



# CSBR™

## 하수처리기술

**R**othwell  
A ssociates

# CSBR™ PROCESS

- 최고의 하수처리기술 : 낮은 공사비, 작은 부지면적, 운전 및 유지관리 용이

## 배경 및 적용

CSBR™은 SBR(Sequencing Batch Reactor)을 수정, 보완한 공법으로서 1990년대 초기에 아래와 같은 기존 공정의 장, 단점을 심도 있게 연구하여 개발되었다.

- a) 재래식 연속흐름, 일정수위형 활성슬러지 공법 (산화구시스템 포함)
- b) 일반적인 회분식 유입, 회분식 처리수배출, 수위 변동형 SBR 공법
- c) 연속유입, 일정수위형 변형 SBR 공법
- d) 연속유입, 회분식 처리수배출, 변동수위형 SBR 공법



CSBR은 도시하수 및 산업폐수의 BOD, NH<sub>3</sub>-N, TKN, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, T-N, T-P, TSS 등의 오염물질 제거에 적합한 생물학적 고도처리 공법이다.

1995년 이래로 북아메리카, 대한민국, 중국 등의 하수 처리장에 적용되어 왔으며 2,500~120,000m<sup>3</sup>/일의 실적을 가지고 있다.

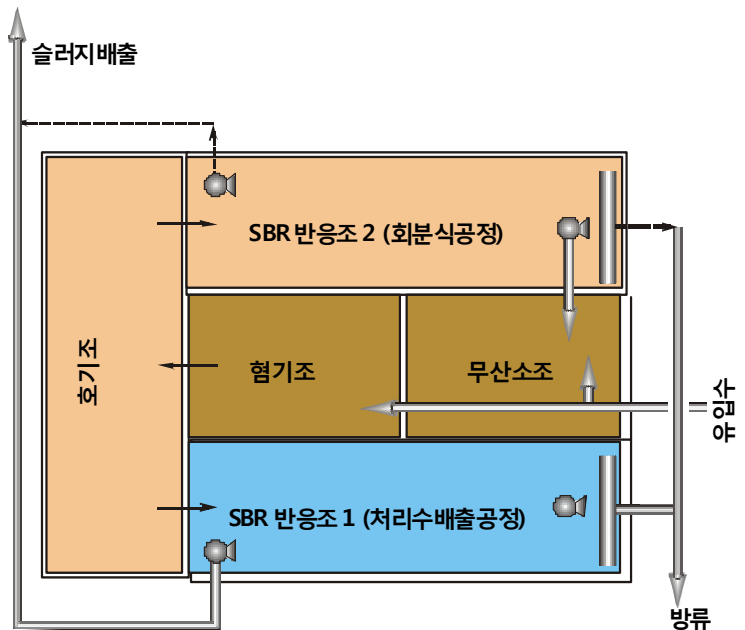
## 공정 개요

CSBR™은 연속 흐름, 일정수위형 SBR의 확장된 공법으로서, 적어도 하나의 연속적 흐름을 갖는 반응조와 일정수위를 갖는 양방향 흐름의 SBR반응조가 대칭적으로 구성된다.

대칭으로 구성되어 있는 2개의 SBR반응조는 하나의 반응조가 RAS(Return Activated Sludge) 주기 중 슬러지반송, 회분식반응, 예비침전을 수행하는 동안 나머지 하나의 반응조에서는 처리수배출(Decanting)이 일어나고, 한 주기가 종료되면 2개의 SBR반응조는 상호 공정을 반대로 수행한다.

요구되는 처리수질 기준에 따라 연속흐름공정(무산소조, 혐기조, 호기조)을 추가적으로 구성할 수 있으며, 이 공정 후단의 SBR공정에서는 무산소, 혐기조건이나 호기조건의 회분식 운전이 가능하므로 보다 효율적이고 현실적인 생물학적 고도처리 요구에 부합하는 공정을 구성할 수 있다.

