

생물접촉순환 여과공법

대원환경산업(주)

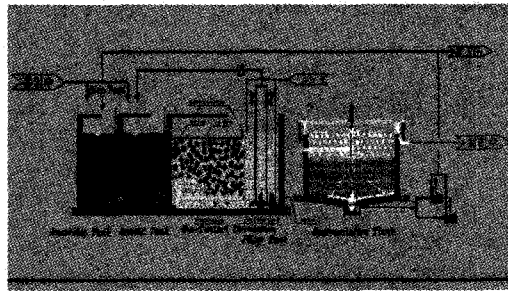
1. Biological Contact Circulation Filter - P Process

1. 공법의 소개 및 처리 원리

• 국내 마을 하수처리시설 및 폐수처리시설중 생물학적처리시설의 대부분을 차지하고 있는 활성 슬러지 공정은 소요 부지 면적이 넓고 부하 변동시 침강성이 저하되며, 영양 염류의 제거에 한계가 있는등 효율 및 유지관리 측면에서 많은 문제점들이 지적되고 있으며 특히, 겨울철의 낮은 수온으로 인해 질산화율이 저하되어 전체적인 질소 제거가 충분히 이루어지지 않고 있다.

이러한 문제들을 해결하기 위해 국내 실정에 맞는 공정을 확립하고 유지 관리 및 경제성을 고려하여 BCCF® PROCESS(생물접촉순환여과공법)를 개발 상용화 하였다.

• 생물 반응조는 생물학적 처리시설의 가장 중요한 주 공정으로 처리 성능의 안정성, 부지 사용의 효율성, 유지관리 용이성 및 경제성 등을 고려하여, Hybrid(여러가지의 처리공정을 혼합) 방식의 BCCF® Process로 계획하였으며, 기본 공정은 아래와 같다.



• 생물여재를 이용한 접촉 산화법은 중소도시에서 흐르는 하천이 하류로 가는데 따라 정화되는 자정작용의 과정의 인자를 응축한 것으로 고농도, 중농도, 저농도 오,하수부를 인공적으로 복제하여 각각의 농도에서의 고정상, 유동상에 필요한 산소량을 주입하면, 연구 결과에 따라 종래의 활성 슬러지법에서와 같이 미생물에 의한 단독처리뿐만아니라 호기성, 혐기성 미생물의 작용에서부터 소동물에 이르기까지 장시간에 걸쳐 식물연쇄를 응용하여 자연계에서의 BIO-CONTACT CIRCULATION FILTER를 PLANT화시킨 것입니다.

• 생물여재의 양쪽 표층부에 호기성균, 내부에 혐기성균을 배양 증폭시켜 이들에 의해 BOD, COD를 산화분해하여 제거하는 것과 동시에 이들 여재의 중심부에 대형 미생물이 발생되어 증식한



호기, 혐기성균을 침식하거나 자기 소화되므로써 잉여 슬러지의 발생을 적게 하므로 비교적 고부하가 아닌한 슬러지 발생량이 대단히 적고 필요한 동력의 절감 및 운전 관리를 용이하게 한 고능력의 처리장치입니다.

2. 생물 접촉 순환 여과 설명

● 하천 본래의 자정 작용을 장치 내에서 재현

- 급류가 흐르는 계곡과 물결과 완만히 흐르는 계곡을 서로 병합하여 재순환할 수 있도록 합리적으로 배합시킨 오수의 고도처리시설로 충전된 여과재의 표면에 얇은 생물막을 형성하여 오수를 정화, 여과함.

- 하천의 자정작용을 응용하여 기계적, 물리적 기구를 채용한 시설로 폭기부와 접촉 순환 여과부로 분리되어 폭기부의 난류와 여과 공간내 충전된 여과재를 층류 흐름의 상태에서 순환하게 하여 물리적인 여과와 생물여과가 함께 행하게 하고 여과재에 부착 생육하고 있는 미생물에 의해 유기물은 산화 소화 탈질이 행해짐.

