



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년03월09일
(11) 등록번호 10-1020786
(24) 등록일자 2011년03월02일

(51) Int. Cl.

C02F 9/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0043041

(22) 출원일자 2008년05월08일

심사청구일자 2008년05월08일

(65) 공개번호 10-2009-0117134

(43) 공개일자 2009년11월12일

(56) 선행기술조사문헌

KR100708367 B1*

US20020005385 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국원자력연구원

대전 유성구 덕진동 150-1

(72) 발명자

김탁현

전북 정읍시 상동 183-11 대우드림채아파트
101-406

이상률

서울시 노원구 상계2동 397-18

이면주

대전시 유성구 어은동 한빛아파트 105-1304

(74) 대리인

이원희

전체 청구항 수 : 총 6 항

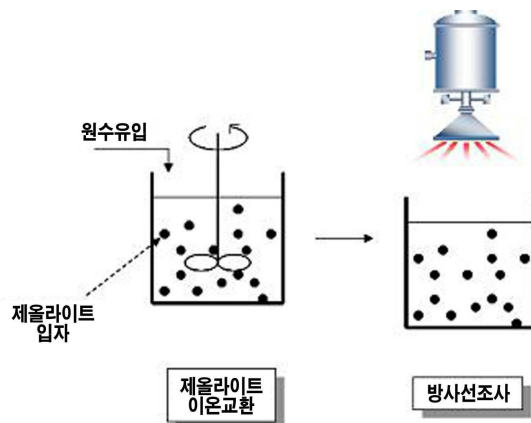
심사관 : 이강옥

(54) 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수의 처리방법

(57) 요약

본 발명은 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수의 처리방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 폐수를 전처리조에 유입하여 전처리를 수행하는 단계(단계 1); 상기 단계 1에서 전처리된 폐수를 제올라이트와 접촉시켜 이온교환처리하는 단계(단계 2); 및 상기 단계 2에서 이온교환처리된 폐수에 방사선을 조사하는 단계(단계 3)를 포함하는 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 기존에 처리에 어려움을 겪고 있던 폐수 중의 암모니아성 질소 성분과 유기물 성분에 대하여 제올라이트 이온교환과 방사선기술의 결합에 의하여 처리효율을 극대화시킬 수 있으며, 본 발명에 따라 처리되고 남은 제올라이트 성분은 유기물뿐만 아니라 질소 성분을 다량 함유하고 있어 작물의 영양분 공급을 위한 비료성분으로 재활용할 수 있는 원료로 재활용할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

폐수를 전처리조에 유입하여 전처리를 수행하는 단계(단계 1); 및

상기 단계 1에서 전처리된 폐수를 제올라이트와 접촉시켜 이온교환처리하는 것과 동시에 상기 전처리된 폐수에 감마선, 전자선 및 플라즈마로 이루어지는 군으로부터 선택된 한 종류의 방사선을 흡수선량 기준으로 1 kGy 내지 50 kGy 조사하는 단계(단계 2)를 포함하는 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 폐수는 축산폐수, 하폐수 또는 공장폐수인 것을 특징으로 하는 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 전처리는 원심분리법 또는 화학응집법을 포함하는 물리화학적 처리방법, 또는 미생물에 의한 혐기소화법을 포함하는 생물학적 방법에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 2의 제올라이트는 유동상 또는 컬럼형식의 고정상인 것을 특징으로 하는 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 단계 2의 제올라이트는 입경이 0.0001~20 mm인 것을 특징으로 하는 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 단계 2의 방사선은 ^{60}Co , ^{56}Co , ^{46}Sc , ^{22}Na 및 ^{134}Cs 로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 1종으로부터 발생하는 감마선, 전자선 또는 플라즈마인 것을 특징으로 하는 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수의 처리방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 오·폐수가 제대로 관리되지 않고 수계에 유입되는 경우, 이들은 심각한 오염원으로 작용하여 유기물에 의한 직접적인 수질오염뿐만 아니라, 질소, 인 등의 유입으로 인한 호소 부영양화, 녹조 등을 유발하게 된다. 이러한 오·폐수 중 축산 폐수는 발생량은 전체 오·폐수 발생량의 0.6%에 불과하나, 발생오염 부하량은 전체 발생 오염 부하량의 25.8%에 상당할 정도로 크며, 따라서 이로 인해 발생하는 오염은 매우 심각하다.

[0003] 일반적으로, 축산 폐수, 하폐수, 공장폐수 등과 같은 오·폐수 내에 함유되어 있는 오염성분 중 가장 문제가 되는 성분으로는 질소 성분을 들 수 있다. 상기 질소 성분이 강, 하천 등의 수계나 지하수 등으로 유입되면 아질산(NO_2^-), 질산(NO_3^-) 등의 형태로 존재하게 된다. 이러한 질소 형태의 물질이 체내에 흡수되면, "청색증"이라 불리는 질병을 유발하여 인체에 치명적인 영향을 줄 수 있다. 따라서, 이러한 문제를 유발하는 질소 성분의 제거를 위해 오랫동안 물리, 화학, 생물학적 공정 등을 이용한 여러 가지 처리 공정을 개발하기 위한 노력이 진행되어 왔으나, 현재까지 확실한 처리 공정이 개발되어 있지 않은 실정이다.

