



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0031754
(43) 공개일자 2014년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 19/00 (2011.01) G06Q 50/26 (2012.01)
(21) 출원번호 10-2012-0098462
(22) 출원일자 2012년09월05일
심사청구일자 2012년09월05일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
유창규
경기 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 1동 공과대학 (서천동, 경희대학교)
오태석
경기 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 공과대학 27 5호 (서천동, 경희대학교)
(74) 대리인
임상엽, 이창희, 고영갑, 권정기

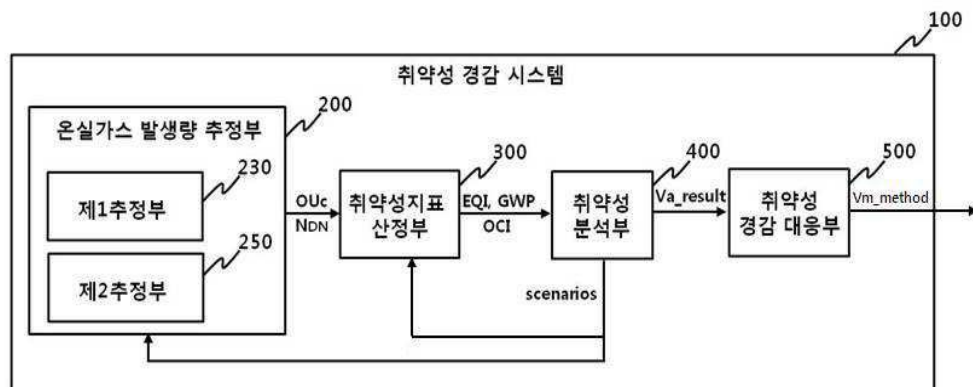
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템

(57) 요약

취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템이 개시된다. 상기 하수처리장 취약성 경감 시스템은 시나리오들 각각에 따라 하수처리장으로부터 배출되는 온실가스의 발생량을 매스 밸런스를 이용하여 추정하는 온실가스 발생량 추정부와 상기 온실가스 발생량 추정부가 추정한 상기 온실가스의 발생량 또는 상기 하수처리장의 유출수로부터 취약성 지표들을 산출하는 취약성 지표 산정부와 상기 취약성 지표 산정부로부터 산출된 취약성 지표들을 이용하여 상기 하수처리장의 취약성을 분석하는 취약성 분석부 및 상기 취약성 분석부의 분석 결과에 따라 상기 하수처리장 내의 호기조 사이즈를 조정 사이즈로 증가시키거나 미생물의 산소전달 계수 값을 조정 범위 내에서 증가시키도록 제어하는 취약성 경감 대응부를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

시나리오들 각각에 따라 하수처리장으로부터 배출되는 온실가스(GHG)의 발생량을 매스 밸런스(mass balance)를 이용하여 추정하는 온실가스 발생량 추정부;

상기 온실가스 발생량 추정부가 추정한 상기 온실가스의 발생량 또는 상기 하수처리장의 유출수로부터 취약성 지표들을 산출하는 취약성 지표 산정부;

상기 취약성 지표 산정부로부터 산출된 취약성 지표들을 이용하여 상기 하수처리장의 취약성을 분석하는 취약성 분석부; 및

상기 취약성 분석부의 분석 결과에 따라 상기 하수처리장 내의 호기조 사이즈를 소정 사이즈로 증가시키거나 미생물의 산소전달 계수 값을 소정 범위 내에서 증가시키도록 제어하는 취약성 경감 대응부;를 포함하는 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 온실가스 발생량 추정부는,

COD 매스 밸런스를 이용하여 상기 온실가스 중에서 이산화탄소와 메탄의 발생량을 추정하고, 질소 매스 밸런스를 이용하여 상기 온실가스 중에서 아산화질소의 발생량을 추정하는 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 취약성 지표 산정부는,

상기 온실가스 발생량으로부터 계산된 상기 하수처리장의 지구온난화지수(GWP)를 상기 취약성 지표로서 산출하고, 상기 하수처리장의 유출수로부터 계산된 유출수 수질지표(EQI)를 상기 취약성 지표로서 산출하는 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 취약성 지표 산정부는,

상기 하수처리장의 폭기 에너지 비용, 펌핑 에너지 비용, 슬러지 펌핑 에너지 비용 및 혼합 에너지 비용으로부터 계산된 운전비용지표(OCI)를 상기 취약성 지표로서 더 산출하고,

상기 취약성 분석부는,

상기 지구온난화지수, 상기 유출수 수질지표 및 상기 운전비용지표 중 적어도 둘 이상을 조합하여 기후 변화에 대한 상기 하수처리장의 취약성을 분석하는 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 취약성 분석부는,

상기 취약성 지표 산정부로부터 산출된 취약성 지표들에 대한 정보를 저장하는 취약성 지표 DB;

상기 시나리오들을 생성하여, 상기 온실가스 발생량 추정부 및 상기 취약성 지표 산정부로 전송하는 기후변화 시뮬레이터; 및

상기 시나리오들 각각에 대응하여 상기 취약성 지표 산정부가 산출한 취약성 지표들을 비교하고 상기 하수처리장의 취약성을 분석하는 분석모듈;을 포함하는 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 시나리오들 각각은 우수기 시나리오 및 갈수기 시나리오인 취약성 평가 지표를 이용한 하

