

폐수처리 운영관리기법 개선사례 보고

〈중〉



李性浩

〈한국제지(株) 환경관리인〉

영양제 투입량 산출표

구분 BOD량(Kg)	BOD : N : P=100 : 5 : 1		BOD : N : P=100 : 3 : 05	
	N	P	N	P
400	42.8	14.8	25.6	7.4
450	48.2	16.7	28.8	8.4
500	53.5	18.5	32	9.3
550	58.9	20.3	35.2	10.2
600	64.2	22.3	38.4	11.1
650	69.6	24	41.6	12
700	74.9	26	44.8	12.9

“영양제 투입량 산출표”활용방법

취지 : 영양제 투입량을 계산하기 위하여 계산공식에 의거 복잡하게 계산기로 사용하여 오던 것을 탈피하고 환산표에 의거 누구나 쉽고 신속하게 활용하고자 상기 산출표를 작성해 보았다.

1) 계산기 사용 산출 방법

A) 질소 소요량((NH₂)₂CO, 성상 : 입자)

계산공식 : 질소(N)소요량(kg / D) = 유입폐수량

$$(m^3 / D) \times \text{유입BOD}^{PPM} \times 10^{-3} \times \frac{5}{100} \times \frac{60}{28}$$

B) 인산소요량(H₃PO₄, 성상 : 액체 85%)

계산공식 : 인산(P)소요량(Kg / D) = 유입폐수량

$$(m^3 / D) \text{유입량 BOD}^{PPM} \times 10^{-3} \times \frac{1}{100} \times \frac{98}{31} \times \frac{1}{0.85}$$

예) 현장폐수 포기조 유입폐수량 4500m³ / D, 유입폐수 BOD가 122²ppm일 때 질소, 인산 필요량은? (BOD : N : P=100 : 5 : 1)

A) 질소(N) = 4500m³ / D × 122²g / m³

$$\begin{aligned} &\times 10^{-3} \times \frac{5}{100} \times \frac{60}{28} \\ &= 58.9 \text{kg} / D \end{aligned}$$

B) 인산(P) = 4500m³ / D × 122²g / m³

$$\begin{aligned} &\times 10^{-3} \times \frac{1}{100} \times \frac{98}{31} \times \frac{1}{0.85} \\ &= 20.45 \text{kg} / D \end{aligned}$$

2) 상기 1) 항 계산식을 복잡하게 계산하지 않아도 산출표에 의거 신속·정확하게 알 수가 있다.

찾는법: 유입 BOD량만 알면 “영양제 투입량 산출표” 활용

예) 유입 BOD량 550kg / D이면 산출표에 의거 옆에 있는 숫자 N : 58.9, P : 20.3을 찾을 수 있다.

* 영양제 투입량 구분 적용

1) 초기 단계, 성장단계 적용

BOD : N : P = 100 : 5 : 1

2) 정상단계 적용

BOD : N : P = 100 : 3 : 0.5

폐수처리비용(약품) 절감측면에서 구분적용하여도 생물학적 처리 운영에 별다른 문제점이 없었음.

영양제 투입량 산출표

구분 BOD	초기단계: 성장불량(BOD:N:P=100:5:1)		정상단계(BOD:N:P=100:3:0.5)	
	N	P	N	P
50kg	5.4kg	1.8kg	3.2kg	0.9kg
100	10.7	3.7	6.4	1.8
150	16.1	5.5	9.6	2.7
200	21.4	7.4	12.8	3.7
250	26.8	9.3	16.0	4.6
300	32.1	11.1	19.2	5.5
350	37.5	13.0	22.4	6.5
400	42.8	14.8	25.6	7.4
450	48.2	16.7	28.8	8.4
500	53.5	18.5	32.0	9.3
550	58.9	20.3	35.2	10.2
600	64.2	22.2	38.4	11.1
650	69.6	24.0	41.6	12.0
700	74.9	25.9	44.8	12.9
750	80.3	27.7	48.0	13.8
800	85.6	29.6	51.2	14.8
850	90.9	31.5	54.4	15.7
900	96.3	33.3	57.6	16.6
950	101.6	35.1	60.8	17.5
1000	107.0	37.0	64.0	18.5

