

## 황해 군산 분지와 서한만 분지 시추공 퇴적물의 유기물 특성

오재호, 이영주, 정태진

한국자원연구소 석유해저연구부, 대전광역시 유성구 가정동 30

### 1. 서론

황해에 발달되어 있는 여러 개의 퇴적 분지 들은 백악기 말에서 제3기 동안에 형성된 분지이다. 한반도 황해에 분포하는 퇴적 분지는 크게 세 개로 나뉠 수 있는데 남한의 군산 분지와 흑산 분지 그리고 북한의 서한만 분지 등을 들 수 있다. 중국은 황해분지를 북부 남황해 분지와 남부 남황해 분지로 구분하는데 국내 대륙붕 제 1, 2광구에 위치하는 군산분지는 북부 남황해 분지에 속하며, 흑산 분지는 남부 남황해 분지에 속한다. 중국 측의 황해 분지에서는 이미 상업적인 양의 석유가 발견된 바 있다.

북한의 서한만 분지의 경우에는 1964년에 항공 자력 및 중력 탐사가 이루어졌고 1966년에는 석유 탐사의 목적으로는 처음으로 303 시추공을 시추하였다. 그후 1977년부터 1985까지 10개의 시추공이 더 시추되었다. 이중에서 5개의 공은 시추 시에 문제가 생겨서 중단하였고 4개의 시추공에서는 유라기 내지 백악기의 중생대 퇴적층에서 양호한 유정과 약간의 가스가 발견된 바 있다. 또한 606 시추공의 생산성 시험 결과 235 배럴/일의 흐름 (flow)을 나타내었고 API 비중은 28-35° 를 나타냈다. 또한 1989년에 시추한 610 공에서도 하부 백악기 층에서 석유가 발견되었다 (Massoud *et al.*, 1991, 1993).

남한의 경우 군산분지에서는 지금까지 19361 L-km의 지구물리 탐사 (탄성과 및 중자력) 가 이루어졌다. 군산 분지는 분지 안에 발달된 용기부와 단층에 의하여 3개의 소분지로 나뉘어 지는데 남서 소분지에서는 까치-1 (Kachi-1), IIIH-1Xa, 중앙 소분지에서는 해마-1 (Haema-1), IIC-1X공 및 잉어-1 (Inga-1) 등 총 5개 공을 시추하였으나 유정을 확인하지 못하였다. 한편, 흑산 분지에서는 아직 까지 시추가 이루어진바 없다.

중국 측 황해 분지와 서한만 분지와 유사한 지질 구조를 갖는 군산 분지에서 석유 정후가 없는 것은 여러 가지 경우를 고려 할 수 있다. 우선 석유 생성에 직접적인 영향을 미치는 근원암의 특성이 서로 상이한 것으로 생각 할 수 있는데 이를 규명하기 위해서는 체계적인 근원암 연구를 통해서 분지 전체 석유 생성 가능성을 파악하여야 한다. 서한만 분지의 유기물 특성 및 원유 근원암 대비 및 석유 생성 잠재력에 대한 평가는 외국의 학자에 의해서 이루어진 바 있고 (Massoud *et al.*, 1991, 1993; Gamali *et al.*, 1987) 한국 자원연구소의 황해 사업의 일환으로 수행된 바 있다 (오재호 외, 1998). 또한 군산 분지의 근원암 평가 및 유기물 특성에 관한 분석 및 해석 자료도 한국자원연구소에 의해서 보고 된 바 있다 (정태진 외, 1998).

이번 연구에서는 한반도 황해 지역에 대한 그간의 연구를 종합 분석하고 미비점을 보완하여 군산 분지와 서한만 분지의 유기물의 특성 및 석유 잠재력을 비교, 재평가하고자 하고 연구 결과를 통하여 국내 대륙붕 황해 및 인근 분지에서의 향후 석유 탐사 방향 설정에 도움을 주고자 하였다.

## 2. 광역 지질

황해는 지구구조적으로 유라시아판 (Eurasian Plate) 내에 위치하고 있으며, 한반도 주변의 황해 분지는 크게 남한의 군산분지와 흑산분지, 북한의 서한만 분지로 나뉜다. 한반도 및 주변에 분포된 지체 구조의 발달은 각 시대별 조구조 운동과 밀접한 관계가 있으며, 이들 조구조 운동에 의하여 발달된 지질 구조선들은 한반도의 육상과 해저는 물론 중국 동부와 일본열도에서도 연장되어 나타난다.

