

심해석유 탐사 및 개발의 검토

최한석*
부산대학교 조선해양공학과

Review of Deepwater Petroleum Exploration & Production

HAN-SUK CHOI*

*Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

KEY WORDS: Deepwater petroleum 심해석유, Exploration 탐사, Production 생산 Production structures 생산설비 Deepwater development prospect 개발전망

ABSTRACT: General aspects of deepwater petroleum exploration and production were identified and related technical challenges were addressed. Historical perspectives, insight, processes, and engineering applications are reviewed to enhance the design capability of the domestic offshore industry. The technical challenges and unique aspects of deepwater exploration and production were identified. The assessment of deepwater exploration, drilling, and production systems is a key stage for performing the front end engineering design (FEED). The global trends in deepwater development, including the feasibility for Korea, were reviewed.

1. 서 론 (Introduction)

Fig 1 은 연도별 석유가격을 보여준다. 석유가격은 Inflation을 고려하지 않은 것이다. 석유가격이 배럴당 \$40 에서 \$50 까지 오르는 것은 약 16년이 걸렸으나 2004년 이후는 급격히 증가함을 보여주고 2008년에 와서는 예측불허의 상승세가 지속되고 있다. 원유가격이 배럴당 \$130 이상의 현실인 2008년 6월 현재 Oil Major들은 심해 석유 탐사 및 개발에 많은 투자를 하고 있고 대부분의 중요한 탐사 및 생산구조물이 한국에서 제작되어지고 있다(Eichler, 1997).

심해석유는 Golden triangle이라 불리는 Gulf of Mexico (GOM), 브라질의 Campos Basin, West Africa에서 활발히 진행 중 이다. 심해의 석유개발은 순서에 있어서는 천수해역이나 육상에서와 별 차이 없다. 순서는 1) 탐사 2) 평가 3) 개발 4) 생산의 4단계로 크게 분류되어진다. 그러나 심해는 특유의 기술적인 문제, 투자, 생산 안전성 문제가 대두되고 있으며, 이 연구물은 이를 파악 분석하여 한국 해양산업의 초기 개념 설계(FEED) 발전에 기여하고자 한다.

2. 해양구조물의 역사적 배경 (Historical Background)

해양석유 탐사 및 개발의 역사적 흐름을 파악하여 해양구조물의 발전과정을 인식하여야 응용력과 이해력을 바탕으로 심해구조물의 초기 설계가 가능하다(Choi and Lee, 2006; Pratt et al., 1997; Schempf, 2007).

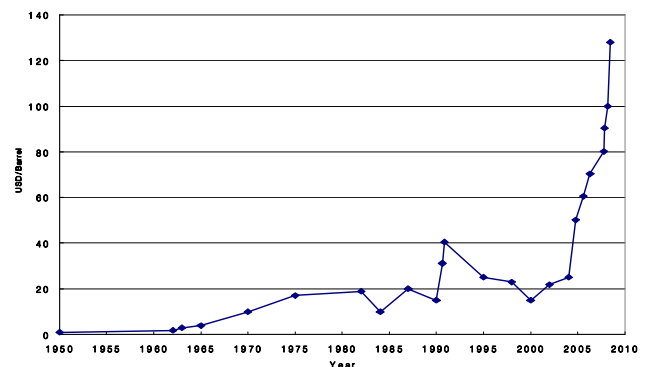


Fig 1 Oil price change

해양석유의 개발의 시작은 1897년 캘리포니아 Santa Bababara 남쪽의 Summerland에서 시작되었으나 생산성의 저하와 환경 등의 문제로 많은 생산을 못해 중단되었다. 이에 석유업자의 관심은 멕시코만으로 모아졌다. 1901년 텍사스 Beaumont 에서의 육상의 'Spindletop' 이란 구조물에서 기름이 솟아져 나오면서 텍사스는 석유의 Mecca가 되었다. 1947년 GOM의 해상에 설치된 Kerr McGee사의 Steel tubular 구조물은 육상에서 시야 밖의 구조물로서 근대 해양 석유산업의 시작으로 본다(Leffler et al., 2003).

2차 세계대전과 한국전쟁 이후 1950년대는 해상 석유 Frist major phase 로 발전되고, 1960년대는 우주항공산업의 발전과 더불어 해양산업에도 R&D가 도입되었다. 1969년도는 미국석유협회 (API)의 첫 설계코드가 발간되고, Offshore Technology Conference(OTC)가 Houston에서 시작되어 매년 5월 초에 열리고 있다.