* 유입 BODkg=유입수량 m³×1차 COD×1.5×10³(간이계산식)
(단, 실험실 측정치 BOD불가할 때만 간이계산식을 적용함)

영양제 투입량 기록표

측정 일자	유입 BOD량 (Kg)	투입량		1차유입량		실투입량		감소량		비 고
		NH ₃	P	NH ₃	P	NH ₃	P	NH ₃	P	
8.30	550	59	20	32	5	27	15	32	5	

영양제 함유량 기록표

구분 항목 측정일자	1차처리수		포기조		최종수		최종처리수		비고 (최종처리 탁도상태)
	NH ₃	P	NH ₃	P	NH ₃	P	SS	COD	
8.30	2.894	1.723	0.976	0.132	0.732	0.66	16	21	양호

* N,P분석 측정기 활용의 필요성

1) 정확한 N,P바란스 유지 운영

N,P분석 측정기를 활용하여 1차유입 폐수량에 N,P를 분석하여 “영양제 투입량 기록표”를 활용함으로써 생물학적처리 시설운영의 정확한 N,P바란스 유지 및 폐수처리 약품의 원가 절감에 상당히 기여할 수 있다.

2) 영양제(인산·요소)약품비용 절감

가. “영양제 투입량 기록표”의 실예를 적용하여 보면 이해가 빠를 것으로 본다.

○계산식에 의한 영양제 투입량

BOD : N : P = 550^{kg} : 59^{kg} : 20^{kg}

○유입폐수속에 N,P함유량 : N : 32^{kg}
P : 5^{kg}

○절감 예상량

요소 : 59kg / D - 27kg / D = 32kg / D

인산 : 20kg / D - 15kg / D = 5kg / D

3) 약품비용 원가절감 산출식

A) 요소-절감량 : 32kg / D × 365D / 년 = 11680kg / 년

절감금액 : 11680kg / 년 × 320원 / kg = 370만원 / 년

B) 인산-절감량 : 5kg / D × 365D / 년 = 1825kg / 년

절감금액 : 1825kg / 년 × 840원 / kg = 150만원 / 년

총절감금액 : 370 + 150 = 520만원 / 년

N,P분석 측정기 값은 구입비 제외하고도 상당한 원가절감을 기할 수가 있다.

1) “F/M비 현황 산출표” 활용방법

취지: 생물학적 처리 시설운영 관리에는 F/M운영이 상당히 중요하므로 F/M비 계산식을 적용할 때 복잡하고 번거로움을 탈피하고 환산표에 의거 누구나 쉽고 신속하게 활용하게 하고자 상기 산출표를 작성해 보았음.

F/M비 현황 산출표

MLSS kg MLSS	BOD부하 유입BOD량	0.35	0.36	0.38	0.4	0.41	0.43
		525	550	575	600	625	650
1,000	1,500	0.35	0.36	0.38	0.4	0.41	0.43
1,250	1,875	0.28	0.29	0.30	0.32	0.33	0.34
1,250	2,250	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28
1,500	2,625	0.2	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25
2,000	3,000	0.17	0.18	0.19	0.2	0.21	0.22
2,250	3,375	0.15	0.16	0.17	0.18	0.185	0.19

2) 계산공식에 의한 F/M비 산출방법

$$\text{계산공식 : (A) F/M비} = \frac{\text{유입BOD} \times \text{폐수발생량}}{\text{포기조용적} \times \text{MLSS}}$$

(B) BOD용적부하 =

$$\frac{\text{유입BOD} \times \text{폐수발생량}}{\text{포기조용적}}$$

유입 BOD량 산출 현황표

COD(ppm)	BOD(ppm)	폐수유입량(m ³ /D)					
		4,500	4,750	5,000	5,250	5,500	5,750
77.5	116.2	522.9	551.9	581	610	639	668
80	120	540	570	600	630	660	690
82.5	123.7	556	587	618	649	680	711
85	127.5	573	605	637	669	701	733
87.5	131.2	590	623	656	688	721	754

