



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년02월02일

(11) 등록번호 10-2633825

(24) 등록일자 2024년01월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 53/84 (2006.01) B01D 53/56 (2006.01)

B01D 53/78 (2006.01) B01D 53/79 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01D 53/84 (2013.01)

B01D 53/56 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0138357

(22) 출원일자 2021년10월18일

심사청구일자 2021년10월18일

(65) 공개번호 10-2023-0055089

(43) 공개일자 2023년04월25일

(56) 선행기술조사문헌

CN110327761 A

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 5 항

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

황정호

서울특별시 강남구 도곡로13길 19, 102동 901호(역삼동, 역삼동 롯데캐슬 노블)

피리 아민

서울특별시 성북구 오패산로 46, 125동 803호(하월곡동, 월곡두산위브아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인(유한)아이시스

심사관 : 이동재

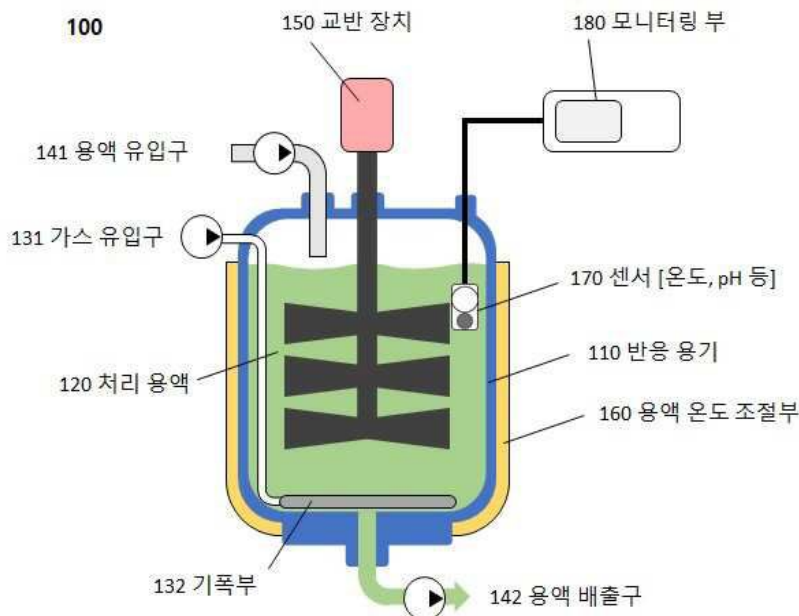
(54) 발명의 명칭 박테리아를 이용한 가스 중 질소산화물의 저감 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 박테리아를 이용하여 가스 중의 질소 산화물을 저감하기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따르면 가스 중의 질소 산화물을 저감하는 방법으로서, 질소 산화물을 함유하는 가스를 박테리아, 완충액, 및 아스코르브산을 함유하는 용액(120)과 접촉시키는 단계를 포함하는 방법; 및 반응 공간을 형성하는 반응 용기

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



(110), 상기 반응 공간에 수용되고 박테리아, 완충액, 및 아스코르브산을 함유하는 용액(120), 및 상기 반응 용기(110)의 반응 공간과 연통하고 질소 산화물을 함유하는 가스가 유입되는 가스 유입구(131)를 포함하는, 가스 중 질소 산화물을 저감시키기 위한 시스템(100)이 제공된다. 본 발명에 의하면, 질소산화물 제거 효율이 우수할 뿐만 아니라, 배가스를 용액화하기 위한 전처리를 수행할 필요가 없이 배가스를 질소산화물 저감 용액에 곧바로 투입하여도 되고, 용액 중의 박테리아가 질소산화물을 주요 에너지 공급원으로 활용하여 성장하는 박테리아가 아니고 흡착 등의 방법으로 제거하므로, 박테리아의 종류에 제한이 없어서 박테리아의 선택적 배양이나 선별이 필요 없이 용액을 손쉽게 준비할 수 있다는 이점이 있다.

