

# 해저 퇴적물에서 가스 채취 기술의 발달과 가스 하이드레이트 탐사

이영주<sup>1)</sup> · 류병재<sup>1)</sup> · 김지훈<sup>1)</sup> · 이상일<sup>1)</sup>

## 1. 서론

심해저 퇴적물내의 가스의 농도를 정확히 파악할 수 있다면 해저면의 천연가스의 상을 알 수 있고 가스가 물과 결합하여 수화물화 되어 있는 천연가스 하이드레이트의 형성과 분포를 예측할 수 있다. 그러나, 해저 퇴적물 내에 포함되어 있는 가스의 양을 정확히 측정하는 것은 매우 어렵다. 심해저 퇴적층에서 가스를 채취하는 방법으로 널리 이용되는 공기층 가스 기법을 이용하여 퇴적물내의 가스의 양을 가늠하는 것은 천부 퇴적층에서만 가능하고 심부 지층에서 채취한 가스는 코어 회수와 시료 채취 과정에서 대부분의 가스가 유실되고 극히 일부만 정량 분석된다. 또한 코어 간극 가스는 정성적인 분석은 비교적 정확하게 할 수 있지만 정량적인 분석은 어려워서 현장의 가스의 양을 측정하는 것은 불가능하다 (이영주 외 2003).

압력 코어(Pressure Core Sampler, PCS)는 길이 1 m, 반경 4.32 cm 규격의 총 1,465 cm<sup>3</sup>의 퇴적물을 68.9 Mpa 압력 하에서 채취하는 장비이다. 압력 코어의 특징은 퇴적층의 압력을 유지한 채로 시료를 채취하기 때문에 기존의 가스 채취 방법과는 달리 현장의 가스 함량을 비교적 정확하게 측정할 수 있다는 것이다 (Milkov *et al.*, 2004).

이 논문에서는 ODP 및 기타 해양 탐사 시 사용되는 해저 퇴적물에서 가스 채취 방법의 장단점을 검토하였고 이들 가스 채취 기술이 최근 모든 사람들의 관심을 끄는 가스 하이드레이트 탐사에 이용되는 범위에 대해서 살펴보았다.

## 2. 연구지역

ODP Leg 204의 시추 위치는 미국 오리곤 주에서 약 100 km 떨어진 해역에 있는 남부 하이드레이트 릿지이다(Fig. 1). 이 지역은 Juan de Fuca 판이 북미판에 4.5 cm/yr의 속도로 섭입되면서 형성된 지역이다(Fig. 1). 섭입되는 판의 퇴적물은 사질, 이질 저탁류 퇴적물이 주종을 이루며 판이 섭입되면서 퇴적층의 두께는 매우 두꺼워져서 최대 3.5 km에 이른다. 이 지역은 20여년전에 해저면에서 차가운 유체가 유출되어 나오는 것이(cold seep) 밝혀지면서(Kulm *et al.*, 1986) 관련 전문가들의 관심을 끌기 시작했고 지질학적인 혹은 지구 물리학적인 탐사가 여러 번 수행된 바 있는 곳으로 최근에는 가스 하이드레이트가 해저면에도 매우 넓게 발달되어 있는 것이 알려지게 되어 연구가 더욱 활발히 수행되는 지역이다

## 3. 시료 및 연구방법

### 3-1. 공기층 가스

DSDP, ODP 동안에 가스를 보다 효과적으로 채취하고 분석하고자하는 시도가 여러 번

---

주요어: 공기층 가스, 코어 간극 가스, 압력코어 가스, ODP Leg 204

1)한국지질자원연구원 석유해저자원연구부

이루어졌다. 이런 노력의 일환으로 코어가 회수되자마자 퇴적물을 채취하여 이미 용량을 알고 있는 셉텀이 달린 밀폐 용기에 넣어 가스를 반 정량적으로 측정하는 방법으로 공기층 가스(head space gas)기법 혹은 가스 캔(gas can) 기법이라고 한다. 가스 캔 기법은 DSDP Leg 18부터 이용된 기술로 코어를 5cm (약 170 cm<sup>2</sup> 부피) 잘라내서 페인트 통과 같이 생긴 용기에 담고 분석 전에 용기를 잘 흔들어서 가스가 간극수나 퇴적물로부터 분리되어 나오게 한 후에 가스의 성분을 분석하여 정량화 한다. ODP Leg 107부터는 코어가 회수되어 보관을 위해서 잘라진 면에서 10 cc의 퇴적물을 채취하여 20 ml 용기에 담아서 분석 전에 70℃의 오븐에서 약 20분간 보관해서 간극수와 퇴적물내의 가스를 활성화 시켜서 각각의 성분을 분석하고 정량화하는 기법이 지금까지 사용되고 있다.