반송농도에 따른 잉여오니 처리량 환산표

반송농도	처리량				
	SEC/L	L/MIN	m ³ /Hr	m ³ /8Hr	m ³ /24Hr
5,000P.P.M	0.72	83.3	4,998	39,984	120.0
6,000P.P.M	0.86	69.4	4,164	33,312	100.0
7,000P.P.M	1.0	59.5	3,570	28,560	85.7
8,000P.P.M	1.1	52.1	3,126	25,008	75.0
9,000P.P.M	1.3	46.3	2,778	22,224	66.7
10,000P.P.M	1.4	41.7	2,502	20,016	60.0
11,000P.P.M	1.6	37.8	2,268	18,144	54.4
12,000P.P.M	1.7	34.7	2,082	16,656	49.9
13,000P.P.M	1.8	32.0	1,920	15,360	46.1
14,000P.P.M	2.0	29.7	1,782	14,256	42.7
15,000P.P.M	2.2	27.8	1,668	13,344	40.0
16,000P.P.M	2.3	26.0	1,560	12,480	37.4
17,000P.P.M	2.4	24.5	1,470	11,760	35.2

반송농도	처리량				
	SEC/L	L/MIN	m ³ /Hr	m ³ /8Hr	m ³ /24Hr
18,000P.P.M	2.6	23.1	1,386	11,088	33.2
19,000P.P.M	2.7	21.0	1,308	10,464	31.4
20,000P.P.M	2.8	20.8	1,248	9,984	29.9
21,000P.P.M	3.0	19.8	1,188	9,504	28.5
22,000P.P.M	3.1	18.9	1,134	9,072	27.2

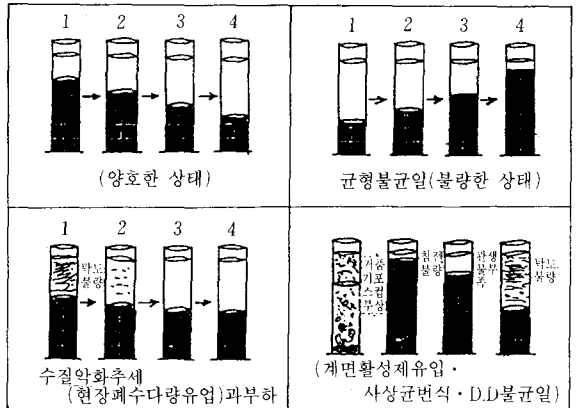
비고 * 일 잉여오니 발생량 : 600kg 기준 산출함 (BONE DRY)

포기조 각 PART별 D.O 및 SV₃₀ 측정자료(분석)

(포기조 4번 기준관리)

측정 일자	측정 시간	BLOWER 대수	포기조					1차처리수 D.O	수온	변동사항 (현장 운전)	
			1번	2번	3번	4번	5번				
1996년 1월5일	9:30	1호 수동	2.1	2.8	0.8	0.7	0.7	36	0.7	36	MLSS : PPM (1540) 반송농도 : ppm 6820
	10:20	2호	4.2	3.9	3.6	3.1	2.6	36	0.7	36	
	평균		3.1	3.0	2.2	1.9	1.6	36	0.7	36	
	10:30	SV ₃₀	64	58	56	35					

각 부분별 SV₃₀ 측정으로 미생물관리 및 사전조치



1) 폐수처리 약품 투입농도를 계산하고자 약품투입 유량을 비커로 측정하는 시점부터 계산하기까지는 많은 시간이 소요될 뿐아니라 계산하는 산출식 또한 복잡하여 작업자에게 좀더 정확성과 편리함을 제공하고자 "알람투입량 및 ppm산출표"를 작성함.

2) 알람 약품농도 산출방법

(예) 펌프양정 3.3 l / mm DIAPHRAGM PUMP다 이알 위치가 10%에 있다고 가정시 알람 투입농도 (PRM)은? (폐수량 3500m³/일)

P.P.M산출식 : $3.3 \ell / \text{분} \times \frac{10}{100} \times 1440 \text{분} / \text{일} = 475.2 \ell / \text{일}$

$475.2 \ell / \text{일} \times \frac{8}{100} \times 10^3 \text{g} / \text{kg} \div 3500 \text{m}^3 / \text{일} = 10.86 \text{ppm}$

3) 상기 2)항과 같은 식을 탈피하고 “산출표”에 의거 현재 다이알 위치 10%일때 폐수량 3500m³/일이라면 서로 교차되는 지점의 숫자 10.86ppm이 투입농도이다.

