(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0081028
(43) 공개일자 2010년07월14일

(51) Int. Cl.
*B01J 20/02* (2006.01) *B01D 53/04* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0000286
(22) 출원일자 2009년01월05일
심사청구일자 2009년01월05일

(71) 출원인
**경희대학교 산학협력단**
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제캠퍼스내
(72) 발명자
**김훈식**
서울시 성북구 상월곡동 동아아파트 110-604
**강제은**
서울특별시 노원구 공릉2동 두산아파트 102 동 101호
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**유수미**

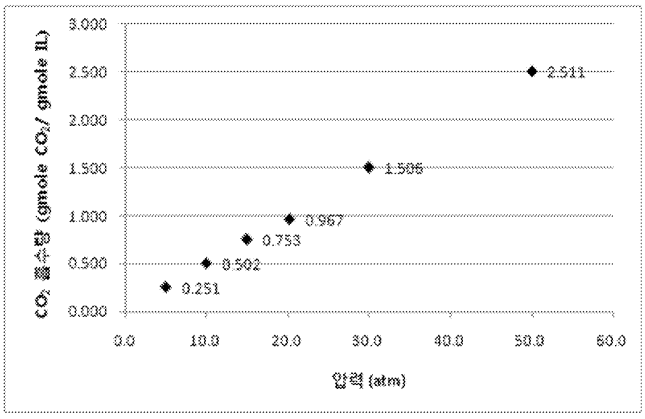
전체 청구항 수 : 총 12 항

# (54) 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체를포함하는 이산화탄소 흡수제

## *(57) 요 약*

본 발명은 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트(trialkoxyhydroxyphosphonium carboxylate)계 이온성 액체를 포함하는 이산화탄소 흡수제에 관한 것이다. 본 발명에 따른 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체는 이산화탄소 흡수능력이 우수하고 반복 사용 시에도 흡수능의 감소가 거의 없을 뿐만 아니라, 합성이 용이하고 제조 원가가 저렴하여 이산화탄소 흡수제로 효과적으로 사용될 수 있다.

*대 표 도* - 도2



(72) 발명자

**젤리아코 팔군아디**

서울시 성북구 상월곡동 24-84 102호

**이정민**

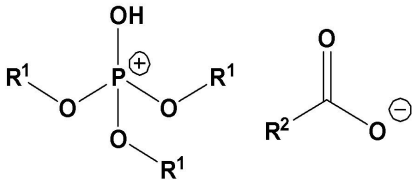
서울시 도봉구 창1동 주공3단지아파트 310동 903호

## *특허청구의 범위*

### 청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트(trialkoxyhydroxyphosphonium carboxylate)계 이온성 액체를 하나 이상 포함하는 이산화탄소 흡수제:

[화학식 1]



상기 식에서,

$R^1$은 탄소수 1 내지 8의 알킬기 또는 아릴기를 나타내고,

$R^2$는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기 또는 아릴기를 나타낸다.

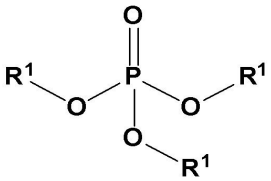
### 청구항 2

제1항에 있어서, $R^1$이 메틸, 에틸, 프로필, 부틸, 펜틸, 헥실, 헵틸, 옥틸, 페닐 또는 벤질이고, $R^2$가 메틸, 에틸, 프로필, 부틸, 펜틸, 헥실, 트리플루오로메틸, 클로로메틸 또는 페닐인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 흡수제.

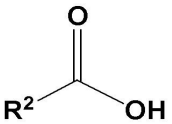
### 청구항 3

제1항에 있어서, 화학식 1로 표시되는 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체가 하기 화학식 2로 표시되는 트리알킬포스페이트를 하기 화학식 3으로 표시되는 유기산과 반응시켜 제조되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 흡수제:

[화학식 2]



[화학식 3]



상기 식에서,

$R^1$은 탄소수 1 내지 8의 알킬기 또는 아릴기를 나타내고,

$R^2$는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기 또는 아릴기를 나타낸다.

