7.8	24(13-46)	--	--	--	--

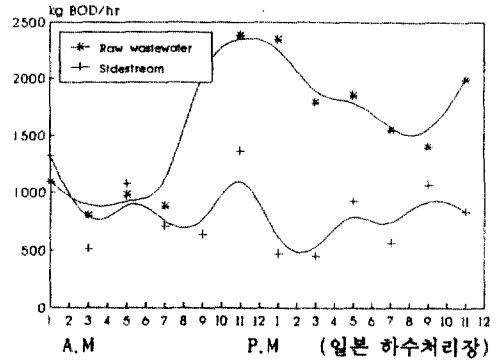
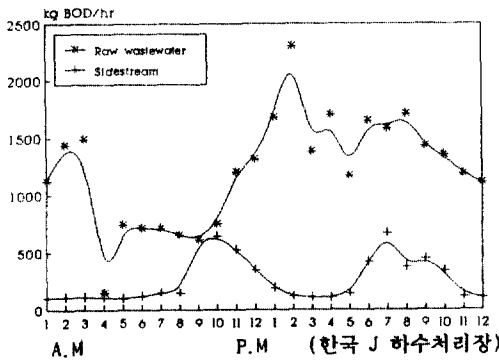


그림 3.1 유입원수와 반송수의 하루동안의 BOD부하 변화.

표 3.3에 반송수에 의한 부하 증가율을 미국의 자료⁶⁾와 함께 나타내었다. 농축 상징액과 탈리액보다는 소화조 상징액이 부하증가에 가장 큰 기여를 하고 있으며 혼합 반송수는 유입 원수에 비해 일 평균치로 대략 20-30%의 부하 증가율을 보이고 있다. 반송수로 인한 하루동안의 BOD 부하변화를 조사한 결과(J 처리장)를 그림 3.1에 나타내었으며 아울러 일본 하수처리장의 BOD 부하변화⁹⁾와 비교하였다. 유입원수의 경우 국내와 일본 모두 오후 1시를 전후로 하여 가장 큰 부하가 발생함을 알 수 있었다. 또한 반송수는 유입원수와는 달리 오전 8-11시, 오후 6-8시에 가장 큰 부하를 나타내고 있었다. 특히 반송수 부하의 최대 발생시(일중 AM 8-12, PM 6-10) 40-70%의 부하증가율을 보이고 있어 이는 수처리계통에 큰 영향을 끼칠 것으로 사료된다. 또한 국내와 일본 모두 반송수에 의해 영양소 부하도 크게 증가되는 것으로 나타났다.⁹⁾

3.2 반송수의 수처리계통에 대한 영향

3.2.1 반송수의 1차 침전

표 3.4 유입원수와 혼합하수의 1차 침전효율(%)

구분	BOD	SS	TN	TP
유입원수	29(20-44)	51(26-63)	17(15-20)	16(10-25)
혼합하수	34(29-47)	55(47-65)	15(12-27)	10(6-17)
현장자료	31(24-48)	44(26-65)	--	--

(주) · 현장자료는 수도권 4개 하수처리장의 운전현황 자료(미 발표 자료)를 인용한 것임.

반송수의 유입으로 인하여 1차 침전지에서의 침전효율 변화를 알아보기 위하여 하수처리장으로 유입되는 원수와 반송수가 혼합된 혼합하수에 대하여 침전실험(침전시간: 2-3 시간)을 수행한 결과가 표 3.4와 같은데 효율에 큰 차이가 없어 반송수가 침전이 잘 되지 않는 것을 알 수 있다.