군산 분지 및 서한만 분지를 포함하는 황해 지역은 중생대 송림변동 이전까지는 대규모 구조 운동의 영향을 받지 않았으나 유라기와 백악기 초까지 사이에는 한반도와 중국에서 대규모의 화성활동이 일어났다.

서한만 분지의 발달은 트라이아스기의 광역적인 upwarping 에서부터 시작된다. 이 후 유라기에 열 개가 시작되고 정단층에 의해서 많은 소 분지가 형성되었다. 이들 소분지는 커다란 조구조 호수 (tectonic lake)를 형성하였고 호성 퇴적물과 화산성 퇴적물이 채워졌다. 두 번째 열개 기간인 백악기에는 기후가 건조하고 퇴적물의 공급이 충분하지 않아서 분지들은 대륙성 적색층 (continental redbed)로 채워졌다. 이때 판의 주변부에 소규모의 염수성 호수 (saline lake)가 형성되었다. 계속되는 열개 작용 단계에서 건조 기후하에서 침강이 진행되어 에오세-올리고세의 하/호성 층이 3000 m 이상 퇴적되었다. 삼각주 퇴적물로 채워진 비교적 얇은 호수 퇴적층은 마이오세-플라이오세 동안에 열적인 침강에 의해서 형성되었다 (Massoud *et al.*, 1993).

군산 분지의 팔레오세 말에 형성된 부정합면 하위에 분포된 퇴적층은 대부분 경사진 단층 블록 사이에 발달된 반지구에 퇴적된 열개 동시성 퇴적물로 해석된다. 이들 퇴적층에 발달된 다수의 단층들과 단층 블록의 경계부에 발달된 리스트릭 단층이 대부분 팔레오세 퇴적층에서 끝나는 점으로 보아 열개작용은 팔레오세 말에 종료된 것으로 해석된다. 또한 팔레오세 상부 퇴적층에서 보이는 습곡구조, 경사 부정합 그리고 Kachi-1공과 Inga-1공에서 팔레오세가 결층으로 나타나는 것은 팔레오세 말에 융기와 삭박을 일으킨 조구조 운동이 있었음을 지시하는 것이다. 에오세에 들어서 군산분지 지역은 광역적인 침강작용과 상대 호수면 상승에 의하여 점차 넓어지게 되며, 비교적 안정된 환경 하에서 퇴적작용이 이루어진 것으로 해석된다. 에오세 말 중국의 유관 운동 (Yuquan Movement; Zhou *et al.*, 1989)에 대비되는 조구조 운동에 의하여 분지는 융기되었으며, 퇴적층이 침식을 받아 부정합면이 형성되었다. 올리고세와 초기 마이오세 퇴적층은 융기부 사이에 국부적으로 형성된 퇴적지에 만 쌓인 것으로 해석된다. 중기 마이오세에 들어 분지는 다시

침강하기 시작하였으며 이 후 뚜렷한 구조 운동은 일어나지 않았고 퇴적은 구조적으로 안정된 환경 하에서 이루어졌다. (Massoud *et al.*, 1991; 정태진 외, 1998).

### 3. 시료 및 연구 방법

군산 분지의 5개의 시추공 (까치-1, 해마-1, 잉어-1, IIIH-1Xa 및 IIC-1X)에서는 유기물의 특성을 밝히기 위해서 지화학적 분석을 실시하였고 서한만 분지의 경우에는 시료 확보의 문제가 있어서 기존의 자료를 인용하거나 재해석하였다.

군산 분지의 5개의 시추공 (까치-1, 해마-1, 잉어-1, IIIH-1Xa 및 IIC-1X) 에서 회수된 미 세척 암편 시료를 물로 세척한 후 Rock-Eval 6를 이용하여 총유기탄소 함량 및 열분석 (Pyrolysis; Bordenave *et al.*, 1993; Espitalié *et al.* 1984)을 실시하였고 분석된 시료 중에서 유기물의 함량이 비교적 높은 일부 구간의 시료에 대해서 생물표기화합물 분석을 실시하였다. 비투멘은 자석교반기와 용매로 염화 메틸렌 (methylene chloride)을 사용하여 추출하였다. 추출된 비투멘은 박층 크로마토그래피 (thin-layer chromatography)에 의하여 지방족, 방향족, 레진 및 아스팔텐으로 분리하였다. 분리된 탄화수소 중에서 포화탄화수소 성분은 HP 5890 시리즈 II 기체 크로마토그래프를 사용하여 성분을 분석하였다. 포화탄화수소 성분을 분석하기 위해서는 HP-1 모세관 칼럼 및 불꽃 이온화 검출기 (Flame Ionization Detector) 를 이용하였다. 생물표기화합물 분석은 기체 크로마토그래프 - 질량 분석법 (Gas Chromatograph - Mass Spectrometer, HP 5989A)을 이용하였다.

