

가스하이드레이트 어떻게 찾나?

해저면 집중연구, 직경 10cm 시추공 내려 탐사

글 | 권영인 _ 한국지질자원연구원 석유해저자원연구부 kwon@kigam.re.kr

Planktonic foraminifera



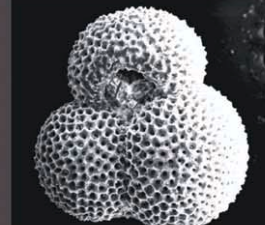
P. obliquiloculata



N. pachyderma



N. dutertrei



Gs. Ruber

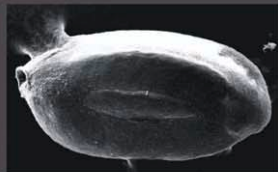


G. bulloides

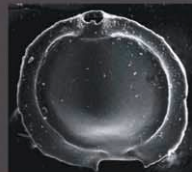
Benthic foraminifera



Lagena



Quinqueloculina



Pyrgo

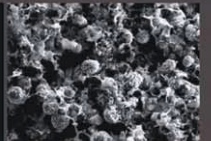
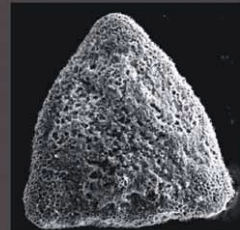
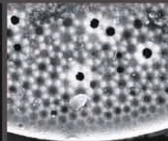
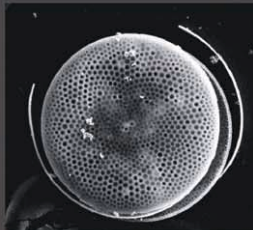
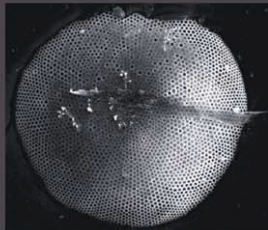


Cassidulina

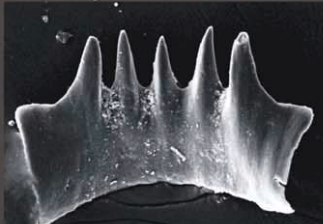


Bolivina

Diatom



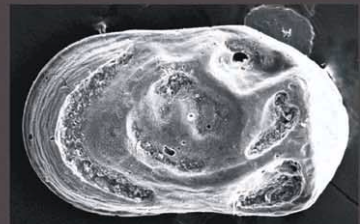
Ichthyolith



Radiolarian



Ostracod



동해에서 산출된 미화석 들(규조류, 유공충, 물고기 치아, 방산충, 개형류). 규조류는 규질의 골격을 갖고 있는 유기물로서 가스하이드레이트 및 석유의 중요한 근원물질임

가스하이드레이트(GH)란 저온 고압의 상태에서 메탄가스가 얼음 상태로 존재하는 것을 말한다. 이 가스하이드레이트는 전세계 화석에너지의 약 2배 가량 매장되어 있고 연소할 때 발생하는 이산화탄소의 양이 휘발유보다도 낮은 장점을 가지고 있다. 따라서 가스하이드레이트에 대한 안전하고 경제적인 개발 방법이 고안될 경우 우리 나라와 같이 석유자원이 부족한 상황에서 매우 중요한 에너지원이 될 것이다.