교신저자 최한석: 부산광역시 금정구 장전동
051-510-2343 hanchoi@pusan.ac.kr

1970년대에는 대륙붕의 수심 200m를 넘어서 심해에 해당하는 수심 300m 깊이에 실제구조물들이 건설되었다. 1980년 초 Oil major들은 더 이상 깊은 곳에서는 고정구조물이 비경제적으로서 Compliant Tower를 차세대구조물로 여기고 Exxon을 중심으로 대대적 투자연구 끝에 Lena Guyed Tower를 건설했으나 운용 이후 많은 문제점이 나왔으며, 이를 계기로 1990년대 이후 다른 종류의 심해 구조물 즉 Tension Leg Platform(TLP), SPAR, Floating Production System(FPS), Floating Production Storage Offloading(FPSO) 등이 나타나 현재까지 이르고 있다.

2005년도 이후에는 초심해(수심 2500m 이상) 깊에서 초대형 부유구조물들이 속속 나타나고 있다. 2007년도에는 세계최대 수심 2,500m에 GOM의 최대의 Gas생산구조물인 Independence FPS가 건설되어 하루에 1 billion ft³를 생산하고 있다(Offshore, 2007). 2008년 현재 최대의 석유개발 프로젝트는 역시 GOM의 Perdido(영어로는 미국의 TV드라마 이름을 딴 Lost) Spar가 수심 2,300m에 건설 될 예정이다(Offshore, 2008).

3. 심해탐사 (Exploration)

해저 석유 탐사는 탐사계획(Exploration project; 흔히 Play 라 함), 광구권 확보(Lease acquisition), 매장확인(Prospect), 초기탐사 시추(Wildcat)의 4단계로 이루어지며, 주로 탐사지질사(Exploration geologist)에 의해 계획 및 수행된다.

탐사계획은 탐사지질사가 지질과학자, 지질화학공학과, 지질물리학과와 통상 같은 팀을 이룬다. 지하에서 석유가 지질의 형성에 따라 이동하여 유전을 형성함을 추정한다.

광구확보는 Oil major 혹은 Exploration and production(E&P) 회사에서 바다를 소유하고 있는 정부로부터 장기간 대여한다. 대역은 통상 5~10 년간 3mile²의 광구를 입찰에 의해 수십 Million dollar까지 지불하여 권리를 확보한다. 광구권을 획득한 회사는 석유생산량의 12%~16%의 Royalty를 계속 지불해야한다.

매장확인은 해저면 몇 km까지 초기에는 음파를 이용하여 탐사한다. 이러한 Seismic data는 주로 시간을 포함한 4D로 확보하여 데이터 분석 및 해석을 수행하여 Well performance를 예측한다.

초기탐사시추는 매장 확률이 높은 유전에 시추를 수행하여 매장여부를 재확인한다. 충분한 매장량이 확인되면 다음단계인 평가시추를 위해 초기탐사시추를 완수하는 작업을 한다. 많은 경우가 경제성이 없는 매장량에 대해서는 시추공을 막고 유전을 포기한다. 매장량이 충분하여 경제성이 있다고 판단되면, 본격적으로 시추에 대비한다. 특히 심해탐사는 큰 투자로 시작함으로, 동시에 여러 곳을 탐사하며 특정 유전 포기에 따른 위험을 분담하고, 여러 개의 유전을 Subsea system을 이용하여 연결할 수 있는 초대형 생산구조물(Host platform)로 개발되는 것이 특징이다.

4. 심해시추 (Drilling)

심해시추는 시추진단, Rig 선택, 시추, 유전완성의 4단계로 이루어진다. Drilling engineer에 의해 유전의 시추에 대한 진단이

수행되어 시추계획을 만든다. 그리고 Drilling rig가 선택되어야 한다. 수심 500m 이상 시추 가능한 Semisubmersibles, 혹은 Drillship은 약 150척 이상이다. 3000m 수심에서 해저면 10km 이상을 시추할 수 있는 초심해용 Drillship들이 최근 만들어지고 있다(김재현과 김용환, 2007). 이러한 초심해용 Drillship들은 동적위치유지시스템(DP)을 갖추고 시추와 동시에 유전을 확인하는 Measure while drilling(MWD)의 장비가 심해에서는 필수적이다.

