



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년12월14일
 (11) 등록번호 10-1094459
 (24) 등록일자 2011년12월08일

(51) Int. Cl.
C02F 1/24 (2006.01) *C02F 3/10* (2006.01)
C02F 9/14 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0076398
 (22) 출원일자 2011년08월01일
 심사청구일자 2011년08월01일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR100987011 B1*
 KR1020030037810 A*
 KR1020050108825 A*
 KR1020110065575 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 쟈트로
 서울 강동구 성내동 556-2 청일베르네 3층
(주) 경화엔지니어링
 경기도 성남시 분당 서현동 251-3
쌍용건설 주식회사
 서울 송파구 신천동 7-23
 (72) 발명자
변무원
 서울특별시 송파구 풍납동 400번지5호 (21/5) 연
 지토성아파트 801호
김성철
 경기도 화성시 병점동 늘벗마을신창1차아파트
 118-1303
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 송현정

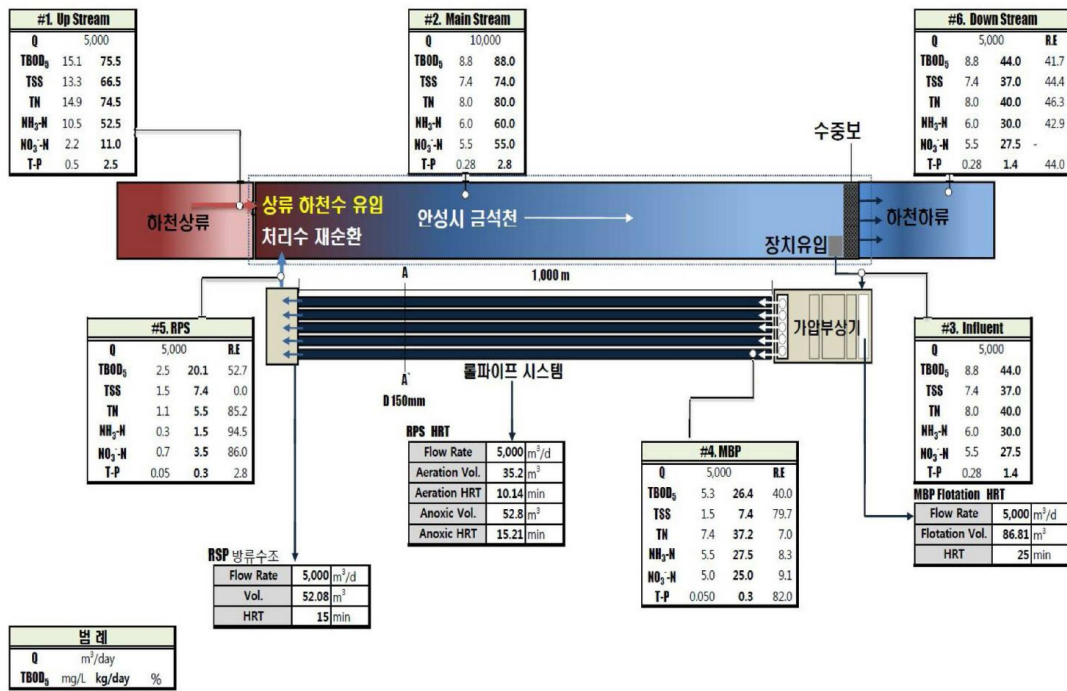
(54) 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법 및 장치에 관한 것으로, 하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시켜 부유물질을 제거하는 정화 단계; 상기 가압부상 분리장치를 통해 처리된 하천수를 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치에 유입시켜 정화하는 단계로서, RPS의 유입구는 하천 하류의 상기 가압부상 분리장치와 연결되고 RPS의 배출구는 하천 상류와 연결되어 정화된 하천수가 하천 상류로 이송되도록 로프형 미디어가 내장된 RPS를 이용한 수처리장치를 통해 하천수를 정화하는 단계; 상기 RPS를 이용한 수처리장치를 통해 처리된 처리수를 하천 상류로 방류하는 단계; 및 하천 상류에 방류된 처리수는 자연적인 하천 흐름에 따라 상기 하천 하류로 재순환되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법이 제공된다. 또한, 상기 방법에 사용되는 수처리 장치가 제공된다.

본 발명의 수처리 방법에 따르면, 환경 친화적이면서, 효율적으로 하천을 정화처리함으로써 하천 수질을 개선시킬 수 있으며, 특히, 도심 내 중소하천의 수질개선 및 건천화방지에 유용하다. 또한, 본 발명의 수처리 방법은 기존 하천 정화시설에 비하여 동절기 하천 오염물질의 처리 효율을 증대시킬 수 있으며, 하천수질 및 유량에 따른 물질수지작성 및 설계가 가능한 이점이 있다.

대표도



(72) 발명자

김삼주

경기도 안성시 대덕면 명당리 61

곽동근

강원도 원주시 태장2동 백운3차아파트 301-1020

서완석

경기도 성남시 분당구 정자동 250-2

김승준

경기도 용인시 수지구 죽전1동 현대홈타운4차2단지 아파트 523-803

이윤성

경기도 광주시 실촌읍 곤지암리 쌍용2차아파트 202-1405

이동일

서울특별시 서초구 방배동 541-155

한완수

경기도 의정부시 호원2동 두산아파트 101-602

김홍식

경상남도 창원시 용호동 7-2

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-30002-0003-0

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 미래유망 녹색환경기술산업화촉진사업

연구과제명 중소하천 정화를 위한 복합수처리 장치 및 시스템 개발

기여율 1/1

주관기관 (주)젠틀로

연구기간 2010.07.01 ~ 2012.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시켜 부유물질을 제거하는 정화 단계;

상기 가압부상 분리장치를 통해 처리된 하천수를 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치에 유입시켜 정화와 동시에 상류로 이송하는 단계로서, RPS의 유입구는 하천 하류의 상기 가압부상 분리장치와 연결되고 RPS의 배출구는 하천 상류와 연결되어 정화된 하천수가 하천 상류로 이송되도록 로프형 미디어가 내장된 RPS를 이용한 수처리장치를 통해 하천수를 정화하는 단계;

상기 RPS를 이용한 수처리장치를 통해 처리된 처리수를 하천 상류로 방류하는 단계; 및

하천 상류에 방류된 처리수는 자연적인 하천 흐름에 따라 상기 하천 하류로 재순환되는 단계

를 포함하며, 상기 가압부상 분리장치로 유입되는 하천수 유입지점에 수중보를 설치하며 상기 수중보는 상류에서 흘러내려온 하천수를 담을 수 있도록 취수정 형태를 가지며, 하천수의 일부는 펌핑에 의해 가압부상 분리장치로 유입되며, 하천수의 다른 일부는 수중보 바닥부에 존재하는 침전물과 함께 자연유속에 의해 수중보 하단부에 설치된 배관을 통해 하류로 방류되며, 그리고 하천수의 나머지는 수중보를 넘어 수중보 하류측에 설치된 경사로를 따라 하류로 방류되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시키기 전에 스트레이너에 유입시켜 하천수 내 부유물질을 일차적으로 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 스트레이너는 원형 탑 내부에 백 필터(Bag Filter)가 부착된 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 가압부상 분리장치는 미세 기포 발생 장치를 이용한 가압부상 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치는 생물막을 이용한 플러그 흐름 타입(Plug Flow Type)의 관로형으로서 플라스틱관 내에 섬유와 담체가 삽입되어 미생물을 부착 및 성장시켜 오염물질을 분해하는 PFR(Plug Flow Reactor(플러그 흐름 반응조)) 형식의 생물학적 수처리 장치인 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 RPS를 이용한 수처리장치는 하천 옆 제방을 따라 지하로 매립되어 설치되는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

하천 하류에서 유입되는 하천수를 공급하는 공급관;

상기 공급관과 연결되고, 유입 하폐수의 부유물질을 제거하는 가압부상 분리장치;

RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치로서, RPS의 유입구는 하천 하류의 상기 가압부상 분리장치와 연결되고 RPS의 배출구는 하천 상류와 연결되어 정화된 하천수가 하천 상류로 이송되도록 로프형 미디어가 내장된 RPS를 이용한 수처리장치; 및

상기 가압부상 분리장치로 유입되는 하천수 공급관의 유입지점에 설치된 수중보

를 포함하며, 상기 수중보는 상류에서 흘러내려온 하천수를 담을 수 있도록 취수정 형태를 가지며, 하천수의 일부가 가압부상 분리장치로 유입되도록 하는 유입배관; 수중보 바닥부에 설치되는 방류배관으로서, 이를 통해 하천수의 다른 일부는 수중보 바닥부에 존재하는 침전물과 함께 자연유속에 의해 하류로 방류되도록 하는 방류배관; 및 하천수의 나머지는 수중보를 넘어 경사로를 따라 하류로 방류되도록 수중보 하류측에 설치된 경사로를 갖는 것을 특징으로 하는 수처리 장치.

청구항 10

제 9항에 있어서, 하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시키기 전에 하천수내 부유물질을 일차적으로 제거하는 스트레이너를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수처리 장치.

청구항 11

제 9항에 있어서, 상기 가압부상 분리장치는 미세 기포 발생 장치를 이용한 가압부상 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 수처리 장치.

청구항 12

제 9항에 있어서, 상기 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치는 생물막을 이용한 플러그 흐름 타입(Plug Flow Type)의 관로형으로서 플라스틱관 내에 섬유와 담체가 삽입되어 미생물을 부착 및 성장시켜 오염물질을 분해하는 PFR(Plug Flow Reactor(플러그 흐름 반응조)) 형식의 생물학적 수처리 장치인 것을 특징으로 하는 수처리 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

제 9항에 있어서, 상기 RPS를 이용한 수처리장치는 하천 옆 제방을 따라 지하로 매립되어 설치된 것을 특징으로 하는 수처리 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 수처리 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 물리화학적 공정과 생물학적 공정을 결합하여 하천수를 처리하는 복합 수처리 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 우리나라는 1950년대 이후 고도의 산업발달로 인한 환경오염과 인구증가, 생활수준의 향상으로 인한 오염물질 배출량의 증가로 수질오염은 날로 심화되어 가고 있으며, 특히 상수원 보호구역에 인접한 하천, 축산 폐수 및 비료와 같은 비점오염원이 유입되는 농촌하천, 생활하수 및 산업 폐수가 유입되는 도심 하천 등은 수질오염으로 인해 국지적으로는 수자원으로서의 가치를 상실해 가고 있는 하천이 늘어가는 등의 문제가 발생하고 있다. 이러한 도시의 중·소하천이나 상류지천의 오염은 결국 하류 중·대규모 하천의 오염으로 직결되는 것은 물론이고

우리 생활주변의 하천에서 오염상태가 지속되어 악취 등 위생문제, 물고기 폐사, 지하수 오염 등 직간접적인 피해가 발생할 수 있다는 점에서 그 심각성이 크다고 볼 수 있다.

- [0003]
- [0004] 이에 따라 환경부는 지방자치단체별로 목표 수질을 정한 뒤, 이를 달성하고 유지할 수 있도록 오염물질의 배출총량을 관리하는 제도인 수질오염총량제도를 도입하여 운영 중이다.
- [0005] 수질오염총량관리제는 목표수질 한도 내에서 지역과 배출원에 오염물질 배출총량을 할당하고 '환경과 개발'을 함께 고려해 공공수역의 수질보전, 수자원 이용과 관련된 지역 간의 분쟁해소 및 유역공동체의 경제적, 환경적 형평과 상생을 도모하는 것이다. 현재까지 팔당 7개 시·군에서만 임의제 형태로 추진해 왔으나 한강수계상수원 수질개선 및 주민지원등에관한법률이 공포됨에 따라 경기도 26개 시·군이 의무제가 본격 시행하게 된다. 따라서 도심의 중·소하천 및 상류지천의 수질 개선이 시급하다.
- [0006] 하천의 수질개선을 위한 근본적인 대책으로는 하천으로의 오염원 유입을 차단하는 것이 가장 바람직하지만, 우리의 현실상 하수관거의 신속한 정비를 기대하기 어렵고 소규모로 산재되어 있는 배출원의 오수를 채집하여 하수종말처리시설에 유입시켜 처리하는 것은 경제적으로나 기술적으로 어려운 점을 감안할 때 결국 오염물질들의 유입으로 수질오염이 심화된 하천에 직접 적용 가능한 하천수질 정화기술의 개발 및 보급이 절실히 요구되었다.
- [0007] 따라서 차선의 대안으로 하천정화시설의 설치를 통한 하천의 수질개선이 시도되고 있으며, 하천의 오염정도 및 지형적인 특성에 따라 다양한 정화 공법의 적용이 시도되고 있다. 이러한 문제를 해결하고 하천의 수질관리를 위해 국내에서 적용되고 있는 하천수질정화공법은 흡착법, 토양처리법, 식생정화법 등 여러 가지 방법이 있는데 이들 대부분은 부유물질의 제거에 뛰어나나, 영양염류의 제거율이 낮고, 부지사용 면적이 넓거나 처리시간이 많이 소요되는 등의 문제점을 안고 있기 때문에 부지면적이 부족한 도심의 중·소하천에는 적용하는데 문제점이 있다.
- [0008] 따라서 기존 하천수질정화공법의 영양염류 제거와 처리효율 등의 문제점을 해결함과 동시에, 부지사용 면적을 줄이고 자연친화적인 새로운 공법의 개발이 시급한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 이에 본 발명의 목적은 하천의 수질을 정화하는데 있어서 보다 효율적으로 처리함과 동시에 부지사용 면적을 줄이고 자연친화적인 하천 수질 정화 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 견지에 의하면, 하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시켜 부유물질을 제거하는 정화 단계; 상기 가압부상 분리장치를 통해 처리된 하천수를 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치에 유입시켜 정화와 동시에 상류로 이송하는 단계로서, RPS의 유입구는 하천 하류의 상기 가압부상 분리장치와 연결되고 RPS의 배출구는 하천 상류와 연결되어 정화된 하천수가 하천 상류로 이송되도록 로프형 미디어가 내장된 RPS를 이용한 수처리장치를 통해 하천수를 정화하는 단계; 상기 RPS를 이용한 수처리장치를 통해 처리된 처리수를 하천 상류로 방류하는 단계; 및 하천 상류에 방류된 처리수는 자연적인 하천 흐름에 따라 상기 하천 하류로 재순환되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법이 제공된다.
- [0011] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 방법에 있어서, 하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시키기 전에 스트레이너에 유입시켜 하천수내 부유물질을 일차적으로 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법이 제공된다.
- [0012] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 방법에 있어서, 상기 스트레이너는 원형 탭 내부에 백 필터(Bag Filter)가 부착된 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법이 제공된다.