(52) CPC특허분류

B01D 53/78 (2013.01)

B01D 53/79 (2013.01)

B01D 2251/95 (2013.01)

(72) 발명자

유기현

서울특별시 종로구 혜화로8길 17, 씨동 401호(혜화동, 그린하우스)

마수디페리드 밀라드

서울특별시 서대문구 성산로22길 4-6, 107호(창천동)

(56) 선행기술조사문헌

CN2434056 Y

JP11276850 A*

KR101907994 B1*

KR1020180091923 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711131852
과제번호	2013M3A6B2078959
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원천기술개발사업
연구과제명	입자의 전기적 특성을 이용한 기상 감염성 병원체 액상포집 기술개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

가스 중의 질소 산화물을 저감하는 방법으로서, 질소 산화물을 함유하는 가스를 박테리아, 완충액, 및 아스코르브산을 함유하는 용액과 접촉시키는 단계; 및

박테리아가 가스 중의 질소 산화물을 흡착에 의해 저감시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 박테리아는 포도상구균인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 용액은 비타민 E 또는 이의 유사체를 추가로 함유하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 아스코르브산은 100 mM 이하의 농도로 함유되고, 상기 비타민 E 또는 이의 유사체는 2 mM 이하의 농도로 함유되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제1항에 기재된 가스 중의 질소 산화물을 저감하는 방법을 이용하는 시스템으로서,

반응 공간을 형성하는 반응 용기; 상기 반응 공간에 수용되고 박테리아, 완충액, 및 아스코르브산을 함유하는 용액; 및 상기 반응 용기의 반응 공간과 연통하고 질소 산화물을 함유하는 가스가 유입되는 가스 유입구를 포함하는, 가스 중 질소 산화물을 저감시키기 위한 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 박테리아를 이용하여 가스 중의 질소 산화물을 저감 또는 제거하기 위한 방법 및 이에 사용되는 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 질소 산화물(NO_x)은 NO , NO_2 등과 같이 질소와 산소가 결합된 물질로서, 자동차, 항공기, 선박, 보일러, 소각로, 발전기 등에서 사용되는 연료의 연소 과정에서 공기 중의 질소가 고온에서 산화하여 발생하거나, 연료 내에 함유되어 있는 질소 성분이 열분해되어 NH_3 , HCN , CN 과 같은 저분자량의 질소 화합물로 변하고 이들 물질이 산소와 반응하여 발생된다. 질소 산화물은 인체에 유해하고 환경 오염을 일으키므로 질소 산화물을 제거하려는 연구가 활발히 진행되어 왔다.

[0003] 질소 산화물의 제거를 위한 방법으로 선택적 촉매 환원법(SCR), 선택적 비촉매 환원법(SNCR), 스크러버를 사용하는 기술 등이 제안되었으며, 최근에는 환경친화적이고 에너지 소모가 적은 공정의 개발을 위해 생물학적 방법이 연구되고 있다. 생물학적 방법은 화학적 공정에 비해 고온, 고압 등의 극한 조건을 사용하지 않으며, 촉매나 유기 용매 등의 사용이 현저하게 적고 2차 폐기물 내지 폐수의 발생이 적은 환경친화적인 방법이다. 상기 방법의 수행을 위해 암모니아를 아질산으로 산화하여 에너지를 얻는 박테리아 종을 사용하거나 이화적 환원작용을 통해 질소산화물을 N_2 로 환원하는 탈질 미생물을 사용한다.

[0004] 다만, 생물학적 방법은 질소 공급원으로부터 에너지를 얻는 박테리아(예를 들어 *Bacillus azotoformans*, *Defferibacteres* 등)를 선별하여 선택적으로 배양해야 하는데 필요한 시간과 비용의 문제가 있으며, 화학적 반응에 비해 반응속도도 느리다는 단점이 있다. 느린 반응 속도의 원인으로는 불용성인 $\text{NO}(\text{g})$ 성분의 용해라고

보고되어 있으며, NO 용해도를 높이기 위한 방법으로 NO에 대한 흡수력이 우수한 Fe(II) EDTA로의 처리가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 일 목적은 가스 중의 질소 산화물을 효과적으로 저감할 수 있는 친환경적인 생물학적 방법으로서, 박테리아의 선택적 배양이나 선별이 필요없이 용액을 손쉽게 준비할 수 있을 뿐만 아니라, 배가스의 용액화 및 Fe(II) EDTA 로의 처리와 같은 별도의 전처리 과정 없이 가스를 바로 용액 중에 투입하여 수행될 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명의 다른 일 목적은 상기 방법을 수행할 수 있는 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 양태에 따르면, 가스 중의 질소 산화물을 저감하는 방법으로서, 질소 산화물을 함유하는 가스를 박테리아, 완충액, 및 아스코르브산을 함유하는 용액과 접촉시키는 단계를 포함하는 방법이 제공된다.