또한 표 3.5와 그림 3.2는 건설기술 연구원에서 조사된 국내자료⁶⁾와 일본 요코하마시⁹⁾ 하수처리장의 1차 침전효율을 비교한 것으로써 반송수가 혼합된 혼합하수 기준으로 BOD 30%, SS 50%의

표 3.5 국내외 하수처리장의 1차 침전효율 비교

구 분	유입원수 (mg/L)	혼합하수 (mg/L)	1차 처리수 (mg/L)	침 전 효 율(%)	
				유입원수	혼합하수
한 국	BOD 75(48-127)	104(76-120)	73(53-84)	2.7	30
	SS 80(53-125)	117(77-199)	59(42-109)	26	50
	TN 15(7.0-21)	21(14-27)	19(13-24)	-	9.6
	TP 3.5(2.0-7.1)	4.2(3.2-7.6)	3.7(2.8-6.8)	-	11
일 본	BOD 146(110-180)	283(175-355)	83(48-99)	43	71
	SS 126(95-170)	211(140-310)	48(40-72)	62	77
	TN 25(22-32)	34(21-41)	26(20-31)	-	24
	TP 3.3(2.4-5.2)	6.2(4.5-10.2)	3.3(2.5-4.9)	0	47
미 국	BOD 200	216	128	36	41
	SS 200	228	104	48	54
	TN 30	33	29	3.3	12
	TP 7.0	7.9	7.7	-	2.5

(주) · 국내하수처리장의 유입원수는 서울시 자료⁽⁴⁾이며 혼합하수와 1차 처리수는 현장자료와 분석자료를 이용했음.
· 일본의 경우 요코하마시⁽⁹⁾의 자료임.
· 미국은 MOP 8⁽¹⁰⁾의 자료를 인용했음.

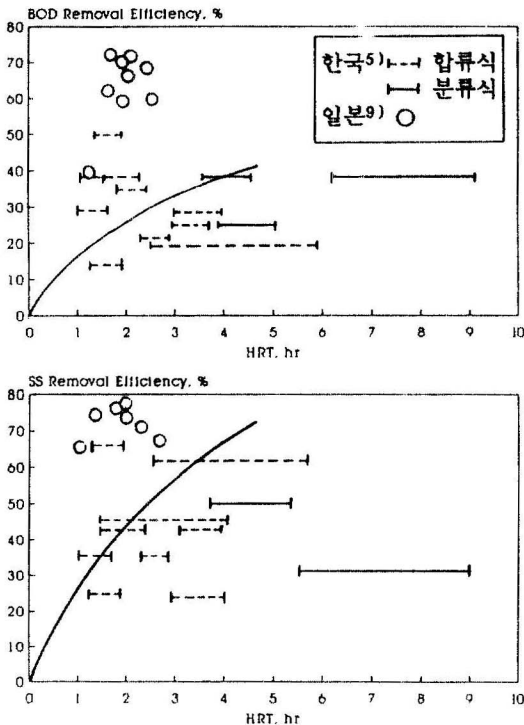


그림 3.2 1차 침전지의 체류시간에 따른 침전효율.

제거효율을 나타내고 있으나 유입원수 기준으로 볼 때에는 10% 이하의 불량한 효율로써 반송수에 의해 2차처리 계통에 부하가 매우 증가됨을 알 수 있다. 반면 미국⁽¹⁰⁾의 경우 유입원수 기준으로 BOD와 SS가 40% 내외의 침전효율을 나타내고 있어 우리나라와 비교할 때에 반송수의 영향을 거의 받지 않으며 일본⁽⁹⁾의 경우는 우리의 경우보다 반송수에 의한 농도 증가는 크게 나타나고 있으나 1차 침전지에서 대부분 제거되어 후속 처리계통에서는 반송수로 인한 영향이 거의 없는 것으로 나타났다. 이와 같이 국내의 경우가 침전성이 불량한 이유는 반송수 가운데 침전성이 가장 불량한 소화조 상정액의 농도가 일본 하수처리장에 비해 높고 그 유량도 국내 하수처리장이 많이 발생하고 있기 때문인 것으로 사료된다. 아울러 국내의 하수처리장에서 1차 침전에 의해 영양소는 거의 제거되지 않고 있으며, 오히려 반송수로 인해 1차 처리수의 영양소 농도가 유입원수보다 높게 나타나고 있는데 이는 슬러지 처리계통에서 $\text{NH}_3\text{-N}$ 과 $\text{PO}_4\text{-P}$ 같은 용해성 물질이 재용출된 영향으로 사료된다. 특히 미국의 경우에 유

