

국내 가스하이드레이트 개발사업 현황 및 향후 계획

김 일수¹⁾

The status and plan of Gashydrate Project in Korea

Ilsoo Kim¹⁾

Key words : 가스하이드레이트(gas hydrate), 천연 청정에너지원(natural clean energy), 가스하이드레이트 개발 사업단(Gashydrate R&D Organization)

Abstract : 가스하이드레이트는 최근 고유가 시대에 기존화석에너지를 대체할 수 있는 가능성이 높은 에너지원이다. 이와 같은 이유로 정부는 2005년부터 본격적으로 가스하이드레이트 개발사업단을 발족시켜 국내의 부존형태와 매장량 평가를 위해 노력하고 있다. 2005년 2차원 정밀 물리탐사, 심해 퇴적물 채취 및 다각적 분석연구사업이 수행되었고, 2006년도에는 3차원 물리탐사, 심해 퇴적물 채취, 개발기술을 위한 연구 및 지질재해·안정성 연구등이 수행될 예정으로 있다. 사업단은 정부의 가스하이드레이트 개발 기본계획을 토대로 3단계 10개년 계획을 수행함으로써 미래 에너지원의 확보 및 자원 강국으로 가는 초석을 마련하려 하고 있다. 향후 가스하이드레이트에 대한 관심사는 상업적 개발 가능성이다. 또한 대체 에너지들의 공통적 문제점인 막대한 비용 소요와 장기적 시간을 요한다는 점에서 여전히 문제점을 지니고 있다. 하지만, 급속도로 발전하는 과학기술이 보조를 맞추어 준다면, 꿈의 에너지원인 가스하이드레이트가 모든 산업체와 가정에서 인류의 편안함을 지켜 줄 시기가 도래할 것으로 기대해 본다.

1. 서론

인류의 역사가 시작된 이래 풀어야 할 중요한 문제 중 하나가 자원 확보이다. 특히 자원부족국가인 우리나라의 현실 속에는 언제나 자원 확보의 문제가 상주하고 있다. 요즘과 같은 세계적 고유가 시대에는 새로운 대체에너지 개발이 시급한 상황이다. 이와 같은 상황에 청정에너지의 특성을 가지며 기존 에너지와의 대체성이 뛰어난 자원 중 하나가 가스하이드레이트(Gashydrate)이다. 우리나라는 1996년 한국지질자원연구원에 의해 기초연구가 실시되었고, 2000년부터 산업자원부, 한국석유공사, 한국가스공사 및 한국지질자원연구원이 주축이 되어 본격적인 기초 탐사를 통해 울릉분지에서 실시하였다. 주로 2차원탐사와 피스톤 코어의 분석을 통해 분지내 가스하이드레이트 부존을 확인하려 노력하였다(류병재 외, 2004; 이영주의 2003; Ryu et al., 2005). 한국해양연구원은 국내 뿐 아니라 2003년부터 오오츠크해에서 다국적 R&D 프로그램인 “CHAOS Program”을 수행하고 있다.

2005년부터는 석유·천연가스를 장기적으로 대체할 획기적인 에너지 자원의 확보를 위한 정부의

적극적 정책 사업으로 가스하이드레이트 개발사업단이 발족하였다. 사업단을 중심으로 산·학·연이 미래 에너지원의 확보 및 자원 강국으로 가는 초석을 마련하려 노력하고 있다.

2. 가스하이드레이트

가스하이드레이트는 천연가스가 저온·고압의 조건하에서 물분자와 결합하여 형성된 고체상인 클러스레이트 하이드레이트의 한 종류이며, 클러스레이트란 포접화합물을 의미한다. 주 구성성분이 메탄으로 구성되어 있어 “메탄하이드레이트”라고 불리기도 한다. 드라이아이스와 외관상 유사하며, “불타는 얼음”이라 불리기도 한다.