### 4. 연구 결과

#### 4.1 유기물의 함량 및 타입

서한만 분지에는 광역적인 지화학 자료 및 시추공 간의 체계적인 지화학적인 스크리닝 분석 자료가 없다. 일부 공에서 이루어진 분석 자료를 근거하면 제3기 및 중생대층은 양질의 근원암을 포함하는 것으로 나타났다. 제3기 퇴적암은 유기 탄소 함량이 양호한 셰일 및 점토암을 함유하는데 특히 제3기층 중에 올리고세-마이오세 지층은 2500 m의 두께를 갖으며 평균 총 유기탄소 함유량은 0.67%를 나타낸다. 또한 백악기와 유라기 층은 평균 1.16%의 유기 탄소를 함유해서 잠재 근원암으로써 양호한 조건을 갖추고 있는 것으로 나타났다. Massoud *et al.* (1993) 에 의하면 상부 유라기 호성 퇴적물의 유기탄소 함량은 평균 1.6%로 매우 양호한 것으로 나타났다.

군산 분지 근원암의 유기 탄소 함량은 시추된 5개의 공에서 (Kachi-1공, IIIH-1xa공, Inga-1공, Haema-1공, IIC-1x공) 매우 낮아서 극히 일부 구간에서 0.5% 이상의 총유기탄소 함량을 보이고 대부분 0.2% 이하의 유기탄소 함량을 보이거나 유기탄소가 검출되지 않았다 (Table 1). 유기탄소가 0.2% 이상 검출된 구간에서도 Tmax의 변화가 매우 불규칙하여 유기물들이 재동되었

Table 1. Quantity and composition of organic extracts, Haema-1.

Depth (m)	TOC (%)	TEM (ppm)	Ext./TOC (mg/g)	HC/TOC (mg/g)	Sat (%)	Aro (%)	NSO (%)	Sat/Aro
1220	0.06	185	308.3	181.92	57	2	741	28.5
1240	0.05	150	300.0	99.00	33	0	67	-
1280	0.08	95	118.8	62.94	53	0	47	-
1330	0.07	125	178.6	100.00	56	0	44	-
1360	0.07	105	150.0	43.50	25	4	71	6.3
1410	0.07	60	85.7	42.86	37	13	50	2.8
1460	0.06	120	200.0	100.00	50	0	50	-
1520	0.08	70	87.5	56.00	54	10	36	5.4
1590	0.07	105	150.0	72.00	33	15	52	2.2
1630	0.04	115	287.5	138.00	38	10	52	3.8
1650	0.08	70	87.5	37.63	38	5	57	7.6
1690	0.06	175	291.7	116.67	36	4	60	9.0
1730	0.07	155	221.4	106.29	48	0	52	-
1790	0.05	75	150.0	79.50	46	7	47	6.6
1820	0.06	145	241.7	116.00	39	9	52	4.3
1860	0.08	180	225.0	112.50	50	0	50	-
1910	0.07	120	171.4	30.86	14	4	82	3.5
1950	0.05	125	250.0	120.00	41	7	52	5.9
1990	0.06	120	200.0	70.00	35	0	65	-
2020	0.07	200	285.7	137.14	42	6	52	7.0
2250	0.11	340	309.1	136.00	44	0	56	-
2350	0.08	220	275.0	176.00	64	0	36	-

거나 산화되었을 가능성이 매우 높다. 적색층이 모든 시추 구간에 발달하는 것으로부터 이러한 추정이 가능하다. 즉 적색층은 일반적으로 산화 환경을 나타내기 때문이다. 이와 같이 유기물 함량은 근원암으로 가능한 총유기탄소 함량의 하한인 0.5%에 미치지 못하는 것으로 시추 구간에서 근원암의 발달을 기대하기 어렵게 한다. Kachi-1공의 700 m에서 1200 m 사이 구간의 몇 곳에서 유기탄소 함량이 0.5% 이상 나타나는데 이 구간의 시대는 백악기로 밝혀졌다 (박관순 외, 1997).