- 오수를 배출 원점에서 정화하여 자연계에 되돌려 준다는 원칙을 이룰 수 있는 것이 BIO-CONTACT CIRCULATION FILTER-PROCESS이다.

● 생물접촉여과의 활성체 보전

- 여재(BIO RING Filter Media)는 PE 재질의 구형상태의 접촉여재(조건에 따라 기타 여재 사용가능)임. 오수를 생물에 의해 정화시키기 위한

필요조건은 첫째 미생물의 번식, 둘째 증식된 미생물의 건강체(활성화)보전이다. 이 두가지를 잘 활용하는 것이 고성능 정화의 열쇠이다.

● 다양한 미생물 출현에의한 안정된 먹이사슬 형성

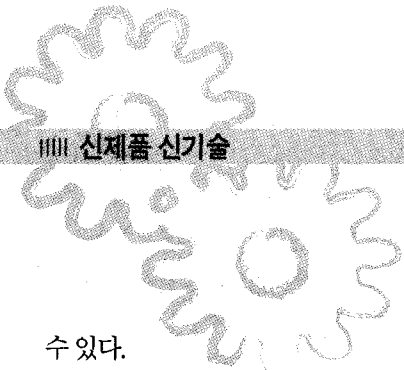
- 이와같이 오수의 거동에 대해서는 일부를 제외하고 특히 역상 및 황상의 위치내에 있는 오수의 DO는 미소내지 전무에 가깝다. 그러나 이와 같은 상태에 있는 오수도 결국은 여재밖의 어떤 방향으로부터의 순환수로 인하여 유출되는 현상이 일어나며 다시 그 오수는 호기성으로 바뀐다.

- 이 과정을 수차례 되풀이하여 상·하층 생물상의 다양화뿐만 아니라, 이와 같은 수질의 변화에 따른 생물상의 출현은 큰 미생물이 작은 미생물을 포식하는 먹이 연쇄(FOOD CHAIN)과정에 활성화를 유지시킨다.

● 호기조내 여재의 침전 및 포착 효과

- 단위여재는 무질서하게 조내부에 투입되므로 평균으로 보면 수평면과의 THETA는 $\cos 45^\circ$ 로 된다. 이로부터 평균화된 여재 1개의 수면적을 계산하면 $S = \cos 45^\circ \times 638 \times 10^{-4} = 451.1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{EA}$, 1m^3 중의 단위체적에 여재를 670개 투입 가능하므로 그 수면적(투영면적)은 여재 1m^2 당 30.2m^2 로 되어 이것은 약 6.2m의 원형 침전조의 수면적과 같다.

- 생물막은 일단 여재로부터 탈리하게 되면 재부착이 안되므로 여재에 포착성이 없을 경우 폭기조로부터 유출되지만 SS 포착성이 있을 경우 일단 탈리된 생물막을 폭기조 내부에 침전 포착할



수 있다.

- 여재내 다량의 생물막을 보존하고 게다가 탈리된 생물막을 폭기조 외부에 유출시키지 않으므로 처리 BOD, SS는 10mg/ℓ 이하를 유지하며 잉여 오니도 매우 작게 된다. 게다가 생물막은 제1폭기조로 부터 유출된 SS를 포착하여 이것을 산화하게 된다.

- 제2폭기조를 관찰하면 여재 표면에 생물막과 구별되는 SS는 매우적다.

- 여재 내부유속은 평균 0.5~0.8 cm/sec정도로 완만한 속도로 하. (상승)향류(내부 구조에 의해 변경 가능)이기 때문에 생물막의 탈리가 적고 설사 탈리가 발생하더라도 여재의 공극부가 있기 때문에 여재와 여재의 공극 내부에 침전, 포착되어 호기조로부터 유출되는 일이 적다. 이것이 호기조의 침전 포착효과이다.

- 여재 1m²당의 표면적은 85.5 m²으로 일반 이동상 여재들과 비교해서 접촉 면적이 넓다. 게다가 생물막은 단위 여재의 간극에도 번식하기에 생물부착, 및 침전 포착량 또한 많다.

