

I . 혐기-무산소-호기법의 원리와 설계

1. 본법의 FLOW-SHEET

본법의 FLOW SHEET를 그림-1에서 나타낸다. 본법의 생물반응조는 혐기조, 무산소조 및 호기조로 구성된다. 혐기조에서는 용존산소도 질산성 질소(NO_3^- -N)도 존재하지 않은 혐기상태가 유지되어 여기서 활성슬러지중의 인의 방출이 행하여진다. 무산소조에서의 DO는 존재하지 않지만 질화액순환에 동반하는 NO_3^- -N이 존재하는 무산소상태를 유지하여 여기서 탈질을 촉진시킨다. 호기조에서는 DO존재 하에서 암모니아성질소(NH_4^+ -N)의 질산화와 인의 섭취를 행한다.

본법으로서는 혐기조에 있어서의 인의 방출이나 무산소조에 있어서 탈질반응을 진행시키기 위해서, 반응조에의 유입수중에 충분한 유기물(BOD)농도를 확보할 필요가 있다. 그 때문에 강우때나 공용 개시 초기에서 유입수중의 BOD농도가 낮은 경우 최초침전지를 우회하는 유입하수의 바이패스수로 사용하여 반응조에의 유기물부하를 높이는 등의 대책을 취한다.

또한, 질산화액의 순환은 기본적으로는 순환펌프에 의하지만 구조적으로 가능한 경우에는 AIR-LIFT효과나 AIR-LIFT PUMP에 의한 순환을 행하는 경우도 있다.

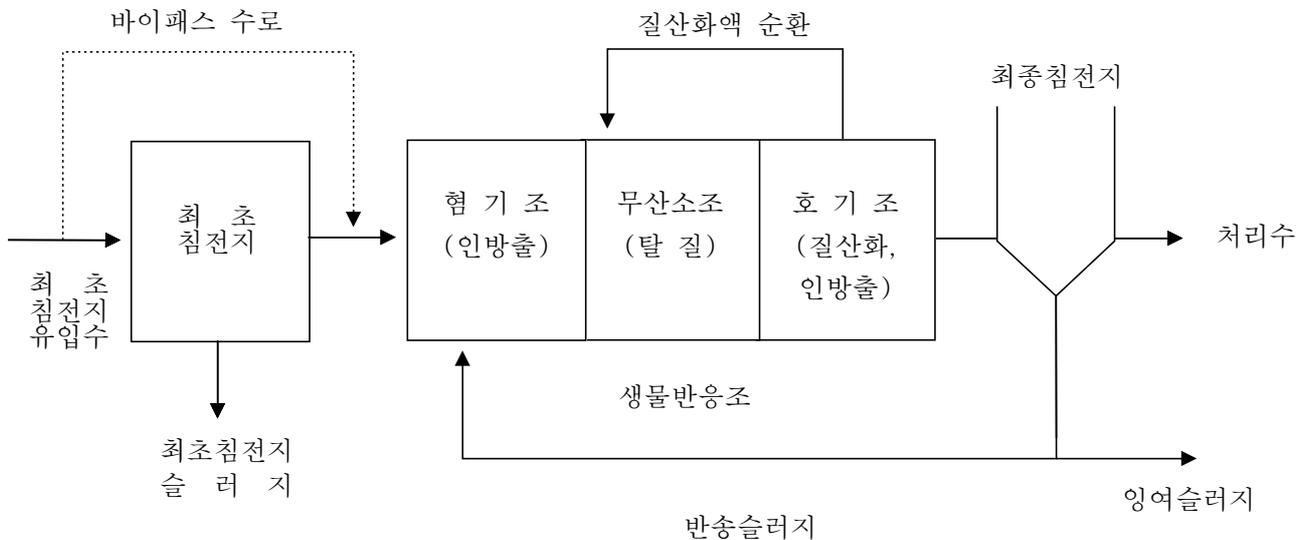


그림-1 혐기-무산소-호기법의 FLOW-SHEET

호 기 : 반응조내에 유리의 산소분자가 존재하는 상태를 말한다. 생물학적 질소제거에 있어서 유기물의 산화와 암모니아성질소의 산화(질산화)가 주로 행하여진다.

혐 기 : 반응조내에 유리의 산소분자도 결합형산소(질산화ion)도 존재하지 않은 환원적상태를 말한다. 생물학적 인제거로서는 반응조진단에 이 상태를 확인하는 것이 필수조건이다.

무산소 : 유리의 산소분자는 존재하지 않지만 결합형산소(질산화ion)는 존재하는 상태를 말한다. 혐기와 호기의 중간상태를 가리킨다. 생물학적 질소제거에 있어서 탈질반응이 행하여진다.

2. 질소 제거 및 인 제거의 원리

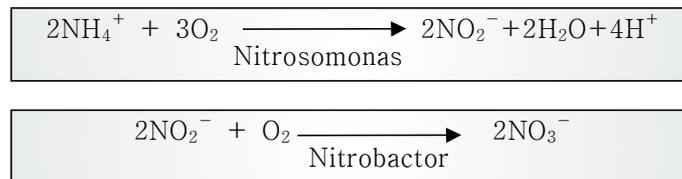
2.1 질소 제거의 원리

본 법의 질소 제거의 원리는 순환식질산화탈질법의 그것과 마찬가지로 질산화공정과 탈질공정으로 이루어진다. 후단의 호기조에서 암모니아성 질소($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)의 질산화를 진행시켜 호기조로부터 전단의 무산소조로 질산화액을 순환하여 이곳에서 탈질하여 질소를 제거하는 것이다.

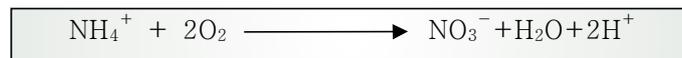
(1) 질산화공정

호기조(그림-1 참조)에서는 호기상태에서 독립영양세균인 아질산생성세균(주로, Nitrosomonas) 및 질산생성세균(주로, Nitrobactor)의 활동에 의해 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 가 질산성질소($\text{NO}_3^- - \text{N}$)에 까지 산화된다. 이것을 질산화반응이라고 부르고 또한, 아질산생성세균이나 질산생성세균을 총칭하여 질산화 세균이라고 부름

이것들의 반응을 화학양론적으로 나타내면 다음과 같이 된다.



따라서, 질산화세균에 의한 반응은 양식을 짜 합쳐서 총괄적으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.



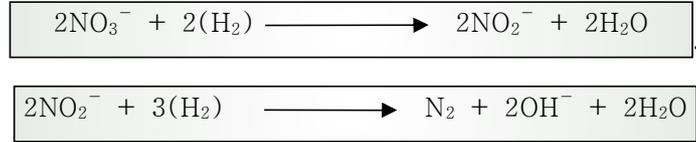
이 반응에 의해서 질산화세균의 증식을 위한 에너지를 얻을 수 있다.

(2) 탈질공정

다음으로 이상의 질산화 반응에 의해 생성한 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 및 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 을 포함한 질산화액을 무산소조로 순환하면 용존산소가 존재하지 않은 상태로 통성혐기성세균인 탈질세균(대표종으로서 Pseudomonas, Micrococcus, Achromobactor, Bacillus 등)에 의한 질산화호흡 혹은 아질산호흡에 의한 질산성질소의 환원이 일어나 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 이나 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 은 질소가스(N_2)에 까지 환원된다.

즉, 탈질반응이 일어난다.

질산성질소의 환원은 다음 식으로 나타낸다



양식의 반응을 합쳐서 총괄적으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.



이 반응에 있어서의 (H₂)는 수소공여체로부터 주어진다. 일반적으로 탈질반응에 관여하는 것은 유기물을 수소공여체로 하는 종속영양미생물이다. 본법은 수소공급체로서 하수중의 유기물 및 세포 내에 축적된 유기물등을 이용하기 때문에 하수 중의 유기물농도가 일반의 도시하수정도로 있으면 외부에서 수소공여체(예컨대 Methanol)을 첨가할 필요는 없다고 하는 이점이 있다.

또하나의 이점으로서 질산화액을 순환함으로써 알카리도의 회수를 기대할 수 있는 것이다. 질산화공정에 있어서는 1 mg의 NH₄⁺-N가 NO₃⁻-N까지 산화될 때 7.14mg의 알카리도가 소비되어 이것에 동반하여 혼합액의 pH는 저하한다. 탈질공정에서는 1mg의 NO₃⁻-N가 N₂까지 환원될 때 3.57mg의 알카리도가 생성된다. 따라서, 질산화액을 무산소조에 순환반송함에 의해 질산화공정에서 소비된 알카리도의 일부를 탈질에 의해 회수할 수 있다. 질산화탈질공정의 차감으로 알카리도는 3.57mg/l 감소하는 것이 되지만 일반적으로 하수의 알카리도는 150 ~ 180mg/l, T-N은 25 ~ 30mg/l이므로 본법과 같은 질산화탈질을 조합해서 하면 pH의 저하를 피할 수 있다.

2.2 인 제거의 원리

현 단계에서는 인의 방출·섭취과정에서 미생물의 세포레벨에서 다음과 같은 현상이 생기고 있다고 추정되고 있다.

- 1) 활성슬러지미생물중에 호기성 조건하에서 유기물 분해를 행함과 동시에 용해성 PO₄³⁻-P을 세포중에 폴리인산의 과립으로서 축적할 능력을 갖는 미생물이 존재한다.
- 2) 이 미생물은 세포중에 축적된 폴리인산을 혐기상태로 가수분해하여 얻은 에너지로 혼합액중의 유기물을 섭

취한다. 이때 분해생성한 용해성 $PO_4^{3-}-P$ 가 혼합액중에 방출된다.

3) 혐기상태에서 혼합액으로부터 섭취된 유기물은 glycogen, PHB(폴리- β -히드록시효산)중의 기질로서 세포내에 저장된다.

4) 이것들의 세포내에 축적한 기질은 호기상태로 새롭게 외부에서 섭취한 유기물과 함께 산화,분해된다. 인 축적능력이 있는 활성슬러지 미생물은 그 결과 얻어지는 에너지를 이용하여 일단 방출된 용해성 $PO_4^{3-}-P$ 를 섭취하여 폴리인산으로서 재합성한다.

5) 혐기.호기의 상태를 되풀이하는 조건하에서는 인 축적능력이 있는 활성슬러지 미생물이 우점하게 된다.

이와같이 생물학적 인 제거법은 생물반응조내에 혐기부와 호기부를 마련하여 상기의 1)~5)의 과정을 되풀이하는 것에 의해 활성슬러지중의 인 함유량을 증대시켜 최종적으로 이 활성슬러지를 잉여슬러지로서 계외로 배출하여 하수중의 인의 제거를 하는 방법이다.

그림-2에 활성슬러지 미생물의 인 과량섭취현상의 개념도를 나타낸다. 호기상태에서는 상기의 2),3)의 현상에 의해 혼합액중의 용해성 $PO_4^{3-}-P$ 농도는 증가하여 용해성유기물(용해성 BOD)농도는 저하한다. 호기상태에서는 상기의 4)의 현상에 의해 유기물의 감소와 동시에 활성미생물중의 미생물에 인이 섭취, 축적되어 혼합액중의 용해성 $PO_4^{3-}-P$ 농도는 생물반응조 유입수의 농도 이하에까지 감소한다. 실제의 process에서는 그림-1에 나타난 것 같이 생물반응조내에 혐기부와 호기부를 마련하는 것에 의해 활성슬러지중의 인을 혐기부에서 일단 방출시켜 방출한량 이상의 인을 호기부에서 활성슬러지로 과잉으로 섭취시킨다.

3. 본 PROCESS의 특성 및 유의점

본법은 이하에 가리키는 것과 같은 특성과 유의점이 있다.

1) 호기조의 전단에 혐기부 및 무산소조를 마련하는 것에 의해 생물학적으로 질소 및 인의 동시제거가 가능하다.

2) 활성슬러지중에 질산화세균을 유지하기 위해서 표준활성슬러지법보다 약간 긴 고형물체류시간(SRT)로서의 운전을 필요로 한다.

3) 질산화를 촉진하기 위해서 표준활성슬러지법에 비교해서 2배정도의 수리학적체류시간(HRT)를 필요로 한다.(전체로서는 순환식질산화탈질법과 같은 정도의 체류시간으로 처리가 가능하다)

4) 활성슬러지가 섭취한 인을 잉여슬러지로서 계외로 제거함에 의해 인 제거를 하기 때문에 인의 제거율을 높이기 위해서는 잉여슬러지량을 많이 할 필요가 있다. 이것 때문에 본법은 질산화가 가능한 범위에서 되도록 짧은 SRT에서 운전하는 것이 된다.

5) 잉여슬러지의 처리에 있어서는 잉여슬러지가 혐기상태로 되어 인을 방출하지 않도록 최초 침전지슬러지와 분리하여 농축하는 것이 바람직하다. 또한, 슬러지처리계로부터의 인의 반류부하가 작은 슬러지처리 process를 선택해야 할 필요가 있다.

본 process의 처리효율은 원수의 질소·인·유기물농도, 수온, pH, MLSS농도, 고형물체류시간(SRT), 호기적 고형물 체류시간(A-SRT), 혐기조·무산소조·호기조의 수리학적 체류시간(HRT), 호기조 및 무산소조의 산화환원전위(ORP), 호기조의 DO농도, 슬러지처리계로부터의 반류부하 등의 인자에 지배되기 때문에 운전관리에 있어서는 이것들의 각 항목의 상호관계에 관해서 충분히 유의해야 하는 필요가 있다.

또, 본법의 처리성능 특히, 인 제거성능은 우천시에 저하하는 경향이 있는 것으로 보다 안정적인 방류수의 인 농도를 확보할 필요가 있는 경우에는 보완적설비로서 응집제첨가등의 물리화학적 인 제거 process의 공용을 검토할 필요가 있다.

3.1 처리수질에 관해서

현재까지 얻어진 본법의 운전에 관한 지견에 의하면 표준적 도시하수의 경우 반응조 유입수(최초 침전지 유출수)에 대한 총질소(T-N) 제거율은 60~70%정도, 마찬가지로 총인(T-P)제거율은 70~80%정도가 얻어져 있고 처리수중의 T-N농도를 10mg/l이하, T-P농도를 1.0mg/l이하로 하는 것이 가능하다.

본법으로 통상의 도시하수를 처리한 후에 얻어지는 주된 수질항목의 일반적인 제거율 및 처리수질은 표-2와 같다.

표-2 본법으로 얻어지는 일반적인 제거율 및 처리수질

구 분	제거율	처리수질
T-N	60~70% 정도	10mg/l이하
T-P	70~80% 정도	1mg/l이하
SS	95%정도	10mg/l이하
BOD	95%정도	10mg/l이하

4. 설계의 기본적인 검토방법

4.1 질소제거율 및 인 제거율

(1) 질소제거율

본법에서는 유입수중의 총질소(T-N)의 60~70% 정도를 제거하는 것이 가능하다. 본법의 생물반응조에 있어서의 질소제거율은 질소제거의 기본 FLOW가 순환식질산화탈질법과 동일하다는 것으로부터 순환식질산화법에 준하는 것이다.

유입수중의 질소가 호기조에서 전부 질산화되어 무산소조로 순환반송된 전산화상태질소($\text{NO}_x^- - \text{N}$: $\text{NO}_2^- - \text{N} + \text{NO}_3^- - \text{N}$)가 전부탈질 되는 것이 본법에 의한 질소제거의 기본 이지만 이 경우, T-N 제거율 $E_N(\%)$ 는 다음식으로 표시된다.

$$E_N = \frac{R}{1+R} \times 100 \text{ ----- (1)}$$

여기에, R : 순환비(-)

$$R = \frac{Q_r + Q_c}{Q_{in}} \text{ ----- (2)}$$

단, Q_r : 슬러지반송량 ($\text{m}^3/\text{일}$)

Q_c : 순환수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)

Q_{in} : 유입수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)

실제에는, 그림-3의 표시와 같이 유입수중의 질소의 20~30%는 잉여슬러지로서 제거되기 때문에 식 (1)의 제거대상이 되는 T-N은 유입수중 T-N 의 70~80% 이다.

유입수 T-N (100%)		
잉여슬러지로서 제거	질산화·탈질반응의 대상 T-N(70 ~ 80%)	
	질산화·탈질반응에 의한 제거 $\frac{R}{1+R} \times 100\%$	처리수중의 잔류
제거 T-N (60 ~ 70%)		처리수 T-N (30 ~ 40%)

그림-3 질소제거의 내역

식(1)에 의하면 순환비를 크게 설정하면 T-N제거율은 높게되지만 순환펌프등의 running cost나 순환비를 2이상으로 해도 T-N제거율은 크게 향상하지 않는 것을 생각하면 실용상은 순환비 2정도가 한도이다. 따라서, 질산화,탈질반응에의한 T-N제거율은 생물반응조 유입수 T-N의 50%정도가 된다. 이밖에 잉여슬러지로서의 제거가 있으므로 정체로서 60~70%정도의 T-N 제거율을 얻을 수 있다. 그림-4 및 그림-5에 T-N제거율의 실적치를 나타낸다.

그림-4는 본법에 실적이 있는 몇 개의 하수처리장의 유입수 T-N 과 제거 T-N의관계를 가리킨 것이지만 60~70%정도의 T-N제거율이 얻어지고 있다. 또한, 그림-5은 중천처리장에서의 처리상황을 같은 방법으로 정리한 것이지만, 70~90%의 T-N제거율이 얻어지고 있다. 이것은 최종침전지에 있어서도 탈질이 보여졌기 때문에 그림-4과 비교하여 높은 제거율이 얻어진 것이다. 또, 본법에의한 질소제거는 질산화속도 및 탈질속도가 수온의 영향을 강하게 받기 때문에 제거율의 설정에 있어서는 수온을 고려할 필요가 있다.

(2) 인제거율

본법으로서는 유입수중의 총인(T-P)의 70~80%정도를 제거하는 것이 가능하다. 유입수중 T-P농도가 5mg/l정도인 일반의 도시하수에 있어서는 본법에 의해 최종침전지 유출수의 T-P농도를 대강1mg/l이하로 하는 것이 가능하다고 되어 있다.

본법의 인 제거율 또는 인 제거량은 잉여슬러지량과 잉여슬러지의 인 함유율에 의해 정해지지만, 이것들은 생물반응조 유입수의 유기물/인 비 (BOD/T-P), SRT, BOD-SS부하등의 서로 관련된 process제어인자에 의해 지배된다.

혐기-호기활성슬러지법에 있어서는 SRT가 짧을수록 인 함유율은 높게 된다고 말하여 지고 있다.

그러나, 본법에 있어서는 질산화세균의 계내유지를 위해 필요한 A-SRT에 하한치가 있기 때문에 혐기-호기화성슬러지법만큼 짧은 SRT로 운전하는 것이 안되는것도 있어, 동법보다도 슬러지의 인 함유율은 약간 낮게 되어 따라서 인제거율도 약간 작아진다고 되어있다.

수온의 인제거에 미치는 영향은 BOD제거와 같은 정도로 T-N제거의 경우만큼 크지 않지만 우수가 유입하는 경우에는 인 제거가 악화하는 것이 있다. 이 원인으로서는 혐기조에 있어서 우수에 의한 DO나 NO_x^- -N의 유입에 의한 ORP의 상승이나 유입수중의 BOD농도의 저하에 의해 인의 방출이 불충분한 경우 및 BOD농도의 저하에 의해 무산소조에 있어서의 탈질반응이 저하하여 호기조의 NO_x^- -N농도의 LEVEL이 상승하여 반송슬러지에 의해서 혐기조로 유입되는 NO_x^- -N가 증가하여 인의 방출이 불충분하여 지는 경우 등이 고려된다.

그림-6 및 그림-7에 인 제거율의 실적치를 나타낸다.

그림-6은 본법의 실적이 있는 하수처리장의 유입수 T-P 과 제거T-P의 관계를 가리킨 것이다. 70~95%정도의 T-P제거율이 얻어지고 있다. 또한, 그림-7은 중천처리장에서의 처리상황을 같은 방법으로 정리한 것으로 90%이상의 높은 T-P제거율을 얻고 있다.

생물반응조의 각 조의 용량에 여유가 있어 각각이 충분히 그 기능을 발휘한 것이 제거율이 높은 요인이라고 생각된다. 또, 동처리장에서의 SRT는 대강 7~8일정도로서 실험기간중은 거의완전히 질산화가 행하여지고 있었다.

또한, 그림-8에 국내의 몇 개의 처리장 및 중천처리장 에서의 혐기-무산소-호기법에 의한 활성슬러지법의 인 함유율을 가리킨다. 일반적으로 생물학적 인 제거법인 혐기시-호기활성슬러지법에 있어서의 활성슬러지중의 인 함유율은 3.0~4.5%이라고 되어 있지만 그림-8에서는 2.0~4.0%의 사이에 대부분 분포하고 있어 그 중에서도 중천처리장의 결과는 약간낮춘 인 함유율을 보이고 있다.

4.2 설계수온

설계수온으로서는 유입수 수온의 월간 평균의 최저치를 쓴다. 도쿄의 하수처리장에 있어서는 최저수온은 대강 15℃정도이다.

4.3 생물반응조의 설계

4.3.1 설계유입수량

설계유입수량은 생물반응조 유입수에 관해서는 동기에 상정되는 1일 최대유입수량으로서 설정한

다. 또, 최초침전지 및 최종침전지에 있어서는 계획1일 최대유입수량으로 한다.

4.4 조용량의 설정

(1) 혐기조용량

혐기조용량은 유입수량기준의 수리학적체류시간(HRT)으로써 1~2시간 상당으로 한다. 생물학적인 제거를 목적으로 한 혐기조의 HRT에 있어서는 표-3에 가리키는 값이 실적치로서 얻어진 것이고 이것들의 실적치를 고려하면 혐기조의 HRT는 1~2시간 있으면 좋다고 판단된다.

