

남해 대륙붕 제주분지 유기물의 생물표기화합물 특성

이영주^{1)*} · 김지훈¹⁾ · 정태진¹⁾ · 박명호²⁾ · 오재호¹⁾ · 류병재¹⁾ · 선우돈¹⁾ · 이상일²⁾ · 이성동²⁾

1. 서 론

생물표기화합물은 퇴적물, 퇴적암, 그리고 원유, 가스 중에 포함되어 있는 유기 화합물로 근원 생물체를 지시하는 점에서 일반 유기 화합물과 구분된다. 생물표기화합물에 대한 연구는 1936년 트라이브(Treibs)가 지질 시료에서 포피린(porphyrine)을 발견하면서부터 시작되어 1980년대 이후에 석유 탐사를 목적으로 본격적인 연구가 이루어 졌다. 생물표기화합물은 화학적 화석 (chemical fossil)이라고도 하며 석유지질학적인 응용 범위는 화석의 그것과 유사하다. 즉, 생물표기화합물을 통해서 원유나 근원암의 퇴적 환경, 퇴적된 유기물의 특성 및 열적 성숙 단계를 알 수 있다. 이밖에 화석으로는 응용 할 수 없는 분야인 원유와 원유, 원유와 근원암의 대비가 가능하고, 근원암이나 원유의 생물 분해 정도 및 원유의 이동 경로를 파악 할 수 있다. 석유 지질학에 이용되는 생물표기화합물들은 어느 한 가지 요인에 의해 전적으로 의존하는 것이 아니므로 해석 시 여러 가지 파라메타를 고려해야 한다. 예를 들면 열적 성숙도를 가늠 할 수 있는 생물표기화합물 들이 근원 물질에 의해 영향을 받을 수도 있으므로 원유나 근원암의 열적 성숙도를 평가할 경우에도 유입된 유기물의 특성 및 퇴적환경을 고려해야 한다.

본 논문에서는 제주분지 시추공 시료에서 유기탄소 함량 분석, Rock-Eval 열분석 생물표기 화합물 분석 결과 실시하여 석유 생성 잠재력을 평가하고자 하였다.

2. 본 론

2.1. 퇴적 환경과 기원 유기물

Pr/Ph 비율을 살펴보면 JDZ VII-1공 시료는 산화 환경의 특성을 나타내고 Okdom-1공과 Geobuk-1공의 시료는 대부분 산화/환원 중간 단계의 특성을 보여준다. 이런 특징은 스테란과 호판의 비율에서도 나타나고 있다. 스테란과 호판의 비율에서 스테란이 우세할수록 환원환경 과 해성 유기물의 특성을 나타내는 반면에 낮은 값을 나타내는 것은 육상기원 유기물과 산화 환경을 지시한다. 스테란과 호판의 비율에 의하면 분석된 유기물은 대부분 육상퇴적 환경을 지시한다. Pr/Ph의 비율에 의하면 Okdom-1공과 Geobuk-1공의 시료는 대부분 해성/호성 환경 의 퇴적 양상을 나타내고 JDZ VII 시추공의 시료는 호수 혹은 하성 퇴적 환경을 지시한다.

스테란 삼각도표를 기준으로 보면 JDZ VII-1공 시료는 육상 기원의 유기물이 우세한 환경 이었음을 나타내고 Okdom-1공과 Geobuk-1공 시료는 천해/해안 환경을 나타낸다 (Fig. 1). Geobuk-1공의 3,253 m 시료는 해양 환경을 나타내는데 이것은 다른 자료와 일치하는 결과이다. 해성 플랑크톤에서 유래된 생물표기화합물인 24-n-Propylcholestane은 Okdom-1공의 시료와 Geobuk-1공의 2,199 m, 2,208 m, 2,490 m, 3,253 m에서 그리고 JDZ VII-1공의 2,191 m 시료 에서 미량 검출되었다. Dinoflagellate로부터 유래된 것으로 알려진 4 α -methylsterane은

주요어; 남해 대륙붕, 제주분지, 생물표기화합물, 유기물, 석유 생성

1) 한국지질자원연구원 석유해저자원연구부 (yjl@kigam.re.kr, save@kigam.re.kr, cheong@kigam.re.kr, jhoh@kigam.re.kr, bjryu@kigam.re.kr, swd@kigam.re.kr)

