



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0109819

(43) 공개일자 2015년10월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01J 20/10 (2006.01) *B01D 53/62* (2006.01)

B01J 20/30 (2006.01) *C01B 33/14* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0033187

(22) 출원일자 2014년03월21일

심사청구일자 2014년03월21일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김성현

서울특별시 강남구 영동대로 210 5-1008 (대치동, 쌍용아파트)

이창훈

경기도 고양시 덕양구 충장로 84 221동 1304호(행신동, 샘터마을2단지)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충현

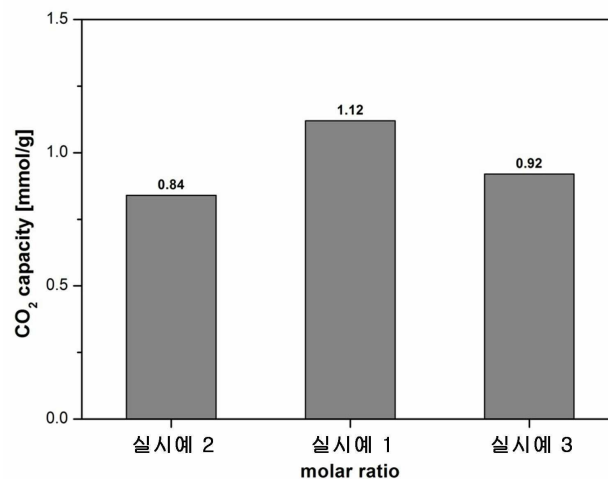
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법에 관한 것으로, 규소 조성물 수용액에 아민 개질제, 암모니아 및 기공 형성제를 첨가하여 혼합하는 단일 공정으로 제조됨으로써, 성형과정 없이도 공정에 적용이 가능한 크기의 실리카겔 지지체를 형성하므로 공정시간 및 제조비용을 절감할 수 있으며 우수한 이산화탄소 흡착량을 갖는다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

조동현

서울특별시 동대문구 무학로49길 33, 204호(용두동, 에베에셀)

정현철

경기도 구리시 체육관로 66, 102동 508호(수택동, 한숲아파트)

신동건

서울특별시 서초구 사임당로1길 22, 6-201(해청빌라)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2011-0031986

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 (재)한국이산화탄소포집및처리연구개발센터

연구사업명 Korea CCS 2020사업

연구과제명 유무기 복합 아민계 고효율 신흡수제 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2013.06.01 ~ 2014.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