[0008] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 박테리아는 포도상구균일 수 있다.

[0009] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 용액은 비타민 E 또는 이의 유사체를 추가로 함유할 수 있다.

[0010] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 아스코르브산은 100 mM 이하의 농도로 함유되고, 상기 비타민 E는 2 mM 이하의 농도로 함유될 수 있다.

[0011] 본 발명의 다른 일 양태에 따르면, 반응 공간을 형성하는 반응 용기; 상기 반응 공간에 수용되고 박테리아, 완충액, 및 아스코르브산을 함유하는 용액; 및 상기 반응 용기의 반응 공간과 연통하고 질소 산화물을 함유하는 가스가 유입되는 가스 유입구를 포함하는, 가스 중 질소 산화물을 저감시키기 위한 시스템이 제공된다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 가스 중 질소산화물의 저감 방법 및 시스템에 의하면, 종래 기술에서와 같이 배가스를 용액화하기 위해 스크러버 처리, Fe(II) EDTA 리간드 처리와 같은 전처리를 수행할 필요가 없이 배가스를 질소산화물 처리 용액에 곧바로 투입하여도 되므로 공정 처리 단계가 감소될 수 있다. 또한, 용액 중의 박테리아가 질소산화물을 주요 에너지 공급원으로 활용하여 성장하는 박테리아가 아니고 흡착 등의 방법으로 제거하므로, 박테리아의 종류에 제한이 없어서 박테리아의 선택적 배양이나 선별이 필요 없이 용액을 손쉽게 준비할 수 있고, 이에 따라 질소 산화물 처리 속도와 비용이 절감될 수 있다. 아울러, 배가스 중의 질소산화물 제거 효율이 우수할 뿐만 아니라, 용액을 이용한 처리 방식이므로 용액에 용해 가능한 다른 오염 물질도 동시에 제거가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1 은 본 발명의 일 양태에 따른 가스 중의 질소 산화물 저감 시스템의 개요도이다.

도 2 는 다양한 질소산화물 NO 및 NO₂ 농도와 다양한 용액 조성에 따른 질소산화물 NO 및 NO₂ 저감 효과를 보여주는 그래프이다.

도 3 은 아스코르브산과 비타민 E 의 농도에 따른 질소 산화물 저감 효과를 보여주는 그래프이다.

도 4 는 박테리아의 농도에 따른 질소 산화물의 저감 효과를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명에 대해 상세히 설명한다.

[0015] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 구현예를 설명하기 위해 사용된 것으로서 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 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 의미를 가지고 있다.

