

폐수처리시 고려되어야 할 사항

李圭星

(환경처 기술감리위원)

1. 수질오염 방지시설 설계시 가장 중요한 것 설계자는 폐수량 및 오염도에 따라 방지시설의 무면제, 자가처리, 오폐수 병합처리, 위탁처리, 처리수재이용 등의 여부를 먼저 결정해야 한다.

폐수처리를 하고자 할 때는 설계용량을 설치하고자 하는 해당 배출시설의 용량, 작업시간에 따른 각 시설별 작업 1회당 용수의 사용량과 작업횟수를 곱한 총 용수사용량에서 증발량, 간접냉각수량, 제품함수량을 뺀 양인 1일 최대발생량 $\times 1.2$ 로 결정하되 반드시 동일·유사의 제품을 생산하는 업소와 비교·검토한 후에 폐수발생량으로 결정해야 한다.

원폐수의 오염도는 동일·유사의 제조업체의 자가측정기록부상의 최대값을 적용하거나 물질수지에 따른 해당 배출시설의 생산공법 특성도 감안되어서 날로 기술향상에 따른 현장감 있는 설계오염농도를 결정해야 한다.

방류수의 수질은 해당 수역 배출허용기준농도의 80% 이하로 설계하도록 해야 하며, 반드시 해당수역의 환경용량, 환경기준농도, 수역의 수질오염농도 등을 참조해 향후 배출허용기준강화 가능성과 총량규제, 오염농도 항목의 추가 등도 고려해서 설정함이 바람직하다고 하겠다.

끝으로 처리대상폐수의 오염물질분리·제거에 따른 처리공법 적용여부와 신기술일때는 국내 적용에 따른 성공여부의 확인과 운전관리의 난이도, 각 방지시설의 성능 및 처리효율, 처리장 가동시간을 결정한 뒤 처리장의 부지확보, 설치비, 운영비의 경제성 등이 고려되어야 한다.

2. 국내 일반적인 산업별 폐수량 원단위 조사 가. 피혁폐수

원단이 국내피와 수입피에 따라 다르고 원피인 지 1차가공피(물피)에 따라 차이가 있으나 우피원단은 1매당 약 4Kg 일때 가공시 1-1.3m³(50ft²/매)정도 발생되며(물피는 0.3-0.7m³), 양모원단은 1매당 약 1Kg 일때 가공시 0.1-0.7m³(20ft²/매)정도(다만, 물양피는 10-100ℓ 임)와 돈피원단은 1매당 약 2.5Kg 일때 가공시 0.7-1m³(30ft²/매) 정도가 발생된다.

나. 도살장폐수

도살시 한마리당 소는 1m³, 돼지(150Kg)는 0.45-0.75m³, 닭(2Kg)은 15-25ℓ 정도가 발생된다. (바닥 청소수는 소는 6ℓ(젖소는 37ℓ/일, 비육우는 40ℓ/일 오줌배설) 돼지는 1.5ℓ 정도이다)

다. 염색폐수

염색공정과 염료에 따라 차이가 있으나 아크릴사 25-50ℓ/Kg, 면직물 5-10ℓ/Yard, 면+T/C 원단 30-50ℓ/Yard, Polyester 원단염색가공 2.5-5ℓ/Yard, Polyester 나염 5-10ℓ/Yard 정도이다.

라. 제지폐수

제조공정과 원료(고지, 펄프 및 국내지, 외국수입지)에 따라 차이가 있으나 백상지와 아트지는 제품 1톤당 20-25m³, 박엽지(펄프:고지=2:1)는 50-60m³, 화장지 80-120m³, 판지는 50-70m³, 크라프트지 40-60m³, 신문·인쇄용지 70-90m³, 라이너워지 40-60m³, 골심지는 50-

70m³, 단보루지 40-45m³ 정도이다.

마. 수산물폐수

오징어는 1Kg당 15-20 l, 쥐치어는 2-5 l, 연육은 400 l (명태 20 l, 가자미 400 l, 단포와 척육가공시 10-20 l) 원어가공시 2-10 l, 어분가공시 2.5-3 l, 새우가공시 10 l 정도이다.