### 청구항 4

제3항에 있어서, 화학식 2로 표시되는 트리알킬포스페이트가 트리메틸포스페이트(trimethylphosphate: TMP), 트리에틸포스페이트(triethylphosphate: TEP), 트리부틸포스페이트(tributylphosphate: TBP), 트리헥실포스페이

트(trihexylphosphate: THP), 트리옥틸포스페이트(trioctylphosphate: TOP), 트리페닐포스페이트(triphenylphospate: TPP) 및 트리벤질포스페이트(tribenzylphosphate: TBzP)로 구성된 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 흡수제.

**청구항 5**

제3항에 있어서, 화학식 3으로 표시되는 유기산이 아세트산(acetic acid: AA), 트리플루오로아세트산(trifluoroacetic acid: TFA), 클로로아세트산(chloroacetic acid: CA), 프로피온산(propionic acid: PA), 부탄산(butanoic acid: BA), 헥산산(hexanoic acid: HA) 및 벤조산(bezoic acid: BZA)으로 구성된 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 흡수제.

**청구항 6**

(i) 제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 따른 이산화탄소 흡수제를 사용하여 이산화탄소를 흡수시키는 단계; 및

(ii) 상기 이산화탄소 흡수제로부터 흡수된 이산화탄소를 탈기시키는 단계를 포함하는 기체 혼합물로부터 이산화탄소의 분리방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 단계(i)에서 흡수 온도가 0 ℃ 내지 80 ℃ 범위인 것을 특징으로 하는 분리방법.

**청구항 8**

제7항에 있어서, 단계(i)에서 흡수 온도가 20 ℃ 내지 50 ℃ 범위인 것을 특징으로 하는 분리방법.

**청구항 9**

제6항에 있어서, 단계(i)에서 흡수 압력이 상압 내지 60 기압 범위인 것을 특징으로 하는 분리방법.

**청구항 10**

제6항에 있어서, 단계 (ii)에서 탈기 온도가 상온 내지 100 ℃ 범위인 것을 특징으로 하는 분리방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 단계 (ii)에서 탈기 온도가 40 내지 80 ℃ 범위인 것을 특징으로 하는 분리방법.

**청구항 12**

제6항에 있어서, 단계 (ii)에서 탈기 압력이 상압인 것을 특징으로 하는 분리방법.

# *명 세 서*

## *발명의 상세한 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트(trialkoxyhydroxyphosphonium carboxylate)계 이온성 액체를 포함하는 이산화탄소 흡수제에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 이산화탄소 흡수능력이 우수하고 반복 사용 시에도 흡수능의 감소가 거의 없을 뿐만 아니라, 합성이 용이하고 제조 원가가 저렴한 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체를 포함하는 이산화탄소 흡수제에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 화학공장, 발전소, 대형 보일러의 배기가스 및 천연가스로부터 $CO_2$를 분리하는 방법에는 흡수법, 흡착법, 분리막법, 심냉법 등이 사용되고 있다. 특히 배출되는 $CO_2$의 농도가 낮은 경우에는 흡수법이나 흡착법이 많이 사용된다. 흡수법이나 흡착법은 흡수제나 흡착제에 잘 흡수 또는 흡착되는 일부 기체만 선택적으로 분리할 수

있어 공업적으로 많이 이용되고 있으나, 분리과정 중에 흡수제 및 흡착제가 화학적으로 변형되어 주기적 교체가 필요한 단점이 있다. 고체 흡착제를 사용하는 경우에는 흡착제의 화학적 변형이 적어 흡착제 교체 주기가 긴 경우에 적용하는 것이 유리하며, 이에 반해 흡수법은 액체상 흡수제를 사용하므로 흡수제 교체가 용이한 장점이 있어 대량의 배기가스 정화나 기체 분리에 널리 활용되고 있으나 흡수제가 화학적으로 변형되는 단점이 있다.