- [0016] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다, "함유" 한다 라고 할 때, 이는 특별히 달리 정의되지 않는 한, 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0017] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일한 구성 요소는 동일한 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 도면들에 있어서, 예를 들면, 부재들의 크기와 형상은 설명의 편의와 명확성을 위하여 과장될 수 있으며, 실제 구현시, 도시된 형상의 변형들이 예상될 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 양태에 따르면 가스 중의 질소 산화물을 저장하는 방법으로서, 질소 산화물을 함유하는 가스를 박테리아, 완충액, 및 아스코르브산을 함유하는 용액과 접촉시키는 단계를 포함하는 방법이 제공된다.
- [0020] 상기 질소 산화물은 NO, NO₂, NO₃, N₂O 및 N₂O₅을 모두 포함할 수 있다. 이에 제한되는 것은 아니나, 일반적으로 질소 산화물의 농도는 NO_x 농도로 표시되며 NO 농도와 NO₂ 농도를 합한 값을 주로 의미한다. 본 발명의 경우 용액 중에서 질소 산화물이 처리되므로, 상기 질소 산화물은 질소 산화물의 이온 형태도 포함될 수 있다.
- [0021] 상기 질소 산화물을 함유하는 가스는 자동차, 항공기, 선박, 보일러, 소각로, 발전기 등에서 발생하는 배가스(exhaust gas)를 가리킬 수 있으나, 반드시 이것으로 제한되는 것은 아니며, 환경 오염 등을 목적으로 질소 산화물을 저장해야 하는 임의의 모든 가스를 포함할 수 있다. 또한, 상기 가스는 질소 산화물 이외에도 황산화물(예를 들어 이산화황(SO₂), 삼산화황(SO₃))과 같은 다른 대기오염원을 더 포함하고 있어도 된다.
- [0022] 상기 박테리아는 종래 기술에서와 같이 질소산화물을 주요 에너지 공급원으로 소비하는 박테리아일 필요가 없으며, 질소산화물을 흡착 등에 의해 저장시킬 수 있다면 특별히 제한되지 않는다. PBS와 같은 완충액을 포함하는 박테리아 배양 환경에서 성장 속도가 빠른 박테리아가 바람직하다. 군사체를 이루는 곰팡이나 성장 속도가 느린 박테리아를 사용하는 것은 적합하지 않다. 본 발명의 일 구현예에 따르면 상기 박테리아는 포도상 구균, 예를 들어 황색 포도상구균(*Staphylococcus aureus*, 이하 "S. aureus"라고도 기재함)일 수 있다.
- [0023] 상기 완충액은 세포 배양 등에 사용되는 공지의 완충액 중에서 적절히 선택할 수 있으며, 예를 들어 PBS 완충액일 수 있다. 상기 PBS 완충액은 필요에 따라 칼슘 클로라이드 또는 마그네슘 클로라이드가 추가된 것일 수 있다. 또한, 상기 용액은 완충액에 추가하여 증류수를 더 포함하여도 된다.