### 3-2. 코어 간극 가스

DSDP 66에서 가스하이드레이트가 발견되기 이전인 DSDP Leg 1부터 가스 시료의 채취가 수행되었고 DSDP Leg 7에서 사용하는 코어 간극 가스 기법을 오늘날에까지 이용하고 있다. 즉 코어 간극 가스 채취 기법은 코어내부에 가스의 압력에 의해서 생긴 간극에서 가스 채취 장비를 이용해서 구멍을 내고 주사기에 가스를 채취하는 방법이다. DSDP Site 88, 89에서부터 기체[ 크로마토그래프가 글로마 첼린저에 실려서 시추선 내에서 가스의 분석이 가능 해졌다. 그후 DSDP Leg 47부터 메탄과 이보다 무거운 탄화수소 가스를 각각 다른 장비로 분석하는 시스템이 갖추어지게 되어 선상에서 가스 분석이 일상적으로 이루어지게 되었다.

### 3-3. 압력 코어 가스

압력 코어는 해저 퇴적층의 현장 압력을 유지한 상태에서 퇴적물과 공극수, 그리고 가스 및 가스 하이드레이트를 채취하는 장비이다(Fig. 3).

ODP Leg 204 동안에 6개의 지점에서(Site 1244, 1245, 1247, 1249, 1250, 1251) 총 30개의 압력코어를 성공적으로 시추하고 회수하였다 (Trèhu *et al.*, 2003). 본 논문에서는 1245, 1249, 그리고 2151 지점에서 시추된 압력코어 분석 자료를 사용하였다. 1245 지점에서는 17~292 mbsf(meter below seafloor)에서 5개, 1249 지점에서는 13~73 mbsf 구간에서 3개, 1251 지점에서는 20~292 mbsf 구간에서 8개의 압력 코어가 회수되었다(Table 1). 시추 후 회수된 압력 코어는 갑판에서 압력을 측정한 후 실험실로 옮겨 얼음이 가득 찬 통에 보관하여 온도를 0℃로 일정하게 유지한 상태에서 압력계에 연결하였다. 압력 코어를 얼음통에 보관하는 이유는 온도를 일정한 값으로 고정시키고 압력을 변화시키면서 가스와 가스 하이드레이트의 상변화 거동을 살펴보기 위해서이다. 압력 코어를 압력계에 연결한 후에 일정시간이 지나 압력이 안정되면 밸브(valve)를 열어서 압력 코어에서 가스를 방출시키며 염화나트륨으로 포화된 물에서 매스 실린더를 거꾸로 한 장치에서 가스를 포집하였다(Fig. 3). 가스를 방출시킨 후에는 압력이 안정 될 때 까지 상당 시간 기다려야 한다(대부분 20분 이상). 가스 방출 후 압력이 5~10분간 변화 없이 일정하게 되면 밸브를 열어 다시 가스를 포집하였다. 가스가 거의 방출된 다음에는 얼음을 제거하고 온도를 상온으로 높여 코어 배럴안에 있는 모든 가스를 방출하여 포집하였다. 포집된 가스는 총량을 계산한 후에 일정량을 주사기로 채취하여 가스의 성분을 기체 크로마토그래프(GC3, NGA)를 이용해서 분석하였다.

4. 결 과

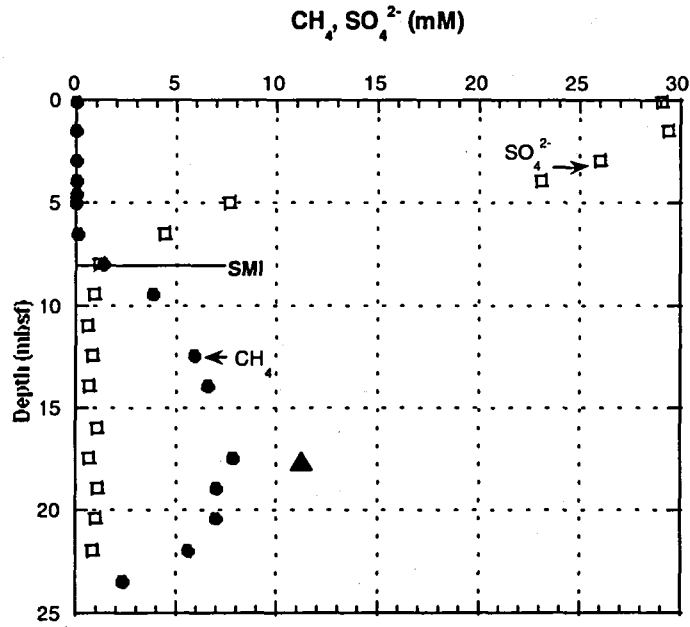


Figure 1. Comparison between headspace gas sampling technique and PCS. SMI: sulfate/methane interface.

