

황해분지와 제주분지의 근원암 특징

김재호, 유창수, 김상석, 박동배

기술실, 한국석유개발공사

서 론

한국의 서해와 남해지역에는 지질시대별로 고생대에서 현재까지 여러형태의 분지가 존재한다(Fig.1). 위 분지들은 자원탐사 측면에서 가치가 인정되어 수회에 걸쳐 석유탐사작업이 진행되었고 현재도 추가 작업이 진행되고 있는 상황이다. 이와같은 석유탐사작업은 발해만과 황해분지 중국측 지역, 동중국해 분지(제주 분지), 서한만 분지 등에서 이미 다량의 가스 및 원유가 발견되어 상업적인 측면에서 그 효용성이 증명된 상태이다.

그러나 이같이 상업적으로 자원탐사의 잠재력이 우수함에도 불구하고 위 분지들의 한국측 지역에서는 아직까지 가시적인 성과를 이룰만큼 다량의 탄화수소가 발견되지 않고 있다. 탄화수소가 발견되지 않은 원인으로 여러 가지 지질학적인 사항이 고려할수 있는데, 그중 근원암층의 존재유무와 성숙도가 주요 위험요소의 하나로 알려져 있다. 근원암층의 위험요소가 널리 알려져 있음에도 불구하고 광역적인 근원암층의 존재유무, 분포 및 석유생성 잠재력에 대한 종합적이고 체계적인 연구는 제대로 수행되지 않은 상황이다.

현재 다양한 층준에서 근원암이 중국과 북한측으로부터 보고 되었으나(Massoud 등, 1993; KIGAM, 1995), 군산과 흑산분지에서는 아직까지 양호한 근원암층의 존재가 알려져 있지않다. 제주 분지에 대해서도 수개층준의 근원암층이 알려져 있으나(BP, 1988; CNOOC, 1985) 아직 분지 전반에 걸친 통합된 연구결과는 수행되지 않은 상황으로 광역적인 연구의 필요성이 대두되고 있는 상황이다.

따라서 이번 연구는 각 분지별 예상 근원암층의 존재여부를 확인하고 석유근원암층의 분포와 생성잠재력 등을 조사하는데 목적을 두고 있다.

연구 자료

군산 분지의 경우 이미 한국측 해역에서 총 5공의 탐사시추가 이루어졌으나, 흑산 분지의 경우는 한 공의 시추작업이 수행되지 않은 까닭에 중국측 자료에 의존하지 않을 수 없었다. 그러나 대부분의 시추가 70-80년대에 이루어졌고 또한 분석기술이 낙후된 시점이라 양호한 분석결과를 보유하고 있지는 않다. 분석된 시료의 경우, 일부를 제외하고는 대부분 총유기함량 (TOC)과 열분석 (Rock-Eval Pyrolysis) 등 기본분석만 수행되어 세부적인 평가는 수행하지 않았다. 따라서 구간별로 정확한 평가보다는 전체자료를 이용한 통계분석 위주로 해석작업이 진행되었다

