



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월11일
 (11) 등록번호 10-1360738
 (24) 등록일자 2014년02월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C09K 3/00 (2006.01) C07D 265/30 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0067494
 (22) 출원일자 2012년06월22일
 심사청구일자 2012년06월22일
 (65) 공개번호 10-2014-0000476
 (43) 공개일자 2014년01월03일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020120022261 A
 JP2004115613 A
 KR1020120034861 A
 US6102986 A

(73) 특허권자
 한국교통대학교산학협력단
 충청북도 충주시 대소원면 대학로 50
 (72) 발명자
 김기섭
 서울특별시 강서구 우장산동 우장산아이파크 115동 1501호
 강성필
 대전 유성구 반석동로 33, 503동 1503호 (반석동, 반석마을5단지아파트)
 (74) 대리인
 안소영

전체 청구항 수 : 총 9 항

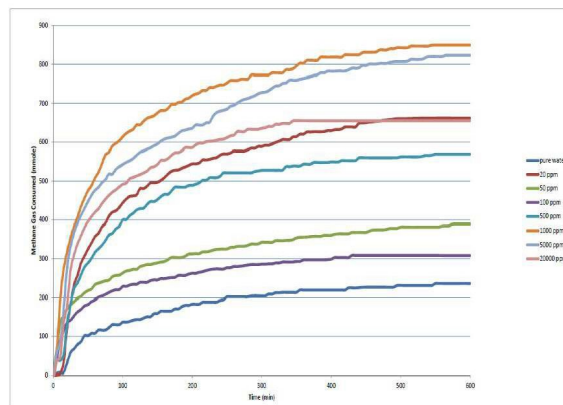
심사관 : 이영완

(54) 발명의 명칭 **가스 하이드레이트 생성 촉진제 및 가스 하이드레이트 생성 촉진 방법**

(57) 요약

본 발명은 가스 하이드레이트의 생성을 촉진할 수 있는 이온성 액체 화합물에 관한 것이다. 본 발명의 상기 화합물은 동일 온도 및 압력 하에서 짧은 시간 안에 보다 많은 가스를 가스 하이드레이트로 전환시킬 수 있어 가스 하이드레이트 생성 비용을 현저하게 감소시킬 수 있어 경제적이다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 가스 하이드레이트 생성 촉진제.

[화학식 1]



상기 화학식 1에서,

R₁ 및 R₂는 독립적으로 직쇄 또는 분지쇄의 C₁ 내지 C₃의 알킬 또는 직쇄 또는 분지쇄의 C₁ 내지 C₃의 하이드록시 알킬이다.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물이

N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드인 가스 하이드레이트 생성 촉진제.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 가스는 메탄 또는 천연가스인 것인 가스 하이드레이트 생성 촉진제.

청구항 4

하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 사용하여 가스 하이드레이트 생성을 촉진시키는 방법.

[화학식 1]



상기 화학식 1에서,

R₁ 및 R₂는 독립적으로 직쇄 또는 분지쇄의 C₁ 내지 C₃의 알킬 또는 직쇄 또는 분지쇄의 C₁ 내지 C₃의 하이드록시 알킬이다.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물은 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드인 것인 가스 하이드레이트 생성을 촉진시키는 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 가스는 메탄 또는 천연가스인 것인 가스 하이드레이트 생성을 촉진시키는 방법.

청구항 7

제4항에 있어서, 상기 방법은

상기 화학식 1로 표시되는 화합물, 물 및 가스를 포함하는 수용액을 제조하는 단계; 및

상기 수용액에서 가스 하이드레이트를 형성하는 단계를 포함하는 것인 가스 하이드레이트 생성을 촉진시키는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 수용액을 제조하는 단계는,