표-3 혐기조의 HRT

처리방법	혐기조의 HRT(hr)	비 고
혐기-무산소-호기법	2	
혐기-무산소-호기법	0.5 ~ 1.5	
혐기-호기활성슬러지법	1.5 ~ 2.0	

(2) 호기조용량

인·질소제거법 설계자료에 의하면 호기조용량은 질산화속도와 설정 MLSS를 기초로 산출하는 것이라고 하고 있다. 한편, 고도처리시설설계 Manual(案)에서는 호기조용량은 질산화를 진행시키기 위해서 A-SRT를 설정한 뒤에 고형물수지로부터 호기조의 HRT를 구하여 산출하는 것이라고 하고 있다. 여기서는, 양자의 생각방법을 나타낸다.

1) 인·질소제거법설계자료에 의한 생각방법

호기조용량 $V_A(m^3)$ 의 산출은 다음식에 의한다.

$$V_A = \frac{\alpha \cdot C_{TN} \cdot Q_{in} \cdot 10^3}{24 \cdot K_N \cdot X} \text{ ----- (3)}$$

여기에, C_{TN} : 설계생물반응조 유입수 총질소(T-N)농도 (mg/l)

α : C_{TN} 중 질산화탈질의 대상이 되는 비율 (-)

Q_{in} : 유입수량 ($m^3/일$)

K_N : 질산화속도정수 (mg-N/g-MLSS·hr)

X : MLSS농도(mg/l)

단, a : 0.7 ~ 0.8

上式에 있어서

a) 질산화의 대상이 되는 비율은 C_{TN} 70 ~ 80%로 하고 있다. 나머지의 20 ~ 30%는 잉여슬러지로서 제거되거나 처리수중에 유기성 질소의 형태로 잔존하여 유출한다.

b) 수온과 질산화속도정수와의 관계를 그림-9에서 나타낸다. 질산화속도는 동 도면에 나타낸것같이 수온의 영향을 크게 받는다. 또한, 동일한 수온이라도 운전조건에 의해서 다른 값으로된다. 설계질산화속도를 설정하기 위해서는 사전실험의 Data 혹은 안전치에서 본 설계수온에 있어서 예측치를 채용한다. 더욱이 증설을 향하여 설계의 단계적건설의 과정에서 추적조사나 회분실험을 하여 그의 설계고유의 질산화속도와 수온과의 관계를 구해 가는 것이 바람직하다.

그림-9중의 실선으로 보이는 회귀식은 본법으로 얻어진 각지의 Data를 바탕으로 안전치의 질산화속도정수와 수온과의 관계를 정한 예이다.

c) 질산화속도는 수온, SRT, BOD-SS부하등의 운전상황에 의해서 다르다. (3)식의 V_A 는 주로 ($K_N \cdot X$)에 지배되지만 K_N 과 X 는 SRT를 통해 상호영향관계에 있는 것으로, 2)의 고도처리시설설계 Manual가 표시 되었다. 단, K_N 과 X 는 (3)식에 적용시키는 것에 의해 V_A 의 check로서의 위치가 부여된다.

또, 중천처리장의 혐기-무산소-호기법의 실태조사로 얻어진 수온과 질산화속도의 하한치의 관계를 그림-10에서 나타낸다. 동그림중에 그림-9로 얻어진 수온과 질산화속도와의 관계(점선)를 동시에 나타내고 있지만 중천처리장에서는 전체로서 타지역의 사례보다 높은 질산화속도가 얻어지고 있다.

2) 고도처리시설설계 Manual(案)에 의한 검토방법

호기조용량은 설계수온의 조건하에서 질산화세균을 계내에 유지할 수 있는 A-SRT를 그림-18로부터 설정하여 다음식에 의해 호기조용량 V_A (m^3)를 산출한다.

$$V_A = Q_{\mu} t_A = Q_{\mu} \cdot \frac{Q_{XA} (a C_{S-BOD} \hat{n} + b C_{SS} \hat{n})}{(1 + C\theta_{XA}) \cdot X} \text{----- (4)}$$

上式에 있어서

- a) 고품물수지를 BASE로 하고 있기 때문에 MLSS농도는 A-SRT의 관계로써 구해진다.
- b) MLSS농도를 관찰하는 것으로 A-SRT 및 질산화상황을 관리할 수 있기 때문에 설계지표와 시설의 운전관리지표가 일치하고 있다.
- c) 잉여슬러지 인발을 혼합액으로 인발 시설을 하면(이 경우, 최종침전지슬러지는 전량반송이 된다) A-SRT(SRT)관리는 용이하게 된다.
- d) 이 인발 방법은 잉여슬러지를 체류시키는 일없이 필요한 때에 인발할 수 있기 때문에 생물탈인법에 효과적이다.

(3) 무산소조용량

인, 질소제거설계자료에 의하면 무산소조용량은 탈질속도로부터 산출하는 것이 라고 하고 있다. 또, 고도처리시설설계 Manual(案)에 의하면 무산소조용량은 BOD-SS부하보다 무산소조와 호기조의 합계용량을 산출하여 그 합계용량으로부터 구한 호기조용량을 차인 산출하는 것으로 하고 있다. 여기서는 양자의 생각방법을 나타내 보인다.

1) 인·질소제거법 설계자료에 의한 검토방법

무산소조용량 V_{DN} (m^3)의 산출은 다음식에 의한다.

$$V_{DN} = \frac{N \times 10^6}{24 \cdot K_{DN} \cdot X} \text{ ----- (5)}$$

여기에, N : 반송 $NO_3^- - N(NO_2^- - N + NO_3^- - N)$ 부하량 (kg/일)

K_{DN} : 탈질소정수(mg·N/g·MLSS·hr)

X : MLSS농도(mg/l)

$$N = C_{NA} \cdot Q_c \times 10^{-3} \text{ ----- (6)}$$

단, C_{NA} 다음식으로 나타낸다.

$$C_{NA} = \alpha \cdot C_{TN} \frac{1}{1 + R} \text{ ----- (7)}$$

여기에, C_{TN} : 생물반응조 유입 T-N농도(mg/l)

α : C_{TN} 중 질산화탈질의 대상이 되는 비율(-) (단, α : 0.7 ~ 0.8)

R : 순환비

또한, R는 다음식으로 나타낸다.

$$R = \frac{Q_r + Q_c}{Q_{in}} \text{ ----- (8)}$$

여기에, Q_r : 슬러지반송량($m^3/일$)

Q_c : 순환수량($m^3/일$)

Q_{in} : 유입수량($m^3/일$)

上式에 있어서,

a) 통상, 유입수중의 $NO_x^- - N$ 량은 무시할 수 있고 또한, 존재하였다고 해도 본법에서는 혐기조에서 제거된다. 또한, 반송슬러지에 포함되는 $NO_x^- - N$ 은 혐기조 또는 반송슬러지관내에서 제거되는 것으로 하여 무산소조로 유입하는 $NO_x^- - N$ 는 순환액으로서 반송되는 $NO_x^- - N$ 량(N)만 이라고 생각한다.

N(Kg/일)은 호기조말단의 $NO_x^- - N$ 농도 $C_{NA}(mg/l)$ 와 순환수량 Q_c ($m^3/일$)과의 더함으로서 다음식으로 표시된다.

b) 본법에 있어서의 수온과 탈질속도정수의 관계의 예를 그림-11에 표시한다. 그림-11에 가리키는 실선과 회귀식은 본법으로 얻어진 각지의 Data를 바탕으로 안전측의 수온과 탈질속도정수의 관계를 정한 것이다. 이 회귀식에 의해 설계수온에 있어서의 K_{DN} 을 구한다.

또, 탈질속도정수의 설정에 관해서도 질산화속도정수의 설정과 같이 사전의 실험치에 의해 그 시설고유의 수온과 탈질속도정수의 관계를 구하여 놓는 것이 바람직하다.

c) (5)식의 V_{DN} 은 주로 ($K_{DN} \cdot X$)에 의해서 지배되지만 K_{DN} 과 X 는 (5)식에 맞추어 지는것에 의해 V_{DN} 의 확인으로서의 위치가 부여된다.

2) 고도처리시설설계 Manual(案)에 의한 검토방법

이 생각방법은 유기물(BOD)의 제거가 질산화 호흡, 산소호흡에 상관없이 같은 통성혐기성세균에 의해서 행하여진다는 인식에 서서 (4)식으로 설정한 SRT에 의해서 결정되는 MLSS농도로 소정의 BOD제거량이 얻어지는 조용량을 설정하여 (4)식에 의해 구해지는 호기조용량을 차감 나머지를 무산소조용량으로 하는 것이다.

우선, 무산소조와 소기조의 합계용량 V_{DN-A} 를 다음식에 의해 BOD-SS부하의 관수로 해서 구한다.

$$V_{D^N A} = \frac{C_{BOD\ in} \cdot Q_{in}}{L_{BOD/X} \cdot X} \text{ ----- (9)}$$

여기에, $C_{BOD\ in}$: 생물반응조 유입수 BOD농도 (mg/l)

Q_{in} : 유입수량(m³/일)

$L_{BOD/X}$: BOD-SS 부하(Kg·BOD/Kg·MLSS/일)

X : MLSS농도 (mg/l)

이어서, 무산소조용량 V_{DN} (m³)을 다음식에 의해 산출한다.

$$V_{DN} = V_{D^N A} - V_A \text{ ----- (10)}$$

여기에 , V_A : 호기조 용량(m³)

上式에 있어서

a) 실시설계에서의 운전실적에 의하면 BOD-SS부하는 0.05 ~ 0.10 (Kg·BOD/Kg·MLSS/일)의 범위에서 운전되고 있다.

b) 또, 본법에 있어서의 혐기조에 관해서는 무산소·호기조의 용량의 산출에는 포함시키지 않는다.

c) 이 생각방법은 호기조와 무산소조를 일관해서 실적에 근거를 두고 설정한 동일한 설계지표으로 설계하여 시설의 운전관리지표도 동일하게 행할 수 있는 이점이 있다.

또, 중천처리장에서의 혐기-무산소-호기법의 실태조사로 얻어진 수온과 탈질속도정수하한치의 관계를 그림-11에 나타낸다. 동그림중에 인·질소제거법설계자료로부터 인용한 수온과 탈질속도정수의 관계를 함께 나타내었지만 중천처리장에서는 전체적으로 높은 탈질속도를 얻을 수 있었다.

4.5 필요공기량

본법에 있어서의 필요공기량은 BOD의 산화, 질산화, 슬러지의 내생호흡 및 호기조의 용존산소(MLDO)농도유지의 각각에 필요한 산소공급량을 고려하고 정한다. 표준활성슬러지법과 비교하면 질소의 질산화를 위한 공기량이 여분으로 필요하여 진다.

(1) BOD의 산화에 의한 산소소비량 D_B (Kg/일)

$$D_B = [(C_{BO} - C_{BE}) \cdot Q_{in} \times 10^{-3} - (N_{in} - N_{OUT}) \times 2.86] \times 0.6 \text{ ----- (11)}$$

여기에, C_{BO} : 유입수 BOD농도(mg/l)

C_{BE} : 처리수 BOD농도(mg/l)

Q_{in} : 유입수량 (m³/일)

N_{in} : 무산소조 $NO_x^- - N$ 부하량(kg/일)

N_{out} : 무산소조 $NO_x^- - N$ 유출량(kg/일)

2.86 : 단위 $NO_x^- - N$ 당량의 질소에 필요한 BOD량(kg·BOD/kg· $NO_x^- - N$)

0.6 : 단위 BOD제거에 필요한 산소량(kg·O₂/kg·BOD)

단, [] 내 제2항은 탈질에 의해 소비되는 BOD량이다.

또, 일본하수도 사업국의 표준활성슬러지설계지침(案)에 의하면 단위 $NO_x^- - N$ 당량의 탈질에 필요한 BOD량은 이론치의 2.86 , 단위BOD제거당량에 필요한 산소량은 0.5 ~ 0.7이라고 하고 있다.

(2) 질산화에 의한 산소소비량 D_N (Kg/일)

$$D_N = \alpha \cdot C_{TN} \cdot Q_{in} \times 10^{-3} \times 4.57 \text{ ----- (11)}$$

여기에, C_{TN} : 생물반응조 유입수 T-N농도(mg/l)

α : C_{TN} 중 질산화탈질의 대상이 되는 비율(-) (단, α : 0.7 ~ 0.8)

4.57 : 단위 $NH_4^+ - N$ 의 질산화에 필요한 산소량(Kg·O₂/Kg· $NH_4^+ - N$)

또, 질산화 반응은 $NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O$ 로써 나타내여지는 것으로 한다.

(3) 내생호흡에 의한 산소소비량 D_E (Kg/일)

$$D_E = X \cdot V_A \cdot 0.12 \cdot 10^{-3} \text{ ----- (13)}$$

여기에, X : MLSS농도(mg/l)

V_A : 호기조용량(m³)

0.12 : 단위 MLSS당량의 내생호흡에 의한 산소소비량(g·O₂/g·MLSS/일)

(이 값은 내생호흡상태에서의 용존산소소비속도 정수의 측정에 의해 얻어진 값이다.
일본하수도사업단의 표준활성슬러지설계지침(案)에서는 0.05 ~ 0.15로 하고 있다.)

(4) 용존산소농도유지에 필요한 산소공급량 D_P (Kg/일)

$$D_P = C_{DA} (Q_{in} + Q_r + Q_c) \times 10^{-3} \text{ ----- (14)}$$

여기에, C_{DA} : 호기조말단의 MLDO 농도(mg/l)

Q_r : 슬러지 반송량 (m³/일)

Q_c : 순환수량 (m³/일)

통상, C_{DA} 의 값으로서는 1.5 ~ 3.0 mg/l정도 유지한다.

(5) 본법에 있어서의 필요산소량 ΣD (Kg/일)

본법에 있어서의 전필요산소량은 (15)식으로 주어져 이렇게 하여 산출한 필요산소량을 공급하는데 필요한 공기량의 계산은 이하와 같다.

$$\Sigma D = D_B + D_N + D_E + D_D \text{ ----- (15)}$$

공기 1m³중의 산소량 O₂(Kg)은 다음과 같이 나타낸다.

$$O_2 (Kg/m^3) = 1.29 \times 0.232 \times \frac{273}{273 + T} = \frac{81.7}{273 + T} \text{ ----- (16)}$$

여기에, T : 기온(°C)

1.29 : 0°C, 1기압에 있어서의 공기의 밀도(kg/m³)

0.232 : 공기의 산소함유량(Kg-O₂/Kg-Air)

따라서, 기온을T(°C), 산기장치의 산소이동효율을 η 로 하면, 필요공기량 A_D (m³/일)은 다음식으로

구해진다.

$$A_D = \frac{\Sigma D \times (273 + T)}{81.7 \times \eta} \text{ ----- (17)}$$

또한, 유입수량 Q_{in} (m^3 /일)에 대한 공기배율 A_r 는 다음식으로 구해진다.

$$A_r = \frac{A_D}{Q_{in}} \text{ ----- (18)}$$

4.6 최초침전지 및 최종침전지

(1) 최초침전지

본법에서는 탈질반응 및 인 제거에 필요한 유기물을 유입하수에서 구하고 있다. 따라서, 본법에서는 생물반응조 유입수에 있어서의 BOD농도의 對총질소비(BOD/ T-N)과 對총인비(BOD/ T-P)를 높게 유지하는 것이 필요하다. 이것 때문에 반응조 유입수중의 BOD농도가 낮은 경우에 대비하여 최초침전지를 우회하는 수로(by-pass수로)를 마련하는 것이 바람직하다. 그 경우, 혐기조와 무산소조의 교반기에 얽혀 붙는 협잡물을 제거하기 위해서 SCREEN등을 by-pass수로에 마련하는 것이 필요하여 지는 경우가 있다.

(2) 최종침전지

수면적부하는 $15 \sim 25 m^3/m^2 \cdot \text{일}$ 정도, 유효수심은 $3.5 \sim 4.0 m$ 정도호 한다.

본법은 일반적으로 높은 MLSS농도로 운전되기 때문에 침전 ZONE의 고형물부하를 고려하고 표준활성슬러지법에 있어서 보다도 낮은 수면적부하가 바람직하다. 또한, 유효수심도 여유를 갖게 하도록 배려한다.

5. 슬러지처리공정에서의 유의점

본법에서 발생하는 잉여슬러지를 포함하는 슬러지를 처리할 때는 슬러지처리공정에서의 인의 재방출량이 적어지도록 조속히 처리해야만 한다.

본법에서는 표준활성슬러지법보다도 인 함유량이 높은 잉여슬러지가 발생하기 때문에 중력농축이나 질산화등의 혐기상태가 오래 계속되는 슬러지처리공정에서의 인의 재방출에 충분히 주의를 할

필요가 있다. 또한, 잉여슬러지의 저류에 있어서도 되도록 혐기상태가 되지 않도록 주의가 필요하다.

II. 운전관리 매뉴얼

1. 본 매뉴얼의 사용방법

본 매뉴얼은 현장에서 용이하게 활용할 수 있도록 한다는 데에 염두를 두고, 혐기-무산소-호기법 처리시설을 운전해 가는 중에 발생가능한 다양한 문제를 개별적으로 대처 가능하도록 이들의 문제점을 가능한한 구체적으로 정리하여 각각의 대응책을 기술한 것이다.

즉, A : 통상운전관리, B :수질이상시의 운전관리, C : 가동초기의 운전관리, D : 저부하시의 운전 관리, E : 우천시의 운전관리, F : 수질측정, G : 질산화 속도·탈질속도·인의 방출속도 측정, H : 자동계측기기의 관리, I : 혐기조·무산소조의 교반기관리에 대하여 설명하고 있다.

본 매뉴얼은 혐기-무산소-호기법처리시설의 운전관리 및 유지관리를 담당하는 기술자가 사전에 통독하여 이해해두는 것이 바람직하다. 현장상황이나 발생한 문제점에 따라서 그림-13중에 상당하는 항목을 참조하여 본 매뉴얼을 활용할 수 있도록 배려 하였다.

또한, 혐기-무산소-호기법에 있어서의 각조 및 수질계기의 배치를 그림-12에 보인다.

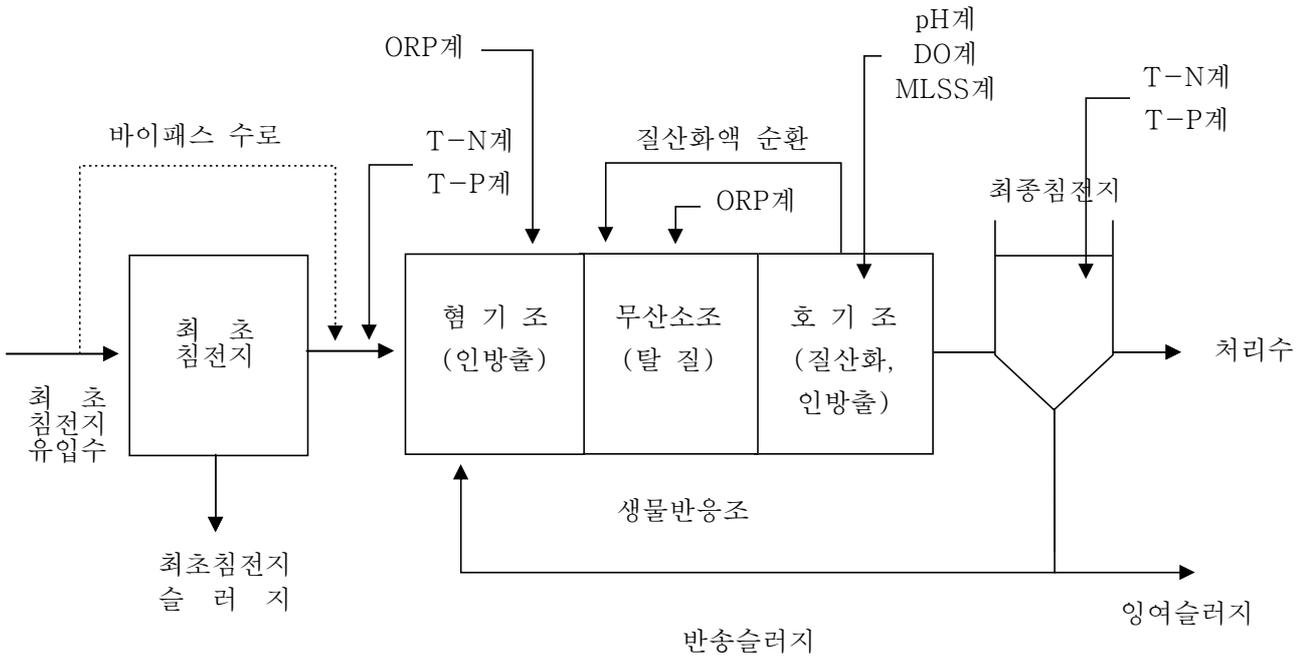


그림-12 혐기-무산소-호기법의 각조 및 수질계기의 배치

2. 운전관리

2.1 본법에 관계되는 미생물과 운전관리 구성

본법은 활성슬러지법의 개량형이며 이를 구성하는 미생물은 생리특성에 따라 다음의 4군으로 나누어 생각해 볼 수 있다.

