



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월14일  
(11) 등록번호 10-2203751  
(24) 등록일자 2021년01월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C02F 11/18 (2006.01) C02F 11/02 (2006.01)  
C02F 3/00 (2006.01) C02F 3/30 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C02F 11/18 (2020.05)  
C02F 11/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0066753  
(22) 출원일자 2018년06월11일  
심사청구일자 2018년06월11일  
(65) 공개번호 10-2019-0140227  
(43) 공개일자 2019년12월19일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2016172237 A\*  
JP6298918 B1\*  
KR1020010002276 A\*  
KR1020050006347 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
연세대학교 원주산학협력단  
강원도 원주시 흥업면 연세대길 1  
(72) 발명자  
박동희  
강원도 원주시 무실로 382, 107동 902호(무실동,  
원주시 무실 세영리첼 1차 아파트)  
박문식  
강원도 원주시 치악로1735번길 78(개운동)  
(74) 대리인  
김보정, 김보민

전체 청구항 수 : 총 5 항

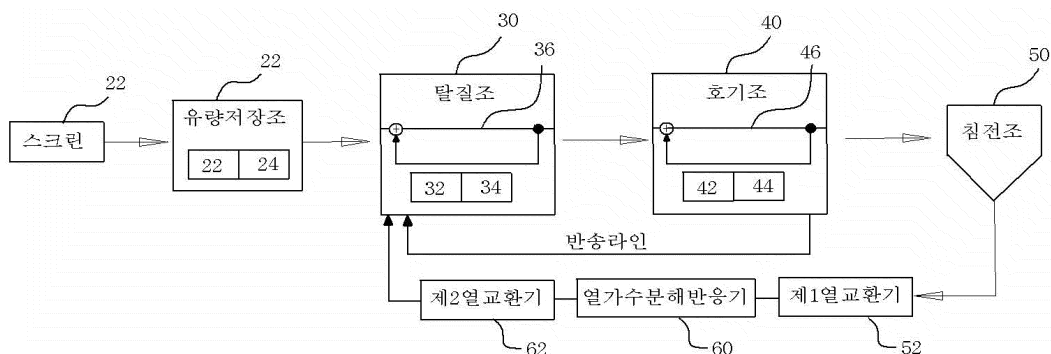
심사관 : 조민환

(54) 발명의 명칭 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템

(57) 요약

슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템이 개시된다. 본 발명의 하수처리 시스템은 하수에 혼입되어 있는 고형물질을 제거하는 스크린과, 상기 스크린을 통과한 혼합유입수를 저장하는 유량저장조, 상기 유량저장조에서 혼합유입수를 유입받아 생물학적 탈질을 수행하는 탈질조, 상기 탈질조 이후 유출수 내 암모니아를 질산화시키는 호기조, 상기 호기조 하단에서 생성된 질산성 질소를 함유한 슬러지를 탈질조로 반송시키는 반송라인, 상기 호기조에서 유출된 유출수를 수용하여 생물학적 슬러지를 농축하는 침전조, 및 상기 침전조로 모여진 생물학적 슬러지를 유입받아 분해하는 열가수분해 반응기를 포함하여 구성함으로써, 고형분을 줄이고 분해 과정에서 생산된 유기물질을 고도하수처리에 탄소원으로 활용할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**C02F 3/006** (2013.01)

**C02F 3/302** (2013.01)

(72) 발명자

**김남규**

서울특별시 은평구 갈현로23길 41, 101동 605호(갈현동, 한솔아파트)

**이선경**

서울특별시 강서구 마곡서로 133, 711동 205호(마곡동, 마곡엠밸리7단지)

**연승재**

경기도 구리시 원수택로 20, 103동 902호(수택동, 쌍용아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2015R1D1A1A01060412

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 이공학 개인기초연구지원사업 (기본연구지원사업)

연구과제명 열분해 기술을 이용한 슬러지 및 총질소/총인 배출저감 미래기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교 원주산학협력단

연구기간 2015.11.01 ~ 2018.10.31

공지예외적용 : 있음

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

일상 생활에서 발생하는 하수에 혼입되어 있는 고형물질을 제거하는 스크린;

상기 스크린을 통과한 혼합유입수를 저장하는 유량저장조;

상기 유량저장조에서 혼합유입수를 유입받아 생물학적 탈질을 수행하는 탈질조;

상기 탈질조 이후 유출수 내 암모니아를 질산화시키는 호기조;

상기 호기조 하단에서 생성된 질산성 질소를 함유한 슬러지를 탈질조로 반송시키는 반송라인;

상기 호기조에서 유출된 유출수를 수용하여 생물학적 슬러지를 농축하는 침전조; 및

상기 침전조로 모여진 생물학적 슬러지를 유입받아 분해하는 열가수분해 반응기;

를 포함하고,

상기 탈질조와 호기조로 구성된 2단 반응조를 단상으로 이루어진 회분식 생물반응조로 대체하고,

호기조 방류수내  $\text{NH}_4$  농도를 측정하여 일정농도 이상일 경우 호기조 내 내부순환을 통해 기준 농도를 낮추는 공정을 포함하고,

상기 유량저장조는

혼합 유입수의 탄소원 농도와 질소농도를 검출하고, 검출된 질소 농도를 기준으로 상기 탈질조로 유입할 유량을 산출하여 유입시키되, 상기 탈질조로 유입되는 혼합유입수의 경우 질소 농도의 기준 농도를 15~20 mg-N/L로 조절하여 유입되도록 하고,

상기 탈질조는

질산성 질소 농도 검출부;를 포함하고,

상기 질산성 질소 농도 검출부에서 검출된 질산성 질소가 기준 농도범위인 15mg-N/L 이하에서 검출되면, 하수처리공정을 진행하고,

상기 열가수분해반응기는

상기 침전조에서 유입받은 생물학적 슬러지를 분해한 열가수분해액을 상기 탈질조로 투입시키고, 상기 침전조에서 상기 열가수분해 반응기로 생물슬러지 이송중 제1열교환기를 통하여 생물슬러지를 가온하고, 상기 열가수분해 반응기에서 가수분해된 슬러지를 제2 열교환기에서 온도를 낮추어서 상기 탈질조로 투입하고, 상기 제2 열교환기에서 상기 탈질조로 투입되는 유량은 상기 유량저장조에서 상기 탈질조로 투입되는 유량의 2~2.5%가 되게 투입하는 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 질산성 질소 농도 검출부에서 검출된 질산성 질소가 기준 농도 범위보다 높으며, 상기 탈질조 후단에서 전단으로 내부순환을 통해 질산성 질소 농도를 기준 농도 이하로 제어하는 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템.

