

수치모델에 의한 대륙붕 VI-1광구 지역의 석유시스템 분석

이보라¹⁾* · 손병국²⁾

1. 서언

대륙붕 VI-1광구 지역은 울릉분지 남서부에 위치하며 수 십 년간의 물리탐사 및 시추에 의하여 현재 경제성 있는 천연가스를 생산하고 있다. 이 지역에는 20공 이상의 시추공 자료가 있고 여러 가지 방법에 의해 층서의 정립을 위한 시도가 있었지만 아직까지 명확한 층서가 확립되지 않고 있다. 또한 가스 산출 지역의 근원암, 저류암, 덮개암의 석유시스템 요소와 석유의 생성과 이동에 대한 정의 또한 불분명하다.

석유시스템 모델링은 존재하는 모든 자료를 종합하고 해석하여 미래의 유망 지역을 예측하는데 이용되고 있다. 또한 분석 모델링을 통해 얻어진 결과는 신뢰도가 높아 석유회사에서 석유시스템분석을 통해 나온 결과를 시추위치를 결정하는데 사용하고 있다.

이 연구의 목적은 1) 대륙붕 VI-1광구 지역의 매몰 역사와 열 역사를 모델링에 의해 재구성하고, 2) 이 지역의 석유시스템 요소와 석유의 생성, 이동을 유추하는 것이다.

2. 연구방법

이 연구에서는 석유시스템분석 소프트웨어인 BasinMod를 이용하여 대륙붕 VI-1광구의 석유시스템을 모델링 하였다. 모델링은 1D와 2D의 두 단계에 걸쳐 수행하였다. 1D 모델링에서는 시추공을 대상으로 분지 전체의 매몰과 열 역사를 재구성하였다. 모델링을 위하여 암층서, 록에발 열분석 (TOC, Tmax, S1, S2, HI, OI), 암석의 공극률, 투수율, 비트리나이트 반사도, 지열류량 등을 입력하였다. 이 지역은 많은 연구가 되어있음에도 불구하고 암층서가 명확히 정립되지 못했다. 따라서 암층서의 입력을 위하여 기존의 연구를 토대로 하여 암층서를 종합, 정리하여 입력하였다. 비트리나이트 반사도는 Sweeney와 Burnham (1990)의 EASY Ro 알고리즘을 이용해 계산하였다. 열 역사의 모델링에서는 온도자료를 사용해 지열류량을 계산하였고, 분지 발달사와 비트리나이트 반사도를 칼리브레이션하여 고지열류량을 입력하였다.

1D 모델링을 위해서는 돌고래 III-1, 돌고래 V-1, 돌고래 VII, 고래-I 시추공을 선정하였고, 2D 모델링을 위해서는 고래 I-2 시추공을 선정하였다. 특히 변행대와 비변형대의 석유 생성과 이동을 비교, 대조하기 위해 비변형대에서는 고래-I 시추공을, 변형대에서는 돌고래 III-1, 돌고래 V-1, 돌고래 VII 시추공을 연구 대상으로 선정했다. 2-D에서는 시추공과 변형대, 비변형대를 가로지르는 탄성과 단면을 해석하여, 석유의 집적 위치와 지질시대를 통하여 나타나는 석유의 이동 방향과 경로를 모델링하였다.

주요어 : 대륙붕 6-1 광구, 석유시스템분석, 석유시스템모델링, 탄화수소의 생성과 이동

1) 과학기술연합대학원대학교, 석유자원공학과.

2) 한국지질자원연구원, 석유해저자원연구부

3. 연구결과

1) 1D 모델링

돌고래 III-1, 돌고래 V-1, 돌고래 VII, 고래 I 네 개 공을 1D 모델링 소프트웨어를 통해 모델링 한 결과 실제로 돌고래 III-1과 돌고래 VII을 제외한 돌고래 V-1과 고래 I 시추공에서는 가스의 징후가 발견되었음에도 불구하고 네 공 모두 총심도 (TD)지역에서도 가스의 방출은 나타나지 않았다(그림 1). 네 개 공 모두 비트리나이트 반사도가 0.3% 에서 최대 2.2% 정도로 유기물은 미성숙에서 성숙을 나타내었고 총유기탄소양도 0.2% 에서 1.6% 양호하며 충분히 성숙한 유기물 상태를 나타내었다. 그럼에도 불구하고 모델링 결과에서 석유나 가스의 방출이 나타나지 않은 것은 시추공에서 잠재 근원암은 존재하나 실제 가스를 방출하는 근원암은 총심도 하부의 더 깊은 곳에 존재하고 있을 것으로 추정된다. 따라서 탄성과 단면을 이용해 시추공의 총심도 보다 더 깊은 곳에서의 석유 생성, 이동 상태를 알기 위해 2D 모델링을 실시하여 석유의 생성 및 생성된 석유의 방출, 이동 상태를 추정해 보았다.