입원수에 대해 배출되는 반송수의 영양소 부하량은 대규모 처리장에서는 TN이 10%, TP가 13% 가량 증가되며, 소규모 처리장에서는 TN이 34%, TP는 29%로 증가되었다고 한다.⁽¹⁰⁾

3.2.2 반송수의 활성슬러지 공정에 대한 영향

반송수가 1차 침전지 이후의 후속처리 계통에 미치는 영향을 검토하였다. 반송수가 하루동안 발생하는 평균부하와 충격부하의 경우를 반송수의 유입이 없는 도시하수 단독처리수와 비교하여 보았다.

본 실험에서 반송수로 인한 평균부하와 충격부하는 유기물질을 기준으로 한 것으로서 평균부하의 증가시 표 3.6에서와 같이 TN과 TP는 각각 28-32%, 27-32%의 부하가 발생하고 있었다. 또한 충격부하시 TN과 TP는 각각 43-53%, 46-58%의 부하가 발생하고 있었다.

(1) 유기물질 제거효율

도시하수의 단독 처리 경우와 반송수에 의한 평균 및 충격 부하를 처리하였을 때의 BOD 용적부하(kg

BOD/m³/d)에 따른 BOD 제거효율을 그림 3.3에 나타내었다. 평균부하의 반송수가 혼합 유입될 경우 10% 정도의 BOD 제거효율이 저하되는 것을 볼 수 있으며, 충격부하가 유입되는 경우는 80% 이상의 BOD 제거효율을 얻기 힘든 것으로 나타났다. 한편 그림 3.4에서는 처리수의 BOD와 SS의농도 관계를 나타내고 있다. 평균부하와 충격부하 모두 처리수의 BOD, SS 농도가 20 mg/L 이상으로 96년 이후 적용될 수질 기준에 훨씬 못 미치고 있었다.

(2) 영양소 제거효율

그림 3.5는 BOD 용적부하(kg BOD/m³/d)에 따른 TKN 제거효율을 나타내고 있다. 도시하수만 단독 처리 하는 경우는 높은 제거 효율을 나타내고 있으나 평균과 충격부하의 반송수 주입의 경우에는 TKN 제거 효율이 50% 이하로 떨어지고 있다. 이는 그림 3.6의 SRT에 따르는 처리수 내의 NO₃-N과 NH₃-N 농도에서 볼수 있듯이 처리수 내의 NH₃-N 농도가

표 3.6 반송수 주입에 의한 효율 변화

실험 조건 :	구 분	비주입시	평균부하	충격부하
반송수에 의한 부하 증가율 (%)	TN 기준	0	28-32	43-53
	TP 기준	0	27-32	46-58
	Q 기준	0	1.6-2.2	2.8-3.3
제거효율 (%)	BOD	90	80	75
	SS	85	80	<80
	TN	80-85	50-60	50 내외
	TP	20	10 내외	<10

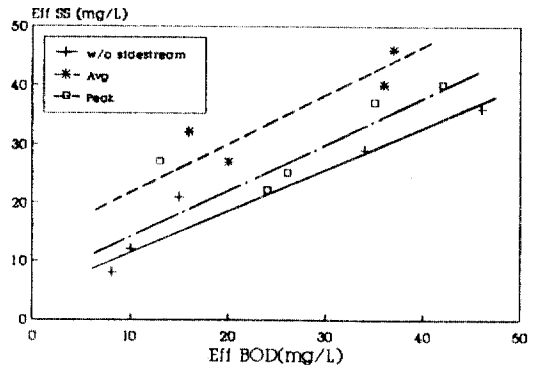


그림 3.4 처리수의 BOD와 SS 농도.