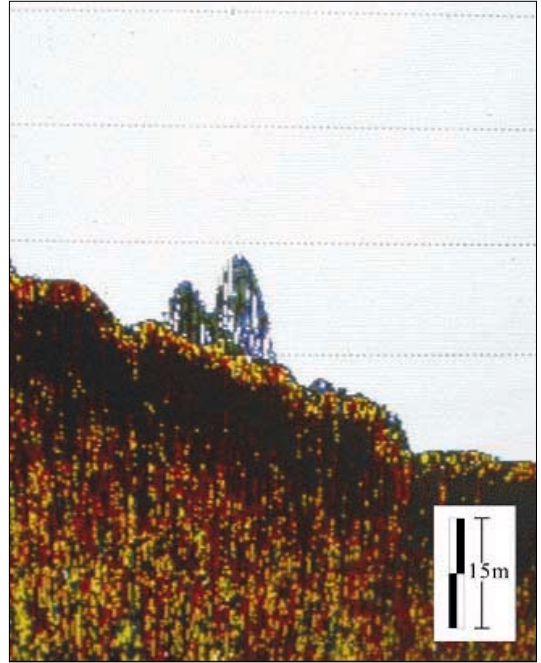
심해저 얼음상태의 메탄가스로, 화석에너지의 2배 매장량

하지만 이 가스하이드레이트는 주로 수심이 매우 깊은 심해저에 묻혀있다는 문제점을 갖고 있다. 특히 동해의 경우에는 수심이 2천 m보다 깊으며 조류의 흐름이 큰 곳에서 탐사를 수행해야 하므로 심해저 탐사에 필요한 특수장비와 다양한 분야의 전문 인력이 필수적이다.

즉, 다양한 방법을 통하여 가스하이드레이트와 관련된 증거들을 수집하고 이들 증거를 토대로 가스하이드레이트 실물을 찾아내는 것이다. 동해(울릉분지)에서 최초로 가스하이드레이트를 발견한 2007년 가스하이드레이트 탐사팀은 한국지질자원연구원의 탐사선 '탐해2호'와 퇴적학, 고생물학, 지화학, 분석화학, 지열, 탄산염, 전자공학, 기계공학, 해양탐사 분야의 박사급 전문가 34명으로 구성되었다.

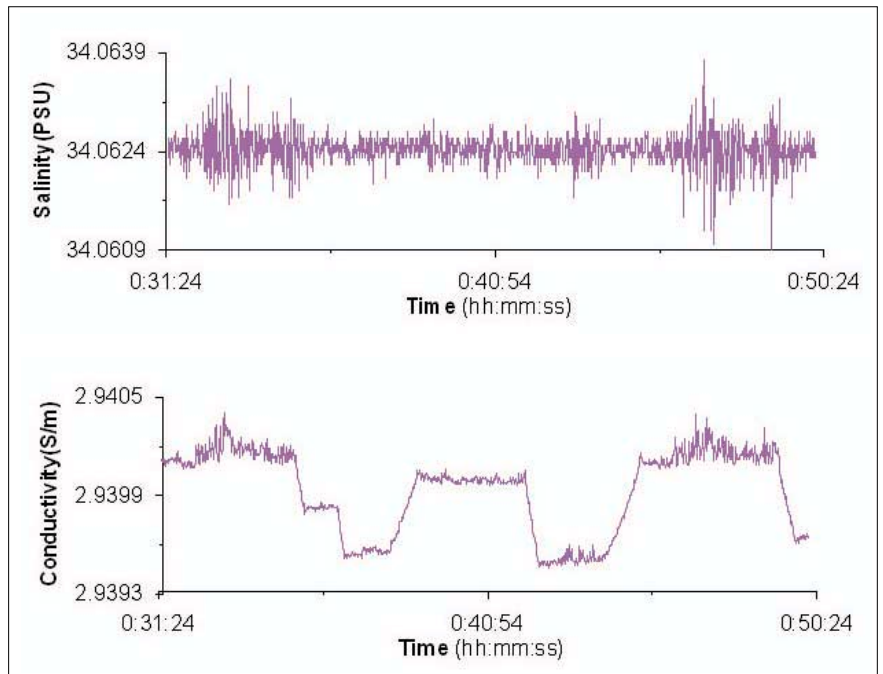
동해, 사전조사에서 GH 생성조건 확인

동해에서 가스하이드레이트를 찾기 위해서는 우선 동해가 이 자원을 형성할 수 있는 조건을 갖추고 있는지 알아보아야 한다. 즉 메탄가스를 다량 생산할 수 있는 생물체(유기물)의 공급이 충분한가? 유기물이 속성작용을 받아서 메탄가스를 생산할 수 있도록 도와주는 퇴적물(퇴적물의 퇴적속도로 일정기간에 쌓인 퇴적물의 두께를 의미함)은 높은가? 퇴적물 안에 탄화수소가스의 양은 충분한가? 해저면의 수온은 충분히 낮은가? 해저면에서 메탄가스 분출지 부근에서 식하는 생물군이 존재하는가? 가스의 분출 구조가 관찰되는가? 등이 그것이다. 이와 같이 가스하이드레이트를 형성하기 위한