- [0013] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 방법에 있어서, 상기 가압부상 분리장치는 미세 기포 발생 장치를 이용한 가압부상 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법이 제공된다.
- [0014] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 방법에 있어서, 상기 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치는 생물막을 이용한 플러그 흐름 타입(Plug Flow Type)의 관로형으로서 플라스틱관 내에 섬유와 담체가 삽입되어 미생물을 부착 및 성장시켜 오염물질을 분해하는 PFR(Plug Flow Reactor(플러그 흐름 반응조)) 형식의 생물학적 수처리 장치인 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법이 제공된다.
- [0015] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 방법에 있어서, 상기 RPS를 이용한 수처리장치는 하천 옆 제방을 따라 지하로 매립되어 설치되는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법이 제공된다.
- [0016] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 방법에 있어서, 상기 가압부상 분리장치로 유입되는 하천수 유입지점에 수중보를 설치하는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법이 제공된다.
- [0017] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 방법에 있어서, 상기 수중보는 상류에서 흘러내려온 하천수를 담을 수 있도록 취수정 형태를 가지며, 하천수의 일부는 펌핑에 의해 가압부상 분리장치로 유입되며, 하천수의 다른 일부는 수중보 하단부에 설치된 배관을 통해 침전물이 제거되도록 하류로 방류되며, 그리고 하천의 나머지 일부는 수중보를 넘어 수중보 우측에 설치된 경사로를 따라 하류로 방류되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 물리화학적 공정과 생물학적 공정이 결합된 복합 수처리 방법이 제공된다.
- [0018] 본 발명의 다른 견지에 의하면, 하천 하류에서 유입되는 하천수를 공급하는 공급관; 상기 공급관과 연결되고, 유입 하폐수의 부유물질을 제거하는 가압부상 분리장치; 및 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치로서, RPS의 유입구는 하천 하류의 상기 가압부상 분리장치와 연결되고 RPS의 배출구는 하천 상류와 연결되어 정화된 하천수가 하천 상류로 이송되도록 로프형 미디어가 내장된 RPS를 이용한 수처리장치를 포함하는 수처리 장치가 제공된다.
- [0019] 본 발명의 바람직한 구현으로, 상기 장치에 있어서, 하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시키기 전에 하천수내 부유물질을 일차적으로 제거하는 스트레이너를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수처리 장치가 제공된다.
- [0020] 본 발명의 바람직한 구현으로, 상기 장치에 있어서, 상기 가압부상 분리장치는 미세 기포 발생 장치를 이용한 가압부상 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 수처리 장치가 제공된다.
- [0021] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 장치에 있어서, 상기 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치는 생물막을 이용한 플러그 흐름 타입(Plug Flow Type)의 관로형으로서 플라스틱관 내에 섬유와 담체가 삽입되어 미생물을 부착 및 성장시켜 오염물질을 분해하는 PFR(Plug Flow Reactor(플러그 흐름 반응조)) 형식의 생물학적 수처리 장치인 것을 특징으로 하는 수처리 장치가 제공된다.
- [0022] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 장치에 있어서, 상기 가압부상 분리장치로 유입되는 하천수 공급관의 유입지점에 수중보가 설치된 것을 특징으로 하는 수처리 장치가 제공된다.
- [0023] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 장치에 있어서, 상기 수중보는 상류에서 흘러내려온 하천수를 담을 수 있도록 취수정 형태를 가지며, 하천수의 일부가 가압부상 분리장치로 유입되도록 하는 유입배관, 하천수의 다른 일부는 수중보 바닥부에서 침전물이 자연유속에 의해 하류로 방류되도록 하는 수중보 바닥부에 설치된 배관, 및 하천의 나머지 일부는 수중보를 넘어 하류로 방류되도록 수중보 하류측에 설치된 경사로를 갖는 것을 특징으로 하는 수처리 장치가 제공된다.
- [0024] 본 발명의 다른 바람직한 구현으로, 상기 장치에 있어서, 상기 RPS를 이용한 수처리장치는 하천 옆 제방을 따라 지하로 매립되어 설치된 것을 특징으로 하는 수처리 장치가 제공된다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 수처리 방법에 따르면, 환경 친화적이면서, 효율적으로 하천을 정화처리함으로써 하천 수질을 개선시킬 수 있으며, 특히, 도심 내 중소하천의 수질개선 및 건천화방지에 유용하다.

[0026] 또한, 본 발명의 수처리 방법에서 사용하는 RPS를 이용한 수처리장치는 하천 옆 제방을 따라 지하로 매립되어 설치가능하여 하천 미관을 최소한으로 변경함으로써 미관을 해치지 않을 수 있으며, 자연재난시 피해를 최소화할 수 있으며, 하천 유량 및 수질농도에 따라 예측 설계가 가능하여 불필요한 공사비를 감소할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 사용된 파이프 플랜트 시스템의 구성을 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 사용된 스트레이너의 사진을 나타낸 것이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 사용된 마이크로 버블 가압부상기의 사진을 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 사용된 RPS 반응기의 사진을 나타낸 것이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 사용된 수중보를 개략적으로 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0029] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수처리 방법은 하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시켜 부유물질을 제거하고, RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치를 통해 정화하고, 이를 하천 상류로 방류하여 이를 상기 하천 하류로 재순환시키는 것을 특징으로 한다.

[0030] 본 발명에 따르면, 우선 하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시켜 부유물질을 제거한다.

[0031] 본 발명에 있어서, 상기 가압부상 분리장치는 물리화학적 공정으로서, 미세 기포 발생 장치를 이용한 가압부상 공정을 수행하며, 수처리 공정에 사용되는 일반적인 어느 가압부상 분리장치일 수 있으며 이에 특별히 한정하는 것은 아니나, 마이크로 버블 공정(MBP, Micro Bubble Process)을 이용한 가압부상 분리장치가 바람직하게 사용될 수 있다.

[0032]

[0033] 또한, 하천 하류에서 하천수를 가압부상 분리장치에 유입시키기 전에 스트레이너에 유입시켜 하천수내 부유물질을 일차적으로 제거할 수 있다. 이때, 상기 스트레이너는 수처리 공정에 사용되는 일반적인 어느 스트레이너일 수 있으며 이에 특별히 한정하는 것은 아니나, 원형 탑 내부에 백 필터(Bag Filter)가 부착된 것이 사용될 수 있다.

[0034] 그 다음, 상기 가압부상 분리장치를 통해 처리된 하천수를 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치에 유입시켜 정화와 동시에 상류로 이송한다.

[0035] 본 발명에 있어서, 상기 RPS를 이용한 수처리장치는 RPS의 유입구가 하천 하류의 상기 가압부상 분리장치와 연결되고 RPS의 배출구는 하천 상류와 연결되어 정화된 하천수가 하천 상류로 이송되도록 로프형 미디어가 내장된 것을 사용한다.

[0036] 특히, 상기 RPS를 이용한 수처리장치는 하천 옆 제방을 따라 지하로 매립되어 설치가능하다. 이에 따라, 하천 미관을 최소한으로 변경함으로써 미관을 해치지 않을 수 있으며, 자연재난시 피해를 최소화할 수 있으며, 하천 유량 및 수질농도에 따라 예측 설계가 가능하여 불필요한 공사비를 감소할 수 있는 장점이 있다.

[0037] 본 발명의 일 구현으로, 상기 RPS를 이용한 수처리장치는 생물막을 이용한 플러그 흐름 타입(Plug Flow Type)의 관로형으로서 플라스틱관 내에 섬유와 담체가 삽입되어 미생물을 부착 및 성장시켜 오염물질을 분해하는 PFR(Plug Flow Reactor(플러그 흐름 반응조)) 형식의 생물학적 수처리 장치이다. 본 발명에 사용되는 RPS 수처리장치는 수처리 분야에 사용되는 어떠한 것도 사용가능하다. 이때, PFR 배관은 컴프레서를 통하여 용존산소(DO)가 공급되어 이송되는 하천수내 공기공급량을 증가시킴으로써 정화효율을 더욱 향상시킬 수 있다. 특히, 상

기 RPS를 이용한 수처리장치는 폐수내의 TBOD₅를 효율적으로 처리할 수 있다.

[0038] 또한, 본 발명에 있어서, 상기 RPS를 이용한 수처리장치는 오염물질을 제거하는 동시에 처리수를 하천 상류로 순환하여 시설 설치 구간 내 담수량을 증대하여 동절기 건천화 현상을 방지할 수 있는 이점을 제공할 수 있다.

[0039] 그 다음, 상기 RPS를 이용한 수처리장치를 통해 처리된 처리수를 하천 상류로 방류시킨다.

[0040] 그 다음, 하천 상류에 방류된 처리수는 자연적인 하천 흐름에 따라 상기 하천 하류로 재순환된다.

[0041] 또한, 하천에서 처리구간내에 담수량을 증가시키기 위해 하천 하류에서 상기 가압부상 분리장치로 유입되는 하천수 유입지점에 수중보를 설치하는 것이 바람직하다.

[0042] 상기 수중보는 수처리 장치의 취수정 및 수중보 역할을 동시에 수행할 수 있도록 상류에서 흘러내려온 하천수를 담을 수 있도록 취수정 형태를 가지며, 하천수의 일부는 펌핑에 의해 가압부상 분리장치로 유입되며, 하천수의 다른 일부는 수중보 하단부에 설치된 배관을 통해 침전물이 제거되도록 하류로 방류되며, 그리고 하천의 나머지 일부는 수중보를 넘어 수중보 우측에 설치된 경사로를 따라 하류로 방류되도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0043] 상기 수중보는 구체적인 예시로, 도 5에 나타난 바와 같이 상류에서 흘러내려온 하천수를 담을 수 있도록 취수정 형태를 가지며, 하천수의 일부가 가압부상 분리장치로 유입되도록 하는 유입배관, 하천수의 다른 일부는 수중보 바닥부에서 침전물이 자연유속에 의해 하류로 방류되도록 하는 수중보 바닥부에 설치된 배관, 및 하천의 나머지 일부는 수중보를 넘어 하류로 방류되도록 수중보 하류측에 설치된 경사로를 갖는다.

[0044] 이하 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

[0045] 실시예

[0046] <비교예 1>

[0047] 1. 기존 하천수질정화 공법 평가

[0048] ① 자연형 하천수질정화 공법 평가

[0049] 본 발명에서 개발하고자 하는 공법은 물리화학적 및 생물학적 제거 원리를 이용한 복합적인 하천 정화 공법으로써 기존의 하천 정화 공법과의 비교 평가를 위해 생태적 수질정화습지를 적용 중인 경기도 용인시 금어천의 계절별 수질을 측정하였다.

[0050] 생태적 수질정화습지는 침강저류지, 습지, 연못, 침전지로 구성되어있으며, 식생수로, 침강저류지, 습지 및 연못을 거쳐 침전지 까지 수위차를 두어 체류시간 및 흐름이 정상적으로 이루어 질 수 있도록 계획되어있다. 시설의 면적 및 용량은 침강저류지 면적 1,504.3 m², 용량 1,805.16m³, 습지/연못 면적 7,497.58 m², 용량 3,165.55m³, 침전지 면적 555.59 m², 용량 555.59 m³로 총 면적 9,767.17 m², 총 용량 5,753.37 m³로 구성되어있다. 기존 선행 문헌(경안천수계(금어천)생태습지 수질저감효율 측정을 위한 모니터링, 2007, 변우일, 경기지역 환경기술개발센터)의 수문 조사 분석 결과 경기도 용인시 금어천의 평균 유량은 약 9,100 m³/d로 측정되었으며, 동절기의 경우 유량이 적어 정확한 유량 측정이 불가능 한 것으로 나타났다. 수질정화습지로 유입되는 평균 유입량은 약 3,300 m³/d로 체류시간은 약 1.3 day로 구간별 체류시간을 침강지 약 0.4 day, 습지 약 0.8 day, 침전지 약 0.1 day로 설정되어 있다.

[0051] 상기 기존 선행 문헌(경안천수계(금어천)생태습지 수질저감효율 측정을 위한 모니터링, 2007, 변우일, 경기지역 환경기술개발센터)에 2007년 5월부터 2007년 12월까지의 수질을 정리한 결과를 살펴보면, TBOD₅의 경우 유입 5.3 mg/L에서 방류 1.3 mg/L로 평균 75.1%를 나타냈으며, 유입유량을 3,300 m³/d로 산정하여 오염 제거 부하량

을 산출하면, 13.2 kg이 하루에 제거되는 것을 볼 수 있다. TSS의 경우 유입 22.6 mg/L에서 방류 2.1 mg/L로 평균 90.8%를 나타냈으며, TBOD₅와 동일하게 오염 제거 부하량을 산출하면, 67.65 kg이 하루에 제거되는 것을 알 수 있다. 동일한 방식으로 영양물질인 TN, TP를 산출하면, 3.63 kg, 0.63 kg으로 산정되었다. 오염물질 제거 부하량 결과를 토대로 단위 면적에 따른 오염물질 제거량의 경우 TBOD₅, TSS, TN, TP가 각각 0.001, 0.0069, 0.00036, 0.00006 kg/m²으로 나타났다. 기존 문헌을 토대로 오염물질 제거량 및 단위 용량에 따른 오염물질 제거량을 아래 표 1에 나타냈다.