폐수처리 약품 투입농도를 계산하고자 약품투입 유량을 비커로 측정하는 시점부터 계산하기까지에는 많은 시간이 소요될 뿐 아니라 계산하는 산출식 또한 복잡하여 작업자에게 좀더 정확성과 편리함을 제공하고자 “알람투입량 및 ppm산출표”를 작성했다.

펌프양정 : 3.3 ℓ / min

알람(8%)투입량 및 P.P.M산출표

구분 다이알	Hr	8Hr	24Hr	폐 수 처 리 량(m ³ /D)											
				3,500	3,600	3,700	3,800	3,900	4,000	4,100	4,200	4,300	4,400	4,500	4,600
10%	19.8	158.4	475.2	10.86	10.56	10.27	10.0	9.74	9.5	9.27	9.05	8.84	8.64	8.45	8.26
15	29.7	237.6	712.8	16.29	15.83	15.40	15	14.62	14.25	13.90	13.57	13.26	12.96	12.67	12.39
20	39.6	316.8	950.4	21.72	21.11	20.54	20.0	19.49	19.0	18.54	18.00	17.68	17.27	16.89	16.52
25	49.5	396	1188	27.15	25.68	25.68	25.0	24.36	23.75	23.17	22.62	22.10	21.60	21.11	20.66

펌프양정 : 7.2 ℓ / min

고분자응집제(0.06%)투입량 및 P.P.M산출표

구분 다이알	Hr	8Hr	24Hr	약 품 소요시간	폐 수 처 리 량(m ³ /D)										
					3,500	3,600	3,700	3,800	3,900	4,000	4,100	4,200	4,300	4,400	4,500
10%	43.2	345.6	1,036.8	34 : 40	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14
			0.69												
15	64.8	518.4	1,555.2	23 : 08	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21
			1.03												
20	86.4	691.2	2,073.6	17 : 20	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28	0.28
			1.38												
25	108	864	2,592	13 : 53	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35
			1.73												
30	129.6	1,036.8	3,110.4	11 : 34	0.53	0.52	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.44	0.43	0.42	0.41
			2.07												
35	151.2	1,209.6	3,628.8	9 : 55	0.62	0.60	0.59	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52	0.51	0.49	0.48
			2.42												
40	172.8	1,382.4	4,147.2	8 : 40	0.71	0.69	0.67	0.65	0.64	0.62	0.61	0.59	0.58	0.57	0.55
			2.76												
45	194.4	1,555.2	4,665.6	7 : 42	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.67	0.65	0.54	0.62
			3.11												
50	216	1,728	5,184	6 : 54	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.71	0.69
			3.45												
55	237.6	1,900.8	5,702.4	6 : 18	0.98	0.95	0.92	0.90	0.88	0.86	0.83	0.81	0.80	0.78	0.76
			3.8												

