

해저 석유 자원과 개발

서울대학교 공과대학 교수 洪 準 箕

目 次

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. 序 論 | C. 探査와 開發 |
| 2. 大陸棚油田의 概要 | D. core drilling |
| A. continental shelf | E. 開 發 |
| B. continental Slope | F. 生 産 |
| C. continental ridge | G. 運 搬 |
| 3. 美國의 海底石油生産의 現況 | 4. OCS 油田에 對한 開發問題 |
| A. 概 論 | 5. Off shore 作業의 技術의 發達 |
| B. 埋藏量과 生産能力 | |

1. 序 論

筆者는 1971年 2月 19日 부터 3月 28日까지 40日間 미국, 화란, 서독, 불란서, 인도네시아 및 일본을 旅行하면서 海底油田 開發狀況, 油田探査 및 開發에 關係된 各 研究所를 視察한바 있다. 짧은 時日에 여러곳을 視察하였든 關係로 깊이 자세히 볼 時間의 여유는 없었으나 대체의 輪廓은 잡었다고 할 수 있다.

우리 한국의 近海에는 油田賦存의 可能性이 濃厚한 廣範圍의 大陸棚이 이미 發見되었고 美國 등 外國會社와 政府사이에 이에 관한 探査 및 開發契約이 締結되어 概査精査를 거의 끝내고 誰錐段階에 들어가고 있는 이 時點에 있어 大陸棚 油田에 대한 探査 및 開發에 關한 技術的인 面을 紹介하는 것은 無意味한 것은 아니라고 生覺되는 바이다. 다만 專門의이고 具體的인 面보다 大體의 輪廓만 紹介하고자 한다. 또한 大陸棚 油田 開發은 美國이 가장 그 歷史가 오래며 또 가장 활발하게 大規模로 개발하고 있음으로 美國의 大陸棚 油田 開發現況을 紹介함으로 이에 代置로져 하는 바이다.

2. 大陸棚油田의 概要

Oil과 Gas는 많은 나라들의 沿岸밖의 大陸棚

에서 얻을 수 있는 수 많은 海底鑛物資源들 중 가장 重要한 것이다. 새로운 off shore 石油가 發見됨에 따라 成功的으로 探査를 하고 있다.

最近 Australia, Brazil, Brunei, Cabinda, Chile, Garbon, Iran, Italy, Japan, Libya, Mexico, Niegeria, Peru, Saudi Arabia, Trinidad, Tobago, USSR, 통일아랍공화국, 영국, 미국, Venezuela, 인도네시아, 越南, 臺灣 등등 나라의 大陸棚에서 相當量의 石油를 生産하고 있고 生産可能性을 가지고 있다. 75個國 以上の 大陸棚 地域에서 探査가 始作되었다. 인도네시아, 월남 등 東南亞細亞地域에서도 현재 大陸棚에 많은 關心을 表示하고 있으며 境界問題가 深刻하게 臺頭되고 있다.

海底石油은 아직 初期發展段階에 있지만 生産은 이미 여러나라의 大陸棚에서 이루어지고 있고 世界 石油總生産의 17% (600만 Barrel/day)에 달하며 世界 Natural Gas 生産의 6%가 大陸棚에서 生産되고 있다. 앞으로 10년 안에 海底石油 生産量은 2,500萬 Barrel/day 혹은 7,000만 Barrel/day 總生産量의 33%에 達할 것으로 豫想된다. 많은 나라에서 海底石油 開發은 國家經濟의 한 一翼을 擔當할 뿐만 아니라 數億 \$의 收入이 直接的으로 國家에 돌아가게 될 것이다.

海底石油은 大陸棚에서 生産되고 있으며 우리가 보통 말하는 大陸棚은 다음과 같이 細分된다. (그림 1참조)

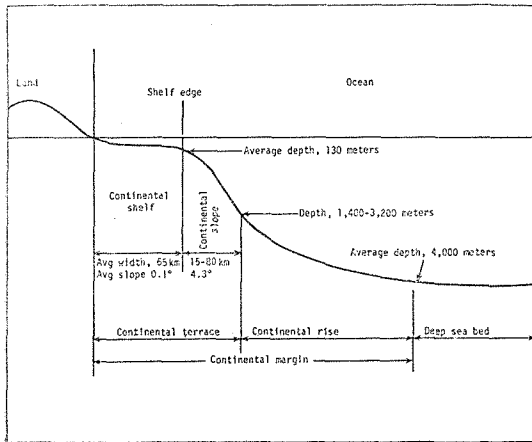


Figure 1. Diagrammatic profile of continental margin showing average widths and depths and terminology (modified from Heselton, 1969)

A) continental shelf

대부분의 海底石油 生産과 確定된 埋藏量은 이미 알고있는 陸地의 石油 含有層이 바다쪽으로 延長된 地域에서 生産되고 있다. 또 어떤 Reservoir (貯溜層) 들은 一部는 陸地에 一部는 바다속에 묻혀있다.

그렇지않은 境遇에도 分離되어 있긴하지만 이미 陸地에서 發見된것과 비슷한 構造와 關聯된 分布 pattern 을 가진 構造의 및 層序的 trap 에서 生産되고 있다. 地質調查結果에 의하면 油田賦存 可能性이 있는 推積 盆地 Basin 가 大陸棚 內部에서 大陸棚끝쪽으로 또는 그 이상 연장되어 있는 경우가 많으며 外部大陸棚에 나타난 層序的 또는 構造의 모양들이 海岸近處의 그것들과 根本的으로는 同一하다는 것이 指適된바 있다. 그럼으로 石油를 生産하고 있는 近處 內陸이나 內部 大陸棚의 構造가 바다쪽으로 延長되어 있는 것을 찾은 것이 필요하다.