[0003] 이산화탄소 흡수제로는 일반적으로 모노에탄올아민(monoethanolamine: MEA), N-메틸디에탄올아민(N-methyldiethanolamine: NDEA), 디에탄올아민(diethanolamine: DEA) 등의 아민류 수용액이 가장 널리 이용되고 있는데, 이는 약한 알칼리성인 아민 흡수제가 산성 기체인 $CO_2$와 화학 결합을 이루었다가 열을 가하면 결합이 깨지면서 $CO_2$는 탈거되어 회수하고 흡수제는 재생될 수 있기 때문이다. 그러나 이 공정은 몇 가지 심각한 문제점을 지니고 있는데, 특히 흡수 가스 중에 포함된 SOx, NOx와 같은 불순물에 의한 아민의 분해 문제와 흡수제의 재생 단계에서 $CO_2$와 흡수제간의 화학 결합을 끊기 위해 사용되는 높은 온도에 의한 아민의 비가역적 분해, 또 이에 따른 흡수제의 성능 저하 및 흡수제 보충 문제, 아민 자체 또는 분해 생성물에 의한 흡수 장치의 부식 문제, 흡수제의 증기압에 의해 재생되는 기체가 오염되는 문제 등이 단점으로 지적되고 있다.

[0004] 아민류 수용액 흡수제의 단점을 보완하기 위해, 셀렉솔(Selexol), 아이에프펙솔(IFPexol), 엔에프엠(NFM) 등의 유기용매를 사용하여 $CO_2$를 물리적으로 흡수시키는 방법들이 보고되어 있다. 유기용매 흡수제의 가장 중요한 이점은, $CO_2$ 흡수가 아민류 수용액에서와 같은 화학적 결합이 아니라 용매와 이산화탄소간의 물리적 상호작용에 의해서만 이루어지기 때문에, $CO_2$ 회수 및 용매 재생에 훨씬 낮은 에너지를 필요로 한다는 것이다. 실제로 아민 흡수제를 사용하는 경우 이산화탄소 회수 및 흡수제 재생은 에너지 집약적인 고온 스트리핑 과정을 필요로 하나, 물리적인 흡수인 경우에는 온도를 높이지 않고도 단순히 압력 변화를 통하여 용매에 용해되어 있는 $CO_2$를 회수할 수 있다. 그러나 물리적 흡수 공정 역시 다음과 같은 단점을 지니고 있다.

[0005] 1. 낮은 $CO_2$ 흡수능: 유기용매는 일반적으로 아민류 수용액에 비해 훨씬 낮은 $CO_2$ 흡수능을 나타내므로, 흡수제의 순환율이 높고 따라서 보다 큰 장비가 필요하다.

[0006] 2. 높은 순환율: 유기용매에 의한 물리적 흡수 공정은 아민류 용액의 경우에 비해 통상 두 배의 흡수제 순환율을 필요로 하기 때문에 보다 많은 자본과 장치비가 소요된다.

[0007] 3. 용매의 손실: 물리적 흡수에 사용되는 용매는 비점이 높지 않아 흡수 및 재생 과정 중에 손실되는 경향이 있다. 이러한 용매의 손실은 냉각 혹은 세척 과정을 통하여 최소화시킬 수 있으나 추가의 장치 설치비를 필요로 하는 단점이 있다.

[0008] 따라서 아민 흡수제 및 유기용매 흡수제의 단점들을 극복할 수 있는 새로운 흡수제의 개발이 요구되어 왔다.

[0009] 최근 기존 흡수제의 단점을 극복하기 위한 방안으로 미국특허 제6,849,774호, 미국특허 제6,623,659호 및 미국특허공개 제2008/0146849호에서 제시한 바와 같이, 휘발성이 없고 열적 안정성이 높으면서 100 ℃ 이하의 낮은 온도에서 액체상을 유지하는 이온성 액체(ionic liquid)를 흡수제로 이용하려는 시도가 이루어지고 있다. 이온성 액체는 유기 양이온과 유기 또는 무기 음이온으로 구성된 극성을 띤 염 화합물로서, CO, $CO_2$, $SO_2$, $N_2O$와 같은 기체 분자를 잘 용해시키는 성질이 있다. 이온성 액체에 흡수되는 기체의 용해도는 기체와 이온성 액체 간의 상호작용의 정도에 따라서 달라지며, 따라서 이온성 액체의 양이온과 음이온을 적절히 변형시켜 이온성 액체의 극성, 산도(acidity), 염기도(basicity), 친핵도(nucleophilicity)등을 변화시키면 특정 기체에 대한 용해도를 어느 정도 조절할 수 있다.