표 1

[0052] 경기도 용인시 금어천의 오염물질 제거량 및 단위 면적에 따른 오염물질 제거량(단위: kg/day, kg/m²·day)

일자	TBOD ₅		TSS		TN		TP	
	Q(S ₀ -S)	Q(S ₀ -S)/m ²	Q(S ₀ -S)	Q(S ₀ -S)/m ²	Q(S ₀ -S)	Q(S ₀ -S)/m ²	Q(S ₀ -S)	Q(S ₀ -S)/m ²
5월	31.68	0.0003	219.45	0.022	8.58	0.0008	0.86	0.000087
6월	-	-	-	-	2.64	0.0002	0.99	0.00010
7월	6.93	0.0007	32.01	0.003	2.97	0.0003	0.13	0.00001
8월	-	-	1.32	0.0001	0.66	0.000067	0.36	0.00003
9월	2.31	0.0002	137.25	0.014	-	-	0.49	0.00005
10월	6.93	0.0007	-	-	4.62	0.0004	0.42	0.00004
11월	2.64	0.0002	7.26	0.0007	-	-	1.06	0.0001
12월	21.45	0.0020	8.91	0.0009	1.98	0.0002	0.63	0.00006
평균	11.99	0.0010	67.7	0.0069	3.57	0.00036	0.62	0.00006

[0053] 경기도 용인시 금어천의 기존 수질분석 결과를 토대로 본 연구 기간 중 A하천에 대한 수질 분석을 실시하였으며, 하절기(8-10월) 동절기(11-1월)를 구분하여 수질 분석을 실시하였다. 분석 지점은 상류에서 하류까지 경안천으로 유입, 약 200m 구간으로 나누어 8곳을 선정하여 샘플을 채취하였다.

[0054] 2010년 8월부터 2010년 10월까지의(하절기) 수질을 정리한 결과를 살펴보면, TBOD₅의 경우, Site 1 상류지점 5.05 mg/L, Site 8 하류지점에서 3.87 mg/L로 1.18 mg/L의 제거농도 및 24.49%의 제거효율을 나타냈다. TSS의 경우 Site 1 상류지점 8.01 mg/L, Site 8 하류지점에서 5.29 mg/L로 2.72 mg/L의 제거농도와 34.17%의 제거효율을 나타냈다. 영양염류의 수질 분석결과 TN, TP의 평균 제거효율이 각각 18.72, 22.23%로 측정되었다.

[0055] 경기도 용인시 금어천 자연형 하천의 하절기 현장 방문 결과, 2007년 조성된 자연형 습지의 경우 대부분 유실되거나, 관리 운영이 미흡한 것으로 나타났다. 각 지점별 이동시 생활하수 유입 및 농경지에 대한 영향을 분석한 결과, 하천으로의 생활하수 유입은 없는 것으로 나타났으며, 주변이 대부분 도로 및 산업단지로 이루어져 있어 농경지 TN, TP의 영향은 적은 것으로 나타났다.

[0056] 2010년 11월부터 2011년 1월까지의(동절기) 수질을 정리한 결과를 살펴보면, TBOD₅의 경우 Site 1 상류지점 6.84 mg/L, Site 8 하류지점에서 5.84 mg/L로 1.00 mg/L의 제거농도 및 14.49%의 제거효율을 나타냈다. TSS의 경우 Site 1 상류지점 10.52 mg/L, Site 8 하류지점에서 7.07 mg/L로 3.46 mg/L의 제거농도와 31.13%의 제거효율을 나타냈다. 영양염류의 수질 분석결과 TN, TP의 평균 제거효율이 각각 12.03, 15.72%로 측정되었다.

[0057] 경기도 용인시 금어천 자연형 하천의 동절기 현장 방문 결과, 하천의 건천화로 인해 샘플 채취에 어려움이 있었으며, 건천화로 인해 대부분 시설(습지, 식생)이 유지되고 있지 않는 것을 볼 수 있었다. 2007년 모니터링과의 비교 검토 결과, 상대적으로 낮은 제거 농도 및 효율을 보이고 있었으며, 이는 유지관리의 문제 및 하절기 시설물 유실에 기인한 것으로 사료된다.

[0058] **② 장치형 하천수질정화 공법 평가**

[0059] 장치형 하천수질정화 공법의 경우 미세 산소 장치를 이용한 하천 수질정화 공법이 적용된 경기도 용인시 금학천의 계절별 유량 및 수질을 측정하였다.

[0060] 경기도 용인시 금학천에 적용된 장치는 초미세 마이크로버블 및 오존을 이용한 프리 라디칼 산화방식으로 하천

수에 포함하는 유기물 및 녹조 유발물질(질소, 인)의 최종 산화분해와 이 취미 제거를 동시에 수행할 수 있는 고효율 하천수 처리공정이다. 처리 시설의 장점으로는 연속적인 순 산소 공급으로 하천의 자정능력 향상 및 고도산화공정이므로 유기물외에도 악취 및 세균제거가 가능하다는 점을 들 수 있다.

[0061] 기존 선형 문헌(초미세 순산소 발생기포를 이용한 경안천(팔당호)지류 수질개선 장치 기술개발 사업, 2010, 안대희, 경기지역환경기술개발센터) 조사를 토대로 경기도 용인시 금학천 수질정화장치의 오염물질 제거효율 및 오염물질 제거량을 살펴보았으며, 아래 표 2에 나타냈다.

표 2

[0062] 경기도 용인시 금학천의 오염물질 제거효율 및 단위 면적에 따른 오염물질 제거량(단위: kg/day, kg/m²·day)

항목	오염물질 농도(mg/L)			총제거율(%)	단위면적당 오염물질 제거량(kg/m ² ·d)
	유입수	오존-UV	미세기포		
TCOD _{Cr}	14.5	9.63	8.62	40.5	0.023
TBOD ₅	7.05	6.20	4.62	34.4	0.009
T-P	0.67	0.70	0.67	-	-
T-N	6.71	6.98	7.38	-	-
TSS	9.58	1.00	4.75	50.46	0.019

[0063] 기존 선형 문헌(초미세 순산소 발생기포를 이용한 경안천(팔당호)지류 수질개선 장치 기술개발 사업, 2010, 안대희, 경기지역환경기술개발센터)을 토대로 수질을 정리한 결과를 살펴보면, TBOD₅의 경우 평균 유입 7.05 mg/L에서 방류 4.62 mg/L로 평균 34.4%를 나타냈으며, 유입유량을 200 m³/d로 산정하여 오염 제거 부하량을 산출하면, 0.49 kg이 하루에 제거되는 것을 볼 수 있다. TSS의 경우 유입 9.58 mg/L에서 방류 4.75 mg/L로 평균 50.5%를 나타냈으며, TBOD₅와 동일하게 오염 제거 부하량을 산출하면, 1.0 kg이 하루에 제거되는 것을 알 수 있다. 오염물질 제거 부하량 결과를 토대로 단위 면적에 따른 오염물질 제거량의 경우 TBOD₅, TSS가 각각 0.009, 0.0196 kg/m²으로 나타났다. Y시 B하천의 경우 단위 면적 당 유기물 제거량은 경기도 용인시 금학천의 수질정화 습지에 비해 약 TBOD₅ 9배 TSS 3배가량 높은 것으로 나타났으며, 이는 장치형의 적은 부지 소요와 짧은 체류시간으로 유기물 처리효율이 높게 나타났기 때문인 것으로 판단된다. 하지만 영양염류에서는 장치형의 경우 제거효율이 거의 없는 것으로 나타났으며, 물리화학적 공정만으로는 영양염류의 제거가 어려울 것으로 판단된다.

[0064] 2010년 8월부터 2010년 10월까지의(하절기) 수질 분석 결과, TBOD₅의 경우, 장치유입 7.53 mg/L, 장치방류에서 5.61 mg/L로 1.92 mg/L의 제거농도 및 25.82%의 제거효율을 나타냈다. TSS의 경우 장치유입 18.24 mg/L, 장치방류에서 6.25 mg/L로 11.98 mg/L의 제거농도와 65.51%의 제거효율을 나타냈다. 영양염류의 수질 분석결과 TN, TP의 평균 제거효율이 각각 19.17, 75.45%로 측정되었다.

[0065] 경기도 용인시 금학천의 장치형 하천공법의 하절기 현장 방문 결과, 2009년 조성된 장치의 운전 및 유지관리(유입 펌프, 내부 시설, 약품 주입) 자연형 하천공법에 비해 상대적으로 양호한 것으로 나타났다. 이는 경기도 용인시 금학천 수질정화장치의 경우 하천 제방 상부 쪽에 설치되어 홍수로 인한 시설물 유실에 대한 문제는 적기 때문인 것으로 판단된다. TBOD₅ 제거특성은 2009년 비해 낮은 제거효율을 보이고 있었으며, 이러한 이유는 오존 시설의 문제로 인한 것으로 사료된다. TSS의 경우에는 기존에 비해 높은 제거효율을 보였으며, 필터 시스템을 적용하여 유입수 TSS를 제거해주었기 때문인 것으로 판단된다. 또한 영양염류 중 TP의 경우 약품 주입 시설 설치로 인해 높은 제거효율을 나타냈다.

[0066] 2010년 10월부터 2011년 1월까지의(동절기) 수질 분석 결과, TBOD₅의 경우, 장치유입 15.89 mg/L, 장치방류에서 12.45 mg/L로 3.44 mg/L의 제거농도 및 21.67%의 제거효율을 나타냈다. TSS의 경우 장치유입 24.79 mg/L, 장치방류에서 7.31 mg/L로 17.48 mg/L의 제거농도와 70.77%의 제거효율을 나타냈다. 영양염류의 수질 분석결과 TN, TP의 평균 제거효율이 각각 13.66, 79.38%로 측정되었다.

[0067] 경기도 용인시 금석천의 장치형 하천공법의 동절기 현장 방문 결과, 2009년 조성된 장치의 운전 및 유지관리는 (유입 펌프, 내부 시설, 약품 주입) 자연형 하천공법에 비해 상대적으로 양호한 것으로 나타났으며, 하천의 건천화시 장치 가동을 중지시켜 시설보호를 하고 있는 것으로 나타났다.

[0068] <실시예 1>

[0069] 1. 조사지역의 선정 및 방법

[0070] 1.1 조사지역 선정

[0071] 안성천으로 유입되는 주요 지류 10개 지점(기술천, 조령천, 사흥천, 옥정천, 현곡천, 월동천, 현암천, 계촌천, 한운천, 금석천)의 유역특성, 오염원 배출 부하량 정도를 기초 조사하여 과업 목적에 맞는 대상 하천 지점을 선정하였다. 각 안성천 유역에 대한 인구, 가구 및 토지이용현황, 오염 부하량을 조사한 결과 인구 및 가구 현황의 경우 금석천이 인구밀도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 이는 주택 및 상가가 밀집되어 있기 때문이다. 또한 유역 토지이용 현황에서도 금석천의 경우 10개 지점 중 가장 높은 대지 및 공업지역 분포를 나타내고 있다. 금석천의 경우 주변에 공공주택이 밀집된 지역을 통과하는 하천으로 생활하수 등으로 인한 오염이 매우 심각하여 생활 민원이 급증하고 있는 실정에 있다. 따라서 도심지역 내 오염 된 중소하천 정화 장치 개발이라는 본 과업의 목적에 맞는 대상 하천으로 금석천을 선정하였다.

[0072] 1.2 조사 및 수질분석 방법

[0073] ① 대상 하천 지점별 유량 측정

[0074] 금석천 수계의 오염원 현황 파악을 위하여 현장 수질 및 유량을 측정하였다. 수질조사를 위해 최적 조사지점을 선정하였으며, 시료채취 지점은 일정한 하천구간에서 하천의 유형을 대표할 수 있고, 상 하류의 물수지가 명확하게 파악될 수 있는 지점으로 선정하였다.

[0075] 대상 하천 별 유량 측정은 하천 횡단면과 유속측정에 의한 방법을 이용하였으며, 유속 측정은 전자파식 유속계(AEM1-D)를 사용하였다. 유속 측정방법은 1점법을 사용하였으며, 수면하의 전 수심에 대한 비가 0.6인 지점의 유속을 측정하여 이를 평균유속으로 하였다. 1점법의 방법은 일반적으로 하천 수심이 50cm 이하일 때 사용한다.

[0076] ② 하천 지점(11개 지점) 및 파일럿 플랜트 수질 측정

[0077] 하천 지점 및 파일럿 플랜트 수질 분석 항목은 온도, pH, DO, 알칼리도, TBOD₅, SBOD₅, TCOD_{Cr}, SCOD_{Cr}, TCOD_{Mn}, SCOD_{Mn}, TSS, VSS, T-N, NH₃-N, NO₃⁻-N, T-P, PO₄⁻³-P 등 총 17항목으로 수질오염공정시험방법(2004. 환경부고시 제 2004-188호) 및 표준 방법(Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Ed)에 준하여 분석을 실시하였다. 본 실험 기간 중(2010.08.11~2011.03.31) 11개 지점에 대한 분석 횟수는 140회를 실시하였으며, 금석천의 경우 상류에서 하류까지 18개 지점을 선택하여 월 3회를 실시하였다. 또한 기존 하천정화공법의 경우 자연형 및 장치형으로 구분하여 월 3회를 채수 분석하였다. 표 3에 측정항목, 측정분석기기 및 분석방법을 나타내었다.

표 3

수질 측정 분석 기기명 및 분석방법

[0078]

측정항목	측정분석기기명	분석방법
pH	Orion 3 star	직접측정법
알칼리도	-	2320 ALKALINITY
수온	Orion 3 star YSI 550A	직접측정법
TBOD ₅ , SBOD ₅	Incubator	20° C 5일 배양법 5210. BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND(BOD)

TCOD _{Mn} , SCOD _{Mn}	Water Bath	산성 100° C KMnO ₄ 법 흡광광도법(DR-2800)
TCOD _{Cr} , SCOD _C	HS-R200	5220 D. Closed Reflux, Colorimetric Method
TSS, VSS	105°C Oven 550°C Oven	유리섬유 여지법 2540 D. Total Suspended Solids Dried
DO	YSI 550A	윙클러-아지드화나트륨 변법 4500-OXYGEN (DISSOLVED)
T-N	DR-2800	흡광광도법(자외선법) 흡광광도법(DR-2800)
NH ₃ -N	DR-2800	흡광광도법(인도페놀법) 흡광광도법(DR-2800)
NO ₃ -N	DR-2800	흡광광도법(부루신법) 흡광광도법(DR-2800)
T-P	DR-2800	흡광광도법(아스코르빈산 환원법) 흡광광도법(DR-2800)
PO ₄ -P	DR-2800	흡광광도법(아스코르빈산 환원법) 흡광광도법(DR-2800)

[0079] 1.3 파일럿 플랜트 규모 하천정화시설 구축

[0080] 하천 정화 장치의 처리효율 및 설계인자 도출을 위해 일 최대 400 m³/day 규모의 파일럿 플랜트를 설치하였다. 본 실험의 파일럿 플랜트 위치는 안성시 당왕동 일원 556번지로 공공주택 및 상가가 밀집하고 있어 생활하수 등으로 인한 오염이 매우 심각한 실정이며, 악취로 인한 생활 민원이 급증하고 있다. 파일럿 플랜트의 설치 장소 및 인·허가 등 행정적 지원 사항을 원활히 진행하기 위해 안성시청과 금석천 수질오염개선 사업 시행에 대한 기본협약을 체결(2010.09.17)하였다.