#### 청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 호기조의 하단에서 질산성 질소를 함유한 슬러지를 상기 유량저장조의 하수와 혼합되어 상기 탈질조로 유입하는 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템.

#### 청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 호기조는 내부 순환밸브를 구비하고,

상기 유량저장조에서 검출된 질소 농도를 상기 호기조의 반송라인을 통한 슬러지와 혼합하여 희석하고, 혼합된 탈질조 유입수의 상기 질소 농도가 기준 농도보다 높으면, 혼합유입수의 질소 농도를 기준 농도로 맞추기 위해 상기 내부순환밸브를 이용하여 호기조 내부 순환량을 늘려 혼합유입수에서 검출된 질소 농도가 상기 기준 농도 범위 내에 존재하도록 내부 순환량을 늘리는 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템.

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 탈질조와 호기조는 상하부의 슬러지 농도가 일정하도록 교반해주는 교반장치를 포함하는 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템.

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

삭제

#### 청구항 14

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 하수슬러지 침전조에 모여진 슬러지를 열가수분해하여 감량화 및 가용화하는 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 하수처리 공정 내에 저농도 C/N비로 유입되는 하수를 처리하기 위해 사용되는 외부탄소원을 대체할 수 있는 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템 및 하수 처리 방법에 대한 것이다.

[0002]

### 배경 기술

[0003] 생활하수를 처리하기 위한 기술은 생물학적인 처리를 기반으로 하며, 다양한 미생물(박테리아, 원생동물, 곰팡이, 담류충, 조류)을 포함하는 생물학적 처리를 최대로 운전하기 위해 사전처리 및 사후처리를 포함하여 처리하고 있다.

[0004] 생물학적으로 하수내 오염물질 저감을 이해하기 위해서는 운전조건을 달리 해줘야 한다.

[0005] <생물학적 처리에서 공기투입 유무에 따라 발생하는 기작>

[0006] 첫째. 호기조건에서 미생물 기작

[0007] 호기성 종속영양 미생물이 전자 수용체로 산소( $O_2$ )를 사용하며, 전자 공여체 및 미생물의 탄소원으로 활용하여 폐수내 유기물이 감소한다. 이때 최종 산물로 이산화탄소( $CO_2$ )와 물( $H_2O$ )이 생성된다.

[0008] 호기성 독립영양 미생물은 크게 3가지 반응으로 나뉜다.

[0009] 1. 암모니아가 전자공여체로 작용하며, 단계적으로 산화시켜 아질산성 질소 또는 질산성 질소로 변화시키는 질산화 반응(Nitrification)이 있으며, 이때 탄소원으로 수계의 이산화탄소( $CO_2$ )가 사용된다.

[0010] 2. 제1 철( $Fe(II)$ )이 전자공여체로 작용하고 수계 내 이산화탄소( $CO_2$ )를 탄소원으로 활용하여 최종적으로 제2철( $Fe(III)$ )로 변화시키는 철산화반응(iron oxidation)이 있다.

[0011] 3. 황화수소( $H_2S$ ), 황이온( $S^0$ ), 티오황산( $S_2O_3^{2-}$ )이 전자공여체로 작용하고 탄소원으로 이산화탄소( $CO_2$ )를 활용하여 황산이온( $SO_4^{2-}$ )을 최종물질로 만드는 황산화공정 (Sulfur oxidation)이 있다.

[0012] 이때 질산화 현상을 이론적으로 보면 두 단계로 이루어진다.

[0013] [Nitroso-bacteria]



[0015] [Nitro-bacteria]



[0017] [Total oxidation reaction]



[0019] 특히 질산화 공정의 경우 질산화 미생물이 수계에 존재하는 암모니아를 질산성 질소 또는 아질산성 질소로만 산화시키는 공정이기 때문에 유입된 질소 대비 감소가 일어나지 않는다.

[0020] 따라서 지속적으로 산소를 공급해주는 것 이외에 산소 공급을 차단하여 다른 전자수용체를 사용할 수 있도록 해야 한다.

[0021] 둘째. 무산소 조건에서 미생물 기작

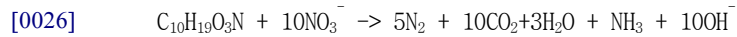
[0022] 호기조건과 유사하게 전자 공여체와 탄소원으로 유기물질(Organic compounds)을 활용하며, 전자 수용체로 질산

성 질소( $\text{NO}_3^-$ ) 또는 아질산성 질소( $\text{NO}_2^-$ )를 활용해 최종산물로 질소가스( $\text{N}_2$ ), 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ), 물을 생성하며 이 기작을 탈질화(Denitrification) 또는 무산소반응(Anoxic reaction)이라고 한다.

[0023] 이때 탈질이 진행되기 위해서는 수중에 산소농도(DO)가 없거나 낮은 산소 농도(DO)로 존재해야 하며, 질산성 질소 및 아질산성 질소가 존재해야 한다. 따라서 공정 순서상 호기조 이후 생성된 아질산성 질소 또는 질산성 질소를 산소가 없는 조에 두어 자연스럽게 산소농도가 떨어지게 하는 것이 적합하지만, 호기조가 앞단에 있는 경우 전자공여체로 사용될 수 있는 유기물질이 호기성 미생물에 의해 사용되기 때문에 탈질에 사용될 전자공여체가 부족하다.