유전이 시추될 때 Drilling mud라고 불리는 액체가 드릴파이프의 내부를 따라 흘러내려가 시추봉(Drill bit)이 작동될때 마찰과 열을 낮추고, 이후에 드릴파이프와 유전벽 사이의 공간으로 다시 올라오며, 이때 시추봉에 의해 부서진 잔해들이 같이 올라온다. 이때 Mud의 무게가 너무 가벼우면 유전속의 Oil 및 Gas가 시추공을 따라 올라오게 하는 통제가 불가능하여 유전을 포기해야하고, Mud의 무게가 너무 무거우면 시추공을 유지하기가 너무 어렵다. Mud가 적당한 무게를 유지해야 시추공이 구조적으로 안정되어 유전평가가 가능하다. Blowout preventers(BOP)라고 하는 장치가 해저면에 설치되어, 유전에서 발생할 수 있는 순간적 압력 상승으로 폭발 분출 시에 유전을 막는 역할을 하여 재난을 방지한다.

다음단계로 유전평가하여 유전완성(Well completion)을 할지 유기(Abandonment) 시킬지를 결정한다. 시추완성이란 시추공에 추가의 케이싱 파이프를 설치하여 지하 깊은 유전과 해저면까지 석유생산을 효과적으로 흐르게 하며, 마지막 케이싱 설치 후 BOP가 제거되고 해저면에 Tree라고 하는 장치가 설치된다. Tree는 석유생산 시 유량 흐름을 조절하는 조절장치이다. 심해에서는 대부분 Tree가 해저면에(Wet tree) 설치되고 있다. 수직운동성능이 좋은 TLP와 Spar에서는 Platform deck에 설치되는 Dry tree가 사용된다.

5. 석유 생산 시스템 (Deepwater Production System)

시추가 끝나면 생산구조물을 선택하며, 설계와 건조를 거쳐서 해상에 설치를 하는 3단계가 있다. 해양구조물은 고정구조물, 부유구조물, 혹은 Subsea system 으로 분류된다.

고정구조물은 주로 수심 300m 이하에 설치되고 관계되는 기술이 잘 알려져 있어 여기에서는 언급하지 않는다.

심해부유구조물은 TLP, FPS, SPAR, FPSO 등으로 분류된다.

TLP의 Hull은 반잠수식과 비슷하나 Tendon 이란 Steel pipe가 항상 인장만 허용되게 설치된 구조물이며, 현재의 기술로는 수심 1500m 정도이다. Dry tree를 주로 쓰는 것이 특징이다.

SPAR는 긴원통모양의 Hull을 가지고 있다. 약 15기가 GOM에 설치되어있고, 2007년에 말레이시아 앞 심해에 1기가 설치되었다. Dry tree를 주로 쓰는 것이 특징이다. GOM의 Perdido spar는 수심 2,300m 까지 설치계획 되었다.

FPS는 Ship-shape 이거나 반잠수식 Hull이다. Mooring line에 의해 유지된다. 최대 2500m 까지 초심해의 대규모 석유 생산에 많이 쓰이고 있다. 표 1은 여러 심해구조물의 개략적인 최대수심을 보여주고 있다(Leffler et al., 2003).

Table 1 Maximum Water depths for deepwater structures

Development system	Water depth (m)
Fixed platforms	400
CTs	550
TLPs	1,500
Spars	2,300
FPSOs	1,600
Subsea systems	Unlimited

FPSO는 가장 많은 심해 생산시스템이며, 저장능력이 좋아서 Pipeline 같은 Infrastructure가 없는 곳에 적합하다.

Subsea system는 여러 개의 흠어진 유전을 한 대의 구조물로 연결하는 것으로서, 특히 심해에서 경제성을 고려하여 최근 많이 개발되고 있다.

Oil company 의 특성, 지역의 특성, 정유기관에 따라 생산시스템의 선택은 많은 변화를 보여준다.

6. 심해 석유 생산 구조물 (Deepwater Production Structures)

6.1 Compliant tower

수심 300m을 넘어가면 고정구조물들은 비경제적이다. 문제는 Engineering design이 아니고 구조물의 크기, 특히 Base의 크기가 너무 커져 Handling이 불가능하다. 이에 따라서 Compliant tower(CT)가 개발되었다.