- 1) 호기적 조건(용존산소가 존재하는 조건)하에서, 탄소계 유기물을 이용하여 증식하는 종속영양미생물(세균류의 원생동물이나 대형생물이 포함된다.)
- 2) 호기적 조건하에서 암모니아성 질소($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) , 아질산성질소($\text{NO}_2^- - \text{N}$)로 나아가 질산성 질소($\text{NO}_3^- - \text{N}$)로 산화시키는 독립영양세균(Nitrosomonas 등의 암모니아성 질소를 아질산으로까지 산화시키는 아질산 생성세균, Nitrobacter 등의 아질산을 질산으로까지 산화시키는 질산생성세균이 포함된다. 또한, 이 반응을 질산화, 이들 세균을 질산화세균이라고 부른다.) 일반적으로 독립영양세균의 증식속도는 종속영양세균보다 느리다.
- 3) 무산소 상태(용존산소가 존재하지 않는 상태)하에서 질산호흡, 아질산호흡을 하는 통성혐기성세균(종속영양세균으로 분류되며 탈질세균이라고도 불리운다. 혐기적 조건에서도 호기적 조건에서도 적합하다.)
- 4) 통성혐기성 세균의 중간으로 혐기적 상태(용존산소도 질산·아질산도 존재하지 않는 상태)와 호기적 상태를 상호 경험하여 폴리인산을 통상보다 다량으로 축적하게 되는 세균 (종속 영양세균으로 분류되며, 탈인세균 혹은 인축적 세균으로도 불리운다.)

이들 4군의 미생물 각각이 가진 생리특성을 발휘토록 하는 조건을 인위적으로 실현하는 일이다. 예를들면, 호기적 조건에서 생물반응조내의 고형물체류시간(SRT)을 상대적으로 짧게하면 종속영양생물에 의한 탄소계 유기물 제거는 진행되지만 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 의 질산화는 진행되지 않도록 제어할 수 있으며 반대로 SRT를 상대적으로 길게 하면 질산화세균의 증식이 진행되어 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 의 질산화를 진행시킬 수 있다.

또한, 질산화가 진행된 활성슬러지 혼합액을 탄소계 유기물이 존재하는 조건하에서 무산소상태(DO가 없는 조건)로 유지하면 탈질세균이 활동하여 질소제거 진행된다. 이것이 생물학적 질소 제거법의 원리이다. 더욱이 인축적 세균이 활동가능한 환경으로 제어하면 혐기적 상태와 호기적 상태를 반응조내에 형성하여 다량의 인을 가진 활성슬러지가 가능해진다. 이를 계외로 배출하여 인

제거를 지향하는 것이 생물학적 인제거법이다. 이 경우, SRT는 상대적으로 짧아진다.

협기-무산소-호기법은 상기의 질소제거에 관계되는 미생물군과 인제거에 관계되는 미생물군의 양쪽 활동을 조합한 처리방법이며 긴 SRT를 필요로 하는 질소제거와 가능한 짧은 SRT가 바람직한 인제거의 양쪽 조건을 만족하도록 SRT를 적정하게 제어하는 것이 중요시 되고 있다.

2.2 통상운전관리

2.2.1 운전조건의 설정

본법에 있어서의 운전조건의 설정은 기본적으로 아래의 순서를 따라 실시한다. 가동초기, 저부하 및 우천시와 같은 특수조건에서의 설정방법은 후절을 참조할 것.

(1) 유입수량, 유입수질 및 유입부하량의 파악

- ① 유입수량에 대해서는 期別 1일 최대유입수량을 파악한다.
- ② 생물반응조 수질은 일상시험 및 通日시험을 하여 SS, BOD, 용해성BOD, T-N, T-P, 알카리도에 대하여 파악한다.
- ③ 유입수량 및 유입수질에서 생물반응조에의 유입부하량을 파악한다.

[해설]

고도처리시설설계 매뉴얼에 의하면 생물반응조의 설계수량은 동기에는 1일 최대유입수량을 기본으로하여 설정하는 것으로 되어있다. 연간 1일 유입수량의 최대치가 예상되는 하기에는 수온이 높고 질산화속도, 탈질속도 모두 동기의 약 2배이상의 수치를 얻게 된다. 따라서, 하기 1일 최대 유입수량이 동기 1일 최대유입수량의 2배 이하이면 하기에도 목표처리수질을 충분히 만족시킬 수 있다고 할 수 있다.

생물반응조 유입수질에 대해서는 총질소(T-N)농도 및 총인(T-P)농도를 파악하여 둘 필요가 있으며 동시에 질산화·탈질반응에 영향을 미치는 인자인 BOD농도 및 알카리도에 대해서도 파악하여 둘 필요가 있다. 또한, 고도처리시설설계 매뉴얼에서는 계획 유입수질로서 농도가 높아진다고 예상되어지는 동기 생물반응조 유입수의 SS, 용해성 BOD, T-N, T-P농도 및 알카리도를 설계치로서 설정하게 되어 있다. 통상시의 유입부하 조건은 설계치와 대비하여 파악하여 두는 것이 좋다. 표준적 도시하수일 경우 질산화·탈질에 필요한 BOD농도 및 알카리도는 부족하지 않으나 생물반응조 유입수질의 일상적 파악시 BOD농도 혹은 알카리도가 낮고 질산화·탈질반응이 양호하게 진행되지 않는 경우에는 메탄올 혹은 알카리제의 첨가에 대해서 검토할 필요가 있다.

(2) A-SRT 및 MLSS농도의 설정

- ① A-SRT는 8~10일로 한다.
- ② MLSS농도는 1,500~3,000 mg/l로 한다.

[해설]

본법은 질산화세균을 계내에 보존, 유지하기 위하여 표준활성슬러지법에 비해 긴 A-SRT를 확보할 필요가 있다. 그 때문에 표준활성슬러지법보다도 MLSS농도를 높게 할 필요가 있는 반면, 인제거에 있어서 인을 축적하여 활성슬러지를 효율적으로 인발하는 것이나 공기량 절감을 고려하여 너무 높은 MLSS농도를 설정하는 것은 불가능하다. 더욱이 본법은 표준활성슬러지법 등과 비교하여 낮은 BOD부하에서 운전할 수 있기 때문에 SVI가 높아지는 경향이 있다. 그 때문에 최종침전지에서의 슬러지관리 면에 있어서도 MLSS농도를 너무 높게 하는 것은 바람직하지 않다.

이상에서 보면 본법에 있어서의 슬러지관리는 SRT 혹은 A-SRT관리를 주로하여 SVI상황, 수온, 질산화속도, 탈질속도 등에 유의하여 A-SRT를 8~10일의 범위에서 적절한 수치를 설정한다. MLSS농도는 1,500~3,000mg/l범위에서 관리한다.

(3) 순환비 및 슬러지 반송율의 설정

순환비(반송슬러지를 포함)는 1.5~2.0으로 한다. 또한, 슬러지 반송율은 50%정도 한다.

[해설]

본법에서 순환비(반송슬러지를 포함)는 T-N제거율과 순환펌프의 소요동력과의 균형인 1.5~2.0으로 한다. 또한, 슬러지 반송율은 MLSS농도를 표준활성슬러지법보다도 높게 설정하기 위해 50%정도나 약간 높게 설정한다.

일반적으로는 질산화액 순환율을 150%, 슬러지 반송율을 50%, 양쪽을 합한 종합순환비를 200%정도로 설정하는 사례가 많다.

(4) 각조 용량비의 적정배분

혐기조, 무산소조 및 호기조의 각조 용량비는 계절적인 수온, 부하상황에 따라서 적절히 배분한다.

[해설]

설계상 생물반응조의 혐기조, 무산소조 및 호기조 용량배분은 동기 최저수온시의 유입수량, 유입수질, 질산화 속도, 탈질속도 등으로 정해지고 있다. 따라서, 계절적이 수온변화나 T-N, T-P등의

유입부하 변동에 대하여 설계상 조용량 배분의 양호한 처리가 이루어지지 않는 경우, 가능한한 적절한 용량배분으로 변경하여 T-N, T-P제거율의 향상을 도모할 필요가 있다.

(5) 처리수질의 목표치

처리수의 T-N농도 목표치는 10mg/l, T-P농도는 0.5mg/l로 한다.

[해설]

본법에서는 유입하수농도가 일반 도시하수정도면 생물반응조 유입수중 T-N의 70%정도, T-P의 80%정도를 제거할 수 있다. 따라서, 생물반응조 유입수중의 T-N이 33mg/l이하이면 처리수의 T-N농도는 거의 10mg/l이하로 할 수 있다. 또, 유입수중의 T-N농도가 5.0mg/l정도이면 처리수의 T-P농도는 거의 1mg/l이하로 할 수 있다. 더욱이 적절한 시설운전관리를 하여 T-P제거의 안정화를 도모하고, 처리수의 T-P농도 목표치를 0.5mg/l이하로 할 수도 있다.

그림-14에서는 나카가와 처리장에서의 처리수 T-N농도 및 처리수 T-P농도의 누계빈도 분포를 보였다. 나카가와 처리장에 있어서의 실증실험은 MLSS농도나 MLDO농도를 변화시켜 간 것도 있다. 처리수 T-N농도가 10mg/l이상이 되는 것은 MLSS농도가 너무 낮을 때나 호기조 말단 DO가 낮은 때이다. 이들을 제거하여 적정관리가 이루어지고 있는 경우에는 처리수의 T-N농도는 10mg/l이하를 달성하고 있다. 또한, 인에 대해서는 뒷면에 (그림-25)기술하는 바와 같이 강우의 영향으로 높아지는 경우를 제외하고 처리수 T-P농도 0.5mg/l이하를 달성하고 있다.

목표수질 유지가 곤란하다고 예상되어지는 때에는 2.3 수질이상시의 운전관리에 따라 대응을 검토한다.

(6) 운전조건의 설정예

운전조건은 A-SRT를 기본지표로하여 수온에 따라 적절히 설정한다. MLSS, SRT를 보조지표로 한다.

[해설]

고온기, 중온기, 저온기에 있어서 각각의 운전조건 설정예를 표-4에 보였다.

저온기에는 인방출, 질산화, 탈질등의 반응속도가 적어지기 때문에 MLSS농도를 높이는 것이 바람직하다. 이 경우, 질산화세균을 유지하기 위해서는 8일정도의 A-SRT를 확보하는 것이 좋다. 한편, 고온기에는 반응속도가 커지기 때문에 질산화, 탈질에 영향이 없는 범위에서 조내의 MLSS농도를 낮추어 운전한다. 이 예에서 질산화액 순환율은 150%, 슬러지 반송율은 50% 정도이다.

표-4 운전조건의 설정예

구 분	수온(℃)	유입수량 (m ³ /일)	MLSS (mg/l)	A-SRT (일)	SRT (일)	체류시간 HRT(hr)			
						혐기조	무산소조	호기조	합 계
고온기	25	10,000	2,000	4.5	7.8	1.2	4.4	7.6	13.2
중온기	20	9,000	2,500	6.0	10.4	1.4	5.0	8.6	15
저온기	15	8,000	3,000	8.0	13.9	1.5	5.5	9.5	16.5

또한, 1995년도 나카가와 처리장 실험에서의 운전조건 설정예를 표-5에 보인다. 이 예의 운전방침은 공기량의 절감이나 인제거 시점에서 가능한 낮은 MLSS농도를 설정하였다.

표-5에 보인바와 같이 저온기에는 A-SRT를 9일 정도 확보하였다. 이와같은 운전조건에서 T-N 제거율은 80%이상, T-P제거율은 95%이상의 실적을 얻고 있다.

표-5 나카가와 처리장에 있어서의 운전조건 설정사례(1995년도, 평균치)

구 분	수온 (℃)	유입수 량 (m ³ /일)	MLSS (mg/l)	A-SRT (일)	SRT (일)	체류시간 HRT(hr)				비 고
						혐기조	무산소조	호기조	합 계	
고온기	26.9	12,170	1,210	3.0	5.9	2.5	4.9	7.3	14.7	7~8월
중온기	23.6	11,570	1,620	6.5	13.0	2.7	5.1	7.6	15.4	9~10월
저온기	15.5	9,580	2,060	9.4	18.7	3.2	6.2	9.3	18.7	2월

(질산화액순환율 : 150% , 슬러지 반송율 : 50%) - (주) 마이니치 데이터에서 인용

3. 운전관리방법

본법의 운전관리는 기본적으로 2.2.1에서 설정한 운전조건에 유의하면서, 아래의 순서를 따른다.

(1) 생물반응조 유입수질의 관리

- ① 생물반응조 유입수의 BOD/T-N비를 파악한다.
- ② 생물반응조 유입수의 BOD/T-N비가 적고 (3이하), 질소제거가 양호하게 이루어지지 않는 경우에는 최초침전지의 운전지 수를 줄이든가, 아니면 최초침전지의 바이패스운전을 검토한다.
- ③ 무산소조 유입수의 S-BOD/NO₃⁻-N비를 파악한다.
- ④ 무산소조 유입수의 S-BOD/NO₃⁻-N비가 적은 경우 (3이하)에는 ②의 운전조작을 함과 동시에 질산화액 순환수량을 감소시킨다.

⑤생물반응조 유입수의 BOD/T-P비가 적고 (20 ~ 25이하), 처리수 수질이 목표치에 달하지 않은 경우에는 ②와 같이 운전한다.

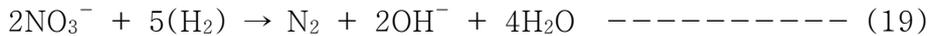
[해설]

생물반응조 유입수의 BOD농도가 일상적으로 혹은 계절적으로 낮아지고, 탈질에 필요한 수소공여체가 부족하거나, 혐기조에서의 ORP가 충분히 저하하지 않아 인의 방출이 양호하지 않은 경우는 최초침전지의 운전조건을 변경하는 등의 운전관리가 필요하다.

운전관리의 기본적인 순서는 다음과 같다.

1) 생물반응조 유입수의 BOD/T-N비를 파악한다.

탈질은 식(19)에 보이는 반응에 의하여 이루어진다.



이 반응에 있어서 (H₂)는 수소공여체(유기물)에서 주어진다. 탈질균은 유기물을 수소공여체로서 세포내물질을 이용하는 경우(내생호흡)와 외부의 유기물을 이용하는 경우가 있다.

본법에서는 외부로부터의 유기물을 이용하지만, 식(19)에서, 단위탈질량 (NO₃⁻-N)주위의 필요 BOD량은 식(19)의 (H₂)를 유기물 (BOD)의(O)로 치환하면

$$\frac{BOD\text{량}}{NO_3^-} = \frac{5 \times 16}{2 \times 14} = 2.86 \text{ ----- (20)}$$

이 된다. 즉, 탈질량의 약 3배의 BOD가 필요해진다. 유입 T-N중 잉여슬러지로 제거되어지는 양이나 질산화의 정도에 따라 다르지만, 유입T-N을 완전히 탈질하기 위해서는 생물반응조 유입수의 BOD/T-N비는 3이상 정도가 바람직하다.

2) 생물반응조 유입수의 BOD/T-N비가 3이하로 질소제거가 잘 이루어지지 않은 경우에는 최초 침전지의 운전지 수를 줄이고 최초침전지에서의 유기물 제거율을 낮춘다. 이 조작을 통해서도 혐기조 혹은 무산소조에서 필요한 유기물을 확보할 수 없을 경우에는 최초침전지의 바이패스수로를 사용하여 운전 한다. 이 경우, 생물반응조 유입구에 세목스크린(폭 15 ~ 20mm)을 설치하는 것이 좋으나, 설치가 곤란한 경우에는 혐기조나 무산소조의 교반기나 ORP계, 호기조의 DO계 등의계측기가 협잡물에 의해 방해를 받지 않도록 유지관리를 강화할 필요가 있다.

3)무산소조에서, 혐기조로부터 유입되는 S-BOD 및 질산화액순환에 따라 유입되는 NO_3^- -N을 체크하여, S-BOD/ NO_3^- -N비가 충분히 있는지(3정도 이상)를 확인한다.

4)무산소조 유입수의 S-BOD/ NO_3^- -N이 작고 (3이하), 탈질이 양호하게 이루어지는 경우에는 2)의 운전조작을 하지만, 그래도 S-BOD/ NO_3^- -N비가 커지지 않는 경우에는 순환비를 낮추는 등, 질산화액 순환수를 통해 무산소조로 들어오는 NO_3^- -N양을 감소시켜, 적절한 S-BOD/ NO_3^- -N비를 확보한다. 이를 통해 확실한 탈질과 경제성을 얻을 수 있다.

단, 순환비를 낮추면 토탈로서의 질소제거율이 저하되므로 목표처리수질달성가능 여부를 충분히 배려하여 순환비를 설정할 필요가 있다.

5)혐기조에서의 인방출은 유입수의 BOD농도 영향을 크게 받지 때문에 반응조 유입수의 BOD/T-P비가 적은 경우 (20~25이하)에는 2)와 같은 운전조작을 하여 BOD농도를 높인다.

이러한 대책을 강구하여도 생물반응조 유입수 혹은 무산소조 유입수의 유기물농도 확보가 불충한 경우에는 다음과 같은 대책을 고려해 본다.

①최초침전지 슬러지를 혐기조에 공급한다.(유기산 발효과정에 있는 슬러지를 공급하면 효과가 있다고 한다.)

②BOD원으로서 생물반응조에 메탄올 등의 약품을 주입한다.

또한, 생물반응조의 유입수질이 높아지고, 처리목표수질의 확보가 어려워지게 된 경우에는 적정 최초침전지를 가동시켜 반응조 유입부하의 경감을 도모한다.

나카가와 처리장에서의 생물반응조 유입수 BOD/T-N비, BOD/T-P비 및 무산소조 유입수의 S-BOD/ NO_3^- -N비를 표-6에 정리했다.

표-6 나카가와 처리장 생물반응조 유입수 및 무산소조 유입수의 수질조성(1995년도)

구 분	수온(℃)	유입수량 (m ³ /일)	생물반응조 유입하수		무산소조 유입수 S-BOD/ NO_3^- -N	무 산 소 에 서 의 탈 질 율	비 고
			BOD/T-N	BOD/T-P			
바람직한 수치			3 이상	20 ~ 25	3 이상	-	-
고온기	25.9	12,170	5.3	35.4	2.8	98	7~8월
중온기	23.6	11,570,	6.6	47.9	3.2	99	9~10월
저온기	15.5	9,580	4.7	39.7	1.4	98	2월

(질산화액 순환비 : 150%, 슬러지반송율 : 50%), (주)정밀조사결과에서 인용

고온기, 중온기에는 생물반응조 유입수의 BOD/T-N비, BOD/T-P비가 각각 3이상, 20이상 확보되어져 있다. 또한, 무산소조 유입수의 S-BOD/NO₃⁻-N비는 거의 3이상 확보되어져 있으며 탈질이 양호하게 이루어지고 있다. 한편, 저온시에 는 생물반응조 유입수의 BOD/T-N비 및 BOD/T-P비는 충족히 만족되고 있으나. 무산소조 유입수의 S-BOD/NO₃⁻-N비는 1.4로 낮다.

S-BOD/NO₃⁻-N비가 낮음에도 불구하고 탈질이 영호하게 일어나고 있는 것은, 무산소조에서 활성 슬러지에 흡착되어진 유기물 혹은 세포내의 유기물을 이용하여 탈질이 이루어지고 있는 것이라 판단되고 있다. 이와같이 낮은 S-BOD/NO₃⁻-N비에서도 탈질이 양호하게 일어나는 경우 발견할 수 있기 때문에 탈질의 상황을 관찰하면서 S-BOD/NO₃⁻-N비를 확인할 필요가 있다.

(2) 생물반응조의 운전관리

생물반응조의 운전관리는 통상 1) ~ 4)의 항목에 대하여 체크하며 그것들을 보완하기 위하여 5),6)의 각 항목에 대하여 적절히 체크한다.

1) 호기조의 알카리도 및 pH

- ①호기조 말단의 알카리도가 50mg/l이상 잔존하도록 운전한다.
- ②pH를 감시하여 처리수 pH를 5.8이상 유지하도록 운전한다.

[해설]

1mg/l의 NH₄⁺-N을 질산화하기 위해서는 7.14mg/l의 알카리도가 소비되어진다. 한편, 1mg/l의 NO₃⁺-N이 탈질되어지면 3.57mg/l의 알카리도가 생성되어진다. 따라서, 1mg/l의 NH₄⁺-N이 질산화-탈질반응에 의하여 제거되려면 3.57mg/l의 알카리도가 감소하게 된다. 일반적으로, 처리수의 알카리도가 50mg/l를 밑돌면 pH가 저하한다. 또한, 질산화반응은 pH의 영향을 민감하게 받기 때문에 pH가 6.0을 밑돌면 저해를 받는다고 되어있다. 일반 도시하수에서는 알카리도가 150 ~ 200mg/l정도이기 때문에 알카리도가 부족한 일은 없다고 볼 수 있으나, 알카리도 수치를 가지고 확인하여 둘 필요가 있다. 특히, 우천시등에는 유입하수중의 알카리도가 낮아진 경우, 생물반응조 유입수의 NH₄⁺-N농도가 평상시보다 높아지는 경우에는 호기조 말단에서의 알카리도 및 pH를 확인할 필요가 있다. 알카리도가 너무 낮은 경우는 알카리도를 회수하기 위하여 질산화액 순환수량을 증가시키는 등의 운전을 한다.

또한, 표-7에 나가가와처리장의 실험결과를 보인다. 처리수의 알카리도, pH 모두 결과에 문제가

없다.

표-7 나카가와 처리장 의 알카리도와 pH

구 분	유입하수	처리수
알카리도(mg/l)	142 ~ 174	79.6 ~ 104
pH	6.8 ~ 8.2	6.4 ~ 7.1

2) 혐기조 및 무산소조의 산화환원 전위(ORP)

혐기조 및 무산소조의 산화환원단위(ORP)는 되도록 낮게 유지한다.