[0004] 종래 적용되고 있는 축산 폐수 등을 포함한 오·폐수 내에 존재하는 질소 성분을 처리하는 방법으로는 일반적으로, 표준활성슬러지법과 그 변법인 장기포기법, 산화구법, 라군법, 살수여상법, 호기성소화법, 액상부식법, 혐기성소화법 등의 생물학적 처리방법을 들 수 있다. 이러한 생물학적 처리방법의 효율을 향상시키기 위해서는 전처리로서 부유물질 등을 제거하기 위하여 원심분리, 화학응집 등의 물리화학적 처리를 수행한 후 생물학적 처리를 수행한다. 그러나, 방류수 수질기준에 적합하도록 수질을 조절하는 것이 용이하지 않기 때문에, 후처리로서 오존산화, 펜톤산화, 활성탄흡착 등의 고도처리를 수행하는 단계가 부가되는 번거로운 점이 있다.

[0005] 한편, 오·폐수 내에 존재하는 질소 성분을 제거하는 다른 방법으로는 예를 들면, 산화제를 이용하여 암모니아를 분해하는 방법, 분압을 감소시켜 질소 성분을 공기 중으로 증발시키는 방법, 이온교환수지를 이용하는 이온교환방법 등을 들 수 있다. 그러나 상기의 방법들은 2차 오염물질을 유발할 가능성이 존재하고, 안전한 형태를 갖는 질소 기체로의 최종 처리가 이루어지지 않는다는 문제가 있다. 따라서, 부가적인 단계를 요구하는 번잡함에도 불구하고 상술한 생물학적 처리방법이 여전히 많이 이용되고 있다. 일반적인 생물학적 질소처리방법에 관하여 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

[0006] 생물학적 질소처리방법은 크게 질산화반응 단계 및 탈질 반응 단계로 나눌 수 있으나, 상기 두 단계는 하나의 반응기 내에서 연속적으로 수행될 수 있다. 먼저, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* 등의 질산화박테리아에 의해 암모니아성 질소(NH_4^+-N)의 형태로 존재하는 질소성분을 아질산성 질소(NO_2^--N)의 형태를 거쳐 질산성 질소(NO_3^--N)의 형태로 전환시키는 질산화반응 단계가 수행된다. 다음으로, *Bacillus* 등의 탈질 반응을 수행할 수 있는 미생물을 이용하여 공기 중으로 질소 성분의 무해한 형태인 질소 기체(N_2)를 최종적으로 배출하는 탈질 반응 단계가 수행된다.

[0007] 그러나, 이러한 미생물을 이용한 생물학적 질소처리방법은 암모니아를 질산성 질소(NO_3^--N)까지 산화시키는 과정을 수행하기 위해 많은 양의 산소공급을 필요로 한다. 이러한 산소 공급을 위해서는 필연적으로 많은 에너지를 필요로 하며, 질산성 질소(NO_3^--N)를 무해한 질소 기체(N_2)로 전환시키는 탈질 반응시에는 에너지원으로서 메탄올 등과 같은 외부 탄소원을 공급해주어야 하는 문제점이 있다. 따라서, 효과적인 질소처리방법이 요구되고 있다.

[0008] 한편, 제올라이트는 화산재가 속성작용에 의해 생성된 다공질 결정체 광물로서, 표면적이 매우 크고 균일성과 분자형성 선택성을 가지고 있으며, 다공구조가 매우 발달되어서 암모니아, 중금속과 같은 양이온 오염물질을 제거하는 데 효과가 있다. 이러한 제올라이트는 천연 양이온 교환수지로서 이온교환용량과 물리화학적 성질이 뛰어나 암모니아성 질소에 대한 선택도가 매우 높아 제거효율이 크다.

[0009] 또한, 최근 방사선을 이용하여 폐수처리에 적용하는 산화처리법이 대두되고 있다. 상기 방사선 방출에 의해 수용액 내 물을 반응성이 큰 라디칼로 형성시킬 수 있으며 이렇게 발생된 라디칼은 유기물과의 산화반응에 의해 오염물질을 제거할 수 있다.

[0010] 이에, 본 발명자들은 오·폐수 내의 질소 성분 등을 포함하는 난분해성 물질을 효과적으로 처리하기 위하여 연구하던 중, 제올라이트를 투입하고 방사선을 조사함으로써, 질소 성분을 포함하는 난분해성 물질을 효과적으로 분해할 수 있음을 확인하고 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 폐수에서 문제가 되는 암모니아성 질소성분과 유기물 성분을 효과적으로 처리하기 위한 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법을 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0013] 폐수를 전처리조에 유입하여 전처리를 수행하는 단계(단계 1);

[0014] 상기 단계 1에서 전처리된 폐수를 제올라이트와 접촉시켜 이온교환처리하는 단계(단계 2); 및

[0015] 상기 단계 2에서 이온교환처리된 폐수에 방사선을 조사하는 단계(단계 3)를 포함하는 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법을 제공한다.

