

실무자를 위한 용·폐수처리기술

〈9〉

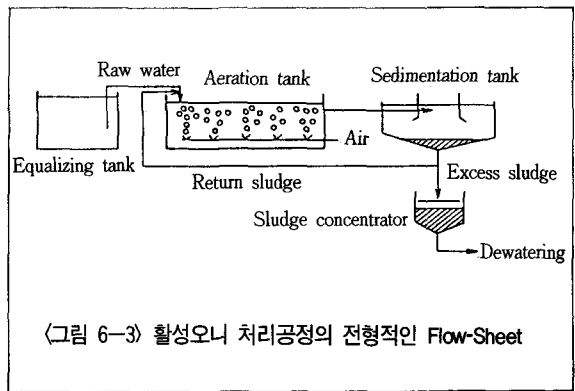
2. 활성오니 처리법

가. 활성오니 처리법의 개요

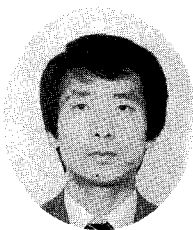
생물학적 처리는 근본적으로 폐수중의 유기물 성분을 미생물이 분해 섭취함으로써 미생물 세포증식의 형태로 전환되고 동시에 미생물의 대사에너지로 활용하는 과정을 이용하는 것이다.

즉 폐수중의 유기물은 미생물에 의해 분해 섭취됨으로써 대부분, 미생물 세포의 형태로 전환하게 되고 일부는 대사에너지로 활용하게 된다. 이처럼 생물학적 처리는 폐수중의 유기물을 미생물이라는 매체를 통하여 분리가 가능한 현탁입자로 전환하는 과정을 의미하므로 생물학적 처리에서는 중간매체인 미생물의 생육에 보다 양호한 환경조건을 조성하는 것이 가장 중요한 것이다.

생물학적 처리중 공업 폐수처리에 가장 널리 사용하는



〈그림 6-3〉 활성오니 처리공정의 전형적인 Flow-Sheet



全炳俊

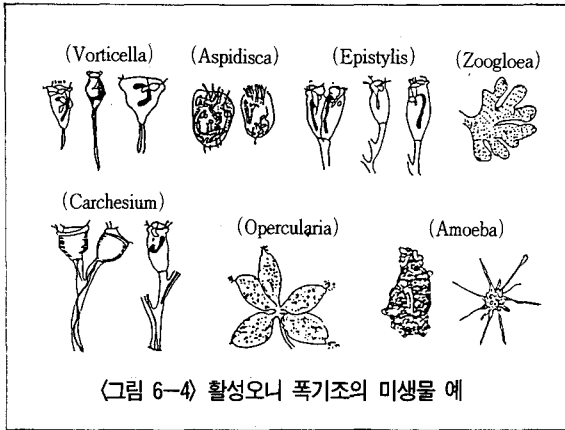
〈株〉한수 기획부

는 것은 역시 활성오니법으로써 호기성 미생물을 매체로 하여 처리하는 방법이다.

활성오니법은 상기 모식도에 나타난 바와 같이 미생물과 폐수를 폭기조에 혼합하여 공기(산소공급)를 계속적으로 보급해 줌으로써 유기물이 미생물의 영양원이 되어 미생물의 증식을 촉진시키는 것이다.

이처럼 미생물의 증식형태로 전환된 유기물의 고액분리(침전분리)를 통하여 처리수를 얻게 된다.

이와 같이 폭기조에서 처리된 폐수는 침전조에서 고액분리가 되고, 침전된 슬러지의 일부는 다시 폭기조로 반송되어(반송슬러지 또는 반송오니로 통칭됨) 폭기조내의 미생물농도를 안정하게 유지시키는 역할을 하게 되며, 나머지 대부분의 슬러지는 모두 농축 탈수되게 된다.



(그림 6-4) 활성오니 폭기조의 미생물 예

따라서 활성오니 처리에서는 미생물이 활동하는데 최적의 환경조건을 유지하는 것이 중요하며, 만일 환경이 악화되면 미생물의 활동이 둔화되어 유기물의 제거효율이 저하되거나, 활성오니가 Bulking상태에 이르게 되어 고액분리가 어렵게 된다.

결국 활성오니의 처리(Activated Sludge Process)에서는 최적의 환경조건을 유지해 주기위하여 산소요구량이나 예상되는 세포증식량, 산소의 농도 등의 제한조건들을 적절히 조절해 주는 배려가 필수적이 된다.