규소 조성물 수용액에 아민 개질제, 암모니아 및 기공 형성제를 첨가하여 혼합하는 단계를 포함하는 기공이 형성된 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 규소 조성물 수용액에 아민 개질제, 암모니아 및 기공 형성제를 첨가하여 혼합하는 단계 이후에 세척하고 3회에 걸쳐 열처리하는 단계를 추가하는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 3회 열처리는 50 내지 70 °C에서 10 내지 15시간 동안 수행되는 1차 열처리, 75 내지 90 °C에서 3 내지 5시간 동안 수행되는 2차 열처리, 및 140 내지 160 °C에서 1 내지 3시간 동안 수행되는 3차 열처리로 이루어지는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 규소 조성물은 규산나트륨 또는 테트라에톡시실란인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 규소 조성물 : 아민 개질제 : 암모니아 = 1 : 0.2-0.6 : 1.0-2.5의 몰비로 혼합되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 규소 조성물 : 기공 형성제 = 1 : 0.001-0.01의 몰비로 혼합되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 아민 개질제는 3-아미노트리에톡시 실란, 3-아미노프로필디에톡시메틸실란, 아민메톡시실란 및 3-트리메톡시일프로필 디에틸트리아민으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 기공 형성제는 플루로닉(pluronic) P123, 스팬(Span) 80, 플루로닉 F127 및 세틸트리메틸 암모늄브로마이드(CTAB)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 아민 개질 실리카겔 지지체의 평균입경은 100 내지 300 μm 인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 아민 개질 실리카겔 지지체의 비표면적은 400 내지 550 m^2/g 인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 아민 개질 실리카겔 지지체의 기공부피는 0.1 내지 0.8 cm^3/g 인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 아민 개질 실리카겔 지지체의 기공직경은 4 내지 20 nm인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 아민 개질 실리카겔 지지체는 이산화탄소 흡착량이 1.0 mmol/g 내지 2.0 mmol/g 인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 성형과정 없이도 공정에 적용이 가능한 크기의 실리카겔 지지체를 형성할 수 있는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 이산화탄소는 대표적인 온실가스로서 지구 온난화의 주요 원인이다.
- [0003] 상기 이산화탄소가 대기 중으로 배출되는 것을 막기 위해 연소 가스 등에 포함된 이산화탄소를 포집하여 저장하는 CCS(Carbon Capture and Storage) 기술이 많은 주목을 받고 있다.
- [0004] 이산화탄소 포집을 위한 방법으로는 습식흡수법, 건식흡착법, 막분리법 등이 있으며 특히 습식흡수법은 현재 상용되고 있다. 그러나 상기 습식흡수법은 아민에 의한 장비의 부식이 크며 CO_2 분리 과정에서 많은 에너지가 사용되는 단점이 있어 건식흡착법이 대체 기술로 전망되고 있다.
- [0005] 일반적으로 사용되는 건식흡착법을 위한 흡착제에는 다공성의 활성탄, 알루미나, PMMA 등의 고분자, 실리카, MOF(metal organic framework) 등이 있으며, 이들은 비표면적과 기공구조를 기반으로 물리적 흡착 과정을 통해 CO_2 를 흡착한다. 물리적 흡착은 탈착열이 작으므로 적은 에너지로 CO_2 를 흡착제에서 분리할 수 있으나 저온에서의 흡착량이 낮다. 그러므로 저온 흡착제의 경우 흡착성능을 향상시키기 위하여 실리카 등의 다공성 지지체에 아민을 함침하여 흡착량을 증가시키는 시도가 이루어지고 있다. 아민의 도입방법으로는 물리적으로 아민을 함침하는 방법과 표면 개질을 통해 화학적으로 도입하는 방법이 있다. 상기 물리적으로 아민을 함침하는 방법은 다량의 아민을 도입할 수 있어 높은 CO_2 흡착량을 갖지만, 흡탈착 연속공정에서 아민이 유실되어 성능이 감소된다. 반면, 아민을 화학적으로 도입하는 방법은 흡탈착 연속공정에서 아민이 유실되는 문제가 없다.
- [0006] 건식흡착제 중 실리카는 합성이 용이하여 여러 분야에서 활용되고 있으나 분말(powder) 형태로 존재하기 때문에 실제 공정에 적용하기 위해서는 펠렛 등으로 제조하는 성형과정이 필요하다. 일반적으로 아민 개질 실리카는 실리카를 성형하여 제조하는 과정과 아민을 도입하는 과정의 두 과정으로 이루어지며, 각 과정마다 세척 및 건조 과정이 요구된다. 이러한 두 단계 이상의 제조 과정을 통한 실리카 합성은 많은 공정 시간이 소요된다.
- [0007] 한국공개특허 제10-2009-0048085호에서는 실리카 혼합물을 기반으로 흡착제를 제조하였으며 실리카와 아민 간의 반응을 통하여 실리카 지지체에 직접 아민기를 부착하였다. 구체적으로 위 선행문헌에서는 150 $^{\circ}\text{C}$ 에서 12 시간 이상 교반하면서 반응시킴으로써 아민이 흡착제 표면에 그래프팅되도록 고온 반응을 장시간 진행해야 하는 공정상의 부담이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 성형과정 없이도 공정에 적용이 가능한 크기로 제조되어 제조비용이 낮으며 이산화탄소 흡착량이 우수한 저온 흡착제인 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조하는 방법을 제공하는데