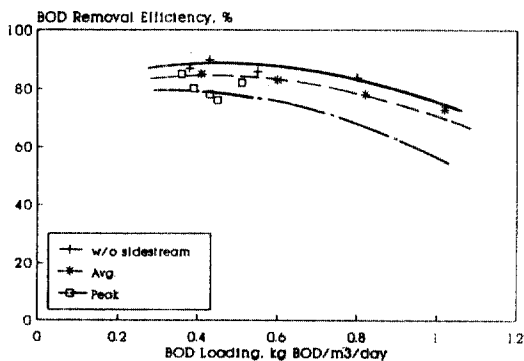


그림 3.3 BOD 용적부하에 따른 BOD 제거효율.

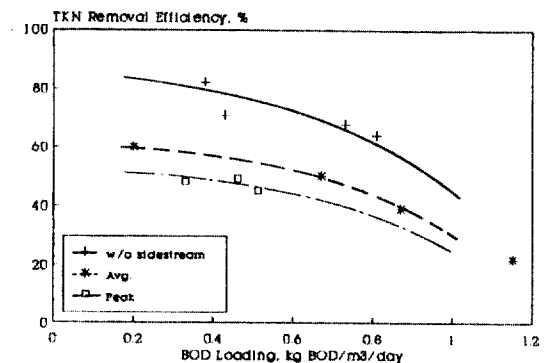


그림 3.5 BOD 용적부하에 따른 TKN 제거효율.

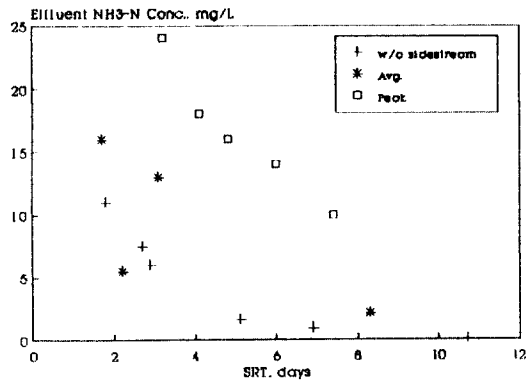
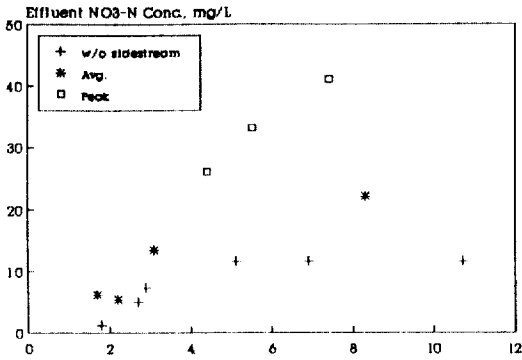


그림 3.6 SRT에 따른 처리수의 NO₃-N과 NH₃-N의 농도 변화.

높기 때문인 것으로 사료된다.

그림 3.7 은 평균부하와 충격부하의 BOD 용적부하(kg BOD/m³/d)에 따른 TP 제거효율을 나타내고 있다. 도시하수만 단독 처리할 경우는 전반적으로 제거 효율이 20% 내외를 나타내고 있는데 이는 표준활성 슬러지법에서의 이론적인 인 제거효율⁽⁸⁾ 10-30%와 유사한 결과이다. 반면 평균부하의 반송수가 혼합유입될 경우는 10% 정도의 인이 제거되는 것을 볼 수 있으며, 충격부하 유입의 경우는 10% 미만의 저조한 제거효율을 나타내고 있으며 유입수에 비해 오히려 처리수의 인의 농도가 높게 나타나는 경우도 있었다.