2개의 SBR반응조에서는 한 주기를 기준으로 처리된 상등수를 교대로 배출하며 동시에 하부에 침전된 잉여슬러지(WAS)를 인발한다.





# CSBR™ PROCESS

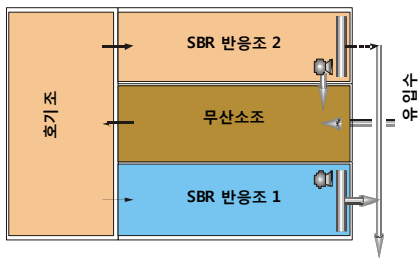
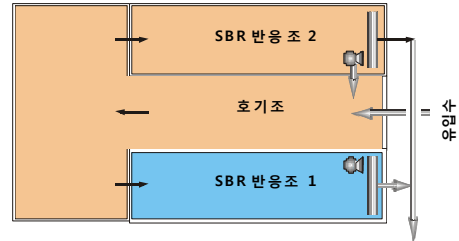
- 최고의 하수처리기술 : 낮은 공사비, 작은 부지면적, 운전 및 유지관리 용이

## 공정 구성

CSBR은 재래식 또는 생물학적고도처리(BNR)의 유출수질 요구 조건을 만족시키기 위해 다음과 같이 다양한 공정 구성으로 설계가 가능하다.

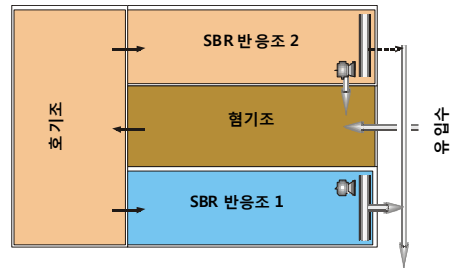
### 호기 공정 구성

- 제거대상 : BOD, NH<sub>4</sub>-N, TSS
- 공정구성 : 하나 또는 그 이상의 호기조와 2개의 SBR반응조를 대칭으로 구성



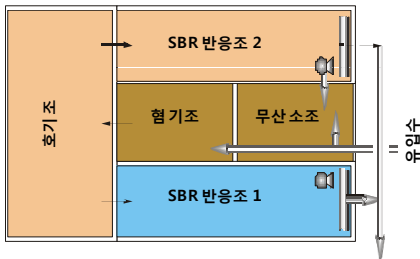
### 무산소-호기 공정 구성

- 제거대상 : BOD, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub>-N, T-N, TSS
- 공정구성 : 하나 또는 그 이상의 무산소조, 하나 또는 그 이상의 호기조, 2개의 SBR반응조를 대칭으로 구성



### 혐기-호기 공정 구성

- 제거대상 : BOD, T-P, TSS
- 공정구성 : 혐기조, 호기조, 2개의 SBR반응조를 대칭으로 구성



### 무산소-혐기-호기 공정 구성

- 제거대상 : BOD, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub>-N, T-N, T-P, TSS
- 공정구성 : 하나 또는 그 이상의 무산소조, 하나 또는 그 이상의 혐기조, 하나 또는 그 이상의 호기조, 2개의 SBR반응조를 대칭으로 구성

## 운전 개요

CSBR에서 무산소조, 혐기조, 호기조를 포함한 연속흐름반응조(CFR)는 고정된 수위에서 유입수와 반송슬러지의 유입, 유출이 연속적으로 이루어지는 재래식 또는 고도처리와 같이 반응조를 직렬로 배열한 활성슬러지시스템으로 운전된다. 산기 및 교반설비를 포함한 연속흐름반응조의 모든 기계 장비는 주기적인 운전모드의 제어 없이 연속적으로 운전하는 반면, 2개의 SBR반응조는 자동운전 주기에 따라 처리수배출(Decanting)과 회분식반응(RAS)이 교대로 운전된다. CSBR은 일정한 주기를 기본으로 운전 사이클이 연속적으로 반복된다. 한번의 주기 동안 SBR반응조에서는 처리수 배출과 회분식반응 2개의 사이클이 교대로 운전되며 각각의 공정은 설정시간 동안 지속된다. SBR반응조1이 회분식반응 주기라면, SBR반응조2는 처리수배출 주기가 되며, 회분식 주기는 슬러지 반송, 무반송 호기, 예비침전의 3단계로 나누어진다.

