

울릉분지 서부지역의 가스 분포 특성 및 가스하이드레이트 잠재력

이 영 주*, 류 병 재, 김 지 훈, 이 상 일

한국지질자원연구원 석유해저자원연구부, yjl@kigam.re.kr

울릉분지는 동해의 남서쪽에 위치하며 서쪽 및 남쪽에서는 한반도와 일본 열도의 대륙사면과 접하며, 동쪽과 북쪽에서는 화산섬으로 이루어진 오키해령 (Oki Ridge) 및 한국대지(Korea Plateau)와 접하고 있는 후열도 분지이다 (Fig.1). 한반도와 접하고 있는 분지의 서측은 좁은 대륙붕과 가파른 경사의 대륙사면과 접하고 있는 반면 남쪽 사면은 완만한 경사를 보여주며 대한 해협과 연결된다. 연구해역에서 취득된 탄성과 자료의 분석결과에 의하면 이 지역 대륙붕 및 대륙사면에는 수 km이상에 달하는 제3기 및 제4기 퇴적층이 발달해 있는 것으로 보고되고 있다. 그중에서 천부퇴적층을 구성하고 있는 제4기 퇴적층은 주로 질량류에 의한 것으로 해석된다(Chough et al., 1997).

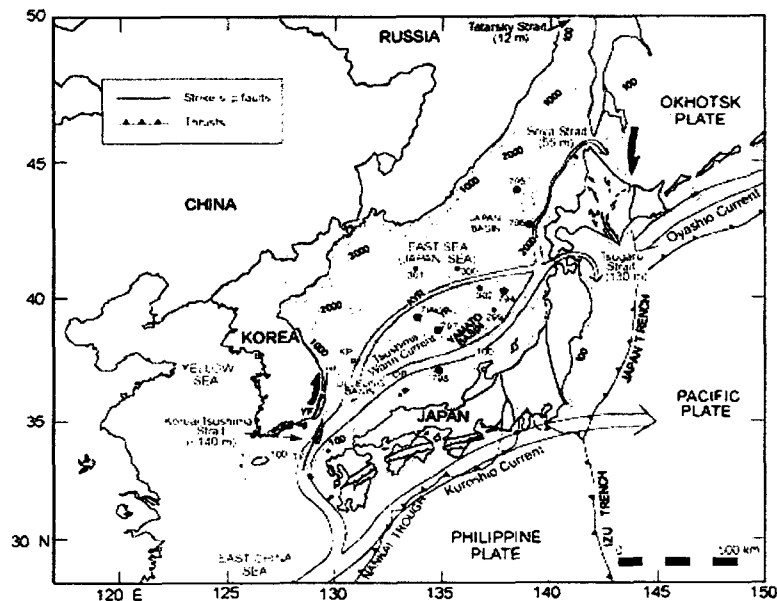


Fig. 1. Physiography of the Ulleung Basin and surrounding area(Lee et al., 2004).

울릉분지에는 탄화수소 가스가 비교적 풍부하게 분포하는 것으로 알려져 있고 6-1 광구에서는 한국석유공사의 주도하에 상업성 있는 가스전이 발견되기도 하였다(한국석유공사, 1998). 또한 분지의 천부 퇴적물에서도 탄화수소 가스 및 가스의 특성을 나타내는 지구물리화학적 자료들이 발견되어 관련 연구가 수행되었다(Gardner et al., 1998; 류병재 외, 1998; 이영주 외 1999a, 1999b, 2003, 2004; 허식 외, 1999; Figs. 2 & 3).