[0081] 설비 구축 일정으로는 파일럿 플랜트의 구축을 위해 기초 콘크리트 공사를 선행하였다. 파일럿 플랜트의 외부적 영향, 도난 방지를 위해 보온시설 및 외관건물을 설치하였으며, 내부 구성은 크게 실험을 위한 실험실과 반응조, 사무실, 기계실로 구분하였다.

[0082] 파일럿 플랜트내 기기장비 구성은 Influent Pump, Recycle Pump(PT-1000, 5HP, Positive displacement type twin cylindrical pump), 에어 공급을 위한 콤프레서(KAC-5, 5HP), 유입량, 재순환 유량 측정을 위한 배관 삽입형 유량계(ENVA K201 FI/MG, Electro Magnetic Flow Meter)로 이루어졌다.

[0083] 또한, 파일럿 플랜트내 시약품 제작 구성은 생물학적 처리를 통한 TBOD₅, TN, TP 제거 및 재순환을 위한 RPS(Rolled Pipe System)와 TSS 제거를 위한 스트레이너, 하천 모사를 위한 PDF 반응조, 수위 변화를 위한 수중보, 모드 별 운전 변경을 위한 컨트롤 패널로 이루어졌다. 본 실험의 파일럿 플랜트 시스템의 구성을 도 1에 나타내었다.

[0084] 1.4 물리화학적 처리시설

[0085] 본 실험에서 부유물질 제거를 위해 설치한 물리화학적 처리시설은 스트레이너 및 가압부상 분리기이다.

[0086] 스트레이너는 Sus 304 재질로 되어있는 원형 탭 내부에 백 필터(Bag Filter)를 부착한 것이었다. 아래 표 4에 스트레이너의 제원을 나타내었으며, 도 2에 본 실시예에 사용된 스트레이너의 사진을 나타내었다.

표 4

스트레이너 제원

[0087]

구분	수치 및 물성
사용재질	SUS 304
면적	0.13m ²
높이	0.3m

체적	0.039m ³ (2세트)
백 필터(Bag Filter) 운전조건	10, 50, 100, 250 μ m

[0088] 스트레이너의 주요 운전 조건은 백 필터 크기로 10, 50, 100, 250 μ m로 선정하여 부유물질 제거효율 및 역세 주기를 평가하였다.

[0089] 또한 마이크로 버블을 이용한 가압부상기 공정으로 MBP(Micro Bubble Process)를 파일럿 플랜트에 적용하여 부유물질 제거효율을 평가하였다. 아래 표 5에 본 실험에 사용된 마이크로 버블 가압부상기의 제원을 나타내었으며, 도 3에 본 실시예에 사용된 마이크로 버블 가압부상기의 사진을 나타내었다.

표 5

마이크로 버블 가압부상기 제원

구분	수치 및 물성
사용재질	SUS 304
메인 바디 체적	0.05m ³
펌프	1.2m ³ /hr, 3.5kg _f /cm ² , 0.75kw, 220V
컴프레서	150 lpm, 750W/220V
버블량/유입유량 비율	모드별 8% 고정
PAC 주입 비율	2.3 kgTSS/L · d 고정
공기/고체	0.02~0.06g air/g solid
가압부상조 체적	3.0m ³

[0090]

[0091] **1.5 생물학적 처리 시설**

[0092] 본 실험에 사용된 생물학적 처리 공정은 RPS(Rolled Pipe System)를 이용한 수처리장치이다.

[0093] RPS(Rolled Pipe System)는 PFR 형식의 관로형 반응조 내 미생물여재를 삼입하였으며, 공정 구성은 크게 HDPE(High Density Poly-Ethylene, 고밀도 폴리에틸렌)로 제작된 주름 형태의 관과 로프형 고정상 미생물접촉재로 구분된다.

[0094] 파일럿 플랜트 운전에 사용된 RPS는 관경 100 ± 2mm, 길이 300m로 하여 체적을 2.4m³으로 2 세트를 제작하였으며, 미생물 접촉재의 경우 나일론 섬유로 제작 된 여재를 사용하였으며, 길이 300m, 내심 4mm로 RPS 내부에 4가닥을 삼입하였다. 아래 표 6에 본 실험에 사용된 RPS 반응기의 제원을 나타내었으며, 도 4에 본 실시예에 사용된 RPS 반응기의 사진을 나타내었다.

표 6

RPS 제원

구분	수치 및 물성
사용재질	폴리 에틸렌 주름관
관경	100mm(±2mm 이내)
관 길이	300m(2세트)
겉보기 비중	외장 0.953±0.1%, 주름관 0.953±0.1%
압축강도	20.5(10% 변형시)MPa
내약품성	pH 4-0.05(-wt%) pH 10-0.06(-wt%)
인장강도	32MPa 이상
최대공급압력	5.0kg _f /cm ²

[0095]

[0096] 또한, 하천에서 처리구간내에 담수량을 증가시키기 위해 하천 하류에서 상기 가압부상 분리장치로 유입되는 하천수 유입지점에 수중보를 설치하였다. 구체적으로, 상기 수중보는 도 5에 나타낸 바와 같이 상류에서 흘러내려 온 하천수를 담을 수 있도록 취수정 형태를 가지며, 하천수의 일부가 가압부상 분리장치로 유입되도록 하는 유입배관, 하천수의 다른 일부는 수중보 바닥부에서 침전물이 자연유속에 의해 하류로 방류되도록 하는 수중보 바

닥부에 설치된 배관, 및 하천의 나머지 일부는 수중보를 넘어 하류로 방류되도록 수중보 하류측에 설치된 경사로를 갖는 것이었다.

[0097] 2. 오염원 제거효율 평가

[0098] 2.1 물리화학적 공정의 모드별 오염물질 처리효율(스트레이너, 가압부상기(MBP))

[0099] 파일롯 플랜트 유입수 내 부유물질 제거 및 후단 생물학적 장치의 처리효율 향상을 위하여 백-필터(Bag-Filter)가 장착된 스트레이너 타입의 물리공정을 선택 운전하였다. 주요 운전 조건으로는 백-필터 크기(Bag-Filter Size) 및 유량 변화를 선정하여 오염물질의 처리효율을 평가하였다.

[0100] 또한, 스트레이너 운전 결과 TSS 제거효율 및 장치 유지관리 측면의 문제점이 도출되어, 추가적으로 마이크로 버블을 이용한 가압부상 장치(MBP, Micro Bubble Process)를 적용하여 TSS 제거효율 및 장치 유지관리 측면의 문제점을 개선하였다.

[0101] ① 백-필터 스트레이너의 부유물질 처리효율 평가

[0102] 장치 운전결과, 스트레이너로 유입되는 유량의 증가에 따라 장치 처리효율이 감소하는 경향을 보였으며, 역세주기 시간 또한 짧아지는 것을 볼 수 있었다. 백-필터 크기 중 10 μ m에서 가장 높은 TSS 제거효율(평균 71.5, 69.4, 65.2%)을 보였으며, 역세 주기는 0.5, 0.4, 0.4hr로 나타났다. 또한 백-필터 크기 250 μ m에서 가장 낮은 TSS 제거효율(평균 35.7, 28.1, 24.8%)을 보였으며, 역세주기는 평균 19, 18.2, 17.1hr로 측정되었다. 스트레이너 백-필터 크기 및 유량 변화에 따른 TSS 제거효율을 아래 표 8에 나타내었다.

표 8

스트레이너 백-필터 크기 및 유량 변화에 따른 TSS 제거효율

[0103]

과라미터	유량 (m ³ /d)	140.4				218.4				295.2			
	크기 (μ m)	10	50	100	250	10	50	100	250	10	50	100	250
Strainer In TSS Conc., mg/L		71.2	68.5	64.4	69.7	69.4	73.4	72.4	68.4	72.5	74.6	68.1	71.5
Strainer Out TSS Conc., mg/L		20.3	33.4	37.0	44.8	21.2	38.0	46.9	49.2	25.2	43.6	49.4	53.8
Strainer Removal, % (역세주기, hr)		71.5 (0.5)	51.2 (2.0)	42.5 (8.0)	35.7 (19)	69.4 (0.4)	48.2 (1.8)	35.1 (7.5)	28.1 (18.2)	65.2 (0.4)	41.5 (1.6)	27.5 (7.2)	24.8 (17.1)

[0104] 하천수 내 TSS(부유물질) 제거 목적을 위한 스트레이너의 적용 평가 결과, 백-필터 크기 중 가장 낮은 10 μ m를 적용하였음에도 불구하고 TSS 제거효율은 평균 71.5%로 처리 농도 50.9 mg/L를 나타내었다. 또한, 짧은 역세주기로 인해 유지관리비 및 용이성 측면의 문제점이 도출되었으며, 스트레이너 장치 유입 배관의 경우 유입 펌프 배관과 연결되어 막힘 현상 시 기기장비(유입펌프, 컨트롤 패널) 작동에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 스트레이너 장치의 TSS 제거효율 및 유지관리 상의 문제점을 해결하기 위해 마이크로 버블을 이용한 가압부상 장치를 적용 운전하였다.

[0105] ② 마이크로 버블을 이용한 가압부상 장치의 처리효율 평가

[0106] 마이크로 버블을 이용한 가압부상 장치의 운전 조건은 유입 하천 유량에 따라 부상조 체류시간을 60, 40, 30, 23, 19, 14분으로 선정하였으며, 버블 토출량은 각 모드별 5.5, 8.5, 11.5, 14.5, 17.5, 23.8 m³/day로 변화하여 운전하였다. 모드 별 운전 결과를 아래 표 9-14에 나타내었다.

표 9

[0107]

가압부상 장치 모드 1 운전 결과

운전조건: 부상 체류시간 60분(유입유량 68.4m ³ /day), 약품주입량 2L(PAC 17%)					
파라미터		MBP In(mg/L)	MBP Out(mg/L)	제거효율(%)	제거량(kg/day)
온도(℃)	최소	6.70	7.60	-	
	최대	8.90	9.60	-	
	평균	7.96	8.40	-	
TSS(mg/L)	최소	50.00	7.00	76.32	2.63
	최대	94.00	21.00	90.54	4.99
	평균	69.42	11.29	83.69	3.98
TBOD ₅ (mg/L)	최소	61.40	40.00	31.16	1.31
	최대	92.00	50.87	50.62	3.12
	평균	78.10	45.10	41.77	2.26
TN(mg/L)	최소	15.80	14.50	7.88	0.09
	최대	36.80	33.90	27.02	0.53
	평균	22.73	19.93	12.20	0.19
TP(mg/L)	최소	1.19	0.03	88.20	0.07
	최대	3.61	0.15	98.66	0.24
	평균	2.14	0.09	95.15	0.14

[0108]

모드 1의 경우 하천 유입유량 68.4 m³/day에 대한 부상체류시간을 60분으로 고정 운전하였으며, 약품 주입량 (PAC(Poly Aluminium Chloride), Al₂(OH)₄Cl₂, 수중에 부유물질을 응집하게 해주는 응집제)은 하루 2L를 가압부상기(Main Body) 내로 주입하였다. 가압부상기에서 토출되는 초미세 기포량 및 압력은 (Bubble Flow) 5.5 m³/d, 3.42 kgf/cm²로 유입유량의 8.04%를 유지하였다. 오염원 변화 특성으로는 수온의 경우 최소 6.70에서 최대 8.9℃로 평균 7.69℃로 나타났으며, TSS의 경우 MBP_{in} 69.42에서 MBP_{out} 11.29 mg/L로 83.69%의 제거효율을 보였다. TBOD₅의 경우 MBP_{in} 78.10 MBP_{out} 45.10 mg/L 41.77%의 제거효율을 보였으며, MBP의 유기물 제거는 용존성 BOD₅ 보다는 부유물질 제거에 따른 총 BOD₅의 감소로 기인한 것으로 판단된다. 영양염류 제거특성으로는 TN의 경우 MBP_{in} 22.73 MBP_{out} 19.93 mg/L으로 12.2%의 제거효율을 보였다. MBP의 TN제거는 큰 효율을 나타내지 않았으며, 하천 내 고형물 성분 중 대부분의 TN 성분은 용존성인 것으로 사료된다. TP의 경우 MBP_{in} 2.14 MBP_{out} 0.09 mg/L로 95.15%의 제거효율 보였으며, 모드 중 가장 높은 효율을 보였다. TP 제거의 경우 가압 부상조에서 초미세 버블과 응집제에 의해 용존성 인과 유기인의 응집 반응율이 높게 나타나는 것을 도출하였다.