다음은 무산소-혐기-호기 공정으로 구성된 CSBR의 운전주기를 설명한 것이다.

# CSBR™ PROCESS

- 최고의 하수처리기술 : 낮은 공사비, 작은 부지면적, 운전 및 유지관리 용이

## 사이클-1

원수의 일부(0~30%)가 연속적으로 무산소조에 유입되면서 SBR반응조2로부터 반송되는 슬러지와 혼합된다. 반송슬러지에 함유된 질산염은 원수에 함유된 BOD를 탄소원으로 이용하여 무산소 상태에서 탈질된다.

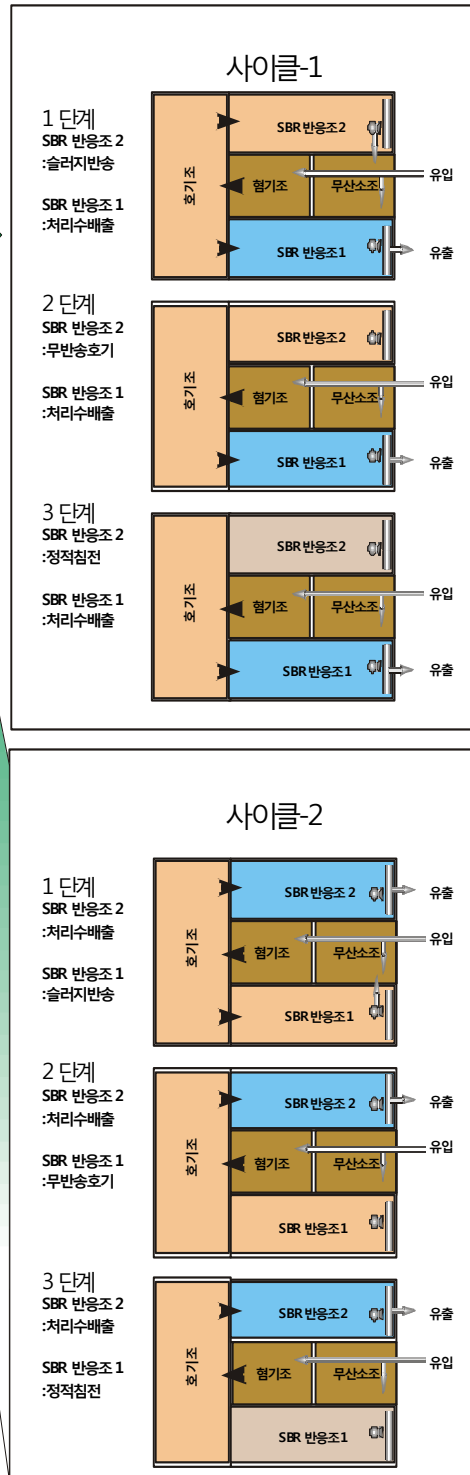
무산소조에서 질산염이 제거된 반송슬러지는 연속적으로 혐기조로 유입되어 원수의 일부(100~70%)와 혼합된다. 혐기조에서는 원수에 포함된 생물학적으로 분해가 용이한 유기물이 휘발성지방산으로 발효되는데, 발효된 휘발성 지방산은 인축적 미생물에 의해 섭취되어 PHB(Poly-β-hydroxybutyrate) 형태로 저장된다. 이때 미생물에 필요한 에너지는 세포 내에 축적되어 있는 다중 인산염의 결합을 분해하여 방출함으로써 얻게 된다. 이러한 원리로 혐기조에서 인산염이 방출된다.