수처리장 취약성 경감 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 취약성 경감 대응부는,

상기 취약성 분석부의 분석 결과에 따라 반응조 내부의 산소 농도(DO)를 일정하게 유지시켜 상기 하수처리장의 취약성을 경감시키는 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 하수처리장의 기후 변화에 대한 취약성 판단 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기후변화에 따라 하수처리장에서 발생하는 온실가스 발생량을 추정하고 하수처리장 취약성 평가 지표를 참조하여 하수처리장의 취약성을 분석함으로써 취약성을 경감할 수 있는 방안을 제시하는 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지난 수백 년 동안, 지구 표면 온도는 꾸준히 상승해 왔으며, 이러한 지구 온난화의 영향으로 해수면이 상승하고 장마와 가뭄이 잦아졌으며, 태풍이 자주 발생하고 있다. 이러한 지구 온난화의 주요 원인 중 하나는 온실가스(Greenhouse Gaese, GHG)이며, 온실가스 배출량은 1970년부터 2006년 사이에 약 70% 가량 증가하였다. 주요한 온실가스로는 이산화탄소(CO₂), 아산화질소(N₂O), 메탄(CH₄) 등이 있으며, 주요 온실가스의 배출량을 감축하기 위해 온실가스 배출원에 대한 관리의 중요성이 날로 부각되고 있다. 이러한 상황에서, 도시 하수와 산업 폐수의 발생량은 도시화 및 인구 증가와 함께 생활 수준의 향상으로 인해 지속적으로 증가하고 있으며, 오염 부하량 역시 생물학적 영양 염류인 질소와 인의 과도한 유입으로 인해 마찬가지로 증가하고 있다. 국내 다수의 하수 및 폐수 처리장은 질소 및 인의 효과적인 제거를 위해 생물학적 고도처리 공법을 이용하고 있으며, 이러한 미생물 기반 고도처리 공법은 하수를 혐기적(anaerobic)으로 처리한다. 그러나 상기의 고도처리 과정 중 메탄 및 아산화질소 등의 온실가스가 다량으로 발생 되어 대기 중으로 배출됨으로써, 하수처리장은 새로운 온실가스 배출원이 되고 있다. 2006년 기후 변화에 관한 정부간협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서 발간한 '제4차 기후변화 평가 보고서'를 참고하면, 기후 변화는 명백하게 진행되고 있으며 인간의 무분별한 활동으로 인해 자연 및 인간 시스템이 영향을 받고 있음을 상세히 알 수 있다. 이러한 기후 변화로 인한 영향은 자연 환경, 산업 경제, 사회 문화 등 여러 분야에 걸쳐 다양하게 나타나고 있으며, 또한 우리 사회의 기반이라고 할 수 있는 물리적 사회 기반 시설은 이와 같은 기후 변화로 인한 영향에 상당히 취약한 문제점이 있다. 특히 수자원 관련 사회기반 시설 중 하수처리장에서의 기후 변화 취약성(vulnerability)은 예상보다 크게 나타나고 있다. 그럼에도 불구하고, 기후 변화에 따른 하수처리장의 취약성 평가 지표, 온실가스 발생량 절감 기술, 기후 변화 적응 제어 기술 연구는 국내외적으로 아직 진행되지 않고 있는 상황이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적인 과제는 하수처리장에서 발생하는 온실가스 발생량을 추정하고 기후 변화에 따른 하수처리장 취약성 평가 지표를 기준으로 하수처리장의 취약성을 분석함으로써 하수처리장에 대한 취약성을 경감할 수 있는 하수처리장 취약성 경감 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 실시 예에 따른 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템은 본 발명의 실시 예에 따른 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템은 시나리오들 각각에 따라 하수처리장으로부터 배출되는 온실가스(GHG)의 발생량을 매스 밸런스(mass balance)를 이용하여 추정하는 온실가스 발생량 추정부와 상기 온실가스 발생량 추정부가 추정한 상기 온실가스의 발생량 또는 상기 하수처리장의 유출수로부터 취약성 지표들을 산출하는 취약성 지표 산정부와 상기 취약성 지표 산정부로부터 산출된 취약성 지표들을 이용하여 상기 하수처리장의 취약성을 분석하는 취약성 분석부 및 상기 취약성 분석부의 분석 결과에 따라 상기 하수처리장 내의 호기조 사이즈를 소정 사이즈로 증가시키거나 미생물의 산소전달 계수 값을 소정 범위 내에서 증가시키도

록 제어하는 취약성 경감 대응부를 포함한다.