물에 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 첨가하는 단계; 및

상기 화학식 1로 표시되는 화합물이 포함된 물에 가스를 주입하는 단계를 포함하는 것인 가스 하이드레이트 생성을 촉진시키는 방법.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 가스 하이드레이트 생성 촉진제는 상기 물에 5 ppm 내지 2,000ppm의 비율로 첨가되는 것인 가스 하이드레이트 형성을 촉진시키는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 가스 하이드레이트 생성 촉진제 및 가스 하이드레이트 생성을 촉진시키는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 가스 하이드레이트는 포접화합물(inclusion compound)의 일종으로 일반적으로 고압과 저온의 조건 하에서 물분자로 형성되는 동공(cavity) 내에 메탄, 이산화탄소, 질소, 천연 가스 등의 저분자량의 가스 분자가 물리적으로 결합하여 생성되는 안정된 결정체를 일컫는다. 저온과 고압의 조건에서 수소 결합을 하는 주체 분자(host molecule)인 물 분자의 고체상 격자(lattice) 내에 하이드레이트 형성자 또는 객체 분자(guest molecule)인 가스 분자가 포집되는 것으로 현재 100개 이상의 객체가 하이드레이트를 형성하는 것으로 알려져 있다.

[0003] 상기와 같은 가스 하이드레이트는 일반적으로 저온 고압의 분위기에서 형성되며, 상기 격자 구조 내의 빈 공간에 메탄, 에탄, 프로판, 이산화탄소 등 작은 가스 분자가 물리적으로 결합되어 있다가 상온 상압 상태에서 바로 물과 가스로 분리된다. 이와 같은 가스 하이드레이트 격자 내부에는 다량의 가스가 저장될 수 있기 때문에 자연에 존재하는 천연가스 하이드레이트는 에너지원으로 현재 크게 주목받고 있으며, 가스의 수송 및 저장 수단으로도 많은 연구가 진행되고 있다.

[0004] 가스의 수송 및 저장 수단으로서 가스 하이드레이트를 이용하기 위해서는 가스 하이드레이트의 빠르고 효과적인 제조가 가능해야 한다. 즉 일정 수준의 저온, 고압 조건을 만족시키면서 빠른 생성속도와 높은 가스 포집량을 보이는 가스 하이드레이트의 제조방법은 가스 하이드레이트를 통한 가스의 수송 및 저장에 있어 파다한 비용을 소모를 억제할 수 있어 경제성 확보에 큰 기여를 할 수 있다.

[0005] 가스 하이드레이트의 제조에 있어 다량의 가스 포집 및 높은 생성속도를 위하여 가스 하이드레이트의 형성을 촉진시킬 수 있는 물질, 즉 첨가제의 활용이 시도되어 왔다. 그러나 종래 사용되던 물질들은 가스 하이드레이트 형성 시 하이드레이트 형성 온도 또는 압력을 낮추는 대신 가스 저장 효율이 현저히 낮아지거나 또는 원하는 정도의 가스 저장 용량에 도달하는데 많은 시간이 소요되는 문제점이 있었다.

[0006] 따라서, 짧은 시간에 많은 가스 하이드레이트를 형성하거나 또는 보다 많은 가스를 포함하는 가스 하이드레이트를 형성할 수 있는 가스 하이드레이트 생성 촉진제의 개발이 필요하다 할 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 10-2010-0061000

(특허문헌 0002) KR 10-2010-0096210

비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) Hydrate phase equilibria of the guest mixtures containing CO₂, N₂ and tetrahydrofuran (Fluid Phase Equilibria 185 (2001), 101-109)

발명의 내용

해결하려는 과제

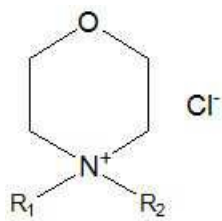
[0009] 본 발명의 목적은 가스 하이드레이트의 생성을 효과적으로 향상시킬 수 있는 촉진제를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 가스 하이드레이트 생성을 효과적으로 향상시킬 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 가스 하이드레이트 생성 촉진제에 관한 것이다.

[0012] [화학식 1]



[0013]

[0014] 상기 화학식 1에서,

[0015] R₁ 및 R₂는 독립적으로 직쇄 또는 분지쇄의 C₁ 내지 C₃의 알킬 또는 직쇄 또는 분지쇄의 C₁ 내지 C₃의 하이드록시 알킬이다.