- [0024] 상기 아스코르브산은 ROS 및 RNS에 대한 스캐빈저로서 작용하는 강력한 항산화제이며, 질소산화물을 제거하는 역할 뿐만 아니라 박테리아를 활성 산소와 같은 유해 성분으로부터 보호하는 역할을 하기도 한다. 용액 중 아스코르브산의 농도는 100 mM 이하의 농도, 예를 들어 5 mM 내지 100 mM 또는 10 mM 내지 100 mM의 농도로 함유될 수 있고, 다만, 용액 중에서 박테리아의 높은 생존률을 보장하기 위해서는 20 mM 이하, 예를 들어 10 mM 내지 20 mM의 범위로 사용될 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 구현예에 따르면 상기 박테리아, 완충액, 및 아스코르브산을 함유하는 용액 (이하, 질소산화물 처리 용액이라고도 함)은 비타민 E 또는 이의 유사체를 더 함유할 수 있다. 상기 비타민 E 유사체는 지용성인 비타민 E가 용액 중에 용해될 수 있도록 개질한 것일 수 있으며, 예를 들어 Trolox 를 들 수 있다. 용액 중 비타민 E 또는 이의 유사체의 농도는 2 mM 이하의 농도, 예를 들어 20 μM 내지 2 mM 범위 또는 30 μM 내지 1 mM 범위의 농도로 함유될 수 있고, 다만, 용액 중에서 박테리아의 높은 생존률을 보장하기 위해서는 60 μM 이하의 농도, 예를 들어 20 μM 내지 60 μM 범위 또는 30 μM 내지 60 μM 범위의 농도로 함유될 수 있다.
- [0026] 상기 질소산화물 처리 용액의 온도는 박테리아의 최적 생존 및 성장에 적합한 온도이면 특별히 제한되지는 않는다. 일반적으로 15°C 이상이면 되고, 온도의 유지에 소요되는 장치와 비용, 박테리아의 생존과 성장을 고려했을 때 상기 온도는 구체적으로는 20°C 내지 30°C 이하, 더 구체적으로는 상온 정도의 온도일 수 있다.
- [0027] 상기 질소산화물 함유 가스를 상기 질소산화물 처리 용액과 접촉시킴으로써 가스 중의 질소산화물이 저장될 수 있다. 여기서 저감은 농도의 감소 뿐만 아니라 완전한 제거까지 모두 의미할 수 있다. 상기 접촉은 상기 질소산화물 함유 가스를 상기 질소산화물 처리 용액 상으로 흘려서 용액의 표면으로부터 용액 중으로 가스가 침투하여도 되나, 가스 배출구가 있는 가스 유로를 상기 용액 중에 설치하여 용액 중으로 가스가 직접 투입되게 하는 것이 더 효과적일 수 있다. 이 때, 상기 가스의 유속은 반응 용기의 크기나 용액의 양에 따라 적절히 조절할 수 있으며, 예를 들어 100 내지 2000 mL/분의 범위 중 임의일 수 있으며, 예를 들어 1300 mL/분일 수 있다.
- [0028] 상기 질소산화물 처리 용액은 박테리아의 성장으로 인해 및/또는 아스코르브산의 소모로 인해 소모될 수 있으며, 이에 상기 용액을 주기적으로 또는 용액의 상태 변화 정도에 따라 교체하여 주는 것이 바람직하다.