있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 기공이 형성된 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법은 규소 조성물 수용액에 아민 개질제, 암모니아 및 기공 형성제를 첨가하여 혼합하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 규소 조성물 수용액에 아민 개질제, 암모니아 및 기공 형성제를 첨가하여 혼합하는 단계 이후에 세척하고 3회에 걸쳐 열처리하는 단계를 추가할 수 있다.
- [0011] 상기 3회 열처리는 50 내지 70 °C에서 10 내지 15시간 동안 수행되는 1차 열처리, 75 내지 90 °C에서 3 내지 5시간 동안 수행되는 2차 열처리, 및 140 내지 160 °C에서 1 내지 3시간 동안 수행되는 3차 열처리로 이루어질 수 있다.
- [0012] 상기 규소 조성물은 규산나트륨 또는 테트라에톡시실란일 수 있다.
- [0013] 상기 규소 조성물 : 아민 개질제 : 암모니아 = 1 : 0.2-0.6 : 1.0-2.5의 물비로 혼합될 수 있다.
- [0014] 상기 규소 조성물 : 기공 형성제 = 1 : 0.001-0.01의 물비로 혼합될 수 있다.
- [0015] 상기 아민 개질제는 3-아미노트리에톡시 실란, 3-아미노프로필디에톡시메틸실란, 아민메톡시실란 및 3-트리메톡시실릴프로필 디에틸트리아민으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다.
- [0016] 상기 기공 형성제는 플루로닉(pluronic) P123, 스팬(Span) 80, 플루로닉 F127 및 세틸트리메틸암모늄브로마이드(CTAB)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다.
- [0017] 상기 아민 개질 실리카겔 지지체의 평균입경은 100 내지 300 μm 일 수 있다.
- [0018] 상기 아민 개질 실리카겔 지지체의 비표면적은 400 내지 550 m^2/g 이며, 기공부피는 0.1 내지 0.8 cm^3/g 이고, 기공직경은 4 내지 20 nm이며, 이산화탄소 흡착량은 1.0 mmol/g 내지 2.0 mmol/g 일 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 아민 개질 실리카겔 지지체는 분말 형태의 실리카에 아민을 개질시켜 실제 공정에 적용이 가능한 크기로 형성하며, 성형과정 없이 단일 공정으로 제조되므로 제조비용이 낮다.
- [0020] 또한, 기공 형성제(계면활성제)를 사용하지 않는 경우에 비하여 최대 20%의 이산화탄소 흡착량 증가를 보인다.
- [0021] 본 발명의 아민 개질 실리카겔 지지체는 같은 양의 아민을 사용하는 타종의 실리카 지지체보다 이산화탄소 흡착량이 우수하여 실제 공정에 적용이 용이할 것으로 예상된다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 아민 개질 실리카겔 지지체의 이산화탄소 흡착능을 평가한 그래프이다.
- 도 2는 실시예 및 비교예에 따라 제조된 아민 개질 실리카겔 지지체의 이산화탄소 흡착능을 평가한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 본 발명은 성형과정 없이도 실제 공정에 적용이 가능한 크기의 실리카겔 지지체를 형성할 수 있는 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법에 관한 것이다.
- [0024] 구체적으로, 본 발명은 종래에 분말의 실리카를 성형하여 펠렛 형태로 제조하는 과정 및 아민 물질을 도입하는 과정을 포함하여 적어도 두 단계 이상으로 수행하던 과정을 상기 실리카를 성형하는 과정 없이 분말의 실리카를 그대로 사용하여 단일 과정으로 이산화탄소를 흡착하는 흡착제인 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조하는 것이다.
- [0025] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0026] 본 발명의 기공이 형성된 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체의 제조방법은 규소 조성물 수용액

에 아민 개질제, 암모니아 및 기공 형성제를 첨가하여 혼합하는 단계를 포함하며, 추가로 상기 단계 이후에 세척하는 단계 및 3회에 걸쳐 열처리하는 단계를 수행할 수 있다.

