

울릉분지 VI-1광구 저류층 탄화수소의 지화학적 특성

정 태 진^{1*}, 이 영 주¹, 이 성 숙²

¹한국지질자원연구원 석유해저자원연구부, cheong@kigam.re.kr

²한국석유공사 기술실

울릉분지 VI-1광구의 돌고래 3-1, 고래 1, 고래 5 및 고래 5-3공의 저류층에서 채취된 천연가스와 컨덴세이트에 대한 지화학적 특성을 분석하고 근원암의 발달 가능 구간을 추정하였다. 저류층 구간의 천연가스는 탄화수소 성분을 93% 이상 함유하는 습성가스이다. 메탄의 탄소 동위원소 ($\delta^{13}\text{C}$) 분석에 의하면 이들 탄화수소 가스는 석유나 케로젠의 크래킹에 의해서 생성된 것으로 해석되며, 고래 1, 돌고래 3, 고래 5, 5-3공의 저류층 가스는 석유생성 단계 후기 내지 습성가스 단계에서 생성되어 이동된 것으로 나타난다. $\delta^{13}\text{C}$ 분석에 의하면 저류층 가스의 열적 성숙 단계가 서로 다르고, 고래 1공, 돌고래 3공, 고래 5-3공의 #1 구간, 고래 5공의 #2 구간, 고래 5공의 #3 구간 순으로 열적 성숙도가 높아지므로 가스를 생성한 근원암이 서로 다를 가능성을 보인다.

생물표기화합물 분석에 의하면 고래 1공과 고래 5공의 저류층 구간의 컨덴세이트는 육성 유기물이 매우 우세하게 포함된 근원암으로부터 생성된 것으로 나타난다. 고래 5공의 DST 구간 #2와 #3에서 회수된 컨덴세이트의 노말 알칸 분포는 가솔린 범위인 $\text{C}_5\text{-C}_{10}$ 이 주종을 이루며 (최대 피크: C_6), C_{20} 이상의 성분은 매우 적은 경질 탄화수소의 (51 - 53° API) 특징을 나타낸다. 생물표기화합물 분석에 의하면 프리스테인/파이테인 비가 6.5~6.7로 매우 높게 나타나고 올레아난 지수도 38-45로 높게 나타나서 주로 육성 기원 유기물로 이루어진 근원암에서 생성된 것으로 판단된다. 특히 탄화수소 성분 중 방향족 성분이 매우 우세하게 나타나 부식질 탄질물이 풍부한 근원암에서부터 유래되었을 가능성을 나타낸다. 해양성 구조류를 지시하는 생물표기화합물인 24/(27+24)-nordiacholestane과 C_{30} 스테란이 검출되는 것은 해양성 유기물이 컨덴세이트를 생성한 기원 물질로 작용을 했을 가능성을 시사하지만 그 영향은 미미한 것으로 나타났다. 고래 1공의 컨덴세이트는 노말 알칸중 C_{13} 노말 알칸 피크가 가장 우세하게 나타났고 가장 무거운 성분은 C_{32} 로 고래 5공의 컨덴세

이트보다는 무거운 성분들이 많이 함유되어 있다. 포화탄화수소, 방향족 탄화수소, 그리고 NSO 성분이 각각 65%, 33.8%, 1.2%로 함유되어 고래 5공과 마찬가지로 비교적 방향족 탄화수소 성분이 우세하다. 높은 프리스테인/파이테인의 비와 프리스테인/ nC_{17} , 파이테인/ nC_{18} 비 등을 고려할 때 컨덴세이트를 생성한 지층은 주로 타입 III에 비교되는 유기물을 포함하고 산화환경에 노출되기 쉬운 환경이었음을 지시한다. 올레안 지수가 60.7로 매우 높게 나타나는 것도 이것을 뒷받침한다. 생물표기화합물 분석결과에서 고래 5공의 컨덴세이트는 미약하지만 해성 유기물의 영향을 일부 보이는데 반해 고래 1공의 컨덴세이트는 해양성 유기물의 영향을 보이지 않는다. 이러한 결과는 저류층 가스 분석 결과와 마찬가지로 고래 5공과 고래 1공의 컨덴세이트는 각기 다른 근원암에서 유래했을 가능성을 보여 주는 것이다.

컨덴세이트의 열적 성숙도는 주 석유생성단계 초기 내지는 중기에 해당하는 것으로 나타났다. 시추시료의 열적 성숙도 변화 경향과 컨덴세이트의 열적 성숙도를 비교하여 컨덴세이트의 생성 구간을 추정하면 고래 5공에서는 심도 3,000 m 부근, 고래 1공에서는 3,900 m 구간 부근일 가능성이 있다.