나. 활성오니에 영향을 미치는 인자

활성오니 최적생육을 위한 환경조건중 중요한 인자로는 다음과 같은 것들이 있다.

1) pH

일반적으로 최적의 pH범위는 7-7.5범위이며, 통상 6-8범위에서 관리되는 것이 통례이다.

산이나 알칼리 폐수의 처리시 중화를 통하여 적정 pH범위로 조정하는 것이 가장 기본적 사항이며, 미생물의 호흡에 의하여 발생되는 CO₂는 수중에서 탄산의 형태로 전환되므로 완충효과를 얻기 위해서 폭기조유입수는 pH=8.0부근으로 사전에 조정하는 것도 바람직하다.

2) 온도

미생물의 활동도는 온도(수온)가 10°C 이하이거나 40°C 이상에서는 감소하게 된다. 활성오니 처리의 일반적인 온도관리 범위는 15-30°C이다.

3) 용존산소

폭기조 내에서의 용존산소 농도는 표준 활성오니법에서는 반드시 0.5-1ppm 이상을 유지하여야 한다. 통상 BOD 1kg당 40m³정도의 공기가 필요하다. 또한 소

화를 위해서는 용존산소 농도가 높은 편이 좋다(2-3ppm). 일반적인 관리지표는 1-2ppm 정도이다.

폭기조처리시의 산소요구량은 다음과 같이 계산될 수 있다.

(표 6-2) 폭기조 처리시 산소요구량

$O_2 = a'L_t + b'S$
O_2 : oxygen requirement(Kg-O ₂ /d)
L_t : removed BOD(Kg-BOD/d)
S : biological solids(Kg)
a' : fraction of organics consumed to supply energy for synthesis(-)
b' : the autoxidation rate(1/d)
※ a' 와 b' 는 폐수의 성상에 따라 차이가 있으나 통상의 경우 다음과 같은 값을 갖는다.
$a' = 0.35 \sim 0.55$
$b' = 0.05 \sim 0.20$

4) 영양 Balance와 부하량

미생물에 있어서 가장 중요한 3대 영양소는 유기물(BOD)과 질소(N), 인(P)으로서, 일반적으로 요구되는 비율은 BOD:N:P=100:5:1이다.

질소나 인의 농도가 요구되는 비율 이하일 경우에는 BOD제거율도 감소된다. 암모니아는 가장전형적인 형태의 질소영양원이며 다른 질소화합물도 폭기조내에서 생화학적 반응에 의하여 암모니아로 전환되게 된다.

황산암모늄(Ammonium Sulfate), 요소(Urea), 아질산염(Nitrites)이나 질산염(Nitrates)도 질소영양원으로 사용된다.

5) 저해물질

미생물의 활성을 저해하는 물질에는 효소반응을 저해하는 물질(동, 크롬, 염소, 시안, 페놀 등)이나 표면에 부착하여 산소호흡을 방해하는 유지류 등이 있다.

미생물에 대한 영양의 평가는 완전혼합조내에서 단일성분에 대한 미생물의 성장속도를 측정해 보거나 생분해가 가능한 유기물의 정도를 측정하여 예측하는 것이 가능하다. 한편, 독성이 없는 것으로 평가되는 무기염의 경우에도 고농도에서는 미생물의 생분해성을 저해하여 활성오니 처리효율 자체를 감소시킬 수 있으므로 과도한 염류의 유입은 피하는 것이 좋으며 필요시 희석 처리하는 것이 바람직하다.

일반적으로 알려진 활성오니에 대한 저해물질의 중

류와 한계농도는 별첨에 언급하였다.

〈표 6-3〉 폭기조 처리시 슬러지 발생량

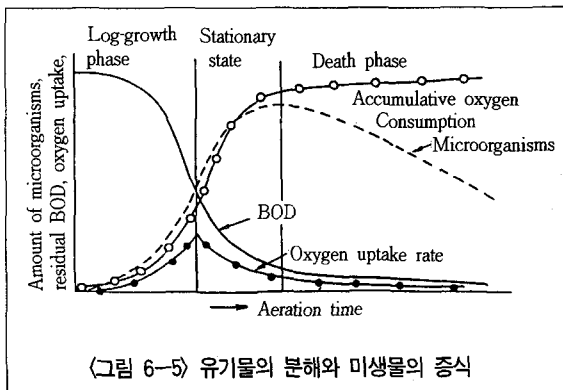
$\Delta S = aL_r bS$ ΔS : sludge produced(Kg/d) a : fraction of BOD converted to new cells(-) L_r : BOD removed(Kg/d) b : fraction of autoxidized solids(1/d) S : biological solids(Kg)
※ S는 MLVSS(Mixed Liquor Volatile Suspended Solid)를 칭하며 통상 0.6~0.8의 범위임. ※ a와 b의 값은 폐수성상에 따라 차이가 있으나 통상의 경우 다음과 같은 값을 갖는다. a: 0.5~0.7 b: 0.05~0.15