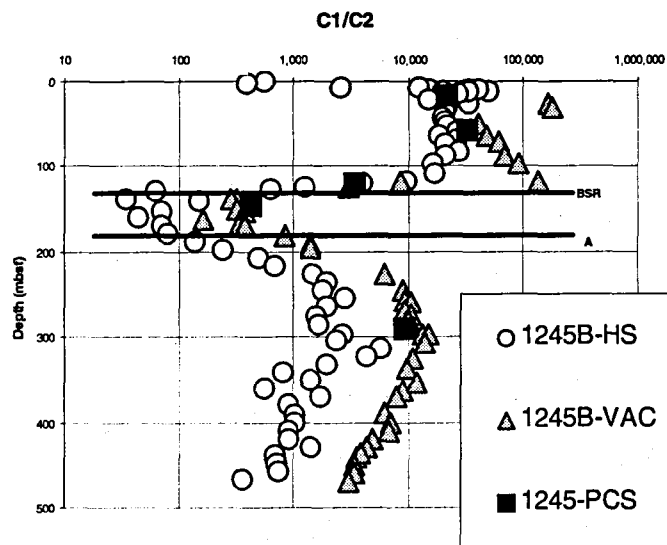


Figure 2. C1/C2 ration vs depth at Site 1245. HS; headspace gas, VAC: core void gas, PCS: PCS gas, A: horizon A.

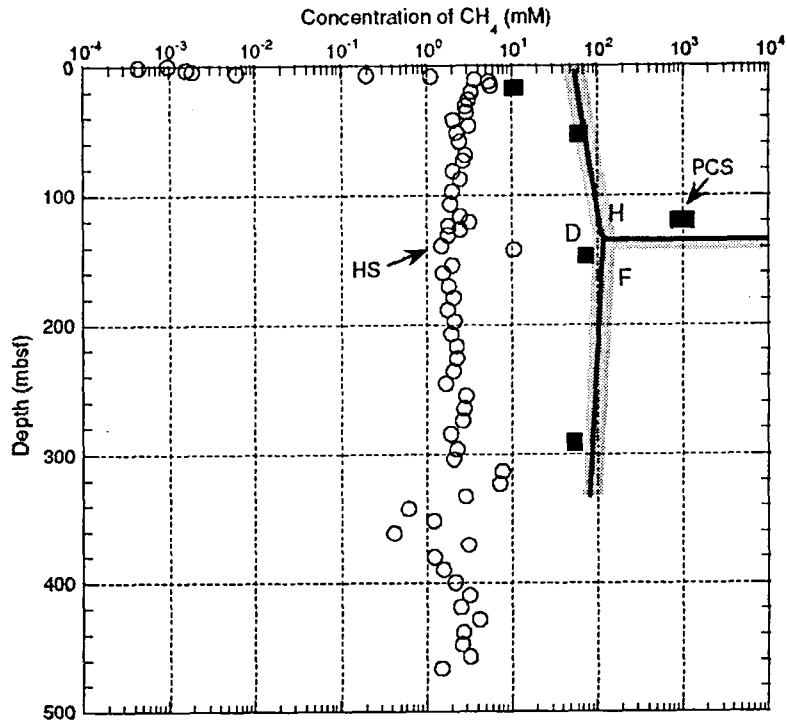


Figure 3. Methane concentration in sediments at Site 1245 based on PCS data. Estimated theoretical solubility of methane in pore water is shown (Handa, 1990; Duan et al., 1992). D: field of dissolved methane, H: field of methane hydrate. F: field of free methane.

## 6. 결론

공기층 가스 방법은 코어 회수 후에 일정량의 퇴적물을 채취하여 용기에 담아서 가스 함량을 측정하는 것으로 용기 용량과 가스 성분을 계산하면 탄화수소 가스의 농도를 반정량적으로 계산할 수 있다. 하지만 공기층 가스의 경우에는 메탄가스의 함량이 매우 적은 천부의 황산염/메탄 경계(SMI: Sulfate/Methane Interface)부근에서만 가스의 정량 측정이 가능하고 메탄의 함량이 급격히 늘어나는 구간, 특히 메탄가스 함량이 용해도를 초과하는 지역에서는 회수시에 대부분의 가스가 대기중으로 유실되어 정량적인 측정은 불가능하다.