서한만 분지의 제3기 층 퇴적물의 원소 분석 자료에 의하면 올리고세 지층의 원소 분석 결과 유기물은 타입 III에 대비되었고 육상의 고등식물이나 식별 가능한 식물편을 많이 함유하는 것으로 나타났다. 또한 중생대층의 원소 분석 결과에 의하면 타입 III에 대비되는 케로젠이 우세하게 분포하였다. 606 시추공의 상부 쥐라기층의 경우에는 하부의 용성층은 전형적인 타입 III를 나타내는 반면 상부의 신의주 층은 무정형 케로젠의 함량이 풍부해서 타입 I 과 III가 혼재하는 것으로 나타났다.

열분석 결과의 수소지수는 Haema-1공을 제외하고는 모든 시추 구간에서 200 mgHC/gTOC

이하이고, Kachi-1공과 Inga-1공에서는 100 mgHC/gTOC 이하로 극히 낮다. Haema-1공의 경우에 다른 시추 구간에 비하여 상당히 높은 수소지수 값을 보인다. 그러나 대부분의 경우 유기물의 함량이 매우 낮을 뿐만 아니라 일부 시료들은 심도에 비하여 Tmax가 지나치게 낮은 것으로 보아 오염의 가능성이 있어 수소지수가 높은 것에 의미를 부여하기 어렵다. Haema-1공의 1220 m부터 2250 m까지 8개 시료 케로젠의 원소분석 결과는 van Krevlen 도표 상에서 타입 III 유기물의 진화 경로 상에 위치한다. 이러한 점들로부터 균산분지의 시추 구간에 포함된 유기물들은 타입 III에 비교되는 것으로 보인다.

#### 4.2 유기물의 열적 성숙도

서한만 분지의 제 3기 퇴적층은 606시추공에서 실시한 열변질 지수에 의하면 (Thermal Alteration Index) 제3기층은 열적으로 미성숙 단계이고 오직 생물 기원 메탄을 생성 할 수 있는 것으로 나타났다. 올리고세의 하부 구간은 열변질 지수 2.5를 나타내어 열적 성숙 초기단계에 이른 것으로 판단되고 소량의 건, 습성 가스 및 석유를 생성할 수 있는 층으로 해석되었다. 화분 포자에 의한 색지수 분석 결과는 606시추공에서 얻은 온도 자료와 유사한 결과를 나타내서 중생대층인 1800-2101 m에서 석유 생성 단계에 도달한 것으로 나타났고 이를 제외한 대부분의 제3기층은 미성숙 단계를 나타낸다. Massoud *et al.* (1993) 에 의하면 606 시추공 상부 유라기층의 Rock-Eval Tmax 값은 453-463 °C를 나타내서 다른 연구 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

Kachi-1공과 Haema-1공을 제외하고는 열분석 Tmax가 매우 불규칙하게 변화하고 유기물의 함량이 낮아 유기물의 열적 성숙도를 판단 할 수 없을 정도로 신빙성이 낮다. Kachi-1공과 Haema-1공의 경우에도 다른 시추공 보다는 규칙적이지만 연속적이지 못하여 주 석유생성단계의 상한을 판단할 수 없다. 이러한 현상은 낮은 유기물의 함량 혹은 유기물이 熱 외의 다른 요인에 의한 변질(주로 산화) 혹은 재동에 기인하는 것으로 알려져 있다. 유기물의 변질은 대체로 열분석 Tmax를 낮게 하고, 재동된 유기물은 종종 그 유기물이 포함된 지층의 열경력보다 높은 열경력을 나타내기 때문이다. 비투멘 (추출성 유기물) 분석 결과에 의하면 Kachi-1공과 Haema-1공에서는 1300 m 부근에서 주석유생성단계의 상한에 도달할 것으로 추정된다. 그러나 유기물의 함량이 낮고 추출된 비투멘의 절대량이 적어서 신빙성이 낮고, Haema-1공의 케로젠 원소분석 결과는 2250 m까지 미성숙 단계에 머물러 있는 것으로 나타나 지화학 자료에 의한 유기물의 열적 성숙도 판단이 어렵다. 그러나 다른 자료를 종합 할 때 제3기층이 비교적 두껍게 퇴적된 지역에서는 에오세 지층에서 석유생성단계 상한에 도달하고 Kachi-1공 지역과 같이 용기가 크게 일어난 곳은 백악기 지층에서 주 석유생성단계 상한에 도달할 것으로 생각된다 (박관순 외, 1997).