바. 기타폐수

세탁폐수는 세탁물 1Kg당 20-30 l 와 바닥세척수 1일당 10 l 정도가 배출되고 병상 1Bed 당 100 l 이다. 설탕은 1 l 정도와 사진현상필름시설은 1m당 5 l, 세차시설은 1대당 승용차 80-220 l, 버스·콤비 900 l, 질차 240 l, 붓고 200-400 l, 석탄은 1톤당 0.5m³이다. 세척폐수는 1톤당 레미콘 1-2.5m³, 전주·훅판파일 1-2.3m³, 시멘트 0.17-0.5m³와 골재 1-1.4m³ 정도이다. 한편 인쇄회로기판(P.C.B)는 1m²당 1-2m³ 정도이고, 상수를 정수하는 1톤 생산과정 중 침전조의 슬러지는 5-15 l 와 여과탑의 역세수는 15-40 l 정도이다. 전분제조시 옥수수 사용할때 1Kg당 2.5-5 l 정도이고, 감자를 사용할 경우는 40-80 l 이다.

3. 국내에서 일반적으로 처리효율이 높은 방지 시설 설계인자

가. 스크린

- 체류시간 : 1-3분
- 통과유속 : 0.45-0.75m / sec
- 설치각도 : 70° 전후
- 폭 : 400-2,500mm
- 부대시설 : 재질, 협잡물수집통, Chain, Rake, 미세스크린 Belt Conveyor

나. 침사조

- 체류시간 : 5-30분(석탄 등은 3Hr)
- 유 속 : 0.15-0.3m / sec 이하(수면적 부하 1,800m³/m²·일 이하)
- 부대시설 : 재질, 급속차단 Gate, 침사지 유입 밸브, Skip Hoist, Flight Double Chain

《참 고》 시간최대량의 EV를 1/60로 결정하는 확설도 있음.

다. 유수분리조

- 체류시간 : 10-15분

- 부대시설 : Frame, Oil Collector(0.3-1.2m/분), Pit

라. 유량조정조

- 체류시간 : 균등화조는 1일 용량으로 설비, Pump Pit는 15-30분 정도, 방류조는 5-20분

- Roots Blower : 유효용량 1m³ 당 1-2m³/Hr 정도나 유효저장 총용량의 20-24배/일 공기공급

- 수심과 여유고 : 4m 정도로 하고 여유고는 500mm

- 부대시설: Diffuser, Pump, L / S, 재질

$$\text{Pump 출구경} = 146 \sqrt{\frac{Q}{V}} \text{ [mm]}$$

여기서, Q=폐수량(m³/분)

V=평균유속(m / sec)

구	경[m/m]	평균유속[m/sec]
	100	0.8
	300	1.0
	500	1.2
	800	1.4
	1000	1.5
	1500	1.65

[표 1] 펌프구경에 따른 유량값

구경 (mm)	표준유량 (m ³ /분)	적 당 한 최대유량 (m ³ /분)	구 경 (mm)	표준유량 (m ³ /분)	적 당 한 최대유량 (m ³ /분)
20	0.025		450	25	27
25	0.05	0.06	500	30	33
35	0.08	0.10	550	37	40
40	0.13	0.15	600	45	49
50	0.2	0.25	700	55-65	66
65	0.3-0.4	0.45	800	85	88
80	0.5-0.63	0.65	900	93	110
100	0.85-1.1	1.2	1000	115-140	140
125	1.4-1.7	1.9	1100		170
150	2.1-2.6	2.7	1200		205
175	3.3	3.8	1300		240
200	4-4.8	5.0	1400		285
250	6-7.5	8.0	1500		330
300	9-11	12	1600		375
350	14	16	1800		480
400	17-20	21	2000		600