표 10

[0109]

가압부상 장치 모드 2 운전 결과

운전조건: 부상 체류시간 40분(유입유량 105.6m ³ /day), 약품주입량 3.1L(PAC 17%)					
파라미터		MBP In(mg/L)	MBP Out(mg/L)	제거효율(%)	제거량(kg/day)
온도(℃)	최소	7.80	8.10	-	
	최대	8.90	8.60	-	
	평균	8.22	8.42	-	
TSS(mg/L)	최소	55.00	11.00	73.68	4.44
	최대	86.00	16.00	87.06	7.81
	평균	69.50	13.33	80.40	5.93
TBOD ₅ (mg/L)	최소	57.80	41.60	28.03	1.71
	최대	92.00	51.00	49.07	4.46
	평균	81.43	46.52	42.28	3.69
TN(mg/L)	최소	18.50	16.70	1.37	0.03
	최대	24.60	22.90	10.57	0.27
	평균	22.50	21.13	6.12	0.15
TP(mg/L)	최소	1.56	0.08	91.07	3.13
	최대	2.35	0.16	95.83	4.63
	평균	1.86	0.11	93.94	3.68

[0110] 모드 2의 경우 하천 유입유량 105.6 m³/day에 대한 부상체류시간을 40분으로 고정 운전하였으며, 약품 주입량은 하루 3.1L를 가압부상기(Main Body) 내로 주입하였다. 가압부상기에서 토출되는 초미세 기포량 및 압력은 (Bubble Flow) 8.5 m³/day, 3.21 kg_f/cm²로 유입유량의 8.05%를 유지하였다. 오염원 변화 특성으로는 수온의 경우 최소 7.80에서 최대 8.9℃로 평균 8.22℃로 나타났으며, TSS의 경우 MBP_{in} 69.50에서 MBP_{out} 13.33 mg/L로 80.40%의 평균 제거효율을 보였다. TBOD₅의 경우 MBP_{in} 81.43 MBP_{out} 46.52 mg/L으로 42.28%의 제거효율을 보였다. 영양염류 제거특성으로는 TN의 경우 MBP_{in} 22.50 MBP_{out} 21.13 mg/L으로 6.12%의 제거효율을 보였다. TP의 경우 MBP_{in} 1.86 MBP_{out} 0.11 mg/L로 93.94%의 제거효율을 보였다.

표 11

가압부상 장치 모드 3 운전 결과

운전조건: 부상 체류시간 30분(유입유량 140.4m ³ /day), 약품주입량 4.1L(PAC 17%)					
파라미터		MBP In(mg/L)	MBP Out(mg/L)	제거효율(%)	제거량(kg/day)
온도(℃)	최소	7.20	7.40	-	
	최대	8.60	8.70	-	
	평균	7.88	8.03	-	
TSS(mg/L)	최소	58.00	10.00	75.86	6.18
	최대	110.00	18.00	89.09	13.76
	평균	73.42	13.29	81.09	8.44
TBOD ₅ (mg/L)	최소	52.00	33.40	32.39	2.61
	최대	128.60	69.60	46.39	8.28
	평균	77.60	44.6	42.00	4.63
TN(mg/L)	최소	12.40	9.90	0.00	0
	최대	32.90	28.00	41.03	1.9
	평균	22.39	19.25	12.38	0.44
TP(mg/L)	최소	1.36	0.09	84.28	0.18
	최대	3.54	0.25	96.05	0.48
	평균	1.86	0.16	90.83	0.24

[0112] 모드 3의 경우 하천 유입유량 140.4 m³/day에 대한 부상체류시간을 30분으로 고정 운전하였으며, 약품 주입량은 하루 4.1L를 가압부상기(Main Body) 내로 주입하였다. 가압부상기에서 토출되는 초미세 기포량 및 압력은 (Bubble Flow) 11.5 m³/day, 2.99 kg_f/cm²로 유입유량의 8.19%를 유지하였다. 오염원 변화 특성으로는 수온의 경우 최소 7.20에서 최대 8.60℃로 평균 7.88℃로 나타났으며, TSS의 경우 MBP_{in} 73.42 MBP_{out} 13.29 mg/L로 81.09%의 평균 제거효율을 보였다. TBOD₅의 경우 MBP_{in} 77.60 MBP_{out} 44.6 mg/L으로 42.00%의 제거효율을 보였다. 영양염류 제거특성으로는 TN의 경우 MBP_{in} 22.39 MBP_{out} 19.25 mg/L으로 12.38%의 제거효율을 보였다. TP의 경우 MBP_{in} 1.86 MBP_{out} 0.16 mg/L로 90.83%의 제거효율을 보였다.

표 12

가압부상 장치 모드 4 운전 결과

운전조건: 부상 체류시간 23분(유입유량 178.8m ³ /day), 약품주입량 5.2L(PAC 17%)					
파라미터		MBP In(mg/L)	MBP Out(mg/L)	제거효율(%)	제거량(kg/day)
온도(℃)	최소	7.90	8.00	-	
	최대	9.40	9.40	-	
	평균	8.72	8.88	-	
TSS(mg/L)	최소	58.00	11.00	75.00	8.40
	최대	82.00	17.00	82.93	12.16
	평균	67.42	13.92	79.29	9.57

TBOD ₅ (mg/L)	최소	79.20	39.60	36.90	5.54
	최대	89.00	53.60	50.00	7.33
	평균	83.45	47.55	43.06	6.42
TN(mg/L)	최소	19.30	18.30	0.87	0.04
	최대	27.60	25.90	11.35	0.46
	평균	22.93	21.51	6.24	0.25
TP(mg/L)	최소	1.48	0.09	87.16	0.23
	최대	2.25	0.19	95.12	0.38
	평균	1.80	0.14	82.13	0.30

[0114] 모드 4의 경우 하천 유입유량 178.8 m³/day에 대한 부상체류시간을 23분으로 고정 운전하였으며, 약품 주입량은 하루 5.2 L를 가압부상기(Main Body) 내로 주입하였다. 가압부상기에서 토출되는 초미세 기포량 및 압력은 (Bubble Flow) 14.5 m³/day, 2.85 kg_f/cm²로 유입유량의 8.11%를 유지하였다. 오염원 변화 특성으로는 수온의 경우 최소 7.90에서 최대 9.40℃로 평균 8.72℃로 나타났으며, TSS의 경우 MBP_{in} 67.42 MBP_{out} 13.92 mg/L로 79.29%의 평균 제거효율을 보였다. TBOD₅의 경우 MBP_{in} 83.45 MBP_{out} 47.55 mg/L으로 43.06%의 제거효율을 보였다. 영양염류 제거특성으로는 TN의 경우 MBP_{in} 22.93 MBP_{out} 21.51 mg/L으로 6.24%의 제거효율을 보였다. TP의 경우 MBP_{in} 1.80 MBP_{out} 0.14 mg/L로 82.13%의 제거효율을 보였다.

표 13

가압부상 장치 모드 5 운전 결과

[0115]

운전조건: 부상 체류시간 19분(유입유량 218.4m ³ /day), 약품주입량 6.4L(PAC 17%)					
파라미터		MBP In(mg/L)	MBP Out(mg/L)	제거효율(%)	제거량(kg/day)
온도(℃)	최소	6.96	7.20	-	
	최대	8.40	8.00	-	
	평균	7.62	7.67	-	
TSS(mg/L)	최소	42.00	13.00	64.29	5.9
	최대	81.00	20.00	82.72	14.63
	평균	68.25	15.92	76.05	11.43
TBOD ₅ (mg/L)	최소	58.00	36.80	34.99	4.63
	최대	99.80	54.80	48.27	9.83
	평균	80.75	47.87	40.47	7.18
TN(mg/L)	최소	22.90	20.70	3.25	0.22
	최대	30.80	29.80	14.04	0.90
	평균	26.50	24.14	8.89	0.52
TP(mg/L)	최소	1.42	0.15	86.54	0.27
	최대	2.95	0.26	94.92	0.61
	평균	2.01	0.19	90.24	0.40

[0116] 모드 5의 경우 하천 유입유량 218.4 m³/day에 대한 부상체류시간을 19분으로 고정 운전하였으며, 약품 주입량은 하루 6.4 L를 가압부상기(Main Body) 내로 주입하였다. 가압부상기에서 토출되는 초미세 기포량 및 압력은 (Bubble Flow) 17.5 m³/day, 2.59 kg_f/cm²로 유입유량의 8.01%를 유지하였다. 오염원 변화 특성으로는 수온의 경우 최소 6.90에서 최대 8.40℃로 평균 7.62℃로 나타났으며, TSS의 경우 MBP_{in} 68.25 MBP_{out} 15.92 mg/L로 76.05%의 평균 제거효율을 보였다. TBOD₅의 경우 MBP_{in} 80.75 MBP_{out} 47.87 mg/L으로 40.47%의 제거효율을 보였다. 영양염류 제거특성으로는 TN의 경우 MBP_{in} 26.50 MBP_{out} 24.14 mg/L으로 8.89%의 제거효율을 보였다. TP의 경우 MBP_{in} 2.01 MBP_{out} 0.19 mg/L로 90.24%의 제거효율을 보였다.

표 14

[0117] 가압부상 장치 모드 6 운전 결과

운전조건: 부상 체류시간 14분(유입유량 295.2m ³ /day), 약품주입량 8.7L(PAC 17%)					
파라미터		MBP In(mg/L)	MBP Out(mg/L)	제거효율(%)	제거량(kg/day)
온도(℃)	최소	8.60	9.00	-	
	최대	10.00	10.40	-	
	평균	9.28	9.82	-	
TSS(mg/L)	최소	48.00	19.00	60.42	8.56
	최대	88.00	28.00	68.18	17.71
	평균	70.08	25.25	63.77	13.23
TBOD ₅ (mg/L)	최소	79.80	51.40	24.27	5.90
	최대	94.00	62.40	37.66	10.27
	평균	86.47	58.27	32.53	8.32
TN(mg/L)	최소	19.80	18.80	0.47	0.03
	최대	27.30	27.10	6.05	0.41
	평균	22.48	21.71	3.48	0.23
TP(mg/L)	최소	0.65	0.17	70.77	0.14
	최대	2.45	0.23	91.82	0.66
	평균	1.82	0.20	88.05	0.48

[0118] 모드 6의 경우 하천 유입유량 295.2 m³/day에 대한 부상체류시간을 14.0분으로 고정 운전하였으며, 약품 주입량은 하루 8.7 L를 가압부상기(Main Body) 내로 주입하였다. 가압부상기에서 토출되는 초미세 기포량 및 압력은 (Bubble Flow) 23.8 m³/day, 2.25 kg_r/cm²로 유입유량의 8.06%를 유지하였다. 오염원 변화 특성으로는 수온의 경우 최소 8.60에서 최대 10.00℃로 평균 9.28℃로 나타났으며, TSS의 경우 MBP_{in} 70.08 MBP_{out} 25.25 mg/L로 63.77%의 평균 제거효율을 보였다. TBOD₅의 경우 MBP_{in} 86.47 MBP_{out} 58.27 mg/L으로 32.53%의 제거효율을 보였다. 영양염류 제거특성으로는 TN의 경우 MBP_{in} 22.48 MBP_{out} 21.71 mg/L으로 3.48%의 제거효율을 보였다. TP의 경우 MBP_{in} 1.82 MBP_{out} 0.20 mg/L로 88.05%의 제거효율을 보였다.

[0119] 모드 별 운전조건에 따른 MBP 장치의 오염물질 제거 특성을 종합한 결과 모드 1-6에서 TSS 제거효율이 각각 83.69, 80.40, 81.09, 79.29, 76.05 및 63.77%로 나타났으며, 모드 6에서 가장 낮은 제거효율 나타냈다. 이는 가압 부상기 운전시 적정 압력 범위는 2.59~3.42 kg_r/cm²으로 2.5 kg_r/cm² 이하에서는 부상기 내부에서 버블 생성율이 현저하게 떨어지는 것으로 판단된다. 이러한 근거는 유입 유량에 따른 버블 토출 비율(약 8%) 및 PAC 주입 비율(약 2.2kg/L · day)을 모든 모드에서 동일 조건하에 운전하였을 경우 모드 6에서 제거효율이 저하되는 것에서 볼 수 있으며, 이는 모드 6의 압력 2.25 kg_r/cm² 조건에서는 버블 생성이 저하되는 것으로 사료된다.

[0120] 가압부상조 체류시간은 모드 증가, 즉, 유입 유량 증가에 따라 61, 40, 30, 23, 19, 14분으로 나타났다. 운전 평가 모드 5(HRT 19min)까지의 제거효율이 차이가 없는 것으로 보아 초기 투자비 및 공사비를 고려하면 적정 체류시간은 19분이 합리적이라고 판단된다.

[0121] 2.2 생물학적 처리 공정의 모드 별 오염물질 처리효율(Rolled Pipe System)

[0122] ① RPS 공기 공급량 변화에 따른 효율

[0123] RPS 내 공기 공급량에 따른 유기물 처리효율 및 최적 공급량을 도출하기 위해 유입유량을 68.4m³/day로 고정하여 운전하고, 공기 주입량을 0, 1, 2, 4, 6 L로 변화시키면서 오염물질 특성을 도출하였다. 또한, 공기 주입량 변화에 따른 효율 도출을 위해 운전조건을 동일하게 유지하였다.(RPS HRT → 1.65 hr) 운전 조건 및 시험 결과를 하기 표 15에 나타내었다.

[0124] 공기 주입량에 따른 운전 결과, 공기 미주입시 RPSin 평균 TBOD₅, TN, TP 농도의 경우 41.4, 15.28, 1.05 mg/L

로 나타났으며, RPSout 평균 TBOD₅, TN, TP 농도 값이 31.72, 14.64, 1.04 mg/L로 각각 평균 22.92, 4.19, 0.77 %의 제거효율을 나타냈다. 공기 미주입에도 TBOD₅의 경우 평균 9.40 mg/L의 제거농도를 보이고 있었으며, 이러한 이유는 유입 하천 내 용존 산소가 존재하기 때문인 것으로 사료된다. 공기 1L/min 주입 시 RPSin 평균 TBOD₅, TN, TP 농도의 경우 41.84, 15.14, 1.63 mg/L로 나타났으며, RPSout 평균 TBOD₅, TN, TP 농도 값이 25.2, 14.18, 1.61 mg/L로 각각 평균 40.06, 6.27, 1.41 %의 제거효율을 나타냈다. 공기 2L/min 주입 시 RPSin 평균 TBOD₅, TN, TP 농도의 경우 48.96, 14.16, 1.20 mg/L로 나타났으며, RPSout 평균 TBOD₅, TN, TP 농도 값이 25.60, 12.92, 1.19 mg/L로 각각 평균 47.90, 8.74, 0.95%의 제거효율을 나타냈다. 공기 4L/min 주입 시 RPSin 평균 TBOD₅, TN, TP 농도의 경우 49.00, 13.70, 1.24 mg/L로 나타났으며, RPSout 평균 TBOD₅, TN, TP 농도 값이 25.08, 12.52, 1.22 mg/L로 각각 평균 49.02, 8.66, 1.25%의 제거효율을 나타냈다. 공기 6L/min 주입 시 RPSin 평균 TBOD₅, TN, TP 농도의 경우 57.80, 12.80, 1.11 mg/L로 나타났으며, RPSout 평균 TBOD₅, TN, TP 농도 값이 34.00, 11.72, 1.10 mg/L로 각각 평균 41.22, 8.45, 0.37 %의 제거효율을 나타냈다.