효 과

[0016] 본 발명에 따르면, 기존에 처리에 어려움을 겪고 있던 폐수 중의 암모니아성 질소 성분과 유기물 성분에 대하여 제올라이트 이온교환과 방사선기술의 결합에 의하여 처리효율을 극대화시킬 수 있으며, 본 발명에 따라 처리되고 남은 제올라이트 성분은 유기물뿐만 아니라 질소 성분을 다량 함유하고 있어 작물의 영양분 공급을 위한 비료성분으로 재활용할 수 있는 원료로 재활용할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0018] 본 발명은 폐수를 전처리조에 유입하여 전처리를 수행하는 단계(단계 1);

[0019] 상기 단계 1에서 전처리된 폐수를 제올라이트와 접촉시켜 이온교환처리하는 단계(단계 2); 및

[0020] 상기 단계 2에서 이온교환처리된 폐수에 방사선을 조사하는 단계(단계 3)를 포함하는 제올라이트 및 방사선을 이용한 폐수 처리 방법을 제공한다.

[0021] 먼저, 단계 1은 폐수를 전처리조에 유입하여 전처리를 수행하는 단계이다.

[0022] 본 발명에 따른 방법에 의해 처리되는 폐수는 특별한 제한 없이 그 대상이 될 수 있으나, 바람직하게는 하폐수, 공장폐수, 축산폐수 등이 될 수 있으며, 더욱 바람직하게는 전체 오·폐수 발생량에서 차지하는 비율은 미비하나, 발생 오염 부하량 면에서 큰 비중을 차지하는 축산폐수가 바람직하다.

[0023] 본 발명에 따른 방법에 있어서, 상기 전처리는 처리 대상이 되는 폐수의 방사선 조사에 의한 질소처리 효율을

높이기 위해, 상기 폐수 내에 포함되어 있는 기타 오염물질 등을 미리 처리하는 단계로서 그 전처리 방법에는 특별한 제한은 없으나, 바람직하게는 원심분리, 화학응집 등의 물리화학적 처리방법 또는 미생물에 의해 폐수 내에 포함되어 있는 오염물질, 예를 들면 축산 분뇨 등과 같은 물질을 처리하는 혐기소화 등과 같은 생물학적 처리방법 등에 의해 전처리 될 수 있다.

[0024] 다음으로, 단계 2는 상기 단계 1에서 전처리된 폐수를 제올라이트와 접촉시켜 이온교환처리하는 단계이다.

[0025] 본 발명에 따른 방법에 있어서, 전처리된 폐수는 제올라이트와 접촉시켜 이온교환처리될 수 있는데, 이때, 사용되는 제올라이트는 유동상으로 회분식 반응기 안에서 교반되거나 컬럼형식의 고정상으로서 충전될 수 있다. 상기 제올라이트는 유동상으로 사용될 때에는 입경이 0.0001~0.1 mm의 분말상 또는 0.1~20 mm의 입상인 것이 바람직하고, 고정상으로 사용될 때에는 입경이 0.1~20 mm의 입상인 것이 바람직하다. 만일 입경이 20 mm를 초과하는 경우에는 취급상 어려움, 거대 입경에 따른 비표면적 감소, 공극분율의 증가에 따른 반응성 저하 등의 문제가 있다.

[0026] 상기 제올라이트와 충분한 접촉시간을 거쳐 이온교환이 이루어지면 주로 폐수 중 암모니아성 질소와 같은 양이온 성분들이 폐수에서 제거되며 일부 유기물 성분도 흡착작용 등에 의하여 처리된다.

[0027] 다음으로, 단계 3은 상기 단계 2에서 이온교환처리된 폐수에 방사선을 조사하는 단계이다.

[0028] 본 발명에 따른 방법에 있어서, 이온교환처리된 폐수는 방사선 조사처리를 수행하는 것이 바람직하다. 상기 방사선을 발생시키는 화학종으로는 ^{60}Co , ^{56}Co , ^{46}Sc , ^{22}Na , ^{134}Cs 등을 들 수 있으며, 이들로부터 발생하는 감마선을 이용할 수 있다. 또한, 상기 방사선은 전자선 가속기로부터 발생하는 감마선, 전자선 또는 플라즈마를 이용할 수 있다. 이 경우, 상기 방사선의 조사선량은 흡수선량을 기준으로 1 Gy 내지 1 MGy의 범위내에서 조사하는 것이 바람직하고, 1 내지 100 kGy의 범위내에서 조사하는 것이 더욱 바람직하다. 만일 상기 방사선의 조사선량이 1 Gy 미만이면 반응 효율이 저하되는 문제가 있고, 1 MGy를 초과하는 경우에는 경제적이지 않은 문제가 있다.

[0029] 상기 방사선 조사에 의해 폐수 중의 수화된 전자(e_{aq}^-), 수소원자라디칼($H\cdot$), 수산화라디칼($OH\cdot$) 등이 생성된다. 생성된 상기 활성종들은 폐수 중의 난분해성 유기물질과 산화 또는 환원반응을 하게 된다. 그 결과 폐수 중의 난분해성 유기물질은 생분해가 어려운 고분자 유기물질에서 저분자화됨으로써, 생분해도가 향상된 물질로 전환될 수 있다. 이와 같이, 폐수의 생분해도가 향상됨으로써, 유기물 성분, 암모니아성 질소 성분 등이 보다 효과적으로 제거될 수 있다.