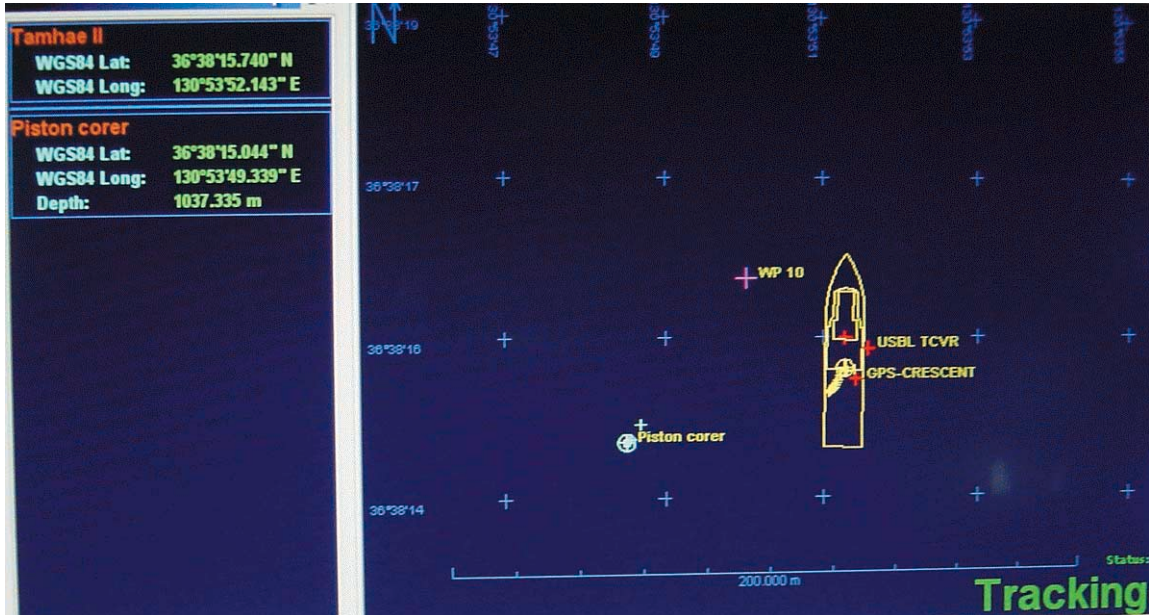


12/38 kHz 영상에서 관찰되는 심해저의 가스 분출과 지형

다양한 필요조건에 대해 그 동안의 석유지질학적, 해양학적 연구결과들은 울릉분지의 일부 지역을 제외하고는 이런 필요조건을 만족시키고 있음을 보여준다.



센서를 이용, 심해저 해저면의 이상대 발견



심해저위치확인시스템을 이용한 시추위치와 목표지점과 탐사선위치의 편차 보정

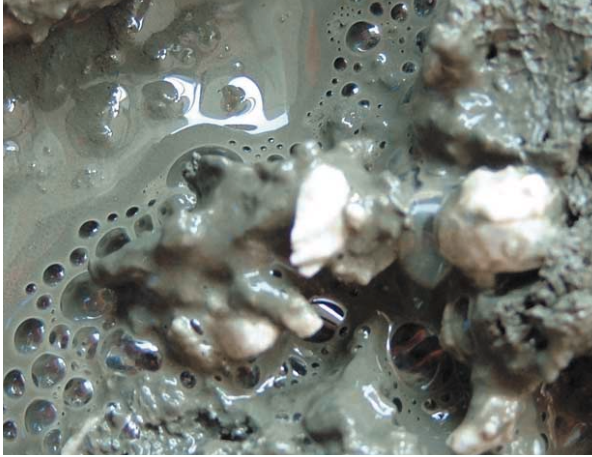


해저면에서의 관측 및 측정을 위한 탐사정비(심해저카메라, 센서, 채수기, 해저면과의 거리 유지기(BFP))

동해 울릉분지의 시료들을 분석해보면 대부분 유기물의 양이 전체 퇴적물의 0.5%를 넘어 약 4%에 이르므로 가스하이드레이트를 형성하기 위한 충분한 양의 유기물을 갖고 있음을 알 수 있다. 이렇게 많은 유기물이 동해에 쌓여있는 이유는 구조류란 미생물이 동해가 형성된 이후에 크게 번성하였기 때문이다. 탄화수소 가스의 양은 울릉분지의 남서부와 중앙부에서 10ml/l 이상의 값을 보이므로 이들 탄화수소 가스량 역시 가스하이드레이트 부존에 양호한 조건을 갖고 있음을 알 수 있다.