〈표 6-4〉 산소용해량

$\frac{dc}{dt} = K_L a(C_S - C)$ C : Concentration of dissolved oxygen(ppm) t : time(hr) $K_L a$: overall mass transfer coefficient for oxygen dissolution(ℓ / hr) C_S : 포화 용존산소 농도(ppm)
※ 산소용해량은 폭기시스템에 따라 차이가 있으며, $K_L a$ 는 기포의 크기에 따라 차이가 있으며, 기체-액체간의 접촉면적, 폭기조의 구조, 폐수의 성상, 교반의 강도에 따라 산소용해량은 다소간의 차이를 나타낸다.

〈표 6-5〉 온도에 따른 예상 포화 용존산소

온도(°C)	0	10	20	30	40	50	60	70
포화 용존산소 q[g/100g] ($\times 10^3$)	6.95	5.33	4.34	3.59	3.08	2.66	2.27	1.86



다. 활성오니 처리시의 주요 관리항목

활성오니 유기물에 대한 흡착 또는 흡착된 물질의 분해능력은 활성오니를 구성하는 미생물의 종류와 수에 좌우된다. 이들 종류와 수는 앞에서 언급한 바와도 같이 수질, 용존산소 농도, 수온 등의 영향을 받게 되므로 통상 SVI 값 등의 측정을 통하여 관리의 지표로 삼게 된다.

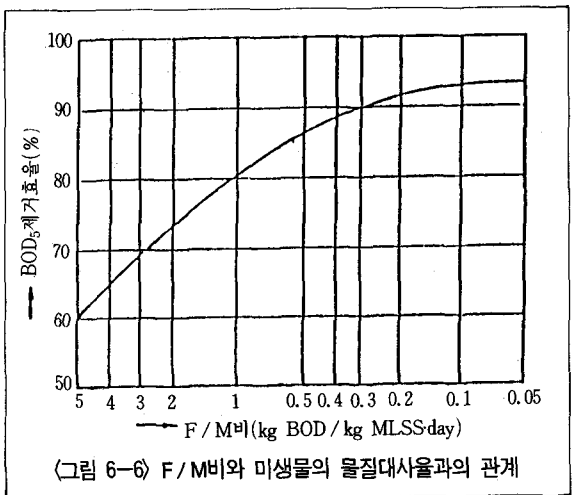
이와 함께 유기물의 부하량 등을 적절히 조절해 주어 처리수의 수질이 미처리수에 의하여 악화되지 않도록 하여야 한다.

(1) BOD부하(F/M비)

단위 미생물당 부여되는 유기물의 양을 말하며 미생물의 양(MLVSS)에 기초하여 산출한다.

$BOD부하(MLVSS 기준) = \frac{L}{S}$ L : 1일당 부여되는 BOD량(Kg/day) S : 폭기조내 MLSS의 량(Kg)
$BOD부하(폭기조용량 기준) = \frac{L}{V}$ V : 폭기조 Tank의 용량(m^3)

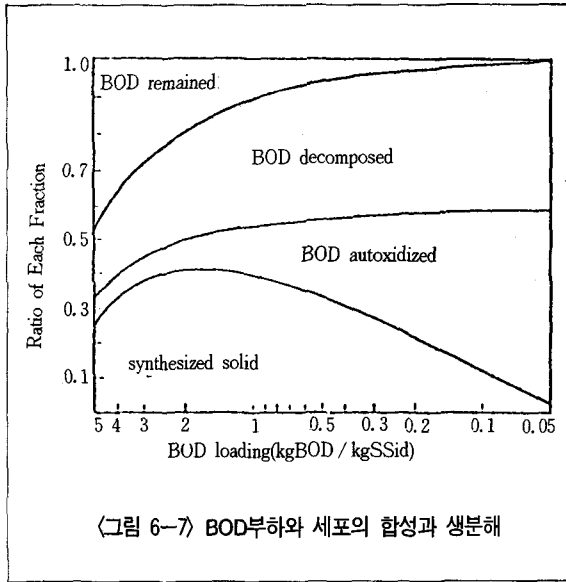
BOD부하는 폐수내의 유기물량(Food)과 활성오니량(Micro organism)의 비라는 의미이므로 F/M비로도 나타내며, 설계의 기본인자로 사용하며 대부분의 경우 F/M(L/S)는 0.2~0.5(KgBOD/KgMLS-S)의 범위에서 운전되는 것으로 알려져 있다.