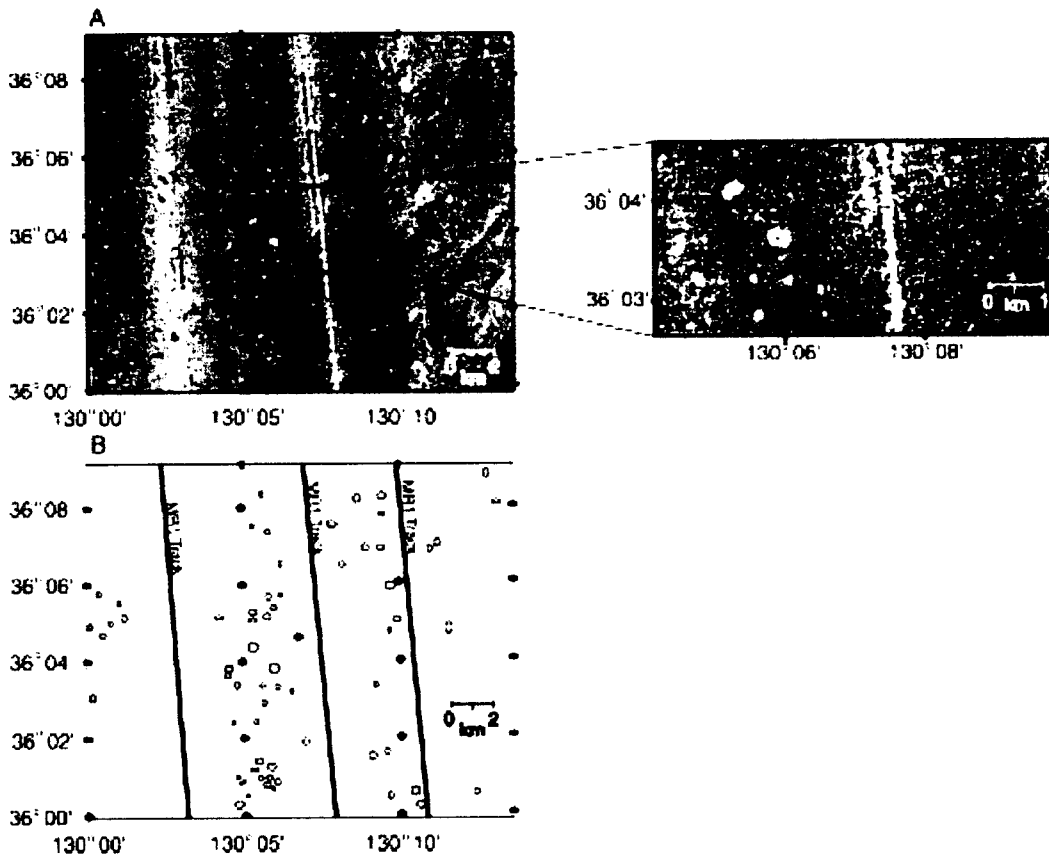


Fig. 2. MR1 sidescan sonar image and blow-up of Low Backscatter Objects (Gardner et al., 1998)

천연가스 하이드레이트는 저온 고압 조건하에서 물이 주체 분자(host molecule)가 되어 격자를 만들고 물 격자 안에 비교적 작은 분자량을 갖는 탄화수소 가스가 객체 분자(guest molecule)로 결합되어 존재하는 얼음과 같은 고체상 광물의 일종이다. 천연가스 하이드레이트는 미래형 청정 에너지 원으로, 전지구적인 기후 변화 및 해저면 불안정의 주역으로 과학계 뿐 만이 아니라 산업계의 관심의 대상이 되고 있다. 동토지역이나 해저에 매장되어

있는 천연가스 하이드레이트 중 탄소의 양은 약 10^{19} g으로 추정되고 있어서 (Kvenvolden and Lorenson, 2001) 전 세계에 매장된 석탄, 석유, 가스에 포함된 탄소의 2배에 달한다고 밝혀진 바 있다(Kvenvolden, 1998). 또한 전지구적 기후변화와 해저면 안정성에 관해서는 약 55 백만년전 (Ma) 후기 팔레오세(LPTM: Late Paleocene Thermal Maximum)에 해저면의 온도 증가로 인해서 메탄가스 하이드레이트가 대량 방출되어 급격하게 지구의 기후를 변화시켰다는 이론이 여러 학자에 의해서 제기 되었고 활발하게 토의되고 있다(Dickens, 2001; Kennett et al., 2003; Katz et al., 1999).