[0125] 공기 공급량에 따른 효율 평가 결과 주입량 증가에 따라 처리효율이 증가하는 것으로 나타났으며, 2L/min 이후에서 일정한 처리효율을 보였다. 도출 결과 RPS 내부 여체에 부착되어 있는 미생물의 산소섭취는 2L/min이 최적이라고 판단되며, 2L/min 이상의 공기 주입은 불필요하다고 사료된다. 따라서 RPS 모드 별 운전 시 (2L/68.4 m³) 유입 유량 1 m³/day 당 0.029 L로 유입 증가에 따라 비례하게 주입하였다.

표 15

공기주입량 L/분	RPS 체류시간 hr	TBOD ₅ 제거효율 %	TBOD ₅ 제거농도 mg/L	T-N 제거효율 %	T-N 제거농도 mg/L	T-P 제거효율 %	T-P 제거농도 mg/L
0	1.65	22.92	9.40	4.19	0.64	0.77	0.01
1	1.65	40.06	16.64	6.27	0.96	1.41	0.02
2	1.65	47.90	23.36	8.74	1.24	0.95	0.01
4	1.65	49.02	23.92	8.66	1.18	1.25	0.02
6	1.65	41.22	23.80	8.45	1.08	0.37	0.00

[0127] ② 체류시간(HRT) 변화에 따른 RPS 효율

[0128] 생물학적처리 공정 중 PFR 방식을 적용한 RPS(Rolled Pipe System)의 체류시간 변화(RPS 순환유량 변화)에 따른 처리효율 특성을 도출하였으며, 체류시간의 경우 모드 별 99, 64, 48, 37, 31, 23분으로 설정하여 운전하였다. 운전기간 중(2010.11.11 - 2011.02.05, 동절기 모드) 유입 수질의 변동 폭은 적은 것을 보였으며, 이는 동절기 기간 중 금속천 증류의 경우 상류의 수질 보다 생활하수 유입 농도의 영향을 많이 받았기 때문인 것으로 사료된다.

[0129] 체류시간의 경우 RPS 순환펌프 유량을 조절하여 변화하였으며, 체류시간 변화에 따라 효율(S₀-S, TN₀-TN, TP₀-TP) 증감 및 부하량 제거의 경향을 도출하였다.

표 16

RPS 모드 1 운전 결과

[0130]

운전조건: 온도 0-15℃, HRT 99.18분(순환량 66.4m ³ /day), 공기주입량 2L/분				
파라미터		RPS In(mg/L)	RPS Out(mg/L)	제거효율(%)
온도(℃)	최소	7.60	7.40	-
	최대	9.60	9.70	-
	평균	8.41	8.44	-
TBOD ₅ (mg/L)	최소	40.00	17.20	46.07
	최대	50.87	25.70	64.41
	평균	45.10	21.16	52.95
TN(mg/L)	최소	14.50	13.81	0.29
	최대	33.90	22.93	32.36
	평균	19.93	17.95	8.22

TP(mg/L)	최소	0.03	0.02	-17.85
	최대	0.15	0.18	50.00
	평균	0.09	0.09	7.88
TSS(mg/L)	최소	7.00	7.20	-23.81
	최대	21.00	26.00	5.56
	평균	11.29	12.05	-5.94

[0131] 모드 1의 경우 하천 유입유량 68.4 m³/day 중 68.4 m³/day를 RPS로 유입하였으며, 유입유량에 대한 RPS 체류시간은 99.16분으로 고정 운전하였다. 공기주입량은 ① RPS 공기 공급량 변화에 따른 효율에서 도출된 최적 주입량 2 L/min을 공급하였다. RPS 운전 전 내부여재에 안성시 공공하수처리장의 슬러지를 이용하여 미생물을 부착 후 운전하였으며, 모드 별 운전 종료 후 미생물 부착량을 측정하였다.

[0132] 모드 1 운전 기간 중 RPS_{in} 수온의 경우 최소 7.60 최대 9.60℃로 평균 8.41℃를 나타냈으며, RPS_{out}의 경우 최소 7.40 최대 9.70℃로 평균 8.44℃로 측정되었으며, RPS in, out에 대한 수온 변화는 적은 것으로 보였다. TBOD₅의 경우 RPS_{in} 45.10(Ave.) RPS_{out} 21.16(Ave.) mg/L로 52.95%의 제거효율을 나타냈다. RPS_{in} TSS와 RPS_{out} TSS의 차이가 없음을 볼 때 RPS를 이용한 BOD₅ 제거는 대부분 용존성(Soluble)으로 존재하는 BOD₅를 제거한 것으로 볼 수 있었다. TN의 경우 RPS_{in} 19.93(Ave.) RPS_{out} 17.95(Ave.) mg/L로 8.22%의 제거효율을 보였으며, 15℃ 이하의 수온에서 질산화 및 탈질은 낮은 효율을 볼 수 있었다. 따라서 RPS를 이용한 질소 제거를 위해 동절기의 경우 수온 대책 마련 및 추후 하절기 기간 중 RPS 질소 제거효율을 도출할 계획에 있다. TP의 경우 RPS_{in} 0.09(Ave.) RPS_{out} 0.09(Ave.) mg/L로 7.88%의 제거효율을 보였으며, 이는 MBP 처리시설 이후 낮은 용존성인 농도 유입으로 인해 생물학적 인 제거의 기작을 도출하기에는 어려운 점이 있었다. TSS의 경우 RPS_{in} 11.29(Ave.) RPS_{out} 12.05(Ave.) mg/L로 -5.94%의 효율을 보였으며, RPS 내부에 부착된 미생물이 유기물을 섭취, 성장하여 탈리된 것으로 사료된다.

표 17

[0133] RPS 모드 2 운전 결과

운전조건: 온도 0-15℃, HRT 64.23분(순환량 105.6m ³ /day), 공기주입량 3.1L/분				
과라미터		RPS In(mg/L)	RPS Out(mg/L)	제거효율(%)
온도(℃)	최소	8.10	8.10	-
	최대	8.60	8.60	-
	평균	8.42	8.30	-
TBOD ₅ (mg/L)	최소	41.60	18.60	41.77
	최대	51.00	29.00	57.34
	평균	46.50	23.72	49.04
TN(mg/L)	최소	16.70	16.00	4.19
	최대	22.90	21.20	12.04
	평균	21.13	19.35	8.33
TP(mg/L)	최소	0.08	0.05	-25.00
	최대	0.16	0.19	40.00
	평균	0.11	0.11	2.30
TSS(mg/L)	최소	11.00	12.00	-27.27
	최대	16.00	16.00	14.29
	평균	13.33	14.17	-7.20

[0134] 모드 2의 경우 하천 유입유량 105.6 m³/day 중 105.6 m³/day를 RPS로 유입하였으며, 유입유량에 대한 RPS 체류시간은 64.23분으로 고정 운전하였다. 공기주입량은 ① RPS 공기 공급량 변화에 따른 효율에서 도출된 최적 주입량 3.1 L/min을 공급하였다. RPS 운전 전 내부여재에 안성시 공공하수처리장의 슬러지를 이용하여 미생물을 부착 후 운전하였으며, 모드 별 운전 종료 후 미생물 부착량을 측정하였다.

[0135] 모드 2 운전 기간 중 RPS_{in} 수온의 경우 최소 8.10 최대 8.60℃로 평균 8.42℃를 나타냈으며, RPS_{out}의 경우 최

소 8.10 최대 8.60℃로 평균 8.30℃로 측정되었으며, RPS in, out에 대한 수온 변화는 적은 것으로 보였다. TBOD₅의 경우 RPS_{in} 46.50(Ave.) RPS_{out} 23.72(Ave.) mg/L로 49.04%의 제거효율을 나타냈다. RPS_{in} TSS와 RPS_{out} TSS의 차이가 없음을 볼 때, RPS를 이용한 BOD₅ 제거는 대부분 용존성(Soluble)으로 존재하는 BOD₅를 제거한 것으로 판단된다. TN의 경우 RPS_{in} 21.13(Ave.) RPS_{out} 19.35(Ave.) mg/L로 8.33%의 제거효율을 보였으며, 15℃ 이하의 수온에서 질산화 및 탈질의 낮은 효율을 볼 수 있었다. 따라서 RPS를 이용한 질소 제거를 위해 동절기의 경우 수온 대책 마련 및 추후 하절기 기간 중 RPS 질소 제거효율을 도출할 계획에 있다. TP의 경우 RPS_{in} 0.11(Ave.) RPS_{out} 0.11(Ave.) mg/L로 2.30%의 제거효율을 보였으며, 이는 MBP 처리시설 이후 낮은 총인 농도 유입으로 생물학적 총인제거의 기작을 도출하기에는 어려운 점이 있었다. TSS의 경우 RPS_{in} 13.33(Ave.) RPS_{out} 14.17(Ave.) mg/L로 -7.20%의 효율을 보였으며, 모드 1에 비해 미생물 탈리율이 증가하는 것을 보아 유입 유량, 부하량에 따라 미생물 성장량이 증가한 것으로 사료된다.

표 18

RPS 모드 3 운전 결과

운전조건: 온도 0-15℃, HRT 48.31분(순환량 140.4m ³ /day), 공기주입량 4.1L/분				
과라미터		RPS In(mg/L)	RPS Out(mg/L)	제거효율(%)
온도(℃)	최소	7.40	7.70	-
	최대	8.70	8.60	-
	평균	8.03	8.11	-
TBOD ₅ (mg/L)	최소	33.40	16.20	41.36
	최대	69.60	27.40	60.47
	평균	44.60	20.53	53.42
TN(mg/L)	최소	9.90	9.50	0.68
	최대	28.00	27.50	16.00
	평균	19.25	17.53	8.85
TP(mg/L)	최소	0.09	0.08	-18.75
	최대	0.25	0.21	36.84
	평균	0.16	0.15	5.94
TSS(mg/L)	최소	10.00	10.40	-30.00
	최대	18.00	20.00	11.43
	평균	13.29	14.19	-6.83

[0136]

[0137]

모드 3의 경우 하천 유입유량 140.4 m³/day 중 140.4 m³/day를 RPS로 유입하였으며, 유입유량에 대한 RPS 체류 시간은 48.31분으로 고정 운전하였다. 공기주입량은 ① RPS 공기 공급량 변화에 따른 효율에서 도출된 최적 주입량 4.1 L/min을 공급하였다. RPS 운전 전 내부여재에 안정시 공공하수처리장의 슬러지를 이용하여 미생물을 부착 후 운전하였으며, 모드 별 운전 종료 후 미생물 부착량을 측정하였다.

[0138]

모드 3 운전 기간 중 RPS_{in} 수온의 경우 최소 7.40 최대 8.70℃로 평균 8.03℃를 나타냈으며, RPS_{out}의 경우 최소 7.70 최대 8.60℃로 평균 8.11℃로 측정되었으며, RPS in, out에 대한 수온 변화는 적은 것으로 보였다. TBOD₅의 경우 RPS_{in} 44.60(Ave.) RPS_{out} 20.53(Ave.) mg/L로 53.42%의 제거효율을 나타냈다. RPS_{in} TSS와 RPS_{out} TSS의 차이가 없음을 볼 때 RPS를 이용한 BOD₅ 제거는 대부분 용존성(Soluble)으로 존재하는 BOD₅를 제거한 것으로 판단된다. TN의 경우 RPS_{in} 19.25(Ave.) RPS_{out} 17.53(Ave.) mg/L로 8.85%의 제거효율을 보였으며, 15℃ 이하의 수온에서 질산화 및 탈질의 낮은 효율을 볼 수 있었다. TP의 경우 RPS_{in} 0.16(Ave.) RPS_{out} 0.15(Ave.) mg/L로 5.94%의 제거효율을 보였으며, 이는 MBP 처리시설 이후 낮은 총인 농도 유입으로 생물학적 총인제거의 기작을 도출하기에는 어려운 점이 있었다. TSS의 경우 RPS_{in} 13.29(Ave.) RPS_{out} 14.19(Ave.) mg/L로 -6.83%의 효율을 보였다.

표 19

[0139]

RPS 모드 4 운전 결과

운전조건: 온도 0-15℃, HRT 37.93분(순환량 178.8m ³ /day), 공기주입량 5.2L/분				
파라미터		RPS In(mg/L)	RPS Out(mg/L)	제거효율(%)
온도(℃)	최소	8.00	8.40	-
	최대	9.40	9.70	-
	평균	8.88	9.13	-
TBOD ₅ (mg/L)	최소	39.60	23.40	37.33
	최대	53.60	32.20	50.00
	평균	47.60	27.13	42.94
TN(mg/L)	최소	18.30	17.80	0.85
	최대	25.90	24.10	10.05
	평균	21.51	20.40	5.11
TP(mg/L)	최소	0.09	0.08	-33.33
	최대	0.19	0.20	22.22
	평균	0.14	0.13	2.31
TSS(mg/L)	최소	11.00	13.60	-28.57
	최대	17.00	18.00	12.50
	평균	13.92	15.13	-9.80

[0140]

모드 4의 경우 하천 유입유량 178.8 m³/day 중 178.8 m³/day를 RPS로 유입하였으며, 유입유량에 대한 RPS 체류 시간은 37.93분으로 고정 운전하였다. 공기주입량은 ① RPS 공기 공급량 변화에 따른 효율에서 도출된 최적 주입량 5.2 L/min을 공급하였다. RPS 운전 전 내부여체에 안성시 공공하수처리장의 슬러지를 이용하여 미생물을 부착 후 운전하였으며, 모드 별 운전 종료 후 미생물 부착량을 측정하였다.