- [0030] 이하에서는 도 1을 참고하여 가스 중 질소 산화물을 저감시키기 위한 시스템(100)을 설명한다.
- [0031] 본 발명의 일 양태에 따르면, 상기 시스템(100)은 반응 공간을 형성하는 반응 용기(110), 상기 반응 공간에 수용되고 박테리아, 완충액, 및 아스코르브산을 함유하는 용액(120), 및 상기 반응 용기(110)의 반응 공간과 연통하고 질소 산화물을 함유하는 가스가 유입되는 가스 유입구(131)를 포함한다.
- [0032] 상기 반응 용기(110)는 내부에 질소산화물 처리 용액(120)이 수용되는 반응 공간을 제공한다. 상기 반응 용기(110)에는 반응 공간과 연통하는 가스 유입구(131)가 설치되어 있다. 상기 가스 유입구(131)로부터 질소산화물 함유 가스가 반응 공간 내로 유입된다. 상기 가스 유입구(131)는 질소 산화물 처리 용액(120)의 수면보다 위에 배치하여도 되고 수면보다 아래에 배치하여도 된다. 질소산화물 처리 용액(120)의 수면보다 아래에, 예를 들어 반응 공간의 바닥부에 배치하여 용액 중으로 가스가 바로 유입되도록 할 수 있으나, 수면보다 위에 배치할 경우에는 용액(120) 중으로 가스가 원활하게 유입될 수 있도록 가스 유입구(131)로부터 이어져서 가스 배출 수단을 별도로 설치할 수 있다. 상기 가스 배출 수단의 예로는 도 1에 도시되어 있는 기폭부(132)를 들 수 있다. 상기 기폭부(132)를 반응 공간 (예를 들어 반응 공간의 바닥부)의 폭 또는 폭보다 약간 작은 크기로 만들고 상기 기폭부(132) 상에 다수의 가스 배출 기공을 연속적으로 형성하여 용액(120) 중으로 가스가 균일하게 유입되도록 할 수 있다.
- [0033] 또한, 상기 반응 용기(110)에는 반응 공간과 연통하는 용액 유입구(141)가 설치되어 있다. 상기 용액 유입구(141)로부터 질소산화물 처리 용액(120)이 반응 공간 내로 유입된다. 상기 용액 유입구(141)로부터 이어지는 용액 통로 상에 펌프를 설치하고 이를 제어부(미도시)를 통해 제어하여 용액의 유속이나 유량을 제어할 수 있으며 비록 도시하지 않았으나 밸브 등에 의해 밸브에 의해 적절한 시기에 맞춰서 개폐되도록 설계할 수도 있다. 반응 공간 내의 질소산화물 처리 용액(120)에서 박테리아의 성장 정도, 아스코르브산의 농도 등에 따라 질소 산화물 처리 용액(120)은 교체될 수 있으며, 이 때 상기 용액(120)의 배출과 폐기는 반응 공간의 바닥부 (또는 측면 하단부)에 설치된 용액 배출구(142)를 통해 수행될 수 있다.
- [0034] 상기 질소산화물 처리 용액(120)은 반응공간에 담기며 상기 용액(120)에 교반 장치(150)의 일부 및 센서(170) (예를 들어, 온도나 pH 에 대한 센서)가 잠겨있을 수 있다. 상기 교반 장치(150)는 상기 질소산화물 처리 용액(120)에 투입되는 질소산화물 함유 가스와의 원활한 혼합 및 반응 촉진을 위해 사용될 수 있다. 또한, 상기 센서(170)는 질소산화물, 아스코르브산, 박테리아 등의 농도, 온도, 또는 pH 를 측정하기 위해 설치될 수 있으며, 상기 센서(170)로부터 측정된 결과를 모니터링부(180)에서 모니터링하여 용액(120)의 배출과 신선한 용액(120)의 재투입 등을 결정하는데 참고할 수 있다.
- [0035] 필요한 경우, 상기 반응 용기(110)에는 용액 온도 조절부(160)를 설치하여 질소산화물 처리 용액(120)의 온도가 가스의 유입으로 인해 떨어지지 않고 박테리아의 최적 생존 및 성장에 적합한 온도로 보온되도록 하는데 도움을 줄 수 있다. 또한, 필요에 따라 용액 온도 조절부(160)는 가열 수단을 포함하여 용액의 온도를 적절하게 높이는 데 사용될 수도 있다. 상기 용액(120)의 온도는 일반적으로 15°C 이상이 되면 되고, 온도의 유지에 소요되는 장치와 비용, 박테리아의 생존과 성장을 고려했을 때 상기 온도는 구체적으로는 20°C 내지 30°C 이하, 더 구체적으로는 상온 정도의 온도일 수 있다.
- [0036] 본 발명의 상기 시스템(100)은 자동차, 항공기, 선박, 보일러, 소각로, 발전기 등에서 발생하는 배가스(exhaust gas)를 처리하기 위하여 설치될 수 있다.
- [0038] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 실시예를 참고하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 하기 실시예에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.
- [0040] **[실시예 1] 다양한 용액 조성에 따른 질소산화물 NO 및 NO₂ 저감 효과**
- [0041] 용액에 의한 질소 산화물 저감 효과를 알아보기 위하여 다양한 조성의 용액 (50 mL)을 준비하고 상기 용액 중으로 총 유량 1,300 mL/분으로 NO_x와 N₂를 혼합 주입하였다. 상기 혼합 가스 중 NO_x 농도를 다양하게 하고, 배출되는 NO 농도 및 NO₂ 농도를 측정하여 그 결과를 도 2에 그래프로 나타내었다. 도 2는 NO_x의 유입량에 따른 배출 NO 농도 (도 2의 (a)) 및 배출 NO₂ 농도 (도 2의 (b))를 보여주는 것이다. 도 2에서 "No liquid"는 반응 공간에 용액이 비어있는 상태에서 혼합 가스를 주입하고 배출되는 NO_x 농도를 측정한 것으로서, 이는 배출되는 NO_x 초기 농도로 보면 된다.