V. 폐수처리 시설 개선사례

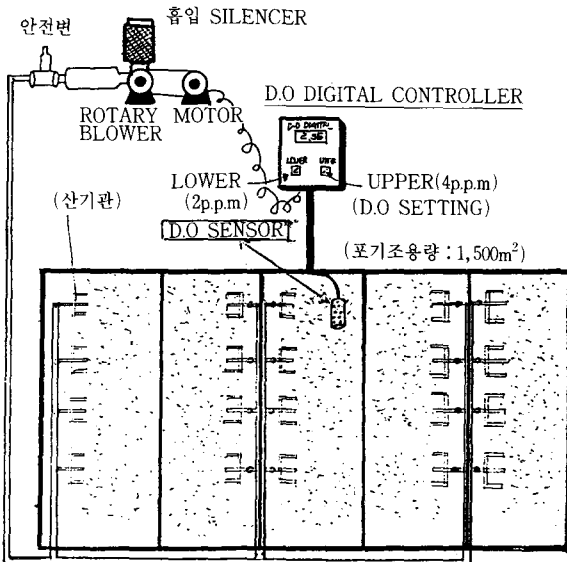
1. 포기조 적정 D.O공급으로 효율적관리 및 전력비 절감

현행	문제점	시설개선	실시후결과
1. D.O CONTROLLER Setting으로 BLOWER자동 운전 하한선 : 2P.PM 상한선 : 4P.PM	1) D.O SENSOR에 기름 성분과 이물질이 심하여 포기조 내 필요한 적정 산소량 보다 많은 필요 이상의 BLOWER가 운전되고 있음. * D.O SENSOR 세척전 : 1.2 P.PM 세척후 : 4.8 P.PM * 근무자가 수시로 D.O SENSOR를 세척해야 하는 불편함.	1) 포기조 BLOWER가 시간 조정 SETTING에 따라서 자동운전될 수 있도록 TIMER장치를 설치.	1) 적정 D.O공급으로 인한 미생물 활성 및 안정 2) 작업자가 수시로 D.O SENSOR 세척 불편함 해소 3) 전력 손실방지로 원가절감

1) -1. 개선활동부분 공정도
ROTARY BLOWER 사양

(ROTARY BLOWER : 3대)

TYPE	VRS 2002	SETTING PRESS	5000mmAQ
CAPTY	36.1m ³ /min	MOTOR마력	75HP 55kw
SPEED	990r.p.m	MOTOR회전수	1778 r.p.m



2. 생산지중에 따라 적정 약품투입량 표준화로 처리효율 향상 및 폐수처리 약품비용 감소 (대책 수립 및 실시)

2) -1 제1차 실시

대책수립	대책실시	실시후 결과분석
○생산지중에 따라 변하는 폐원수 수질에 적정한 약품 투입량 분석	○생산지중에 따른 정수처리가 양호하게 되는 자료만을 태이타화하여 적정 약품 투입함.	효과 : 적정약품을 투입하여 본 결과 정수처리가 예상외로 양호하였고 약품비 절감효과 지대하였음. 문제점 : 원폐수중 탁도불량 및 기포발생으로 처리수 상태불량 발생함.
○생산지중에 따라 적정약품 투입량 기준표 작성	○일 생산지중 파악	

2) -2 생산지중에 따른 적정 약품 투입량 기준표

생산지중	응집제		활산반도		반응조		침강 속도	처리상태평정		
	sec/1	PPM	sec/1	PPM	pH	수온	sec/1	응집	침전	탁도
80 BC BP 70 유광 55 대색 유색	7	1.08	12	127	6.8	32	18	B	B	A
66 갈포기지 68 유표용지 50 BC BP	8	0.953	15	101.6	6.9	33	17	A	A	B
60 식품가공지 60 날염원지 70 유광	9	0.838	16	94	6.9	33	21	A	B	A
100 박리지 50 BP 100 갈량지	11	0.457	17	59.2	6.9	30	23	B	C	A

2) -2 제2차 실시

대책수립	대책실시	실시후 결과분석
○생산지중의 특성에 따른 분석조사 (주원료, 부원료 사용 현황)	○정수 불량에 요인되는 지중 현황표를 참조하여 해당 지중에 따라 수질악화를 사전에 대비 조치함.	○효과 : pH, 기포발생 탁도불량 등 급변화를 사전에 조치함으로써 폐수처리 불량요인을 사전에 대처해결함으로 폐수처리 양호
○탁도 불량 및 기포 발생에 요인되는 지중 현황표 작성	○pH=6이하(NaOH투입) 8이하(ALVM 투입) ○기포발생 : 소포제 투입 ○탁도불량 : 1차처리 ○미생물 충격 및 사멸에 요인되는 생산지중 파악 사전 조치	○개선점 : 탁도 불량에 문제점인 가공 폐수를 재활용수로 전량 사용함으로써 용수절감 및 약품비 절감