● 순환여과방식의 BCCF[®] 구조

- BCCF조 중앙 또는 한쪽에는 폭기실이 있고 폭기실에 산기관이 집중 설치되어 있으며 폭기되어진 혼합액은 수류 형성관에 의해 접촉 여재쪽으로 순환하게 된다.

- 여과실에는 여재가 BCCF조 저부로부터 약 50cm 위에 충전되어 있다. 이 여재는 저부 및 상부를 net로 고정 및 비중에 의하여 상승 수류에 의하여 부유하지 않는다. 여재 상부는 수면 아래 약 20cm 위치에 있다.

- BCCF조 혼합액은 하부 폭기 시설에 의하여

과실 전면에 걸쳐 하강(상승)되며 여재 내부를 통과하면서 부착 성장되는 미생물막과 여재 사이를 통과하면서 유기물 산화 분해 및 여과가 병행하여 이루어지며 이와 같은 방법으로 오수는 유기물 분해 및 부유 물질이 조내에서 침전 포착 처리된다.

3. 핵심 장치와 주요 기능에 의한 안정성

● 원수 유입기

- 유입수를 집합 시키는 장치이고, 이 기능은 반응조로 유입되는 원수의 유속과 수압을 감소시켜 오니에 대한 충격을 최소화함으로써 오니층 형성을 안정케하는 것이며 흐름을 균등하게 하는 역할.

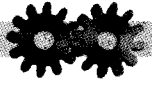
- 유입수는 배수관으로 흘러 들어가고, 물흐름 방향이 역류로 전환되면서 유입 원수를 수조 내부의 여재쪽으로 흐르게 한다.

- 이 공정 부분이 추가적인 집수조 설비를 필요치 않게 할 수 있다.

● 원수 안정부

- 원수 유입기의 기능을 도와주는 한 부분의 원수 안정부으로써 수조내의 정체상태의 원수가 전복 현상(뒤섞임)이 되는 것을 방지한다.

더불어 미생물의 먹이인 CARBON SOURCE와 직접 접촉할 수 있는 여건이 형성됨으로서 미생물의 오니층이 재래식 공법과는 달리 건강하고 왕성한 오니층이 형성하게 되며 이와 같은 고밀도 오니층이 일종의 자연적인 FILTER역할을 수행함으로써 저비용 고도처리를 가능하게 하는 것.



● 주 반응조

- 원수 안정조를 통하여 유입되는 원수는 주반응조 체적의 60%가 여재 및 순환수로 차 있기 때문에 고부하의 원수가 유입되어도 희석되며, 와류 현상을 방지할 수 있고, 주 반응조에서 폭기, 침전과 포착 및 반응된 처리수 유출과정을 진행되어 유기물 산화, 질산화, 및 인 흡착이 전반적으로 이루어진다. 주 반응조는 연속해서 유입되는 유량을 처리할 수 있도록 유량 저장조의 역할도 가지고 있다.

- 주기적인 공기 주입과 중단으로 미생물을 생성 및 강화시키는 공정으로써 공기가 없는 무산소 상태에서 미생물들이 새로운 환경에 잘 적응되게 하고, 잘 적응된 미생물(박테리아)은 원수에 포함된 유기물질을 분해시키고 질소 제거도 병행하게 한다.

● 수류 형성판 및 침전 포착을 위한 여재

- 폭기부에 의한 폭기로 혼합액은 하부로부터 상승되어 수류 형성판에 의한 순환수류로 변화되고 여재 내부를 순환 통과하면서 부착 성장되는 미생물 막과 여재 사이를 연속 순환하면서 유기물 분해 및 여과가 병행하여 이루어지며 유기물 분해 및 부유물질이 조내의 여재에 의해 침전 포착이 되다.

- 여재를 충전함으로써 기존의 부유 성장식 미생물과 여재내의 부착 미생물이 공존하여 반응조내 미생물 농도를 증가시켜 처리 효율의 효과를 극대화시킨다.