[해설]

① 혐기조의 ORP

ORP는 그 용액의 산화력 또는 환원력의 강도를 나타내는 것으로 호기상태에서는 높고 혐기상태에서는 낮다. 따라서, 이 ORP를 지표로하여 혐기조혼합액의 혐기상태 정도를 알 수 있다, 혐기조에서는 활성슬러지로부터 인방출을 촉진시키기 위해 ORP를 가능한한 낮게 하고, 혐기상태를 유지하는 것이 중요하다. 그림-15는 혐기-호기활성슬러지법에 있어서의 혐기조 ORP와 혐기조 말단 혼합액중의 PO_4^{3-} -P농도와의 관계를 보인 것이다. 또한, 그림-16은 마찬가지로 혐기조에서의 활성슬러지로부터의 인방출량과 호기조에서의 인고정량의 관계를 보인것이다. 이들그림에서 혐기조 ORP가 낮을수록 활성슬러지로부터의 인방출량이 많고, 또한, 인방출량이 많을수록 인고정량이 많아지므로 따라서 인이 잘 제거 된다는 것을 알았다.

혐기조 ORP는 평상시 $-200mV \sim -300mV$ 정도로 유지된다. 일반 도시하수라면 이 정도의 혐기조 ORP가 유지가능하나, 일상적으로 혐기조의 ORP가 소정의 수치까지 내려가지 않는 경우에는 다음과 같은 대책을 강구한다.

a) 생물반응조 유입수질의 조정

최초침전지 운용변경등2.2.2(1)에 기술한 대책을 강구한다.

b) 혐기조용량의 증가

가능하면 혐기조의 용량을 증가시키고, 혐기상태를 길게 유지하여 ORP를 낮춘다.

c) 슬러지반송량의 조정

슬러지반송량을 적게하고, 반송슬러지로 혐기조에 들어온 NO_3^+ -N량을 낮춘다.

라. 혐기조에의 유입수, 반송슬러지 유입시 공기유입방지

협기조에의 유입수 및 반송슬러지의 유입시 낙차가 있는 시설구조인 경우 공기가 들어와 ORP상승의 원인이 되므로 수면 아래에서 유입시키는 등 조치하여 이를 개선한다.

②무산소조의 ORP, DO

무산소조의 ORP는 탈질반응을 촉진시키기 위하여 가능한한 낮게 유지한다. 무산소조의 ORP는 질산화액 순환수가 유입하여 협기조의 ORP보다도 높아지는 경향이 있으나, 나카가와 처리장의 본법 실태조사에서는 $-80 \sim -270\text{mV}$ 정도로 탈질반응이 양호하게 진행된다.

무산소조의 ORP가 높고, 탈질반응이 양호하지 않은 경우에는 아래와 같은 대응이 효과가 있다.

- a) 호기조 말단의 DO농도를 질산화반응을 저해하지 않는 범위에서 낮춘다.(공기량을 줄인다)
- b) 활성슬러지 혼합을 방해하지 않는 범위에서 표층으로부터 산소를 끌어들이지 않도록 무산소조의 교반을 약하게 한다.
- c) 순환비를 T-N제거율이 크게 저하시키지 않는 범위에서 작게하고, 질산화액에 의한 산소유립량을 적게 한다.

또한, 호기조 말단의 MLDO농도가 높은 경우나 질산화액 순환비가 높은 경우에는 무산소조에서의 DO가 검출되어지는 경우가 있으므로 무산소조의 MLDO농도에 대해서도 적절한 확인이 바람직하다.

3) 호기조의 용존산소농도

호기조 말단의 용존산소(MLDO)농도는 $1.5\text{mg/l} \sim 3.0\text{mg/l}$ 정도로 한다.

[해설]

협기-무산소-호기법에 있어서의 호기조 MLDO농도는 유기물의 흡착·분해, NH_4^+-N 의 질산화 및 활성슬러지의 인 섭취 등의 각 반응에 커다란 영향을 미치고 있기 때문에 그 제어에는 충분히 주의할 필요가 있다. 이들 각 반응에 대해서는 다음에 보인바와 같은 MLDO농도가 필요해진다.

가) 유기물의 흡착·분해

유기물 제거를 목적으로 한 표준활성슬러지법에서는 반응조 말단에서 MLDO농도를 $1\text{mg/l} \sim 3\text{mg/l}$ 정도로 하는 경우가 많다. 따라서, 유기물 흡착·분해반응은 호기조 말단의 MLDO농도를 1mg/l 이상으로 설정하면 된다고 생각할 수 있다.

나) 질산화반응

질산화반응을 진행시키는 경우, 유기물 흡착·분해반응 이외에 NH_4^+-N 의 질산화를 위한 산소가 필요해지기 때문에 호기조의 공기량은 유기물의 제거만 할 경우보다도 높게 설정할 필요가 있다.

그림-17에 보인바와 같이 나카가와 처리장에서 본 법의 실태조사에 의하면 호기조 말단의 MLDO 농도는 1.5mg/l 이상이면 질산화반응은 충분히 진행되며 질소제거가 잘 이루어 진다.

다) 인의 섭취

고도처리시설설계메뉴얼에 의하면 혐기-호기 활성슬러지에서의 호기조 말단의 MLDO농도는 1.5 ~ 2.0mg/l를 잡고 있다. 또, 그림-17에 보인 나카가와 처리장에 있어서의 조사결과로부터는 호기조의 MLDO농도가 1mg/l

이상이면 문제없다는 결과가 얻어지고 있다.

라) 탈질반응의 저해

호기조의 MLDO농도가 필요이상으로 높으면 질산화액순환에 의한 무산소조에의 용존산소 유입이 많아져 무산소조에서의 탈질반응을 저해하는 경우가 있다.

마) 최종침전지에서 침전슬러지로부터의 인방출

호기조의 MLDO농도가 너무 낮은 경우에는 최종침전지에 침전한 슬러지층이 혐기상태가 되기 쉬우며 인이 방출되어져 처리수 인농도가 높아지는 경우가 있다.

이상과 같은 점을 종합하여 호기조의 MLDO농도는 조말단에서 1.5 ~ 3.0mg/l 정도의 범위일 때 적절히 제어하는 것이 적당하다고 생각할 수 있다.

4) MLSS농도

MLSS농도는 1,500 ~ 3,000mg/l로 한다. 일상적으로 MLSS농도를 측정하고 계절마다 설정한 범위에 있음을 확인함과 동시에 적절한 SRT 혹은 A-SRT가 확보되어져 있는가 확인한다.

[해설]

a) MLSS농도

본법은 질산화세균의 계내유지를 위해 SRT를 길게 할 필요가 있으므로 표준활성슬러지법과 비교하여 MLSS농도를 높게할 필요가 있다. 그러나, 공기량의 절감이나 인체거효과의 향상 또는 최종 침전지로의 고형물부하 경감을 위해서는 MLSS농도를 낮게 유지하는 것이 바람직하므로, 질산화반응이 충분히 진행되는 범위내에서 가능한 낮은 MLSS농도로 운전한다.

실제 시설에 있어서 MLSS농도 실적을 보면 1,500 ~ 3,000mg/l 범위에서 운전되는 예가 많다. 실적치를 감안하면 저온기의 MLSS농도는 2,500 ~ 3,000mg/l, 고온기에는 1,500 ~ 2,000mg/l가 적당하다고 생각할 수 있다.

또한, 나카가와 처리장에서의 본법 실태조사에 따르면 동절기에 있어서도 2,000 ~ 2,200mg/l 정도의 MLSS농도에서 양호한 질소, 인의 제거가 가능 했다. 따라서, 동기에도 질산화반응이 충분히

진행되는 A-SRT를 확보가능한 범의에서 어느정도 MLSS농도를 낮게하여 운전하는 것은 가능하다. 또, 이하에서 기술하는 바와같이 SRT 혹은 A-SRT를 설정하여 인발슬러지량을 관리함으로써 MLSS농도가 결정되어지게 된다.

b) 질소제거를 위한 적절한 SRT

순환식질산화탈질법이나 질산내생탈질법에서는 기본적으로 질산화세균의 계내유지만을 고려한 SRT혹은 A-SRT를 설정하면 되지만 본법에서는 인제거를 위해 질산화세균이 계내에서 유지가능한 범위내에서 되도록 짧은 SRT 혹은 A-SRT를 설정하는 것이 바람직하다.

SRT는 생물반응조, 최종침전지, 반송슬러지라인을 포함한 처리계 전체에 존재하는 활성슬러지가 계내에 체류해 있는 시간을 의미하지만 통상 생물반응조에 존재하는 활성슬러지량을 사용하여 식(21)로 정의할 수 있다.

$$\theta_x = \frac{\text{생물반응조에 존재하는 활성슬러지량 (Kg)}}{\text{1일당계외로 배출되어지는 활성슬러지량 (Kg/일)}} \\ = \frac{V_A \cdot X_A}{Q_W X_W + (Q_{in} - Q_W) \cdot X_E} \text{----- (21)}$$

여기에서, Q_X : SRT(일)

V_A : 생물반응조의 용량(m^3)

X_A : 생물반응조내 혼합액의 평균부유물(MLSS)농도(mg/l)

X_W : 잉여슬러지의 평균SS농도(mg/l)

X_E : 처리수중의 평균SS농도(mg/l)

Q_{IN} : 생물반응조에의 유입수량($m^3/일$)

Q_W : 잉여슬러지량($m^3/일$)

본법에서는 우선 질소제거를 위하여 질산화를 촉진하는 것이 전제이다. 질산화세균의 증식에는 호기상태가 필요하므로 질산화세균의 계내유지에 대해서 생물반응조 전체를 기준으로 한 고형물 체류시간(SRT)이 아닌 식(22)에 보이는 호기적 고형물 체류시간(A-SRT)을 이용한다.

$$\theta_{XA} = \theta_x \frac{t_A}{t} \text{----- (22)}$$

여기에서, θ_{XA} : 호기적 고형물 체류시간(일)

t_A : 호기조 체류시간(hr)

t : 생물반응조 체류시간(hr)

질산화세균의 증식속도는 유기물을 분해하는 세균의 증식속도와 비교하여 상당히 적기 때문에 BOD산화분해와 질산화를 동일조내에서 행하는 경우에는 질산화세균을 계내에서 유지하는 것에 유의할 필요가 있다. 질산화세균의 유지에 필요한 A-SRT는 식(23)에서 표시하는 것이 가능하다.

$$\theta_{XA} \geq \frac{1}{\mu_N} \text{-----}(23)$$

여기에서, μ_N : 질산화세균의 비증식속도

질산화세균의 증식속도는 수온의 영향을 받아, 저수온기에는 상당히 적어지므로 질산화세균을 계내에 유지하기 위하여 필요한 A-SRT의 관계를 정리한 것이 그림-18이다. 그림중의 실선은 질산화율이 80%이상의 데이터인 각 수온에대한 S-SRT의 관계를 정리한 것이며, 이 선보다도 위에 A-SRT가 있으면 거의 충분한 질산화를 기대할 수 있게 된다. 같은 그림에서, 일반적인 동기 최저수온인 15℃인 경우, A-SRT는 적어도 8일정도, 안전을 20%를 잡으면 10일정도가 필요하다고 판단할 수 있다.

한편, 나카가와 처리장의 실태조사결과에 의하면 수온 15℃인 동기에도 9일 정도의 A-SRT로 질산화율이 80%이상을 얻을 수 있는 예를 볼 수 있다. 이 결과와 그림-18을 감안하면 동기에 있어서는 A-SRT를 8~10일의범위에서 관리하여 질소제거의 전제인 질산화반응이 거의 확실하게 진행가능하다고 판단할 수 있다.

c) 인제거를 위한 적정 SRT

생물학적 인제거의 기본은 활성슬러지 미생물의 인과잉섭취현상을 이용한 활성슬러지의 인함유율을 높이고 이를 잉여슬러지로서 계외로 제거하는 것이다. 즉, 활성슬러지의 인함유율이 높고 잉여슬러지량이 많을수록 인제거율은 높아진다. 그림-19는 SRT와 슬러지전환율의 관계를 보인 것이다. 일반적으로 SRT가 높아지면 BOD-SS부하가 적어져 활성슬러지의 인함유율은 적어진다고 말할 수 있다. 또한, 그림-19로부터 알 수 있는 바와 같이 SRT를 너무 길게 하면 슬러지전환율은 적어진다. 그 결과, 잉여슬러지로서 인발되어지는 슬러지량이 감소하고 인제거율은 저하하게 된다. 즉, 인제거에 관해서는 SRT는 적은 쪽이유리한 것을 알 수 있다. 고도 처리시설설계 매뉴얼에 의하면 생물학적 인제거법인 혐기-호기 활성슬러지법에서는 A-SRT를 2~7일의 범위에서 운전하고, 설계는 4~5일 정도를 설정하는 것으로 되어 있다.

d) 본법에 있어서의 적정 SRT

본법에서는 우선 완전질산화가 가능한 범위의 SRT를 설정하고, 그 SRT범위중에서 인제거가 가능하도록 가능한 짧은 SRT를 설정한다.

그림-20은 본법에 있어서의 SRT제어 개념을 나타낸 것이지만, 구체적으로 b)에서 서술한 바대로 질소제거를 위한 A-SRT의 하한치는 저수온기에 8~10일 이며 또한, c)에서 서술한 바와같이 인제거를 위한 A-SRT는 2~7일로 가능한 짧은 쪽이 좋다. 이와 같이 저수온기에는 포화에 필요한 A-SRT와 인제거에 필요한 A-SRT는 다르나, 본법은 질산화를 안전하게 진행시키는 것을 우선으로 하고, A-SRT와 저수온기에 있어서는 8~10일 확보하는 것이 좋다. 인에 대해서는 질산화에 영향을 미치지 않는 범위에서 되도록 짧게 설정하는 운전이 바람직하다.

또한, 나카가와 처리장에서 본법 실태조사결과를 A-SRT에 관하여 표-8에 정리하였다. 수온 15℃의 동기에도 A-SRT가 9일정도에서 높은 질산화율이 확보되고 있으며, 인도 양호하게 제거되고 있다. 이로부터 동기의 A-SRT를 8~10일정도로 확보하면 양호한 질산화와 인제거가 이루어지는 것으로 판단할 수 있다. 또한, 동표에서 증온기에 질산화율 T-N/제거율이 낮은 것은 직전에 MLSS 저농도측의 한계를 찾는 운전의 영향이 남아 있기 때문이다.

표-8 A-SRT의 일반적인 수치와 나카가와 처리장의 예

항 목		고온기	증온기	저온기
고도처리시설설계 매뉴얼 하수도시설계획지침과 해설	A-SRT(일)	4.5	6.0	8.0
	질산화율(%)	80% 이상	80% 이상	80% 이상
나카가와 처리장 (1995년)	유입수 수온(℃)	26.9	23.6	15.5
	A-SRT(일)	3.0	6.5	9.4
	MLSS(mg/l)	1,210	1,620	2,060
	BOD-SS부하 (Kg/Kg·일)	0.17	0.14	0.05
	질산화율(%)	99	76	98
	T-N 제거율(%)	87	75	81
	T-P 제거율(%)	94	96	97

5) 질산화액 순환비 및 슬러지반송율

①순환비(반송슬러지를 포함한다)는 1.5~2.0으로 한다.

②슬러지반송율은 50%정도로 한다.

[해설]

본법의 T-N제거율은 식(1)에 보인바와 같이

$$E_N = \frac{R}{1+R} \times 100 \quad \text{----- (1)}$$

여기에 R : 순환비

$$R = \frac{Q_r + Q_c}{Q_{in}}$$

Q_r : 슬러지반송량(m³/일) , Q_c : 순환수량(m³/일) , Q_{in} : 유입수량(m³/일)

질산화액 순환비에 의해 결정되며, 순환비를 크게 하면, T-N제거율은 커진다. 따라서, 순환비는 본 법에 있어서 질소제거율에 관한 중요한 운전 지표이며, 높은 T-N제거율을 얻기 위해서는 순환비를 크게 할 필요가 있다. 하지만, 다음과 같은 이유에서 순환비에는 일정상한이 있다.

- a) 그림-21에 순환비와 T-N제거율과의 관계를 보인다. 순환비가 1.5정도까지는 순환비 증가에 따라 T-N제거율도 커지지만 2 이상에서는 순환비가 증가하여도 T-N 제거율의 증가비율은 적어진다.
- b) 순환비를 크게하면 무산소조에서의 BOD/NO₃⁻-N비가 감소하고 탈질효과가저하할 가능성이 있다.
- c) 순환비를 크게하면 질산화액에 의한 무산소조의 DO유입이 늘고 ORP를 상승시켜 탈질반응을 저해할 가능성이 있다.
- d) 순환비를 크게하면 무산소조에서의 실제 체류시간이 저하하며 탈질효율이 저하할 가능성이 있다.
- e) 순환비를 크게 하면 순환용 펌프의 설비비 및 운전동력비가 커진다.

또한, 본법에서는 MLSS농도를 1,500 ~ 3,000mg/l와 표준활성슬러지법보다 높게 유지하기 위하여 슬러지반송율을 50%정도로 설정할 필요가 있다. 이상의 이유를 종합적으로 판단하여 질산화액만의 순환비를 1.5, 슬러지반송비를 0.5, 종합 순환비를 2.0 정도로 설정하는 것이 실용적이라고 생각할 수 있다.

6) 생물반응조의 각조 용량배분 적정화

수온이나 유입부하의 계절적 변동 및 경년변화에 대응하고, 가능한 범위에서 생물반응의 각조 용량 배분을 적정화한다.

[해설]

생물반응조의 용량이나 혐기, 무산소, 호기의 각조 용량배분은 기본적으로 동기 저수온기의 유입 수온, 유입수질, 질산화속도, 탈질속도 등의 수치를 이용하여 정하고 있다. 따라서, 계절적인 수온이나 유입부하의 변동 및 경년변화에 의하여 당초 설계한 생물반응조의 각조 용량배분 그대로는 각 조의 기능이 충분히 발휘되어지지 않는 경우가 발생한다. 이러한 경우를 대비하여 생물반응조의 각조 용량배분이 변경가능한 구조이면 각조의 필요용량을 산정하여 적절한 각조 용량배분으로 변경하여 기능향상을 도모할 필요가 있다.

호기조, 무산소조, 및 호기조의 용량배분을 적정화하기 위한 순서는 다음과 같다.

- a) 혐기조, 무산소조, 호기조 각 조내 S-BOD, S- PO_4^{3-} -P, NO_3^- -N, NH_4^+ -N 등의 수질을 생물반응조 시험을 통해 파악한다. 이를 통해 혐기조에서의 인방출, 무산소조에서의 탈질 및 호기조에서의 질산화와 인과잉섭취가 각각 충분히 일어나고 있는가를 판단한다. 또한, 질소나 인의 각 조 별로 수지를 잡아 인방출속도, 탈질속도 및 질산화속도를 각각 산출한다.
- b) 생물반응조 시험과 동시에 회분시험을 통해 활성슬러지의 인방출속도, 탈질속도 및 질산화속도를 측정한다.
- c) a) 및 b)의 결과로부터 각조의 필요용량을 계산하고, 조구조상 및 운전관리상에서 보았을 때 가능한 범위내에서 조배분을 변경한다. 이 경우 a) 및 b)에서 구한 각속도를 비교하여 각조 용량이 충분한가를 어느정도 판단 할 수 있다. 즉, 수지로부터 구해지는 속도는 각 성분의 조내에서의 변화량을 조내의 실제류시간에서 빼서 구하기 때문에 각조 용량에 여유가 있으며 반응이 거의 완전하게 진행되고 있는 경우에는 본래 속도보다도 적어지기 때문이다.

여기에서, 그림-22에 보인 나까가와 처리장 실규모시험시설에서의 용량배분 적정화의 예를 다음에 기술한다. 또한, 본 시설에서는 혐기조 및 무산소조에 송기가능한 타입의 수중교반기를 설치하고 있으며 평상시는 송기하지 않고 사용하지만, 어느쪽이든 송기하여 호기상태로 하는 것이 가능하다. 또한, 질산화순환액은 반응조 제3조 혹은 제4조의 어느조로도 투입할 수 있도록 절환가능한 구조로 되어있으나 통상은 제3조에 투입하고 있다.(각조의 수리학적 체류시간은 표-4, 표-5 참조)

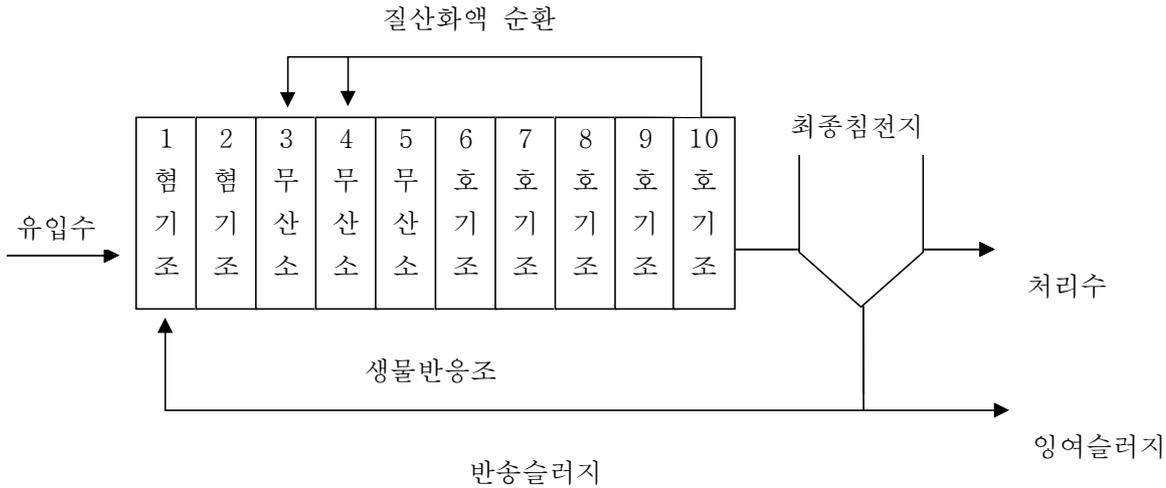


그림-22 나카가와 처리장의 실규모 시험시설 FLOW

i) 질소제거에 관하여

저수온기등 질산화가 충분히 진행되지 않고 처리수에 NH_4^+-N 이 잔존하는 경우나 A-SRT가 부족한 경우, 반응조 제5조의 수중교반기에 송기하여 호기상태로 하고 호기조서의 기능을 가지도록 한다.

ii) 인제거에 관하여

혐기조에서의 인방출이 충분치 않을 때 질산화순환액의 투입을 반응조 제4조로 전환하고 제3조 혐기조로서의 기능을 가지도록 한다.