[0010] 대표적인 이온성 액체로는 4급 암모늄, 즉 이미다졸륨, 피라졸륨, 트리아졸륨, 피리디늄, 피리다지늄, 피리미디늄 등 질소를 함유하는 유기 양이온과 $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$과 같은 할로겐, $BF_4^-$, $PF_6^-$, $(CF_3SO_2)_2N^-$, $CF_3SO_3^-$, $MeSO_3^-$, $NO_3^-$, $CF_3CO_2^-$, $CH_3CO_2^-$ 등의 음이온으로 구성되는 화합물이 알려져 있으며, 특히 음이온이 불소원자를 함유하는 경우 비교적 높은 이산화탄소 흡수능을 가진다고 보고되어 있다. 그러나 이들 이온성 액체 흡수제 또한 아민 흡수제에 비해 $CO_2$ 흡수능이 현저히 낮거나, 수분에 취약하여 혼합 기체에 포함되어 있는 수분에 의해 분해되는 경향으로 인해 점차로 흡수능력이 감소되거나, 제조원가가 지나치게 높아 경제성이 떨어지는 문제가 있었다.

[0011] 특히 테트라플루오로보레이트($BF_4^-$), 헥사플루오로포스페이트($PF_6^-$), 트리플루오로설폰이미드$(CF_3SO_2)_2N^-$) 등의 불

소원자가 포함된 음이온을 갖는 이온성 액체는 이산화탄소 및 이황화탄소와 같은 산성 기체에 대해 비교적 높은 용해도를 지니고 있으나, 이들 이온성 액체를 합성하기 위해서는 통상 2단계 이상의 복잡한 제조과정을 거쳐야 할 뿐만 아니라 제조원가가 너무 높아 공업적으로 활용하기에 문제가 많았다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

[0012] 이에 본 발명자들은 종래의 이온성 액체 흡수제의 문제점을 해결하고자 예의 연구 검토한 결과, 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체가 이산화탄소에 대한 흡수능이 높으면서도 열적, 화학적 안정성이 우수하고 점도가 유기용매와 비견할 만큼 낮은 특성을 가질 뿐만 아니라 합성이 용이하고 제조 원가가 저렴함을 발견하고 본 발명을 완성하게 되었다.

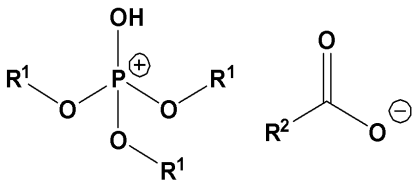
[0013] 따라서, 본 발명의 목적은 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체를 포함하는 이산화탄소 흡수제를 제공하는 것이다.

[0014] 본 발명의 다른 목적은 상기 이산화탄소 흡수제를 사용하여 기체 혼합물로부터 이산화탄소를 분리하는 방법을 제공하는 것이다.

### 과제 해결수단

[0015] 본 발명은 하기 화학식 1로 표시되는 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트(trialkoxyhydroxyphosphonium carboxylate)계 이온성 액체를 하나 이상 포함하는 이산화탄소 흡수제에 관한 것이다.

[0016] [화학식 1]

[0017] 


[0018] 상기 식에서,

[0019] $R^1$은 탄소수 1 내지 8의 알킬기 또는 아릴기를 나타내고,

[0020] $R^2$는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기 또는 아릴기를 나타낸다.

[0021] 본 명세서에서, "알킬기"는 직쇄형 또는 분지형 탄화수소를 의미하며, 예를 들어 메틸, 에틸, 프로필, 부틸, 펜틸, 헥실 등이 포함되나 이에 한정되는 것은 아니다.

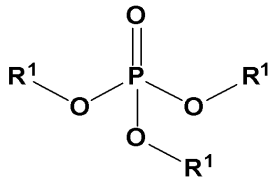
[0022] "아릴기"는 아로메틱기와 헤테로아로메틱기 및 그들의 부분적으로 환원된 유도체를 모두 포함한다. 상기 아로메틱기는 5 내지 15각형으로 이루어진 단순 또는 융합 고리형이며, 헤테로아로메틱기는 산소, 황 또는 질소를 하나 이상 포함하는 아로메틱기를 의미한다. 대표적인 아릴기의 예로는 페닐, 벤질, 나프틸, 피리디닐(pyridinyl), 푸라닐(furanyl), 티오페닐(thiophenyl), 인돌릴(indolyl), 퀴놀리닐(quinolinyl), 이미다졸리닐(imidazolinyl), 옥사졸릴(oxazolyl), 티아졸릴(thiazolyl), 테트라히드로나프틸 등이 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0023] "할로알킬기"는 한 개 또는 그 이상의 수소가 할로겐으로 치환된 알킬기를 의미하며, 트리플로오로메틸, 클로로메틸 등을 포함하나 이에 한정되는 것은 아니다.