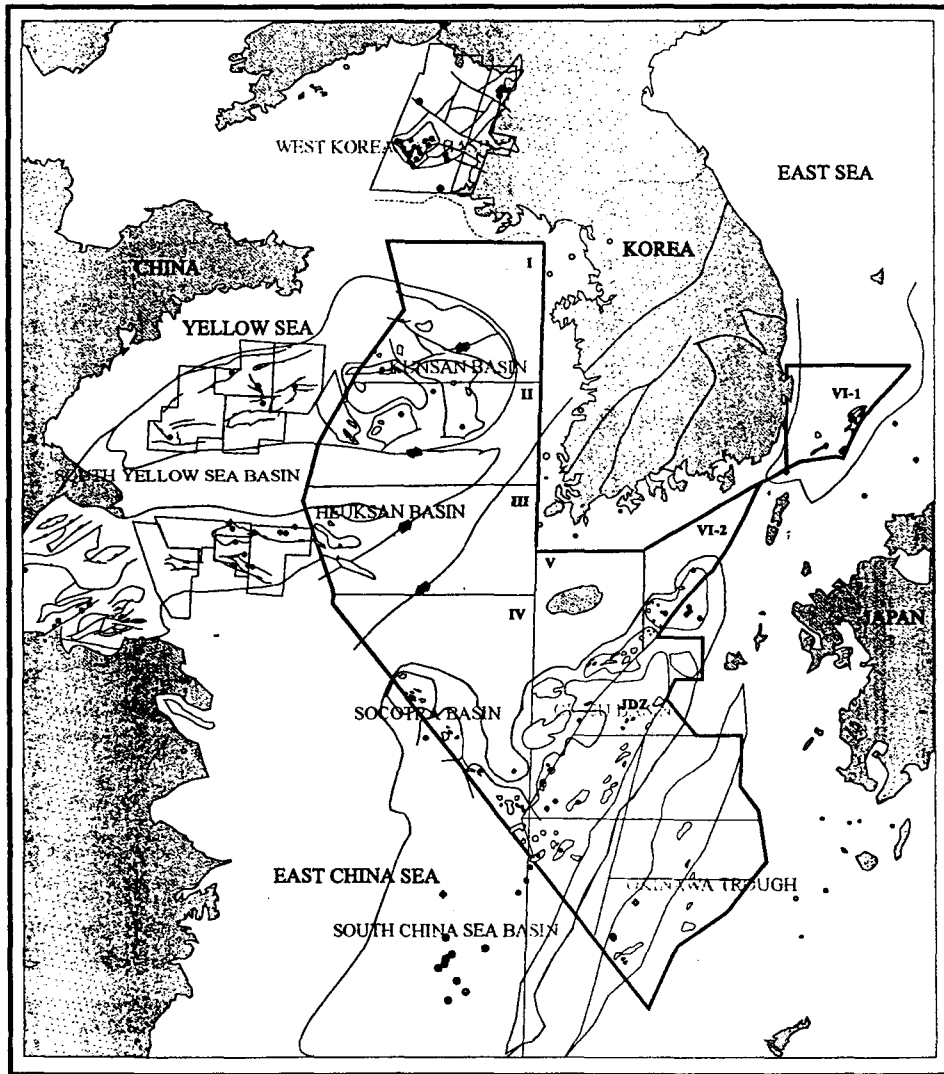


Fig. 1. Basin Location Map of Offshore Korea

토 의

황해 분지 - 군산 분지

현재까지 분석결과, 위 분지의 한국측 지역에서 양호한 근원암층이 존재여부는 확인되지 않는다. 그러나 동지역에 대한 중국측자료, 북한측 서한만 시추자료, 격포 분지의 조사결과를 참고로 하면 분지 중심부에 심호성 환경으로 추론되는 팔레오세, 에오세, 올리고세층과 중생대층에서 근원암의 존재 가능성을 고려할 수 있다(한국석유개발공사, 1994; 한자연, 1992, 1993, 1995; BHP, 1989, 1994; Geoservice, 1991; Intera, 1991; KIGAM, 1993; Marathon, 1987, 1989, 1990, 1991; PEDCO, 1991).

그러나, 유기물 함량과 수소지수가 각각 0.5% TOC와 100-50이하의 매우 낮은 값을 보이고 있어 양호한 근원암층은 기대되지 않는다. 이같이 석유생성능력이 낮은 원인으로서는 유기물이 산화환경하에서 퇴적되었거나 또는 퇴적작용동안 유기물의 양이 충분치 못하여 퇴적시 회석되었을 가능성을 생각할 수 있다.

현재의 분석결과로부터 탄화수소 생성능력은 매우 떨어지는 것으로 판단되나 부분적으로 가스생성의 가능성(gas-prone)도 있는 것으로 알려져 있다. 현재까지 많은 탐사가 이루어지지 않은 중생대 및 신생대 심호성 세일층에서 양호한 근원암층이 기대되기도 한다.