● 기기 제어 및 조작반

- 모든 장치의 주기적인 작동을 자동적으로 작동하도록 하고 수조내의 제어계측기와 연동되어

이중으로 작동하도록 프로그램화한 장치.

- 생활오수의 특성상, 일별, 계절별 유입수량의 변동폭에 따른 원수 유입 주기를 자동으로 조정하는 Expert(인공지능)의 프로그램 사용으로 인입 유량이 줄어들어 Level Sensor Low Point를 접촉할 때마다 Pump OFF Time을 20분씩 증가시켜 유입량을 줄이며, 반대로 인입 수량이 증가하여 Level Sensor High Point를 접촉할 때마다 Pump OFF Time을 10분씩 감소시켜 유입주기를 균등하게 자동적으로 조절하는 program을 선택하여 사용할 수 있다.

- 구성 부품 이상 작동 및 고장시 자동 통보 기능인 Auto Dialing 기능에 의해 사전에 입력된 전화 번호로 고장 사실을 통보 할 수 있다.

4. 처리 공정의 안정성

● 질소 인 동시 제거 및 효율 증대

- SRT를 길게 유지하여야 하는 질소 제거공정과 짧은 SRT에서 효율적인 인 제거가 가능한 인 제거공정은 서로 상반되는 특성으로 질소 인 동시 제거가 매우 까다로우나, BCCF[®] 공정에서는 질산화균을 호기조에 충전된 여재에 부착 및 침전 포착 증식시켜 질산화 및 질소제거효율을 증대시키고, 현탁 미생물에 영향을 받는 인 제거 공정에서는 생물 반응조 전체의 SRT를 짧게 유지시켜 인 제거효율을 증대

● 동절기 질산화 증대

- 현탁미생물을 이용한 질소제거 공정은 동절

기 온도조건(10℃ 내외)에서 질산화균의 성장속도 저하로 질산화율이 급격히 저하됨.

- BCCF[®] 공정에서는 호기조에 여재를 포함하게 되어, 고농도의 질산화균이 여재내에 침전 포착 고정되어 호기조 수온 저하시에도 높은 질산화율 유지

● 호기성 탈질

- 현탁 미생물 공정에서도 호기상 상태에서 탈질(Denitrification)이 이루어지나, 그 양이 미미(5~10%)함.

- BCCF[®] 공정에서는 호기조에 충전된 Bio-Ring 여재에 의해 여재의 바깥 부분은 Aerobic Zone을 형성하고 있으나, 미생물이 포착된 안쪽은 Anoxic Zone 상태가 되어 호기성 탈질이 진행되어 낮은 C/N비 조건 하에서도 무산소조에서의 전탈질 및 호기성 탈질에 의한 후 탈질 공정이 복합적으로 이루어져 질소 제거율을 증대시킬 수 있음.

● Hybrid Growth 방식

- 기존 여재 공정에서 사용된 Media에 부착된 미생물 두께는 500~4,000 μ m로 다량의 미생물 확보는 가능하나 물질전달을 저하 및 산소전달효율 저하로 인한 혐기화로 미생물 탈리 현상 발생으로 수질 개선 효과가 미미함.

- BCCF[®] 공정에서는 Bio-Ring 여재 내부에 부착된 생물막의 두께를 80 μ m 정도로 유지시킴으로 유기물 및 산소전달의 한계 두께인 50~150 μ m 이내로 여재에 고정된 미생물 모두가 활성을 보임

- Bio-Ring 여재내에 침전 포착되는 미생물

량은 MLSS 10,000~15,000mg/l 에서 더 이상 증가되지 않고 Steady-state를 유지하며, 현탁 MLSS 농도에 따라 여재 공극 사이의 미생물 성장과 여재 바깥으로의 확산이 평형을 유지

● 유연한 공정 변화

- 시설물 계열화 및 Bio-Ring 여재 충전율 조정으로 계절별 유량 변화 및 수질 변화에 대처 무산소조의 1지를 Swing Zone(호기 및 산소조로 이용)으로 구성.