- [0027] 본 발명에 따른 아민 개질 실리카겔 지지체는 실리카 합성방법 및 졸-겔 반응을 기반으로 제조된 겔이다.
- [0028] 본 발명에 따른 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조하기 위하여 먼저, 규소 조성물 수용액에 아민 개질제, 암모니아 및 기공 형성제를 첨가하여 80 내지 100 °C에서 10 내지 15시간 동안 혼합함으로써 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조한다. 온도 및 시간이 상기 하한치 미만인 경우에는 아민기 도입 효율이 낮아 이산화탄소 흡착 성능이 감소하며, 상기 상한치 초과인 경우에는 부반응이 많이 발생하여 수율이 낮아질 수 있다.
- [0029] 상기 규소 조성물 수용액은 규소 조성물이 증류수에 용해된 용액으로서, 규소 조성물이 수용액 및 암모니아 하에서 반응이 수행되어 겔의 형태로 제조되면서 규소 조성물끼리 결합이 이루어져 평균입경이 100 내지 300 μm 인 크기로 제조된다. 상기 규소 조성물로는 규산나트륨 또는 테트라에톡시실란을 들 수 있다.
- [0030] 또한, 상기 아민 개질제는 실리카 표면을 개질하는 물질로서 실리카겔 표면에 아민기를 도입할 수 있는 물질이라면 특별히 한정되지 않지만, 바람직하게는 3-아미노트리에톡시 실란, 3-아미노프로필디에톡시메틸실란, 아민 메톡시실란 및 3-트리메톡시시일프로필 디에틸트리아민 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 들 수 있으며, 더욱 바람직하게는 3-아미노트리에톡시 실란을 들 수 있다.
- [0031] 또한, 상기 암모니아(NH_4OH)는 촉매로 작용하여 규소 조성물 수용액을 실리카겔로 제조하며, 규소 조성물의 규소와 아민 개질제의 규소의 결합을 더욱 견고히 한다. 그러므로 암모니아 대신 겔을 제조하는 다른 물질이 첨가되는 경우에는 겔 형태로 제조는 가능하지만 실리카겔과 아민 개질제의 결합은 저하되어 이산화탄소 흡착능이 저하된다.
- [0032] 또한, 상기 기공 형성제는 아민 개질 실리카겔 지지체에 기공을 형성하며, 아민과 함께 사용될 경우 실리카겔 표면에 아민이 효과적으로 개질되도록 할뿐만 아니라 아민 내부에 확산 통로를 형성하기 때문에 미사용 아민을 더욱 효과적으로 이용하므로 이산화탄소 흡착량을 높일 수 있는 것으로서, 기공 형성제로는 계면활성제를 사용한다. 바람직하게는 플루로닉(pluronic) P123, 스팬(Span) 80, 플루로닉 F127 및 세틸트리메틸암모늄브로마이드(CTAB)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 들 수 있으며, 바람직하게는 플루로닉 P123을 들 수 있다.
- [0033] 상기 규소 조성물 : 아민 개질제 : 암모니아는 1 : 0.2-0.6 : 1.0-2.5의 몰비; 바람직하게는 1 : 0.3-0.5 : 1.5-2.0의 몰비이다. 상기 규소 조성물, 아민 개질제 및 암모니아의 몰비가 상기 범위를 벗어나는 경우에는 원팟(one-pot)으로 아민 개질 실리카겔 지지체가 형성되지 않는다. 구체적으로, 겔 형태의 실리카겔이 형성되지 않으며 실리카겔 표면에 아민이 개질되지도 않는다.
- [0034] 또한, 상기 규소 조성물 : 기공 형성제는 1 : 0.001-0.01의 몰비, 바람직하게는 1 : 0.003-0.01의 몰비이다. 상기 기공 형성제 및 규소 조성물의 몰비가 상기 범위를 벗어나는 경우에는 이산화탄소를 다량 흡수할 수 있을 정도의 기공이 형성되지 않으며, 특히 기공 형성제에 비하여 규소 조성물이 상기 범위보다 적게 들어가면 기공 형성제가 실리카겔 표면에 아민이 개질되는 것을 방해하여 아민 개질 실리카겔 지지체의 수율이 저하될 수 있다.
- [0035] 다음으로, 상기 제조된 아민 개질 실리카겔 지지체를 증류수로 세척한 후 3회에 걸쳐 열처리한다.
- [0036] 상기 열처리는 50 내지 70 °C에서 10 내지 15시간 동안 수행되는 1차 열처리, 75 내지 90 °C에서 3 내지 5시간 동안 수행되는 2차 열처리, 및 140 내지 160 °C에서 1 내지 3시간 동안 수행되는 3차 열처리로 이루어진다.
- [0037] 열처리시 높은 온도로 1회 열처리하면 기공 내부의 수분이 팽창하여 기공이 망가지므로 상이한 온도로 3회에 걸쳐 기공 내부에 존재하는 물을 천천히 건조시킨다. 구체적으로, 상기 1차 열처리는 기공 내부에 잔존하는 수분 및 암모니아를 건조하여 이산화탄소의 흡착량을 증가시키고; 상기 2차 열처리는 기공 내부의 수분을 완전하게 건조하고, 실리카 겔과 아민 개질제 간의 결합을 강화하여 이산화탄소의 흡착량을 증가시키고; 상기 3차 열처리는 반응 부산물 제거 및 아민 개질 실리카겔 지지체의 열 및 기계적 내구성을 향상시킨다. 그러므로 상기 3회의 열처리 중 1회라도 수행하지 않으면 수분의 갑작스러운 증발로 인한 아민 물질의 산화와 실리카겔 지지체의 내구성이 저하되어 성능 저하 및 공정 수명이 감소하게 된다.
- [0038] 상기와 같은 제조방법에 의하여 제조된 아민 개질 실리카겔 지지체는 겔로 제조되면서 규소 조성물끼리 결합하므로 이산화탄소 흡착 공정에 적용이 가능한 100 내지 300 μm 의 평균입경을 갖는다. 또한, 아민 개질 실리카겔 지지체의 비표면적은 400 내지 550 m^2/g , 바람직하게는 450 내지 500 m^2/g 이고; 기공부피는 0.1 내지 0.8 cm^3/g , 바람직하게는 0.3 내지 0.6 cm^3/g 이며; 기공직경은 4 내지 20 nm, 바람직하게는 6 내지 10 nm이다.