퇴적물은 1만 년 동안 퇴적물이 30cm 이상이 쌓이면 가스하이드레이트 형성에 좋은 조건이라고 알려져 왔고 울릉분지에서는 이러한 조건을 충족시키고 있다. 해저면의 수온 역시 약 2천m 해저에서의 수온이 섭씨 0도에 인접하므로 좋은 조건이다. 그 외에도 메탄가스 분출지에 주로 서식하는 튜브 웜의 발견이나 가스 분출 구조의 확인은 동해에서 가스하이드레이트를 형성하기 위한 조건이 충분함을 확인할 수 있었다.

그런데 한 가지 부정적인 요인은 가스하이드레이트가 이미 발견된 지역에서 주로 관찰되어온 자생 탄산염이 해저면의 퇴적물에서 관찰되지 않은 점이다. 메탄가스 박테리아들은 가스하이드레이트로부터 해리된 메탄가스를 이용하여 자생탄산염을 만드는 것으로 알려져 왔다. 따라서 탐사팀은 동해의 해저면에서는 가스하이드레이트 실물을 찾을 수 없는 것이 아닌지 우려하기 시작하였다.



동해에서 채취한 가스하이드레이트(왼쪽 : 가스하이드레이트가 해리되면서 발생하는 메탄 가스 방울, 오른쪽 : 괴상으로 산출된 가스하이드레이트)

매장 예상 해저지형의 해수 채취해 성분 분석

넓은 지역에 부존된 자원을 탐사할 경우에 사용하는 탄성과 탐사 기법은 찾고자 하는 자원의 물리적인 특성을 이용하는 방법이다. 가스하이드레이트는 심해저에서 얼음의 상태로 존재하나 심해저로부터 깊이 들어갈수록 지열이 증가하여 가스 상태로 변화한다. 따라서 가스하이드레이트 얼음 아래에 메탄가스가 기체 상태로 존재한다. 이와 같은 경우에 얼음과 가스의 상대적인 밀도차에 의해 모방반사면(BSR)이라는 탄성과 특성이 관찰되면 가스하이드레이트의 존재를 예측할 수 있다. 이들 결과는 수km²의 넓은 지역에 대한 부존 가능성을 의미하므로 실제로 해저면까지 수직으로 연장된 수미터에서 수십m² 넓이의 가스하이드레이트 기둥을 발견하기 위해서는 현장에서의 정밀 탐사가 필요하다.

탐사선을 타고 현장에 도착하면 가스하이드레이트의 정확한 위치를 파악하기 위해 12/38kHz 영상을 취득하여 가스의 분출과 해저면을 구성하고 있는 퇴적물의 특성을 살펴본다. 가스가 분출되는 해저면의 지형이 움푹 패인 웅덩이, 혹은 돛이나 화산 모양을 하고 있으면 그 하부에서 가스하이드레이트가 존재하며, 이로부터 해리되는 메탄가스가 분출된 것으로 추측할 수 있다. 하지만 가스하이드레이트와 연관된 해저 지형이나 가스의 분출은 가스하이드레이트 이외의 다른 지질학적 요인인 지하수의 유동이나 광물성분의 용해에 의해서도 만들어질 수 있기 때문에 이러한 지역에 탐사선에서 케이블 끝에 각종 센서(메탄, 염도, 온도, 전도도 등)와 해수채취기를 매달아서 해저면까지 내린 후, 수회에 걸쳐서 가스 분출지의 주변에서 센서에 기록되는 측정값들을 기록한다. 특히 메탄 센서의