《참고》 유량조정조 규격은 생산공정이 자동화공정이고 연속 system으로 단일 제품생산과 생산량이 일정하다면 폐수배출량의 1/6이상 결정설과 1.5/24이상 확설이 있으며,

$$EV=Q\left(\frac{1}{t_1}-\frac{K}{t_2}\right)\times t_1 \text{ 확설 등이 있다.}$$

마. pH조정조

- 체류시간 : 5-20분
- 교반속도 : 180rpm(속도구배 : 300-1,500m/sec)
- 규격 : $W=L(\leq)H$ (1:1:1-1.2)
- 부대시설 : 약품조, pH meter, 재질, V-notch 및 baffle(0.1D)metering pump, 교반기

[표 2] 중화탱크의 치수와 구동마력

탱크의 치수 A	액면으로부터의깊이D		구동마력 kw
	최소	최대	
800	800	1,100	0.4
1,100	1,100	1,400	0.75
1,300	1,300	1,600	0.75
1,500	1,500	1,800	1.5
1,600	1,600	1,900	1.5
1,800	1,800	2,100	1.5
1,900	1,900	2,200	1.5
2,000	2,000	2,400	2.2
2,100	2,100	2,400	2.2
2,200	2,200	2,500	3.7
2,400	2,400	2,700	3.7
2,500	2,500	2,800	3.7
2,700	2,700	3,000	3.7
2,800	2,800	3,100	3.7
2,900	2,900	3,200	3.7
3,000	3,000	3,400	5.5
3,200	3,200	3,500	5.5
3,400	3,400	3,700	5.5

바. 혼합조

- 체류시간 : 20-30분
- 교반속도 : 180 rpm(속도구배 : 300-1,500m/sec)
- 규격 : $W=L(\leq)H$ (1:1:1-1.2)
- 부대시설 : 약품조, metering pump, PH meter, 교반기, 재질
- 《참고》 일반적으로 응집제는 모든 폐수에 Alum

이 선택성이 높으나 원폐수의 성상따라 약간씩 차이는 있을 수 있다. 염색폐수일 경우는 Fe계 사용시 탈색률이 높고 상징수 상태가 양호해 PH 변화와 그 효과를 염료의 종류에 따라 다음 표를 참조하도록 한다.

[표 3] 각 염료폐수에 대한 응집제의 효과

염료종류	폐수 1000gal당 응집제 사용량(lb)	효과		
		pH변화	탈색률(%)	
Aniline-Black	명반	0.9	6.5→7.0	83.8
	석회	0.4		
	FeSO ₄	2.3	6.5→6.9	80.0
	석회	0.6		
	FeCl ₃	1.5	6.5→7.7	83.8
	석회	0.6		
석회	6.3	6.5→11.7	80.0	
현색 안료	FeSO ₄	11.6	3.3→5.6	85.0
	석회	2.1		
	Fe ₂ (SO ₄) ₃	18.3	3.3→7.0	65.0
석회	10.5			
직접 염료	Fe ₂ (SO ₄) ₃	2.8	10.8→3.6	75.0
	명반	7.4	10.8→4.3	75.0
	FeCl ₃	3.4	10.8→3.5	85.0
	FeSO ₄	3.6	10.8→11.9	90.0
석회	62.3			
Indigo	석회	7.0	10.8→11.8	65.0
	FeSO ₄	5.8	10.5→11.5	94.5
	석회	12.8		
	명반	10.0	10.5→4.2	65.0
CaCO ₃	154.0	10.5→8.2	94.5	
Naphthol-dye	H ₂ SO ₄	21.8	11.6→4.5	99.0
	Fe ₂ (SO ₄) ₃	27.8	11.6→6.0	99.5
	명반	55.8	11.6→4.5	99.5
	FeCl ₃	33.9	11.6→5.6	99.5
황화 염료	H ₂ SO ₄	36.5	11.7→3.5	99.0 H ₂ S발생
	명반	58.0	11.7→5.0	99.0 H ₂ S발생
	FeSO ₄	214.0	11.7→8.3	99.7
Vat dye	FeSO ₄	92.8	11.7→11.0	85.5
	석회	12.5		
	FeSO ₄	116.0	11.7→6.3	87.5
명반	232.5			