[0030] 본 발명에 따른 방법은 도 1에 나타난 바와 같이 병렬형의 공정으로 수행될 수 있고, 도 2에 나타난 바와 같이, 단계 2의 제올라이트 이온교환단계와 단계 3의 방사선 조사 단계를 결합하여 두 반응이 동시에 일어나도록 일체형으로 반응기를 설계 및 제작하여 수행함으로써 전체 반응시간을 단축시킬 수 있다.

[0031] 이하, 본 발명을 실시예 및 실험예에 의해 더욱 상세히 설명한다. 단, 하기의 실시예는 본 발명의 내용을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0032] <실시예> 제올라이트 이온교환 및 방사선 조사에 의한 폐수 처리

[0033] 축산종합폐수 처리장(충청남도 공주시 소재)으로부터 얻은 폐수를 전처리조에 유입하여 초기 고액분리 및 혐기소화에 의한 전처리를 수행하였다. 상기 전처리가 완료된 폐수 시료 200 mL를 채취하여 250 mL 유리 재질의 샘플병에 담은 후 0.5 mm의 평균입경을 갖는 제올라이트를 10 g 투입하고 진탕기에 1시간 정도 교반시켰다. 상기 교반 후 제올라이트가 담긴 채로 샘플병에 감마선을 20 kGy 선량으로 조사함으로써 폐수 내의 질소 성분을 처리하였다.

- [0034] <실험예> 제올라이트 투입 또는 방사선 조사에 의한 축산폐수 내의 난분해성 유기물질의 처리효율 측정
- [0035] 본 발명에 따른 제올라이트 투입 또는 방사선 조사에 의한 축산폐수 내의 난분해성 유기물질의 처리효율 향상 여부를 알아보기 위해 하기의 실험을 수행하였다.
- [0036] <1-1> 제올라이트 투입량에 따른 SCOD 처리효율 측정
- [0037] 축산종합폐수 처리장(충청남도 공주시 소재)으로부터 얻은 축산폐수 시료를 200 mL 채취하여 250 mL 유리 재질의 샘플병에 담은 후 0.5 mm의 평균입경을 갖는 제올라이트를 1, 5, 10 g 투입하고 진탕기에 1시간 정도 교반시켰다. 상기 교반 후 제올라이트가 담긴 채로 샘플병에 감마선을 비조사하거나 20 kGy 선량으로 조사하였다.
- [0038] 처리수를 원심분리 후 상등액에 대하여 가용성 화학적 산소 요구량(soluble chemical oxygen demand, 이하 SCOD)을 측정하였다. 분석방법은 APHA의 "Standard methods for the examination of water and wastewater" 및 수질오염공정시험방법(환경부고시 제99-208호)에 근거하여 분석하였다.
- [0039] 측정 후 SCOD 처리효율 변화 및 제올라이트 단위질량당 제거되는 SCOD량을 각각 도 3 및 도 4에 나타내었다.
- [0040] 도 3 및 도 4에 나타난 바와 같이, 감마선을 조사하지 않고 오직 제올라이트 투입량에 따른 SCOD 제거효율 변화를 확인한 결과, 초기 시료의 SCOD 농도는 1464 mg/L에서 제올라이트의 양을 1, 5, 10 g 투입하였을 때 각각 1377, 1311, 1257 mg/L로서 제거율이 5.94%, 10.45%, 14.14%로 나타나 폐수에 대한 제올라이트 양이 증가할수록 SCOD 처리효율이 증가하는 것으로 나타났다. 1, 5, 10 g 제올라이트 투입량 각각에 대해 제올라이트 단위 질량당 SCOD 제거량은 각각 17.4, 6.12, 4.1 mg SCOD/g Zeolite으로 나타났다.
- [0041] 한편, 1, 5, 10 g의 제올라이트를 시료에 투입한 후 20 kGy의 고정된 흡수선량의 감마선을 조사한 경우, 제올라이트만 투입하고 감마선을 조사하지 않았을 때의 SCOD의 초기 농도 1464 mg/L에서 1398 mg/L로 감소하였고, 투입량 각각에 대해 1362, 1254, 1242 mg/L의 농도를 나타내어 그 제거율이 6.97%, 14.34%, 15.16%로 나타났다. 이 때 1, 5, 10 g 제올라이트 각각에 대해 단위질량당 SCOD 제거량은 각각 20.4, 8.4, 4.4 mg SCOD/g Zeolite으로 나타나 감마선조사를 병행 실시한 경우 SCOD의 처리효율이 향상됨을 알 수 있다.
- [0042] <1-2> 제올라이트 투입량에 따른 $\text{NH}_3\text{-N}$ 처리효율 측정
- [0043] 상기 <1-1>의 방법과 동일하게 축산폐수를 처리한 후 처리수를 원심분리 후 상등액에 대하여 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)를 측정하였다. 분석방법은 APHA의 "Standard methods for the examination of water and wastewater" 및 수질오염공정시험방법(환경부고시 제99-208호)에 근거하여 분석하였다.
- [0044] 측정 후 $\text{NH}_3\text{-N}$ 처리효율 변화 및 제올라이트 단위질량당 제거되는 $\text{NH}_3\text{-N}$ 량을 각각 도 5 및 도 6에 나타내었다.
- [0045] 도 5 및 도 6에 나타난 바와 같이, 축산폐수 시료에 제올라이트 1, 5, 10 g을 투입하고 감마선을 조사하지 않은 경우에는 $\text{NH}_3\text{-N}$ 은 초기 농도 652 mg/L에서 제올라이트 1, 5, 10 g 투입량에 대해 각각 576, 560, 468 mg/L로 나타나 11.66%, 14.11%, 28.22%의 제거율을 나타내었다. 제올라이트 단위 질량당 $\text{NH}_3\text{-N}$ 제거량으로 환산하면 1, 5, 10g 각각에 대해 15.2, 3.7, 3.7 mg $\text{NH}_3\text{-N/g}$ Zeolite로 나타났다.
- [0046] 축산폐수 시료에 제올라이트 1, 5, 10 g을 투입하고 20 kGy 흡수선량의 감마선을 조사한 경우에는 초기 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 농도 652 mg/L에서 각각의 투입량에 대해 480, 488, 396 mg/L로 나타나 26.38%, 25.15%, 39.26%의 제거율을 얻어 제올라이트 투입량이 증가할수록 $\text{NH}_3\text{-N}$ 처리효율도 증가함을 알 수 있다. 제올라이트 단위 질량당 $\text{NH}_3\text{-N}$ 제거량은 각각 34.4, 6.6, 5.1 mg $\text{NH}_3\text{-N/g}$ Zeolite로 나타났다.
- [0047] 위의 결과로부터, 제올라이트는 그 투입량에 따라 SCOD 및 $\text{NH}_3\text{-N}$ 제거효율이 향상되며 이러한 시료에 일정 흡수선량의 감마선을 조사하면 그 제거효율이 보다 더 상승하는 것을 확인할 수 있었다.
- [0048] <1-3> 감마선 흡수선량에 따른 SCOD 처리효율 측정