황해 분지 - 흑산 분지

한국측 지역에서 위 분지의 크기가 작고 또한 제한된 지역내에 존재하고 있어 현재까지 한 공의 탐사시추도 이루어지지 않은 상태이다. 해석에 사용된 자료는 대부분 중국측의 시추공 자료를 인용하였다.

주요 근원암으로는 에오세, 올리고세층이며 근원암의 질(quality)은 부분적으로 석유생성이 가능한(oil-prone)것으로 평가된다. 시추공별로 차이를 보이지만 CZ 6-1-1공의 경우 에오세 상부구간에서 평균 TOC와 수소지수는 각각 2%와 227의 값을 나타낸다. CZ 6-1-1공의 올리고세 하부구간에서도 양호한 유기물함량과 수소지수를 보이는데 각

각 2.35%와 322.5(121-580 HI)를 보여 위분지에서 주요한 근원암층의 하나로써 고려된다. 그러나 전체적으로 일정한 값을 보이지 않고 지역적으로 낮은 유기물 함량을 보이기도 하여 예상되는 탄화수소의 종류는 석유와 가스로 볼수 있다.

그리고 상부 백악기와 팔레오세층에서는 현재 상대적으로 낮은 수소지수를 보이고 있어 석유보다는 가스생성에 적합한(gas-prone) 근원암으로 고려된다.

그러나, 현재까지 연구에서는 한국측 지역까지 위의 양호한 근원암층이 연장되었는지 여부는 확실치 않다. 한국측 지역에 가장 근접하여 시추된 WUXI-5공에서 주요 근원암층의 석유생성 잠재력이 다소 떨어지는 경향을 보이고 있고 또한 분지의 규모가 작고 퇴적층의 총후가 얇아 전체적인 potential은 현재의 중국측지역에 비해 양호하지 않은 것으로 판단이 된다.

최근의 연구에 의하면(PEDCO, 1994) 한국측지역에서 조사된 퇴적층의 총후가 최대 2,500-3,000m 정도를 보이고 있어 하부구간의 경우 초기 성숙단계에는 진입하였을 가능성이 있다. 따라서 대규모의 탄화수소를 기대하기는 어렵지만 근원암의 질이 중국의 주요 근원암층과 같이 양호하다면 소규모의 탄화수소 부존가능성은 있는 것으로 기대된다.

서한만 분지

직접 분석에 의한 자료는 보유하고 있지 않은 상황이지만 기존에 발표된 논문을 이용하여 전체적인 석유생성능력을 파악하였다(Killops & Howell, 1991; Massoud, et al., 1991).

주요 근원암층은 상부 쥬라기 세일층으로 알려져 있는데 1.0-2.63%에 이르는 TOC와 200-630 HI를 보이고 있어 석유생성이 가능한(oil-prone) 양호한 근원암으로 판단된다. 성숙도 상태는 현재 초기 성숙단계에 진입한 것으로 알려져 있다.

원유-근원암 대비결과 중생대 저류암에서 발견된 원유가 상부 쥬라기 근원암의 특징을 잘 나타내고 있다. 따라서 위 지역의 주요 근원암층으로 상부 쥬라기 세일층이 고려

되며 석유생성능력은 매우 양호한 것으로 판단이 된다.

제주 분지

올리고세와 초기 마이오세, 일부 백악기 세일이 주요 근원암층으로 기대된다(BP, 1989; Hadson, 1988, 1990; Shell, 1975; SPT, 1993; Ultramar, 1991). 주요 근원암 구간에서 평균 TOC와 수소지수는 각각 2%와 200이상의 값을 나타내므로 석유생성이 가능한(oil-prone) 근원암의 질을 가지고 있는 것으로 보고 되었다. 근원암층 구간의 퇴적환경은 심호성이 우세한 것으로 알려져 있다.

그러나, 중기에서 후기 마이오세층과 에오세층들은 상대적으로 가스생성능력이 우세한 면을 보이고 있다.