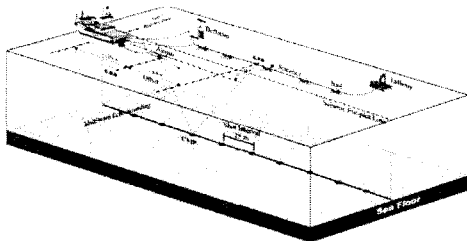


1) 한국석유공사 대륙봉개발단 - 가스하이드레이트 개발사업단
E-mail: ilsookim@knoc.co.kr
Tel: (042)868-3362 Fax: (042)861-0066

가스하이드레이트 결정 구조는 수소결합으로 이루어진 물 분자에 의하여 형성된 다면체의 공동으로 구성되어 있고, 가스는 공동 안에서 불안정한 상태로 존재하게 된다. 결정구조의 종류는 포획된 가스 분자의 크기에 의해 결정되어 구조-I, II, 그리고 H를 형성한다. 이 중 자연 상태에서 확인 되는 메탄하이드레이트는 대부분 구조-I이다. 가스하이드레이트 생산은 고체상태로 채취하는 것이 아니라 온도 및 압력 조건을 변화시켜 천연가스를 해리시켜 이를 파이프라인을 통해 생산하게 된다.

최초의 하이드레이트는 1810년 Sir Humphrey Davy에 의해 클로린 하이드레이트의 존재가 확인된 이후 현재까지 130개 이상의 가스분자들을 포획한 하이드레이트 형성이 보고되었다. 최초의 자연 상태 가스하이드레이트는 1967년 구 소련의 영구동토지역(Makogan et al., 1972)과 1979년 멕시코 남쪽 Middle America Trench의 심해퇴적층에서 발견되었다(Shipley and Didyk, 1982). 자연 상태의 가스하이드레이트 발견을 통해 이에 대한 연구는 세계적으로 주목 받기 시작하였다.

가스하이드레이트를 탐사하는 방법으로는 크게 탄성과 물리탐사와 시추를 들 수 있다. 탄성과 물리탐사를 통해 해저면 모방 반사면(BSR : Bottom Simulating Reflector), 음향 공백대(Acoustic Blanking Zone)를 해석함으로써 존재 여부를 간접적으로 예측할 수 있으며, 이와 같이 해석된 지점에 압력과 온도를 일정하게 유지 시켜 주는 PTCS(Pressure Temperature Core Sampler)를 이용하여 샘플을 채취해 내는 방법이 사용되고 있다. 이외에도 퇴적물내의 간극수 분석, 염도의 변화, 물리점층 등을 이용하여 간접적 연구가 가능하다.



가스하이드레이트는 주로 시베리아와 알래스카 등지의 영구동토 지역과 수심 300m이상의 심해저 퇴적층에 광범위하게 분포되어 있다. 가스 하이드레이트에 포획된 메탄의 추정 매장량은 LNG 환산치로 약 10조톤에 달하며 이는 세계적으로 5,000년 이상 사용 가능할 것으로 평가되고 있다.

2-1. 중요 관점

가스하이드레이트는 크게 다음의 3가지 관점에서 관심의 대상이 되고 있다: 1)천연 청정 에너지원, 2)지질재해, 3) 전 지구적 환경 변화

가스하이드레이트는 실험실의 연구 대상 및 동토지역의 파이프 라인 플러깅을 일으키는 원인으로 처음 연구 되어 오다, 자연 상태의 가스하이드레이트 발견을 계기로 에너지원으로서의 가치가 부각되어 차세대 에너지원으로 각광 받고 있다.

가스하이드레이트는 온도와 압력 조건의 변화로 인해 해리될 경우 전 지구적 기후 변동 문제를 야기 시킬 수 있는 위험요소도 내포하고 있다. 이와 관련하여 공룡 멸종설 및 버뮤다 삼각지대 미스테리의 열쇠로 생각하는 일부 학자들도 있다. 뿐만 아니라 해저퇴적층에 포함되어 있던 막대한 가스하이드레이트가 해리됨으로써 해저면 붕락을 일으킬 수 있으며, 이를 통해 석유 및 가스 개발 시설들을 파괴시키고 연안 시설 등을 파괴 시킬 수 있는 지질학적 재해 요소로 작용할 수 있는 측면을 동시에 내포하고 있어, 다각적인 면에서 세계적으로 중요한 연구 분야로 각광받고 있다. 또한 유럽을 중심으로 천연가스의 수송 파이프 플러깅 분야 및 선박을 이용한 운임 비용 절감을 위한 방안으로 가스 하이드레이트가 연구되기도 한다.