- [0049] 본 발명에 따른 폐수 처리에 있어서, 감마선 흡수선량 변화에 따른 축산폐수의 처리특성을 알아보고자 채취한 시료에 평균 입경이 0.5 mm인 제올라이트 5 g을 투입한 것과 넣지 않은 것으로 구별하여 각각에 대하여 감마선 흡수선량을 1, 10, 20, 50 kGy로 조사하여 그 처리수에 대한 SCOD 처리효율 변화 및 제올라이트 단위질량당 제거되는 SCOD 량을 측정하여 도 7 및 도 8에 나타내었다.
- [0050] 도 7 및 도 8에 나타낸 바와 같이, 제올라이트를 폐수에 투입하지 않고 감마선만을 시료에 조사한 경우 1, 10, 20, 50 kGy 각각의 흡수선량에 대해 SCOD의 제거율은 각각 0.20%, 2.66%, 4.51%, 5.53%로 나타나 폐수에 대한 감마선 흡수선량이 증가할수록 그 제거율 또한 증가하는 것을 알 수 있으나, 감마선 단독처리에 의해서는 유기물 분해가 효과적이지 못하였다.
- [0051] 그러나, 먼저 시료에 제올라이트 5 g을 투입하고 약 1시간 정도 충분히 교반한 후 감마선을 각각 0, 1, 10, 20, 50 kGy 흡수선량으로 조사한 경우 SCOD의 제거율은 10.45%, 11.68%, 12.09%, 14.34%, 14.75%로 향상되었으며, 이로부터 제올라이트 단위 질량당 SCOD_{Cr} 제거량은 6.1, 6.8, 7.1, 8.4, 8.6 mg SCOD/g Zeolite로 나타났다.
- [0052] <1-4> 감마선 흡수선량에 따른 NH₃-N 처리효율 측정
- [0053] 상기 <1-3>의 방법과 동일하게 축산폐수를 처리한 후 처리수를 원심분리 후 상등액에 대하여 암모니아성 질소(NH₃-N)를 측정하였다. 측정 후 NH₃-N 처리효율 변화 및 제올라이트 단위질량당 제거되는 NH₃-N 량을 각각 도 9 및 도 10에 나타내었다.
- [0054] 도 9 및 도 10에 나타낸 바와 같이, 폐수에 제올라이트를 투입하지 않고 감마선 흡수선량을 0~50 kGy로 변화시키며 시료에 직접 조사하였을 때 경우, 그 NH₃-N 제거율이 6.75%, 7.36%, 14.72%, 20.25%로 나타났다. 반면, 제올라이트 5 g을 투입한 폐수에 0, 1, 10, 20, 50 kGy의 감마선을 조사하였을 경우 NH₃-N의 제거율이 14.11%, 20.25%, 25.15%, 25.15%, 32.52%로 향상되었고, 제올라이트 단위 질량당 NH₃-N의 제거량은 3.7, 5.3, 6.6, 6.6, 8.5 mg NH₃-N/g Zeolite로 나타났다.
- [0055] 따라서, 감마선은 제올라이트와 병행시 폐수의 NH₃-N 제거효율을 향상시키며 감마선 흡수선량이 증가할수록 더욱 그 제거효율이 향상되었고 제올라이트 단위 질량당 처리된 NH₃-N 또한 증가하는 경향을 확인할 수 있었다.
- 도면의 간단한 설명**
- [0056] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 제올라이트 이온교환 및 방사선 처리를 유동상방식의 병렬형으로 구성한 공정도를 나타낸다.
- [0057] 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 제올라이트 이온교환 및 방사선 처리를 고정상방식의 일체형으로 구성한 공정도를 나타낸다.
- [0058] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 조사 유무시 제올라이트 첨가량에 따른 SCOD의 처리효율 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0059] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 조사 유무시 제올라이트 첨가량에 따른 제올라이트 단위질량당 제거되는 SCOD 량을 나타내는 그래프이다.
- [0060] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 조사 유무시 제올라이트 첨가량에 따른 NH₃-N의 처리효율 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0061] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 조사 유무시 제올라이트 첨가량에 따른 제올라이트 단위질량당 제거되는 NH₃-N 량을 나타내는 그래프이다.
- [0062] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 제올라이트 첨가 유무시 방사선 조사선량에 따른 SCOD의 처리효율 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0063] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 제올라이트 첨가 유무시 방사선 조사선량에 따른 제올라이트 단위질량당 제