- [0039] 본 발명에 따라 제조된 아민 개질 실리카겔 지지체는 상기와 같은 비표면적, 기공부피 및 기공직경을 가지므로 이산화탄소 흡착량이 1.0 mmol/g 내지 2.0 mmol/g일 수 있다. 이는 아민 개질제가 실리카겔에 화학적으로 도입되었다는 것이며 부산물 및 미반응물에 대한 영향이 없다는 것을 나타낸다.
- [0040] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범주 및 기술사상 범위 내에서 다양한 변경 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연한 것이다.
- [0041] **실시예 1.**
- [0042] 분말의 규산나트륨이 증류수에 용해된 규산나트륨 수용액 100 mL에 3-아미노트리에톡시 실란, 암모니아 및 플루로닉 P123이 용해된 수용액 100 mL를 첨가하여 85 °C에서 12시간 동안 교반한 후 증류수로 세척한 다음 60 °C에서 12시간 동안 1차 열처리, 80 °C에서 4시간 동안 2차 열처리, 150 °C에서 2시간 동안 3차 열처리를 거쳐 기공이 형성된 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조하였다.
- [0043] 이때, 상기 규산나트륨 : 3-아미노트리에톡시 실란 : 암모니아 = 1 : 0.39 : 0.87의 몰비로 혼합되며; 상기 규산나트륨 : 플루로닉 P123 = 1 : 0.006의 몰비로 혼합되었다.
- [0044] **실시예 2.**
- [0045] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, 규산나트륨 : 플루로닉 P123 = 1 : 0.003의 몰비로 하여 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조하였다.
- [0046] **실시예 3.**
- [0047] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, 규산나트륨 : 플루로닉 P123 = 1 : 0.009의 몰비로 하여 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조하였다.
- [0048] **실시예 4.**
- [0049] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, 기공 형성제로 플루로닉 P123 대신 CTAB를 사용하여 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조하였다.
- [0050] **실시예 5.**
- [0051] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, 기공 형성제로 플루로닉 P123 대신 F127을 사용하여 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조하였다.
- [0052] **비교예 1.**
- [0053] 산촉매(염산)와 기공 형성제가 혼합된 용액에 규산나트륨 용액을 주입한 후 10분 내지 1시간 동안 교반한 다음 반응이 완료되면 65 내지 85 °C의 온도에서 3시간 동안 겔화과정을 진행한다. 그 후 세척 및 건조 과정을 수행하여 실리카겔을 얻고, 분쇄 과정을 통해 분말의 실리카겔을 얻는다.
- [0054] 분말의 실리카겔 5 g을 성형하여 펠릿으로 제조한 다음 펠릿 형태의 실리카 겔과 3-아미노트리에톡시 실란을 혼합하여 30~100 °C에서 12시간 동안 혼합한 후 세척하고 80 °C에서 12시간 동안 건조하여 이산화탄소 건식 흡착용 아민 개질 실리카겔 지지체를 제조하였다.
- [0055] **시험예 1.**
- [0056] 상기 실시예 1에서 제조된 아민 개질 실리카겔 지지체의 평균입경, 비표면적, 기공부피 및 기공직경을 3회 측정