2-2. 세계적 동향

미국의 경우는 1972년에 Alaska Prudhoe Bay 지역에서 가스하이드레이트 시료가 회수되었고(Collett, 1993), 그 이후 1982년부터 해양 및 극지에 부존되어 있는 가스하이드레이트의 지질, 지구물리, 지화학적 특성 및 부존 지역과 열역학적 성질의 규명을 위한 연구가 본격화되었다. 자국 내 5개 지역에 부존되어 있는 가스하이드레이트에 대한 매장량 평가가 수행되었으며 이를 토대로 계산한 결과 자국의 회수 가능한 천연가스 매장량의 약 1,800배에 달하는 막대한 양으로 대부분 해저 퇴적층에 부존되어 있는 것으로 평가되었다. 미국은 에너지성(DOE/FE: Department of Energy / Office of Fossil Energy) 주도하에 2003년 알래스카 지역에서 최초의 가스하이드레이트 연구용인 "Hot Ice #1"을 시추하였으며, 향후 2015년 상업적 생산을 목표로 사업을 추진 중에 있다.

일본의 경우는 1989년과 1990년에 실시된 ODP Leg 127과 Leg 131에서 가스하이드레이트의 부존이 확인되었고(Tamaki et al., 1990; Taira et al., 1991), 그 이후에 온도와 압력을 유지하여 가스하이드레이트 시료 해리를 막을 수 있는 시추

기술을 개발하였고, 현재는 가스하이드레이트의 추출기술 및 운동학적 특성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 추정 매장량은 일본 연간 천연 가스 사용량에 480배에 달할 것으로 예상하고 있다. 경제산업성(METI: Ministry of Economic Trade and Industry) 주도하여 "MH21" 프로그램을 중심으로 일본 자국내의 난카이 트리프에 집중적으로 연구를 수행하고 있으며, 이를 토대로 2010년 중반에 상업적 생산을 목표로 하고 있다.

국제공동 프로그램으로는 캐나다 맥킨지 삼각주지역에서 "Mallik 2002 Gas Hydrate Production Research Well Program" 이 일본 주도하여 캐나다, 미국, 독일, 인도가 참여하여 수행되었고, 오오츠크 해역에서 "GHEOJ", "KOMEX", CHAOS" 와 같은 프로그램이 활발히 수행되었다.

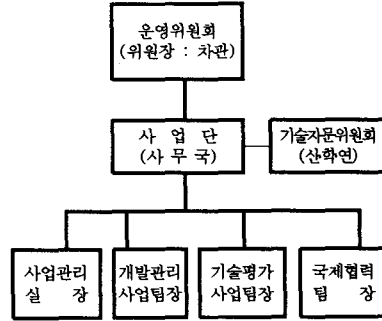
이외에도 캐나다, 인도, 러시아 등과 같은 국가는 국가적 정책사업으로 추진 중에 있으며, 최근 들어 중국 및 대만에서도 활발한 사업이 추진 중에 있다. 또한 국가차원의 수행 프로그램이 수행되지는 않지만 영국, 노르웨이 등지에서 응용기술 분야에 많은 연구가 수행되고 있다.

3. 국내 가스하이드레이트 개발 사업 현황

3-1. 가스하이드레이트 개발사업단 개요

2004년 산업자원부의 "가스하이드레이트 개발사업추진계획" 이 수립되면서 가스하이드레이트의 원활한 추진과 집중적 업무 수행을 위해 개발사업단의 설립의 중요성이 대두되었다. 사업추진 계획은 2015년 상업적 생산을 목표로 총 3단계로 구성되어 있다: 1단계(2005년-2007년): 가스하이드레이트 부존 확인 및 매장량 평가, 2단계(2008년-2011년): 개발기본 기술 확보 및 매장량 평가, 3단계(2012-2014): 생산시험 시추 및 생산량 평가. 위의 계획을 토대로 2005년 7월 한국석유공사, 한국가스공사 및 한국지질자원연구원이 공동 출연으로 한국지질자원연구원내에 "가스하이드레이트 개발사업단" 이 발족하였다.