[0016] 본 발명의 상기 화학식 1로 표시되는 화합물은 양이온으로는 N에 치환기를 포함하는 몰포리늄(morpholinium)을 포함하며, 음이온으로는 Cl⁻을 포함한다.

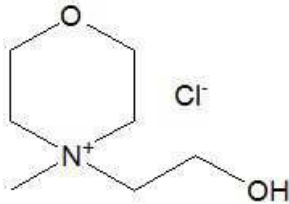
[0017] 본 발명에 있어, 상기 가스 하이드레이트 생성 촉진제는 가스 하이드레이트의 생성 속도를 증가시켜 동일한 시간에 다량의 가스를 가스 하이드레이트를 전환시킬 수 있는 화합물을 의미하며, 바람직하게는 초기 가스 하이드레이트 생성 속도를 빠르게 증가시킬 수 있는 화합물을 의미한다.

[0018] 본 발명에 있어, 상기 가스 하이드레이트 생성 촉진제는 가스 하이드레이트의 동공에 포함되는 가스 저장 용량을 증가시킬 수 있는 화합물을 의미한다.

[0019] 본 발명의 가스 하이드레이트를 촉진제를 사용하는 경우, 동일한 압력 및 온도에서 보다 많은 부피의 가스를 가스 하이드레이트 내에 저장된 형태로 수득할 수 있다. 즉, 본 발명의 가스 하이드레이트를 촉진제는 가스 하이드레이트 생성을 유도하는 온도 및 압력 조건 하에서 짧은 시간 내에 다량의 가스 하이드레이트를 생성하며, 동시에 한 분자의 가스 하이드레이트 당 높은 가스 포집량을 얻을 수 있다. 따라서, 본원발명의 화학식 1로 표시되는 화합물의 가스 하이드레이트 형성 촉진제는 제조공정의 생산성을 현저히 향상시킬 수 있어 경제적인 면에서 아주 효율적이다.

[0020] 본 발명의 상기 화학식 1로 표시되는 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드 일 수 있다.

[0021] [화학식 2]



[0022]

[0023] 본 발명의 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 사용하는 경우 가스 하이드레이트로 저장되는 최대 가스의 양을 동일 압력 및 온도 하에서 현저히 증가시킬 수 있다. 즉, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 첨가하는 경우, 상기 화합물의 첨가없이 가스 하이드레이트를 생성하는 것에 비하여, 약 1.5배 이상 바람직하게는 약 3배 또는 4배 이상 가스 하이드레이트로 저장되는 가스의 양을 증가시킬 수 있다.

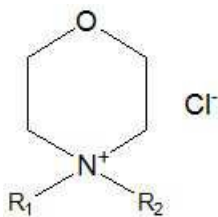
[0024] 예를 들면, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물 중 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드가 가스 하이드레이트로 저장되는 최대 가스의 양을 효과적으로 증가시킬 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 상기 화학식 1로 표시되는 화합물은 빠른 시간 안에 가스를 가스 하이드레이트로 전환시킬 수 있다. 즉, 상기 가스 하이드레이트 형성 시 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 첨가하는 경우, 상기 가스 하이드레이트를 첨가하지 않았을 때와 비교하여 가스가 가스 하이드레이트 내로 포집되는 속도가 초기에 빠르게 증가될 수 있다. 예를 들면, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물 중 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드가 가스가 가스 하이드레이트로 전환되는 속도를 초기에 아주 현저하게 상승시킬 수 있다.

[0026] 본 발명의 상기 화학식 1로 표시되는 화합물은 다양한 가스의 가스 하이드레이트의 생성을 촉진할 수 있다. 예를 들면, 상기 가스는 메탄, 에탄, 프로판, 부탄 또는 펜탄과 같은 저분자량의 탄화수소, 질산, 이산화탄소, 천연가스 또는 이들의 혼합물일 수 있으며, 바람직하게는 메탄 또는 천연가스 일 수 있다.

[0027] 본 발명은 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 사용하여 가스 하이드레이트 생성을 촉진시키는 방법을 제공한다.