CT는 얇고 긴 구조물로서, Slender하며 Base의 크기가 작으면서 해저에 파일로 고정한다. 따라서 CT는 극심한 해상상태에서는 3~5m의 수평운동을 하고, 평상의 Operation 상태에서는 아주 적은 수평운동을 한다. 1983년 Exxon에 의해 설치된 Lena tower 가 별로 성공적이지 못해서 2~3기만이 GOM에 설치되었다. 최근 West Africa에 2기가 설치되었는데, DSME가 EPC계약으로 추진되고 있다.

6.2 심해 부유 구조물

심해 부유 구조물은 4개의 공통된 요소가 있으며 개략은 다음과 같다.

Hull은 부력을 일으키며 상부구조물을 Support한다. 선박형, Pontoon and Caisson, 긴원통형 등이 있다.

Topside는 생산된 원유와 Gas를 분리 정제하는 생산설비, 정제된 석유를 보내는 설비, Accommodation 설비 혹은 시추설비가 있다.

Mooring은 Combined steel wire or Synthetic rope, Chain 등이 사용되며 Steel tendon은 TLP에 설치된다.

Risers는 심해에서는 주로 Steel catenary riser(SCR) 가 사용된다.

6.2.1 Tension Leg Platform (TLP)

Hull은 Semi-submersible 과 비슷하며, 수직의 Tendon이 해저에 연결되어 항상 인장상태로 유지된다. 최악의 설계 해상 상태에서는 Hull이 수심 8%까지 수평운동을 한다. Dry tree가 통상 사료 된다.

6.2.2 FPSO

FPSO는 석유를 생산, 정제, 보관기능을 가지고 있다. FPSO는 통상 시추설비와 Gas 보관설비는 가지고 있지 않다. Oil과 함께 Gas 가 생산되면, 원활한 Oil 생산량을 유지하기 위해 유전에 Re-injection 되거나 태워버린다(Flaring). 파이프라인 같은 Infrastructure가 없는 경우, 해상상태가 좋지 않은 해역, 지역의 조건들(특히 West Africa) 등이 외부인의 접근을 금하는 경우 FPSO가 선정된다. 원만한 해상상태가 일관적으로 한 방향일 때는 그 방향으로 선체 전후에 Mooring line만을 설치한다. 해상상태가 나쁜 지역에서는 아주 값비싼 Weathervane(날씨에 따라 선체가 회전하는)을 사용한다. 선체가 회전 가능한 Turret으로 연결되어 Mooring line은 고정부에, 선체는 회전부에 연결되어진다. 생산 Riser를 포함한 해저에서 선체까지의 모든 구조를 Turret로 연결한다. 최근에는 Gas를 처리할 수 있는 LNG FPSO 가 건설 중이며, Drilling 능력을 갖춘 FDPSP도 개발 중이다.

멕시코만에도 첫 번째 FPSO가 수심 2600m에 설계중이며, 2010에 설치완료예정이며, 미국의 MMS가 요구하는 요건을 DNV의 Certification 받아서 다음의 4가지 사항을 만족한다.

- Hull
- Topsides with topside-hull interfaces
- Turret with turret-hull interfaces
- Polyester mooring system
- Piled foundation.

6.2.3 FPS

FPS의 Hull은 Ship shape도 있으나 대부분은 TLP type의 Pontoon과 Columns로 이루어졌다. 그리고 Mooring에 의해 특히 심해에는 여러 개의 유전과 연결된 Host platform로 사용되며 최근에는 Na KiKa, Independence 등의 초심해 FPS가 건설되었다(Offshore, 2007).

6.2.4 SPAR

긴 원통형의 Hull이 Taut mooring에 의해 고정되는 특이한 구조물이다. 긴 원통만의 Classic spar에서, 하단부에 Truss구조로 변경된 Truss spar, 여러 개의 작은 원통을 번들로 붙은 Cell spar이 있다. 생산, 운영, 성능 면에서 Truss spar가 가장 많으며, 차세대용인 Cell spar 1기가 GOM에 설치되어 성능 검증을 받고 있는 단계이다.

6.3 Subsea system

Deepwater platform 하나로서 Oil과 Gas가 있는 심해 유전 여러 개를 연결하는 System으로 특히 심해 석유개발에 많이 적용된다. Subsea system은 6개의 중요 요소로 구성되어있다.

Well은 심해의 Oil과 Gas를 저장하고 있는 유전이다. 유전의 특성을 이해해야 그에 관계되는 Manifold, Umbilical, Flowline 등을 알맞게 설계할 수 있다. 예로서 심해 대형 유전일 경우 10,000psi 의 압력이 설계에 사용되기도 한다.