2. BIO Ring 여재

1. BIO - Ring 여재의 특성

- BCCP에 사용되는 여재는 구형의 큰 표면적과 공극의 여재로 고농도의 MLSS를 공정하며 현탁액중의 미생물과 함께 폭기조 내에 반고정화되어있으며 아래와 같은 특성을 가지고있다.

2. BIO - Ring 여재의 충전 효과

- 폭기조내 BIO - Ring 여재를 충전 함으로써 기존의 부유 성장식 미생물과 담체내의 부착 미생물이 공존하게되어, 전체 조내 유효 미생물이 증가하게 되므로 오·하수, 폐수처리의 “아래”와 같은 효과가 증가한다.

● MLSS의 증가

- Bio-Ring 여재는 포기조 용적의 30~65%



구분	주요기능 및 안전성
물리·화학적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 담체에 비교하여 인장강도, 압축 강도 향상 • 내마모성 및 내약품성 증가로 수명 연장
생물학적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 미생물 보유량 증가로 고부하 운전 가능 • 공극성 확보로 부착 및 침전 포착된 미생물 활성화 증가
경제적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 국산화 개발을 통한 경제성 향상
적용성 향상	<ul style="list-style-type: none"> • 크기 및 공극의 크기 조절이 가능(여재 선택의 영역확보) • 용도에 맞게 적용 여재를 선택 가능(굴 껍질, 안스라사이트 등)
기능성 향상	<ul style="list-style-type: none"> • 공극 형성시 미생물 활성화 제제 및 분말 활성탄 고정화 가능

범위 내에서 충전되며, 여재에 고정되는 MLSS 농도는 10,000~15,000mg/L 이므로 포기조 MLSS를 1.4~2.3배 가량 높일수 있다. 담체의 충전량이 증가 할수록 높은 농도의 MLSS를 확보할 수는 있지만 여재의 충전율이 70% 이상이 되게 되면 역세시 여재 유동 및 역세 강도등 방해받게 되므로 충전율에 제한을 받게 된다

• 포기조의 용량이 동일하므로 용적부하의 값은 동일하나 MLSS의 농도가 약 2.2배가되어 F/M 비는 0.45배로 낮아지게 된다. 즉, 기존 처리장에 부하가 증가하여 처리수 수질이 악화되거나 슬러지 침강성이 나빠질 경우 여재의 충진을 통해서 유입 유량을 줄이지 않더라도 F/M비를 낮출 수 있어 안정적인 처리가 가능하다.

● 처리효율 증가

• Bio - Ring 여재를 충전함으로써 동일한 유기물 부하에서 F/M비를 낮출 수 있으므로 표준

활성슬러지 공정에 비해 유기물 부하를 2~3배 증가시킬 수 있으며, 질소 제거율도 약 4배까지 증가시킬 수 있다.

● 호기성 탈질 산화 유도

• 현탁 미생물 공정에서도 호기성 상태에서 일부 탈질이 이루어지나 그 양은 5~10% 정도로 미미하다. Bio - Ring의 바깥 부분은 호기성 영역이 이루어지나 침전 포착된 안쪽은 무산소 영역이 존재하게 되어 호기성 상태에서도 탈질이 진행되어 저 C/N 비 조건 하에서도 무산소조에서의 탈질 및 호기성 탈질에 의한 후탈질 공정이 복합적으로 이루어져 전체적인 질소 제거율을 향상시킬 수 있다.