사업단은 산학연의 전문가로 구성된 운영위원회를 통해 사업 방향의 설정 및 추진 주요 계획을 수립하고, 기술자문위원회를 통해 다방면의 기술적 의견을 수립하고 있다. 사업단은 단장, 국장, 실장, 팀장(각 출연기관 파견직), 직원으로 구성되어 있으며, 주요 사업의 관리 및 평가 업무를 담당하고 있다.



3-2. 국내 현황

선진국들의 개발 사업에 대한 투자 규모나 기존 탐사 기간에 비해 국내 가스하이드레이트 개발 사업은 다소 미흡한 상태이다. 그러나, 최근 고유가 시대를 맞이하여 적극적인 정부의 지원이 시작되고 있는 실정이다. 2000년에서 2004년까지 동해 울릉분지 전 지역을 대상으로 한국지질자원연구원의 탐해2호를 이용하여 약 14,000 L-km이상의 2차원 물리탐사자료 및 피스톤 코어를 획득하여 부존 가능 지역에 대한 기초 연구를 수행하였다. 또한 가스하이드레이트의 물성과 상평형 측정 및 시뮬레이션 연구등도 수행되었다.

2005년부터는 동해 울릉분지 남부지역에 대해 한국지질자원연구원 탐해2호의 3km 스트리머를 사용하여 정밀 2차원 탐사를 실시하여 6,690 L-km의 자료를 취득하였고, 부존 유망지역에 대한 심해 퇴적물 채취(5개공/총138m)를 실시하였다. 위와 같이 취득된 자료를 면밀히 분석·해석하였다. 또한, 생산기반 기술 확보를 위해 다각적 접근 및 실험을 통한 분석연구개발 사업이 수행되었다. 2006년에는 운영위원회를 통해 확정된 사업계획을 기반으로 부존 유망지역에 대한 3차원탐사 및 심해퇴적물 채취(현장조사사업), 지구물리학적 연구, 지질지화학적 연구, 개발기술 연구, 지질해 연구 및 타당성 연구(분석연구사업)를 실시할 예정으로 있다. 또한 각 분야에 필요한 연구를 대학교 및 연구원에서 위탁사업으로 전개할 예정이다.

국내 가스하이드레이트 개발 사업을 위해 산업자원부, 한국석유공사, 한국가스공사, 한국지질자원연구원 및 관련 학계 및 연구원에서 지대한 관심을 가지고 적극적으로 참여하고 있다. 2007년까지 정확한 부존 형태 및 매장량 평가를 위해 모든 관련 전문가들이 최선의 노력을 기울이고 있다.

4. 향후 전망 및 미래

기존 화석에너지원이 2002년말 기준으로 BP사가 조사한 바에 의하면, 전 세계 총 에너지 소비의 약 87.3%(석유 37.5%, 천연가스 24.3%, 석탄 25.5%)를 차지하고 있는 주 에너지원으로 알려져 있다. 하지만 화석에너지원은 유한자원으로 가채 매장량/생산량 비율을 감안하면 생산가능 년도가 석유는 40년, 천연가스는 60년, 석탄은 210년으로 보고 있는 실정이다. 우리나라의 경우 총 에너지 수요는 2000년부터 2020년까지 연평균 2.55%, 석유는 연평균 1.7% 증가가 예상되며, 나머지는 가스로 대체되어야 하나 현재의 계약상황을 고려할 때 2007년부터 급급부족 심화가 예상되고 있는 실정이다. 이런 현실 속에 국가경제의 중요한 역할을 하게 될 자원 확보의 관점에서 가스하이드레이트 개발 사업의 필요성은 절실하다고 볼 수 있다. 또한 가스하이드레이트는 전 세계적으로 문제가 되고 있는 화석연료 사용에 의한 환경오염 문제를 해결하고, 세계적 기후변화 협약 조건에 만족시킬 수 있는 청정에너지로서 역할을 충분히 짊어질 차세대 에너지원인 것이다.