[0024] 따라서 이를 해결하기 위해 유입수와 후방 호기조에서 내부순환하는 하수와 일정비율로 혼합해 탈질조에 투입하고 탈질 이후 질산화를 하는 사전탈질 공정이 주로 사용되고 있다.

[0025] 생활하수를  $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$ 으로 가정한다면, 이를 대상으로 하는 탈질 공정의 이론적인 식은 다음과 같다.

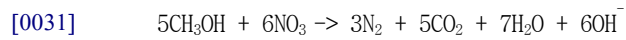


[0027] 하지만 생활 하수의 특성인 낮은 C/N비로 인해 충분한 전자공여체가 투입되지 않아 탈질에 시간이 오래 걸리는 단점을 갖는다. 이를 해결하기 위해 추가적인 탄소원을 투입하여 효율적인 탈질을 유도한다. 대표적으로 아세트산 또는 메탄올이 외부 탄소원으로 사용되고, 이러한 외부탄소원으로 사용하는 경우 다음과 같은 식을 갖는다.

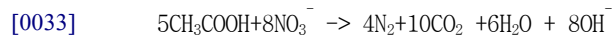
[0028] C/N(COD/TKN)비는 포기조의 질소 및 인 제거공정의 처리효율에 큰 영향을 미치는 유입수 내의 유기물질과 질소 농도와의 비를 의미하는 것으로 하수처리장으로 들어오는 유입수질의 유기물과 질소의 비를 의미한다.

[0029] 포기조에서 발생하는 질산성 질소는 혐기조에서 인 방출에 영향을 미치기 때문에 유입수의 COD/TKN비 또한 질소 및 인 제거공정의 처리 효율에 큰 영향을 미친다.

[0030] [Methanol]



[0032] [Acetate]



[0034] 이러한 외부탄소원을 대체하기 위해 유기성 폐기물이 활용 가능성이 대두되고 있다. 하수처리장의 경우 생물학적 처리를 기반으로 하기 때문에, 수중에 유기물이 감소하고 미생물이 증식하기 때문에, 증식한 미생물을 탈수 효율을 증가시키기 위해 응집제와 유사한 화학제를 주입하고 탈수기를 통해 고체를 분리한다. 탈수 슬러지는 차량으로 매립지, 소각장, 시멘트 보조재로 활용되고 있다.

[0035] 하지만 매립시설의 경우 매립 용량 부족으로 인해 슬러지류의 직매립을 금지하고 있고, 매립하더라도 80% 이상 수분을 함유하고 있어 침출수가 발생하므로 이를 처리하기 위한 추가적인 수처리시설이 요구된다.

[0036] 소각의 경우 전처리를 통해 수분함량을 낮춰야 하고 슬러지 자체로는 열량이 낮기 때문에 보조연료를 필요로 하며, 이를 소각하더라도 질소 및 황 산화물 등의 대기오염물질이 발생하기 때문에 이를 저감하기 위한 공정이 필수적이다.

[0037] 하수슬러지를 처리하여 탄소원으로 사용한다면 하수처리장에서 발생하는 슬러지의 총량 저감과 하수처리장의 고도하수처리 처리 효율 향상이 기대된다.

[0038] 소규모 하수처리장의 경우, 방류수 수질을 안정적으로 유지하기 어려운 단점을 가지고 있고 부영양화의 원인인 영양염류 제거에 어려움을 겪고 있다.

[0039] 게다가 안정적인 슬러지 조절이 어렵고, 유입 수량의 증가에 따라 슬러지가 방류되는 문제점을 겪고 있다.

## 선행기술문헌

## 특허문헌

[0040] (특허문헌 0001) KR 등록실용신안공보 제20-0367638호(2004.11.03)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0041] 이러한 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 유기물질을 고도하수처리에 탄소원으로 활용해 유기물로 활용하는 기술 및 이를 활용하는 생물학적 처리기술운영 방법을 제공하기 위한 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0042] 또한, 본 발명은 하수처리장 침전조에 모여진 하수슬러지를 열가수분해를 이용한 감량화 및 가용화하는 것을 기반으로 하는 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템을 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.
- [0043] 또한, 본 발명은 하수와 침전조 하단에서 순환되는 슬러지를 혼합하여 탈질조로 투입되는 오염물질의 농도를 특정 범위 내에서 유지할 수 있는 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.
- [0044] 그리고 본 발명은 추가적으로 투입되는 열가수분해 부산물의 투입량을 제어하여 최적 조건하에서 유기물과 질소 안정화 기능을 효과적으로 수행할 수 있는 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0045] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템은 일상생활에서 발생하는 하수에 혼입되어 있는 고형물질을 제거하는 스크린과, 상기 스크린을 통과한 혼합유입수를 저장하는 유량저장조, 상기 유량저장조에서 혼합유입수를 유입받아 생물학적 탈질을 수행하는 탈질조, 상기 탈질조 이후 유출수 내 암모니아를 질산화시키는 호기조, 상기 호기조 하단에서 생성된 질산성 질소를 함유한 슬러지를 탈질조로 반송시키는 반송라인, 상기 호기조에서 유출된 유출수를 수용하여 생물학적 슬러지를 농축하는 침전조, 및 상기 침전조로 모여진 생물학적 슬러지를 유입받아 분해하는 열가수분해 반응기를 포함하여 구성할 수 있다.
- [0046] 또한, 유량저장조는 혼합 유입수의 탄소원 농도와 질소농도를 검출하고, 검출된 질소 농도를 기준으로 상기 탈질조로 유입할 유량을 산출하여 유입시키고, 상기 탈질조로 유입되는 혼합유입수의 경우 질소 농도의 기준 농도를 15~20 mg-N/L로 조절하여 유입되도록 구성한다.
- [0047] 또한, 탈질조는 질산성 질소 농도 검출부를 포함하게 구성하고, 상기 질산성 질소 농도 검출부에서 검출된 질산성 질소가 기준 농도범위인 15mg-N/L 이하에서 검출되면, 하수처리공정을 진행하게 할 수 있다.
- [0048] 또한, 상기 질산성 질소 농도 검출부에서 검출된 질산성 질소가 기준 농도 범위보다 높으며, 상기 탈질조 후단에서 전단으로 내부순환을 통해 질산성 질소 농도를 기준 농도 이하로 제어하고, 상기 호기조의 하단에서 질산성 질소를 함유한 슬러지를 상기 유량저장조의 하수와 혼합되어 상기 탈질조로 유입한다.
- [0049] 또한, 호기조는 내부 순환밸브를 구비하고, 상기 유량저장조에서 검출된 질소 농도를 상기 호기조의 반송라인을 통한 슬러지와 혼합하여 희석하고, 혼합된 탈질조 유입수의 상기 질소 농도가 기준 농도보다 높으면, 혼합유입수의 질소 농도를 기준 농도로 맞추기 위해 상기 내부순환밸브를 이용하여 호기조 내부 순환량을 늘려 혼합유입수에서 검출된 질소 농도가 상기 기준 농도 범위 내에 존재하도록 내부 순환량을 늘리도록 동작한다.
- [0050] 또한, 호기조 방류수내  $\text{NH}_4$  농도를 측정하여 일정농도 이상일 경우 호기조 내 내부순환을 통해 기준 농도를 낮추는 공정을 포함할 수 있다.
- [0051] 그리고 열가수분해반응기는 상기 침전조에서 유입받은 생물학적 슬러지를 분해한 열가수분해액을 상기 탈질조로 투입시키고, 상기 침전조에서 상기 열가수분해 반응기로 생물슬러지 이송중 제1열교환기를 통하여 생물슬러지를 가온한다.
- [0052] 또한, 열가수분해 반응기에서 가수분해된 슬러지를 제2 열교환기에서 온도를 낮추어서 상기 탈질조로 투입하고, 상기 제2 열교환기에서 상기 탈질조로 투입되는 유량은 상기 유량저장조에서 상기 탈질조로 투입되는 유량의 2~2.5%가 되게 투입한다.