거되는 SCOD 량을 나타내는 그래프이다.

[0064] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 제올라이트 첨가 유무시 방사선 조사선량에 따른 $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 처리효율 변화를 나타내는 그래프이다.

[0065] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 제올라이트 첨가 유무시 방사선 조사선량에 따른 제올라이트 단위질량당 제거되는 $\text{NH}_3\text{-N}$ 량을 나타내는 그래프이다.

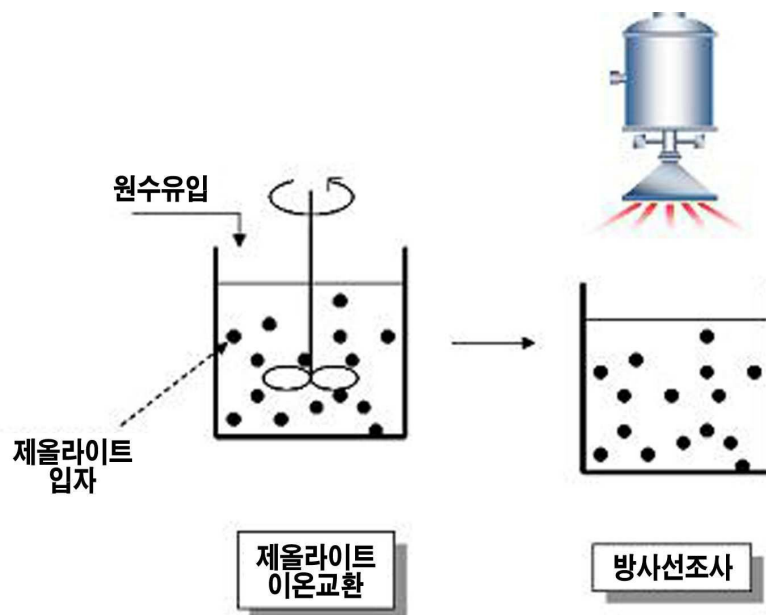
[0066] <도면 부호에 대한 간단한 설명>

[0067] SCOD : 가용성 화학적 산소 요구량

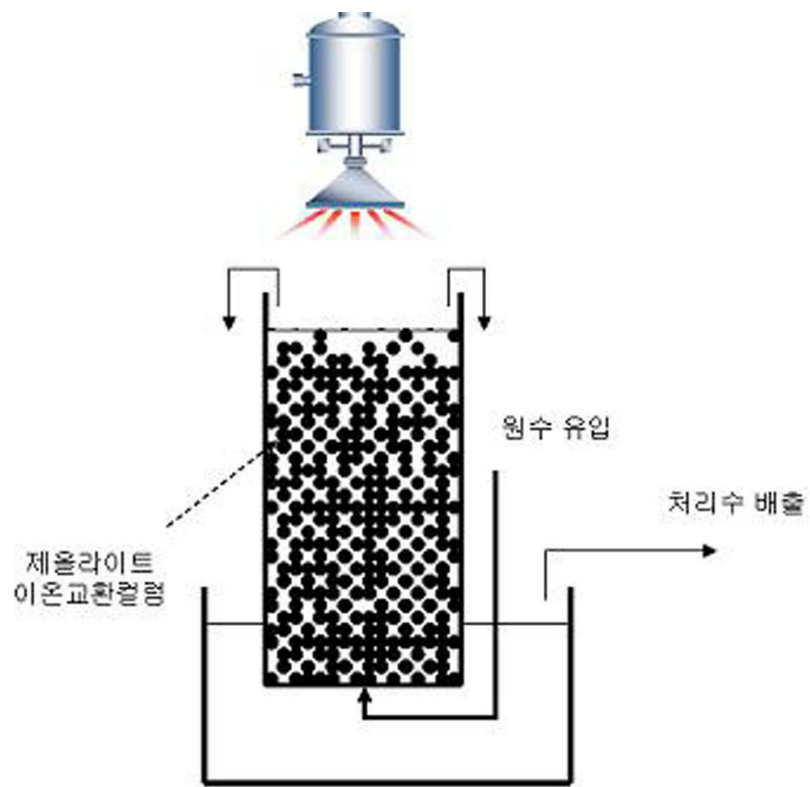
[0068] $\text{NH}_3\text{-N}$: 암모니아성 질소

도면

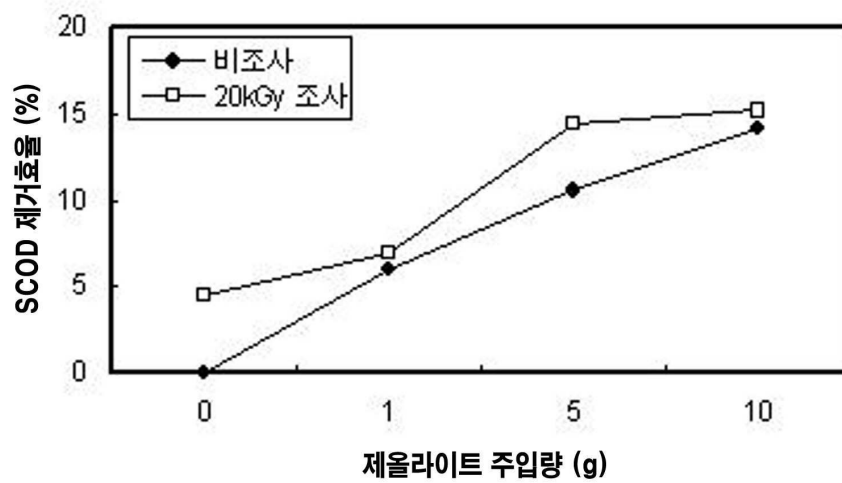
도면1