또한, 고체상의 가스하이드레이트는 투수율이 낮기 때문에 하위에 부존되어 있는 재래형 천연가스의 방출을 막는 덮개 역할을 하므로 재래형 석유자원 탐사 및 개발 측면에서도 중요도를 가지고 있다. 환경 및 지질 재해 측면의 경우, 해저 광케이블, 재래형 자원 생산 구조물 등의 손상을 초래할 수 있고, 해리된 가스하이드레이트는 대기 중에서 온실효과 증대, 최근 발생한 쓰나미와 같은 자연 재앙을 초래할 수 있으므로 충분히 연구, 개발되어야 할 숙명적인 숙제인 것이다.

향후 가스하이드레이트에 대한 관심사는 상업적 개발 가능성이다. 가스하이드레이트의 상업적 개발은 미국, 일본 등의 선진국을 중심으로 추진되고 있다. 많은 전문가들은 현재의 기술발전 추세라면 조만간 생산기술을 확보하여 현재의 천연가스 개발비보다 약 30% 증가된 비용으로 생산할 수 있을 것으로 전망하고 있다. 그러나 기존의 천연가스전에서 가스를 추출하는 것과 전혀 다른 방법으로 추출해야 하는 방법이 세계적으로 구체화된 바는 없다. 또한 대체 에너지들의 공통적 문제점인 막대한 비용 소요와 장기적 시간을 요한다는 점에서 여전히 문제점을 지니고 있는 것이 사실이다. 하지만 시대가 변하고 인류의 문화가 변화하는 시점에서 숙명적인 에너지원으로서의 개발 필요성을 가지고 있고, 급속도로 발전하는 과학기술이 보조를 맞추어 준다면, 꿈의 에너지원인 가스

하이드레이트가 모든 산업체와 가정에서 인류의 편안함을 지켜 줄 시기가 도래할 것을 기대해 본다.

References

- [1] 류병재, 김원식, 정태진, 정부홍외. 가스하이드레이트 탐사 및 개발 연구. 한국지질자원연구원보고서 2004; 525p.
- [2] 이영주, 유동근, 김일수, 류병재. 울릉분지 남서부 심해퇴적층에 분포하는 천부 가스의 지화학 및 지구물리 특성. 자원환경지질 2003; 36:149-157
- [3] Collett, T.S. Natural gas hydrates of the Prudhoe Bay and Kuparuk River Area, North Slope, Alaska. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 1993; 77:793-812
- [4] Makogon, Trebin, F.A., Trofimuk, A.A., Tsarev, V.P., Cherskiy, N.V. Detection of pool of natural gas in a solid(hydrate gas) state. Doklady Akademii Nauk SSSR 1972; 196:197-200
- [5] Ryu, B.J., Lee, Y.J., Kim, J.H., Kim, I.S., Park, M.H. Geological and geochemical indicators for natural gas hydrates in shallow sediments of the Western Ulleung Basin, East Sea, In proceedings of 1st International Symposium on Gas Hydrate Technology, Seoul, November 10-11 2005; 38-44
- [6] Shipley, T.H., Didyk, B.M. Occurrence of methane hydrates offshore Southern Mexico, In: Wakins, J.S., Moore, J.C., et al. (eds.) Initial Reports of Deep Sea Drilling Project 1982; 66:547-555
- [7] Taira, A., Hill, I., Firth, J.V. Shipboard Scientific Party Proceedings of Ocean Drilling Program, Interim Reports, 127, College Station, TX (Ocean Drilling Program) 1991
- [8] Tamaki, K., Pisciotto, K., Allan, J., Shipboard Scientific Party Proceedings of Ocean Drilling Program, Interim Reports, 131, College Station, TX (Ocean Drilling Program) 1990