(3) 최종침전지의 운전관리

- ①수면적 부하는 $15 \sim 25\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{일}$ 정도로 운전한다.
- ②최종침전지내의 슬러지계면이 너무 높아지지 않도록 적절하게 관리한다.

[해설]

a)수면적 부하

본법에서는 표준활성슬러지법과 비교하여 높은 MLSS농도에서 운전되기 때문에 최종침전지에 유입하는 고형물 부하가 증가한다. 또한, 본법에서는 표준활성슬러지법이나 혐기-호기활성슬러지법에 비교하여 일반적으로 활성슬러지의 SVI가 높아지는 경향이 있다.

따라서, 슬러지의 부상이나 유출을 막기 위해서는 최종침전지를 되도록 적은 수면적부하로 운전하는 것이 바람직하며, 수면적부하는 $15 \sim 25\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{일}$ 정도로 한다.

b)슬러지계면의 관리

본법은 활성슬러지의 SVI가 높아지는 경향이 있기 때문에 슬러지계면이 너무 높지 않도록 적절히 관리하고, 슬러지의 부상, 유출을 억제 할 필요가 있다. 또한, 슬러지가 체적하여 혐기상태가 되면 슬러지로 들어온 인이 재방출되며 처리수 인농도가 상승하므로 이 면에서도 가능한한 슬러지를 침전지내에 체적시키지 않고 슬러지계면을 낮게 유지하는 운전관리가 필요하다. 특히, 하기 등과 같이 유입수량 변동이 큰 경우나, 우천시 등 유입수량이 증가하는 경우에는 슬러지의 유출 방지에 충분히 유의할 필요가 있다.

그리고, 최종침전지에서는 탈질반응에 의한 슬러지의 부상이 발생하는 경우가 있다. 본법에서는 호기조에서 질산화반응이 진행되고 이 질산화액의 일부는 그대로 최종침전지로 유입한다. 따라서, 침전한 슬러지가 혐기상태가 되면 탈질반응에 의한 질산성질소가 환원되어져 질소가스가 생성되고, 이것이 슬러지에 부착하여 슬러지부상을 일으킨다. 이를 막기 위해서는 최종침전지에서 되도록 슬러지가 장시간 체류하지 않도록 슬러지를 관리할 필요가 있다.

3.1 수질이상시의 운전관리

3.1.1 처리수질이 목표수질을 넘는 경우

(1) 처리수 T-P농도가 목표수질을 넘는 경우

처리수 T-P농도가 목표수질을 넘을 것으로 예상되어지는 경우에는 아래 순서에 따라 질산화공정, 탈질공정의 반응지표, 운전조건 등을 체크하여 조정한다.

- ①유입수 수온 확인
- ②유입수량, 유입수 BOD, T-N농도 및 유입부하량 확인
- ③호기조 말단 NH_4^+ -N농도 확인
 - a)알카리도, pH확인 및 조정
 - b)MLSS농도 확인 및 조정
 - c)MLDO농도 확인 및 조정
 - d)A-SRT 확인 및 조정
 - e)질산화속도 확인 및 조정

- ④무산소조 말단 NO_3^- -N 농도 확인
 - a)MLSS농도 확인 및 조정
 - b)무산소조 유입수 S-BOD/ NO_3^- -N비의 확인 및 조정
 - c)ORP 확인 및 조정
 - d)탈질속도 확인
- ⑤순환비의 확인 및 조정
- ⑥처리수의 SS성 T-N농도의 확인
- ⑦처리수 T-N농도의 예측과 운전조건의 변경

[해설]

처리수의 T-N농도가 목표수질을 넘을 위험성이 높은 것으로 예상되어지는 경우 그림-23에 보인 순서에 따라 처리한다.

관리순서는 아래와 같다.

1) 유입수 수온 확인

일반적으로 처리수 T-N농도가 상승하는 것은 수온이 낮은 동기인 경우가 많다, 기본적으로는 시설설계의 단계에서 연간 최저수온에 근거하여 생물반응조 각조의 필요용량이 확보되어져 있다. 따라서, 유입수의 수온이 설계수온 이하인 경우에는 질산화속도, 탈질속도가 저하하고 생물반응조 용량이 부족하여 처리수 T-N농도가 악화하는 일이 있다. 그 때문에 유입수 수온이 설계수온보다 낮은 경우, 수온에 따른 적정 유입부하로 하기 위한 MLSS농도의 증가, 유입수량의 감소 등을 검토하게 되므로 유입수의 수온을 확인한다. 일반적으로 15℃이상이면 거의 문제가 없다고 생각할 수 있다.

2) 유입수량, 유입수 BOD, T-P농도 및 유입부하량의 확인

유입수량은 시설 설계에서는 1일 최대유입수량을 사용하고 있다. 유입수량이 설계수량보다 많아지면 무산소조, 호기조 각조에서의 실체류 시간이 짧아지고 탈질량, 질산화량이 부족해지는 일이 있다. 따라서, 유입수량이 설계치 이하인가를 확인한다.

또한, 생물반응조 유입수질이 강우 등에 의해 평상시와 비교하여 희박해지거나 일시적으로 농후해지는 경우가 있다. 생물반응조 유입 T-N, BOD농도가 설계유입수질과 비교해서 범위를 크게 벗어나고 있지는 않은지 혹은 유입수 BOD/T-N비가 평상시와 비교하여 낮지 않은가를 확인할 필요가 있다.

또한, 생물반응조의 유입수량과 유입수질로부터 유입부하량을 산정하고 생물반응조에 어느정도의 부하가 걸려있는가를 파악한다. 이상과 같이 이 단계에서는 생물반응조의 유입수량, 유입수질

및 유입부하량을 확인하고 현상이 설계치와 비교하여 어느 정도의 유입부하에서 운전되어지고 있는가를 파악하여 다음 순서로 진행한다.

3) 호기조 말단의 NH_4^+ -N농도 확인

본법에 있어서 질소제거의 기본은 우선 호기조에서 완전질산화를 하는 것이다. 일상관리에 있어 호기조내의 NH_4^+ -N농도를 확인하고 질산화가 충분히 일어나고 있는가를 확인할 필요가 있다.

질산화가 불충분하고 호기조 말단에 NH_4^+ -N이 잔존하는 경우에는 유입부하량, 알카리도, MLSS 농도, MLDO농도, A-SRT가 설정치로부터 크게 떨어져 있다고 볼 수 있기 때문에 다음 순서에 따라 이들을 조정한다.

a) 알카리도, pH

호기조 말단의 알카리도를 측정하여 50mg/l정도 이상이 확보되어져 있는가를 확인한다. 또, pH를 측정하여 6.0정도 이상이 확보되어져 있는가도 확인한다.

알카리도가 50mg/l를 만들고, pH가 6.0이하인 경우는 질산화속도의 저하를 생각해 볼수 있기 때문에 질산화액순환수량을 증가시키는 등 탈질효과를 높이는 조작을 한다. 또, 알카리 주입설비가 있는 경우에는 알카리제의 주입을 검토하다.

b) MLSS농도

호기조내의 MLSS농도가 1,500 ~ 3,000mg/l범위에서 수온 및 유입 T-N 부하에 따라 적절히 설정되어져 있는가를 확인한다. (표-4, 표-5 참조)

MLSS농도가 적정치보다 낮은 경우에는 질산화가 충분히 진행되지 않는 경우가 있으므로 잉여슬러지 인발량을 감소시켜 MLSS농도를 적정치로 조정한다.

c) MLDO농도

호기조 말단의 MLDO농도가 1.5mg/l이상 확보되어져 있는가를 확인한다. 호기조 MLDO농도가 1.0mg/l정도가 되면 질산화효율이 저하함과 동시에 인제거 효율도 저하하는 일이 있으므로 그 경우에는 공기량을 증가 시킨다. 그리고, MLDO농도를 필요이상으로 높이면 질산화액 순환에 의해 무산소조에의 DO유입이 증가하고 무산소조에서의 탈질효율이 저하하므로 주의를 요한다.

d) A-SRT

식(21), 식(22)에서 A-SRT를 산출하여 생물반응조의 유입수 수온에 따라 적절치가 되어있는가를 확인한다.(그림-18 참조)

유입수온에 대하여 A-SRT가 너무 짧으면 질산화가 불충분해지므로 그 경우에는 잉여슬러지 인발량을 감소시켜 필요한 A-SRT를 조정한다. 또한, 시설에 따라 그림-18에서와 같이 80%의 질산화율이 얻을 수 있어 A-SRT치보다 짧아도 충분히 질산화가 진행되는 일이 있으므로 일상관

리에 있어서 적절한 A-SRT를 파악하여 둘 필요가 있다.

e) 질산화속도의 확인

상기의 a)~d)의 확인조작에 있어서 질산화를 위한 모든 조건을 만족하고 있는 경우는 질산화속도를 실측하여 호기조의 필요용량을 산정하고 조용량이 부족하지 않은지 판단한다.

4) 무산소조 말단의 NO_3^- -N농도 확인

탈질이 잘 이루어지는 경우에는 무산소조 말단의 NO_3^- -N은 남지 않지만 탈질이 불충분한 경우에는 NO_3^- -N이 잔존한다. NO_3^- -N이 잔존하는 요인으로는

- ①유입부하량이 많다 ②무산소조 유입수의 S-BOD/ NO_3^- -N비가 낮다(3미만)
- ③순환수량이 너무 많든가 아니면 호기조 말단의 MLDO농도 레벨이 너무 높아 무산소조의 ORP가 높게 되어 있다
- ④MLSS농도가 너무 낮다. 등의 원인을 생각할 수 있기 때문에 다음 순서로 조정한다.

a) MLSS농도

무산소조내 MLSS농도가 1,500 ~ 3,000mg/ℓ범위로 수온, 무산소조 유입 NO_3^- -N부하에 따라 적절히 설정되어져 있는가를 확인한다. MLSS농도가 너무 낮은 경우는 탈질이 충분히 진행되지 않으므로 적정치로 조정한다.

b) BOD/T-N비

- ①생물반응조 유입수 BOD/T-N비가 3정도 이상 확보되어 있는가를 확인한다. 이것이 3을 밑돌아 탈질반응이 양호하게 진행하지 않는 경우에는 최초침전지의 운전지수를 감소시키든가 아니면 최초침전지의 바이패스 운전을 실시한다.
- ②무산소조 유입수 BOD/ NO_3^- -N비가 3이상 확보되어져 있는가를 확인한다. 이것이 3을 밑돌아 탈질반응이 양호하게 진행되지 않은 경우에는 ①과 같이 운전조작한다. 더욱이 필요할 경우 순환수량을 줄여 무산소조에 유입하는 NO_3^- -N량을 감소시킨다. 그리고, 순환수량을 너무 줄이면 T-N제거율이 저하하므로 처리수 T-N농도에 주의할 필요가 있다.

c) ORP

무산소조 ORP가 충분히 낮은가(-100mV ~ -200mV정도)를 확인한다. 그리고, 탈질이 양호하게 진행되는 ORP 절대치는 시설에 따라 다르므로 양호하게 처리가 이루어지고 있는 때의 ORP를 일상적으로 파악하여 두고 ORP가 일상치와 비교하여 높아지고 있지 않은가를 확인한다.

ORP가 높은 경우에는 순환비를 낮추는 등의 조작을 한다. 이 경우 위에 기술한 바와 같이 T-N 제거율 저하에 주의를 요한다.

d) 탈질속도의 확인

상기의 a) ~ c) 확인조작에 있어 탈질을 위한 모든 조건이 만족된 경우 탈질속도를 실측하여 무산소조의 필요용량을 산정하고 조용량이 부족하지 않은가를 판단한다.

5) 순환비 조정

호기조에 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 이 잔존하지 않고 무산소조에 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 가 잔존하지 않는 경우 즉, 질산화·탈질반응이 양호하게 진행하고 있음에도 불구하고 T-N 목표 처리수질이 달성불가능한 때에는 무산소조의 능력에 여유가 있는 것으로 판단되므로 T-N 제거율을 높이기 위해 완전탈질이 진행되는 범위로 순환비를 높인다. 순환펌프능력의 제약으로 순환비가 상승될 수 없는 경우나 무산소조 ORP가 상승하여 탈질반응이 저해를 받아 순환비가 올라갈 수 없는 경우에는 다음 순서인 유입부하 검토로 진행한다.

6) 처리수 SS농도와 SS성 T-N농도의 확인

처리수 SS농도가 높은 경우에는 처리수 T-N농도내의 SS성 T-N농도 비율이 높아지는 경우가 있으므로 처리수 SS농도와 T-N구성비(SS성 T-N농도와 용해성 T-N농도의 비율)을 확인한다. SS원의 T-N농도를 낮춰 처리수 T-N농도가 목표치를 만족시키리라 예측가능한 경우, 최종침전지에서의 활성슬러지 침강개선책을 검토한다.

7) 처리수 T-N농도 예측과 운전조건의 변경

이상, 3) ~ 6) 관리를 하는 경우의 처리수 T-N농도를 예측계산하여 처리수 T-N 예측치가 목표치를 만족하는 경우 운전조건을 변경한다.

또한, MLSS농도, A-SRT, 질산화·탈질속도, 순환비 및 처리수 SS농도 등에 문제가 없는 경우에는 유입부하량이 높은 것으로 판단되어지므로 운전계열을 변경하고 1계열당의 유입부하량을 줄일 필요가 있다. 그리고, 우천시에는

① 유입수가 우수 등에 의해 일시적으로 희석되어지면서 DO농도가 상승하기 때문에 호기조 및 무산소조의 ORP가 상승하여 탈질효율이 저하하는 경우

② 유입수량이 증대하여 각 반응조에서의 반응시간이 부족해지는 경우

③ 유입수 수온이 저하하여 질산화속도가 저하하는 경우 등의 악영향을 생각해 볼 수 있다. 한편, 유입수 희석에 의해 호기조에서의 질산화가 촉진되어지는 등 빗물 등의 유입은 처리수 수질을 향상시키는 면으로도 작용한다. 이와 같이, 질소제거에 있어서는 빗물 등의 유입에 의한 악영향은 인제거의 경우 그다지 크지 않다고 할 수 있다. 그러나, 일시적으로는 처리수 수질이 악화할 가능성이 있으므로 우천시 처리수 수질이 악화될 때에는 상기 항목을 체크하고, 반복 발생하는

경우, 영향을 미치는 항목을 개선할 필요가 있다.

(2) 처리수 T-P농도가 목표수질을 넘는 경우

처리수 T-P농도가 목표수질을 넘을 것으로 예상되어지는 경우 다음 순서에 따라 반응 지표, 운전 조건 등을 체크 조정한다.

- ①유입수온 확인
- ②유입수량, 유입수 BOD, T-P농도 및 유입부하량 확인
- ③SRT 확인
- ④혐기조의 ORP 및 인방출 확인
- ⑤호기조에서의 인섭취 확인
- ⑥유입부하 변경 및 응집제 첨가
- ⑦우천시 대응
- ⑧처리수 T-P농도 예측과 운전조건 변경

[해설]

처리수 T-P농도가 목표수질을 넘을 위험성이 높다고 예상되어지는 경우 그림-24에 보인 순서에 따라 대처한다. 관리순서는 다음과 같다.

인제거는 질소제거가 원활히 이루어진다는 전제하에 운전관리를 하는 것으로 한다, 즉, SRT나 생물반응조내 MLSS농도는 질산화-탈질이 잘 이루어지는 범위내에서 관리한다. 관리순서는 다음과 같다.

1) 유입수온 확인

혐기조에서의 인방출은 저수온기에는 저하하는 일이 있기 때문에 생물반응조 유입수 수온을 확인한다. 기본적으로는 시설설계 단계시 연간 최저수온에 기초하여 각조 용량이 확보되어져 있다. 유입수의 수온이 설계수온 이하일 때에는 인방출 속도가 저하하는 경우가 있으며 수온에 따른 적정 부하로 하기 위해 MLSS농도 증가나 유입수량 감소 등의 검토를 하게 되므로 유입수온의 확인이 필요하다.

2) 유입수량, 유입수 BOD, T-P농도 및 유입부하량 확인

유입수량은 시설설계에 있어서는 1일 최대 유입수량보다 많아지면 혐기조의 체류시간(HRT)이 짧아지며 인의 충분한 방출을 기대할 수 없게 되는 일이 있다. 따라서, 유입수량이 설계치 이하인가

를 확인한다.

또한, 생물반응조 유입수질이 강우 등에 의하여 평상시와 비교해 희박해지거나 일시적으로 농후해지는 경우가 있다. 생물반응조 유입수의 T-P, BOD농도가 설계유입수질과 비교하여 크게 범위를 벗어나지는 않았는지 생물반응조 유입수의 BOD/T-P비가 평상시와 비교하여 낮지는 않은지를 확인할 필요가 있다.

또, 생물반응조 유입수량과 유입수질로부터 유입부하량을 산정하여 생물반응조에 어느 정도의 부하가 유입하고 있는가를 파악한다. 이상과 같이 이 단계에서는 생물반응조에의 유입수량, 유입수질 및 유입부하량을 확인하고, 현 상태가 설계치와 비교하여 어느 정도의 유입부하에서 운전되어지고 있는가를 파악하여 다음순서로 진행한다.

3) SRT확인

식(21)에 기초하여 SRT를 확인한다. 처리수 T-P를 양호한 수준으로 유지하기 위해서는 SRT를 가능한한 잉여슬러지에 의해 계외로 인발하는 것이 바람직하다. 그러나, 앞에서 기술한 질산화세균의 유지에 충분한 SRT는 확보할 필요가 있으므로 필요이상으로 짧게 하지 않아야 한다.

4) 혐기조에서의 인방출 확인

혐기조에서의 인방출 정도를 확인한다. 실시 사례에 의하면, 혐기조 말단에서 PO_4^{3-} 농도는 5~10 mg/L 정도가 되지만, 유입수질과 비교하여 충분한 방출이 이루어지고 있는가를 확인한다. 또한, 유입수 BOD농도가 낮으므로 혐기조의 ORP가 충분히 저하하지 않는 경우가 있다. 그러므로, 유입수 수질을 확인함과 동시에 혐기조의 ORP가 -200mV이하로 유지 되어지고 있는가를 확인할 필요가 있다. 이 경우 최초침전지의 운전계열을 감소시키든지 바이패스 운전을 한다. 또는 슬러지 반송율을 낮추는 등의 대책이 필요해 진다.

5) 호기조에서의 인섭취 확인

호기조에서 인섭취가 충분하지 않은 경우에는 MLSS 농도 및 MLDO 농도가 설정치인지 확인하고 이상이 없는 경우에는 필요한 호기조 용량을 산정한다.

6) 유입부하량의 변경 및 응집제 첨가

날씨가 맑아 1)~5)의 각 조건이 만족되고 있음에도 불구하고 처리수질이 목표수질을 달성할 수 없는 경우는 유입부하량 과잉으로 판단되어진다. 이 경우 유입부하량을 재 확인하여 유입부하량을

변경한다. 이상과 같이 대응하여도 효과를 얻을 수 없는 경우에는 응집제 첨가에 대해 검토한다.

7) 우천시의 대응

우천시 등에는 일시적으로 유입수가 빗물에 의해 희석되어져 혐기조의 ORP가 높아지는 경우가 있으나, 처리장마다 우천시의 유입수량과 ORP 상황이 다르므로 그 실태를 조사할 필요가 있다.

그림-25에 나카가와와 처리장의 강우후 T-P농도 및 혐기조 ORP를 보였다. 그림-25에서와 같이 강수량 20mm/일이 일주일정도 계속된 경우 (1995년 7월) 강우시의 처리수 수질을 평상시와 같은 정도의 수치가 얻어지고 있으나 날씨가 회복되어 유입수질도 평상시로 돌아가고 있는 시기에 처리수 수질이 높아지는 기간이 몇일간 보인다 그후 저하하고 있다. 또, 60mm/일 정도 강우가 3일간 계속된 경우 (1995년 9월)에는 강우 종료후의 처리수 수질의 악화는 7~10일간 정도 계속되고 있다. 기타 약간의 강우시 에는 특별히 영향을 보이지 않았다.

이와같이 강우규모나 계속된일수에 따라 처리수의 T-P농도가 높아지는 정도가 다르므로 기본적으로 우천이 계속되는 경우에는 처리수 T-P농도를 충분히 관찰함과 동시에 응집제를 첨가하는 것이 안전하다고 판단된다.

8) 처리수 T-P농도의 예측과 운전조건 변경

이상, 3)~7)의 관리를 하여 처리수 T-P농도를 예측계산하고 처리수T-P예측치가 목표치를 만족하는 경우에는 운전조건을 변경한다.

(3) 처리수T-N 및 T-P농도가 목표치를 넘는 경우

①처리수의 T-N 및 T-P농도 모두가 목표치를 넘을 것으로 예상되어지는 경우에는 우선 T-N에 대하여 검토하고 다음에 T-P에 대해 운전관리를 실시하는 것으로 한다.