[0028] [화학식 1]



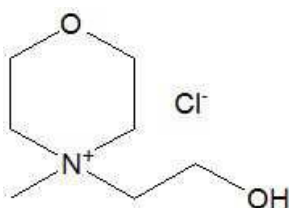
[0029]

[0030] 상기 화학식 1에서,

[0031] R₁ 및 R₂는 독립적으로 직쇄 또는 분지쇄의 C₁ 내지 C₃의 알킬 또는 직쇄 또는 분지쇄의 C₁ 내지 C₃의 하이드록시 알킬이다.

[0032] 본 발명의 상기 화학식 1로 표시되는 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드 일 수 있다.

[0033] [화학식 2]



[0034]

[0035] 본 발명의 실시예에 따르면, 물, 가스 및 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 수용액의 온도 및 압력을 조절하여 가스 하이드레이트를 생성할 수 있다.

- [0036] 상기 화학식 1로 표시되는 화합물, 물 및 가스의 혼합물을 가스의 종류에 따라 적절한 온도 및 압력으로 유지하면 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하지 않는 경우와 비교하여 빠른 시간 안에 보다 많은 가스를 가스 하이드레이트로 전환시킬 수 있다. 즉, 상기 화학식 1의 화합물을 포함하는 수용액에 하에서는 가스 하이드레이트가 보다 빠르게 생성될 수 있으며, 보다 많은 양의 가스가 빠른 속도로 가스 하이드레이트에 저장될 수 있다.
- [0037] 메탄 하이드레이트의 생성을 촉진시키고자 하는 경우, 메탄, 물 및 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 수용액의 온도 및 압력을 메탄 하이드레이트가 생성될 수 있는 온도와 압력으로 각각 설정할 수 있다. 예를 들면, 물에 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 첨가하여 수용액을 제조한 후, 상기 수용액 상에 메탄을 포함하는 가스를 주입하고 메탄 하이드레이트가 생성될 수 있는 온도와 압력으로 설정하여 메탄 하이드레이트를 생성할 수 있다.
- [0038] 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 첨가하는 경우, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 첨가하지 않는 경우와 비교하여 동일 시간에 적어도 1.5배, 바람직하게는 4배 이상의 메탄이 메탄 하이드레이트로 전환될 수 있다. 즉, 동일 온도 및 압력 하에서 빠른 시간 안에 보다 많은 메탄이 메탄 하이드레이트로 전환될 수 있다.
- [0039] 상기 화학식 1로 표시되는 화합물은 물에 대하여 2 내지 50,000ppm 포함될 수 있으며, 바람직하게는 5 내지 20,000ppm, 보다 바람직하게는 5 내지 2,000ppm으로 포함될 수 있다.
- [0040] 본 발명의 방법의 가스 하이드레이트 제조 방법에 있어서, 상기 화학식 1로 표시되는 가스 하이드레이트 생성 촉진제 외에 추가적으로 다른 가스 하이드레이트 생성 촉진제를 더 사용할 수 있다. 예를 들면, 상기 화학식 1로 표시되는 가스 하이드레이트 생성 촉진제와 함께 사용될 수 있는 가스 하이드레이트 생성 촉진제는 APG(alkylpolyglucoside) SDBS (Sodium Dodecyl benzene sulfonate), POM (Potassium Oxalate monohydrate), LABS (Linear Alkyl Benzene Sulfonate), CTAB (Cationic Surfactant Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide), Butanesulfonic Acid Sodium Salt ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SO}_3\text{Na}$), 1-octadecanesulfonic acid sodium salt ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{SO}_3\text{Na}$), Gemini surfactant 또는 이들의 혼합물일 수 있다.
- [0041] 본 발명의 제조방법에 있어, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 사용하여 다양한 가스의 가스 하이드레이트의 생성을 촉진할 수 있다. 예를 들면, 상기 가스는 메탄, 에탄, 프로판, 부탄 또는 펜탄과 같은 저분자량의 탄화수소, 질산, 이산화탄소, 천연가스 또는 이들의 혼합물일 수 있으며, 바람직하게는 메탄 또는 천연가스 일 수 있다.