코어 간극 가스는 시추 코어가 회수된 이후에 내부 코어 바렐에 생성된 간극에서 가스를 직접 채취하는 것이기 때문에 현장 가스의 성분을 나타내기는 하지만 현장 가스의 함량을 정량화하는 것은 불가능하다.

ODP Leg 204 시추 동안에 총 6개 지점(site)에서 압력 코어를 이용하여 각 시추 지점에서 심도에 따른 퇴적물내의 가스의 양과 가스 하이드레이트의 분포를 측정하였다. 분석 결과 시추 위치에 따라서 가스 농도 및 분포 특성이 서로 다르게 나타났다. 하이드레이트 릿지(Hydrate Ridge)의 정상 부근에는 해저면 부근의 퇴적물에 메탄가스가 과포화되어 있고 정상 측면 및 분지지역에는 일부 심도에서만 과포화되어 있었다. 하이드레이트 릿지의 가스 하이드레이트 분포는 압력 코어에 의해서 측정된 현장(in-situ)의 가스 농도 특성과 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

## 7. References

- 이영주, 한현철, 류병재, ODP Leg 204 Sshipboard Scientific Party (2003) 가스 지화학을 이용한 천연가스 하이드레이트 탐사: ODP Leg 204의 새로운 결과, 지질학회지, 39권, p. 287-300.
- Kulm, L.D., Suess, E., Moore, J.C., Carson, B., Lewis, B.T., Ritger, S.D., Kadko, D.C., Thornburg, T.M., Embley, R.W., Rugh, W.D., Massoth, G.J., Langseth, M.G., Cochrane, G.R., and Scamman, R.L. (1986) Oregon subduction zone: venting, fauna, and carbonates. *Science*, v.231, p. 561-566.
- Kvenvolden, K. A. and Lorenson, T.D. (2001) The Global Occurrence of Natural Gas Hydrate. In: Paull C.K., and Dillon, W.P., (eds.) *Natural gas hydrates: Occurrence, Distribution, and Detection*. American Geophysical Union, Washhington D.C. 124, p. 3-18.
- Lee, Y-J., G. Claypool, A. Milkov, & Leg 204 Shipboard Scientific Party (2003) Preliminary results of organic geochemistry from ODP Leg 204, *Proceeding of International GH symposium*, 22p.
- Lee, Young-Joo, George Claypool, Alexei Milkov, Anne Trehu, and Leg 204 Shipboard Scientific Party (2004) Dynamics of gas migration and gas hydrate distribution: Evidence from ODP Leg 204, *Proceedings of 5th International Conference on Asian Marine Geology*, p. 120.
- Milkov, A.G. E Claypool, Y-J- Lee, W Xu, G. R. Dickens, W.S. Borowski, and the ODP Leg 204 Scientific Party (2003) In situ methane concentration at Hydrate Ridge offshore Oregon: new constraints on the global gas hydrate inventory from an active margin, *Geology*, v. 31, p. 833-836
- Milkov, A.V., G.R. Dickens, G.E. Claypool, Y.-J Lee G. W.S. Borowski, M.E. Torres, W. Xu, H. Tomaru, A.Trèhu, P. Schultheiss (2004) Co-existence of gas hydrate, free gas, and brine within the gas hydrate stability zone at the southern summit of Hydrate Ridge (Oregon margin): Evidence from prolonged degassing fo a pressurized core. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 222. p. 829-843
- Shipboard Scientific Party (2002) Leg 204 Preliminary Report, Ocean Drilling Program, TX, 81p.
- Trèhu, A.M., Bohrman, G., Rack, F.R., and Leg 204 Shipboard Scientific Party (2003) ODP, Init. repts., 204 [CD-ROM]. Available from: Ocean Drilling Program, Texas A&M University, College Station TX 77845-9547, USA.
- Trèhu, A.M., G. Bohrmann, F.R. Rack, T.S. Collett, D.S. Goldberg, P.E. Long, A.V. Milkov, M. Riedel, P. Schultheiss, M.E. Torres, N.L. Bangs, S.R. Barr, W.S. Borowski, G.E. Claypool, M.E. Delwiche, G.R. Dickens, E. Gracia, G. Guerin, M. Holland, J.E. Johnson, Y-J. Lee, C-S. Liu, X. Su, B. Teichert, H. Tomaru, M. Vanneste, M. Watanabe, J.L. Weinberger (2004) Three-dimensional distribution of gas hydrate beneath southern Hydrate Ridge: constraints from ODP Leg 204. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 222, 845-862.