②이때, 질산화가 충분히 이루어질 수 있는 A-SRT확보를 전제로 한다.

[해설]

본법에서는 생물학적 질소제거를 기본으로 하고 있기 때문에 생물학적인 질산화촉진과 순환을 통해 탈질해야한다. 인은 응집제를 첨가하여 생물학적 인제거를 보완할 수 있으나, 질소제거는 기본적으로 이와같은 보완법이 없다. 따라서, T-N, T-P농도 모두 목표수질을 넘는 경우, 우선 질산화-탈질이 잘 이루어지는 범위에서 관리하며, 다음에 인에 대해 관리한다. 기본적으로 T-N에 대해서는 2.3.2(1) , T-P에 대해서는 2.3.1(2)에 따라 운전관리한다.

3.1.2 방선균 스컴이 발생한 경우

생물반응조, 최종침전지 등에 방선균 스컴이 발생한 경우 다음과 같은 대책을 취한다.

- ① 질산화세균의 계내유지가 가능한 범위에서 가능한 짧은 SRT로 운전한다.
- ② 질산화반응에 영향을 미치지 않는 범위에서 호기조의 DO농도를 낮춘다.
- ③ 질소제거에 영향을 미치지 않는 범위에서 호기조 용량을 줄인다.
- ④ 생물반응조 및 최종침전지에 스컴 제거장치를 설치한다.
- ⑤ 일시적으로 혐기-호기활성슬러지법의 FLOW를 변경한다.

[해설]

일반적으로 생물반응조나 최종침전지 표면에 생성하는 스컴은 생물반응조내에서 노컬디아과 등의 방선균 증식이 원인으로 되어있다. 즉, 방선균이 미콜산이라고 하는 소수성이 강한 고급지방산을 생성하여 이것이 안정성 높은 기포를 발생시켜 활성슬러지에 부착되고, 이에 의해 슬러지가 부상하여 스컴이 형성되어진다. 최종침전지 표면에 부상한 스컴은 유출되어 방류수질을 악화시키는 외에도 체류하는 경우, 미관상 나뭇잎만 아니라 부패하여 악취를 발생시키므로 생물반응조내의 방선균 증식을 억제하고 생물반응조나 최종침전지에서의 스컴발생을 방지할 필요가 있다.

방선균은 아래와 같은 특성을 가지고 있다.

- 1) 절대호기성이며 용해성 유기물을 이용하여 증식한다.
- 2) 일반 활성슬러지성 생물보다도 증식속도가 적다.
- 3) 기액계면이나 유막표면에 잘 집적하며 소수성이 강한 미콜산을 생산한다.

혐기-무산소-호기법에서는 아래와 같은 이유에서 표준활성슬러지법에 비해 스컴의 원인이 되는 방선균이 계내에 증식·체류하기 쉬우며 생물반응조 표면이나 최종침전지 표면에 스컴이 생성되는 일이 많다.

- 1) 표준활성슬러지법에 비해 긴 SRT로 운전하므로 증식속도가 늦은 방선균이 증식·축적하기 쉽다.
- 2) 호기조에서 질산화반응을 촉진하므로 충분한 DO농도를 유지할 필요가 있으며 절대호기성인 방선균이 증식하기 쉬운 환경이 형성되어진다.
- 3) 표준활성슬러지법보다도 낮은 BOD-SS부하에서 운전되므로 혐기조, 무산소조에서 유기물이 소비되어져 호기조 유기물농도가 낮아짐과 동시에 거의가 용해성 유기물로 되므로 용해성 유기물을 이용하여 증식하는 방선균에게 유리한 환경이 형성되어진다.

이상과 같은 방선균 및 혐기-무산소-호기법의 특성을 고려 스컴발생을 억제하기 위하여 다음과 같은 대책을 취할 필요가 있다.

(1) SRT 관리

방선균 증식속도가 활성슬러지성 미생물보다도 적으므로 질산화세균이 계내에 유지가능한 범위에서 가능한 짧은 SRT 로 운전하며 방선균을 계외로 배출하여 활성슬러지성 생물의 증식을 우선 시킨다.

(2) 호기조 DO농도의 저하

방선균은 절대호기성균이므로 질산화반응에 영향을 미치지 않는 범위에서 호기조의 DO 농도를 낮게 유지하여 방선균의 증식을 억제한다.

(3) 무산소조 체류시간 증대

방선균은 용해성 유기물 (S-BOD)만을 섭취하므로 무산소조에서의 탈질반응을 통해 S-BOD를 가능한 낮추어 방선균의 증식을 억제한다.

(4) 스킴제거장치의 설치

생물반응조 또는 최종침전지에 스킴제거장치를 설치한다.

스킴제거장치는 설치하는 장소에 따라 다양하게 개발되어 있으나 생물반응조에 설치하는 장치를 그림-26에 보인다. 이 외에도 스킴이 성장하기 용이한 생물반응조 로우트식 스킴 흡인펌프를 설치하여 스킴을 빨아들인후 스킴을 활성슬러지혼합액중에 집어넣어 잉여슬러지로 제거하는 방법이 있다. 또, 최종침전지에는 파이프스키머 등의 스킴제거장치가 효과가 있다.

(5) 혐기-호기활성슬러지법의 실시

일시적으로 질산화순환을 정지시켜 혐기-호기활성슬러지법 FLOW로 하여 활성슬러지가 호기조내 체류하는 시간을 실질적으로 짧게함과 동시에 가능한 범위에서 유입수량을 증가시켜 BOD-SS부하를 높혀 방선균 증식을 억제 할 수 있다.

단, 이 방법에서는 질소제거율이 저하하므로 부득이한 경우에 실시하는 것이며 실시시에는 처리수질이 악화하지 않도록 충분히 주의할 필요가 있다.

3.1.3 벌킹이 발생한 경우

벌킹이 발생한 경우, 다음과 같은 대책을 취한다.

- ① 질산화세균의 계내 유지가 가능한 범위에서 되도록 짧은 SRT로 운전한다.
- ② 질산화반응에 영향을 미치지 않는 범위에서 호기조 의 DO 레벨을 낮춘다.

- ③질소제거에 영향을 주지 않는 범위에서 호기조 용량을 줄인다.
- ④되도록 높은 BOD-SS부하로 운전한다.
- ⑤최초침전지의 바이패스 운전이나 최초침전지 슬러지의 생물반응조로의 투입을 한다.
- ⑥일시적으로 혐기-호기활성슬러지법 FLOW로 변경한다.

[해설]

별킹은 활성슬러지중에 사상성 미생물이 증식하여 활성슬러지중의 침강성, 압밀성이 악화되는 상태를 말한다. 별킹이 발생하면 최종침전지에서의 활성슬러지 침강분리가 어려워지며, 처리수중에 슬러지가 유출되어 수질을 악화시킨다.

사상성 미생물의 종류는 많으나 일본 하수처리장에서 발생하는 대표적인 것으로는 Type 021n이 있다. Type 021n은 아래와 같은 특성을 가지고 있다.

- 1) 절대호기성이며 유화수소 H₂를 산화시키는 능력이 있다.
- 2) 용해성인 유기물만을 이용하여 증식한다. 또한, 초산과 같은 저분자 유기물을 즐겨 소비한다.

별킹발생을 억제하기 위해서는 다음과 같은 대책을 취할 필요가 있다.

(1) SRT 및 MLSS관리

방선균과 마찬가지로 사상세균의 증식속도가 활성슬러지성 생물보다도 적으므로 질산화세균을 계내에 유지할 수 있는 범위내에서 되도록 짧은 SRT로 운전하여 사상세균을 계외로 배출하고 활성슬러지성 생물증식을 우선시킨다.

또한, 사상세균이 용해성 유기물만을 이용하여 저농도 유기물에서 증식함을 이용하여 높은 BOD-SS부하를 설정, 활성슬러지성 생물이 우선하여 증식할 수 있는 환경을 만든다. 그를 위해 질산화·탈질반응에 지장이 없는 범위에서 되도록 MLSS농도를 낮게 하여 운전한다.

(2) 호기조 DO농도 저하

사상세균은 절대호기성 세균이므로 질산화반응에 영향을 미치지 않는 범위에서 호기조의 DO농도를 낮춰 사상세균의 증식을 억제한다.

(3) 무산소조 체류시간의 증대

무산소조에서의 탈질반응을 통해 S-BOD를 가능한한 절감하여 사상세균의 증식을 억제한다.

(4) 최초침전지의 바이패스운전 실시 및 최초침전지슬러지 생물반응조에의 투입

최초침전지의 바이패스 운전을 통해 SS성 기질을 가능한한 생물반응조에 유입시키고 슬러지의 핵이 되는 물질을 공급하여 슬러지의 침강성을 좋게 하면서 응집성이 있는 활성슬러지성 생물증식을 촉진시킨다. 또한, 최초침전지 슬러지를 생물반응조에 투입 하는 것은 특히 무기질을 공급하는 것이 되며 슬러지의 침강성 개선으로 연결된다. 또, 두가지 운전조작 모두는 BOD-SS부하를 높이기 되므로 (1)에 기술한 효과도 동시에 기대할 수 있다.

(5) 혐기-호기활성슬러지법의 실시

일시적으로 질산화액 순환을 정지시켜 혐기-호기활성슬러지법 FLOW로 하여 사상세균의 증식을 억제할 수가 있다.

단, 이 방법의 경우 질소제거율이 저하하므로 부득이한 경우에 실시하며 실시시에는 처리수질이 악화되지 않도록 충분히 주의할 필요가 있다.

3.2 가동초기의 운전관리

가동초기의 운전은 다음 순서와 같다.

- ① 혐기-호기활성슬러지법에서의 운전을 한다.
- ② 슬러지반송율을 가능한한 높이고 활성슬러지 육성과 생물반응조내에서의 질산화균 축적에 힘쓴다.
- ③ 완전질산화에 근접하여 혐기조에서의 ORP에 상승경향이 보여지는 시점에서 슬러지반송율을 50%, 순환율을 100~150%로 설정하고 혐기-무산소-호기법으로 이행한다.

[해설]

혐기-무산소-호기법은 질소, 인을 동시에 제거하는 방법이다. 운전개시초에는 활성슬러지 육성과 생물반응조 내에서의 질산화균 축적이 가장 중요한 관리목표가 된다. 그로 인하여 초기에는 질산화액을 순환시키지 않고 MLSS농도 확보와 질산화촉진을 위한 운전을 할 필요가 있다. 또, 수중교반기에 의한 혼합을 확인할 필요도 있다. 또, 수중교반기에 의한 혼합을 확인할 필요도 있다. 따라서, 초기에는 혐기-호기활성슬러지법 운전을 하다가 그후 MLSS농도 육성 및 질산화가 확인되는 시점에서 혐기-무산소-호기법으로 이행한다.

가동초기의 운전조작을 그림-27에 보인다.

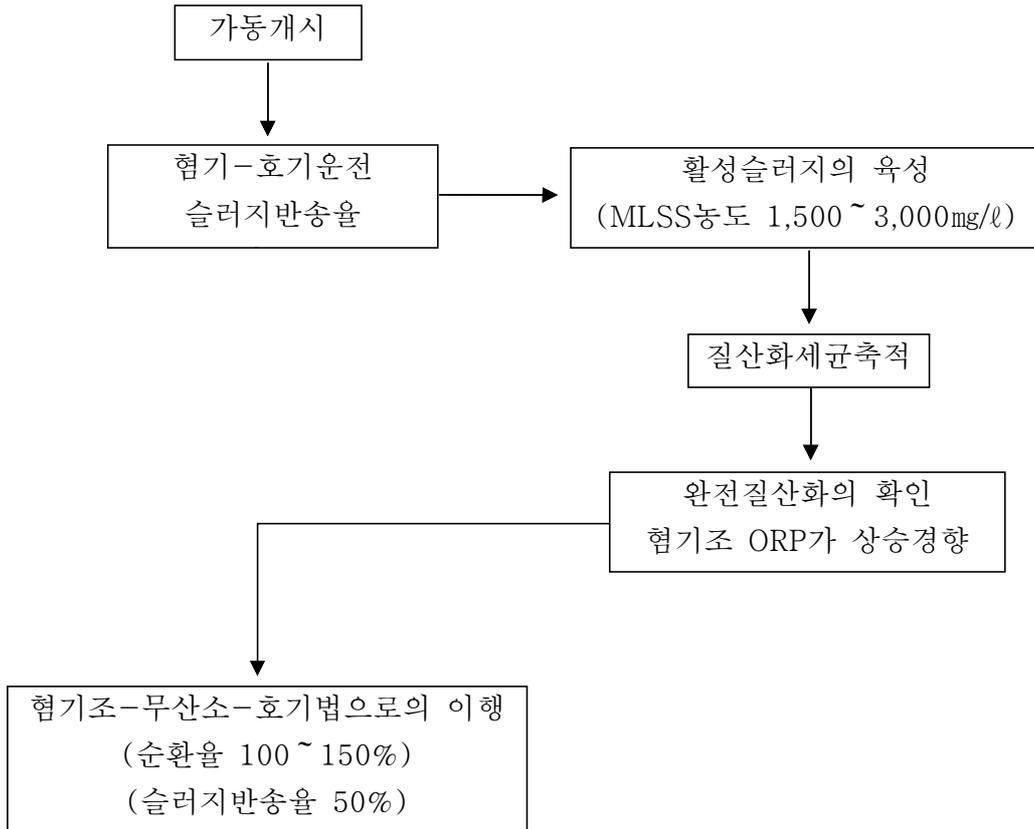


그림-27 가동초기의 운전조작

(1) 혐기-호기활성슬러지법의 실시

가동초기에는 활성슬러지 육성된 질산화균 축적을 위해 질산화액을 순환하지 않으며 슬러지반송율을 가능한한 높혀 혐기-호기활성슬러지법으로 운전하여 MLSS농도 육성에 힘쓴다. 이때, 인제거는 그다지 고려하지 않아도 된다.

(2) 혐기-무산소-호기법에의 이행

소정의 MLSS농도가 확보되어 호기조 말단에 NH_4^+-N 가 잔존하지 않게 되며 또한, 혐기조의 ORP가 상승으로 전환된 시점에서 슬러지반송율을 50%정도 순환펌프에 의한 질산화액순환율을 100 ~ 150%로 설정하여 혐기-무산소-호기법 운전으로 이행한다.

3.3 저부하시 운전관리

저부하시 운전을 다음과 같이 실시한다.

- ① 2계열 이상 운전하고 있는 경우 운전계열을 줄여 적정부하량으로 한다.
- ② 호기조 공기량을 줄이든다 간헐폭기를 하여 부하에 따른 운전을 한다.

[해설]

처리개시직후 처리장에는 유입수량이 적은 경우가 많다. 또한, 장마등에 의해 유입수질이 저하한 경우에는 저부하가 된다. 이와 같은 경우에는 다음과 같은 문제가 발생한다.

- 1) 과폭기에 의한 슬러지의 해체·세분화와 처리수질 악화
- 2) 벌킹발생

저부하에 의한 처리수질 악화가 예상되어지는 경우 다음과 같은 대책을 취하는 것이 바람직하다.

(1) 부하량의 적정화

BOD-SS부하가 낮은 상태가 장기간 계속된 경우에는 적정부하시와 똑같이 운전하면 활성슬러지가 과도로 산화되어 미세한 슬러지조각으로 해체되며 처리수질의 악화를 초래할 우려가 있다. 따라서, 운전계열이 2계열 이상인 경우에는 운전계열을 줄이고 적정부하량으로 운전한다.

또한, 시설개조가 가능한 경우에는 생물반응조를 간막이 하는 등하여 적정 부하로 조정된 뒤에 운전한다.

(2) 공기량 저감

활성슬러지 FLOC은 주로 생물적 응집체이기 때문에 과폭기에 의한 충격으로 파괴되기 쉽다. 때문에 호기조 질산화에 영향을 미치지 않는 범위에서 공기량을 저감한 운전을 한다. 공기량 저감방법으로는 공기량을 활성슬러지 혼합에 지장이 없는 범위에서 감소 시키든가 아니면 간헐폭운전을 한다. 저부하에 따른 A-SRT제어운전을 하는 것이 바람직하다.

그리고, 벌킹이 발생하는 경우에는 2.3.3 「벌킹이 발생한 경우」을 참조할 것.

3.4 우천시 운전관리

3.4.1 우천시 운전관리방법

우천시 운전관리는 다음과 같이 한다.

- ①우천시 처리수 수질이 목표치를 넘는 경우에는 응집제를 첨가한다.
- ②비가 계속 내리는 경우 강우중도 포함하여 강우 종료후에도 어느정도 응집제를 첨가하는 것이 바람직하다.

[해설]

우천시에는 장마에 의한 강우후기에의 유입수 DO농도 상승이나 기질농도의 저하에 동반하여 혐기조 ORP가 상승하며 인방출이 저해받는다. 또한, 호기조에서의 인섭취가 악화된다. 이와같이 생물학적 인제거에 한계가 보이므로 처리목표 T-P농도가 0.5mg/l이하인 경우에는 이와같은 경우에 대비하여 응집제를 첨가한다.

우천시의 영향에 대해서는 처리시설전체의 수량적 운전관리에 병행하여 수질 거동등의 조사를 충분히 한 후 대처하는 것이 바람직하다. 처리수 수질이 목표수질을 넘지 않는 범위에서 일시적으로 (1~2일)악화하는 정도일 경우 특별히 유의 할 것은 없다고 볼 수 있다. 그러나, 처리수 T-P농도가 목표수질을 넘는 경우에는 좋은 처리수 수질을 얻기위해 다음에 기술한 응집제 첨가를 실시할 필요가 있다.

그림-25에 보인 나카가와 처리장의 강우시 처리수 T-P농도 변화에서 20mm/일 정도의 강우가 일주일정도 계속되는 경우 강우중의 처리수 수질은 평상시와 같은 정도의 수치가 얻어지고 있으나 날씨가 개어 유입수 수질이 평상시로 돌아오고 있는 시기에는 처리수 수질이 높아지는 기간이 몇일간 보인다. 또, 30mm/일의 강우가 5일정도 계속되는 경우나 60mm/일의 경우가 3일간 계속되는 경우, 강우종료후의 처리수 수질 악화는 7~10일간 정도 계속되고 있다. 한편, 그외에 약간의 강우시에는 특별히 영향은 보이지 않는다.

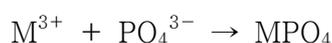
이와같이 강우의 규모나 계속일수에 따라서 처리수 T-P농도의 상승정도는 다르나, 기본적으로는 강우직후로부터 응집제첨가를 시작하여 강우종료후 유입수 수질이 안정되는 것을 기다려 응집제 첨가를 멈추는 것이 안전하다.

3.5 응집제 첨가에 의한 인 제거방법

- ①응집제의 첨가위치는 알루미늄염의 경우 호기조의 말단으로 하고, 제이철염의 경우에는 호기조 전단으로 한다.
- ②응집제 주입율은 질산화에의 영향 등을 포함하여 실증실험에 의해 정하나, 유입수의 $PO_4^{3-}-P$ 에 대해 1~2몰의 Al 또는 Fe의 주입율로 한다.

[해설]

응집제 첨가는 우천시 등 처리수 T-P농도가 높아진 경우에 긴급대책으로 실시하는 것으로 한다. 응집제 첨가에 의한 인제거 기구는 3가 금속이온이 하수중의 인산이온($PO_4^{3-}-P$)과 반응하여 난수용성 인산염을 생성하는 반응에 근거하고 있다.



응집제는 생물반응조에 첨가하여 응집제 혼화와 플럭규레이션을 생물반응조내에서 진행시킨다. 생물FLOC과 함께 생성되거나 인산염플럭은 최종침전지에서 침전분리 되어진다.

(1)응집제 선정과 첨가위치

응집제로는 알루미늄염과 철염이 있다. 그 주요 성능을 표-9에 보인다. 응집제 사용실적을 보면 알루미늄염 PAC 또는 유산알루미늄(유산밴드)이 많이 사용되어지고 있으며, 철염실적은 적다. 슬러지 유효이용으로 녹지 농지 환원의 경우나 소각을 하는 경우 알루미늄은 장애를 일으키는 경우가 있지만 여기에서는 일시적으로 사용하는 것으로 커다란 문제가 되지는 않는다고 볼 수 있다.

표-9 대표적인 응집제 성상

응 집 제	성분농도	부식성	그외의 특성	별 켤 방지효과	처리수 청등감
PAC (폴리염화알루미늄)	Al ₂ O ₃ 로 하여 10%이상	약	.최적의 pH=6.0부근 .알카리도소비는 유산알루미늄보다 적다.	있 슴	높 다
유산알루미늄(액체) (유산밴드)	Al ₂ O ₃ 로 하여 8~8.2%	약강	최적의 pH=6.0부근	상 동	상 동
유산제일철 용액	조정가능	강	.수중 용존산소에 의한 산화가 필요 (Fe ²⁺ ·1mg에 필요한DO는 0.03mg) .최적의 pH=4.5	거의 기대할 수 없다.	개선되지 않는 침전지벽면이 적색이 됨
염화제이철 용액	FeCl ₂ 로 하여 39~40%	강	최적의 pH=6.0부근	상 동	상 동

응집제를 첨가한 경우에는 질산화에의 영향이 염려되어지므로 미리 실증실험 등을 통해 확인할 필요가 있다. 응집제에 의한 수처리미생물 특히, 질산화세균에의 영향비교에서는 일반적으로 알루미늄염 응집제가 철염응집제보다도 영향이 크다. 알루미늄염 응집제에서도 PAC보다 유산밴드 쪽이 영향이 크며 저수온시 3~4mg·Al/l라도 저해가능성이 있다.