발명의 효과

- [0042] 본 발명의 화합물은 가스 하이드레이트의 생성을 촉진하여 동일 온도 및 동일 압력 하에서 보다 빠른 시간 안에 보다 많은 가스를 가스 하이드레이트로 전환시킬 수 있다. 또한, 기존의 촉진제와 비교하여 적은 농도에서도 동등한 수준의 효과를 기대할 수 있으며 유사한 농도만큼 투입할 경우 현저히 낮은 생성유도시간 (induction time)을 나타낸다. 그 결과 가스 하이드레이트를 형성할 수 있는 온도 및 압력을 적은 시간 동안 유지하여도 높은 효율로 가스가 가스 하이드레이트에 저장되도록 하여 가스 하이드레이트 생성에 소요되는 시간과 비용을 현저하게 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0043] 도 1은 N-하이드록시에틸-N-메틸몰리늄 클로라이드 ¹H-NMR 데이터를 보여주는 도이다.
- 도 2은 본 발명의 화합물 하에서 시간에 따라 가스가 가스 하이드레이트로 전환되는 양을 보여주는 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 실시예에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.
- [0045] 또한, 이하에서 언급된 시약 및 용매는 특별한 언급이 없는 한 Sigma-Aldrich Korea로부터 구입한 것이며, ¹H-NMR 데이터는 Bruker 사의 Avance 400FT-NMR(400MHz)으로 측정된 값이다.
- [0046] <실시예> : N-하이드록시에틸-N-메틸몰리늄 클로라이드의 제조
- [0047] 질소 분위기하에서 아세토나이트릴(Junsei, 일본) 200mL와 1-메틸몰리늄(1-methylmorpholinium, Fluka)

49.6mL(0.5몰)을 혼합하였다. 상기 혼합액에 2-클로로에탄올(Adrich) 36.5mL (0.55몰)을 한 방울씩 적하하였다. 상기 용액을 75± 5℃ 대기압 질소분위기 하에서 약 48시간 동안 교반한 후, 4℃에서 12시간 동안 보관하여 결정을 생성시켰다. 상등액을 제거한 후, 상기 결정으로부터 용매를 제거하기 위하여 12시간 동안 0.2기압 약 35℃±5℃에서 진공회전증발기를 사용하여 건조시켰다. 불순물 제거를 위하여 상기 건조된 결정을 아세톤 100mL에 용해시키고 1기압 25℃에서 30분간 교반하였다. 4℃에서 12시간 동안 보관하여 다시 결정을 생성시키고 상등액을 제거한 후, 12시간 동안 0.2기압 약 35℃에서 진공회전증발기를 사용하여 건조시켰다. 아세톤에 용해, 결정 생성 및 진공회전증발기를 사용한 건조 공정을 3회 더 수행하여 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 수득물 60중량%로 수득하였다. 상기 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드의 NMR 데이터는 도 1에 도시하였다.

[0048] ¹H-NMR (400MHz, DMSO): 3.28(s, 3H), 3.49~3.60(m, 4H), 3.65~3.67(t, 2H), 3.85(s, 2H), 3.92~3.94(t, 4H), 5.773(s, 1H)

[0049] <실험예 1> : 시간에 따른 가스 하이드레이트 생성량 측정

[0050] 1. 실험장치 준비

[0051] 316 스테인레스 스틸로 제작된 내부용적 약 350cc의 고압반응기를 준비하였다. 상기 고압반응기를 온도가 조절 되도록 외부 냉각기가 설치된 수조에 위치시켰다. 내부의 하이드레이트 형성 여부를 확인하기 위하여 사파이어 관측창이 상기 고압반응기의 상부에 위치되어 있으며, 고압반응기 내부의 온도 및 압력 측정을 위하여 압력 전달계 (pressure transducer)와 열전대 (thermocouple)가 설치되어 있다. 상기 반응기 내부의 압력은 물질유량 조절기(mass flow controller)를 통해 외부에서 가스를 공급하여 조절될 수 있도록 하였다. 가스 하이드레이트가 형성되면 내부의 압력이 저하되고 상기 압력을 일정하게 유지하기 위하여 물질 유량 조절기를 통해 가스 하이드레이트에 의해 소비된 양의 가스를 추가로 주입하게 되므로, 상기 물질 유량 조절기를 통해 유입된 가스의 양을 통해 가스 하이드레이트 형태로 포집된 가스의 양을 계산하였다.