현재까지 알려진 위험요소는 주요 근원암층 구간들이 미성숙 또는 초기 성숙단계에 진입한 까닭에 다량의 탄화수소 생성에 문제점이 있는 것으로 판단이 되며, 주요 근원암층의 하나인 올리고세층이 지역별로 potential에서 차이가 심하다는 점이다.

광역적인 성숙도 평가결과, 한국측 지역에서 중국측으로 갈수록 분지가 깊어짐에 따라 성숙도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 올리고세 및 초기 마이오세층의 성숙도는 한일공동구역(JDZ) 남서 지역 및 중국측 해역으로 갈수록 증가하는 경향을 보이고 있다. 위의 층은 현재 대부분의 제주분지 지역에서 미성숙 또는 초기단계의 성숙도를 보이지만, 동분지의 중국측 접경지역(V광구 남서쪽 지역)에서는 초기성숙단계에 접어든 것으로 판단되고 있다. 위 분지의 중국측지역인 Pinghu 지역 등에서 다량의 가스/콘덴세이트와 소량의 석유가 발견된 점은 동분지의 주요 근원암층의 질(quality)과 성숙도가 양호하다는 것을 뒷받침하고 있다.

주요 근원암층의 질(quality)과 성숙도를 기준으로 할 때, 탐사방향은 제주 분지의 남서지역(동중국해 분지 중국측과 접경지역)이 석유생성과 이동 가능성이 높은 지역으로 판단이 된다(Fig.2, 3).

결 론

가. 황해 분지

군산 분지

- 분지내 주요 석유생성지(kitchen area)내에 시추된 잉어-1공과 IIC-1x공이 건공으로 판명된 것으로 볼 때, 석유생성이 가능한(oil-prone) 근원암층의 존재 가능성은 높지 않은 것으로 판단이 된다. 이같은 결과는 위 분지 시추공의 분석결과로부터 추론되어 진다.
- 그러나 인근 분지의 근원암 분포현황을 기준으로 할 때, 분지 중앙부에 퇴적된 팔레오세-에오세, 올리고세의 심호성 셰일과 중생대 셰일층이 주요 근원암층으로써 역할이 기대되기도 한다.