B) continental slope

continental shelf 와는 달리 slope 의 石油賦存 可能性은 아직 比較的 잘 알려지지 않았었다. 石油蓄積은 含油推積 basin 의 한쪽만이 아니라 여러곳에 생길수 있으므로 內陸近處나 內部 sheef 의 basin 의 한쪽에서 石油가 나오면 다른 한쪽 (調査되지 않은)에서도 石油賦存 可能性은 充分

히 있다. 一例로서 Mexico 灣의 경우 “open sea type”의 推積 basin 의 各部分은 事實상 石油蓄積의 可能性을 가지고 있다. 豫備的인 地球物理學的 調査와 drilling 에 의하면 이지역은 Reservoir bed 가 아주 적지만 훌륭한 Reservoir 가 될 수 있는 turbidite sand 가 底濁流 (turbidity current) 에 의해서 널리 분포되어 있는 것이 나타났다. 이 turbidite sand 는 바람직한 Reservoir 가 될 수 있다. 또한 trap 을 形成할 수도 있는 構造的으로 높은 地形들이 slope 상부에 보통 나타나며 더구나 推積層은 shelf 의 끝과 slope 의 上部에서는 두껍고 slope 밑쪽으로 내려갈수록 얇아 진다. 이러한 현상은 層序的 trap 이 slope 의 發達될 可能性을 높여준다. 萬一 適當한 Reservoir bed 가 있고 層序的, 構造的 trap 이 slope 에 存在하면 石油蓄積이 確實視된다. 또 다른 可能한 條件은 basement ridge 가 continental Margin 밑에 存在하며 海岸線과 平行하게 位置하는 것이다. 이것은 石油可能性을 띤 推積物을 抱獲하기 때문이라고 생각된다.

C) continental rise

이것은 넓고 uniform 하며 傾斜가 완만한 表面이 매끈한 sediment 의 wedge 이다.

이것은 특히 큰 三角洲(delta) 地域 近傍에 잘 發達되어 있다. rise 의 surficial sediment 는 일반적으로 有機物質 含有量이 적다. 그럼으로 slope 下部의 有機物이 豊富한 sediment 가 週期的으로 rise 의 上部로 slide 해오며 그때 생긴 scan 와 Lobes 가 source bed 를 形成하고 Reservoir sand 가 底濁流에 의해서 그 위에 推積되어 層序的적 trap 을 形成하기도 한다. 그러므로 이 地域에 石油가 없다고 斷定할 수는 없다.

3. 美國의 海底石油 生産現況

A) 概 要

1938년 最初로 Louisiana 州 海岸線으로부터 $1\frac{1}{2}$ mile 떨어진 Mexico 灣의 Creole field 에서 海底石油가 掘鑿되었다. 그러나 海底石油의 實質的 開發은 1947년 Ship Shoal Block 32 field 가 Louisiana 海岸線 12 mile 밖에서 發見됐을

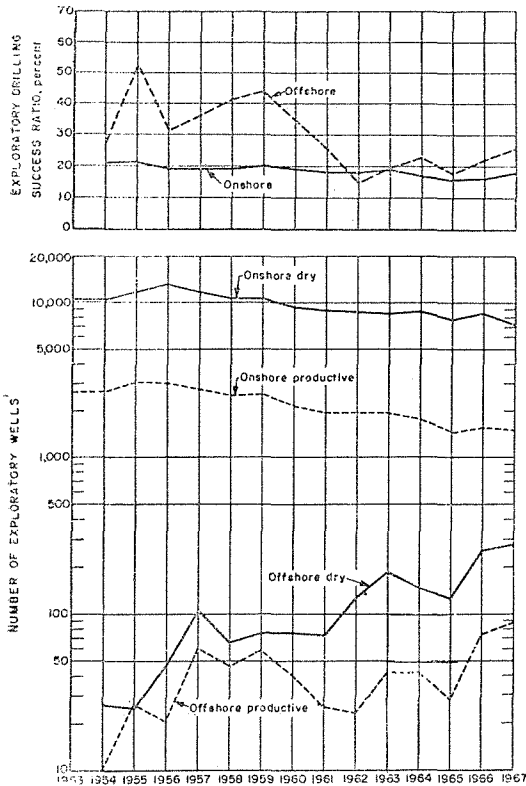


FIGURE 2. Exploratory Wells Drilled Offshore and Onshore, and a Comparison of the Off shore Success Ratio With the Onshore U.S. Ratio, 1953-67

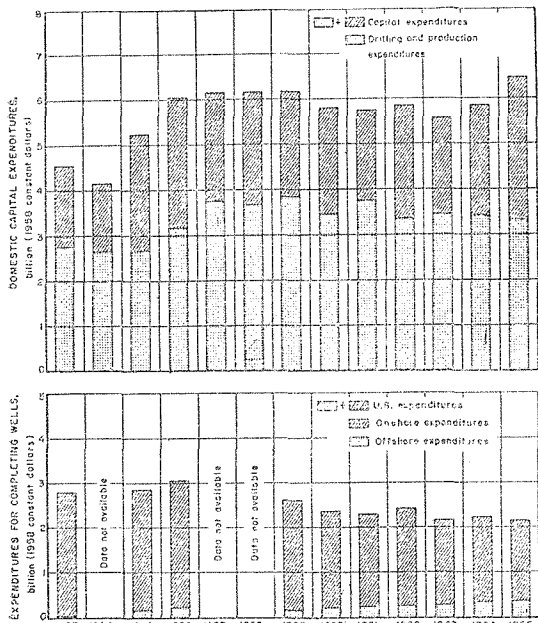


FIGURE 3. Domestic Capital Expenditures and Expenditures for Completing Wells, 1953-65

때 비로소 始作된 것이다. 또 Texas 州 海岸에서 最初로 發見된 것은 1949年이 었다.

海底에서 作業함으로써 생기는 여러가지 어려운 問題와 많은 經費에도 不撓하고 最近 海底地域에 많은 觀心을 集中시키는 두가지 이유는 成功率과 埋藏量이다. 1962年을 除外하고는 off shore에서 실시한 探査油井의 成功率은 陸上에서의 그것보다 훨씬 높다.

1953년부터 1967년까지 探査油井의 平均 成功率은 Mexico 灣의 경우 26%에 달하며 이와反面에 陸上의 경우는 18%에 不遇하다. (그림 2참조)

이에대한 投資額은 1956~1965년 사이에 年間 60억\$ 程度였으며 그 중 50~60%가 掘鑿(drilling)과 生産에 消費되었다.

B) 埋藏量과 生産能力

埋藏量 “Reserve”이란 말은 確認된, 經濟的으로 授取할 수 있는 全體資源의 部分을 말하는 것이다. API(American Petroleum Institute)에 의하면 Mexico 灣의 海底石油 埋藏量은 1967年12月31日 現在 約 24億 Barrel이며 Natural Gas는 34.2兆 立方 f. 이다. 이들중 大部分은 Louisiana 州沿岸 밖에 位置하고 있다. 以外의 美國의 다른 off shore에서의 埋藏量은 California 州의 wilmington 油田의 海底에 잠긴 部分의 埋藏量은 石油가 12億 Barrel이며 California 沿岸을 따라 펼쳐있는 작은 潮水地域은 2.5億 Barrel이며 전 California에 隣接한 大陸棚의 石油埋藏量은 14億 Barrel에 達한다. 한편 Alaska의 Cook 灣에서 發見된 油田은 1967年12月31日 現在 540億 Barrel의 埋藏量이 있음이 밝혀졌으며 埋藏量은 앞으로 現在의 油田境界를 넘어서 鑿井이 實施되고 探油工學이 더 發展하여 石油의 回收率을 높이면 더욱 加할 것으로 推測된다. (表 1, 2參照)

1955~1966년까지 全美國의 石油埋藏量의 累積增加는 約 50億 Barrel이었으며 그중 거의 50%는 Louisiana 州 海底에서 生産되었다. 1968年1月 Louisiana 州에서는 41個의 Giant Field (最小 100萬 Barrel의 最終回收率을 가진 field)가 있었으며 그중 14個가 海底 field 이었다.