Trees: Well의 상층부에 위치하고 있으며, 유량 공급과 조절기 능으로 안전한 생산 위해 Well의 을 유도한다.

Manifold의 주 기능은 Well의 Flowline 에서 Host platform의 Flowline로의 공급의 기능이다. Sled는 Flowlines 또는 Gathering line의 끝단구조물로 Subsea well 또는 Manifold를 다른 구조물과 연결시켜준다.

Flowline: Well의 Oil과 Gas가 Platform을 연결시키는 파이프 를 Flowline이라 부르며, 심해에서는 고온고압이 특징이다.

Umbilical은 Platform에서 통신, 통제 등을 공급받아 Umbilical termination structure를 통해 각각의 Subsea wells로 보내진다.

Control systems은 Well과 Manifold등의 모든 Subsea 기능을 수면 위의 Platform deck에서 Control하는 것이다.

7. Topsides

Platform의 상층부로 Drilling, Processing 설비 및 보조 생산 설비, 선원들의 거주구가 있다.

심해유전의 생산은 Well의 압력에 인한 Oil과 Gas가 Pipeline 을 통해 Platform으로 통한다. 초기 Oil과 Gas는 물과 Mud을 포함한 혼합물이기 때문에 그대로는 경제적이 가치가 없다. 따라서 Well에서 나온 혼합물을 경제성이 가지도록 생산기지에서 처리 하는 작업이 필요하다. 생산된 원유를 Oil treatment, Water treatment, Gas treatment를 통해 물과 기름, 가스를 분리하는 것이 필요하다. 이러한 이유로 석유생산의 Processing의 이해와 그에 따른 시설물의 Layout가 중요하고 복잡하여 극히 제한된 Engineering회사만이 설계수행이 가능하다.

탐사 및 시추작업에는 많은 사람들이 참여하고 장기간 Platform에서 작업이 이루어지고 생활이 이루어지기 때문에 Topside에 연구인원과 선원들을 위한 숙박시설과 안전시설이 갖추어져야한다. 그리고 육상과의 연락이 원활하여야 하며 구명 장비도 필요하다. 최근 Topside는 High-tech 의 집약적인 설 비의 고가 장비를 탑재하고 있으며 과거 일부 분리된 기능도 완 전 집합체화 되는 추세로 나아가고 있다. Deepwater로 갈수록 Health, Safety, Environment 위한 요소도 더욱 강화되었다.

8. 심해개발의 추세 (Prospect of Deepwater Development)

심해기술과 더불어 나타나는 새로운 기술의 분야는 Riserless drilling, Shear seismic, Composite material, Smart wells, Expandable, Monobore tubulars, Dual drilling rigs, Subsea pumping, Subsea separation, Surface BOP, AUV등이다 (Offshore, 2008).

심해개발을 위해 연구개발되는 분야는 Direct detection of hydrocarbons below salt, Real time seismic acquisition and interpretation, Light weight rigs and processing facilities, Totally composite structures, Gas hydrates, Floating gas liquefaction, GTL technology, Deepwater wells, Extreme HP/HT applications, Production optimization, Large-diameter well completion 등이다(Offshore, 2008).

현재 유가가 급속한 상승세를 보이고 과거 개발도중 경제적인 이유 등으로 유전을 포기했던 Well을 다시 개발을 하고 있다. 적은 양의 원유가 저장되어있지만 근접해 있는 여러 개의 유전 일 경우 Subsea system을 통해 한 개의 Host platform으로 해저 개발이 가능하기 때문이다. 그리고 상당한 금액과 시간이 필요 한 초심해의 유전도 개발 중에 있다. 석유는 화석 연료중 사용 이 가장 간편하며, 대체 에너지원은 아직 개발 중에 있으나 상 당기간이 소요될 전망이다. 해양구조물의 건설도 지속적으로 증 가할 것으로 예상된다.

심해는 아직 미개척지이다. 많은 자원을 가지고 있으며 Hydrocarbons 포함되어있다. Golden triangle이라 불리는 Gulf of Mexico, Campos Basin, West Africa에 많은 량이 매장 되어있으며 세계 각 지역에 Hydrocarbons이 매장되어 있다. 세 계는 심해 Hydrocarbons을 개발하기 위한 경쟁이 무한정 되고 있다. 몇 년 전부터 불가능한 사업이 현실화 되어 개발 진행 중 이며, 그 끝이 보이지 않고 있다. 이러한 심해 개발은 심해자원 개발의 논리와 더불어 심해석유탐사 및 개발을 끊임없이 추구 실행하는 인류의 개척정신과 현명한 도전정신에 에 있다.