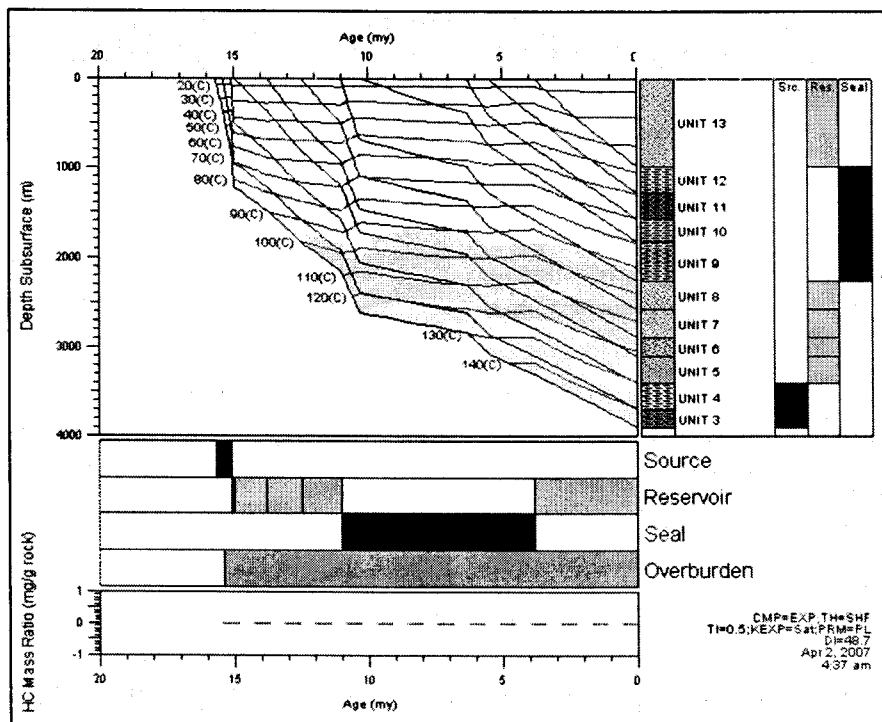


그림 1. 1D 모델링에 의한 고래-I 공의 매몰·지열사 및 석유시스템 차트

2) 2D 모델링

2D 모델링은 고래 I-2 시추공을 포함하는 탄성과 단면을 대상으로 수행하였다. 모델링 결과 13.8 Ma에 3000 m 하부에서 처음 가스가 생성되기 시작하였고 13.5 Ma에는 updip 방향으로 이동하였다. 지속적인 지층 매몰 후 8Ma에는 지층이 융기하여 가스는 updip 방향을 따라 이동하였고 3.8Ma 이후에는 현재와 같은 가스 집적 형태를 이루게 되었다(그림 2). 전체적으로 보면 가스는 4000 m 이하 심부에서 주로 생성되어 일부는 updip 방향을 따라 변형대로 이동되었으며, 기타 대부분은 하부에 존재하는 것으로 나타난다.

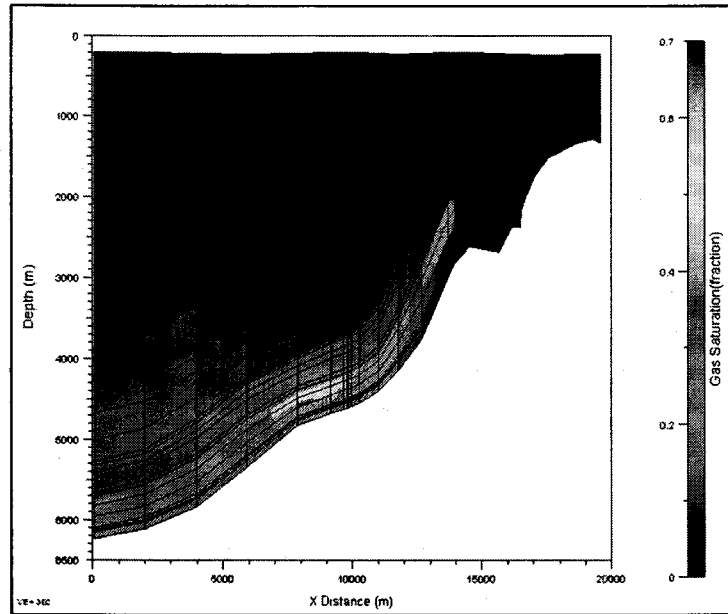


그림 2. 2D 모델링에 의한 고래 I-2 시추공을 지나는 탄성파 단면상에서의 가스 집적

4. 결론

대륙붕 6-1광구 지역에서 가스가 축적된 주요 저류암은 삼각주나 해양 주변부에서 퇴적된 터비다이트 사암으로 알려져 있다. 잠재 근원암에 대한 유기지화학적 분석 데이터는 많이 생산되었으나 탄화수소의 생성·이동에 대한 이해는 미약한데, 그 이유는 실제 탄화수소를 생성한 근원암까지 시추공이 관통하지 않았기 때문이다. 1D와 2D 모델링 결과를 통해 볼 때 탄화수소를 생성·방출한 유효근원암 지역은 기존 시추공들 보다 하부에 위치해 있으며, 시추공 심도 내의 잠재 근원암에서는 탄화수소가 아직 이동이나 방출되지 않은 채 그대로 축적되어 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 신국선, 2000, 울릉분지 남서주변부 비변형대 제 3기 퇴적층의 순차 층서, 미발간 박사학위논문 연세대학교 대학원, 162p.
- 정태진, 이영주, 류병재, 오재호, 김지훈, 이성숙, 박세진, 2004, 울릉분지 6-1광구 유기물의 열적 성숙도 특성. 한국석유지질학회지, 10, 1-9.
- Park, S. J., 1998, Stratal patterns in the southwestern margin of Ulleung back-arc basin: A sequence stratigraphic analysis. [Unpublished Ph.D. Thesis], Seoul National University, Seoul, 176p.
- Sweeney, J.J. and Burnham, A.K., 1990, Evaluation of a simple model of vitrinite reflectance on chemical kinetics. AAPG Bull., 74, 1559-1570.