Table 1. Known Reserves and Potential Additions of Oil and Gas in Productive Offshore Provinces as of January 1968

Province	Oil (billion bbls.)			Gas (trillion cu. ft.)		
	Prospective Reserves	Speculative additions*	Speculative additions**	Prospective Reserves	Speculative additions*	Speculative additions
Gulf of Mexico	2.4	2.0	2.0—4.0	34.2	25.0	25.0—50.0
Southern California	1.4	0.5	4.0—10.0	NA	1.0	2.0—10.0
Cook Inlet	0.5	0.5	1.0—2.0	NA	1.0	5.0—10.0
Total	4.3	3.0	7.0—16.0	34.2	27.0	32.0—70.0

* Estimated reserves to be found by development and extension of existing fields.

** Reserves which may be found in new fields.

Source : Reserves : Gulf of Mexico, API and AGA.

Southern California and Alaska, Oil and Gas Journal.

Potential additions : Nelson and Burk.

Table 2. Potential Petroleum Resources of the United States in Place on the Outer Continental Shelf, January 1, 1966*

(Crude Oil and natural gas liquids (NGL) in billions of barrels ; natural gas in trillions of cubic feet)

	First method			Second method		
	Crude oil	Natural gas	NGL	Crude oil	Natural gas	NGL
Alaska						
OCS to 200m	217	543	16	290	870	23
200—2, 500m	156	390	12	212	636	17
Pacific						
OCS to 200m	30	75	2	46	123	4
200—2, 500m	148	370	11	229	609	19
Gulf**						
OCS to 200m	240	600	18	322	860	27
200—2, 500m	189	472	14	253	674	21
Atlantic						
OCS to 200m	169	423	13	122	366	10
200—2, 500m	143	357	11	102	307	8
Totals (rounded)						
OCS to 200m	660	1,640	50	780	2,220	60
200—2, 500m	640	1,590	50	800	2,230	70

* For a discussion of the methodology and assumptions used in these calculations, see McKelvey and others, Potential Mineral Resources of the United States Outer Continental Shelf, U. S.

U. S. Geological Survey, Washington, D. C., in preparation.

** Includes past production and proved reserves for Louisiana and Texas.

API는 Texas州와 Louisiana州의 off shore 1,132,200barrel/day로推算했다. 90日 Capacity의 90日 原油生産能力을 1968年1月1日 現在는 90日間에 現存하는 油井과 油井裝備 및 地上

施設을 가지고 일우어질 수 있는 生産過程의 觀點에서 본 1日 最大 原油生産量을 말하는 것이다. 1968年1月 Texas州와 Louisiana州의 off shore capacity는 全美國의 capacity의 9%이다.

C) 探査와 開發

Louisiana州와 南部 California州 沿岸에 隣接한 地域 以外에는 continental margin의 地質에 對하여 詳細히 알려진 것이 거의 없다. 이러한 知識의 貧困은 1967年에야 비로소 U. S. Geological Survey에 依해서 實施된 地球物理學的 調查過程에서 Bering Sea가 적어도 2個의 規模가 큰 推積 Basin으로 깔려 있으며 石油賦存可能性이 많다고 알려졌을때 알 수 있었다. 現在까지 石油探査가 進行된 Continental shelf의 地質構造研究는 龍大한 地域에 걸친 地球物理學的方法과 Bottom-Sampling Sarvey로 여러 海洋研究所와 大學에서 이루어졌다. 좀더 廣域적이고 抱括的인 施圖가 Geological Survey와 Wood Hole Oceanographic Institute가 協同計劃으로 大西洋大陸棚의 地質構造調查를 함으로서 1962年에 紹介된바있다. National Science Foundation의 支援을 받아 JOIDES(Joint Oceanographic Institutions DEEP Earth Sampling)의 主管下에 大西洋과 Mexico灣의 Slope에 實施한 Shallow drilling이 지역적 層序와 構造에 對한 知識을 發展시키는데 實質的으로도움을 준것이다. Continental slope의 物理探査는 主로 Mexico灣 沿岸에 集中되었다. OCS(Outer Continental Shelf)에 관한 地球物理學的 探査는 內務省과 協同的 關係를 맺고있는 州(State)나 U. S. Geological Survey의 許可를 받아 이루어지고 있다. 換言하면 許可는 現在 그들의 調查結果를 政府가 꼭 利用할 수 있도록 要求하고 있지는 않다. 相當量의 data가 特殊研究를 爲해서 機密을 保障한다는 條件으로 內務省에 提供되었지만 大概의 物理探査記錄은 會社들의 書類綴에 秘密情報로 所藏되어있다. 故로 聯邦政府는 物理探査에 關한 情報을 物理探査調查機關에서 賣入使用한다.

off shore에서의 物理探査 費用은 莫大한 것

이다. 1966년 海洋彈性波探査에 使用된 費用은 8,300만\$에 達하며 全 美國의 物理探査에 使用된 費用은 約 2億\$이다. 物理探査費를 單位 基準에서 볼 때 海洋에서의 彈性波探査費用은 陸上에서의 그것보다 훨씬 적은데 그것은 同一한 時間에 훨씬 넓은 地域을 調查할 수 있기 때문이다. 많은 地域에 있어서 海洋物理探査가 Continental shelf의 地質構造를 아는데 唯一한 情報의 Source 이므로 各會社들은 같은 크기의 調查地域인 경우 여러가지 다른 source로부터 情報을 얻어 綜合的 結論을 내릴 수 있는 物理探査研究에 더 많은 費用을 使用하며 各各 研究所를 가지고 있다. 物理探査費用은 Mexico灣 海洋調查의 경우 直線距離 1 mile 當 180\$~350\$이며 陸地의 경우 700\$~1,200\$이다. 이것은 地形에 따라 차이가 있다. (그림 4참조)