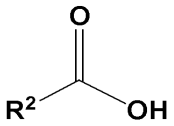
[0024] 본 발명의 이산화탄소 흡수제는 상기 화학식 1로 표시되는 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체를 단독으로 또는 둘 이상 혼합하여 구성될 수 있으며, 상온에서 액체상을 유지하면서도 낮은 점도를 가진다.

[0025] 상기 화학식 1로 표시되는 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체는 하기 화학식 2로 표시되는 트리알킬포스페이트를 하기 화학식 3으로 표시되는 유기산과 반응시켜 1단계로 용이하게 제조할 수 있다.

[0026] [화학식 2]

[0027] 

[0028] [화학식 3]

[0029] 

[0030] 상기 식에서,

[0031] $R^1$은 탄소수 1 내지 8의 알킬기 또는 아릴기를 나타내고,

[0032] $R^2$는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기 또는 아릴기를 나타낸다.

[0033] 상기 화학식 2로 표시되는 트리알킬포스페이트로는 트리메틸포스페이트(trimethylphosphate: TMP), 트리에틸포스페이트(triethylphosphate: TEP), 트리부틸포스페이트(tributylphosphate: TBP), 트리헥실포스페이트(trihexylphosphate: THP), 트리옥틸포스페이트(trioctylphosphate: TOP), 트리페닐포스페이트(triphenylphospate: TPP), 트리벤질포스페이트(tribenzylphosphate: TBzP) 등이 사용될 수 있으며, 상기 화학식 3으로 표시되는 유기산으로는 아세트산(acetic acid: AA), 트리플루오로아세트산(trifluoroacetic acid: TFA), 클로로아세트산(chloroacetic acid: CA), 프로피온산(propionic acid: PA), 부탄산(butanoic acid: BA), 헥산산(hexanoic acid: HA), 벤조산(bezoic acid: BZA) 등이 사용될 수 있다.

[0034] 다른 한편으로, 본 발명은 본 발명에 따른 이산화탄소 흡수제를 사용하여 기체 혼합물로부터 이산화탄소를 분리하는 방법에 관한 것으로, 본 발명의 분리방법은

[0035] (i) 상기 화학식 1로 표시되는 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체를 하나 이상 포함하는 이산화탄소 흡수제를 사용하여 이산화탄소를 흡수시키는 단계; 및

[0036] (ii) 상기 이산화탄소 흡수제로부터 흡수된 이산화탄소를 탈기시키는 단계를 포함한다.

[0037] 상기 단계 (i)에서 이산화탄소를 흡수시킬 때 바람직한 온도는 0 ℃ 내지 80 ℃ 범위, 보다 바람직하기로는 20 ℃ 내지 50 ℃ 범위이고, 바람직한 압력은 상압 내지 60 기압 범위이다. 이산화탄소를 흡수시킬 때 온도는 낮을수록, 압력은 높을수록 이산화탄소 흡수량이 증가하며, 특히 압력이 증가하면 거의 선형적으로 비례하여 이산화탄소 흡수량이 증가한다.

[0038] 상기 단계 (ii)에서 흡수된 이산화탄소를 탈기시킬 때 바람직한 온도는 상온 내지 100 ℃ 범위, 보다 바람직하기로는 40 내지 80 ℃ 범위이고, 바람직한 압력은 상압이다.

[0039] 상기 기체 혼합물로는 화학공장, 발전소, 대형 보일러의 배기가스, 천연가스 등이 사용될 수 있다.