그림-28에 보인 사례에서는 서서히 알루미늄 첨가량을 증가시켜 간 경우 4mg·Al/l까지는 질산화속도에 영향이 없으나 6mg·Al/l까지 올리면 무침의 경우에 비교하여 질산화속도가 저하함을 볼 수 있다. 또, 처음부터 4mg·Al/l를 첨가한 경우에도 질산화속도의 저하를 볼 수 있다.

따라서, 응집제 선정시에는 질산화에의 영향 슬러지 유효이용방법 등을 감안하여 선정하는 것이 바람직하다.

또한, 응집제 첨가위치는 알루미늄염, 제이철염을 이용하는 경우에는 생물반응조의 말단으로 하고 제일철염을 사용하는 경우에는 제일철이 생물반응조 말단부로까지 모두 산화되어지도록 생물반응조 전단으로 한다.

(2) 응집제 주입율

첨가 응집제로 알루미늄염 유산밴드 및 철염 유산제일철을 사용한 경우의 유입수 용해성 T-P에 대한 응집제 첨가몰비와 처리수 용해성 T-P농도와의 관계예를 그림-29에 보인다. 몰비로는 대략 2정도가 필요하다.

4.그외의 관리

4.1 수질측정

- ①일상시험, 정기시험, 통일시험, 생물반응조 시험 등을 정기적으로 실시함으로써 처리상황을 정확히 파악하여 수질관리를 한다.
- ②본법의 수질항목은 표준활성슬러지법에서 통상 측정하는 항목에 더하여 질소, 인제거에 관련된 항목에 대해서도 측정한다.

[해설]

본법에 있어서는 표준활성슬러지법 시설과 마찬가지로 일상시험, 장기시험, 통일시험, 생물반응조 시험 등을 정기적으로 실시, 처리상황을 정확하게 파악하여 양호한 수질관리를 할 필요가 있다. 각 시험에서 질소, 인제거에 관련하여 측정해야 하는 수질항목과 측정장소를 표-10에 보인다. 또한, 같은 표에 보인 항목은 혐기-무산소-호기법을 양호하게 운전하기 위한 판단지표로서 최소한 필요한항목을 들었다.

각 시험의 실시빈도는 표준활성슬러지법 시설에 준하는 것으로 한다.

표-10 질소, 인제거에 관련하는 수질측정 항목과 조사개소

구 분	생물반응조 유 입 수	혐기조 말 단	무산소조 말 단	호기조 말 단	최종침전지 유 출 수
pH	○			○☆	○
MLDO		○	○	○☆	
MLSS		○	○	■☆	
SV		○	○	○	
ORP		☆	☆		
NH ₄ ⁺ -N	●○■	●○■	●○■	○●○■	○●○■
NO _x ⁻ -N	●○■	●○■	●○■	●○■	○●○■
Org-N	●○■				●○■
T-N	●○■☆				●○■
S-PO ₄ ³⁻ -P	●○■	●○■	●○■	●○■	○●○■
T-P	●○■☆				●○■
알카리도	●○■			■	●○■

비고) :일상점검 ●:정기점검 ◎:통일점검 ■:생물반응조 시험 ☆:연속측정 $\text{NO}_x^- - \text{N} : \text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}$

(1) 수질측정 항목과 빈도

수질측정항목으로는 표준활성슬러지법에서 통상측정하는 항목에 질소, 인제거에 관한 항목을 추가할 필요가 있다. 동시에 본법은 표준활성슬러지법과는 달리 생물반응조가 각각 다른 성질을 가진 혐기조, 무산소조 및 호기조로 분화되어지고 있다. 따라서, 본 법을 유지관리하는데에는 각조가 충분히 그 기능을 다하고 있는가를 확인하기 위하여 조내 상황을 일상시 파악하여 둘 필요가 있다. 그 때문에 유입수, 처리수의 수질측정뿐만이 아니라 생물반응조내의 질소 및 인제거에 관련하는 수질항목 측정을 적절히 행한다. 이하, 질소 및 인제거에 관련한 항목에 대하여 설명한다.

1) 일상시험

표-10과 질소 및 인제거 상황을 확인하기 위한 일상 수질시험으로 생물반응조 유입수, 호기조 및 최종침전지 유출수의 pH, 호기조의 MLDO, SV, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 호기조의 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 를 측정한다.

또한, 호기조 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 및 혐기조의 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 에 대해서는 호기조의 질산화 상황 및 혐기조의 인방출 상황을 파악할 필요가 있으므로 운전조건 변경이나 우천시를 중심으로 가능한한 일상적인 간이 시험법(팩시험등)등으로 측정하는 것이 바람직하다. 또한, 여지법에 의한 MLSS를 측정한다.

2) 정기시험 및 통일시험(通日試驗)

종래의 표준활성슬러지법에서의 정기시험 및 통일시험에서는 질소 및 인제거에 관련된 수질항목에 대해서는 생물반응조내의 시료측정을 하고 있지 않다. 그러나, 본법에서는 표-10에 보인바와 같이 혐기조, 무산소조 및 호기조내의 시료에 대해 이들 수질항목을 측정하는 것이 바람직하다.

이들의 측정데이터에 의해 혐기조에서의 인방출, 무산소조에서의 탈질반응, 호기조에서의 인섭취 및 질산화반응의 진행상황을 파악하고, 각 반응이 양호하게 이루어지고 있는가를 확인한다.

또한, 2.2.2에서 기술한 바와같이 이들 측정데이터를 사용하여 물질수지에 의한 질산화속도, 탈질속도, 인방출 속도를 산출하는 것이 가능하다. 이것을 사용하여 계절적인 유입수의 수량, 수온 혹은 수질 등의 변동에 따른 혐기조, 무산소조, 호기조의 각조 소요용량을 산출하고, 각조의 용량배분을 재고찰 할 수 있다.

물질수지에 의한 질산화속도, 탈질속도 및 인의 방출속도 산출방법 또한, 회분시험에 의한 질산화속도, 탈질속도 및 인방출속도 측정방법에 대해서는 3.2에 기술한다.

3) 생물반응조 시험

질소 및 인제거에 관련하는 수질항목에 대해서 혐기조, 무산소조 및 호기조내의 각 시료를 측정함과 동시에 각 반응조의 생물활성을 파악하여 운전관리에 반영시킨다. 생물활성 파악시험은 3.2

에서 기술한다.

4) 연속자동측정

본법에 있어서는 질소 및 인제거에 관련하는 몇 개의 측정항목을 자동계측기기로 계속 자동측정하는 것이 바람직하다.

가) pH, MLDO, MLSS 및 ORP

pH, MLDO, MLSS 및 ORP에 대해서는 호기조에서 ORP에 대해서는 혐기조 및 무산소조에서 각각 연속 측정하여 생물반응조내의 상황을 상시 파악한다.

나) T-N 및 T-P

T-N 및 T-P의 자동계측기를 설치하여 생물반응조 유입수 및 처리수의 T-N, T-P농도를 연속 측정하고 질소, 인제거 상황을 상시 관리한다.

또한, 자동계측기류의 유지관리에 대해서는 3.3을 참조한다.

4.2 질산화 속도, 탈질속도, 인방출 속도의 측정

① 질산화 속도, 탈질속도 및 인방출 속도를 수시 측정하여 각 반응에 관계되는 활성슬러지의 활성을 파악한다.

② 각 속도는 수질측정 결과를 사용한 물질수지 또는 회분시험에 의해 산출한다.

[해설]

본법에서는 활성슬러지중의 미생물에 의한 질소제거 및 인제거로부터 본법 시설을 잘 운전관리하기 위한 기초데이터로서 질산화속도, 탈질속도 및 인방출속도를 수시 측정하고 각 반응에 관계하는 활성슬러지의 활성슬러지의 활성을 파악하여 시설 운전관리에 반영시킨다.

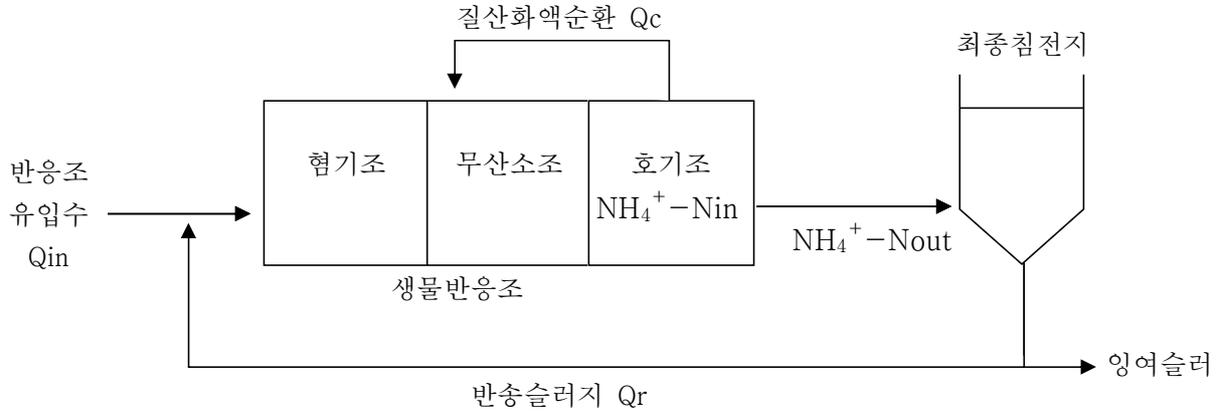
각 속도를 구하는 방법으로는 3.1에서 측정한 가가 생물반응조내의 질소, 인제거에 관련하는 수질 측정 데이터를 사용하여 물질수지로부터 산정하는데 질내 측정장치를 사용하여 회분시험에 의해 실측하는 방법이 있다.

(1) 수지에 의한 산출

1) 질산화 속도

호기조에서의 질산화 속도는 생물반응조 시험결과로부터 식(24)에 의해 구할 수 있다. 잔, 조내의 반응이 충분히 진행하여 호기조 유출수에 NH_4^+-N 가 거의 잔존하지 않는 경우에 얻어진 속도는 생물반응조내의 실속도 보다도 적게 산출되어진다. 호기조 유출수에 NH_4^+-N 이 잔존하고 있는 경

우에는 실제에 가까운 속도를 산출할 수 있다.



$$K_N = \frac{(NH_4^+ - N_{IN}) - (NH_4^+ - N_{OUT})}{MLSS \times HRT_N} \text{ ----- (24)}$$

여기에서, K_N : 질산화 속도 (mg·N/g·MLSS/hr)

$NH_4^+ - N_{in}$: 호기조 유입수 $NH_4^+ - N$ 농도 (mg/l)

$NH_4^+ - N_{out}$: 호기조 유출수 $NH_4^+ - N$ 농도 (mg/l)

HRT_N : 호기조 실체류시간 (hr)

또한, 호기조 실체류시간은 다음식으로 정의되어진다.

$$HRT_N = \frac{V_N \times 24}{Q_{in} + Q_r \times Q_c} \text{ ----- (25)}$$

V_N : 호기조 용량(m^3)

Q_{in} : 유입수량(m^3 /일)

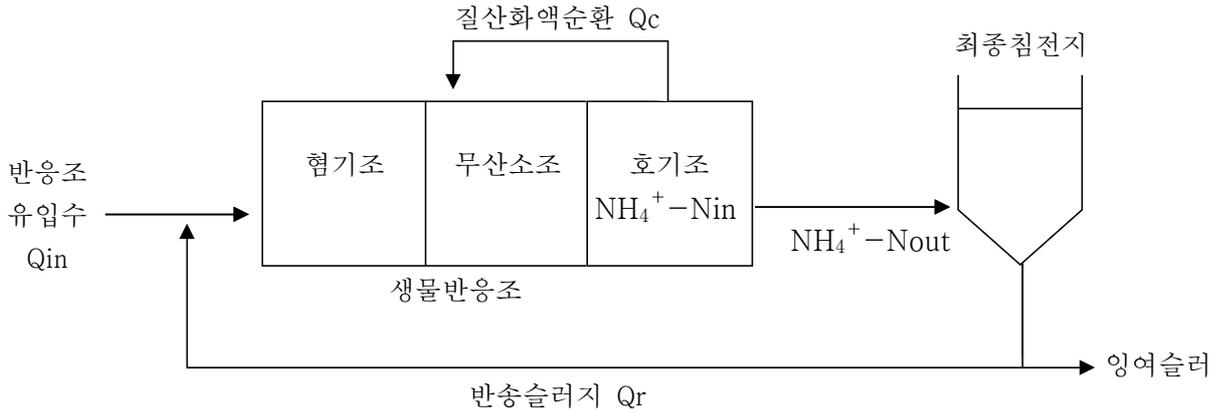
Q_r : 슬러지반송량(m^3 /일)

Q_c : 질산화순환수량(m^3 /일)

또한, 호기조의 $NO_3^- - N$ 농도 변화에 의한 질산화속도를 구하는 것도 가능하다.

2) 탈질속도

무산소조에의 탈질속도는 생물반응조 시험결과로부터 식(26)에 따라 구할 수 있다. 단, 무산소조내의 반응이 충분히 진행하여 무산소조 유출수에 $NO_3^- - N$ 이 거의 잔존하지 않는 경우에는 얻어진 속도가 생물반응조내의 실속도보다도 적게 산출되어진다. 무산소조 유출수에 $NO_4^- - N$ 이 잔존하고 있는 경우에는 가까운 속도를 산출할 수 있다.



$$K_{DN}^+ = \frac{(NO_3^- - N_{IN}) - (NO_3^- - N_{OUT}^+)}{MLSS \times HRT_{DN}} \quad \text{----- (26)}$$

여기에서, K_{DN}^+ : 탈질속도 ($mg \cdot N / g \cdot MLSS / hr$)

$NO_3^- - N_{in}$: 무산소조 유입수 $NO_3^- - N$ 농도(mg/l)

$$NO_3^- - N_{OUT}^+ = \frac{(Q_{in} + Q_r) \times \text{혐기조출구} NO_3^- - N_{in} + Q_c \times \text{질산화액} NO_3^- - N}{Q_{in} + Q_r + Q_c}$$

$NO_3^- - N_{out}$: 무산소조 유출수 $NO_3^- - N$ 농도(mg/l)

HRT_{DN} : 무산소조 실체류 시간(hr)

또한, 무산소조 실체류시간은 다음식으로 정의 되어진다.

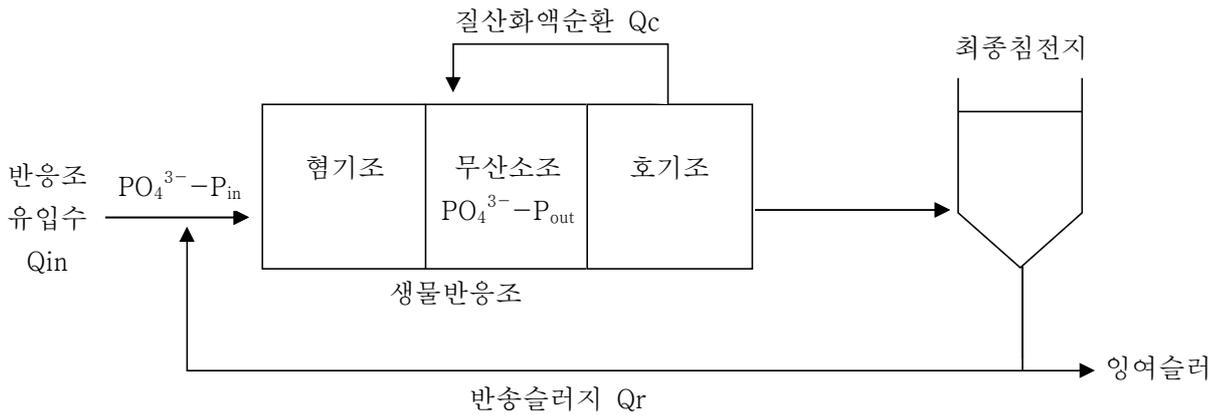
$$HRT_{DN} = \frac{V_{DN} \times 24}{Q_{in} + Q_r + Q_c} \quad \text{----- (28)}$$

V_{DN} : 무산소조 용량(m^3)

- Q_{in} : 유입수량($m^3/일$)
- Q_r : 슬러지반송량($m^3/일$)
- Q_c : 질산화액순환수량($m^3/일$)

3) 인방출 속도

협기조에 있어서의 인방출 속도는 생물반응조 시험결과로부터 식(29)에 의해 구할 수 있다.



$$K_{DN}^+ = \frac{(PO_4^{3-} - P_{out}) - (PO_4^{3-} - P_{in})}{MLSS \times HRT_R} \text{ ----- (29)}$$

- K_R : 인방출 속도 ($mg\cdot P/g\cdot MLSS/hr$)
- $PO_4^{3-} - P_{in}$: 협기조 유입수 $PO_4^{3-} - P$ 농도(mg/l)
- $PO_4^{3-} - P_{out}$: 협기조 유출수 $PO_4^{3-} - P$ 농도(mg/l)
- HRT_R : 협기조 실체류 시간(hr)

또한, 협기조 실체류시간을 다음식으로 정의 되어진다.

$$HRT_R = \frac{V_R \times 24}{Q_{in} + Q_r} \text{ ----- (30)}$$

- V_R : 협기조 용량(m^3)
- Q_{in} : 유입수량($m^3/일$)
- Q_r : 슬러지반송량($m^3/일$)

한편, 고도처리메뉴얼에 의하면 인방출속도 K_R ($mg\cdot P/g\cdot MLSS/hr$)은 식(31)에 의해 산출되어진

다.

$$K_R = 0.0236 \times C_{\text{BOD-in}} - 0.0036 \text{ ----- (31)}$$

여기에서, $C_{\text{BOD-in}}$: 유입수의 환산농도 (mg/l)

K_R 치는 유입수 BOD농도에 크게 영향을 주고 유입수 BOD농도가 높을수록 K_R 치는 붙인다.

유입수 BOD농도와 K_R 치와의 관계를 그림-30에 보였다. 황축환산 BOD농도는 유입수 BOD를 $1+r$ (r 은 슬러지반송율)에서 제한 것이며, 반송슬러지의 BOD는 무시할 수 있다. 또한, 양호한 인제거를 위해서는 유입수 BOD/P비는 20~25이상이 필요하다.

인의 방출속도에 대해서는 생물반응조 시험결과에서 산출한 인 방출속도와 식(31)에 보인 BOD에서 산출되어진 인 방출속도와를 비교하여 현상방출속도를 체크할 필요가 있다.

(2) 회분측정장치에 의한 측정

1) 질산화 속도

가) 측정장치

그림-31에 측정장치의 개략도를 보인다. 측정장치는 20ℓ정도의 용기에 산기장치 및 교반기를 세트하여 수온, pH, DO가 수시 측정가능한 장치로 한다.

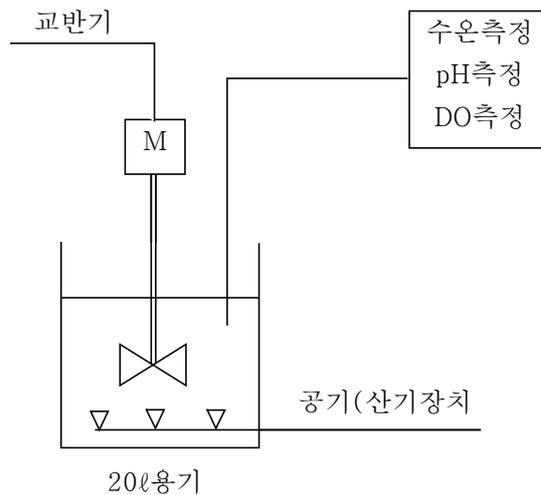


그림-31 질산화속도 측정장치의 개략도

나) 측정방법

- a) 호기조 유출부 혼합액 10ℓ정도를 시험수로 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 초기농도가 25 ~ 30 mg/ℓ가 되도록 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 원으로 하여 염화암모니움 (NH_4Cl)을 1ℓ당 96 ~ 115mg첨가하여 조정한다. 또한, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 1mg을 질산화할 때 7.14mg의 알카리도가 소비되어지므로 미리 필요한 알카리원을 보급하기 위하여 탄산나트륨(Na_2CO_3)을 1ℓ당 300 ~ 360mg첨가한다. 또한, 용기는 수온을 조정한 항온조내에 침적시킨다.
- b) 혼합후 즉시 혼합액 수온을 계속 콘트롤하여 교반 및 산기를 계속하고 정기적으로 혼합액을 채취하여 원심분리기로 2,000rpm × 5분의 조건에서 고액분리하여 상등액을 분석 시료로 하며 동시에 MLSS 및 MLVSS를 측정한다. 또한, 상등액의 알카리도도 측정한다.
- c) 이후, 혼합액 수온을 계속 콘트롤하여 교반 및 산기를 계속하고 정기적으로 혼합액을 채취하여 분석시료를 조제한다. 또한, 이 사이에 혼합액의 수온, pH, DO를 정기적으로 측정한다.
- d) 이 조작을 3시간정도 계속하여 3시간째에는 b)와 마찬가지로 분석시료를 조제하는 외 혼합액의 MLSS, MLVSS 및 상등액의 알카리도를 측정한다.

다) 질산화 속도의 산출방법

질산화속도는 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 농도의 감소경향을 보이며 안정되게 감소하고 있는 시간대(2시간을 목표 호 한다)를 추출하여 식(32)를 근거로 산출한다.

$$K_{NR} = \frac{(\text{NH}_4^+ - \text{N}_S) - (\text{NH}_4^+ - \text{N}_E)}{\text{MLSS} \times T_{NB}} \text{----- (32)}$$

여기에서, K_{NB} : 회분시험에 있어서의 질산화 속도 (mg·N/g·MLSS/hr)

$\text{NH}_4^+ - \text{N}_S$: 초기의 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 농도 (mg/ℓ)

$\text{NH}_4^+ - \text{N}_E$: 말기의 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 농도 (mg/ℓ)

T_{NB} : 처리시간 (hr)

2) 탈질속도

탈질속도의 측정방법을 아래에 보인다.