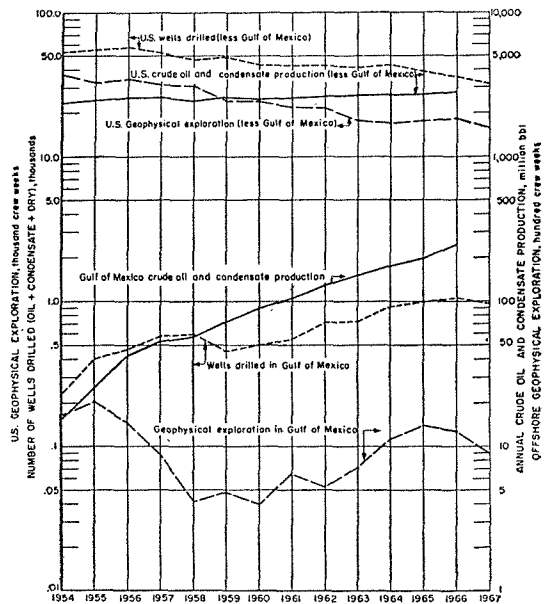


FIGURE 4. Geophysical Exploration, Drilling, and Crude Oil and Condensate Production Histories of Onshore United States and Gulf of Mexico, 1954-66.

D) Core drilling

賃貸契約이 안된 OCS에서의 Coredrilling은 政策의으로 許可되지 않는다. 現在까지 OCS에서의 Core drilling은 California州 沿岸의 特殊地域에 限하여 許可하고 있다. 이러한 core testing은 水深 650 ft 以上으로 除限 되어있으며 推

積層은 1,000 ft 以上은 貫通하지 못하게 되었는데, 許可條件은 許可 받은 者가 drill 하는 過程에서 얻어진 모든 地質 data 는 반드시 內務省에 報告할 것과 內務省 職員이 Core 와 다른 Sample 을 調査할 수 있도록 되어있다.

drilling 作業은 急작히 增加해 왔으며 韓國動亂中 잠시 減少하다가 다시 增加一路에 있다. 1949年10月 Texas 州 沿岸에서 油田 鑿井을 함으로서 Gas 와 凝結油(condensate)가 發見되었다. 그러나 最近까지 Texas 州 沿岸밖의 海底探査에서는 거이 發見되지 않았다.

많은 油田이 南 California 州 沿岸밖에서 發見되었으며 港口에서 開發되거나 陸上에서 方向性鑿井(故意로 deviation 을 주어 海底쪽을 向하도록 빈트의 方向을 박어주는 方法, 臺灣을 위시하여 몇나라에서 現在 施行하고 있다)을 해서 海底에 鑿井하고 있다.

방대한 core drilling 과 物理探査가 1950年代 中盤에 施行됐지만 眞正한 意味에서의 off shore drilling 과 開發이 California 州 沿岸에서 이루어진 것은 最近의 일이다. continental shelf 에서 Oil 과 Gas 를 爲한 drilling 은 1959年 以來로 倍以上으로 增加했다. 이것은 같은 期間동안 1/3 만큼 줄어든 全國的 drilling 活動과 좋은 代照가 된다.

많은 drilling 活動이 集中된 Louisiana 州 沿岸에서의 成功한 drilling 은 1962年 以來이며 國內平均値의 60%에 肉迫하였다. Texas 州에서의 Off shore drilling 이 成功한 例는 比較的 적다. 그러나 California 州의 경우는 대단히 좋은데 그것은 Point Conception 과 Huntington Beach 사이의 조수地域에 位置한 이미 알려진 油田의 延長地域에 實施하여 成果를 건우었다. 이것은 陸上의 油田의 延長을 찾은데 不過하다. Off shore drilling 의 深度는 次次 깊어져 가고 있다. 1954~1956年度의 平均水深은 67 ft, 이었으나 1960년에는 89 ft, 1962년에는 125 ft, 1967년에는 186 ft 로 增加하고 있다. 그러나 水深 340 ft, 陸地로부터 80 mile 떨어진곳에 海上 platform 을 設置하여 油井들이 開發되기 始作하였다.

Off shore 에서의 drilling 은 海上에서의 作業

임으로 여러가지 어려운점과 危險性이 있을뿐만 아니라 費用이 많이 所要된다.

특히 油井의 深度가 깊을 경우에는 더욱 그러하다. Mexico 灣의 油井의 平均深度는 10,000 ft 以上이며 이 地域의 Gas 油井은 oil 의 油井 보다 平均 2,000 ft 가 더 깊다. 이들의 費用은 隣接한 陸上地域에서 비슷한 깊이로 drilling 한 경우의 2배에 該當하고한다. 1956~1963 사이에 off shore 의 平均 drilling cost 는 415,000 \$ 에서 370,000 \$ 로 減少하였다가 그후 471,000 \$ 로 增加하였다.

이것은 비슷한 깊이의 陸上油井의 경우 256,600 \$ 의 費用과 代照가 된다. 1955年 off shore 油井에 使用된 總費用은 4億3千萬 \$ 이었다.

한 油井關係者는 1967年 中旬까지 石油産業은 off shore 作業에 7.5兆 \$ 을 投資했으며 作業 現金收入은 3.5兆 \$ 이었다고 推算하고 있다.

또한 그는 費用은 水深에 比例하여 增加하며 海岸으로부터의 距離에 比例하며 資本費用은 作業이 陸上에서 100 ft 水深으로 옮겨질때 2배가 되며 400 ft 水深이면 또다시 70%가 增加한다고 指適하고 있다. (表 3 參照)

Table 3. Gulf Coast Drilling Cost Analysis, Offshore and Land

Rig type	Capability in feet	Daily rig rate	Total dailycost*
Offshore :			
Mobile units	200-250+	\$8,500	\$15,000
	100-150+	7,500	13,000
	50-100	6,000	10,000
	20-30	4,000	8,000
Tender rig-platform	—	4,200	8,000
Land :			
Medium land rig rated for 12,000-ft. operations		1,400	2,400

E) 開發

Off shore 油田의 開發은 發見된 후 10년 내지 그 이상 地域環境에 따라서 開發이 遲延되는 수가 종종있다. 1966年末 Louisiana 州 off shore 의 147個 油田중 10개가 10餘年の 開發지연을