## 효 과

[0040] 본 발명에 따른 이온성 액체는 흡수된 이산화탄소의 탈기 공정시 아민 흡수제를 사용하는 공정에서 $CO_2$를 회수하는데 요구되는 고온의 스트리핑 공정에 비해 훨씬 낮은 에너지가 소요되는데, 이는 $CO_2$와 화학적 결합을 하는 아민류 용액에서 보다 $CO_2$가 물리적 상호작용에 의해 흡수되어 있는 이온성 액체에서 $CO_2$를 제거하는 것이 훨씬 더 용이하기 때문이다.

[0041] 이온성 액체는 또한 유기용매 흡수제의 경우보다 더 효율적인데, 이는 이온성 액체가 유기용매 흡수제에 비해 $CO_2$ 흡수능이 좋아 흡수제의 순환율을 낮출 수 있고 따라서 장치의 크기를 줄일 수 있기 때문이다. 또한 이온성

액체는 유기용매 흡수제에 비해 탄화수소의 흡수율이 아주 낮기 때문에, $CO_2$ 불순물이 함유된 천연가스 등의 탄화수소 정제에 이용 시 $CO_2$만 선택적으로 흡수하여 탄화수소의 손실을 최소화할 수 있다.

[0042] 본 발명의 부가적인 이점은 이온성 액체 흡수제의 손실이 거의 없다는 점이다. 본 발명에서 사용되는 이온성 액체 흡수제는 매우 낮은 증기압을 가지고 있으므로 이온성 액체 흡수제의 손실 가능성이 거의 없으며, 또한 화학적으로 안정하기 때문에 분해 과정을 통한 이온성 액체의 손실 역시 아주 낮다.

[0043] 아울러, 본 발명에 따른 이온성 액체는 이산화탄소에 대해 뛰어난 흡수능을 보이며 흡수된 이산화탄소의 탈기가 용이할 뿐만 아니라, 반복 사용의 경우에도 거의 처음과 같은 정도로 흡수능이 유지된다.

[0044] 요약하면, 본 발명에 따른 트리알콕시히드록시포스포늄 카복실레이트계 이온성 액체는 자체의 증기압이 거의 없고 열적, 화학적 안정성이 뛰어나며 우수한 이산화탄소 흡수능을 보유하고 있을 뿐만 아니라, 흡수된 이산화탄소의 탈기도 비교적 낮은 온도에서 수행할 수 있으며 흡수와 탈기의 반복 시에도 초기 흡수능을 거의 유지할 수 있어 기존 흡수제보다 효과적인 이산화탄소 분리 매체로 사용할 수 있다.

## *발명의 실시를 위한 구체적인 내용*

[0045] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 보다 구체적으로 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오직 본 발명을 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 국한되지 않는다는 것은 당업자에게 있어서 자명하다.

[0046] **실시예 1**

[0047] 도 1의 장치를 사용하여 $CO_2$ 흡수 성능 실험을 수행하였다. 도 1의 장치는 물리적 흡수 공정에서 일반적으로 사용하는 것과 유사한 것으로, 온도계(T2)가 부착되어 있는 60 mL의 스테인레스 스틸 흡수반응기(R1), 고압(0~1000 psi)용 압력 변환기(pressure transducer; P1), 온도계(T1)가 부착된 75 mL의 $CO_2$ 저장용 실린더(S2) 및 교반기(1)로 이루어져 있으며, 일정 온도에서 $CO_2$ 흡수능력을 측정하기 위하여 항온조내에 설치되어 있다. 또한, 항온조 외부에는 $CO_2$ 공급용기(S1)과 압력계(P2)가 설치되어 있다.

[0048] 도 1의 흡수반응기(R1)에 이온성 액체인 트리부톡시히드록시포스포늄 트리플루오로아세테이트(tributoxyhydroxyphosphonium trifluoroacetate: TBPTFA)을 10 g 충진하고, 항온조의 온도를 40 °C로 유지하면서 $CO_2$ 흡수 실험을 수행하였다. 일정 압력의 이산화탄소를 $CO_2$ 저장용 실린더(S2)에 채운 후, 밸브(V4)를 열어 흡수반응기(R1)로 기체를 팽창시켜 흡수반응기(R1) 및 전체계의 초기 압력이 1기압이 되도록 맞춘 다음, 흡수 평형에 도달할 때까지 $CO_2$ 저장용 실린더(S2)의 압력이 감소하는 정도를 측정하고, 기체상태 방정식을 이용하여 이온성 액체에 용해되는 $CO_2$ 양을 계산하였다. 같은 방법으로 흡수반응기(R1)의 $CO_2$ 초기 압력이 각각 5, 10, 15, 20, 30 및 50 기압이 되도록 전체계의 압력을 높여 압력에 따른 이산화탄소의 흡수량을 측정하였다. 그 결과를 도 2에 나타내었다. 도 2에서 보듯이, 이산화탄소 압력이 증가함에 비례하여 이온성 액체(TBPTFA)의 이산화탄소 흡수량은 급격히 증가하였다.