- [0005] 상기 온실가스 발생량 추정부는 COD 매스 밸런스를 이용하여 상기 온실가스 중에서 이산화탄소와 메탄의 발생량을 추정하고, 질소 매스 밸런스를 이용하여 상기 온실가스 중에서 아산화질소의 발생량을 추정할 수 있다.
- [0006] 상기 취약성 지표 산정부는 상기 온실가스 발생량으로부터 계산된 상기 하수처리장의 지구온난화지수(GWP)를 상기 취약성 지표로서 산출하고, 상기 하수처리장의 유출수로부터 계산된 유출수 수질지표(EQI)를 상기 취약성 지표로서 산출할 수 있다.
- [0007] 실시 예에 따라, 상기 취약성 지표 산정부는 상기 하수처리장의 폭기 에너지 비용, 펌핑 에너지 비용, 슬러지 펌핑 에너지 비용 및 혼합 에너지 비용을 포함하여 운전비용지표(OCI)를 상기 취약성 지표로서 더 산출할 수 있고, 상기 취약성 분석부는 상기 지구온난화지수, 유출수 수질지표 및 운전비용지표 중 적어도 둘 이상을 조합하여 기후 변화에 대한 상기 하수처리장의 취약성을 분석할 수 있다.
- [0008] 상기 취약성 분석부는 상기 취약성 지표 산정부로부터 산출된 취약성 지표들들에 대한 정보를 저장하는 취약성 지표 DB와 상기 시나리오들을 생성하여, 상기 온실가스 발생량 추정부 및 상기 취약성 지표 산정부로 전송하는 기후변화 시뮬레이터 및 상기 시나리오들 각각에 대응하여 상기 취약성 지표 산정부가 산출한 취약성 지표들을 비교하고 상기 하수처리장의 취약성을 분석하는 분석모듈을 포함한다.
- [0009] 실시 예에 따라, 상기 시나리오들 각각은 우수기 시나리오 및 갈수기 시나리오일 수 있다.
- [0010] 상기 취약성 경감 대응부는 상기 취약성 분석부의 분석 결과에 따라 반응조 내부의 산소 농도(DO)를 일정하게 유지시켜 상기 하수처리장의 취약성을 경감할 수 있다.

발명의 효과

- [0011] 본 발명의 실시 예에 따른 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템은 고도처리공법을 이용하는 하수처리장의 온실가스 발생량을 추정할 수 있고, 기후 변화에 따른 하수처리장 취약성 평가 지수를 기준으로 하수처리장의 취약성을 분석함으로써 하수처리장에 대한 취약성 경감 방안을 제시할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.
 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템의 내부 블록도를 나타낸다.
 도 2는 도 1에 도시된 취약성 지표 산정부의 내부 블록도를 나타낸다.
 도 3은 도 1에 도시된 취약성 분석부의 내부 블록도를 나타낸다.
 도 4는 제1시나리오에서 유출수 수질지표를 이용하여 하수처리장의 취약성 평가를 설명하기 위한 예시도를 나타낸다.
 도 5는 제2시나리오에서 유출수 수질지표를 이용하여 하수처리장의 취약성 평가를 설명하기 위한 예시도를 나타낸다.
 도 6은 제1시나리오에서 지구온난화지수를 이용하여 하수처리장의 취약성 평가를 설명하기 위한 예시도를 나타낸다.
 도 7은 제2시나리오에서 지구온난화지수를 이용하여 하수처리장의 취약성 평가를 설명하기 위한 예시도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.
- [0014] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예

들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

- [0015] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1구성요소는 제2구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2구성요소는 제1구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0016] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0017] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0019] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 취약성 평가 지표를 이용한 하수처리장 취약성 경감 시스템(이하, '취약성 경감 시스템'이라 한다)의 내부 블록도를 나타낸다.
- [0021] 도 1을 참조하면, 취약성 경감 시스템(100)은 온실가스 발생량 추정부(200), 취약성 지표 산정부(300), 취약성 분석부(400) 및 취약성 경감 대응부(500)를 포함한다.
- [0022] 온실가스 발생량 추정부(200)은 고도 처리 공법(advanced wastewater treatment) 상에서 하수처리장으로부터 배출되는 온실가스(Greenhouse gas, GHG)의 발생량을 추정한다.
- [0023] 이때, 온실가스 발생량 추정부(200)는 매스 밸런스(mass balance) 개념을 이용하여 하수처리장에서 발생 되는 이산화탄소(CO₂), 아산화질소(N₂O) 또는 메탄(CH₄)과 같은 온실가스량을 추정하는데, 이는 하수 처리공정 내에서 발생 되는 가스의 양을 실제로 측정하기 어렵기 때문에 상기 매스 밸런스를 이용하여 추정하는 것이다.
- [0024] 실시 예에 따라, 온실가스 발생량 추정부(200)의 제1추정부(230)는 COD 매스 밸런스(chemical oxygen demand mass balance)를 이용하여 이산화탄소와 메탄의 발생량을 산출하고, 제2추정부(250)는 질소 매스 밸런스(nitrogen mass balance)를 이용하여 아산화질소의 발생량을 산출할 수 있다.
- [0025] 예컨대, 제1추정부(230)는 하기 수식 1에 표시된 바와 같이 이산화탄소와 메탄의 발생량을 산출할 수 있다.

수식 1

$$COD_i + COD_{XA} = COD_o + COD_w + OUC$$

- [0026]
- [0027] 여기에서, 상기 COD_i는 유입 COD를 의미하며, 상기 COD_{XA}는 독립 질산화 미생물의 성장으로 인해 야기된 COD를 의미한다. 또한, 상기 COD_o는 유출 COD를 의미하며, 상기 COD_w는 슬러지(sludge)로 빠져나가는 COD, 상기 OUC는

시스템(예컨대, 하수처리시스템) 내에서 발생 되는 탄소 가스들, 즉 이산화탄소와 메탄을 의미한다.

[0028] 이때, IPCC에서 제시한 메탄 배출 계수를 참조하여 하수처리장에서 발생 되는 상기 탄소가스들, 즉 상기 CH_4 는 대부분이 이산화탄소와 메탄으로 발생이 되고 그 비는 75 : 25의 비율로 발생 된다고 가정할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 COD_{XA} 는 하기 수학적 식 2에 표시된 바와 같이 산출될 수 있다.