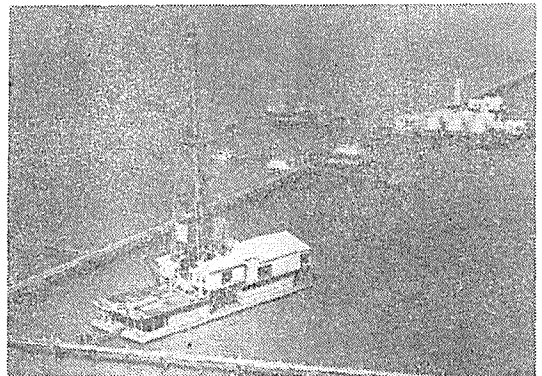
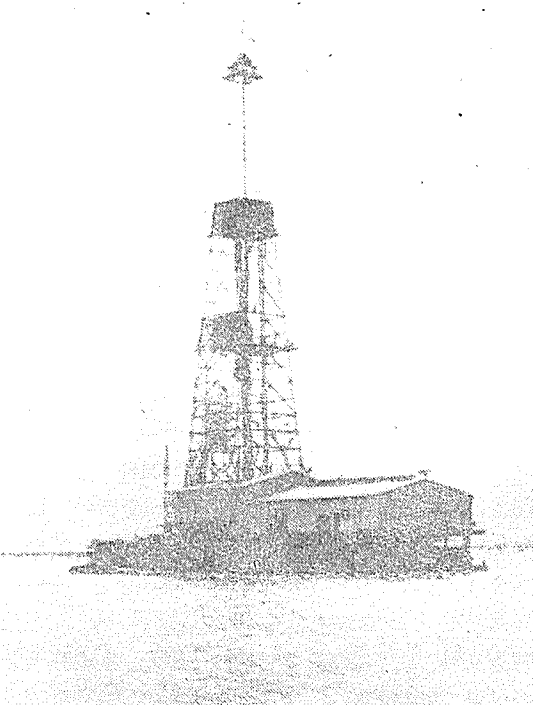
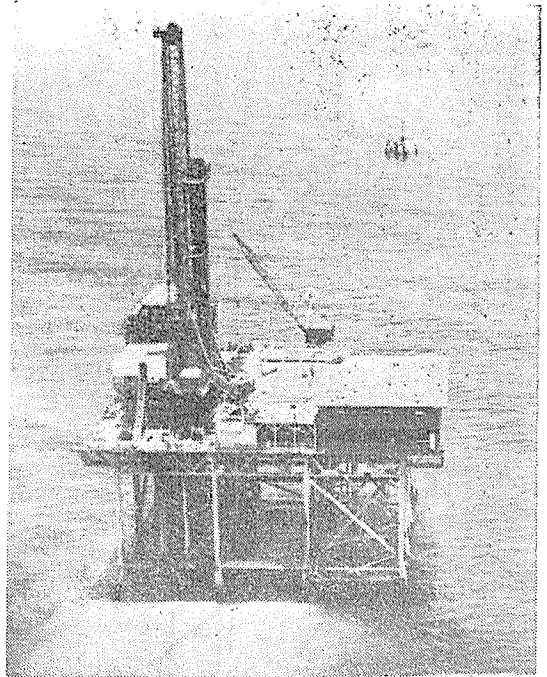
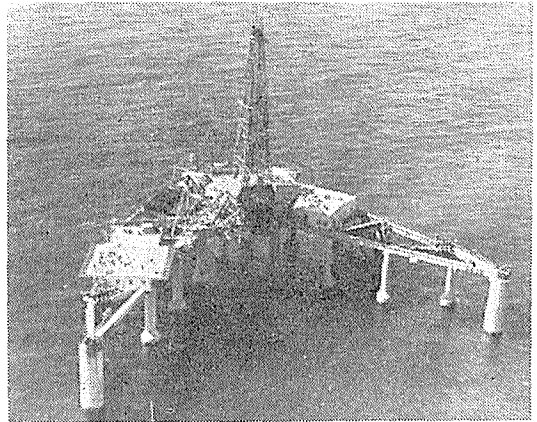
초래하였으며 15개는 實質的 生産을 하지 못하고 문을 닫은 상태에 있었다. 어떤 곳은 15年 以上 遲延된 곳도 있다.

一般的으로 off shore 作業의 海洋環境은 油田을 定하고 開發하는데 必要한 時間을 延長시킨다. 이것은 특히 Gas 油田의 경우에 그러한데 Gas 油田은 Pipe Line 을 연결하는데 몇년씩 기다려야 한다.

모든 探查 drilling 과 開發 drilling 은 移動性 drilling unit 는 海底에 固定하거나 혹은 완전히 물위에 뜬 狀態에서 作業한다.

油田의 境界가 完了되면 油田 drilling, 處理, 蓄積 및 海岸으로 運搬하기 위한 生産品 蒐集등에 適合한 地域에 永久 Plat form 을 建立한다. Plat form 는 規模가 커서 모든 裝備와 人員을 싣고 있는 경우와 補助 Tender 를 設置하며 그것이 機械, 人員등 必要한 支援을 提供하게끔 되어 있다. (그림 5 참조)

그것은 크기에 相當한 變化가 있어서 어떤것은 대개의 油井에 必要한 施設을 갖추고 있으며



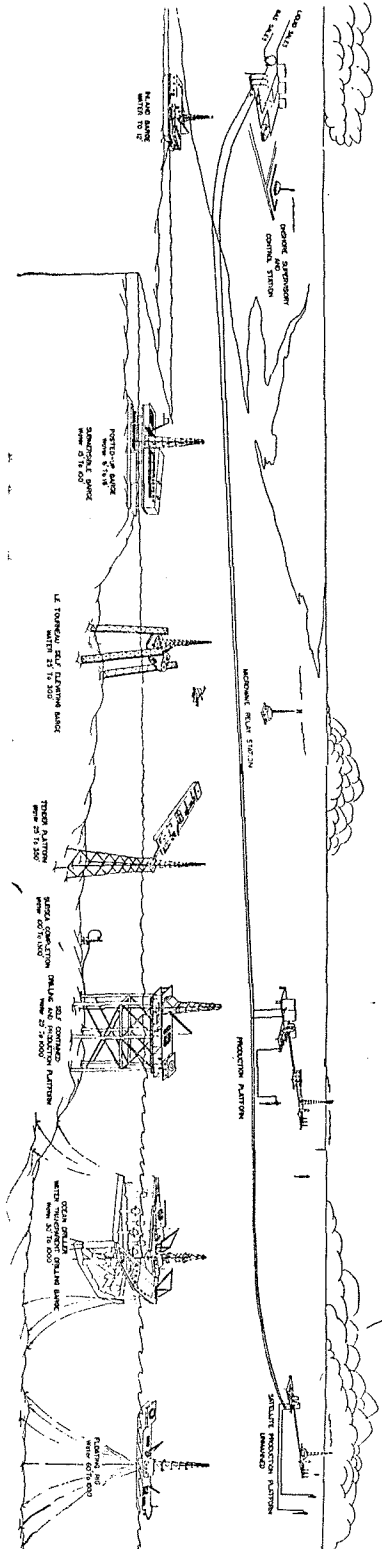


Fig. 5. 海底測油, 開發에 必要한 platform

어떤 것은 66개의 drill 지역을 cover 할 수 있도록 큰것도 있다.