[0141]

모드 4 운전 기간 중 RPS_{in} 수온의 경우 최소 8.00 최대 9.40℃로 평균 8.88℃를 나타냈으며, RPS_{out}의 경우 최소 8.40 최대 9.70℃로 평균 9.13℃로 측정되었으며, RPS in, out에 대한 수온 변화는 적은 것으로 보였다. TBOD₅의 경우 RPS_{in} 47.60(Ave.) RPS_{out} 27.13(Ave.) mg/L로 42.94%의 제거효율을 나타냈다. RPS_{in} TSS와 RPS_{out} TSS의 차이가 없음을 볼 때 RPS를 이용한 BOD₅ 제거는 대부분 용존성(Soluble)으로 존재하는 BOD₅를 제거한 것으로 판단된다. TN의 경우 RPS_{in} 21.51(Ave.) RPS_{out} 20.40(Ave.) mg/L로 5.11%의 제거효율을 보였으며, 15℃ 이하의 수온에서 질산화 및 탈질은 낮은 효율을 볼 수 있었다. TP의 경우 RPS_{in} 0.14(Ave.) RPS_{out} 0.13(Ave.) mg/L로 2.31%의 제거효율을 보였으며, 이는 MBP 처리시설 이후 낮은 총인 농도 유입으로 생물학적 총인 제거의 기작을 도출하기에는 어려운 점이 있었다. TSS의 경우 RPS_{in} 13.92(Ave.) RPS_{out} 15.13(Ave.) mg/L로 -9.80%의 효율을 보였다.

표 20

[0142]

RPS 모드 5 운전 결과

운전조건: 온도 0-15℃, HRT 31.05분(순환량 218.4m ³ /day), 공기주입량 6.4L/분				
파라미터		RPS In(mg/L)	RPS Out(mg/L)	제거효율(%)
온도(℃)	최소	7.20	7.10	-
	최대	8.00	8.30	-
	평균	7.67	7.75	-
TBOD ₅ (mg/L)	최소	36.80	24.40	27.17
	최대	54.80	29.70	52.55
	평균	47.90	26.61	43.73
TN(mg/L)	최소	20.70	20.00	0.00
	최대	29.80	29.10	7.81
	평균	24.14	23.18	3.97
TP(mg/L)	최소	0.15	0.13	-10.53
	최대	0.26	0.22	31.58
	평균	0.19	0.17	8.42

TSS(mg/L)	최소	13.00	14.00	-23.08
	최대	20.00	19.00	11.76
	평균	15.92	16.77	-6.43

[0143] 모드 5의 경우 하천 유입유량 218.4 m³/day 중 218.4 m³/day를 RPS로 유입하였으며, 유입유량에 대한 RPS 체류 시간은 31.05분으로 고정 운전하였다. 공기주입량은 ① RPS 공기 공급량 변화에 따른 효율에서 도출된 최적 주입량 6.4 L/min을 공급하였다. RPS 운전 전 내부여재에 안성시 공공하수처리장의 슬러지를 이용하여 미생물을 부착 후 운전하였으며, 모드 별 운전 종료 후 미생물 부착량을 측정하였다.

[0144] 모드 5 운전 기간 중 RPS_{in} 수온의 경우 최소 7.20 최대 8.00℃로 평균 7.67℃를 나타냈으며, RPS_{out}의 경우 최소 7.10 최대 8.30℃로 평균 7.75℃로 측정되었으며, RPS in out에 대한 수온 변화는 적은 것으로 보였다. TBOD₅의 경우 RPS_{in} 47.90(Ave.) RPS_{out} 26.61(Ave.) mg/L로 43.73%의 제거효율을 나타냈다. RPS_{in} TSS와 RPS_{out} TSS의 차이가 없음을 볼 때 RPS를 이용한 BOD₅ 제거는 대부분 용존성(Soluble)으로 존재하는 BOD₅를 제거한 것으로 판단된다. TN의 경우 RPS_{in} 24.14(Ave.) RPS_{out} 23.18(Ave.) mg/L로 3.97%의 제거효율을 보였으며, 15℃ 이하의 수온에서 질산화 및 탈질은 낮은 효율을 볼 수 있었다. TP의 경우 RPS_{in} 0.19(Ave.) RPS_{out} 0.17(Ave.) mg/L로 8.42%의 제거효율을 보였으며, 이는 MBP 처리시설 이후 낮은 총인 농도 유입으로 생물학적 총인 제거의 기작을 도출하기에는 어려운 점이 있었다. TSS의 경우 RPS_{in} 15.92(Ave.) RPS_{out} 16.77(Ave.) mg/L로 -6.43%의 효율을 보였다.

표 21

RPS 모드 6 운전 결과

[0145]

운전조건: 온도 0-15℃, HRT 22.98분(순환량 295.2m ³ /day), 공기주입량 8.6L/분				
과라미터		RPS In(mg/L)	RPS Out(mg/L)	제거효율(%)
온도(℃)	최소	9.00	9.60	-
	최대	10.40	10.80	-
	평균	9.82	10.18	-
TBOD ₅ (mg/L)	최소	51.40	42.80	16.72
	최대	62.40	51.80	20.33
	평균	58.3	47.78	17.98
TN(mg/L)	최소	18.80	18.70	0.00
	최대	27.10	26.60	3.72
	평균	21.71	21.42	1.32
TP(mg/L)	최소	0.17	0.17	-11.76
	최대	0.23	0.22	17.39
	평균	0.20	0.19	2.00
TSS(mg/L)	최소	19.00	19.00	-5.26
	최대	28.00	28.00	10.71
	평균	25.25	25.42	-0.88

[0146] 모드 6의 경우 하천 유입유량 295.2 m³/day 중 295.2 m³/day를 RPS로 유입하였으며, 유입유량에 대한 RPS 체류 시간은 22.98분으로 고정 운전하였다. 공기주입량은 ① RPS 공기 공급량 변화에 따른 효율에서 도출된 최적 주입량 8.6 L/min을 공급하였다. RPS 운전 전 내부여재에 안성시 공공하수처리장의 슬러지를 이용하여 미생물을 부착 후 운전하였으며, 모드 별 운전 종료 후 미생물 부착량을 측정하였다.

[0147] 모드 6 운전 기간 중 RPS_{in} 수온의 경우 최소 9.00 최대 10.40℃로 평균 9.82℃를 나타냈으며, RPS_{out}의 경우 최소 9.60 최대 10.80℃로 평균 10.18℃로 측정되었으며, RPS in out에 대한 수온 변화는 적은 것으로 보였다. TBOD₅의 경우 RPS_{in} 58.3(Ave.) RPS_{out} 47.78(Ave.) mg/L로 17.98%의 제거효율을 나타냈다. RPS_{in} TSS와 RPS_{out} TSS의 차이가 없음을 볼 때 RPS를 이용한 BOD₅ 제거는 대부분 용존성(Soluble)으로 존재하는 BOD₅를 제거한 것으로 판단된다. TN의 경우 RPS_{in} 21.71(Ave.) RPS_{out} 21.42(Ave.) mg/L로 1.32%의 제거효율을 보였으며, 15℃ 이

하의 수온에서 질산화 및 탈질에 낮은 효율을 볼 수 있었다. TP의 경우 RPS_{in} 0.20(Ave.) RPS_{out} 0.19(Ave.) mg/L로 2.00%의 제거효율을 보였으며, 이는 MBP 처리시설 이후 낮은 총인 농도 유입으로 생물학적 총인 제거의 기작을 도출하기에는 어려운 점이 있었다. TSS의 경우 RPS_{in} 25.25(Ave.) RPS_{out} 25.42(Ave.) mg/L로 -0.88%의 효율을 보였다.

[0148] 모드 별 운전조건에 대한 RPS 공정의 오염물질 제거 특성을 종합한 결과 $TBOD_5$ 의 경우 모드 1, 2, 3, 4, 5에서 52.95, 49.04, 53.42, 42.94, 43.74%의 제거효율로 효율의 큰 변동이 없었으며, 모드 6(HRT 22.98분)에서 17.98%로 제거효율이 상대적으로 크게 감소되는 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 체류시간에 따라 $TBOD_5$ 의 제거효율이 선형적으로 증가하거나 감소하는 경향이 아님을 나타내고 있으며, 일정 체류시간 이후로 감소하는 경향을 나타낸다는 점을 도출할 수 있었다. 또한 RPS 체류시간에 따른 제거효율(농도위주)과 제거부하량의 상관관계를 그래프 화하여 최적 체류시간을 도출하였다. 그 결과, 모드 5(HRT 31.05) 이후 제거효율 및 제거 부하량이 감소하는 것을 볼 수 있었다. 따라서 RPS 공정의 최적 운전조건을 모드 5로 결정하였다.

[0149] **2.3 하천 부하량 변화에 따른 공정 효율 (순환방식 운전 방식)**

[0150] 본 발명의 목적은 특히, 도심 내 중소하천에 적용 가능한 오염물질 저감 수처리 방법의 개발을 통한 $TBOD_5$, TSS, TN, TP의 효율적인 처리 방안 도출에 있다. 이에 물리화학적, 생물학적 장치효율을 통해서 각 유닛(스트레이너, MBP, RPS,)에 대한 모드별 오염물질 처리효율, 제거부하량, 최적체류시간 등을 도출하였다.

[0151] 이를 토대로 본 하천부하량 변화에 따른 공정효율에서는 RPS의 최적체류시간 30분을 고정(RPS 순환유량을 고정) 운전하여 설비 유입 부하량(농도고정, 유량변화)을 변화하였다. 유입 부하량 변화라는 측면은 실증 설비 설계 시 하천유량 대비 처리수 순환유량에 대한 최대 가능 저감농도 및 저감부하량을 평가하기 위해서 수행하였다.

[0152] 모드에 대한 공정효율은 『Influent(유입 농도) -> Influent+Recycle(유입+처리수 농도) -> RPS_{in} (가압부상 in) -> RPS_{out} (가압부상 out) -> Effluent(방류수)』 순서로 평가하였다.

[0153] 모드 1의 경우 설비 유입유량($68.4 \text{ m}^3/\text{day}$) 대비 RPS 순환유량($218.4 \text{ m}^3/\text{day}$) 비율이 3.19로 운전되었다. MBP 운전조건인 경우 부상체류시간 61.0분, 약품주입량 2 L/day로 고정 운전하였다. RPS의 경우 최적체류시간 30분을 적용하여 하루 $218.4 \text{ m}^3/\text{day}$ 로 순환시켰다.

[0154] 모드 1에 대한 공정효율 평가 결과 $TBOD_5$ 의 경우 80.1%, TSS의 경우 92.6%, TN의 경우 33.5%, TP의 경우 97.4%의 제거효율을 각각 나타냈다.

[0155] 모드 2의 경우 설비 유입유량($140.4 \text{ m}^3/\text{day}$) 대비 RPS 순환유량($218.4 \text{ m}^3/\text{day}$) 비율이 1.55로 운전되었다. MBP 운전조건인 경우 부상체류시간 30.0분, 약품주입량 4.1 L/day로 고정 운전하였다. RPS의 경우 최적체류시간 30분을 적용하여 하루 $218.4 \text{ m}^3/\text{day}$ 로 순환시켰다.

[0156] 모드 2에 대한 공정효율 평가 결과 $TBOD_5$ 의 경우 70.2%, TSS의 경우 88.7%, TN의 경우 23.0%, TP의 경우 95.7%의 제거효율을 각각 나타냈다.

[0157] 모드 3의 경우 설비 유입유량($218.4 \text{ m}^3/\text{day}$) 대비 RPS 순환유량($218.4 \text{ m}^3/\text{day}$) 비율이 1.0로 운전되었다. MBP 운전조건인 경우 부상체류시간 19.0분, 약품주입량 6.4 L/day로 고정 운전하였다. RPS의 경우 최적체류시간 30분을 적용하여 하루 $218.4 \text{ m}^3/\text{day}$ 로 순환시켰다.

[0158] 모드 3에 대한 공정효율 평가 결과 $TBOD_5$ 의 경우 64.3%, TSS의 경우 86.2%, TN의 경우 19.0%, TP의 경우 94.9%

의 제거효율을 각각 나타냈다.

[0159] 모드 4의 경우 설비 유입유량(295.2 m³/day) 대비 RPS 순환유량(218.4 m³/day) 비율이 0.74로 운전되었다. MBP 운전조건인 경우 부상체류시간 14.0분, 약품주입량 8.7 L/day로 고정 운전하였다. RPS의 경우 최적체류시간 30분을 적용하여 하루 218.4 m³/day로 순환시켰다.

[0160] 모드 4에 대한 공정효율 평가 결과 TBOD₅의 경우 60.3%, TSS의 경우 84.6%, TN의 경우 16.6%의 제거효율을 나타냈다. TP의 경우 94.2%의 제거효율을 각각 나타냈다.

[0161] 운전 조건에 따른 순환방식의 오염물질 제거 특성을 종합한 결과 TBOD₅의 경우 Q_{Recycle}/Q_{Influent} 비율(3.19, 1.55, 1.0, 0.74) 감소에 따라 80.1, 70.2, 64.3, 60.3%로 제거효율이 감소하는 것을 나타냈으며, TSS의 경우 Q_{Recycle}/Q_{Influent} 감소에 따라 92.6, 88.7, 86.2, 84.6 %로 제거효율이 감소하는 것을 볼 수 있었다. 또한 TN, TP의 경우에도 33.5, 23.0, 19.0, 16.6% (TN) 92.6, 88.7, 86.2, 84.6% (TP)로 감소하는 것을 볼 수 있었다.

[0162] **2.4 설계인자 적용 방안 및 물질수질(Mass Balance) 작성**

[0163] 추후 실증 설비 설치 및 기술의 사업화를 위해 본 실험에서 도출된 설계인자를 적용 하여 그에 따른 물질수지(Mass Balance)를 수립하였다. 물질수지란 정상상태에서 유입 수질, 유량 및 목표 방류 수질을 설정하여 장치 설계에 대한 정량화 및 타당성을 검증하는 절차이다. 또한 유입 오염 부하량 및 방류 오염 부하량과 설비 내부에서 제거되는 오염 부하량을 정량적으로 계산하여, 설계의 신뢰도를 높이는 작업이다. 이에 본 발명에서 도출된 물리화학적 공정 및 생물학적 공정의 설계인자를 기본으로 하여 물질수지를 작성하였으며, 도 1에 물질수지 작성 방안을 나타냈다.