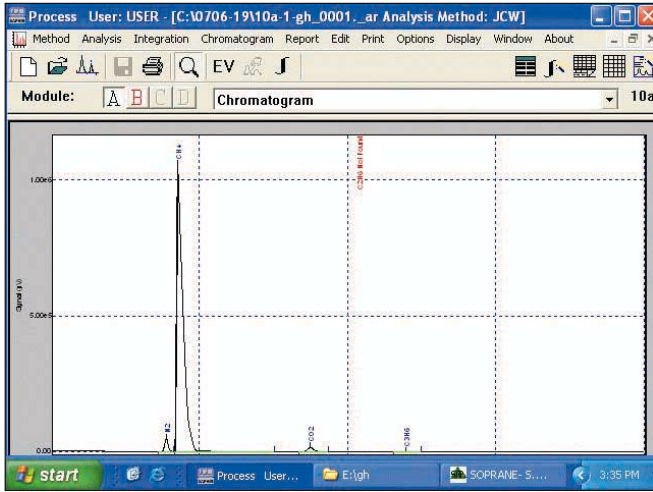
경우에는 메탄가스가 분출되는 주변에서 높은 값을 나타낸다. 또한 채취된 해수에 녹아있는 성분들을 분석함으로써 가스하이드레이트의 존재에 대한 증거를 확보할 수 있다.

현장에서는 이와 동시에 심해저 카메라를 이용하여 가스분출 사진과 심해저 지형을 촬영함으로써 가스하이드레이트 부존의 간접적인 증거인 가스 방울과 해저 지형을 확인한다. 또한 주변의 퇴적물과 해수에 포함된 메탄의 성분과 양을 가스크로마토그래피로 분석하여 가스하이드레이트가 부존되어 있을 가능성을 확인한다.