[0049] **실시예 2-5**

[0050] 이온성 액체로 TBPTFA를 사용하고 흡수 압력을 20기압으로 고정하되 흡수 온도를 하기 표 1과 같이 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 $CO_2$ 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

[0051] [표 1]

[0052]

| 실시예 | 이온성 액체 | 흡수 온도 (°C) | $CO_2$ 흡수량 (gmole/ IL gmole) |
|---|---|---|---|
| 2 | TBPTFA | 30 | 1.145 |
| 3 | TBPTFA | 40 | 0.967 |
| 4 | TBPTFA | 50 | 0.810 |
| 5 | TBPTFA | 60 | 0.664 |

[0053] **실시예 6-13**

[0054] 이온성 액체의 양이온을 트리부톡시히드록시포스포늄(TBP)로 고정하고 음이온과 압력을 하기 표 2와 같이 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 $CO_2$ 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

[0055] [표 2]

[0056]

| 실시예 | 음이온 | $CO_2$ 압력 (기압) | $CO_2$ 흡수량 (gmole/ IL gmole) |
|---|---|---|---|
| 6 | TFA | 10 | 0.502 |
| 7 | AA | 30 | 0.714 |
| 8 | BA | 상압 | 0.010 |
| 9 | PA | 20 | 0.623 |
| 10 | BZA | 10 | 0.373 |
| 11 | CA | 10 | 0.492 |
| 12 | TFA | 60 | 3.012 |
| 13 | PA | 40 | 0.984 |

[0057] **실시예 14-27**

[0058] 흡수 온도를 30 ℃로 고정하고 이온성 액체와 흡수 압력을 하기 표 3과 같이 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 이산화탄소를 흡수시켜 겉보기 평형값을 측정한 후, 밸브(V5)를 열어 압력을 상압으로 낮추고 온도를 하기 표 3과 같이 변화시키면서 탈기시켰다. 첫번째 이산화탄소의 흡수와 탈기가 종료되면 다시 동일한 조건에서 흡수와 탈기를 10 회 반복하고, 초기 이산화탄소 흡수능력과 10 회째 이산화탄소 흡수능력을 비교하여 하기 표 3에 나타내었다.

[0059] [표 3]

[0060]

| 실시예 | 이온성 액체 | 흡수 압력 (기압) | 탈기 온도 (°C) | $CO_2$ 흡수량 (gmole/ IL gmole) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1회 흡수 | 10회 흡수 |
| 14 | TBPTFA | 10 | 70 | 0.671 | 0.665 |
| 15 | TMPPA | 20 | 70 | 0.601 | 0.594 |
| 16 | TEPTFA | 10 | 70 | 0.583 | 0.577 |
| 17 | TOPAA | 20 | 70 | 0.907 | 0.898 |
| 18 | TOPBA | 10 | 70 | 1.128 | 1.117 |
| 19 | TPPBA | 20 | 70 | 1.263 | 1.256 |
| 20 | TPPTFA | 10 | 70 | 0.974 | 0.962 |
| 21 | TOPBZA | 10 | 70 | 0.725 | 0.717 |
| 22 | THPCA | 10 | 70 | 0.576 | 0.566 |
| 23 | TBPHA | 10 | 70 | 0.459 | 0.450 |
| 24 | TBzPTFA | 20 | 70 | 0.106 | 0.101 |
| 25 | TBPTFA | 20 | 80 | 1.274 | 1.270 |
| 26 | TBPTFA | 20 | 60 | 1.271 | 1.269 |
| 27 | TEPTFA | 10 | 40 | 0.574 | 0.569 |

[0061] **실시예 28-31**

[0062] 흡수 압력을 20기압, 흡수 온도를 40 ℃로 고정한 상태에서 하기 표 4와 같이 2 종류의 이온성 액체를 사용하여 실시예 1과 동일한 방법으로 $CO_2$ 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 4에 나타내었다.