### 발명의 효과

- [0053] 따라서, 본 발명의 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템에 의하면, 침전조에 모여진 슬러지를 대상으로 가수분해 단계를 통해 고형분을 줄이고 분해과정에서 생산된 유기물질을 고도하수처리에 탄소원으로 활용해 유기물로 활용하는 기술과 생물학적 처리기술운영 방법을 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0054] 또한, 본 발명의 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템에 의하면, 하수처리장 침전조에 모여진 하수슬러지를 열가수분해를 이용하여 감량화 및 가용화할 수 있는 효과가 있다.
- [0055] 또한, 본 발명의 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템에 의하면, 하수와 침전조 하단에서 순환되는 슬러지를 혼합하여 탈질조로 투입되는 오염물질의 농도를 특정 범위 내에서 유지할 수 있는 효과가 있다.
- [0056] 그리고 본 발명의 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 하수처리 시스템에 의하면, 추가적으로 투입되는 열가수분해 부산물의 투입량을 제어하여 최적 조건하에서 유기물과 질소 안정화 기능을 효과적으로 수행할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0057] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 생물학적 하수처리 시스템의 주요 구성도,
- 도 2는 실시예의 결과로 선탄질구조의 하수처리장치에서 외부 탄소원을 투입하지 않은 경우 방류되는 유출수내 질소성분, 용존 유, 무기 탄소 농도이다.
- 도 3은 열가수분해된 생물학적 슬러지를 탈질조에 유입수 투입량(1Q)를 기준으로 투입한 경우 방류되는 처리수 운전 결과이다.
- 도 4는 상기 생물학적 탈질과 질산화가 구분된 반응조 이외에 단상 회분식반응기에서의 개략적인 구성도이다.
- 그리고
- 도 5는 회분식 반응기에서 실시예의 결과로 열가수분해된 슬러지를 유입 유량에 맞춰 투입한 경우 시간에 따라 변화는 농도의 변화이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0058] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정 해석되지 아니하며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0059] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "장치" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 및/또는 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0060] 명세서 전체에서 "및/또는"의 용어는 하나 이상의 관련 항목으로부터 제시 가능한 모든 조합을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, "제1 항목, 제2 항목 및/또는 제3 항목"의 의미는 제1, 제2 또는 제3 항목뿐만 아니라 제1, 제2 또는 제3 항목들 중 2개 이상으로부터 제시될 수 있는 모든 항목의 조합을 의미한다.
- [0061] 이하, 도면을 참고하여 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명한다.
- [0062] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 슬러지 감량화 및 그 부산물을 활용한 생물학적 하수처리 시스템의 주요 구성도이다.
- [0063] 도시된 바와 같이, 본 발명의 생물학적 하수처리 시스템은 하수에서 모래 및 분해되지 않는 협잡물을 제거하고 유량저장조(20)에 유입되는 유입수를 조절하기 위한 스크린(10)과, 탈질조(30), 호기조(40), 침전조(50) 그리고 열가수분해반응기(60)를 포함하여 구성한다.
- [0064] 먼저 본 발명에서는 유입수 내의 질소 농도 내 상징액은  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  농도 형태로 검출되고 여기서는 유입수 내 질소 농도로 표현하기로 한다.