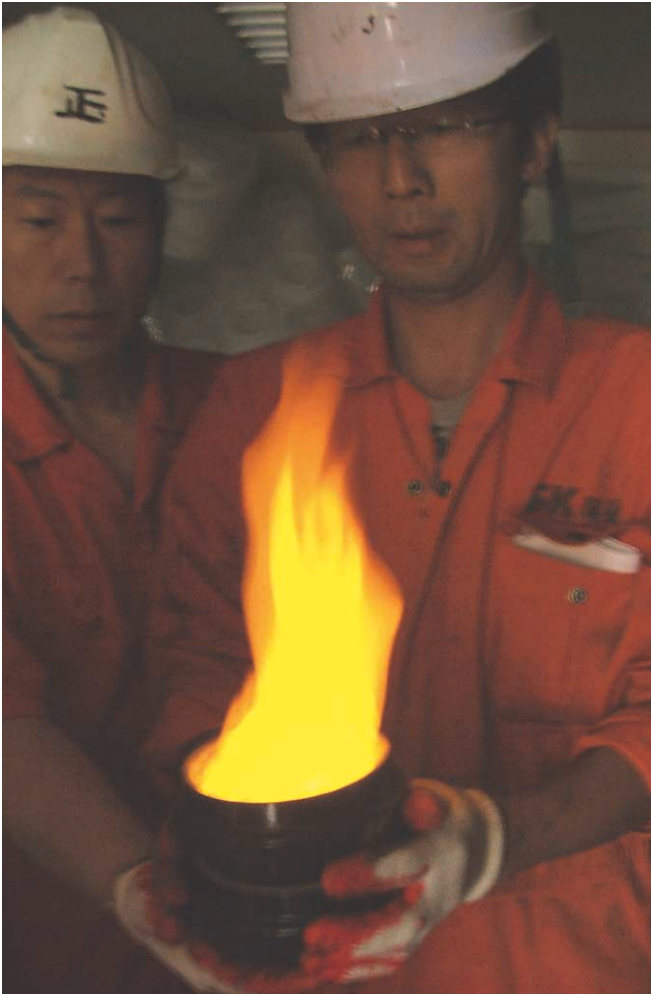
‘피스톤 코어링’ 51회 만에 해저 2천 72m에서 발굴

현장에서의 탐사와 분석이 완료되어 가스하이드레이트가 존재할 가능성이 가장 높은 지점이 결정되면 ‘피스톤 코어링’란 시추장비를 이용하여 실물을 채취하기 위한 준비를 한다. 이 장비는 약 8m 길이의 파이프가 심해저에 박히면서 파이프 속에 포함된 퇴적물을 탐사선까지 끌어올릴 수 있는 장비다. 이 파이프 위에는 수백kg의 납덩어리가 달려있어서 그 무게로 심해저에 박힐 수 있다. 하지만 동해의 조류는 매우 강하게 흐르고 있기 때문에 2천m 이상의 심해저로 내려가면서 실제로 해상의 탐사선의 위치와 해저에서 시료를 채취하는 시추기의 위치는 매우 큰 차이가 발생한다. 때로는 수백m의 오차가 발생하기도 하므로 수m²의 넓이로 수직으로 발달한 가스하이드레이트 기둥의 시료는 채취할 수 없다. 따라서 우리 연구팀은 현재 국내에 2대뿐인 심해저위치확인시스템(Fusion USBL)을 이용하여 시추지점의 위치를 정확히 파악하였다.

가스하이드레이트 실물을 채취하는 ‘피스톤 코어링’의 직경은



현장에서 가스크로마토그래피를 이용하여 분석한 가스하이드레이트 성분 그래프, 대부분 메탄으로 구성되어 있다.



2007년 동해에서 최초로 발견한 가스하이드레이트에 점화한 광경

약 10cm 이므로 동해에서 수십 m^2 넓이의 가스하이드레이트를 시추만으로 발견하는 것은 사막에서 잃어버린 바늘을 찾는 것처럼 어려운 일이다. 실제로 외국의 경우에는 수백 회에서 1천회 이상의 피스톤 코어를 시도하여 찾았으며, 중국의 경우에는 수백회 이상의 피스톤 코어를 실시하고도 해저면에서 가스하이드레이트를 발견하지 못하였다. 그 후 수백m 깊이의 심부 시추에서 찾았으나 심부 시추는 가스하이드레이트가 해저 퇴적층의 심부에서 수평으로 수 km^2 에 걸쳐서 넓게 분포하므로 해저면까지 발달한 최소 수 m^2 의 넓이의 기동형태 가스하이드레이트를 발견하는 것보다는 쉽게 발견할 수 있다.

이러한 점들을 극복하기 위해 국내 가스하이드레이트 연구팀은 그 동안의 학문적인 연구에서 벗어나 가스하이드레이트 실물을 채취하겠다는 목적지향적인 탐사전략을 수립하였다. 이를 위해 현장에서 퇴적상 기재를 위한 퇴적학자, 해수와 퇴적물의 가스성분 분석을 위한 가스크로마토그래피 분석화학자, 가스하이드레이트의 부존을 지시하는 공극수 성분 분석을 위한 지화학자, 퇴적물내에 작은 생물체를 분석하는 고생물학자, 가스하이드레이트 부존을 지시하는 자생 탄산염 연구자, 심해저카메라와 각종 센서를 운영하는 전자기술자들로 연구팀을 구성하여 해저면에 대해서 집중적으로 연구를 수행하였다. 연구팀은 가스하이드레이트 실물 채취라는 유일한 목표에 대한 증거를 집중적으로 수집하였고, 외국에 비해 효과적으로 51회의 피스톤 코어링만에 수심 2천72m의 동해에서 가스하이드레이트를 찾게 되었다.

연구팀이 우려하였던 자생 탄산염의 부재는 가스하이드레이트의 상위 퇴적물 안에서 자생 탄산염이 발견되어 불식되었다. 이들이 해저면까지 발달하지 않은 것은 동해 심해저 해수의 높은 용존 산소와 강한 조류가 심해저면의 탄산염을 심해의 해수에 녹여버린 결과로 해석되었다. 올해 최초로 발견된 가스하이드레이트의 성분은 주로 메탄 성분이며, 극미량의 프로판 성분을 포함한 것으로 분석되었다. 이들의 산출 상태는 충상이거나 괴상으로서 향후 개발에 유리한 조건을 갖고 있다. ㉔



글쓴이는 연세대학교 지질학과 졸업 후 동대학원에서 석사 및 박사 학위를 받았다. 현재 (주)자연사연구소 이사, ICB-CCOP 한국대표, 과학기술연합대학원 교수 등을 겸임하고 있다.