Platform의 費用은 Louisiana 地域의 2,500,000\$에서 California州 5,000,000\$, Alaska州 Cook灣의 Rig가 設置된 platform의 경우에는 20,000,000\$의 것도 있다. 거대한 central production platform은 200여개 정도의 많은 油井으로부터의 生産을 調整한다.

現在 海底에 固定된 platform의 가장 깊은 水深地域은 340 ft이며 600~700 ft까지가 費用을 考慮하지 않더라도 platform 建立에 物理的인 限界深度로 나타나고 있다. 따라서 shelf의 깊은 部分이나 continental slope의 永久 platform의 必要性을 除去해주는 海底油井이나 生産技術(물위에 나타나지 않고 海底바닥에서 하는 作業)의 必要性이 切實히 要求되는 바이다. 이러한 목적을 위한 많은 연구가 진행중이며 비용은 많이 들지만 深海底 油田開發을 위하여 고무적인 일이라고 하겠다. 海底 completion(그림 6 참조)과 生産은 石油事業 뿐만아니라 大陸棚과 그 위에 바다를 사용하는데도 몇가지 直接的 利益이 있을 수 있다. 예를 들면 Louisiana州 off shore의 수많은 巨大한 永久構造物들이 많은 손해를 주고 있으며 航海하는데 항상 潜在的 危險性을 띄고있다. 1968年末 現在 Mexico灣에는 1,700餘個의 永久構造物이 있으며 이들 大部分은 水深 100 ft未滿에 깊이에 있다.

F) 生産

Oil과 Gas의 off shore 生産은 1954年 全美國의 生産量의 1%未滿이었으나 1968년에는 約 9%로 上昇하였다. 이 期間동안 生産된 Oil 및 Gas의 價格은 80億\$以上으로 推算된다. (Table 4, 5 參照) 1965~1968 사이의 Oil 및 Gas의 增加率은 대단히 크며 이 3年동안 off shore oil의 生産은 全國生産의 18%의 增加와 比較할때 76%가 增加했다. Gas 生産은 全國生産이 19% 增加한대 比해서 98%의 增加를 보이고 있다. 그중 Mexico灣의 off shore 油井들은 대단히 豊盛하며 Louisiana州와 Texas州에서는 陸上油井들보다 실질적으로 더 높은 率로 生産許可를 받았다. 結果적으로 그들의 生産은 美國全國의

Table 4. Production of Oil on the U. S. Continental Shelf, Gulf of Mexico, 1953-1968

Year	Federal Areas			State areas	Total Offshore	Percent of U. S. total
	Sec. 6 leases*	Sec. 8. leases**	Total OCS			
1953	1.1	—	1.1	8.0	9.1	0.4
1954	3.3	—	3.3	12.6	15.9	0.7
1955	6.7	—	6.7	19.2	25.9	1.0
1956	10.5	0.5	11.0	30.0	41.0	1.6
1957	14.8	1.3	16.1	37.0	53.1	2.0
1958	21.6	3.2	24.8	33.1	57.9	2.4
1959	30.5	5.2	35.7	37.6	73.3	2.8
1960	41.7	8.0	49.7	39.0	88.7	3.4
1961	53.0	11.3	64.3	39.5	103.8	3.9
1962	72.5	17.3	89.8	37.8	127.6	4.8
1963	78.5	26.0	104.5	45.3	149.8	5.4
1964	86.8	35.7	122.5	51.8	174.3	6.3
1965	91.6	43.4	135.0	54.9	189.9	7.0
1966	108.2	80.5	188.7	55.2	243.9	8.1
1967	108.3	113.6	221.9	65.5	287.4	8.9
1968	124.6	142.4	267.0	67.6	334.6	8.6
Total	853.7	488.4	1,342.1	634.1	1,976.2	
Prod. value						
\$ millions	2,679.6	1,510.2	4,189.8	1,962.0	6,151.8	

* Leases originally issued by States and later validated by Federal Government.

** Leases issued by Federal Government beginning 1954.

Table 5. Production of Natural Gas on the U. S. Continental Shelf, Gulf of Mexico, 1953-1968 (billion cubic feet)

Year	Federal areas			State areas	Total offshore	Percent of U.S. total
	Sec. 6 leases*	Sec. 8 leases**	Total OCS			
1953	19.9	—	19.9	35.1	55.0	0.7
1954	56.3	—	56.3	23.7	80.0	0.9
1955	81.3	—	81.3	40.2	121.5	1.3
1956	82.9	—	82.9	54.2	137.1	1.4
1957	82.6	—	82.6	80.1	162.7	1.5
1958	127.7	—	127.7	121.8	249.5	2.3
1959	192.5	14.6	207.1	135.9	343.0	2.8
1960	231.5	41.5	273.0	153.0	426.0	3.3
1961	262.7	55.6	318.3	157.1	475.4	3.6
1962	349.5	102.5	452.0	154.7	606.7	4.4
1963	422.8	141.5	564.3	162.6	726.9	4.9
1964	444.4	177.3	621.7	212.9	834.6	5.4
1965	456.7	188.8	645.5	355.5	1,001.0	6.2
1966	599.6	365.8	965.4	389.7	1,355.1	7.9
1967	628.6	558.6	1,187.2	395.4	1,582.6	8.8
1968	734.2	759.3	1,493.5	494.3	1,987.8	10.3
Total	4,773.2	2,405.5	7,178.7	2,966.2	10,144.9	
Prod. value						
\$ millions	897.8	453.0	1,350.8	546.0	1,896.8	

平均值보다 몇 배가 된다. 1967年 美國의 全油 州 off shore의 油井들은 약 150 Barrel/day 를 井의 平均 15 Barrel/day 에 比하여 Louisiana 生産했다. (Table 6. 7 참조)

Table 6. Production of Crude Oil and Condensate, Louisiana, 1953-1968
(thousand barrels daily)