수학적 식 2

$$COD_{XA} = N_{OX} \times Y_A, \quad N_{OX} = TKN_{in} - TKN_{out} - N_{waste}$$

[0030]

[0031] 여기에서, 상기 N_{OX} 는 질소산화물의 부하, 상기 Y_A 는 독립 질산화 미생물 증식 계수, 상기 TKN_{in} 는 유입되는 TKN(Total Kjeldahl Nitrogen), 상기 TKN_{out} 는 유출되는 TKN을 의미하며, 상기 N_{waste} 는 질소 폐기물을 의미한다.

[0032] 한편, 온실가스 발생량 추정부(200)의 제2추정부(250)는 하기 수학적 식 3에 표시된 바와 같이 질소 발생량을 추정할 수 있다.

수학적 식 3

$$N_{DN} = TKN_{in} + NO_{x-N_{in}} - TKN_{out} - NO_{x-N_{out}} - N_{waste}$$

[0033]

[0034] 이때, 상기 N_{DN} 은 탈질소량이고, 상기 TKN_{in} 은 유입되는 TKN(Total Kjeldahl Nitrogen)이고, 상기 TKN_{out} 는 유출되는 TKN을 의미하며, 상기 $NO_{x-N_{out}}$ 유출되는 산화질소이고, 상기 N_{waste} 는 잉여 활성 슬러지(excess sludge)의 질소량을 의미한다.

[0035] 즉, 유입되는 질소(TKN_{in}), 유출되는 질소(TKN_{out}), 슬러지로 빠져나가는 질소의 양(N_{waste})을 산출하고, 유입 및 유출수의 산화성 질소에서의 질소($NO_{x-N_{in}} - NO_{x-N_{out}}$)는 거의 제로(0)가 되기 때문에 하수처리장에서 발생 되는 질소 가스(N_{DN})의 양을 구할 수 있다.

[0036] 결국, 온실가스 발생량 추정부(200)는 COD 매스 밸런스를 이용하여 이산화탄소와 메탄의 발생량을 산출하고, 질소 매스 밸런스를 이용하여 아산화질소의 발생량을 산출함으로써 온실가스 발생량을 추정할 수 있다.

[0037] 한편, 인(P)은 하수 처리공정 내에 가스 형태로의 전환이 일어나지 않고 슬러지 폐기에 의해 제거되므로 활성 슬러지 시스템의 유입에서 인의 양은 유출 및 잉여 인의 합으로 구할 수 있다.

[0038] 상기의 과정으로 추정된 이산화탄소, 메탄 및 아산화질소의 발생량은 후술할 취약성 지표 산정부(300)로 전송된다.

[0039] 종래에는 하수 처리장에서 발생 되는 GHG의 발생량을 추정하기 위하여 IPCC에서 제시한 식을 기준으로 하였으나, IPCC에서 제시한 기준 식은 활성 슬러지 공법(Activated Sludge Process)을 가정하여 GHG를 산출하도록 제시되었기 때문에 현재 하수처리장에서 사용되는 고도처리 공법에는 맞지 않는 문제점이 있으며 그 추정치 역시 매우 큰 오차를 갖게 된다.

[0040] 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 온실가스 발생량 추정부(200)는 고도처리공법을 사용하여 처리하는 하수처리장에서의 GHG의 발생량을 매우 정확하고 효과적으로 추정할 수 있는 효과가 있다.

[0041] 또한, 온실가스 발생량 추정부(200)는 다양한 고도처리공법들 중 어떠한 고도처리 공법에 대해서도 온실가스 발생량을 추정할 수 있으며, 실제 하수 처리 공정을 통하여 온실가스 발생량을 추정할 수 있을 뿐만 아니라 시뮬레이션을 통해서도 온실가스 발생량을 추정할 수 있다.

[0042] 도 2는 도 1에 도시된 취약성 지표 산정부(300)의 내부 블록도를 나타낸다.

[0043] 도 1 및 도 2를 참조하면, 취약성 지표 산정부(300)는 기후 변화에 대한 하수처리장의 취약성 지표를 생성하는 역할을 수행하며, 유출수 수질지표 산출부(330), 지구온난화지수 산출부(350) 및 운전비용지표 산출부(370)를 포함한다.

[0044] 본 명세서에서 기후 변화에 대한 취약성이란 기후 변화에 대한 노출이 시스템(예컨대, 하수처리장)의 민감도에 따라 한 시스템의 잠재 영향으로 나타나는 정도를 나타내며, 상기 시스템이 가지고 있는 적응 능력에 따라 최종적인 기후 변화에 따른 시스템의 취약성이 결정된다.

[0045] 즉, 기후변화 취약성이란 기후 변화로 인해 부정적인 효과가 발생하였을 때 이에 영향을 받는 정도 또는 이에 대응할 수 없는 정도를 의미하며, 취약성 평가란 이러한 부정적인 영향에 얼마나 적응할 수 있는지를 평가한다는 의미이다.

[0046] 취약성 지표 산정부(300)는 하수 처리시 발생하는 온실가스량을 나타내는 지구온난화지수(Global Warming Potential, GWP)와 유출수 수질지표(Effluent Quality Index, EQI) 및 하수처리장의 경제성 평가를 위한 운전비용지표(Operational Cost Index, OCI)를 산출한다.

[0047] 이때, 취약성 지표 산정부(300)의 유출수 수질지표 산출부(330)는 유출수 수질지표(EQI)를 하기 수학적 식 4와 같이 산출한다.