- [0042] 도 2에서 알 수 있듯이, 어떠한 용액도 없던 경우(No liquid)와 비교했을 때, 용액으로 증류수만 단독으로 사용한 군(DI), PBS 완충액만 단독으로 사용한 군(PBS)에서는 NO₂ 가 일부 저감되기는 하였으나 NO의 경우에는 전혀 저감 효과를 나타내지 못하였다. 이에 반해 아스코르브산을 완충액과 함께 사용한 군(PBS+AA)에서는 NO₂와 NO 농도를 모두 거의 0 ppm에 가깝게 저감시킬 수 있었다. 이는 초기 NO_x 농도가 증가하더라도 완충액과 아스코르브산을 함유하는 용액이 질소 산화물을 효과적으로 저감할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0044] **[실시예 2] 아스코르브산과 비타민 E의 농도에 따른 질소 산화물 저감 효과**
- [0045] 아스코르브산과 비타민 E의 농도에 따른 효과를 알아보기 위하여 이들 각각을 PBS 완충액과의 조합하여 NO₂ 제거율을 측정하였으며 그 결과를 도 3에 나타내었다.
- [0046] 도 3의 (a)로부터 10 내지 50 mM의 아스코르브산 농도에서 질소 산화물 제거가 효과적으로 이루어졌음을 확인할 수 있다. 다만, 박테리아의 높은 생존율을 보장하기 위해서는 최대 농도가 20 mM인 것이 바람직하며, 20 mM의 아스코르브산 농도에서 NO₂ 제거 효율은 98% 였다.
- [0047] 도 3의 (b)는 비타민 E의 농도에 따른 질소산화물 제거율을 나타내며, 비타민 E의 경우에도 질소 산화물을 효과적으로 제거할 수 있음을 확인할 수 있다. 2 mM의 비타민 E 농도에서 NO₂ 제거 효율은 87% 였다. 다만, 비타민 E의 농도가 60 μM을 초과할 경우 박테리아의 생존율을 저해할 수 있으므로 최대 농도는 60 μM 이하인 것이 바람직하다. 60 μM의 비타민 E 농도에서 질소산화물 제거율은 81% 였다.
- [0049] **[실시예 3] 박테리아의 농도에 따른 질소 산화물 저감 효과**
- [0050] 박테리아(S. aureus)의 농도에 따른 효과를 알아보기 위하여 다양한 농도의 박테리아를 사용하여 NO 및 NO₂ 제거율을 측정하여 도 4에 나타내었다. 박테리아의 농도는 광학 밀도(optical density, OD)로 나타내었다.
- [0051] 도 4로부터 박테리아의 농도가 증가할수록 질소산화물(NO_x)의 제거율이 증가하는 것을 확인할 수 있다. OD0 (박테리아 농도 0)인 경우와 비교했을 때 가장 높은 농도 OD3 에서 NO_x 제거율은 15% 였다.
- [0053] **[실시예 4] 박테리아, PBS, 및 아스코르브산을 함유하는 용액에 의한 저감 효과**
- [0054] 박테리아(S. aureus)(OD2 농도), 아스코르브산(10 mM) 를 PBS 완충액과 혼합하여 최종 농도 50 mL의 용액으로 하였다. 상기 용액에 NO_x 및 N₂ 혼합 가스를 총 유량 1,300 mL/분으로 주입한 후 NO 및 NO₂ 각각의 배출 농도로부터 제거율을 측정하였으며, 그 결과 NO에 대한 제거율이 100%, NO₂ 에 대한 제거율이 99.4% (이는 NO의 배출가스 농도 = 0.0 ppm, NO₂의 배출가스 농도 = 0.9 ppm에 대응함)로 나타났다. 이는 본 발명에 따른 박테리아, 아스코르브산, 및 완충액의 조합 용액이 질소 산화물의 제거에 효과적이라는 것을 의미한다.
- [0056] **[실시예 5] 박테리아, PBS, 아스코르브산, 및 비타민 E를 함유하는 용액에 의한 저감 효과**
- [0057] 박테리아(S. aureus)(OD2 농도), 아스코르브산(10 mM), 비타민 E (30 μM)를 PBS 완충액과 혼합하여 최종 농도 50 mL의 용액으로 하였다. 상기 용액에 NO_x 및 N₂ 혼합 가스를 총 유량 1,300 mL/분으로 주입한 후 NO 및 NO₂ 각각의 배출 농도로부터 제거율을 측정하였으며, 그 결과 NO에 대한 제거율이 100% (NO 배출가스 농도 0.0 ppm에 대응함), NO₂ 에 대한 제거율이 100% (NO₂의 배출가스 농도 = 0.2 ppm에 대응함)로 나타났다. 이는 본 발명에 따른 박테리아, 아스코르브산, 비타민 E, 및 완충액의 조합 용액이 질소 산화물의 제거에 효과적이라는 것을 의미한다.
- [0059] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