혐기조에서 처리된 하수는 연속적으로 호기조로 유입된다. 혐기조에서 방출된 용존 상태의 인산염은 호기조건에서 미생물에 의하여 급속히 과잉 섭취되고 세포 내 다중 인산염으로 재합성한다. 이때 혐기 조건에서 저장되었던 PHB는 호기적으로 이산화탄소, 물, 새로운 세포등으로 산화된다. 또한 이 조건에서는 미생물의 호기적인 신진대사로 인해 유기물이 제거된다.

호기조를 거친 처리수는 유입 유량과 동일한 양이 연속적으로 SBR반응조1로 유입되어 슬러지 반송 및 배출, 회분식 반응, 정적침전 공정이 진행된다. 이러한 회분식 공정이 진행되는 동안 전 공정에서 제거되지 못한 BOD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub>-N, T-N, T-P등이 추가적으로 제거된다. 한편, SBR 반응조2에서는 정적 침전후 고액 분리된 처리수가 배출된다.

## 사이클-2

SBR반응조1과 SBR반응조2의 기능이 교대로 운전되며 사이클-1과 동일한 방식으로 진행된다.



# CSBR™ PROCESS

- 최고의 하수처리기술 : 낮은 공사비, 작은 부지면적, 운전 및 유지관리 용이

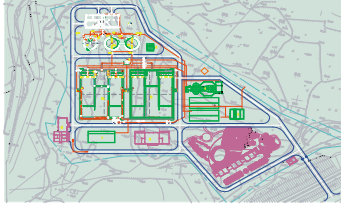
## 공정의 주요 장점

- ❖ **일반적인 연속식 활성슬러지공법과 비교했을 때, 다음과 같은 장점이 있다.**
  - 일차침전지 및 이와 관련된 슬러지 제거설비가 불필요하므로 비용 및 부지 절감이 가능
  - 이차침전지와 관련된 슬러지 제거설비와 반송펌프설비에 소요되는 비용이 감소되고, 보다 적은 부지에 콤팩트 하게 설계가 가능 (35~50%까지 감소가능)
  - 반송슬러지 펌프의 양정이 1m 이하로 슬러지 반송에 따른 에너지 및 운전비용의 절감
  - SBR반응조에서의 정적침전으로 슬러지의 침강성을 증대시켜 처리수질이 우수하고, 침강된 슬러지 (일반적으로 2%)는 농축조를 거치지 않고 직접 탈수가 가능하므로 슬러지 처리비용을 절감
  - SBR반응조의 운전조건이 재래식 SBR 공법과 유사하여 일반적인 활성슬러지공법과 비교했을 때, BOD, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub>-N, T-N, T-P 제거효율을 증대
  
- ❖ **회분식 유입수 유입 및 처리수배출, 수위가 변동하는 재래식 SBR공정과 비교했을 때, CSBR의 장점은 다음과 같다.**
  - 원수의 연속 주입으로 유입유량 조절을 위한 시설이 불필요
  - 2개 SBR반응조의 대칭 구성으로 처리수를 교대로 연속 배출이 가능하여, 전단의 유량조가 불필요하고 후단부 설비의 최소화 가능
  - 일정 수위로 운전하므로 수위 변동형 SBR 운전에서와 같은 수도손실 및 조 이용 용적 감소 문제가 없음
  - BNR공법(A/O, A<sub>2</sub>O, UCT, MUCT)의 메커니즘을 충분히 반영한 공정(무산소조-혐기조-호기조) 구성으로 T-N, T-P 제거효율을 강화
  - 2개의 SBR반응조가 대칭으로 구성되어 장비의 중복 및 시스템 운영비를 최소화
  - 수중에서 움직이는 부분이 없는 일정 수위 유지형 처리수배출장치를 이용해 시스템이 간단하고 운영이 안정적
  