[0052] 2. 가스 하이드레이트 생성량 측정

[0053] 90g의 물에 실시예에서 제조된 화합물 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 첨가하여 수용액을 제조하였다. 상기 수용액을 고압 반응기에 넣고 고압 반응기를 밀폐시켰다. 상기 고압반응기에 남아 있는 공기를 제거하고 메탄 가스를 주입하여 고압 반응기 내부의 압력 및 온도를 70 기압 및 1℃가 되도록 조절하였다. 메탄 하이드레이트가 형성되기 시작하면, 메탄이 하이드레이트에 포집되기 때문에 고압 반응기 내부의 압력이 저하되는 바, 항상 일정한 압력인 70 기압을 유지할 수 있도록 계속적으로 물질유량조절기(mass flow controller)를 통해 외부에서 메탄가스를 주입하였다. 상기 가스의 주입 없이도 일정 압력이 유지되는 시점에 실험을 중단하였다.

[0054] 상기 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 물 90g에 대하여 20ppm, 50ppm, 100ppm, 500ppm, 1,000ppm, 5,000ppm, 20,000ppm으로 각각 첨가하여 실험을 수행하였으며, 또한 상기 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 첨가하지 않고 실험을 수행하였다.

[0055] N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드 각 투입량에서 시간에 따라 물질유량조절기를 통해 주입된 가스의 누적량을 상기 도 2에 도시하였다.

[0056] 상기 도 2에서 알 수 있는 바와 같이, 상기 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 투입한 경우, 시간에 따라 외부에서 주입된 가스의 양이 증가한 바, N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드 투입 시 보다 많은 메탄이 하이드레이트에 포집되었다. 구체적으로, N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 20ppm의 아주 소량으로 첨가한 경우에도 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 첨가하지 않은 경우에 비해 동일 시간에 약 2배 이상 많은 양의 메탄이 메탄 하이드레이트 형태로 전환되었으며, 1000ppm의 농도로 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 첨가한 경우, N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 첨가하지 않은 경우에 비해 동일 시간에 약 5배 이상 많은 양의 메탄이 메탄 하이드레이트 형태로 전환되었다.

[0057] 이로부터 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드의 첨가에 의해 동일 시간에 많은 양의 메탄이 하이드레이트에 포집됨을 알 수 있었다.