2) 한국석유공사 석유기술연구원 (myongho@knoc.co.kr, silee@knoc.co.kr, donglee@knoc.co.kr)

Okdom-1공 시료와 Geobuk-1공의 2,490 m, 3,253 m 시료에서 상당량 나타났다. 피자식물(angiosperm)의 생물표기화합물로 알려진 올레아난과 루판 종류의 화합물은 모든 시료에서 검출되었으나 모두 20% 이하의 비교적 적은 함량을 보인다. 그러나 나자식물(gymnosperm)로부터 유래한 것으로 알려진 isopimarane은 JDZ VII-1공 시료에서는 특별히 상대적으로 많아서 육상 기원 유기물의 퇴적이 활발하게 이루어졌음을 지시한다.

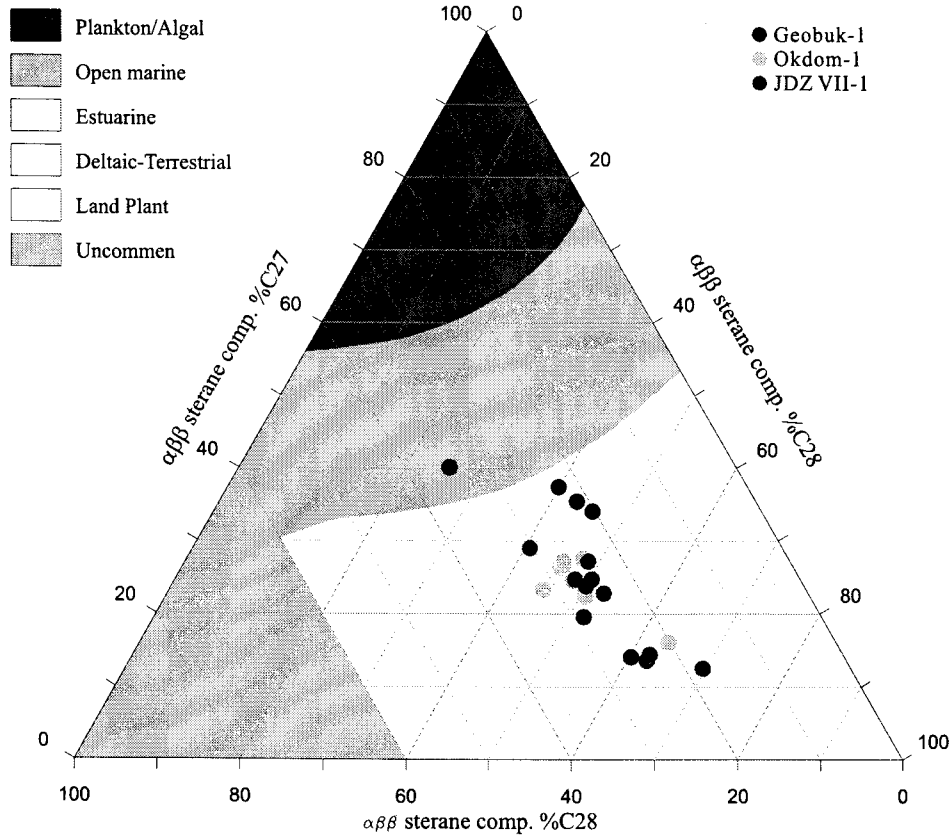


Figure 1. C₂₇₋₂₈₋₂₉ sterane ternary diagram showing depositional environment.

2.2. 석유 생성/이동된 석유 증거

Geobuk-1 공의 시료는 심도 3,253 m의 시료를 제외하고는 모두 범위의 노말알칸이 뚜렷한 홀수 우세를 보인다. 이것은 육성 유기물의 유입이 우세하고 열적 성숙도가 비교적 낮다는 것을 나타낸다. 그런데 심도 3,253 m의 시료에서는 노말알칸이 가장 우세하게 나타나므로 이동된 석유의 가능성을 보인다. 그러나 이 시료는 이동된 석유보다는 유기물 자체의 특성에 의한 영향일 가능성이 있다.