Fig. 2는 수심 300m 이상의 심해에서 생산되는 하루의 석유 및 가스와 향후 5년간 생산계획을 보여준다. 2007년의 Oil 생산 은 4.5mmb/d이고 Gas는 1.6mmb/d이다. 2011년에는 하루 Oil 11.0mmb/d, Gas 3.0mmb/d가 생산되어 향후 5년간 두배 에 가까운 증가가 예상된다(Offshore, 2007). Golden triangle이 라 불리는 West Africa, GOM, Brazil이 주 생산원이고, 아시아의 성장이 향후 급격히 증가할것을 보여준다.

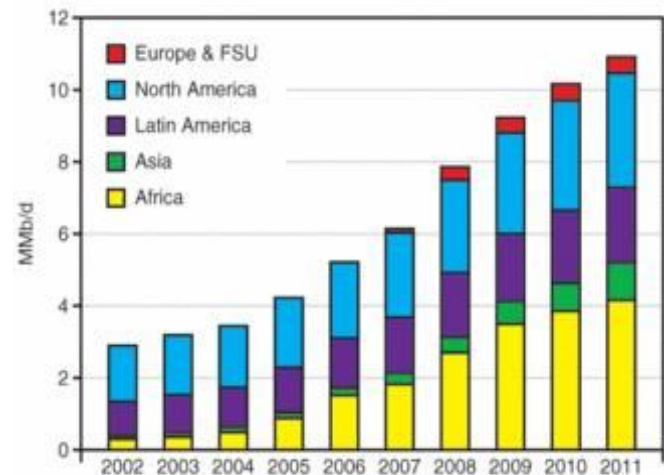


Fig. 2 Deepwater oil & gas production to year 2011 (Source: Douglas-Westwood 2007)

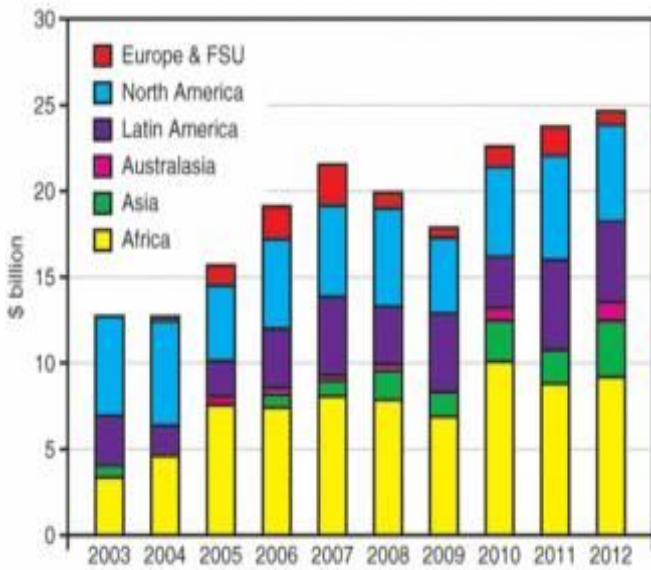


Fig. 3 Deepwater development CAPEX (Source: Douglas-Westwood 2007)

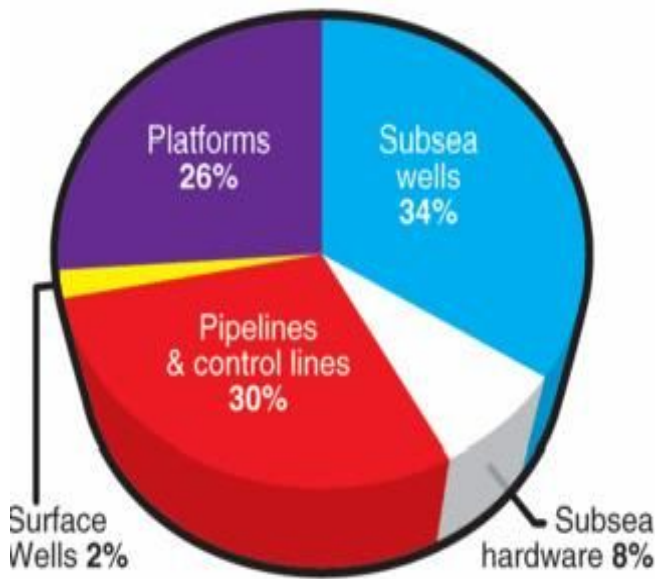


Fig. 4 Deepwater development CAPEX components between year 2008-2012(Source: Douglas-Westwood 2007)