* F/M비가 작을수록 BOD제거효율은 좋으나 침전성이 나쁘다.

* F/M비가 높을수록 용존산소는 높게 유지해 주어야 하며, 용존산소농도가 낮을 경우에는 Bulking의 원인이 된다.

(F/M비 0.5의 경우 용존산소 2ppm이상이 일반적으로 안정영역)



〈그림 6-7〉 BOD부하와 세포의 합성과 생분해

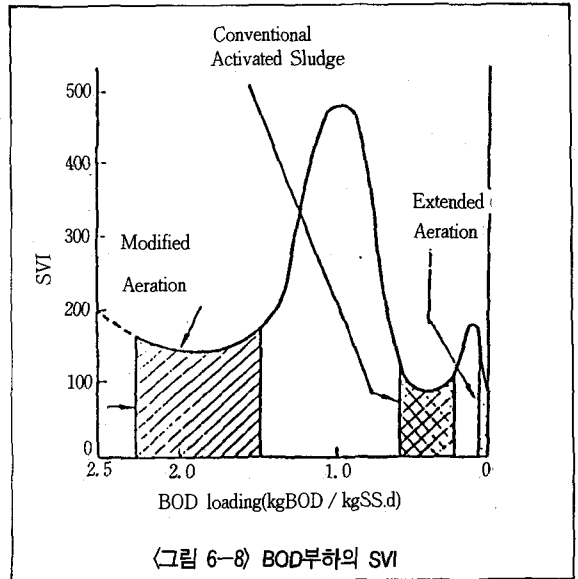
(2) 오니 용량지표(SVI; Sludge Volume Index)

$$= \frac{\text{폭기조혼합액 1ℓ의 30분 침전후 오니부피(ml)}}{\text{폭기조혼합액 1ℓ 중의 부유물질량(mg)}} \times 1,000$$

$$= \frac{\text{30분후 침전후의 오니부피(\%)}}{\text{MLSS(\%)}} \times 1,000$$

* SVI는 활성오니의 침전가능성을 나타내는 값으로, 슬러지의 Bulking의 여부를 확인하는 지표이다. Bulking은 통상 사상균이 번식하거나, 미생물이 분산성장단계에 있어 쉽게 침전되지 않는 것을 말한다. 통상 SVI의 관리치는 50-150이다.

SVI의 결정은 1ℓ의 폭기조 용액시료를 Cylinder에 넣고 30분간 정치시켜 침전된 부피를 측정하며, MLSS의 농도는 폭기조용액을 전조시켜 측정하며 이 값들로부터 SVI를 계산한다.



〈그림 6-8〉 BOD부하의 SVI

(3) 오니밀도 지표(SDI; Sludge Density Index)

$$= \frac{\text{MLSS(ppm)}}{\text{폭기조혼합액 1ℓ에서의 30분 침전후의 오니량(\%)}}$$

$$= \frac{\text{MLSS(\%)} \times 100}{\text{30분 침전후의 슬러지량(\%)}}$$

* 슬러지 반송률 결정과 침강성 판단에 이용되는 지표

$$\text{SVI} = \frac{100}{\text{SDI}}$$

통상 SDI의 관리치는 1.67-0.83이다.

(4) 반송오니량의 결정

반송오니의 양은 MLSS의 양에 근거하여 산출한다.