가) 측정장치

그림-32에 측정장치 개략도를 보인다. 측정장치는 20ℓ정도의 용기에 교반기를 세트하여, 수온, pH, ORP가 수시 측정가능한 장치로 한다. 또한, 수면으로부터의 산소 보급을 억제하기 위하여 발포 스티로폴등의 뚜껑을 수면상에 설치하는 것이 좋다.

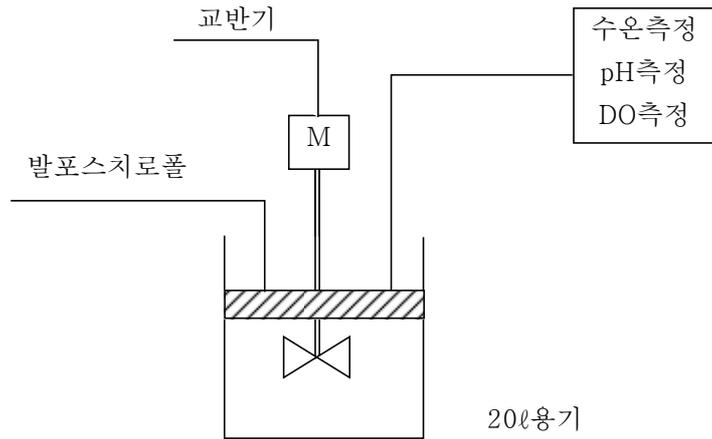


그림-32 탈질속도 측정장치 개략도

나) 측정방법

- a) 상등수를 뺀 혐기조 유출혼합액 및 최초침전지 유출수를 전량이 10ℓ정도가 되도록 슬러지반송율을 고려한 비율로 용기에서 채취한다. 이에 혼합액내의 $NO_3^- - N$ 의 농도가 10~15mg/ℓ가 되도록 초산칼륨(KNO_3)을 1ℓ당 72~108mg첨가하여 조제한다. 또한, 용기는 수온을 조제한 항온조내에 침적시킨다.
- b) 혼합후, 즉시 혼합액의 일부를 채취하여 원심분리기로 2,000rpm × 5분의 조건에서 고액분리하고 상등액을 분석시료로 함과 동시에 MLSS 및 MLVSS를 측정한다. 또한, 상등액의 알카리도도 측정한다.
- c) 이후, 혼합액의 수온을 계속 컨트롤하여 교반을 계속하고 정기적으로 혼합액을 채취하여 분석시료를 조제한다. 또한, 이때 혼합액의 수온, pH, ORP를 정기적으로 측정한다.
- d) 이 조작을 3시간 정도 계속하여 3시간째에는 b)와 마찬가지로 분석시료를 조제하는 외에 혼합액의 MLSS, MLVSS 및 상등액의 알카리도를 측정한다.

다) 탈질속도의 산출방법

탈질속도는 $NO_3^- - N$ 의 농도의 감소경향을 도시하고 안정되게 감소하고 있는 시간대 (2시간을 목표로 한다)를 유출하여 식(33)에 근거하여 산출한다.

$$K_{DNB} = \frac{(NO_3^- - N_S) - (NO_3^- - N_E)}{MLSS \times T_{DNB}} \quad \text{-----} \quad (33)$$

여기에서, K_{DNB} : 회분시험에 있어서의 탈질질산화 속도 (mg·N/g·MLSS/hr)

$\text{NO}_3^- - \text{N}_S$: 초기의 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 농도 (mg/ℓ)

$\text{NO}_3^- - \text{N}_E$: 말기의 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 농도 (mg/ℓ)

$T_{\text{DN}\cdot\text{B}}$: 처리시간 (hr)

3) 인 방출속도

인 방출속도 측정방법을 아래에 보인다.

가) 측정장치

그림-33에 측정장치의 개략도를 보인다. 측정장치는 20ℓ정도의 용기에 교반기를 세트하여 수온, pH, ORP가 수시 측정 가능하도록 한다. 또한, 수면으로부터 산소보급을 억제하기 위하여 발포 스티로폴 등의 뚜껑을 수면위에 설치하는 것이 좋다.

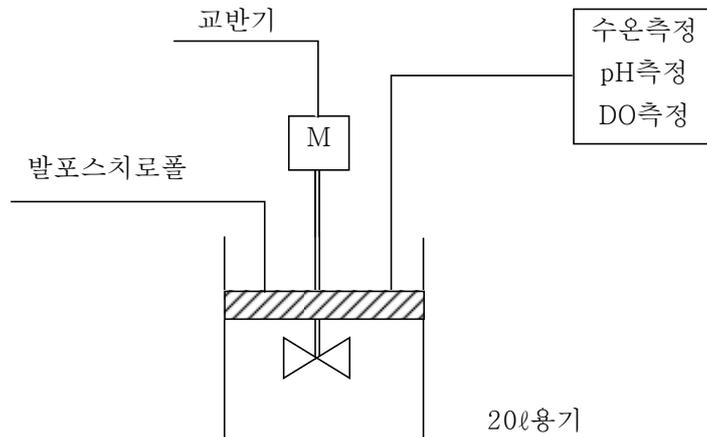


그림-33 탈질속도 측정장치 개략도

나) 측정장치

- 용기에 혐기조로부터 채취한 슬러지혼합액을 공기가 들어가지 않도록 주입하여 수온을 조절 한 항온조내에 침적시킨다.
- 즉시, 용기내의 혼합액을 일부채취하고 원심분리기에 의해 2,000rpm × 5분의 조건에서 고액 분리하여 상등액을 분석시료로 함과 동시에 MLSS 및 MLVSS를 측정한다.
- 이후, 항온조 수온을 일정하게 유지하면서 용기교반을 계속하고 정기적으로 혼합액을 채취하여 분석시료를 조절한다. 또한, 이때 혼합액의 수온, pH, ORP를 정기적으로 측정한다.
- 이 조작을 3시간 정도 계속하여 3시간째에는 b)와 마찬가지로 조작한다.

다) 인 방출속도의 산출방법

인 방출속도의 산출은 $PO_4^{3-}-P$ 의 증가경향을 도시하며 안정적으로 증가하고 있는 시간대(2시간을 목표로 한다)를 추출하여 식(34)에 근거하여 산출한다.

$$K_{RB} = \frac{(PO_4^{3-} - P_E) - (PO_4^{3-} - P_S)}{MLSS \times T_{RB}} \text{ ----- (34)}$$

여기에서, K_{DNB} : 회분시험에 있어서의 인방출 속도 (mg-N/g-MLSS/hr)

$PO_4^{3-}-P_S$: 초기의 $PO_4^{3-}-P$ 농도 (mg/l)

$PO_4^{3-}-P_E$: 말기의 $PO_4^{3-}-P$ 농도 (mg/l)

T_{RB} : 처리시간 (hr)

5. 자동계측기기의 유지관리

5.1 pH계

생물반응조에 설치한 pH계는 더러운 정도에 따라 2주에 1회정도 정기적으로 세정 및 교정한다.

[해설]

(1) 측정원리

측정법으로는 유리전극법이 있으나 일반적으로 유리전극법이 사용되어지고 있다. 유리전극법은 수소이온에 대해 선택성이 좋은 유리를 격막으로하여 내부에 수소이온농도가 일정 전해액을 충전해 시료에 스며들 때에 시료의 수소이온 농도에 따라 발생하는 기전력을 측정하는 방법이다. 유리전극 기전력은 시료수의 온도에 의해서도 변화하기 때문에 자동보상되도록 온도보상저항을 설치하고 있다. 정기적으로 비교전극의 전해액 보충, 전극의 세정 및 표준액 교정이 필요하다. 세정에는 물젯트, 초음파 세정이나 브러쉬, 약액등의 방법이 있다. 또한, 센서부는 기포가 모여 있지 않는 쪽으로 설치하며 유속이 0.3 ~ 2m/sec정도의 장소에 설치한다.

(2) 유지관리

pH계 유지관리는 자동세정장치로는 제거할 수 없는 pH전극의 부착물이나 막의 더러움 제거 및 교정이 중심이 된다. 실제로는 생물반응조에의 유입량이나 수질에 의해 pH전극의 오염진행정도는 달라지므로 운전하면서 pH전극을 꺼내 세정빈도를 적절히 설정할 필요가 있다. 또한, pH전극의

세정시가 판단은 기록지상의 측정치를 상시 관찰하여 측정치의 이상함이나 응답감도 저하가 인정되어지는 때 또는 휴대pH계 등을 통해 조내 pH수시 측정장치와 비교하여 이상이 인정되어지는 때이다.

나카가와 처리장에서 최초침전지를 바이패스하여 혐기-무산소-호기법 시설을 운전했을 때의 유지관리실적에 의하자면 pH전극에 얽히는 협잡물이 많아도(사진-1 참조) pH전극을 끌어올려 세정하는 빈도는 1회/2주 정도, 교정빈도는 1회/2주로 양호한 관리를 할 수가 있었다. 따라서, 최초침전지를 바이패스하지 않는 운전에서는 pH전극에 얽히는 생물반응조 유입수중의 협잡물이 적어지므로 상기보다 세정빈도를 적게 설정하여도 양호하게 pH계를 유지관리할 수가 있다.

5.2 DO 계

생물반응조에 설치한 DO계는 더러운정도에 따라 주 1~3회 정기적으로세정 및 교정한다.

[해설]

호기조에서의 질산화 및 인섭취를 양호하게 진행시키는데 호기조의 용존산소(DO)농도는 가장 중요한 관리지표의 하나이며 DO계에서 연속측정하는 경우 적절히 유지관리 할 필요가 있다. 호기조에서의 공기량을 DO제어하고 있는 경우에는 특히, 중요하다.

(1) 측정원리

측정법으로는 격막전극법이 사용되어지며 통강, 격막전극 (DO전극)을 생물반응조내에 침적, 정치하여 자동계측한다. 그림-34에 보인바와 같이 DO전극에는 갈버닉셀식과 폴러그래프식이 있으며 뒤 방법 모드 생물반응조내의 DO가 격막(폴리에틸렌 또는 테프론)을 투과하였을 때 금속전극표면에 생기는 산화환원반응에 의해 DO농도에 비례하여 발생하는 전류치로부터 DO농도를 측정하는 것이다.

따라서, 저절한 DO농도를 측정하기 위해서는 DO가 투과하는 격막 표면을 항상 깨끗이 유지할 필요가 있어 일반적으로 생물반응조내 설치형인 DO전극에는 자동세정장치가 갖추어져 있다. 이의 세정방법으로는 물젯트, 초음파, 블러쉬 혹은 파동을 이용한 것이 있다. 또한, DO전극을 생물반응조내에 설치하는 경우 전극표면의 액류속이 0.3~2.0m/sec정도 얻어지는 위치에서 전극부에 기포가 부착, 체류하지 않는 쪽으로 두는 등의 배려가 필요하다.

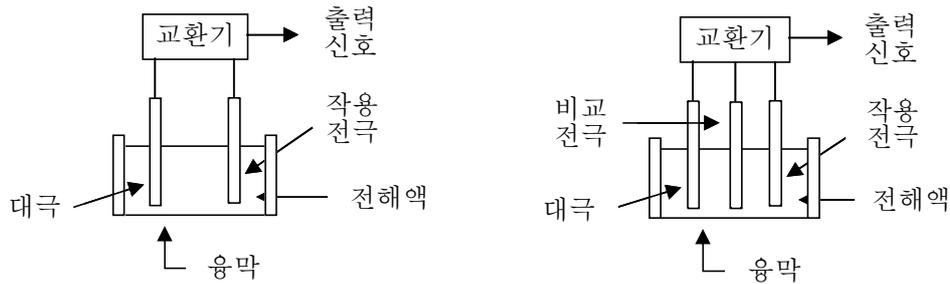


그림-34 DO계의 개요

(2) 유지관리

DO계 유지관리는 자동세정장치로는 제거할 수 없는 DO전극의 부착물이나 막의 더러움 제거 및 교정이 중심이 된다. 실제로는 생물반응조에의 유입수량이나 수질에 의해 DO전극의 오염진행도는 달라지므로 운전하면서 DO전극을 꺼내 세정빈도를 적절히 설정할 필요가 있다. 또한, DO전극의 세정시가 판단은 기록지상의 측정치를 상시 관찰하여 측정치의 이상함이나 응답감도 저하가 인정되어지는 때 또는 일상시험 설정치나 투입식 DO계 등을 통해 조내 DO수시측정치와 비교하여 이상이 인정되어지는 때이다.

나카가와처리장에서 최초침전지를 바이패스하여 혐기-무산소-호기법 시설을 운전했을 때의 유지관리실적에 의하자면 DO전극에 얽히는 혐잡물이 많아도(사진-1 참조) pH전극을 끌어올려 세정하는 빈도는 1~3회/1주 정도, 교정빈도는 1~2회/2주로 양호한 관리를 할 수가 있었다. 따라서, 최초침전지를 바이패스하지 않는 운전에서는 DO전극에 얽히는 생물반응조 유입수중의 혐잡물이 적어지므로 이보다 적은 세정 및 교정빈도로 설정하여도 양호하게 DO계를 유지관리할 수가 있다.

5.3 ORP계

생물반응조에 설치한 ORP계는 더러운 정도에 따라 주1회 정도 정기적으로 세정한다.

[해설]

혐기조에서의 인방출이나 무산소조에서의 탈질을 양호하게 진행시키는데 있어 ORP는 중요한 관리지표이다. 따라서, ORP계를 적절히 유지관리 할 필요가 있다.

(1) 측정원리

ORP는 용액의 산화력 또는 환원력의 강도를 나타내는 지표이며 호기상태(산화상태)에서는 높고 혐기상태(환원상태)에서는 낮다. 따라서, ORP는 혐기조 또는 무산소조 혐기상태 정도를 판단하는

지표가 된다. ORP측정은 DO계와 마찬가지로 격막전극(ORP전극)을 생물반응조내에 침적, 정치하여 자동계측한다. ORP전극은 그림-35에 보인바와 같이 산화체와 환원체를 포함하는 용액에 백금 또는 금 등의 불활성 금속전극을 넣은 것으로 금속전극과 용액중의 산화환원계 사이에서 전자교환이 일어나 평형상태에 달해 전극에 단극전위가 발생한다. 이와 기준이 되는 비교전극과의 전위차에서 ORP를 측정한다. ORP전극도 DO전극과 마찬가지로 격막 표면을 항상 청결히 유지할 필요가 있으며 물젼트, 초음파, 블러쉬, 약액 등의 세정장치가 갖추어진 것이 있다. 또한, ORP전극을 생물반응조에 설치하는 경우 전극표면의 액류속이 0.3~2.0m/sec 정도 얻어지는 위치에서 전극부에 기포가 부착 체류하지 않은 쪽으로 두는 등의 배려가 필요하다.

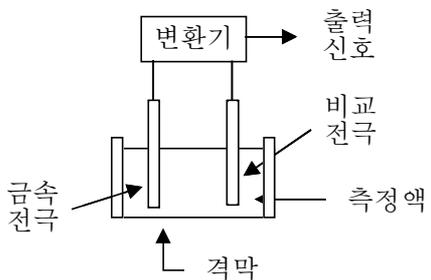


그림-35 ORP계의 개요

(2) 유지관리

ORP계 유지관리는 자동세정장치로는 제거할 수 없는 ORP전극의 부착물이나 막의 더러움 제거 및 교정이 중심이 된다. 실제로는 생물반응조에의 유입수량이나 수질에 의해 ORP전극의 오염진행도는 달라지므로 운전하면서 ORP전극을 꺼내 세정빈도를 적절히 설정할 필요가 있다. 또한, ORP전극의 세정시기 판단은 기록지상의 측정치를 상시 관찰하여 측정치의 이상함이나 응답감도 저하가 인정되어지는 때 또는 휴대 ORP계 등을 통해 조내 ORP 수시측정치와 비교하여 이상이 인정되어지는 때이다.

나카가와 처리장에서 최초침전지를 바이패스하여 혐기-무산소-호기법 시설을 운전했을때의 유지관리실적에 의하자면 OPR 전극에 얽히는 협잡물이 많아도(사진-1참조) ORP전극을 끌어올려 세정하는 빈도는 1회/1주 정도로 양호한 관리를 할 수가 있었다. 따라서, 최초침전지를 바이패스하지 않는 운전에서는 ORP전극에 얽히는 생물반응조 유입수중의 협잡물이 적어지므로 상기보다 세정빈도를 적게 설정하여도 양호하게 ORP계를 유지관리할 수가 있다.

5.4 MLSS계

생물반응조에 설치한 MLSS계는 더러운 정도에 따라서 정기적으로 세정한다.

[해설]

호기조에 있어서의 질산화 및 인섭취를 양호하게 진행시키는 데에 호기조의 MLSS농도는 중요한 관리지표의 하나이므로 MLSS계를 적절히 유지관리 할 필요가 있다.

(1) 측정원리

측정방법으로서는 광학적 수법이 사용되어지며 그림-36에 보인자와 같은 투과광식과 투과산란광식 및 산란광식이 있다. 이들 방법 모두 생물반응조내의 혼합액에 빛을 비춰 그 빛의 변화를 측정하여 MLSS농도를 측정하는 것이다. 설치방법에는 생물반응조내에 설치하는 침적식과 샘플링펌프에 의한 유통식이 있다. 생물반응조내 침적정치하는 경우에는 윗쪽에서 직사일광 등의 강한 빛이 들어오면 오차가 발생하므로 검출부가 항상 수면 아래 30~35cm이상이 되도록 설치한다.

MLSS농도를 잘 측정하려면 투과광수광소자의 표면을 항상 청결히 유지할 필요가 있으며 이 세정 방법으로는 물젯트, 블러쉬를 이용한 것이 있다. 또한, 유통식은 광원과 수광소자가 시료수로 상시 세정되어져 있는 상태이므로 오염의 영향을 잘 받지 않는다.

(2) 유지관리

MLSS계 유지관리는 투과광수광소자 표면의 더러움 제거 및 교정이 중심이 된다. 실제로는 생물반응조내의 유입수량이나 수질에 의해 투과광수광소자의 오염진행정도는 달라지므로 운전하면서 검출부를 꺼내 투과광수광소자 표면을 세정, 교정할 빈도를 적절히 설정할 필요가 있다. 또한, 투과광수광소자 표면의 세정, 교정시기 판단은 기록지상의 측정치를 상시 관찰하여 측정치의 이상한이나 응답감도저하가 인정되어지는 때 또는 일상실험 등의 수분석과 비교하여 이상이 인정되어지는 때이다. 교정은 되도록 많은 시료에 대해 수분석치와 계기 지시치를 비교하여 그것을 플롯한 그래프를 근거로 한다.

5.5 T-N계

(1) T-N계는 정기적으로 교정한다.

(2) T-N계의 측정치는 정기시험 등의 분석결과와 조합하여 계기오차범위를 크게 넘었을 경우 교정한다.

[해설]

유입하수 및 처리수 수질감시에 T-N계를 가지고 연속측정하여 처리상황을 감시하거나 평가하는

경우 정기적인 계기의 교정이 중요하다. 또한, 계기 측정치는 정기시험이나 통일시험 결과를 조합하여 계기오차범위를 벗어나는 경우에는 반드시 교정해야 한다. 또한, 유입수와 처리수는 수질의 레벨이 다르므로 동일 렌지나 희석배율에서 측정하지 않는 편이 바람직하다.

5.6 T-P계

- (1) T-P계는 정기적으로 교정한다.
- (2) T-P계의 측정치는 정기시험 등의 분석결과와 조합하여 계기오차범위를 크게 넘었을 경우 교정한다.

[해설]

유입하수 및 처리수 수질감시에 T-P계를 가지고 연속측정하여 처리상황을 감시하거나 평가하는 경우 정기적인 계기교정이 중요하다. 또한, 계기측정치는 정기시험이나 통일시험 결과를 조합하여 계기오차범위를 벗어나는 경우에는 반드시 교정해야 한다. 또한, 유입수와 처리수는 수질의 레벨이 다르므로 동일 렌지나 희석배율에서 측정하지 않는 편이 바람직하다.

5.7 혐기조, 무산소조의 교반기 유지관리

- (1) 교반기의 정상시 전류치를 파악하여 전류치가 이상한 경우에는 에어를 주입하든가 들어올려 협잡물을 제거한다.
- (2) 최초침전지를 바이패스하는 경우에는 협잡물이 생물반응조에 유입되기 쉬우므로 교반기의 유지관리를 강화한다.

[해설]

최초침전지를 바이패스 운전하는 경우에는 혐기조, 무산소조 교반기의 회전부분에 협잡물이 얽혀 과부하 등의 장애가 발생하는 경우가 있다. 바이패스 운전을 하는 경우에는 생물반응조 유입부에 스크린 등을 설치하여 협잡물(머리카락 등의 섬유분)을 미리 제거하여 두는 것이 바람직하다.

교반기의 정상적인 전류치를 파악하는 것과 동시에 항상 전류치를 체크하여 전류치에 변화가 있을 때에는 에어를 주입하는 등의 유지관리를 하도록 한다. 에어를 주입하여도 전류치가 회복되지 않는 경우나 공기주입이 불가능한 구조인 경우에는 생물반응조로부터 들어올려 협잡물을 제거할 필요가 있다. 사진-2는 최초침전지 바이패스 운전시 교반기에 얽힌 협잡물의 모습이다.