Okdom-1공 시료는 대부분 Geobuk-1공 시료와 매우 유사한 노말알칸 분포 양상을 보인다. 즉, 노말알칸의 홀수 우세가 매우 뚜렷하여 퇴적 당시에 미성숙 육상 고등식물의 유입이 매우 우세하다는 것을 보여준다. JDZ VII-1공 시료는 Geobuk-1공 및 Okdom-1공보다는 노말알칸 분포에서 홀수 우세성이 덜 뚜렷하다. 이것은 육성 유기물의 유입이 적거나 열적 성숙도가 높기 때문에 나타나는 현상이다. 특히 2,509 m, 2,833 m 그리고 3,163 m의 시료들은 다른 시료들보다 홀수 우세성이 약하므로 이동된 석유의 가능성을 나타낸다. 다른 지화학적 분석 결과들은 JDZ VII-1공의 유기물은 육성 기원이며, Geobuk-1공 및 Okdom-1공보다 높은 열적 성

속도를 지시한다. 따라서 JDZ VII-1공의 낮은 홀수 우세성은 유기물의 기원보다는 열적 성숙에 기인한 것으로 생각된다.

2.3. 열적 성숙도

홀수 우세 지수를 나타내는 CPI (Carbon Preference Index)는 유기물의 열적 성숙도가 높아질수록 1에 가까워지는데 분석된 시료의 CPI를 살펴보면 Okdom-1공과 Geobuk-1공에서 Geobuk-1공의 심도 3,253 m의 시료를 제외하고는 거의 대부분이 2 ~ 3의 값을 갖는다. JDZ VII-1 시료의 경우에는 Geobuk-1공이나 Okdom-1공보다는 CPI가 낮아서 1.5 ~ 2의 값을 보인다. 따라서 JDZ VII-1공 시료들의 열적 성숙도가 Geobuk-1공이나 Okdom-1공보다 높은 것을 알 수 있다. Geobuk-1공의 3,253 m 시료의 CPI가 낮은 것은 열적 성숙도보다는 유기물의 특성에 기인하는 것으로 생각된다. Ph/nC₁₈ 값은 석유 생성이 진행되면서 감소하는 특성을 나타내는데 분석된 시료들의 값을 살펴보면 Okdom-1, Geobuk-1, JDZ VII-1공의 순으로 석유생성이 더 많이 진행된 것을 지시하는 것으로 나타난다.

3. 결 론

14개 시추공 중에서 12개 공에 대한 Rock-Eval 열분석 자료. 총유기탄소 함량, 9개 공에 대한 비트리나이트 반사도 측정 및 유기물 원소분석 자료를 해석 결과에 의하면 PZ-1, KV-1 및 Nikkan-8 공을 제외한 모든 시추공에서 유기물의 함량이 0.5% 이상인 구간이 발달한다. 따라서 유기물 함량에 있어서는 석유 혹은 가스의 근원암이 발달할 수 있는 조건을 갖추었다.

Rock-Eval 열분석 결과와 생물표기화합물 분석 결과에 의하면 대부분의 유기물들은 육성 고등생물 기원인 타입 III에 비교되는 것으로 나타났다. 그러나 Geobuk-1공, Okdom-1공에서는 타입 II에 비교될 수 있는 유기물을 지시하는 지화학적 지표도 나타난다. Geobuk-1공의 경우 심도 약 2,300 m 부근에서 호수 환경이 발달하는 것으로 되어 있고, Okdom-1공의 경우에는 심도 약 2,500 m 하위 구간에서 호수 환경이 발달하는 것으로 나타난다. 생물표기화합물의 프리스탄, 피탄, 스테란 분석 결과에 의하면 이들 두 시추공에서 분석된 시료들의 많은 부분이 해성/호성 환경과 환원 환경을 나타내고 있다. 스테란 조성은 분석된 시료의 대부분이 강 하구 퇴적물임을 나타내고, 1개 시료는 해성 환경 퇴적물임을 보여준다. 질소와 탄소의 동위원소 분석 결과는 분석된 시료의 상당 부분이 호성 혹은 해성 기원임을 보여준다. 그러나 해성 기원을 나타내는 시료들은 유기탄소의 함량이 낮아 신빙성이 낮다. 따라서 분석된 시료들의 대부분은 육성 기원 유기물로 이루어졌으며, 일부분은 호성 기원 유기물을 포함하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 해성 기원의 유기물을 완전히 배제할 수는 없을 것이다.