- [0065] 일상생활에서 발생하는 하수는 발생시간에 따른 유기물질의 농도 및 발생량의 차이를 보이기 때문에 유량저장조(20)에 일차적으로 모이게 된다.
- [0066] 모여진 하수는 일정한 농도로 혼합되고, 투입량이 일정한 유량 및 농도로 혼합될 때 안정적인 하수처리가 가능하기 때문에 유량저장조(20) 내부에는 완전히 혼합되는 조건을 형성하기 위하여 순환 펌프 또는 교반 장치를 구비할 수 있다.
- [0067] 여기에서 순환 펌프 또는 기타 교반 장치는 하수의 완전 혼합 조건을 제어하기 위한 장치가 된다.
- [0068] 또한, 유량저장조(20)에는 탄소원 농도측정기(22)와 질소농도측정기(24)를 구비할 수 있다.
- [0069] 유량저장조(20) 전단에는 모래 및 분해되지 않는 협잡물과 같은 고형물질을 제거하기 위한 스크린(10)을 구비할 수 있다.
- [0070] 특히, 스크린(10)을 통해 협잡물이 제거되지 않으면 이후 공정내 무기물의 축적 및 순환 펌프 및 교반에 장애가 발생할 수 있다.
- [0071] 하수처리 시스템 운영에 있어서 스크린(10)을 통한 무기물 및 협잡물의 제거를 통한 유입수 조절은 하수처리 효율 증대를 할 수 있게 된다.
- [0072] 탈질조(30)는 생물학적 탈질 공정을 수행하도록 구성되며, 탈질을 위해서는 적절한 조건 범위에서 유지되어야 한다.
- [0073] 그렇지 않으면, 설계된 용량에서 처리할 수 있는 범위를 벗어나 효율이 떨어질 수 있다.
- [0074] 예를 들면, 생물학적 탈질 공정에서 수계에 존재하는 유기물질의 농도가 낮은 경우 탈질 속도에 영향을 준다. 이러한 낮은 유기물질의 농도는 정해진 반응조 내에서 탈질이 종료되지 않아 질산화 공정 이후 기준 농도 이상의 질소 농도가 방류수 내에 잔존하게 된다. 이러한 현상은 특히 공정 운영이 어려운 소규모 하수처리장에서 자주 나타난다.
- [0075] 이러한 탈질 공정에서 나타나는 문제점을 미연에 방지하기 위하여 본 실시예에서는 유량저장조(20)에서 탈질조(30)로 투입되는 질소 농도를 질소농도측정기(24)에서 측정하여 측정값을 기준으로 그것들을 설계한 후 실시간으로 투입되는 열가수분해액이 적절한지, 그리고 탈질조(30)에서 질산성질소와 아질산성질소 농도, 후술하는 호기조(40)에서 암모니아 농도가 일정 수준 이하인지 검출 및 공정을 제어하도록 한다.
- [0076] 이를 위하여 탈질조(30)는 교반장치(32)와 질산성질소농도검출부(34)와 내부순환로(36)를 구비할 수 있다.
- [0077] 이러한 제안에 의하면 생물학적 하수처리 공정이후 방류수 수질을 일정하게 유지하는 것이 가능하다.
- [0078] 또한, 생물학적 슬러지를 활용하여 내부에서 활용하는 방법을 통해 하수처리장에서 발생하는 부산물을 저장할 수 있다.
- [0079] 생물학적 탈질은 활성슬러지 공법에서 공기를 공급해주지 않는 무산소 조건으로 운전하는 경우 산소를 전자수용체로 활용할 수 없기 때문에 산소를 대체하는 전자수용체를 활용하는 것을 기본으로 한다.
- [0080] 여기서 박테리아가 산소를 대신하여 질산성 질소( $\text{NO}_3^-$ )를 사용하고, 질산성 질소는 질소가스로 변환되어 수계에 질소 농도가 감소한다.
- [0081] 이러한 현상을 활용하여 수처리 과정 중 질소 농도를 저감하는 방법으로 활용하고 있으나, 낮은 탈질 속도로 인해 무산소조에서 낮은 처리 효율을 보인다.
- [0082] 이를 위해, 일반적인 하수처리장에서 고려되는 것이 반응조 내의 유기 탄소 농도이다.
- [0083] 호기조(40)에서 활성 슬러지에 의해 암모니아가 산화되어 질산성질소로 존재하고 이를 내부순환하여 탈질 공정에 적용하는데, 이때 호기성 미생물에 의해 유기물질이 분해되고, 질산화 종료 이후 고액분리하여 액상부분을 총 탄소분석으로 측정하면 6-10mg-C/L가 측정된다. 이러한 미량 물질은 활성슬러지를 무산소 조건으로 운전하여도 미생물이 활용할 수 없는 물질이기 때문에 생물학적 탈질에 영향을 주지 않는다.
- [0084] 예를 들면, 선탈질 공정에서 유입수를 탈질조로 직접 투입하는 방식을 사용하는데, 유입수 내에 유기물질을 전자공여체로 활용한다.
- [0085] 이러한 방식에서 유입수가 포함하고 있는 유기물질이 충분할 경우 생물학적인 탈질이 완료되지만, 국내 하수의

특징인 낮은 유기물함량으로 인해 탈질조가 낮은 유기 탄소 농도로 운전된다. 따라서 외부 탄소원을 추가로 투입하여 탈질조 내부에 탄소 농도를 증가시켜 생물학적 탈질을 유도한다.