수학적 식 4

$$EQI = (\beta_{TSS} \times TSSe + \beta_{COD} \times CODE + \beta_{BOD} \times BODE + \beta_{TN} \times TNe + \beta_{TP} \times TPe) \times Qe$$

[0048]

[0049] 여기에서, 가중치인 상기 β 팩터(β_{TSS} , β_{COD} , β_{BOD} , β_{TN} 및 β_{TP})는 유출수의 각 파라미터의 가중치를 의미하며, 상기 TSSe, CODE, BODE, TNe, TPe 및 Qe 는 각각 유출수의 총부유물질, 화학적산소요구량, 생화학적산소요구량, 총질소, 총인 및 유출수 유량을 의미한다.

[0050] 실시 예에 따라, 상기 가중치들은 $\beta_{TSS} = 2$, $\beta_{COD} = 1$, $\beta_{BOD} = 2$, $\beta_{TN} = 20$, $\beta_{TP} = 50$ 으로 설정될 수 있다.

[0051] 또한, 취약성 지표 산정부(300)의 지구온난화지수 산출부(350)는 온실가스 발생량 추정부(200)로부터 전송된 온실가스(예컨대, 이산화탄소, 메탄 및 아산화질소)의 발생량으로부터 지구온난화지수(GWP)를 산출할 수 있다.

[0052] 예컨대, 지구온난화지수 산출부(350)는 하기 수학적 식 5에 따라 지구온난화지수(GWP)를 산출할 수 있다.

수학적 식 5

$$GWP = (E_{CO_2} \times GWP_{CO_2}) + (E_{CH_4} \times GWP_{CH_4}) + (E_{N_2O} \times GWP_{N_2O})$$

[0053]

[0054] 이때, 상기 E_{CO_2} , E_{CH_4} 및 E_{N_2O} 각각은 하수처리장에서 연간 발생하는 이산화탄소, 메탄 및 아산화질소의 발생량을 의미하며, 상기 GWP_{CO_2} , GWP_{CH_4} 및 GWP_{N_2O} 각각은 지구온난화 계수를 의미한다.

[0055] 실시 예에 따라, 상기 GWP_{CO_2} , GWP_{CH_4} 및 GWP_{N_2O} 각각은 1, 63 및 310으로 설정될 수 있다.

[0056] 따라서, 상기 지구온난화지수(GWP)는 온실가스 발생량 추정부(200)로부터 전송된 온실가스(예컨대, 이산화탄소, 메탄 및 아산화질소)의 발생량으로부터 산출될 수 있는 것이다.

[0057] 또한, 취약성 지표 산정부(300)의 운전비용지표 산출부(370)는 하수처리장의 폭기, 펌핑, 혼합 등의 에너지 비용과 슬러지 생산 및 처리 비용, 시설 비용, 화학 약품 비용, 인건 비용, 토지비용, 운송 비용, 기타 유지비용을 포함하여 운전비용지표(OCI)를 산출할 수 있다.

[0058] 예를 들어, 운전비용지표 산출부(370)는 하기 수학적 식 6과 같이 상기 운전비용지표(OCI)를 산출할 수 있다.

수학식 6

$$OCI = AE + PE + 3 \times SP + ME$$

[0059]

[0060]

여기에서, 상기 AE는 폭기 에너지(aeration energy), 상기 PE는 펌핑 에너지(pumping energy), 상기 SP는 슬러지 펌핑 에너지(sludge pumping energy) 그리고 상기 ME는 혼합 에너지(mixing energy)를 의미한다.

[0061]

취약성 지표 산정부(300)는 실제 하수 처리 공정을 통하여 상기 취약성 지표들(GWP, EQI 및 OCI)을 산출할 수 있으나, 실시 예에 따라서는 시뮬레이션을 통해 상기 취약성 지표들(GWP, EQI 및 OCI)을 산출할 수 있음은 물론이다.

[0062]

또한, 취약성 지표 산정부(300)는 상기 취약성 지표들(GWP, EQI 및 OCI) 중에서 2 이상의 지표들의 조합(예컨대, GWP와 EQI의 조합)을 통해 새로운 취약성 지표를 생성할 수도 있다.

[0063]

도 3은 도 1에 도시된 취약성 분석부(400)의 내부 블록도를 나타낸다.

[0064]

도 1 내지 도 3을 참조하면, 취약성 분석부(400)는 취약성 지표 산정부(300)로부터 산출된 취약성 지표들(EQI, GWP 및 OCI)을 기초로 하여 기후 변화에 대한 하수처리장의 취약성을 분석하는 역할을 수행하며, 취약성 지표 DB(430), 기후변화 시뮬레이터(450) 및 분석 모듈(470)을 포함한다.

[0065]

즉, 기후 변화가 진행됨에 따라 하수처리장으로 유입되는 유입 유량 및 그 성상들(예컨대, 오염도나 유입수의 성분 등)은 변화하고 수온 또한 변화하게 된다.

[0066]

이때, 하수처리장의 수용능력에 따라 하수 처리장의 성능을 나타내는 취약성 지표들(EQI, GWP 및 OCI) 역시 기후 변화에 반응하여 취약성 지표 산정부(300)로부터 각각 다르게 산출된다.

[0067]

취약성 분석부(400)는 기후변화에 따라 취약성 지표 산정부(300)로부터 각각 다르게 산출되는 취약성 지표들을 저장하고 모의 시나리오에 따라 기후 변화에 대한 하수처리장의 취약성을 분석한다.

[0068]

보다 상세하게는, 취약성 분석부(400)의 취약성 지표 DB(430)는 취약성 지표 산정부(300)로부터 소정의 시간 간격으로 산출되는 취약성 지표들(EQI, GWP 및 OCI) 각각을 저장한다.