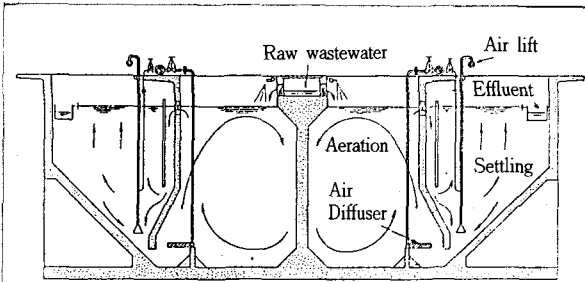
$$\text{R(\%)} = \frac{(\text{MLSS} - \text{ISS}) \times 100}{\text{RSS} - \text{MLSS}}$$

R : 오니반송율(%), ISS : 유입수의 SS(ppm)
RSS : 반송오니의 SS(ppm)

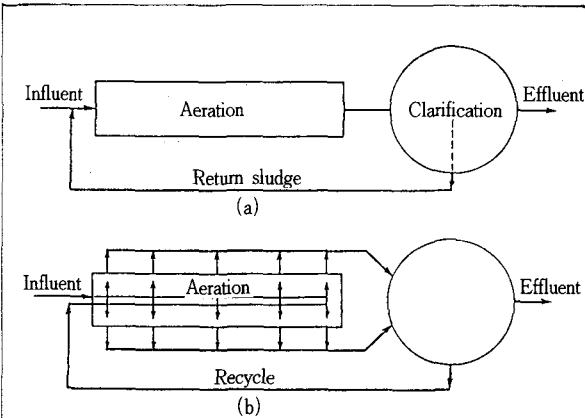
* MLSS(Mixed Liquor Suspended Solid) : 폭기조내 혼합액중의 활성오니량

라. 기타의 활성오니 처리법

활성오니법의 기타 방법으로는 접촉 안정조법(Contact Stabilization Process), 다단식 폭기법(Step Aeration Process), Modified Aeration(High rate)Process.