- [0086] 한편, 외부 탄소원을 투입하여 생물학적 탈질의 조절이 가능하지만, 실규모 현장에 적용하여 운영하는 경우 적정 투입량을 설정하지 못한다면 외부 탄소원 투입비가 많이 소요되고 운전비용 상승으로 이어져 공정의 경제성이 매우 취약해지는 문제를 야기하게 된다.
- [0087] 안정적인 생물학적 하수처리 공정을 운영하기 위해서는 질소 농도를 기준으로 각 공정의 운전조건을 설계해야 한다.
- [0088] 예컨대 유입수 내 질소 농도는 암모니아가 주요 형태로 존재하고, 탈질조 내부의 질소 농도는 호기조에서 내부순환으로 투입되는 질산성 질소와 유입수에 포함된 암모니아의 형태로 존재한다.
- [0089] 반면 호기조(40)에서는 탈질조 내부에서 처리되지 않는 암모니아가 주요 질소 농도로 존재한다. 이러한 하수처리 공정에서 방류되는 처리수 내부에 질소농도는 호기조에서 암모니아가 질산화된 질산성질소 형태로 검출된다.
- [0090] 이러한 질소 농도를 기준치 이하로 방류하기 위해서는 유량저장조(20)에서 탈질조(30)로 유입되는 생활 하수에 포함된 암모니아가 호기조(40)에서 순환된 하수와 혼합되었을 때 농도를 측정해야 한다.
- [0091] 전술한 바와 같이, 이렇게 혼합된 하수는 암모니아와 질산성 질소를 포함하고 있으며 하수에서 공정 운영을 위한 기준 질소는 암모니아가 된다.
- [0092] 또한, 호기조(40)에도 교반장치(42)와  $\text{NH}_4$ 농도검출부(44)와 내부순환로(46)를 구비할 수 있다.
- [0093] 구체적으로 설명하면, 질산성질소는 생물학적 탈질 공정을 통해 질소가스로 배출되어 수계 내 질소 농도를 감소하는 결과를 보인다. 암모니아는 호기조에서 감소하지만 질산성질소 형태로 전환되어 하수내 질소 농도는 변하지 않는다.
- [0094] 다시 말해서 생물학적 탈질의 경우 하수 내 질소농도 감소가 가능하지만, 호기조와 탈질조가 교차되는 공정에서 방류수 내 질소농도를 저감하기 위해서는 호기조로 투입되는 암모니아 농도를 기준 이하로 설정하는 것이 매우 중요하다.
- [0095] 위에서 언급한 바와 같이, 생물학적 하수처리장에서 질소 저감을 위한 처리 공정 운영에서 탈질조 내 초기 암모니아 농도가 15~20 mg-N/L 범위의 농도로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0096] 본 실시예에 의하면, 탈질조 내 암모니아를 기준 이하로 설정하기 위해 유량저장조(20)에서 탈질조로 유입되는 유량을 "1Q"로 설정한다. 이때 유량을 결정하는 요소는 유량저장조(20)에서 완전히 혼합된 하수의 질소 농도를 기준으로 하며, 호기조(40)에서 내부순환용 펌프를 통해 순환되는 유량과 혼합되는 비율을 통해 탈질조로 유입되는 암모니아 농도가 일정한 범위에서 유지되도록 하여야 한다.
- [0097] 다음으로 탈질조(30) 내의 질산성 질소 농도를 질산성 질소 농도 검출부(34)에서 검출한다.
- [0098] 본 단계에서, 질산성 질소는 주로 상징액에서 검출되는데, 생물학적 탈질과 질산화가 적절하게 운전되는 하수처리장에서의 질산성 질소는 투입되는 유입수내 질소농도와 유사하거나, 약간 높은 정도이다.
- [0099] 상기 단계에서의 판단 결과 질산성 질소가 기준 농도범위(15 mg-N/L 이하)에서 검출되면, 하수처리공정을 진행한다.
- [0100] 상기 단계에서 질산성 질소가 기준 농도 범위보다 높은 경우이면, 탈질조 후단에서 전단으로 내부순환로(36)를 통해 질산성 질소 농도를 기준 농도 이하로 제어한다.
- [0101] 여기에서, 질산성 질소의 경우 생물학적 탈질을 진행하기 위한 열가수분해액 투입량을 산출한다.
- [0102] 본 실시예에 의하면 유량저장조(20)에서 탈질조(30)으로 유입되는 유량을 "1Q"로 설정하고, 호기조(40)에서 순환되는 유량을 "3Q"로 투입하는 경우, 탈질조 (30)내의 질산성 질소의 기준(15 mg-N/L)을 만족한다. 이러한 질산성 질소 농도를 기준으로, 유입되는 유량의 약 2.5% 정도의 열가수분해액을 투입하는 것이 바람직하다.
- [0103] 전술한 과정에서 탈질조(30) 내부의 수리학적 체류시간은 약 4시간 정도이며, 탈질조 유출수 내에 질산성 질소의 농도가 0~1 mg-N/L 범위에 들어올 때까지 탈질조 후단에서 전단으로 내부순환을 반복할 수 있다.
- [0104] 탈질조(30)는 활성슬러지를 기반으로 하는 하수처리 방식 및 활성슬러지법을 응용 하는 방식 등을 채택하여 운

전할 수 있다.