### 4.3 석유생성 잠재력

서한만 분지의 유기물은 석유 생성 잠재력에 대한 연구가 미비하다. 그러나 Rock-Eval 열분석 결과 용성층과 신의주층 퇴적물의 수소 지수는 160-341 mgHC/gTOC을 나타내서 석유 생성에 적합한 조건을 갖는 것으로 나타났다 (Massoud *et al.*, 1993).

군산 분지의 Kachi-1공과 IIH-1xa공의 극히 일부 구간을 제외한 전 구간에서 근원암의 발달을 기대하기 어려운 0.5 mgHC/gRock 이하의 매우 낮은 S2 값을 가진다. Kachi-1공에서는 1250 m 부근의 2 개 시료가 0.5% 이상의 유기물 함량과 약 0.9 mgHC/gRock의 다른 구간에 비하여 상대적으로 높은 석유생성 잠재력 (S2)을 보인다. 그러나 수소지수가 100 mgHC/gTOC 내외로 낮은 편이어서 양호한 근원암의 발달을 기대하기는 어렵다. Kachi-1공에서 특기할 것은 심도 1200 m를 경계로 하여 상위 구간은 0.5% 정도로 하위 구간보다 높으나 S2 및 HI 값이 매우 낮고, 하위 구간에서는 TOC 함량은 상위 구간보다 낮으나 S2 및 HI 값이 높게 나타난다. 이러한 현상은 심도 1,200 m 부근에서 퇴적환경의 변화를 시사할 수도 있다.

IIH-1Xa 심도 약 700 m 상위 구간의 S2 값이 0.5 mgHC/gRock 내외로 하위 구간보다 2 배정도 높게 나타난다. 그러나 수소지수 값은 양쪽 구간에서 모두 비슷하게 나타난다. 그런데 S2 값이 비교적 높은 상위 구간은 열적으로 미성숙단계에 머물러 있고, 하위 구간에서는 유기물 함량이나 S2 값이 낮아 양호한 근원암의 발달을 기대하기 어렵다. 이러한 S2 값의 분포 상태로 미루어 볼 때 군산분지의 기존 시추 구간에서는 탄화수소 근원암의 발달을 기대하기는 어렵다.

### 4.4 석유-근원암 대비

Massoud *et al.* (1991)는 서한만 분지의 석유를 제3기와 중생대 석유로 구분하였다. 이들이 밝힌 유라기 및 제3기층 석유의 공통적인 특징은 황의 함량이 적고 왁스질며 탄화수소 성분으로는 포화 탄화수소의 비율은 제3기층 석유는 86%, 중생대 석유는 78%를 나타내는 점이다. 그러나 이들의 노말 알칸의 분포를 살펴 보면 두가지 석유 모두 C<sub>9-33</sub> 까지를 나타내었는데 제3기층 석유의 최대 피크는 C<sub>25</sub> 를, 중생대 석유의 경우에는 C<sub>15</sub> 를 각각 나타냈다. 또한 이소프레노이드 중 프리스테인과 파이테인의 비율 (Pr/Ph)은 제3기 석유의 경우에는 4.51인 반면에 중생대 석유는 1.71-1.73를 보였다. 이런 분석 결과에 기초하여 제3기 석유는 하성층이 우세한 호성 삼각주 퇴적 환경에서 생성되었고 중생대의 석유는 텍토닉 심부 호수층 퇴적물에서부터 생성된 것으로 밝힌 바 있다 (Table 1).

신의주층에서 추출한 비투멘 및 생물표기화합물의 프리스테인/ 파이테인 비는 대체로 2 이하이고 탄소의 홀수 선호도 (CPI) 도 1.13-1.29이며 탄화수소 성분 중 포화탄화수소의 함유비가 평균 70% 이상으로 나타났다. 이외에도 다른 생물표기화합물 (스터란이나 호판)의 특징을 고려한 결과 위에서 언급한 서로 다른 두 개의 석유 중 중생대의 석유의

근원암은 신의주층으로 밝혀졌다 (Massod *et al.*, 1991).