Fig. 3는 수심 300m 이상의 심해에서의 투자액(Capex)을 보여 준다. 향후 5년간 약 \$108 billion(108조원)이 투자될것이다. 이것은 Drilling을 제외한것이며, Drilling 자체만으로도 향후 5년간 \$85 billion의 투자가 예상되며, 얼마나 Drilling 산업의 시장이 크지를 알수있다(Offshore, 2007).

Fig. 4는 수심 300m 이상의 심해에서의 향후 5년간 투자액(Capex)의 사용분포를 보여준다(Offshore, 2007). 향후 5년간의 약 \$108 billion의 투자 중에서 Subsea System과 해저배관의 분

포가 가장 많이 예상되고있다. 이는 한국의 해양산업이 Platform 제작에서 벗어나 개척해야할 분야이다.

9. 한국의 석유자원탐사 및 개발 (Korea's Petroleum Exploration and Development)

정부는 National energy 독점율을 2008년 3% 수준에서 5년 이내에 18% 목표로 하고 있다. 현재 한국의 해양 에너지 기업은 14개국 이상에서 많은 광구에 참여하고 있다. 한국의 에너지 기업들은 해외로 진출하여 더 많은 탐사개발에 참여하고 있으며 2010년에는 700mmbbl을 확보하여, 연간소비수요 600mmbbl을 초과 할 계획이다.

국내의 해양산업은 대형조선소들을 중심으로 심해 구조물의 많은 개발과 수주가 이루어지고 있으며(정하찬 등, 2007), 최근 LNG를 생산하고 저장 하역할 수 있는 부유식 설비인 LNG FPSO가 개발되어 수주에 성공하여 제작에 착수하였다. 한국의 해양산업은 Global leader가 되기 위해 많은 노력중이며, 이에 따른 기술력 개발을 위해 많은 연구와 투자가 되고 있다.

10. Concluding Remarks

심해의 유전탐사나 시추 및 개발은 한 개의 유전을 대상으로 계획되어지지 않고, 상당한 근처에 있는 여러개의 유전을 클러스터를 이루어 동시에 개발하는 특징이었다.

이러한 클러스터를 대형의 단일의 Host platform으로 모아서 개발하는 관계로 Subsea system이 따라서 급속히 발달되고있다.

이런 심해개발의 특성과 관련된 Subsea system의 이해는 심해개발 초기설계의 필수적 요소이며 한국의 해양산업이 극복해야할 당면한 과제이다.

후 기

본 논문의 원본은 대한민국 제주도에서 2008년 5월 29일 5월 30일에 개최된 한국해양과학 기술협회의 공동학술대회에 발표된 것임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

정하찬, 임성우, 김용환 (2007). "석유생산 해양구조물의 수요 전망 II: 종류별 분석 및 국내 조선업계의 장단점 분석", 대한조선학회지, 제43권, 제2호, pp 62-68.

김제한, 김용환 (2007). "Offshore Drilling Rigs", 한국해양공학회 2007년도 추계학술대회 논문집, pp 335-340.

Choi, H.S. and Lee, S.K. (2006). "Review of Offshore Industry and Engineering Development", 한국해양공학회지, 제20권, 제4호, pp 1-8.

- Eichler, R.A. (1997). 50 Years of Offshore Oil & Gas Development, Hart Publications, Houston.
- Leffler, W.L., Pattarozzi, R. and Sterling, G. (2003). Deepwater Petroleum Exploration & Production, PennWell, Tulsa.
- Offshore (2007). World Trends and Technology for Offshore Oil & Gas Operation, July, PennWell, Houston.
- Offshore (2008). World Trends and Technology for Offshore Oil & Gas Operation, January, PennWell, Houston.
- Pratt, J.A., Priset, T. and Castaneda, C.J. (1997). Offshore Pioneers, Gulf Publishing Company, Houston.
- Schempf, F.J. (2007). Pioneering Offshore: The Early Years., Offshore Energy Center, PennWell Custom Publishing, Houston.
-
- 2008년 6월 9일 원고 접수
2008년 7월 29일 최종 수정본 채택