● SRT의 증가

• 마을 하수와 같은 유기성 폐수의 질산화 시스템 설계에서 가장 중요한 인자는 최소 SRT를 선

정하는 것인데, 일반적으로 50~70일을 잡고 있으며, SRT(θ_c)와 포기조 용적(V)은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\theta_c = \frac{VX}{[Q_w X_r + (Q - Q_w) X_e]} \quad (1)$$

$$V = \frac{\theta_c [Q_w X_r + (Q - Q_w) X_e]}{X} \quad (2)$$

여기서,

X, X_r : 포기조 및 잉여슬러지 MLSS 농도(kg/m³)

X_e : 처리수 SS 농도(kg/m³)

Q, Q_w : 유입폐수량, 잉여슬러지량(m³/day)

• 식 (1)과 (2)에서 볼 수 있듯이 Bio - Ring를 포기조에 충전하면 포기조의 MLSS농도 (X)를 높일 수 있기 때문에 충전 전보다 SRT가 길어지게 되거나, SRT가 동일하더라도 포기조 용적(V)를 줄일 수 있게 된다.

• 일반적인 활성슬러지 공정에서 포기조 MLSS 농도(X)는 반송률(r)에 따라 식 (3)과 같이 나타낼 수 있으며, Bio - Ring를 충전한 경우는 식 (4)와 같다.

$$X = \frac{r}{(1+r)} X_r \quad (3)$$

$$X = \alpha \left[\frac{\left(\frac{1}{\alpha} X_r\right) / \left(\frac{1}{r} + 1 + X_f\right)}{\left(\frac{1}{r} + 1 + X_f\right)} \right] \quad (4)$$

여기서,

α : 여재 충전율

X_f : 여재에 고정된 MLSS 농도

• 식 (3)과 (4)에서 볼 수 있듯이 일반적인 활성슬러지 시스템에서는 포기조의 MLSS 농도는 슬러지 반송률에 민감하게 영향을 받게되나, BCCFP 공정에서는 50~80%의 MLSS(X_f)가 Bio - Ring에 고정되어 있으므로 반송률을 낮게 유지해도 포기조 내에 높은 MLSS 유지가 가능하며, 식(1)과 (4)를 조합하면 Bio - Ring를 충전한 경우 전체 SRT는 다음 식과 같다.

$$\theta_c = \frac{\alpha \left[\left(\frac{1}{\alpha} X_r\right) / \left(\frac{1}{r} + 1 + X_f\right) \right] V}{Q_w X_r + (Q - Q_w) X_e} \quad (5)$$

● 슬러지 발생량 감소

• Bio - Ring의 충전율이 증가할수록 Biomass 및 SRT가 증가하여 슬러지 자산화가 증가함에 따라 슬러지 발생량이 20~50% 정도까지 감소하게 된다.

● 겨울철 질산화율 증가

• Bio - Ring를 충전한 경우에는 고농도의 질산화균이 Bio - Ring내에 고정되며, 여재는 포기조에 지속적으로 체류하므로 SRT 증가효과로 인해 수온 저하시에도 높은 질산화율을 유지할 수 있게 된다.



3. BCCF[®]- Process 공사 실적

● 시운전 완료 가동중

- 강원도 고성군 학야리 공법 변경 : 300 m³/Day
- 강원도 고성군 통일 전망대 : 130 m³/Day
- 강원도 철원군 대마리 : 150 m³/Day 후단시설
- 강원도 고성군 죽정리 : 200 m³/Day
기존 KSBNR 전면 보완 교체
- 강원도 청평사 : 200 m³/Day 후단시설
- 철원군 김화 중공고외 1 : 각 40 m³/Day 후단


시설

- 고성군 여성 회관 : 30 m³/Day
- 강원도 양구군 만대리 : 60 m³/Day 후단시설
- 고성군 원당리, 화포리 : 60, 80 m³/Day 후단

시설

- 대둔산 도립공원 집단시설지구 : 2,200 m³/Day
- 00지역 석유 비축기지 침출수 : 3,000 m³/Day
- 양평농산물유통센터 : 40 m³/Day
- 대신고등학교 : 50 m³/Day

문의 : 031-234-4035

홈페이지 : www.dwone.co.kr 



「2004환경산업정보총람」 판매안내

• 정가 | 70,000원 • 구입문의 | 02)852-2291(연합회 사무국)

*연합회 회원은 2만원 할인해 드립니다.

*자세한 세부목차는 연합회 홈페이지 "신간안내" 참조