- [0105] 호기조(40)로 유입되는 유량은 탈질조(30)에서 유출된 하수를 기준으로 하며, 암모니아의 농도는 탈질조(30)로 유입된 암모니아 농도와 유사하거나, 약간 높은 정도이다. 그 이유는 산소가 없는 조건에서 생물학적 탈질 뿐만 아니라 미생물이 분해된다. 즉, 미생물이 분해됨에 따라 유기물질과 암모니아가 생성되고 이러한 암모니아가 초기 투입된 암모니아 농도를 증가시키기 때문이다.
- [0106] 본 실시예에 의하면 호기조(40)로 투입되는 탈질조(30) 유출수 내에 유량은 "4Q"이다. 특히 호기조(40) 내부의 수리학적 체류시간은 약 2시간 정도이며, 호기조(40) 유출수 내에 암모니아 농도가 0~1 mg-N/L 범위에 들어올 때까지 호기조 후단에서 전단으로 내부순환을 반복할 수 있다.
- [0107] 호기조(40)에서 슬러지를 포함하는 유출수가 침전조(50)로 유입되는 하수는 적정시간 침전시킨 후 방류한다.
- [0108] 침전조(50) 하부에서 농축된 슬러지는 열가수분해 반응기(60)로 투입된다.
- [0109] 본 실시예에 의하면, 열가수분해 반응기(60)로 투입되는 농축된 생물학적 슬러지는 약 3%의 농도로 유입되었고, 열가수분해 반응기에서 반응조건은 200 ℃, 반응시간은 2시간으로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0110] 도 2는 실시예의 결과로 선탄질구조의 하수처리장치에서 외부 탄소원을 투입하지 않은 경우 방류되는 유출수내 질소성분, 용존 유, 무기 탄소 농도이다.
- [0111] 전술한 바와 같이 방류되는 유출수 내 용존 유기탄소 농도는 약 8 mg-C/L로 존재한다. 이러한 탄소는 생물학적으로 활용이 불가능하며 탈질조로 순환되어도 생물학적 탈질에 영향을 주지 않는다.
- [0112] 뿐만 아니라 질산성질소의 경우 증가하는 결과를 보이는데, 이는 탈질조(30)에 충분한 유기탄소가 존재하지 않아 탈질이 이루어지지 않는 결과이다.
- [0113] 도 3은 열가수분해된 생물학적 슬러지를 탈질조에 유입수 투입량(1Q)를 기준으로 투입한 경우 방류되는 처리수 운전 결과이다. 하수처리장치가 안정화됨에 따라 방류되는 질소 농도는 약 15 mg-N/L로 안정적으로 유지되는 것을 확인할 수 있다.
- [0114] 도 4는 상기 생물학적 탈질과 질산화가 구분된 반응조 이외에 단상 회분식반응기에서의 개략적인 구성도이다.
- [0115] 상기 단상 회분식 생물반응조는 탈질과, 질산화, 침전, 그리고 방류를 포함한다.
- [0116] 탈질 및 질산화가 단일 반응조에서 진행되기 때문에, 조건에 따른 반응 시간을 조절하여 도 1에서 설명한 공정의 각 단계를 진행할 수 있다.
- [0117] 상기 2단 반응조와 같이 하수와 열가수분해액이 유입된다. 탈질이 종료되면 공기를 공급하여 질산화를 유도하여 처리한다.
- [0118] 도 5는 회분식 반응기에서 실시예의 결과로 열가수분해된 슬러지를 유입 유량에 맞춰 투입한 경우 시간에 따라 변화는 농도의 변화이다. 미생물에 의해 분해가능한 탄소가 초기 1시간 이내에 소모되고 상대적으로 분해가 어려운 물질이 무산소, 호기 조건이 진행됨에 따라 감소한다.
- [0119] 탈질이 진행되어 질산성 질소가 1 mg-N/L 근방까지 감소하고 질산화가 진행됨에 따라 암모니아가 질산성질소로 산화되어 20 mg-N/L 이하의 농도를 보인다.
- [0120] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따른 하수슬러지 감량화 및 그 부산물을 이용한 하수처리장 운영 방법은, 종래 생물학적 하,폐수 처리 시설에서 발생하는 생물학적 슬러지를 대상으로 열가용화를 통해 하수처리장에서 생물학적 탈질 효율 증대를 위한 탄소원으로 활용한다. 열가수분해 반응조건은 200 ℃, 반응시간을 2시간으로 설정함에 따라 가용화를 및 고액분리 최적화가 가능할 것이다.
- [0121] 이러한 구성을 이용한 본 발명 하수처리 시스템의 동작을 알아보면 다음과 같다.
- [0122] 먼저 유량저장조와 탈질조간의 생물학적 하수처리 방법은 다음과 같은 단계로 이루어진다.
- [0123] 먼저 하수관로부터 스크린(10)을 통과한 하수가 유량저장조(20)로 유입되는 단계(S111)와, 유량저장조(20) 내 유입수의 탄소원 농도와 질소농도를 각각 탄소원농도측정기(22)와 질소농도측정기(24)에서 검출하는 단계(S112), 상기 검출된 질소 농도를 기준으로 탈질조(30)로 유입할 유량을 산출하는 단계(S113)와 단계 S113에서 산출된 유입 유량을 탈질조(30)로 유입하는 단계(S114)를 포함하여 이루어진다.