사. 응집조

- 체류시간 : 20-40분
- 교반속도 : 40-60rpm(속도구배 40-100m/sec)
- 규격 : $W=L(\leq)H$ (1:1:1-1.2)
- 부대시설 : 약품조, metering pump, 교반기, 재질

아. 침전조

- 체류시간 : (1차 침전조) 2-3.5Hr (2차 침전조) 3-5Hr

- 유효속도 : 2-3.5m

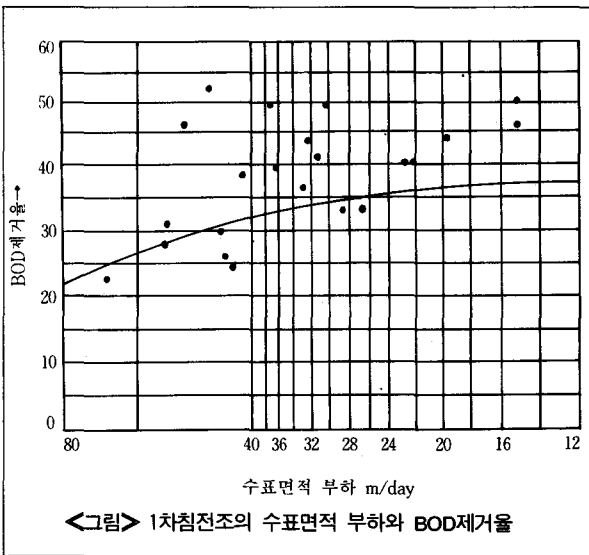
- 표면적부하 : (1차 침전조) Alum-13-15.6, 철염 18.2-20.8, 소석회 36.4-41.6 [m³/m²·일]

(2차 침전조) 장기포기법 5.2-10.4, 기타공법 10.4-20.8, 살수여상법 10.4-15.6 (m³/m²·일)

- 부대시설 : 오니제거기 (선속도 1-2m/분) Baffle Plate, Sludge Pump, 유입집, Weir, Pump, Gate

《참 고》 1차 침전조에서 Polymer 사용할 때는 통상 15-20m³/m²·일로 함이 효율적이며, 화학적 침강조는 조내에 batch식 약품반응조 (표면적부하 1m³/시·m², 체류시간 30분, 높이 1,000mm 이하로 pH meter 설비해 운용하여야 한다.)

한편 반드시 원형으로 설비하고 직경이 4m 이상일 때는 철판



자. 부상조

- 체류시간 : (전가압) 20-30분 (부분가압) 30-

50분 (가압탱크) 1-5분 (압력) 6-8Kg/cm²

- 부 하 : (표면적) 3-9m³/m²·Hr

(고형물) 5-10Kg-DS/m²·Hr

- 속 도 : (기포상승) 25-125mm/분

(부상) 50-160mm/분

- A/S비 : 0.01-0.06

- scum pit: 30-60분

- 부대시설 : 재질, 구동장치, 압축기, Skimmer(drive unit), 가압 tank, sludge pump, ejector (DAF)

차. 환원조

- 체류시간 : 20-30분

- 교반속도 : 120-180rpm

- 규 격 : W=L(≦)EA

- 계 기 : pH meter, ORP meter(0-700mv)

- 부대시설 : 정량주입 pump, 약품 tank, agitator 카. 산화조

- 체류시간 : (1차) 20-30분 (2차) 30-60분

- 교반속도 : 120-180rpm

- 규 격 : W=L(≦)EH

- 계 기 : pH meter, ORP meter(1-100mv)

- 부대시설 : 재질, 정량주입 pump, 약품 tank, agitator

카. 포기조

- 각 처리공법에 따른 설계기준 <표 참조>

- 공기공급량 계산

$$\text{Air 量} = (aLr + bSa) \left(\frac{22.4}{32} \right) \left(\frac{1}{0.21} \right) \left(\frac{1}{y} \right) \left(\frac{273 + t_a}{273 + 0} \right) \left(\frac{1}{1,440} \right)$$

여기서, a: BOD 제거당 산화분해율(0.31-0.77: 보통 0.5)