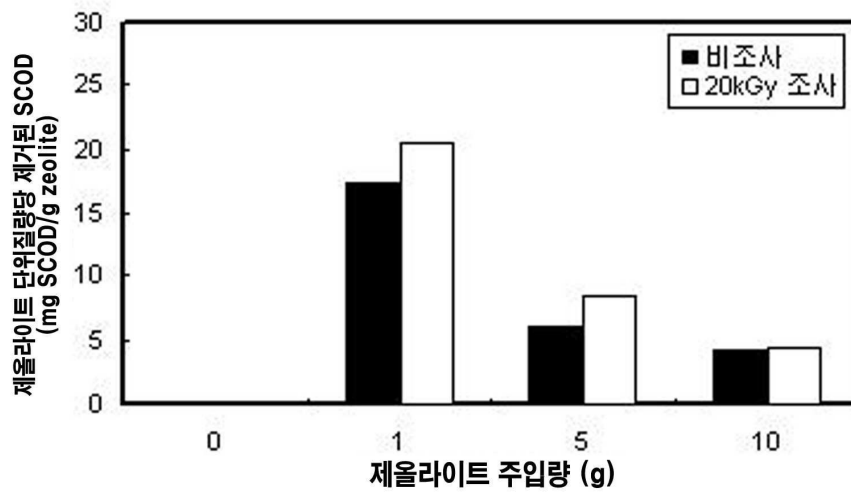
도면2



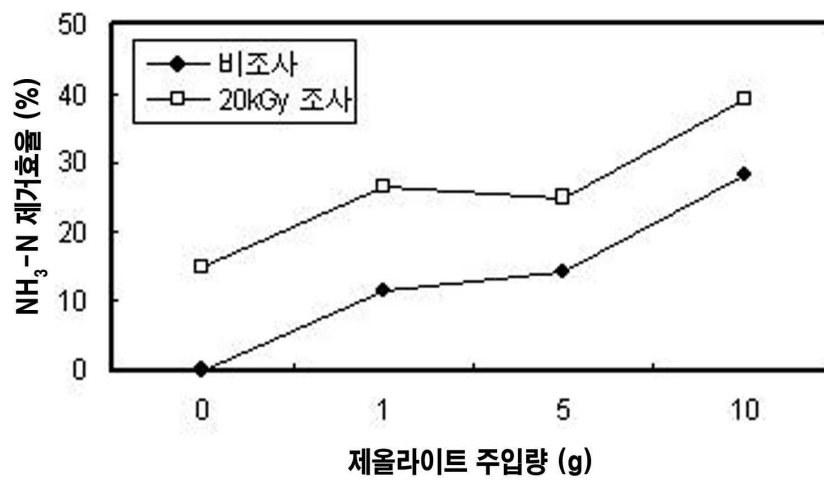
도면3



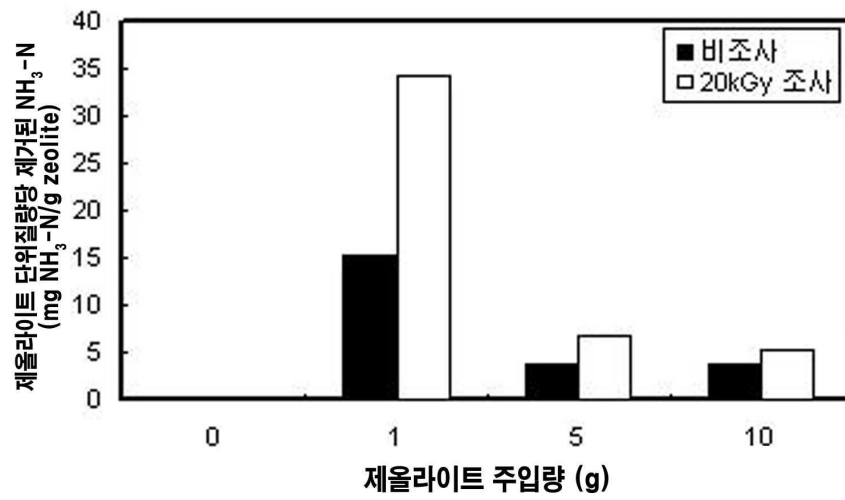
도면4



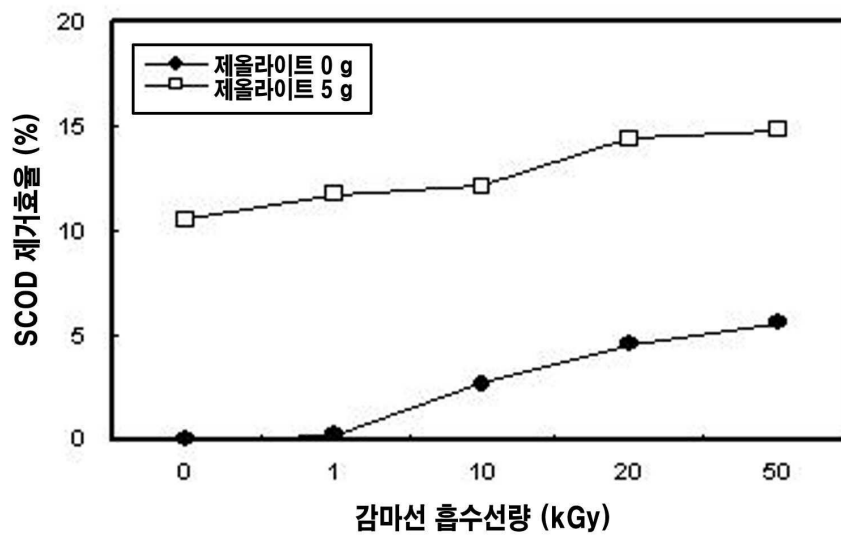
도면5



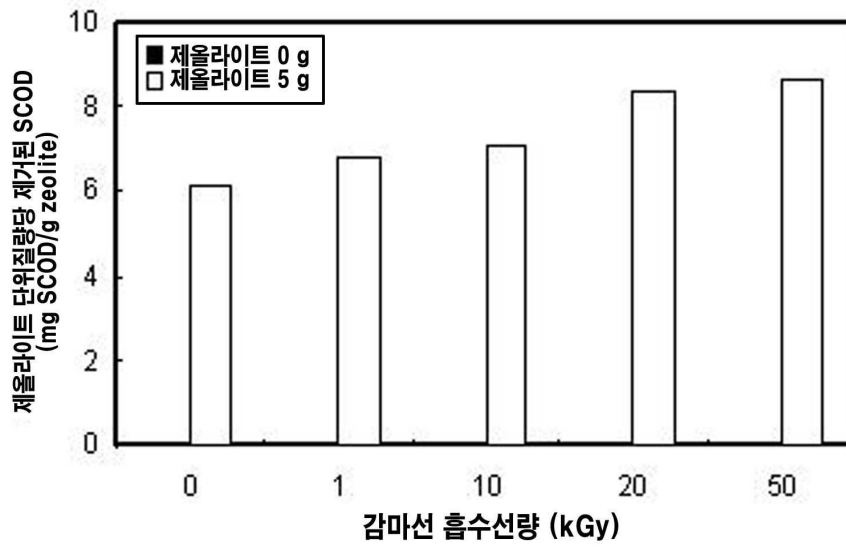
도면6



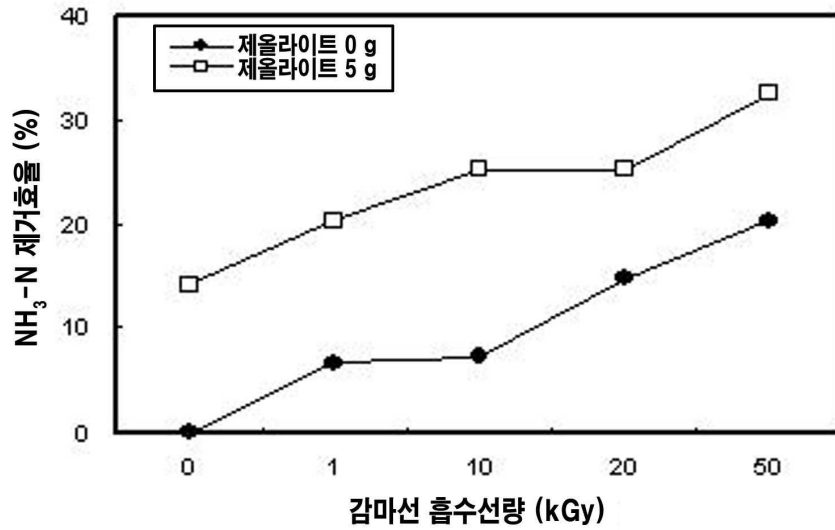
도면7



도면8



도면9



도면10