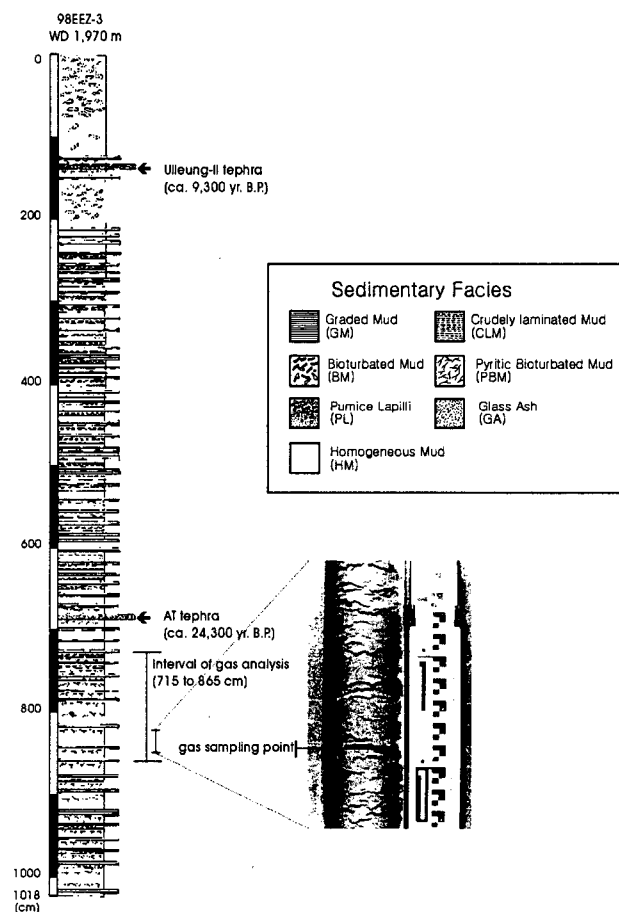


Fig. 3. Columnar section of the 98EEZ core and gas sampling locations(after Lee et al., 1999)

울릉분지의 가스 하이드레이트에 관한 연구는 주로 한국지질자원연구원을 중심으로 수행되어(류병재 외, 1999, 2002, 2003, 2004, 이영주 외 2002, 2003) 가스 하이드레이트의 지질학적, 지구 물리학적인 증거를 발견한 바 있다. 하지만 천부 가스 자료와 가스 하이드레이트와의 연관성, 울릉분지의 문제점 제기는 활발히 이루어 지지 않았다. 이 논문에서는 동해 울릉분지에서 나타난 가스 및 가스 하이드레이트의 증거와 상호 연관성 그리고 문제점을 살펴 보고자 하였다(Fig. 4).

울릉분지 서부 지역의 가스 하이드레이트 부존 가능성을 확인하기 위해서 지질학적, 지화학적, 지구물리학적 탐사를 실시하였다. 지질/지화학 탐사의 일환으로 피스톤 코어를 회수하여 퇴적상을 확인하고 가스 하이드레이트 구조를 확인하였으며 퇴적물의 유기지화학적인 특성을 파악하였고 공기층 가스 분석법을 이용하여 퇴적물내의 탄화수소 가스 농도를 측정하였다.

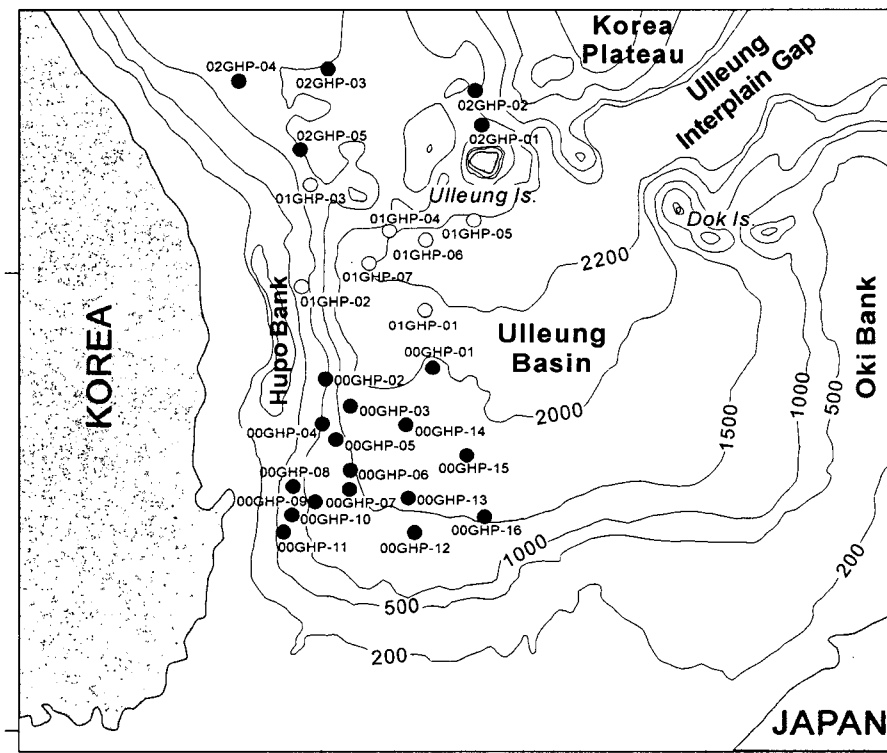


Fig. 4. Location map of the piston cores taken during gas hydrate research projects.

퇴적상 관찰 결과 일부 코어에서 가스의 팽창으로 인한 균열 구조와 가스 하이드레이트가 해리되어서 생성된 것으로 간주되는 moussy 혹은 soupy 구조가 발견되었다(Fig. 5). 코어 퇴적물의 총유기탄소 함량은 테프라 층을 제외한 쇄설성 퇴적물에서는 대부분의 시료에서 1% 이상으로 미생물 작용에 의한 탄화수소 가스를 생성하기에 적합한 조건을 갖는 것으로 나타났다.