[0063] [표 4]

[0064]

| 실시예 | 이온성 액체 | $CO_2$ 흡수량 (gmole/ IL gmole) |
|---|---|---|
| 28 | TBPTFA + TMPPA | 0.886 |
| 29 | TOPBZA + TMPPA | 0.727 |
| 30 | TBPTFA + TBPHA | 0.791 |
| 31 | TBPHA + TMPPA | 0.631 |

[0065] **비교예 1**

[0066] 이온성 액체 대신에 디에탄올아민(diethanolamine)을 흡수제로 사용하여 1기압, 30 ℃에서 이산화탄소를 흡수시키고, 상압, 110 ℃에서 탈기시키는 실험을 실시예 14와 유사하게 2회 반복하였다. 첫 번째 흡수에서 이산화탄소는 용매에 대해 0.1769 gmole/gmole 만큼 흡수되었으나, 2회째에는 0.1440 gmol/gmole 만큼 흡수되어 용매의 흡수능력이 약 19% 감소함을 확인하였다.

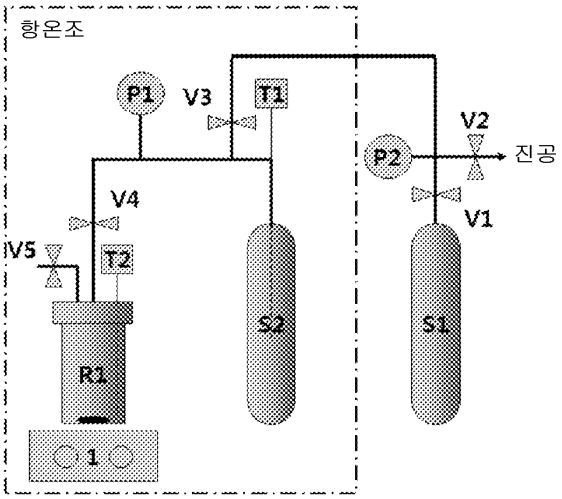
## *도면의 간단한 설명*

[0067] 도 1은 이산화탄소 흡수 실험 장치의 개략도이다.

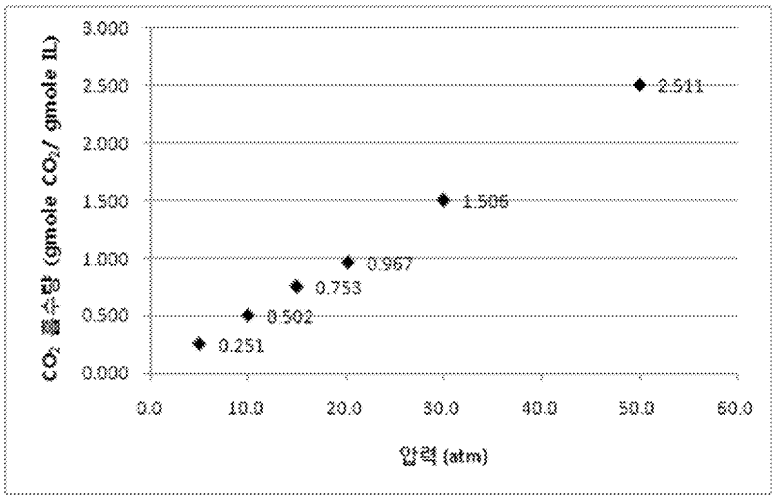
[0068] 도 2는 본 발명에 따른 이온성 액체(TBPTFA)의 압력에 따른 이산화탄소 흡수량을 나타낸 그래프이다.

## *도면*

### *도면1*



도면2


3.000
2.500
2.000
1.500
1.000
0.500
0.000
0.0
10.0
20.0
30.0
40.0
50.0
60.0
2.511
1.506
0.997
0.753
0.502
0.251
압력 (atm)