[0058] <실험예 2> : 가스 하이드레이트 생성 유도시간 측정

[0059] 1. 실험장치 준비

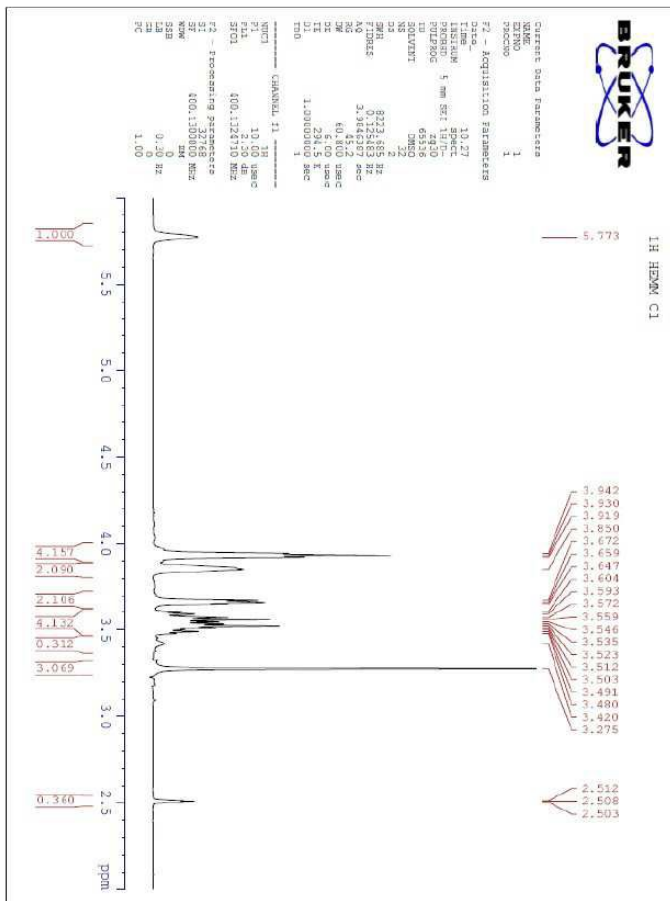
- [0060] 실험예 1에서 사용했던 것과 동일한 고압반응기 및 수조를 포함하는 시스템을 준비하였다.
- [0061] 2. 메탄 하이드레이트 생성 유도시간 측정
- [0062] 90g의 물에 실시예에서 제조된 화합물 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 포함하는 수용액을 제조하였다. 상기 수용액을 고압반응기에 넣고 고압반응기를 밀폐시켰다. 상기 고압반응기에 남아 있는 공기를 제거하고 메탄 가스를 주입하여 고압반응기 내부의 압력을 70기압이 되도록 조절하였다.
- [0063] 상기 고압반응기를 온도 조절용 수조에 넣은 후, 고압반응기에 연결된 압력계와 온도계를 이용하여 고압반응기 내부의 압력 및 온도를 실시간으로 측정하였다.
- [0064] 고압반응기의 온도를 0.5℃로 설정한 후, 상기 용액이 일정한 온도를 유지하고 상기 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드가 균일하게 혼합될 수 있도록 교반기의 회전수를 400RPM으로 고정하여 교반기를 작동시켜 상기 용액을 계속적으로 혼합하였다.
- [0065] 고압반응기 내부의 압력 및 온도 변화를 계속적으로 측정하면서 급격한 온도상승과 압력강하 시점을 확인하고 교반기 회전 시작시부터 이때까지의 시간을 측정하여 메탄 하이드레이트가 생성되기 시작하는데까지 걸리는 시간, 생성유도시간(induction time)을 측정하였다.
- [0066] 상기 N-하이드록시에틸-N-메틸몰포리늄 클로라이드를 물 90g에 대하여 20ppm, 50ppm, 100ppm, 500ppm, 1,000ppm, 5,000ppm, 10,000ppm, 20,000ppm으로 각각 첨가하여 실험을 수행하였으며, 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.
- [0067] 또한, 종래에 하이드레이트 생성 촉진제로 알려져 있는 소듐 도데실 설페이트(sodium dodecyl sulfage, SDS)를 20ppm, 100ppm, 200ppm, 500ppm, 1,000ppm, 10,000ppm, 20,000ppm으로 포함하는 수용액에 대해서도 동일하게 실험을 수행하여 메탄 하이드레이트가 생성되는 시간을 측정하고 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.
- [0068] [표 1]

실시예	메탄 하이드레이트 생성유도시간(분)	SDS	메탄 하이드레이트 생성유도시간(분)
20ppm	6.02	20ppm	7.86
50ppm	0.53	50ppm	3.53
100ppm	1.63	100ppm	1.98
200ppm	8.64	200ppm	335
500ppm	12.90	500ppm	335
1000ppm	0.45	1000ppm	110
5000ppm	6.53	5000ppm	54.33
10000ppm	6.08	10000ppm	15.05
20000ppm	7.35	20000ppm	38.43

- [0069]
- [0070] 상기 표 1에서 볼 수 있는 바와 같이 본원발명에 따른 화합물은 SDS와 비교하여 메탄 하이드레이트가 생성되기 시작하는 시점이 빠르거나 유사하였다.
- [0071] 위 실험에서 알 수 있는 바와 같이, 본원발명의 화합물은 보다 빠른 시간에 보다 많은 가스를 가스 하이드레이트로 전환시킬 수 있으며, 가스 하이드레이트가 생성되기 시작하는데 걸리는 시간도 종래의 가스 하이드레이트 생성 촉진제인 SDS보다 빨랐다.
- [0072] 이로부터 본원발명의 따른 화합물은 우수한 가스 하이드레이트 생성 촉진제임을 알 수 있다.

도면

도면1



도면2