Year	Total Louisiana	Onshore		Offshore			Percent OCS of:	
		North	South	Total	State	OCS	La. total	Offshore total
1953	720	128	567	25	22	3	0.4	12.0
1954	699	129	526	44	36	8	1.1	18.2
1955	764	137	556	71	52	19	2.5	26.8
1956	849	144	593	112	85	27	3.2	24.1
1957	923	144	635	144	103	41	4.4	28.5
1958	884	131	597	156	93	63	7.1	40.4
1959	1,009	131	679	199	106	93	9.2	46.7
1960	1,105	130	738	237	112	125	11.3	52.7
1961	1,174	129	762	283	113	170	14.5	60.1
1962	1,324	136	841	347	121	226	17.1	65.1
1963	1,432	150	874	408	128	280	19.6	68.6
1964	1,525	161	889	475	143	332	21.8	69.9
1965	1,633	151	937	545	140	405	24.8	74.3
1966	1,849	148	1,035	666	156	510	27.6	76.6
1967	2,095	150	1,155	790	179	611	29.2	77.3
1968	2,235	140	1,220	875	154	721	32.3	82.4

Source: Louisiana Department of Conservation and U. S. Geological Survey.

Table 7. Production of Natural Gas, Louisiana, 1953-1968
(billion cubic feet)

Year	Total Louisiana	Onshore		Offshore			Percent OCS of:	
		North	South	Total	State	OCS	La. total	Offshore total
1953	1,400	509	836	55	35	20	1.4	36.3
1954	1,465	483	902	80	24	56	3.8	70.0
1955	1,722	486	1,115	121	40	81	4.7	66.9
1956	1,938	519	1,282	137	54	83	4.3	60.5
1957	2,151	525	1,463	163	80	83	3.9	50.9
1958	2,353	513	1,590	250	122	128	5.4	51.2
1959	2,722	541	1,838	343	136	207	7.6	60.3
1960	2,995	541	2,028	426	153	273	9.1	64.0
1961	3,130	526	2,129	475	157	318	10.2	66.9
1962	3,513	565	2,342	606	154	452	12.9	74.6
1963	3,882	596	2,559	727	163	564	14.5	77.6
1964	4,181	602	2,744	835	213	622	14.9	74.5
1965	4,492	559	2,932	1,001	356	645	14.4	64.4
1966	5,148	546	3,247	1,355	390	965	18.7	71.2
1967	5,821	533	3,706	1,582	395	1,187	20.4	75.0
1968	6,493	493	4,012	1,988	462	1,526	23.5	76.8

이외에 다른 5개 主要石油 生産州의 總油井에 對한 1孔當 1日 生産量은 다음과 같다. (1967年 基準)

州	Oil production/well/day Borells
California	24
Kansas	6
new Mexico	23
Oklahoma	8
Wyoming	44

이외 Alaska 州의 경우 새로운 油田으로부터 1968년 동안 하루 平均 1,200 LS/well의 洪水같은 生産이 이루어져 Mexico 灣의 生産記錄을 능가하고 있다.

Louisiana 州과 Texas 州의 生産許容計劃은 off shore 油井에 實質적으로 높은 油의 生産을 許容함으로서 生産者들이 海洋環境에서 油井을 drilling 하는데 들어가는 追加費用을 考慮해 준다. 이러한 追加費用의 許容은 off shore drilling 費用이 on shore의 그것보다 2배가 넘지만 off shore의 探查와 開發을 促進시킨다.

지난 몇년 동안의 예로 볼 때 1975년까지는 Louisiana 州의 off shore 生産이 on shore 生産을 凌駕할 것으로 생각된다.

G) 運 搬

生産物을 海上에서 陸地로 運搬하는 方法에는 두 가지가 있다. 즉 Barge와 Pipe Line으로 運搬된다. 이들 두가지 方法은 모다 일반적으로 off shore에 貯藏施設이 必要하다. Barge로 運搬할 수 있도록 石油를 모으기 爲해서 貯藏탱크가 off shore platform에 設置된다. 이러한 設備을 爲한 構造物 또는 空間을 마련하는데는 상당한 費用이 所要된다.

어떤 경우 oil 貯藏을 爲한 Barge가 石油를 生産하고 있는 Platform 옆에 一列로 맞을 내리고 있으며 Barge가 가득차면 다음것과 交代를 하는 모습을 볼 수 있다. 이 過程은 徹底한 注意를 要한다. 이것은 日氣條件에 左右되며 이것이 closed system이 아니므로 oil pollution의 原因이 될 可能性을 항상 內包하고 있다. 生産 Platform과 Barge는 獨特한 設計로 貯藏設備이 水面위에 있거나 水面 아래에 位置하도록 되

어 있으며 어떤 경우 두가지를 동시에 갖추고 있기도 한다. 海底바닥과 貯藏 Barge 사이를 連結하는 巨大한 直徑의 垂直 pipe도 역시 貯藏 用으로 使用될 수 있다. Barge 속에 貯藏된 Oil과 垂直 Pipe 속의 oil은 海岸으로 輸送하기 爲해서 Tow-Barge에 실을 때 물의 힘에 의해서 밀어낸다.

Barge는 물론 두가지 運送方法중 그리 좋은 方法은 아니지만 海岸으로부터 멀리 떨어져 있거나 深海에 놓여 있는 油田의 경우에 普通 使用되는 方法이다.

Mexico 灣에서 1 Barrel 당 15 Cent의 費用은 Pipe Line에 의한 方法이다 50%가 더 비싸다. 더 많은 貯藏設備이 必要하며 運送도중 가벼운 炭化水素의 蒸發이 생기며 이것은 體積의 減少를 招來한다. 또한 Oil의 運搬計劃은 日氣條件의 影響을 받는다. 그러나 Barge를 사용하면 機動性이 있는 利點이 있다. 즉 Pipeline을 設置하기에는 너무 埋藏量이 적은 地域이나 먼거리 에 位置한 곳으로부터 Oil을 運搬할 수가 있다. 현재 OCS에서 生産되는 全 oil의 20%가 Barge에 의해서 運搬된다. 또한 앞으로 數年內로 이 比率는 減少될 것 같지는 않다. 따라서 管理者들은 계속적으로 Oil의 貯藏問題와 直面하게 될 것이며 Pipe line은 가장 依存度가 높고 經濟的인 運搬方法이라 하겠다. off shore 貯藏所가 最小規模로 減少되며 surge tank 程度만 필요하게 된다. 蒸發損失도 實質적으로 除去되며 作業은 日氣條件과 無關하다. Pipe line 運搬費는 Mexico 灣의 경우 約 10 cent/barrel이며 line의 길이, 크기, 水深, pump, 1일 또는 통과하는 全 oil의 量에만 關係한다. off shore pipeline의 現趨勢는 더 큰 pipe로 改造하려는 傾向이 많으며 이와 함께 施設費도 增加한다.