[0069]

이때, 취약성 지표 DB(430)는 상기 취약성 지표들 각각을 저장할 때 기온, 수온, 날씨 등에 관한 정보를 함께 저장할 수도 있으며, 상기 소정의 기간은 설계 사양에 따라 일 단위에서 주간 단위 등 다양하게 설정될 수 있다.

[0070]

기후변화 시뮬레이터(450)는 기후 변화가 극명한 모의 시나리오를 생성하고, 생성한 모의 시나리오에 대한 정보를 온실가스 발생량 추정부(200) 및 취약성 지표 산정부(300)로 전송함으로써, 온실가스 발생량 추정부(200) 및 취약성 지표 산정부(300) 각각이 상기 모의 시나리오에 대응하여 온실 가스 발생량을 추정하고 취약성 지표를 산출할 수 있도록 한다.

[0071]

실시 예에 따라, 기후변화 시뮬레이터(450)가 생성한 상기 모의 시나리오는 하수처리장의 취약성을 평가하기 위한 극한의 시나리오들 일 수 있다.

[0072]

예컨대, 상기 극한의 시나리오들 중에서 제1시나리오는 우수기 시나리오(rain scenario)일 수 있고, 제2시나리오는 갈수기 시나리오(dry scenario)일 수 있다.

[0073]

한편, 취약성 분석부(400)의 분석 모듈(470)은 취약성 지표(EQI, GWP 및 OCI)의 변화 폭을 기초로 취약성을 분석한다.

[0074]

이하, 도 4 내지 도 7에 대한 설명에서 분석 모듈(470)이 하수처리장의 취약성을 분석하는 방법에 대해 보다 상세히 설명한다.

[0075]

도 4는 제1시나리오에서 유출수 수질지표(EQI)를 이용하여 하수처리장의 취약성 평가를 설명하기 위한 예시도를 나타내고, 도 5는 제2시나리오에서 유출수 수질지표(EQI)를 이용하여 하수처리장의 취약성 평가를 설명하기 위한 예시도를 나타낸다.

[0076]

도 4 및 도 5을 참조하면, 우수기인 제1시나리오에서는 기준선을 넘어서는 EQI가 나타나있지 않음에 비해, 갈수

기인 제2시나리오에서는 상기 기준선을 넘어서는 EQI가 각 공법에 따라 다수 존재함을 알 수 있다.

- [0077] 이때, 상기 기준선은 국제적으로 공인된 EQI 지수를 의미하며, 특히 3 공법과 5 공법은 타 공법들에 비해 상기 기준선을 넘어 EQI가 변화하는 횟수가 많다.
- [0078] 즉, 기후 변화에 따라 EQI의 급격한 변화가 있는 경우 해당 공법은 기후 변화에 대한 취약성이 크다고 판단할 수 있으므로, 분석 모듈(470)은 각 공법들(1 공법 내지 5 공법) 중에서 3 공법과 5 공법을 기후 변화에 취약하다고 판단하고 그 판단 결과(va_result)를 후술할 취약성 경감 대응부(500)로 전송한다.
- [0079] 도 6은 제1시나리오에서 지구온난화지수(GWP)를 이용하여 하수처리장의 취약성 평가를 설명하기 위한 예시도를 나타내고, 도 7은 제2시나리오에서 지구온난화지수(GWP)를 이용하여 하수처리장의 취약성 평가를 설명하기 위한 예시도를 나타낸다.
- [0080] 도 6 및 도 7을 참조하면, 우수기인 제1시나리오에서는 1 공법과 2 공법 만이 기준선을 넘어서는 GWP가 나타나고 있음에 반해, 갈수기인 제2시나리오에서는 5 공법이 다른 공법들에 비해 기준선을 넘어 GWP가 변화하는 횟수가 많음을 알 수 있다.
- [0081] 즉, 기후 변화에 따른 GWP의 급격한 변화가 있는 경우 그 취약성 역시 크다고 판단할 수 있으므로, 분석 모듈(470)은 각 공법들(1 공법 내지 5 공법) 중에서 5 공법이 기후 변화에 취약하다고 판단하고, 그 판단 결과(va_result)를 취약성 경감 대응부(500)로 전송한다.
- [0082] 이때, 상기 기준선은 각 공법에 따라 서로 다른데, 이는 각 국가별 GWP 지수에 대한 공인된 기준이 존재하지 않기 때문이며, 도 6 및 도 7에서는 설명의 편의를 위해 각 공법에 따른 1년의 하수 처리기간 동안 발생한 GWP 평균값을 상기 기준선으로 설정하였다.
- [0083] 도 4 내지 도 7에서는, 복수의 취약성 지표들(EQI, GWP 및 OCI) 중에서 어느 하나의 지표를 이용하여 취약성을 평가하였으나, 이에 한정하는 것이 아니며 상기 복수의 취약성 지표들(EQI, GWP 및 OCI) 중 둘 이상의 지표들을 조합하여 상기 하수처리장의 취약성을 평가할 수도 있다.
- [0084] 다시 도 1을 참조하면, 취약성 경감 시스템(100)이 포함하는 취약성 경감 대응부(500)는 분석 모듈(470)이 분석한 각 공법들(1 공법 내지 5 공법)의 취약성 판단 결과(va_result)에 따라 각 공법들에 대한 취약성 경감 방안(vm_method)을 제시하는 역할을 수행한다.
- [0085] 예컨대, 분석 모듈(470)에 의해 5 공법의 취약성이 크다고 분석된 경우, 취약성 경감 대응부(500)는 상기 5 공법에 대해서 호기조에 대한 반응조 사이즈를 소정량 증가시킬 수 있으며, 미생물의 산소전달 계수(KLa) 값을 소정 범위 내(예컨대, 20% 이내)에서 증가시키도록 제어할 수 있다.
- [0086] 실시 예에 따라, 분석 모듈(470)은 상기 취약성 분석에 따라 반응조 내부의 산소 농도(DO)를 일정하게 유지시킬 수 있도록 제어할 수도 있다.
- [0087] 따라서 본 발명의 실시 예에 따른 취약성 경감 시스템(100)은 고도처리공법을 이용하는 하수처리장의 온실가스 발생량(GHG)을 추정할 수 있고, 기후 변화에 따른 하수처리장 취약성 평가 지표(EQI, GWP, OCI)를 기준으로 하수처리장의 취약성을 분석함으로써 하수처리장에 대한 취약성 경감 방안(vm_method)을 제시할 수 있는 효과가 있다.
- [0088] 본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