00GHP-7 00GHP-11

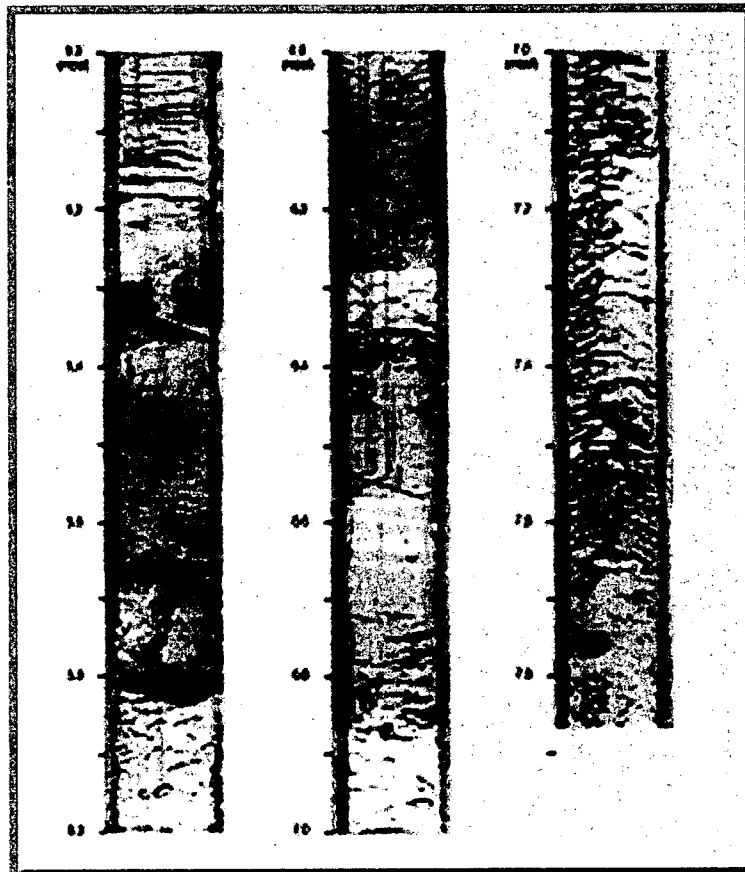


Fig. 5. Soupy structure and gas expansion cracks in the cores from 00GHP-7 & 00GHP-11.

유기물의 원소 분석 결과에 의하면 해성기원 유기물이 우세하게 나타났으며 일반적인 해양환경보다는 다소 anoxic/euxinic 환경을 지시하는 특징을 나타내었다. 일부 코어의 SMI(sulfate/methane interface)가 천부 심도에 나타나는 것은 anoxic 환경에서 메탄 flux에 의한 AMO (anaerobic methane oxidation) 현상을 반영하는 것으로 해석된다. 공기층 가스 기법에 의한 잔류

탄화수소 가스 측정 결과 일부 구간에서 메탄의 농도가 용해도를 초과하는 것으로 나타났다. 잔류 탄화수소 가스는 대부분 메탄가스로 박테리아 작용에 의해 생성된 생물기원가스인 것으로 밝혀졌다(Fig. 6).