L: BOD 제거량 (Kg/일)

b: 활성슬러지의 내생호흡속도계수 (0.05-0.18: 보통 0.06/일)

Sa: MLSS 량(Kg)

y: 산소전달율(5-10%: 보통 0.05)

- 부대시설 : Root's Blower 및 aerator, diffuser, spray pump, 영양제(n, p) tank, 정량주입 pump,

〈표 4〉 각 처리공법에 따른 설계기준

형식	부하율			BOD 제거효율(%)
	F/MBI (kg BOD/kg MLSS·일)	SRT (일)	BOD 응적부하 (kg BOD/m ² ·일)	
장기포기	0.05	30	0.16-0.24	90이상
표준	0.15-0.4	4-8	0.32-0.96	90-95
고출	0.4-1.0	2-4	1.12-2.88	85-90
수정식	1.5-3.0	<1	1.44-2.88	60-75
접촉법	0.15-0.5	3-10	0.48-1.12	85-95
접촉	0.5-2.0	-	1.44-2.86	85-95
안정조	-	-	-	-
단단식질산화	0.05-0.15	10-15	0.16-0.48	95이상

형식	포기조 체류시간 (시간)	산소요구량 (kgO ₂ /kg BOD제거량)	슬러지 반출률 (%)	MLSS (mg/ℓ)
장기포기	16-24	1.4-1.6	100-300	2000-6000
표준	4-8	0.8-1.1	30-100	1500-4000
고출	2-4	0.7-0.9	30-100	3000-5000
수정식	0.5-2	0.4-0.6	10-30	500-1500
접촉법	-	0.8-1.1	25-75	-
접촉조	1.0-3.0	0.4-0.6	50-100	2000-4000
안정조	3.0-6.0	0.3-0.5	-	6000-10000
단단식질산화	6-12	1.1-1.5	30-100	3000-6000

DO meter, MLSS meter

(타)살균조

- 접촉시간 : 15분이상
- 염소주입률 : (1차 처리수) 18-24mg / ℓ,
(2차 처리수) 6-12mg / ℓ
(3차 처리수) 4-6mg / ℓ
(병원 처리) 3-5mg / ℓ
- 부대시설 : 약품 tank, 정량주입 pump, 재질, baffle, 유량계
- (파)농축조
- 체류시간 : 12-24Hr
- 고행물부하
- 유효수심 : 4m
- 바닥경사 : 5/100이상

〈표 5〉 고행물 부하

슬러지 종류	고행물부하 (Kg / m ² · 일)	고행물 함유량(%)	
		농축전	농축후
1차슬러지	98-146	2.5-5	8-10
활성슬러지	24-29	0.5-1	2.5-3
순산소법슬러지	34-166	1.5-3.5	4-8
살수여상슬러지	39-49	5-10	7-10
1차+활성슬러지	29-49	4-5	5-10
1차+살수여상슬러지	49-59	3-6	7-9

- 부대시설 : sludge collector, 재질, sludge pump, 유입정, weir

(하)침전물 개량조

- 체류시간 : 10-40분
- 교반속도 : 40-60rpm
- 부대시설 : 재질, 교반기, 약액탱크(저장량 7일분), 정량주입 pump

(거)탈수기

- 진공필터 : 진공을 300-600mmHg로 유지(62-86% 함수율)

- 필터프레스 : 가압력 4-10Kg / cm²임 (50-76% 함수율)

- 벨트프레스 : 처리능력 0.5m³/Hr 이상에 적용 (60-88% 함수율)

- 원심분리기 : serew press로 65-90% 함수율 탈수

- 부대시설 : belt press, 여포세정수 pump, sludge 공급 pump, air compressor와 압축공기 저장 tank

〈참 고〉 소요 Belt 폭(W) 산출공식

$$W = \frac{W_o}{T \times V_o} \times 10^3 \text{ [m]}$$

여기서, T : 가동시간(Hr / day)

V_o : 탈수속도(Kg / Hrm)

W_o : 건조고행물량(Kg / day)

내가버린 오염물질 순환되어 내 몸속에