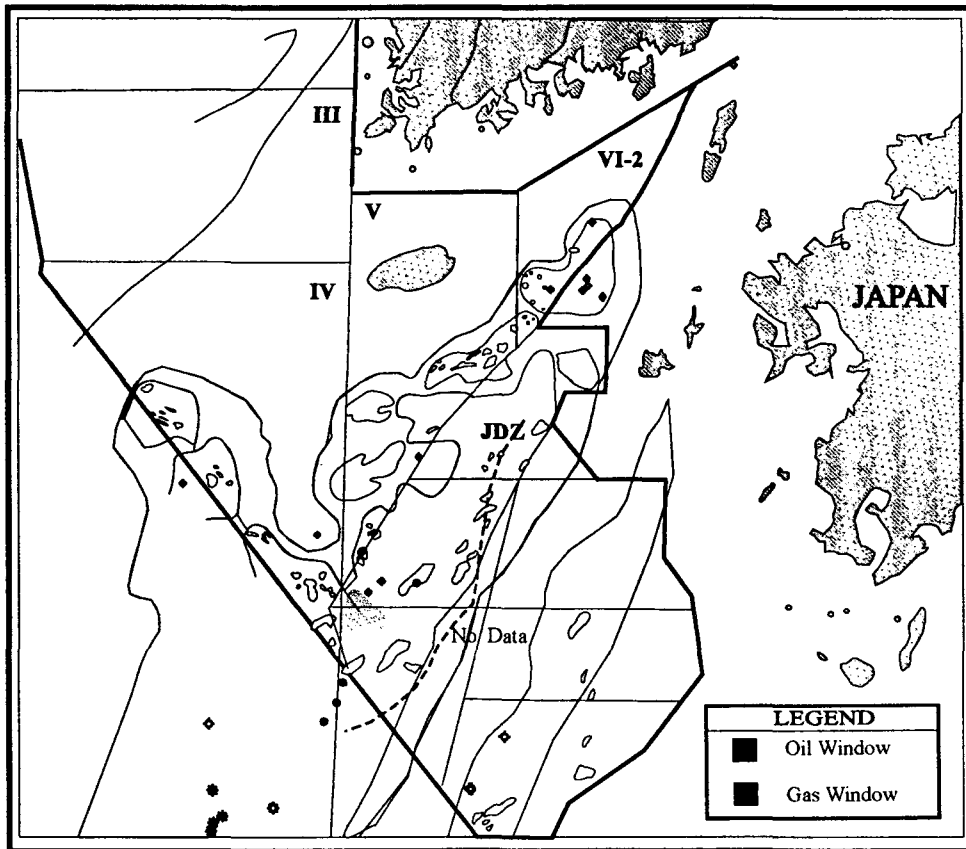


Fig.2. Schematic Maturity Map of Top Lower Miocene in the Cheju Basin

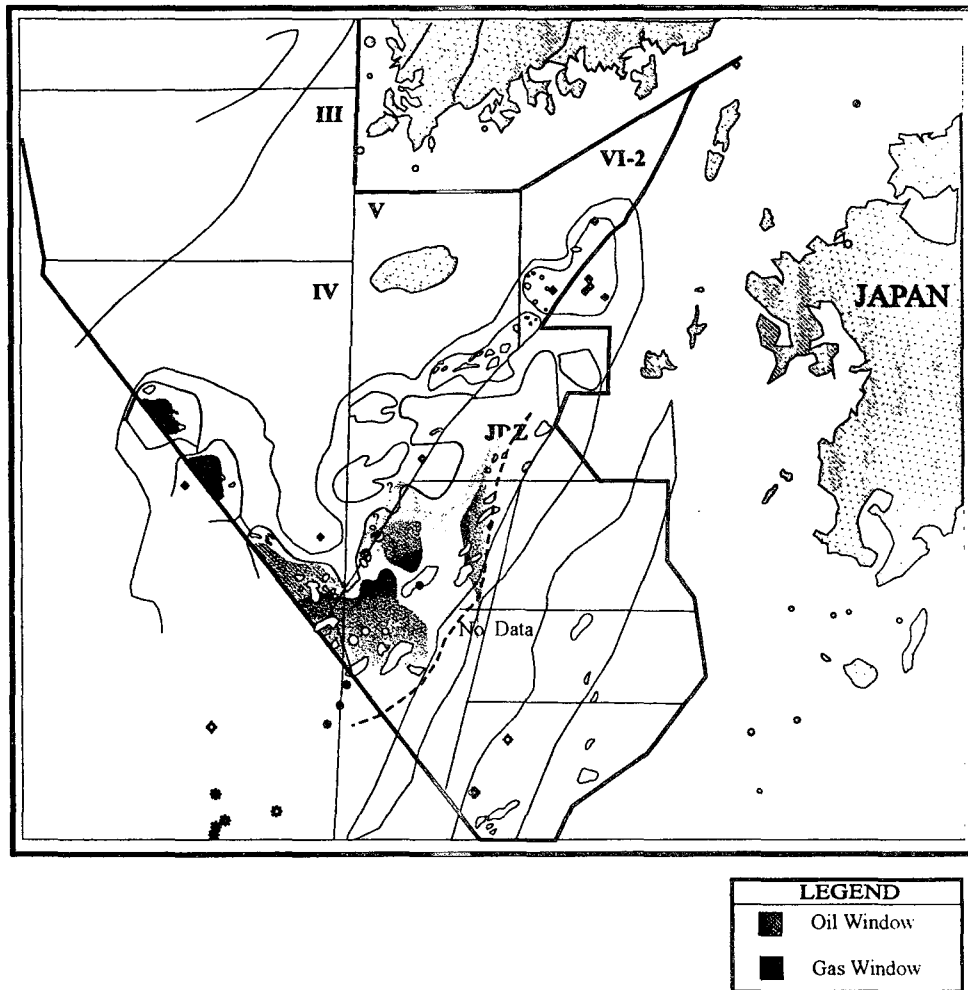


Fig.3. Schematic Maturity Map of the Acoustic Basement in the Cheju Basin

흑산 분지

- 주요 예상근원암층으로는 에오세, 올리고세층이며 석유생성이 가능한(oil-prone) 잠재력을 보이고 있다(중국측 지역 자료).
- 상부 백악기와 팔레오세층은 석유보다는 가스생성에 적합한(gas-prone) 것으로 알려진다.
- 근원암-원유 대비작업(source rock - oil correlation)에서 기 발견된 원유

참 고 문 헌

- 한국석유개발공사(1994), 국내대륙붕 황해분지의 성인, 발달과정 및 이에 따른 석유부존 가능성 연구.
- 한국자원연구소(1992), 第1鑛區 海馬-1 試錐孔 試料分析 報告書, 한국석유개발공사.
- 한국자원연구소(1993) 제1광구 석유부존가능성 평가보고서, 한국석유개발공사.
- 한국자원연구소(1995), 석유자원연구(I), KR-94(C)4-1 연구보고서.
- BHP(1989), Technical Evaluation of Block I, Offshore South Korea, BHP Petroleum.
- BHP(1994), The petroleum exploration potential of JDZ Blocks 2 & 4, BHP Petroleum.
- BP(1988), The Hydrocarbon potential of the East China Sea (Offshore South Korea), A BP/PEDCO Joint Study.
- BP(1989), Theta modelling in sub-zones 2 and 4 Offshore South Korea, Pile note.
- CNOOC & Core Lab.(1994), The Petroleum geology and hydrocarbon potential of the Xihu Trough, East China Sea, P. R. China: An integrated geophysical and geological study, v.1.
- Geoservices(1991), Well : Haema-1, Well report, Geoservices Eastern INC.
- Hadson(1988), Stratigraphy and maturity of the interval 314m-3,201m, Well Domi-1, Offshore Korea, Hadson Petroleum International LTD.