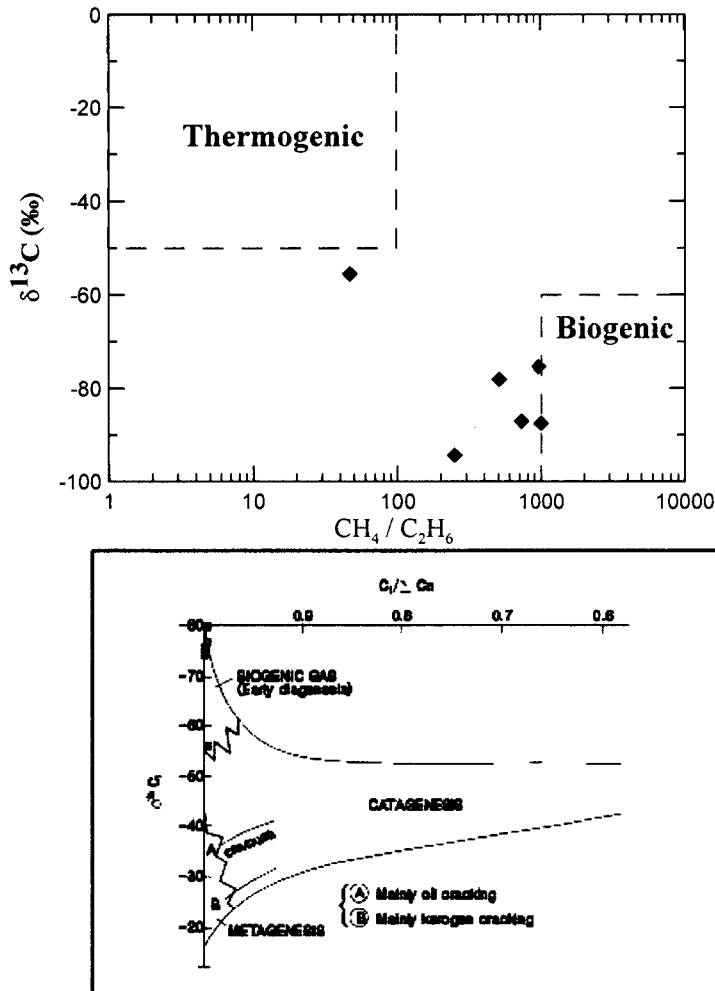


Fig. 6. Molecular and isotopic composition of the hydrocarbon gases.

탐해2호를 통해서 얻은 2-D 탄성과 탐사 자료에 의하면 간헐적인 BSR이 연구 지역 남동부에 주로 나타나고 국부적으로 중부와 북동부에 나타나며 탄성과 공백대(seismic blanking zone)나 굴뚝 구조(chimney structure)는 연구 지역의 중앙 부분에 우세하게 나타났다. 탄성과 공백대나 굴뚝 구조가 발견된 지역에서 회수된 코어 퇴적물은 잔류 메탄가스의 농도가 용해도를 초과하여 메탄가스의 flux가 활발히 진행되고 있음을 증명한다. 울릉분지 서부에서 BSR과 탄성과 공백대가 서로 다른 지역에서 나타나는 것은 연구 지역

의 탄화수소 가스의 보급 및 이동과 관련이 있음을 시사한다. 즉, BSR이 우세하게 나타나는 지역은 가스 하이드레이트 안정영역의 하한 지역에 가스의 보급 내지는 이동이 활발한 것을 나타내고 BSR은 약하지만 탄성과 공백대가 뚜렷하게 나타나는 곳은 해저면에 가까운 천부까지 탄화수소 가스가 생성되거나 이동되어 온 것으로 판단한다(Fig.7).

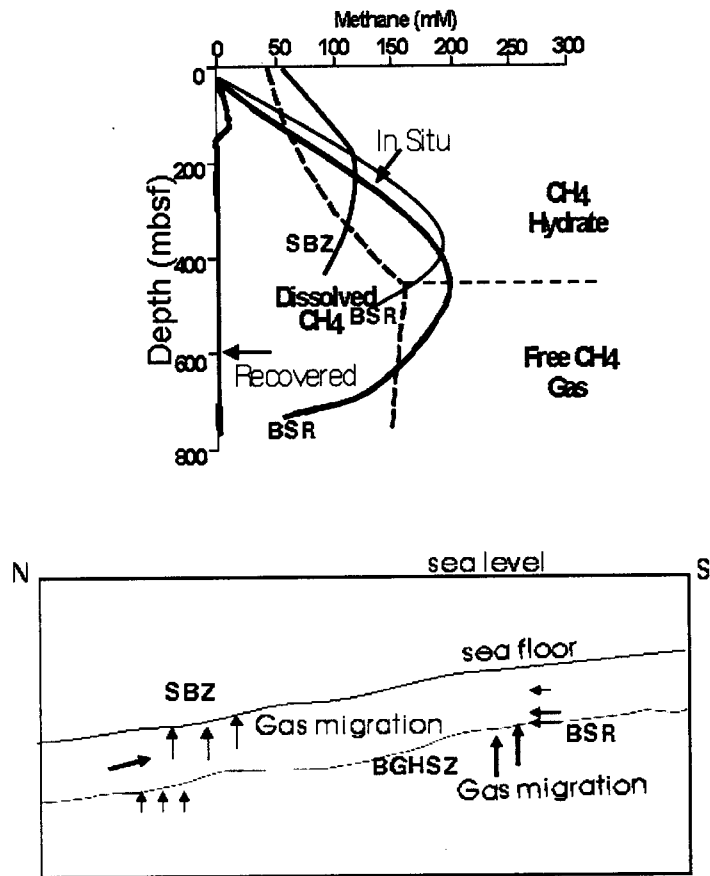


Fig. 7. Hydrocarbon gas generation and migration regimes in the Western Ulleung Basin.