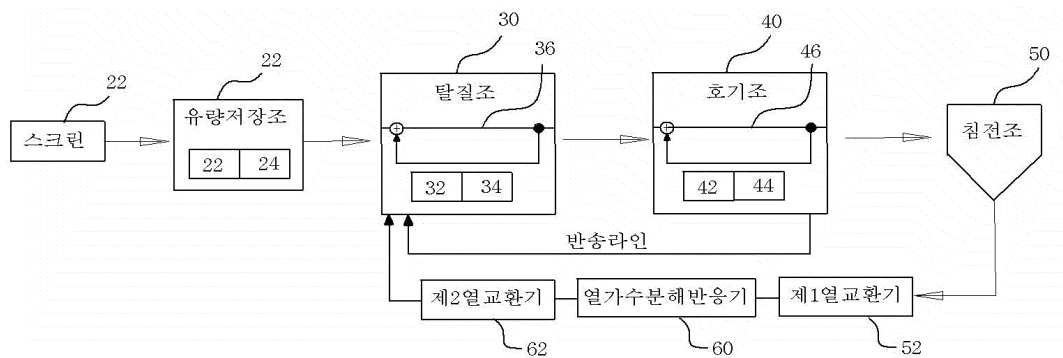
- [0124] 또한, 유량저장조(20)에서 하수와 호기조(40) 하단에서 질산성 질소를 함유한 슬러지가 혼합되어 탈질조(30)로 유입하는 방법은, 먼저 유량저장조(20)의 질소농도측정기(24)에서 검출된 질소 농도를 호기조(40)의 반송라인을 통한 슬러지와 혼합하여 희석하는 단계(S121), 혼합된 탈질조(30) 유입수의 상기 질소 농도가 기준 농도보다 높으면, 혼합유입수의 질소 농도를 기준 농도로 맞추기 위해 호기조 내부 순환로(46)를 통하여 내부 순환량을 늘리는 단계(S122)와, 단계 S122이후 혼합유입수에서 검출된 질소 농도가 상기 기준 농도 범위 내에 존재하지 않으면, 단계 S122를 반복 수행하도록 결정하는 단계(S123)를 포함하여 이루어진다.
- [0125] 또한, 침전조(50) 하부에서 열가수분해 반응기(60)로 이송하는 단계(S131)와, 침전조(50) 하부에서 생물슬러지 이송 중 제1열교환기(52)를 통과하는 단계(S132), 제1열교환기(52)에서 가온된 슬러지를 열가수분해 반응기(60) 내부에서 일정한 조건으로 열가수분해를 진행하는 단계(S133), 열가수분해 반응기(60) 하부에서 가수분해된 슬러지를 제2 열교환기(62)를 통해 온도를 낮추는 단계(S134), 제2 열교환기(62)에서 온도가 낮아진 열가수분해액을 일정량 탈질조(30)로 투입하는 단계(S135)로 이루어진다.
- [0126] 또한, 탈질조(30)로 투입되는 열가수분해액은 유량저장조(20)에서 탈질조(30)로 투입되는 유량(1Q)의 2 ~2.5%를 기준으로 투입하는 단계(S141)와, 탈질조 유출수 내 질산성질소(NO3) 및 아질산성질소(NO2)의 농도가 0.5 이하로 유지되지 않는 경우, 탈질조 내에서 내부순환하는 단계(S142), 기준농도 이하(0.5 mg-N/L 이하)로 질산성 질소 및 아질산성 질소가 낮아지는 경우 내부순환을 멈추는 단계(S143)을 포함하여 이루어진다.
- [0127] 그리고 회분식 생물반응조로 하수가 투입되는 단계(S151)와, 투입된 하수가 암모니아 농도를 기준으로 반응조 내 기준농도 (15~20 mg-N/L)로 조절하여 운전 조건을 제어하는 단계(S152)와, 생물반응조 내 교반을 통해 생물학적탈질을 진행하는 단계(S153), 상기 생물반응조 내 질산성 질소(NO3) 및 아질산성질소(NO2)농도가 1이하로 유지되는 경우 하부 산기 장치를 활용하여 공기를 공급하는 단계(S154), 상기 반응조 내 암모니아 농도가 0.5 mg-N/L 이하로 유지되는 경우 교반 및 공기공급을 중단하는 단계(S155), 상기 반응조 내 30분 이상의 침전시간 이후 투입된 유량(1Q)을 배출하는 단계(S156)를 포함하여 하수처리가 생물학적으로 처리된다.
- [0128] 그리고 투입된 하수의 유량(1Q)을 기준으로 2~2.5%의 열가수분해액을 산정하는 단계(S161)와 상기 회분식반응조에서 배출되는 슬러지를 농축하여 열가수분해 반응기(60)로 이송하는 단계(S162), 가수분해된 슬러지의 온도를 조절하는 단계(S163), 온도가 감소된 열가수분해 슬러지를 탈질조(30)로 이송하는 단계(S164), 투입량을 2~2.5%로 조절하는 단계(S165)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0129] 이상에서 본 발명은 기재된 구체예에 대하여 상세히 설명되었지만 본 발명의 기술사상 범위 내에서 다양한 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허 청구범위에 속함은 당연한 것이다.

## 부호의 설명

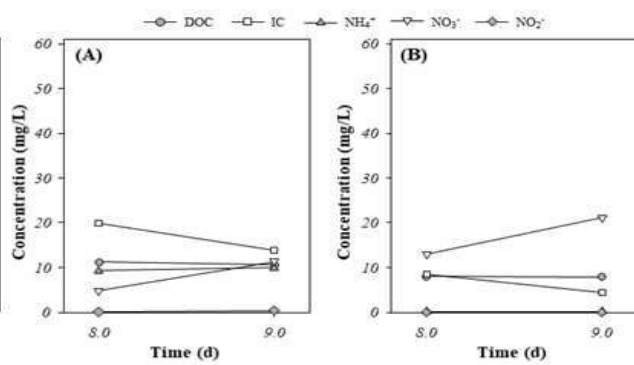
- [0130]
- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| 10 : 스크린        | 20 : 유량저장조    |
| 22 : 탄소원농도측정기   | 24 : 질소농도측정기  |
| 30 : 탈질조        | 32 : 교반장치     |
| 34 : 질산성질소농도측정기 | 36 : 내부순환로    |
| 40 : 호기조        | 42 : NH4농도측정기 |
| 44 : 교반장치       | 46 : 내부순환로    |
| 50 : 침전조        | 52 : 제1열교환기   |
| 60 : 열가수분해반응기   | 62 : 제2열교환기   |

도면

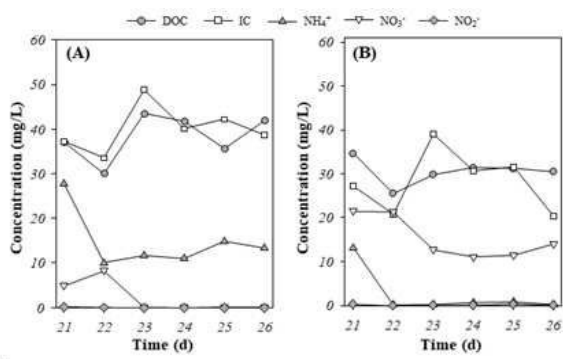
도면1



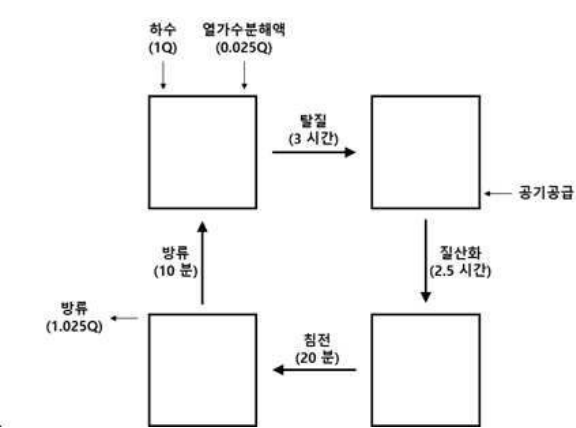
도면2



도면3



도면4



도면5