- Hadson(1990), Well completion report, Okdom No.1 (Block V, South Korea) Hadson Petroleum International.
- Intera(1991) Evaluation of the hydrocarbon potential of Block I, Offshore Korea - Phase II, Intera ECL Petroleum Technologies.
- KIGAM(1993), Evaluation of the hydrocarbon potential of Block I and the adjacent area in the Yellow Sea, PEDCO.
- KIGAM(1995), A Report on the evaluation of the hydrocarbon potential of the East China Sea Block 26/23, V.1, PEDCO.
- Marathon(1989), Final Well Report Inga-1, Block II, Yellow Sea, South Korea, Marathon Petroleum Korea, LTD..
- Marathon(1991), Final well report Kachi-1, Block II, Yellow Sea, South Korea, Marathon Petroleum Korea, LTD..
- Marathon(1987), Geology and petroleum potential Block II, Republic of Korea, v.I report
- Marathon(1990), Kachi prospect, Geochemical Model, Marathon Petroleum Korea, LTD.
- Massoud. M.S., Scott. A. C., Killips. S. D., Matthey. D. and Keeley. M. L.(1993), Oil Source rock potential of the lacustrine jurassic Sim Uuju formation, West Korea Bay Basin, Journal of Petroleum Geology, v.16(3), p. 265-284.

PEDCO(1991), Farm-out brochure Block I, Yellow Sea, Offshore Western Korea, PEDCO.

Shell(1975), Well report, Exploration Well Sora-1, Korea, Shell, N.V.

SPT(1993), Petroleum potential of acreage in the 4th Offshore Licensing Round, East China Sea, Simon Petroleum Technology LTD. v.1 text.

Ultramar(1991), Final geological report, Well : Geobuk-1, Ultramar Canada INC.