[0164] 설계인자 적용 방안으로는 순환 방식에서 나온 결과를 토대로 Q_{Recycle}/Q_{Influent} 비를 이용하여 하천 유량에 따라 순환 유량을 결정하며, 그에 따른 최대 오염물질 제거효율을 결정한다. Q_{Recycle}/Q_{Influent} 비를 이용한 최대 오염물질 제거효율 결정을 도 5에 나타내었다. 도 5에서와 같이 Q_{Recycle}/Q_{Influent} 비를 2.2로 설정하였다면, TBOD₅의 최대 제거효율은 60%가 된다. 예로 하천 유입 TBOD₅의 유량 및 농도가 10,000 m³/day, 20 mg/L이며 Mass로는 200 kg/day가 된다. 하천 유입 TBOD₅를 제거하기 위해 시스템 반송을 22,000 m³/day를 하게 되면, 하천 방류 TBOD₅의 유량 및 농도는 10,000 m³/day, 8 mg/L가 되며 Mass로는 80 kg/day가 된다. 즉 유입 Mass - 방류 Mass는 200 - 80 kg/day = 120 kg/day가 되며 이 값은 시스템에서 제거해야 될 부하량이 된다. 시스템에서 제거해야 할 부하량이 산정 되면 각 시스템 (MBP, RPS)에 대한 버블 토출량, Main Body 체적, 펌프용량, RPS 체적, 미생물 부착량 등을 산정하게 된다.

[0165] **3. 기존 하천정화 공법 및 본 발명의 하천정화 공법의 비교평가**

[0166] 상기 비교예 1의 기존 하천정화 공법과 상기 실시예 1의 본 발명의 하천정화 공법의 경제적, 환경적인 측면에서 비교평가하였으며, 평가 시 과업 기간 중 수행한 모니터링 결과의 경우 객관적인 검토 자료로 부족 할 수 있다고 판단되어, 2009년 평가되었던 수질결과(경안천수계(금어천)생태습지 수질저감효율 측정을 위한 모니터링, 2007, 변우일, 경기지역환경기술개발센터)를 토대로 작성하였다.

[0167] 기존 하천정화 공법으로서 자연형 공법과 장치형 공법을 비교 검토하면 자연형 공법의 경우 하천 소요부지 면적이 큰 반면 장치형 공법의 경우 비교적 적은 부지를 필요로 한다.

[0168] 또한 수질 오염 측면에서 자연형 공법에 비해 장치형 공법이 TBOD₅, TSS 제거 효율이 높으며, 생활하수로 인한 수질오염이 심한 도심지역 내에서는 장치형 공법의 설치가 유리하다. 하지만 현재까지 개발된 장치 공법의 경우

유기물(TBOD₅, TSS) 제거 효율이 높은 반면 영양염류 제거 측면에서는 자연형 공법에 비해 낮은 효율을 나타내고 있다.

[0169] 초기 건설비 및 유지관리비 측면에서는 자연형 공법이 유리하지만 매년 홍수 및 동절기 건천화로 인한 관리의 어려움과 시설의 유실이 문제가 되고 있다. 아래 표 22에 기존 자연형 및 장치형 공법의 강점과 한계를 기술하였다.

표 22

[0170] 기존 자연형 및 장치형 공법의 강점과 한계

자연형 하천수질 정화 공법		장치형 하천수질 정화 공법	
강점	한계	강점	한계
건설비용 및 유지관리 비용 낮음	많은 면적이 소요	소요 부지 면적이 적음	초기 투자비 및 유지관리 비용 높음
영양염류(질소, 인) 제거 효과 우수	최적 설계 자료가 부족	계절별 운전조건 및 설계 자료가 명확함	물리화학공정만으로는 영양염류제거 어려움
슬러지가 없고, 화학적인 조작이 필요 없음	계절적 환경조건에 따라 처리효율 변동성 큼	계절별 수온 및 농도에 대응성이 큼	약품 주입에 따른 부가적인 부산물 발생
경관향상, 친수 공간 조성	도심지역 적용의 어려움	도심지역 적용이 가능함	경관향상 및 친수공간 확보의 어려움
친환경적 운영가능	동절기 건천화 하천의 경우 운영의 어려움	짧은 체류시간으로 건천화 에 영향이 적음	친환경적 운영의 어려움
야생동물의 서식지 기능	암모니아, 농약과 같은 독성물질에 민감함	물리화학적 공정으로 독성 물질에 대응 가능	소생물 서식지의 기능이 없음

[0171] 기존 하천수질 정화공법의 강점 및 한계를 살펴보았으며, 이를 토대로 본 발명의 하천수질 정화 공법을 평가를 하여 아래 표 23에 나타내었다. 우선 경제적 측면에서는 톤당 처리비용이 A하천공법 > 본 발명의 하천공법 > B 하천공법 순으로 낮게 나타났으며, 각각 92.1, 102, 346 원/톤을 나타냈다. 총비용 산정은 초기비용과 매년 투입되는 운영비를 현가화하여 합산하였으며, 이때 시설의 수명은 10년으로 보았으며 할인율은 5%를 적용하였다. (PV= F*1/(1+r)ⁿ =F*DC, 현재부터 n년 후에 비용 또는 편익이 F원 발생하며, 이때의 할인율을 r이라 하면 비용 또는 편익의 현재가치를 PV라고 한다.) 단, A하천공법의 정확한 월 유지관리비 산정이 어려운 관계로 2004년 서울시정개발연구원에서 조사한 일반적인 인공습지 유지관리비를 사용하였다. 자연형 하천 공법의 경우 홍수 및 건천화로 시설 유실이 문제되어 실제적으로 유지관리 비용이 조사 내용보다 더 나올 것으로 판단되지만, 객관성을 유지하기 위해 문헌에 나온 유지관리 비용으로 산정하였다. 초기 공사비용에 할인율 r을 적용하여 10년 동안의 평균 비용과 연간 유지관리비용을 더하여 총비용을 산정하였으며, 산정된 총비용에 10년 동안 처리하는 유량을 나누어 톤당 처리비용을 산출하였다.

[0172] 부지 소요면적에서는 A하천공법 < B하천공법 < 본 개발 기술 순으로 높게 나타났으며, 각각 9,767, 50, 38.5 m²로 산정되었다. 단 본 개발 기술의 경우 RPS 공정은 지하 매립이라는 가정으로 순수하게 장비(펌프, 컴프레서, 유량계) 소요 면적만을 고려하였다. 환경적 측면에서는 A하천의 경우 전력 사용 및 약품 사용량이 없는 반면 B 하천의 경우 0.037 kwh/톤의 전력사용을 나타냈으며, 본 개발 기술의 경우 0.037 kwh/톤의 전력사용과 0.03 kg/톤의 약품사용량을 보였다. 단위 면적당 오염 부하량 제거의 경우 본 개발 기술 > B하천공법 > A하천공법 순으로 본 개발 기술의 경우 A하천 공법에 비해 TBOD₅, TSS, TN, TP에서 약 243, 2.5, 16.7, 3,233 배 높은 것으로 나타나 자연형 하천과 장치형 하천의 단위 면적당 오염 부하량 효율차이가 많이 나는 것으로 나타났다.

표 23

[0173] 기존 하천정화공법과 본 발명의 하천정화공법의 경제성 검토

구분	자연형공법 (A하천)	장치형공법 (B하천)	본 발명의 공법 (금석천)
처리유량	3,300m ³ /day	200m ³ /day	400m ³ /day

경제적 측면	초기 공사비용: (1,300)백만원 유지관리비용: (7.8)백만원 톤당 처리비용: (92.1)원/톤 소요부지면적: 9,767m ²	초기 공사비용: (294)백만원 유지관리비용: (2.0)백만원 톤당 처리비용: (346)원/톤 소요부지면적: 50.0 m ²	초기 공사비용: (150)백만원 유지관리비용: (4.0)백만원 톤당 처리비용: (102)원/톤 소요부지면적: 38.5 m ²
	부지면적: 9,767m ² 면적당 임대단가: 2,500원/m ² ·월 년간 임대비용: (293)백만원 톤당 임대비용: (88,791)원	부지면적 : 50.0 m ² 면적당 임대단가: 2,500원/m ² ·월 년간 임대비용: (1.5)백만원 톤당 임대비용: (7,500)원	부지면적 : 38.5 m ² 면적당 임대단가: 2,500원/m ² ·월 년간 임대비용: (1.15)백만원 톤당 임대비용: (2,887.5)원
환경적 측면	전력 사용량: (0)kwh/톤 약품 사용량: (0)kwh/톤 (약품 미주입)	전력 사용량: (0.037)kwh/톤 약품 사용량: (0)kg/톤 (약품 미주입)	전력 사용량: (0.037)kwh/톤 약품 사용량: (0.03)kg/톤 *약품 주요성분: PAC
단위면적당 오염 부하량 제거	TBOD ₅ : 0.001 TSS: 0.0069 TN: 0.00036 TP: 0.00006 단위: Q(S ₀ -S)/m ² , Kg/m ² ·day	TBOD ₅ : 0.023 TSS: 0.009 T N: - T P: - 단위 : Q(S ₀ -S)/m ² , Kg/m ² ·day	TBOD ₅ : 0.243 TSS: 0.017 T N: 0.006 T P: 0.194 단위: Q(S ₀ -S)/m ² , Kg/m ² ·day
년간 오염 부하량 제거	일처리유량 10,000m ³ /day 기준 TBOD ₅ : 13,129 kg/yr TSS : 74,132 kg/yr T N : 3,909 kg/yr T P : 678.9 kg/yr	일처리유량: 10,000 m ³ /day 기준 TBOD ₅ : 8,869.5 kg/yr TSS : 17,629 kg/yr T N : - T P : -	일처리유량: 10,000 m ³ /day 기준 TBOD ₅ : 282,145 kg/yr TSS: 232,505 kg/yr T N: 30,587 kg/yr T P: 6,716 kg/yr (순환식 모드 1 기준)
처리수 순환 기능	없음 - 약 1.0 day 이상의 체류 시간으로 증발량 생김	없음 - 처리 후 하류로 방류	RPS 관을 통해 오염물질 제거기능과 처리수 순환 기능을 동시에 수행 동절기 건천화 방지 효과
공법 적용 범위	부지 확보가 가능한 지역	도심지역 가능 주요 오염 처리 성분이 유기물인 경우	도심지역 가능 건천화 하천 - 순환 기능 생활하수가 유입되는 하천 유기물, 영양염류 가능
설계인자 적용의 범용성	적용 범용성 낮음	적용 범용성 중간	적용 범용성 높음 도출된 설계인자를 토대로 부하량 변화에 따른 장치 설계 가능

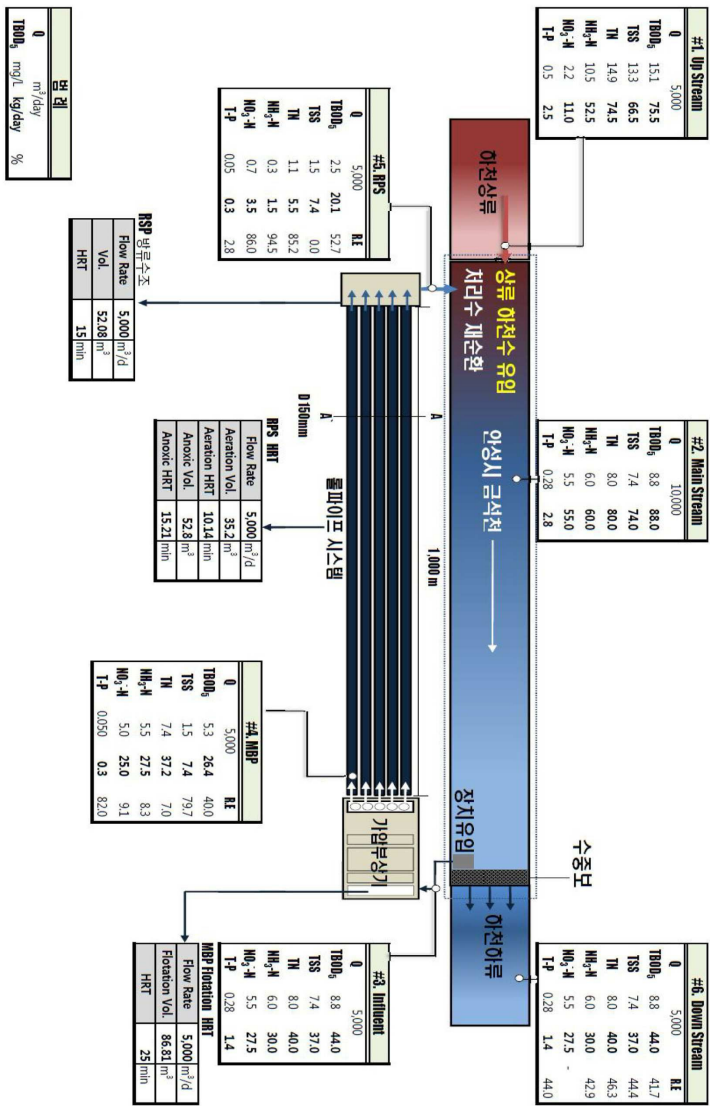
[0174] 연간 오염 부하량 제거의 경우 일처리 유량을 10,000 m³/day로 하였을 때 본 발명의 하천공법 > A하천공법 > B하천공법 순으로 높게 나타났다. 실제 A하천의 경우 2007년 문헌(경안천수계(금어천)생태습지 수질저감효율 측정을 위한 모니터링, 2007, 변우일, 경기지역환경기술개발센터)에 의한 모니터링 수질을 기초로 산정하였으며, 본 연구기간 수행하였던 모니터링 수질을 기초로 산정한다면 더 낮은 오염 부하량 제거 값이 산정 될 것으로 판단된다.

부호의 설명

- [0175]
- 1: 유입배관
 - 2: 수위표시
 - 3: 콘크리트벽
 - 4: 큰 협잡물 제거용 망(또는 자갈이 함유된 여과관)
 - 5: 배관밸브 조절장치
 - 6: 펌프
 - 7: 배출배관

도면

도면1



도면2



도면3



도면4



도면5