2) -2-1. 정수불량에 요인되는 지중 현황표

구분 항목	주원료		부원료			정수불량현상		
	BKP	BROKE	R-size	N-100	Hercon	ALUM	pH	기포 탁도
생산지중								
박리지·일배지	100	20		80L		250L	4.3	방생 -
화장판원지	100	-				TiO ₂	6.7	- 불량
제록스	100	20		120L		30L 90L	6.7	방생 -
날업원지	100	-	120L			140L	4.5	방생 -

생산지중에 따라 적정 약품투입량을 실시한 결과 탁도 불량에 문제점인 가공 폐수를 재활용수로 전량 사용함으로써 용수절감 및 약품비 절감

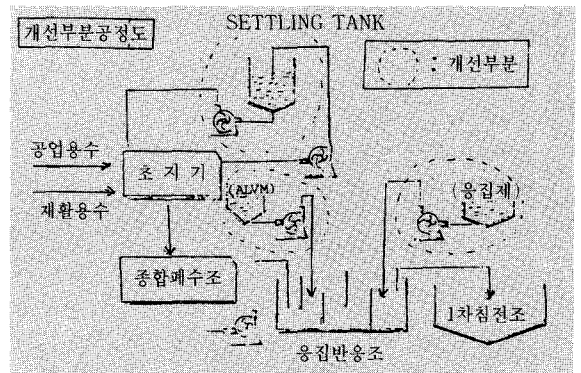
정수불량에 요인되는 각 지중현황

구분 기타	생 산 지 중	정수불량현상	사 용 부 원 료	대 책
1호초지	형광무분(BP), 엘법대지	pH=4~5	• N-100	<ul style="list-style-type: none"> • 원폐수 수질특성을 매 2시간 간격으로 측정한다. (단, 1,2호기가 동시에 해당하는 지중은 1시간 간격으로 원폐수 측정한다.) • pH 6이하(NaOH 투입준비) 8이상(ALDM 투입준비) • 기포발생 : 소포제 투입준비 • 탁도불량 : 응집 반응조에 약품투입 (응집제, 황산반도)
	식품가공지(ICE CONE지 CAND지)	pH=4~5. 살균	• N-100 • KYEMAN	
	SILVER ART지	pH=4~5. 기포발생	• R-SIZE	
	제록스지	기포발생	• N-100	
2호초지	형광무분(BP), 일배지, 갈포지	pH=4~5	• N-100	<ul style="list-style-type: none"> • 탁도불량 : 1차처리(응집제, 황산반도)
	포리박리지(황색, 옥색)	pH=4~5. 기포발생	• N-100 • ALUM	
3호초지	날업원지, 콤퓨터지, 일배지 BP(하이라이트)	pH=4~5. 살균	• R-SIZE	
	ICE CONE지, ICE CAND지	pH=4~5.	• N-100 • KYEMAN	
	우표지, NCR	pH=4~5	• N-100	
	화장품 원지(PK지)	탁도불량	• TIO ₂	
가공 폐수	5호 팔과고장으로 정수실로 유입시	탁도불량	• 탈크 • 라텍스	• pH=11(ALOH), 기포발생 : 소포제
기 타	지중교체, WIR교체, 기타청소	pH=11. 기포발생	• NaOH • 계면활성	

3. 백수 재활용을 위한 SETTLING TANK설치로 용수절약

3) -1. 제3차 실시

대 책 수 립	대 책 실 시	실시후 결과분석
<ul style="list-style-type: none"> ○ 초지기에서 방출되는 백수 계통용수 재활용 방안으로 SETTLING TANK 설치안 제출 ○ 탈수기에서 배출되는 탈수액 분석(응집제 함유량조사) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ SETTLING TANK 설치(용량 : 500m³-2호기 350m³-1호기) ○ C-P TOWER : 500m³ ○ 1차 폐수처리 약품 사용 중지(응집제 황산반도) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 효과 : 1) 포기조 유입 BOD부하감소로 미생물 관리의 안정 2) 용수사용량 감소로 인한 폐수 및 슬러지 총 배출량 감소 3) 폐수처리 약품비 및 전력비 절감 4) 약품용해 및 폐수처리 작업량 감소



(다음호에 계속)

낭비하면 공해물질 회수하면 유용자원