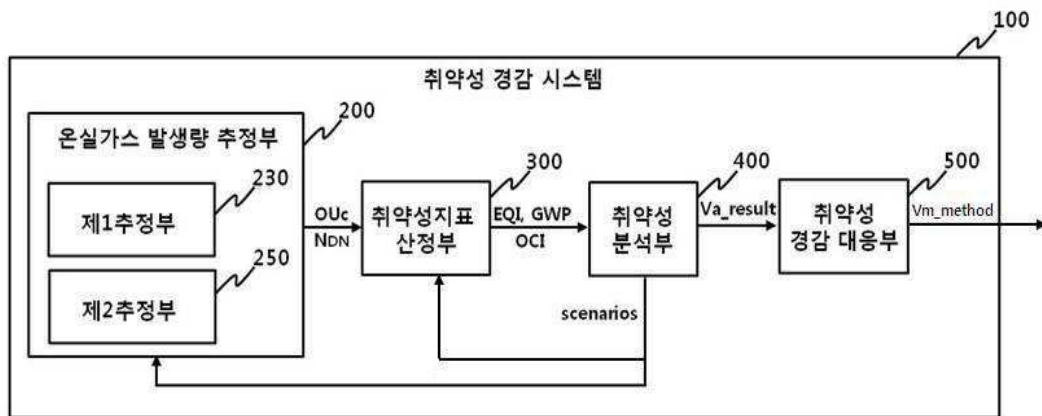
부호의 설명

- [0089] 100: 취약성 경감 시스템
200: 온실가스 발생량 추정부
230 : 제1추정부
250 : 제2추정부
300 : 취약성 지표 산정부

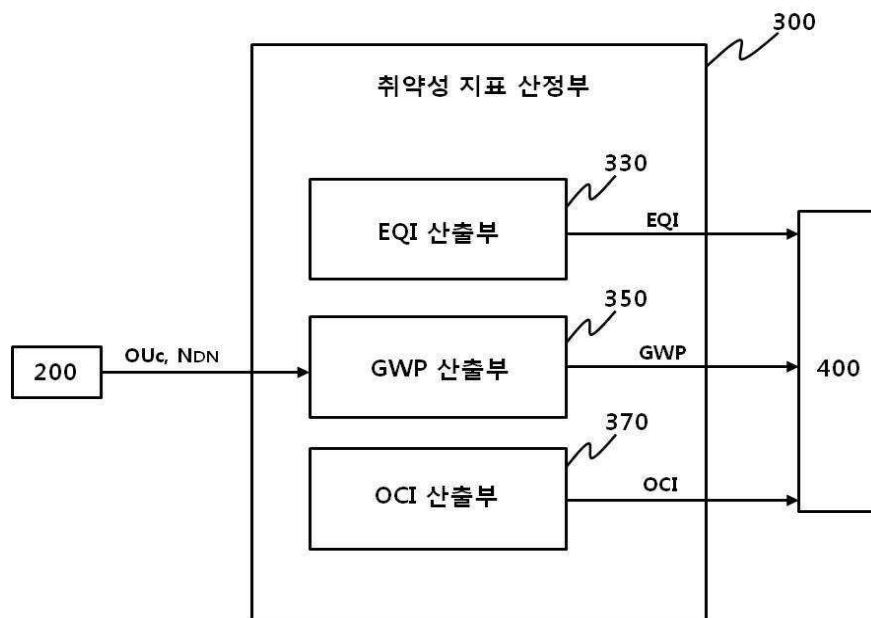
- 330 : 유출수 수질지표 산출부
- 350 : 지구온난화지수 산출부
- 370 : 운전비용지표 산출부
- 400 : 취약성 분석부
- 430 : 취약성 지표 DB
- 450 : 기후변화 시뮬레이터
- 470 : 분석 모듈
- 500 : 취약성 경감 대응부