Haema-1공 시료에서 추출한 비투멘의 포화탄화수소 성분비는 14-64%, 평균 42%로 나타났다 (Table 1). 생물표기화합물인 노말 알칸 분포는 C<sub>15-33</sub> 까지를 나타냈으며 C<sub>25</sub> 혹은 C<sub>31</sub> 피크가 가장 우세하게 나타났다 (Table 2). C<sub>31</sub> 피크가 가장 우세하게 나타나는 시료에서는 노말 알칸이 일항 분포를 보이는 것이 대부분이다. C<sub>25</sub>이나 C<sub>23</sub>가 가장 우세하게 나타나는 시료는 비교적 가벼운 노말 알칸의 분포를 고려 할 때 조류 기원 유기물의 유입도 일부 있었음을 시사한다. 노말 알칸 분포는 대부분의 시료에서 홀수 우세를 보여 (CPI= 1.62-2.98) 전반적으로 육상 기원 유기물의 퇴적이 우세하였음을 나타낸다. 탄소 선호지수가 심도의 증가에 따라 감소하는 경향을 보이는데, Kachi-1, IHH-1Xa공에서도 유사한 경향을 보인다. 이러한 탄소 선호지수의 변화 경향은 열적 성숙도의 변화를 반영하는 것으로 볼 수 있다. Haema-1공에서 프리스테인과 파이테인의 비가 대부분의 구간에서 1-1.5로 퇴적 당시의 조건은 산화 환경이 지배적이었음을 나타낸다. Haema-1공에서 호판 및 스테란류 생물표기화합물의 분석은 8개 시료에 대해서 이루어졌다.

Table 2. GC-MS analysis and biomarker parameters, Haema-1.

Depth (m)	Pr/Ph	CPI	%Ts/Tm	Moretane/Hopane	C <sub>31</sub> S/R Hopane	%20S C <sub>29</sub> Sterane	%C <sub>27</sub> Sterane	%C <sub>28</sub> Sterane	%C <sub>29</sub> Sterane
1220	1.41	-	-	-	-	-	-	-	-
1240	1.28	-	75	0.42	0.91	39.85	34	27	39
1280	1.43	-	-	-	-	-	-	-	-
1330	1.19	-	-	-	-	-	-	-	-
1360	1.24	2.53	61	0.29	0.67	36.26	45	18	37
1410	1.06	2.82	-	-	-	-	-	-	-
1460	1.20	2.65	-	-	-	-	-	-	-
1520	1.17	2.93	-	-	-	-	-	-	-
1590	1.01	2.49	71	0.24	1.08	46.24	43	19	38
1630	1.30	2.28	-	-	-	-	-	-	-
1650	0.73	2.22	85	0.28	0.75	38.17	41	19	40
1690	1.05	-	-	-	-	-	-	-	-
1730	1.37	1.93	100	0.27	1.16	38.3	40	17	43
1790	1.08	-	-	-	-	-	-	-	-
1820	1.02	-	-	-	-	-	-	-	-
1860	1.33	1.62	144	0.16	1.28	35.17	36	18	46
1910	1.26	2.52	-	-	-	-	-	-	-
1950	1.62	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	1.48	-	87	0.28	1.14	36.14	48	16	36
2020	2.02	1.99	-	-	-	-	-	-	-
2250	1.45	1.67	110	0.17	1.31	44.52	39	20	41
2350	1.56	-	-	-	-	-	-	-	-

C<sub>27-28-29</sub> 스테란 삼각 도표에 의하여 유기물의 특성 및 퇴적환경을 해석할 수 있는데 Haema-1공에서 추출된 유기물은 육상 및 해성 조류 기원 유기물의 특징을 함께 보여주는 반면 신의주 층과 중생대 석유는 호성 환경으로 서로 매우 유사한 양상을 나타낸다.

Haema-1 에 나타나는 올레아난과 삼환식 터페인은 비록 양은 적지만 육상 유기물의 영향이 있었음을 시사하여 스테란을 이용한 유기물 특성의 분류를 뒷받침해 준다.

군산 분지의 Haema-1 및 Kachi-1 공에서 나타나는 생물표기화합물의 분석 결과는 여러 가지 파라메타가 신의주 층의 비투멘 혹은 서한만 분지의 석유와 상이한 특징을 나타내는데 지화학적 분석 자료를 종합 할 때 현재 시추된 시추공 주변의 백악기 및 제3기층은 서한만 분지에서 나타나는 것과 같은 삼각주, 하/호성, 혹은 심호성 퇴적 환경과는 달리 육상 기원유기물의 퇴적 작용이 현저히 우세했던 것으로 판단된다.