한 후 그 평균을 하기 [표 1]에 나타내었다.

표 1

구분	평균입경(μm)	비표면적(m^2/g)	기공부피(cm^3/g)	기공직경(nm)
실시예 1	200	465.0	0.41	6.1
비교예 1	250	307.4	1.06	14.8

위 표 1에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 아민 개질 실리카겔 지지체는 200 μm 의 평균입경을 보이므로 이산화탄소 흡착 공정에 사용할 수 있으며; 465.0 m^2/g 의 비표면적, 0.41 cm^3/g 의 기공부피 및 6.1 nm의 기공직경을 가지므로 1.12 mmol/g(100 °C에서 70분 전처리, 75 °C에서 120분 흡착 및 105 °C에서 100분 탈착)로 이산화탄소를 우수하게 흡착할 수 있다는 것을 확인하였다(도 1).

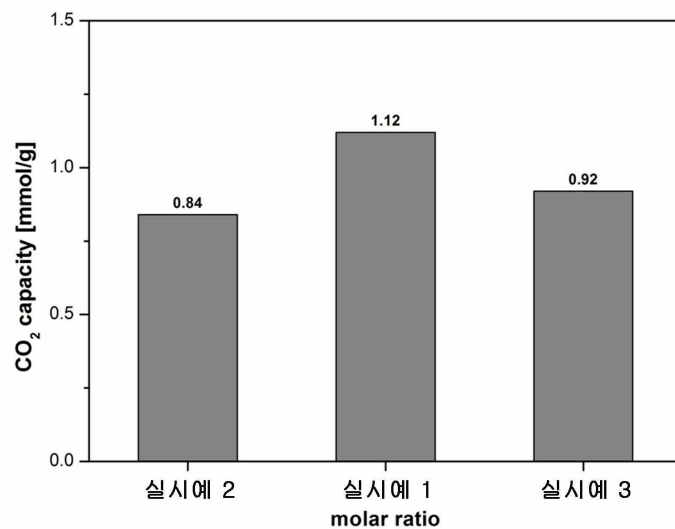
또한, 비교예 1의 아민 개질 실리카겔 지지체는 실시예 1에 비하여 비표면적 및 기공부피가 작으며, 이산화탄소 흡착량도 실시예 1보다 적은 0.78 mmol/g인 것으로 확인되었다.

또한 도 1에 도시된 바와 같이, 플루로닉 P123을 규산나트륨에 대하여 0.006몰비로 사용한 실시예 1이 실시예 2 및 실시예 3에 비하여 이산화탄소 흡착능이 우수한 것을 확인하였다.

뿐만 아니라 도 2에 도시된 바와 같이, 기공 형성제로 플루로닉 P123(실시예 1) 대신 CTAB(실시예 4) 및 F127(실시예 5)을 사용하는 경우에는 실시예 1에 비하여 이산화탄소 흡착능이 약간 낮은 것을 확인하였다.

도면

도면1



도면2