〈그림 6-9〉 Airjester 방식의 활성오니 폭기조 구조에
KURITA의 Airjester Tank

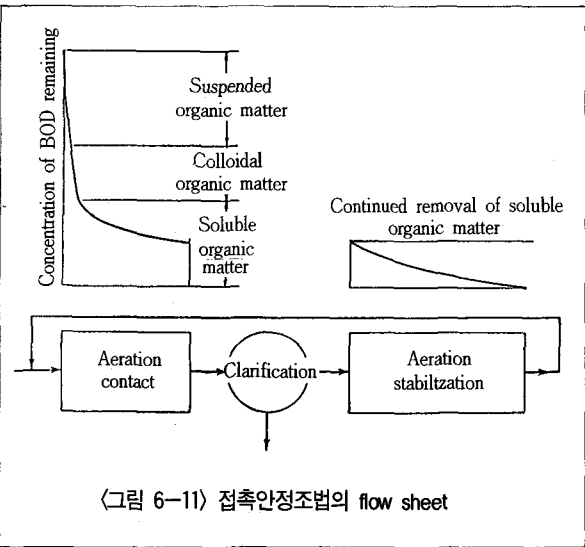


〈그림 6-10〉 (a) 재래식 활성오니 폭기조 flow
(b) 완전 혼합방식의 활성오니 폭기조 flow

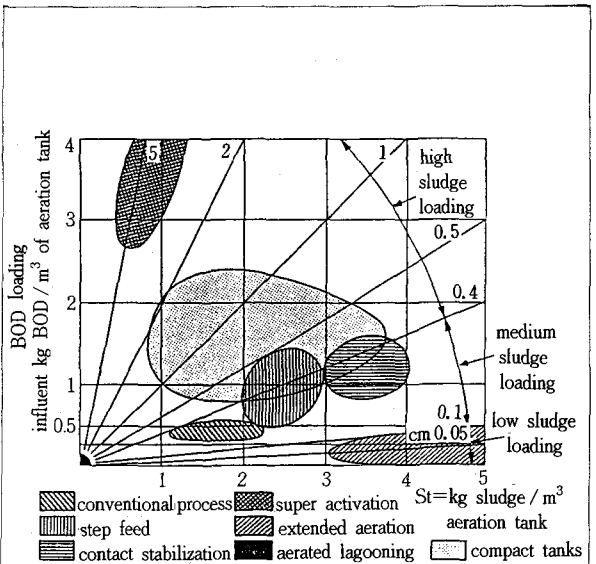
〈표 6-6〉 각종 활성오니 변법의 특징

종 류	개 요	특 기
점속 안정조법	-BOD성분이 부유입자나 콜로이드 형태가 주체일 경우에 주로 이용 -미생물과 입자의 접촉이후 유기물 분해	• 안정조 경유후 제순환 이용
단단식 폭기법	-폐수를 분리 유입시켜 각각 폭기 시킴으로 미생물의 초기 분해속도를 최대한 이용 -유입구의 과부하나 충격의 완충효과 -MLSS의 산소이용율의 균등화	• 폭기관(산기관)을 분리시킨 Tapered Aeration 법도 있음
완전혼합 폭기법	-연속 교반류 형식으로 유입되는 폐수를 폭기 교반하여 혼합 균등상태로 처리	• 미세거 유기물이 부분적으로 유입과 동시에 유출-단회로 현상
Modified Aeration (High rate)	-BOD부하를 높게 운전 -BOD 제거효율은 약 70% 정도로 감소	• MLSS의 농도가 비교적 낮은 상태에서 운전됨
Extended Aeration	-폭기시간을 연장시켜 BOD 제거 이후 내생대사에 의한 세포에너지 소모까지 유도하여 슬러지부피 감소	• 처리시간의 연장으로 처리장 면적이 다소 넓게 소요됨.

Extended Aeration Process 등이 있다.



〈그림 6-11〉 점속안정조법의 flow sheet

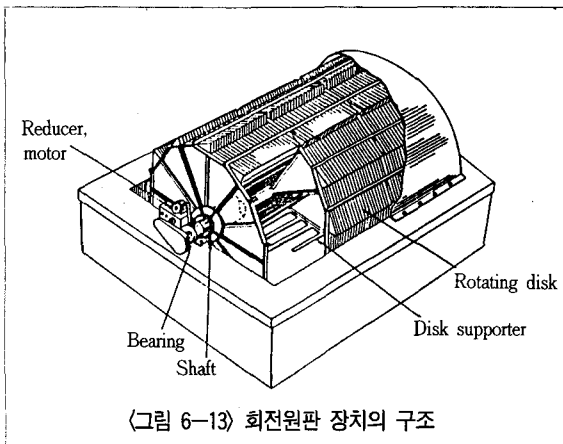


〈그림 6-12〉 활성오니폭기법에서 사용되는
각종 처리법의 BOD부하
출전 : Degremont-Hand book

(표 6-7) 각종 활성오니법의 조작 조건

처리방법	BOD부하		폭기조내 혼 합액의 부유 물 농도 (MLSS)	오니령(일)	송기량(폐수 량의 배수)	폭기시간	오니 반송비 (%)	SVI(ml / g)	BOD제거율 (%)
	BOD-SS 부하(kg / kg SS일)	BOD용적 부하(kg / m ³ 일)							
표준법	0.2 -0.4	0.3 -0.8	1,500 -2,000	2-4	3-7	6-8	20 -30	60 -120	95
단계 폭기법	0.2 -0.4	0.4 -1.4	2,000 -3,000	2-4	3-7	4-6	20 -30	100 -200	95
접촉 안정화법	0.2	0.8 -1.4	2,000 -8,000	4	12이상	5이상	50 -100	50 -100	90
장시간 폭기법	0.03 -0.05	0.15 -0.25	3,000 -6,000	15 -30	15이상	16 -24	50 -150	40 -60	75 -90
Modified 폭기법	1.5 -3.0	0.6 -2.4	400 -800	0.3 -0.5	2-4	1.5 -2.5	5-10	50	70
고속폭기 침전 법	0.2 -0.4	0.6 -2.4	3,000 -6,000	2-4	5-8	2-3	50 -150	-	-
산화 Ditch법	0.03 -0.05	0.1 -0.2	3,000 -4,000	15-30	-	24 -48	50 -150	-	-
폭기식 라군법	0.02 -0.2	0.1 -0.5	2,000 -4,000	-	-	5-10일	-	170 -240	98

* 주 : 폭기조의 크기는 BOD총량과 유지오니농도에 따라 다르지만, 오니부하 0.2~0.4kg BOD / kg-MLSS · 일, 오니농도 4,000~6,000mg / l. (단위 용적부하는 0.6~1.6kg BOD / m³일을 산업폐수처리의 표준으로 하고 있다)



3. 기타 처리방법

기타의 호기성 처리방법에는 회전원판법, 살수여상법, 접촉산화법 등이 있으며 이들은 모두 활성오니 처리방법과 유사한 방법으로써 미생물을 회전원판이나 충전재(괴석, Plastic제의 합성가공품 등) 등 고체표면에 미생물을 부착시켜 미생물과 폐수, 산소의 접촉을 유도함으로써 폐수를 처리토록 하는 방법이다.

또한 혐기성 처리방법으로는 메탄 발효법과 같은 소화조법 등이 있다.

상담 및 문의전화 553-6491

낭비하면 공해물질 회수하면 유용자원