3.3 반송수에 의한 영향 감소 방안

반송수는 실제 하수처리장에서 조업조건에 따라 발생유량과 농도 변화가 심하고 생물학적으로 분해가 어려운 유기물질과 침전이 잘 되지 않는 부유물질 및 고농도의 영양소를 함유하고 있다. 따라서 이러한 반송수는 1차 침전지에서 효과적으로 제거

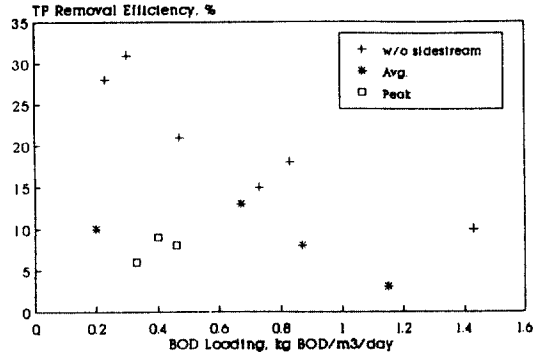


그림 3.7 BOD 용적부하에 따른 TP 제거효율.

되지 않으므로 포기조로 유입되어 높은 부하 증가를 초래하고 있다.

이와 같은 반송부하의 감소 대책으로 반송수를 농축조로 주입하는 방법, 반송시간과 반송율의 조정 등 반송수의 부하발생을 감소시킬 수 있는 운전조건의 개선방법^(5,11)도 고려할 수 있을 것이다. 만약 반송수의 감소가 어렵다면 반송수의 별도 처리방법이 경제적일 수 있다.

그 예로서 반송수에 의해 BOD 부하가 30% 증가된다고 할때 처리수의 BOD와 SS 수질을 20 mg/L 이하로 유지하기 위해서는 기존 포기조 용적의 30% 정도의 추가 용적이 필요한 반면 SBR(Sequencing Batch Reactor)에 의해 별도처리수는 이의 1/3의 체적으로도 가능⁽¹⁴⁾할 수 있기 때문이다. 특히 반송수를 별도 처리 없이 유입시 TN과 TP는 전체 처리효율이 10% 미만으로 현저히 낮은 반면 SBR을 이용한 별도 처리시 TN은 15%의 제거효율을 나타냈고 TP의 경우 FeCl₃이나 Lime과 같은 약품을 사용하여 23%의 제거효율을 얻은 결과⁽¹³⁾도 있다.

반송수의 별도처리 방법으로는 생물학적 처리방법을 통하여 고농도의 유기물과 SS 함량을 감소시키고, 질소·인제거를 위해 물리화학적 방법이 적용될 수 있다. 그 예로서 SBR에 의해 BOD와 SS를 70-90% 정도 처리할 수 있었으며⁽¹²⁾, UASB를 이용하여 유기물의 90% 이상을 처리할 수 있었다.⁽⁹⁾ 또한 Lime과 FeCl₃를 사용한 응집침전과 암모니아탈기 방법을 통해 유기물과 영양소를 80-90% 제거하여 반송수에 의한 영향을 완화시킬 수 있었다.⁽²⁾ 한편 반송수내의 영양소의 함량은 폐슬러지의 혐기

성 조건에 의한 용출이므로 가능한 한 용출이 안 되도록 하는 방법¹¹⁾도 개발되어야 할 것 같다. 아울러 1차 침전지에 약품을 주입시켜 BOD와 SS의 처리효율을 증진시키는 방법도 고려할 수 있을 것이다.¹⁰⁾

4. 결 론

하수 처리장에서 반송수의 특성과 수처리계통에 대한 영향을 검토한 결과는 다음과 같다.

1) 유입 원수량에 대한 단위공정별 반송수의 배출유량 구성비(합류식)를 보면 소화조상징액 0.07-1.2%, 탈리액 0.1-0.3%, 농축조상징액 0.26-1.3%, 이며 혼합 배출량은 1.2-1.8%로 나타났다.

2) 슬러지 처리계통에서 반송되는 반송수의 유기물 농도는 BOD 500-1,800 mg/L, SS 600-4,200 mg/L 이고 영양소 농도는 TN 290-4,600 mg/L, TP 28-641 mg/L로써 미국의 BOD 390 mg/L, SS 1,900 mg/L에 비해 매우 높게 나타났다.