도면

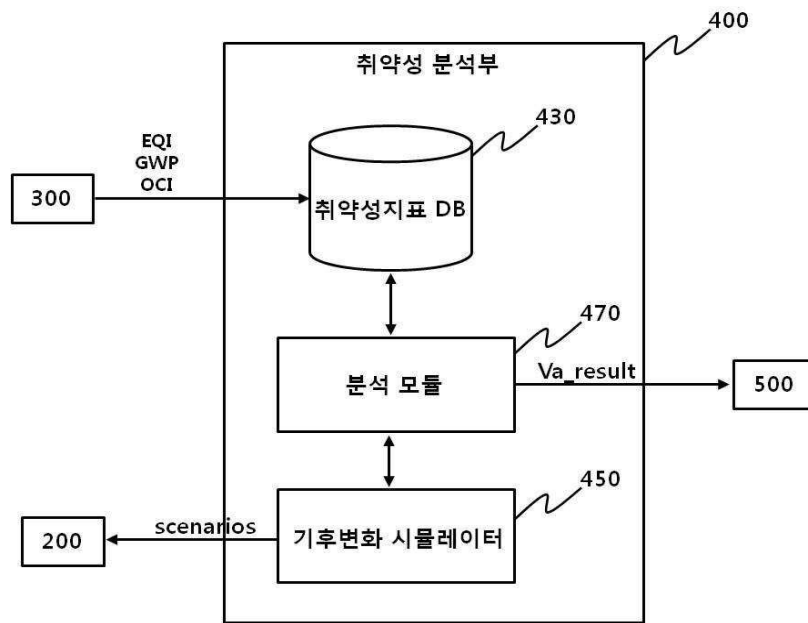
도면1



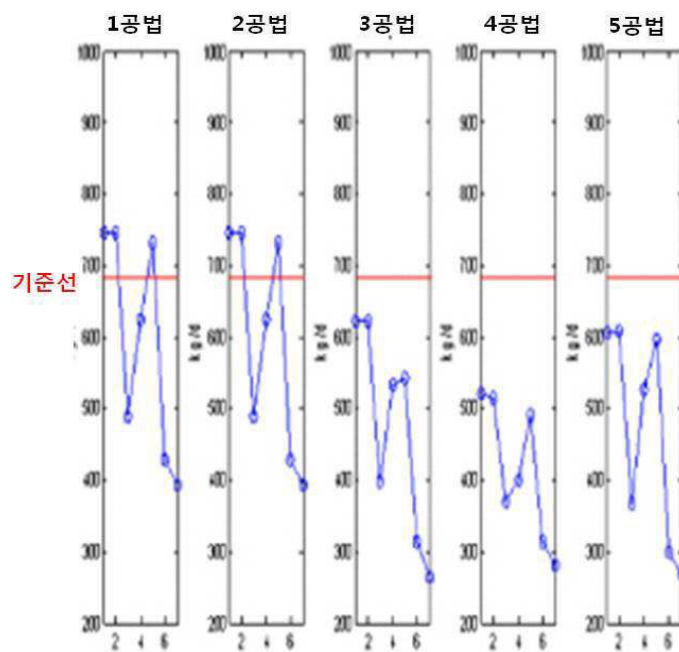
도면2



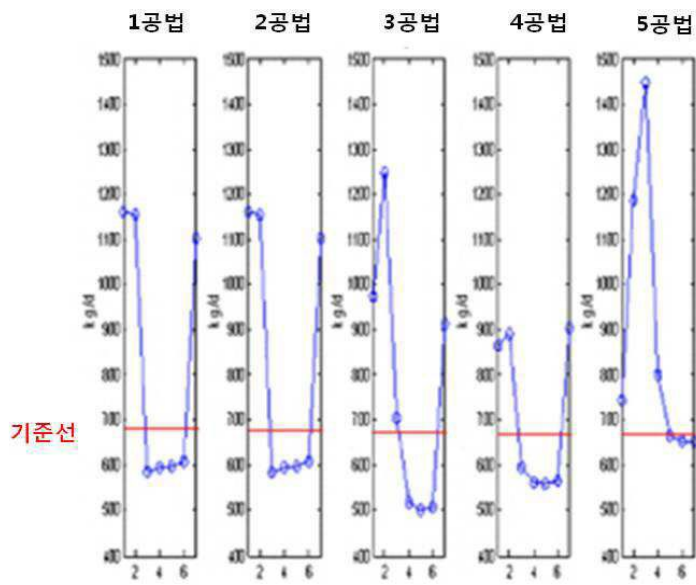
도면3



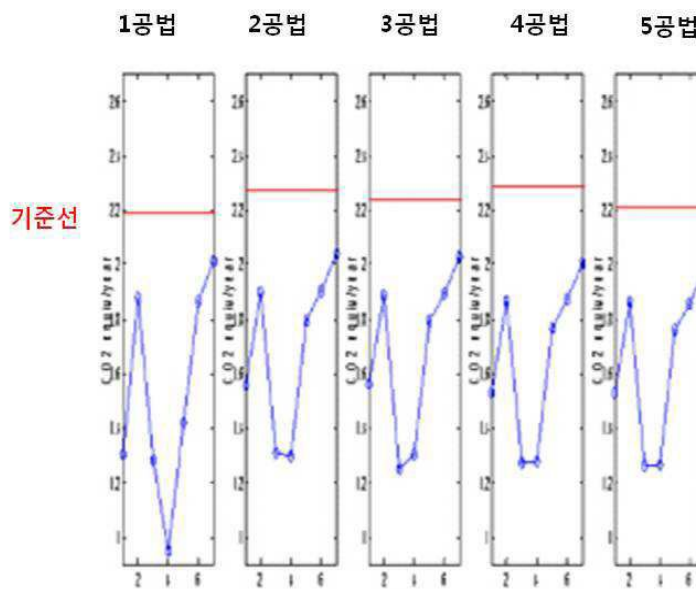
도면4



도면5



도면6



도면7