- ❖ **연속식 흐름, 일정 수위를 갖는 변형 SBR 공법과 비교했을 때, CSBR공법의 장점은 다음과 같다.**
  - 원수 유입지점이 고정되어 있어 유입유량 조절을 위한 설비가 불필요
  - BNR공법(A/O, A<sub>2</sub>O, UCT, MUCT)의 메커니즘을 충분히 반영한 공정(무산소조-혐기조-호기조) 구성으로 T-N, T-P 제거효율을 강화
  - 2개 SBR반응조의 대칭 구성으로 처리수를 교대로 연속 배출이 가능하여, 전단의 유량조가 불필요하고 후단부 설비의 최소화 가능
  - 수중에서 움직이는 부분이 없는 일정 수위 유지형 처리수배출장치를 이용해 시스템이 간단하고 운영이 안정적
  
- ❖ **비연속식 흐름, 회분식 처리수배출, 변동수위를 갖는 변형 SBR 공법과 비교했을 때, CSBR의 장점은 다음과 같다.**
  - 2개 SBR반응조의 대칭 구성으로 처리수를 교대로 연속 배출이 가능하여, 전단의 유량조가 불필요하고 후단부 설비의 최소화 가능
  - 일정 수위로 운전하므로 수위 변동형 SBR 운전에서와 같은 수도손실 및 조 이용 용적 감소 문제가 없음
  - 무산소, 혐기, 호기 조건에서의 효율적인 반응을 위해 기존의 BNR 공정의 메커니즘을 충분히 반영하였고, 각 반응조의 기능을 명확히 하여 T-N, T-P 제거율을 증대
  - 2개의 SBR반응조가 대칭으로 구성되어 장비의 중복 및 시스템 운영비를 최소화
  - 수중에서 움직이는 부분이 없는 일정 수위 유지형 처리수배출장치를 이용해 시스템이 간단하고 운영이 안정적

# CSBR™ PROCESS

- 최고의 하수처리기술 : 낮은 공사비, 작은 부지면적, 운전 및 유지관리 용이

## 적용 실적



Sanming 하수처리장  
80,000m<sup>3</sup>/일  
중국



여수 하수처리장  
120,000m<sup>3</sup>/일  
대한민국



고양원능 하수처리장  
80,000m<sup>3</sup>/일  
대한민국



군장 폐수처리장  
30,000m<sup>3</sup>/일  
대한민국

### CSBR 고도처리 BNR 공법의 일반적인 제거율

구분	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>mn</sub>	TSS	T-N	T-P
유입수 (mg/L)	486	234	395	111	14.4
유출수 (mg/L)	7.42	17.4	12.5	9.78	0.39
제거율 (%)	98.5	92.6	96.8	91.2	97.3



진건 하수처리장  
80,000m<sup>3</sup>/일,  
20,000m<sup>3</sup>/일(증설)  
대한민국



Estevan 하수처리장  
6,000m<sup>3</sup>/일  
캐나다



전주 하수처리장  
100,000m<sup>3</sup>/일  
대한민국



인천 국제공항 중수처리장  
20,000m<sup>3</sup>/일  
대한민국

### 재래식 BNR 공법의 일반적인 제거율

구분	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>cr</sub>	TSS	T-N	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	T-P
유입수 (mg/L)	152	378	188	49	32.8	-	6.7
유출수 (mg/L)	4.9	48	11	9.5	1.3	5.3	0.8
제거율 (%)	96.8	87.3	94.1	80.6	96.0	-	88.1



Okotoks 하수처리장  
3,000m<sup>3</sup>/일  
캐나다

CSBR™ 공법은 미국 국제특허 출원중인 특허에 의해 보호됩니다.

대한민국 연락처 : 로스웰코리아㈜

주 소: 서울시 금천구 가산동 371-28 우림라이온스 B-902

전 화: 02-2026-5423

이메일: [rothwel@hanmail.net](mailto:rothwel@hanmail.net) or [rothwellassociates@shaw.ca](mailto:rothwellassociates@shaw.ca)