3) 유입 원수에 대해 반송수에 의한 BOD, TN, TP의 부하 증가량은 일반 하수처리장의 경우 일일 평균으로 20-30%의 증가량을 보이고 있다. 그러나 반송수의 다량 배출시간(일중 AM 8-12, PM 6-10)에는 40-70%의 부하증가율을 나타내고 있다.

4) 반송수가 혼합된 혼합하수의 1차 침전효율은 BOD 30%, SS 45%를 나타내고 있으나 반송수에 의한 BOD와 SS의 농도증가를 고려하면 1차 침전지의 BOD 제거효율은 유입원수 기준으로 볼 때 10% 미만으로 후속처리에 반송수가 큰 영향을 주고 있다. 1차 침전에 의해 영양소는 거의 제거되지 않아 오히려 반송수로 인해 1차 처리수의 영양소 농도가 유입원수보다 높게 나타났다.

5) 반송수의 평균 부하를 활성슬러지 반응조에 유입시킬 경우 반송수의 유입이 없는 경우에 비해 10% 정도의 BOD 제거효율이 저하되었으며, 충격 부하의 경우는 80% 이상의 BOD 제거효율을 얻기 힘든 것으로 나타났다.

6) TKN과 NH₃-N 제거효율은 반송수의 평균 부하와 충격부하시 제거 효율이 50% 이하로 떨어지고 있었다.

7) 인의 제거효율은 반송수가 유입되지 않을 경

우에는 활성슬러지 반응조에서 10-30%의 제거효율을 나타내고 있으나 평균 부하시 10% 정도의 효율이 저하되었으며, 충격 부하시에는 10% 미만의 효율을 나타내며 유입수에 비해 오히려 처리수의 인의 농도가 높게 나타나는 경우도 있었다.

8) 위의 결과들을 종합하여 불매 반송수의 발생량을 감소시키는 것이 우선적이며 필요시에는 1차 침전지의 약품처리나 반송수만의 별도처리도 고려할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 1990년도 KIST가 지원한 “하수처리장으로부터의 영양소 제거에 관한 기술개발”의 일환으로 수행되었기에 감사를 표합니다.

본 과제는 1992년도부터 환경처에서 시행하는 G7 환경공학기술개발사업으로 수행되고 있습니다.

참 고 문 헌

1. 최의소 외, 생활하수의 영양염류 함량에 관한 연구, **한국수질보전학회지**, Vol. 8, No. 3, 1992.
2. EPA, *Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal*, EPA 625/1-79-011, 1979.
3. APHA, AWWA, WPCF, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 16th Edition, 1985.
4. **하수도 기본 계획 재정비 보고서(안)**, 서울 특별시, 1991.
5. 한국 건설기술 연구원, **하수도 시설의 유지관리 개선방안에 관한 연구 -하수 처리장 중심으로-**, KICT 90-EC-111, 1990.
6. EPA, EPA Design Information Report, *JWPCF*, Vol. 59, No. 1, 54, 1987.
7. EPA, *Municipal Wastewater Treatment Plant Sludge and Liquid Sidestreams*, EPA 430/9-76-007, 1976.
8. Yall, I., et al., Biological Uptake of P by Activated Sludge, *Applied Micro.*, Vol. 20, No. 1, pp. 145-150, 1970.
9. 요코하마시 下水道局, **水質試驗年報**, 1990.
10. WEF MOP 8, *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants*, Vol. 1, pp. 105-110, 1992.
11. Pitman, A.R., et al., The Thickening and Treat-

ment of Sewages to Minimize Phosphorus Release, *Wat. Res.*, Vol. 25, No. 10, pp. 1285-1294, 1991.

12. 최의소 외, 하수처리장으로 부터의 영양소 제거에 관한 연구(I), 1991.
13. 최의소 외, 하수처리장으로 부터의 영양소 제거에 관한 연구(II), 1992.
14. 황호재, 하수처리장 Sidestream으로 부터의 영양소 제거에 관한 연구, 고려대학교 대학원, 석사학위 논문, 1991. (接受 : 1992. 11. 26)