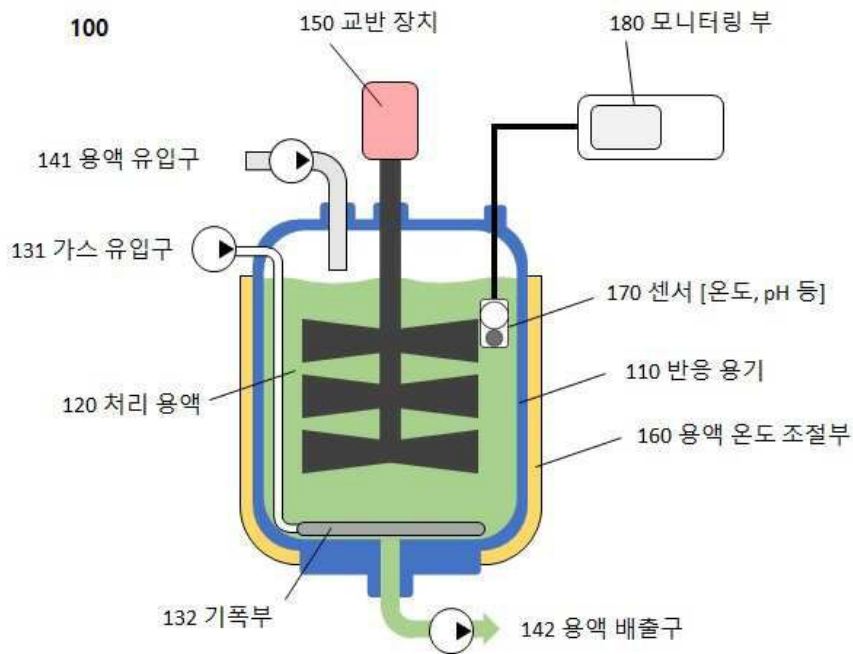
부호의 설명

- [0060] 100: 가스 중 질소 산화물 저감용 시스템
- 110: 반응 용기
- 120: 질소산화물 처리 용액

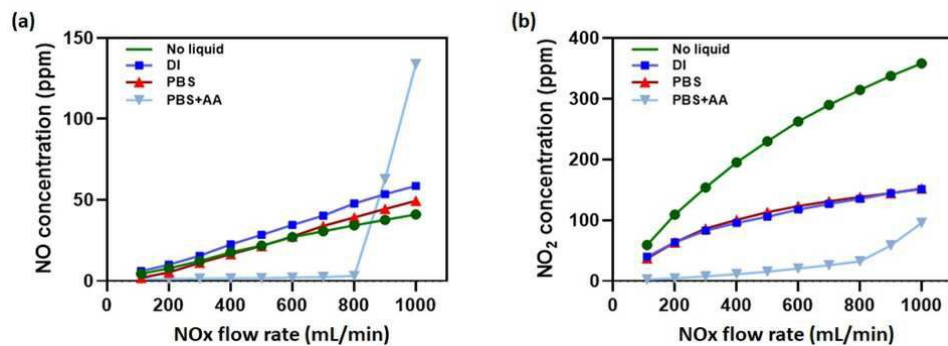
- | | |
|----------------|-------------|
| 131: 가스 유입구 | 132: 기폭부 |
| 141: 용액 유입구 | 142: 용액 배출구 |
| 150: 교반 장치 | |
| 160: 용액 온도 조절부 | |
| 170: 센서 | |
| 180: 모니터링부 | |

도면

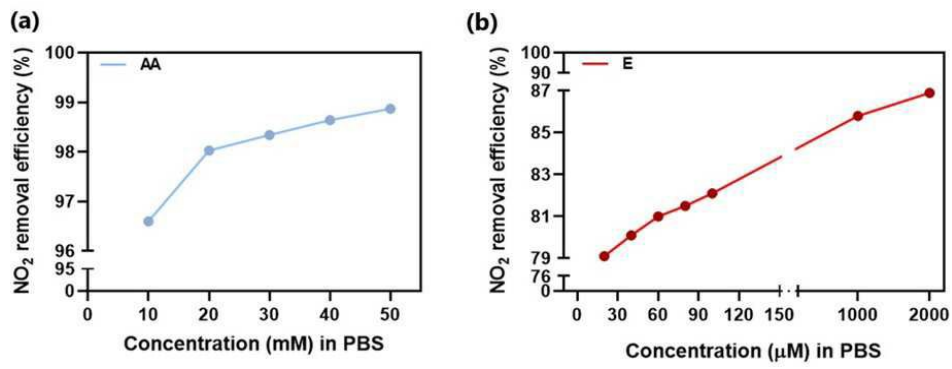
도면1



도면2



도면3



도면4