## 5. 토의 및 결론

서한만 분지의 제3기층과 중생대 퇴적층의 유기탄소 함량은 평균은 0.67% 및 1.6%로 양질의 근원암을 포함하는 것으로 나타났다. 서한만 분지의 제3기 및 중생대 유기물은 타입 III가 우세한 가운데 일부 중생대 층에서는 무정형 케로젠을 상당량 포함해서 타입 I 의 특징도 나타낸다. Rock-Eval 열분석 결과 상부 유라기의 용성층과 신의주층 퇴적물의 수소 지수는 160-341 mgHC/gTOC을 나타내서 석유 생성에 적합한 조건을 갖는 것으로 나타났다.

군산 분지의 5개 시추공 시료에 대한 지화학적 분석 결과 거의 모든 시추 구간 유기물 함량이 0.5% 이하로 극히 낮다. 케로젠의 원소분석이나 현미경 관찰, 열분석 자료에 의하면 유기물의 타입은 III에 비교되는 것으로 나타났다. 유기물의 함량이 적기 때문에 열적 성숙도를 나타내는 파라메터들의 신빙성도 매우 낮아 시추 구간 내에서 유기물의 열적 성숙도를 파악하기 어렵지만 다른 파라메타를 종합 할 때 제3기 퇴적층이 비교적 두껍게 퇴적된 지역에서 에오세 지층 구간에서 석유생성대의 상한에 도달하고, Kachi-1공 지역과 같이 용기가 크게 일어난 곳에서는 후기 백악기 지층에서 석유생성대의 상한에 도달할 수 있을 것이라는 추측을 가능케 한다. Rock-Eval 열분석에서 석유생성 잠재력을 나타내는 S2 피크도 석유의 근원암으로 가능한 2 mgHC/gRock에 훨씬 못 미치는 0.5 mgHC/gRock 이하의 값을 나타낸다.

서한만에서는 제3기층 및 중생대에서 석유가 발견되었는데 생물표기화합물을 이용한 석유-근원암 대비 분석 결과 중생대 석유는 신의주층에서 생성된 것으로 나타났다. 하지만 Haema-1, Kachi-1 공의 비투멘은 서한만에서 발견된 석유와 대비가 이루어지지 않는 것으로 나타났다.

위와 같은 지화학적 분석 결과는 군산분지에서 수행된 5개공의 시추 구간에서는 유망한 근원암의 발달을 기대하기 어렵게 한다. 반면에 탄성과 탐사자료 해석 결과가 퇴적층이 두꺼운 지역에서 기존 시추 구간보다 심부에 심호성 퇴적층의 발달 가능성을 제시하



고 있다. 이런 호성층의 존재는 서한만의 석유와 대비되는 신의주층의 형성과 유사한 퇴적 조건을 가지므로 유기물을 많이 함유할 가능성이 있고, 열적 성숙도도 석유나 가스의 생성에 충분할 것으로 추측된다.

### 참고문헌

오재호, 곽영훈, 박관순, 장정해, 봉필윤, 박근필, 정태진, 이치원, 민건홍, 류병재, 한현철, 선우돈, 이영주, 김성필, 1998, 황해탄화수소자원 개발 연구. 한국자원연구소 연구보고서, 97-LO-01-A-01, 408 p.

정태진, 곽영훈, 손진담, 오재호, 봉필윤, 이호영, 류병재, 손병국, 황인걸, 권영인, 이영주, 김학주, 박관순, 박근필, 성우돈, 유동근, 김경오, 1998, 석유자원연구. 한국자원연구소 연구보고서, KR-98(C)-33, 285 p.

Massoud, M.S, Killops, S.D., Scott, A.C., and Matthey. D, 1991. Oil source rock potential of the lacustrine Jurassic Simuaju Formation, West Korea Bay Basin. (part I) Jr. Petroleum Geology, 14. p. 365-386.

Massoud, M.S, Scott, A.C., Killops, S.D. and Keeley. M.L., 1993. Oil source rock potential of the lacustrine Jurassic Simuaju Formation, West Korea Bay Basin. (part II). Jr. Petroleum Geology, 14. p. 265-284.