다음 표 8은 육상과 해상에서의 pipeline의 설치비용이다.

제 8 표

Size of Pipe Line	Cost Per hole(Louisiana)	
	on shore	off shore
12"	\$ 24,000	110,000
16"	48,000	109,000

20"	56,000	165,000
26	107,000	209,000
30"	135,000	430,000

二重의 設備을 避하고 큰 diameter의 Pipeline을 設置하여 여러 生産者들이 共同으로 使用케 함으로서 結果의으로 費用을 切減케 하는 Joint-interest owner ship를 통해서 pipeline 設置費用을 減少시키려는 施圖가 이루어지고 있다.

Louisiana州 off shore 油田으로부터 oil과 Gas를 陸上으로 運搬하는 Pipeline의 길이가 약 2,000 mile이나 된다. 그중 650 mile은 Flow line이다. Flow line은 處理하지 않은 原油를 陸上分離施設로 보내는 pipeline을 말하는 것이다. 가장 긴 Line은 海岸으로부터 70 mile이며 成功的으로 設置돼 있는 最大水深은 約 340 ft이다.

4) OCS 油田에 對한 開發問題

지난 10년간 Continental shelf에 位置한 油田의 oil 및 Gas의 開發과 生産의 급작스런 增加는 몇가지 疑問點을 提起하고 있다. 즉 현재 生産의 急速한 增加 傾向은 어디까지 나갈 것인가 또 얼마나 더 많은 Contintental margin의 石油가 發見되고 開發될 것인가 하는 疑問點이다. 1967年 off shore 油井이 全美國의 oil 및 Gas 生産量의 9% 밖에 아니되지만 1960年以來 off shore 生産이 全美國石油生産量 增加의 25%를 차지했으며 같은 期間에 天然 gas는 22%를 點有하였다는 것은 特記할만한 일이다. Oil과 Gas의 off shore 生産은 1980年代에는 陸上生産보다 더욱 빨리 增加할 것이다. 賃貸契約된 OCS의 1/3 未滿의 區域이 現在 Oil 및 Gas을 生産하고 있다. 즉 현재 生産은 안하고 있으나 能力이 있는 油井이 200여개 있다. 지난 2年동안 19億 \$ 以上이 投資되었으며 그중 大部分이 試驗段階에 있다. 比較的 높은 off shore 天然 gas의 埋藏量 對 生産量 比率(21:1)은 많은 OCS의 gas field가 pipeline connection을 기다리고 있으며 完成된후 生産의 boom을 일으킬 것이다. 그러므로 OCS의 生産量의 着實한 增加는 앞으로 繼續될 것이다.

5) Off SHORE 作業의 技術의 發展

off shore에 있어서의 技術의 進歩는 急速하게 되어 더욱 깊은 바다속을 開發하도록 하였다. 水深은 比較的 얕더라도 海岸으로부터의 距離는 生産된 原油와 gas를 運搬하고 貯藏하는데 重要한 Factor가 된다.

石油探査의 경우 經濟的으로 開發이 可能한 石油賦存이 어떤 地域에 存在하는가를 알기 위해서 여러가지 技術들이 適用되어 왔다. 鑛物探査에서와 마찬가지로 石油探査에서도 地質學 Photogeological mapping과 豫備的 可能性을 보여주는 重力探査, 航空磁力探査, 探査 drilling에 適合한 場所를 提供해줄 수 있는 物理探査(彈性波探査) 石油賦存을 最終的으로 確認하는 唯一한 方法인 drilling 등의 넓은 調査方法을 사용하고 있다. off shore의 경우, Bed rock의 直接的 研究가 거의 不可能하므로 海底의 地形과 水深測量에 音波水深記錄計같은 間接的인 方法에 더 依存하게 된다. 最近 새로운 彈性波探査가 開發됐는데 이것은 從來의 火藥을 爆發시켜 에너지源으로 使用하던 것을 非爆發性物質인 電氣 spark, Boomer, 壓縮空氣 Vibroseis transducer 등을 使用한다.

Mexico灣의 賃貸契約된 數千 Acre의 地域을 探査하고 開發하기 爲하여 石油産業界는 技術과 生産過程 깊은 바다에서 drilling하는데 必要한 裝備等を 開發시켰다. 1971年3月10日 前後하여 開催된 France의 南部都市 Bordeawx에서 海洋資源開發展示會에서는 最新의 海洋에서의 地球物理探査에 使用되는 機械들이 많이 紹介展示되었었다. 또 Houston에 있는 Gulf會社의 物理探査研究所, Dutch의 Haag에 있는 shell會社의 研究所 West Germany의 Hanover에 있는 Prakra 研究所 France에 Paris에 있는 國立石油研究所 等에서는 物探機械의 改良 物理探査 結果解釋方法 等を 調査 研究하고 있으며 굉장한 施設과 수많은 技術人을 採用 驅使하고 있는 實情이다. 그러므로 해마다 改良된 器機具 및 새 方法과 技術이 繼續 나오고 있다.

Mexico灣의 油田 drill 과 油田完了의 初期方法은 木材나 鋼鐵로 derrick 와 drilling Rig 를 支持하도록 建造된 작고 固定된 Platform 과 물 위에 떠있는 tender 로 하여금 作業하는 勞務員들의 宿所를 包含해서 모든 支援材料를 供給하게 하는 것이었다. 海洋바닥에 設置한 Casin 은 Platform 에서 完成된 油井의 外殼을 保護한다. 1950年 以來 이러한 方法은 漸次的으로 移動性的의 물위에 뜨는 Floating Rig 로 代置되었으며 drilling 과 생산작업을 위한 크고 값비싼 platform 을 考案하기 시작했다. 이들 platform 은 鋼鐵, tubular, 水平과 傾斜角의 Braces 에 의해 強化된 垂直 tube 를 통해서 掘鑿된 tubular pilling 으로 構成되었다. 이에 관계된 設計技術者들은 Hurrican 暴風雨에 依해서 惹起될 수 있는 힘에 對備하여 力學的 工學的研究에 土臺를 두고 platform 의 最適強度를 計算하여 보통 8-12 pile 로 設計된 platform 을 設立하여 12~24 개의 油井을 支援할 수 있게 하였다.

이러한 構造物은 Self-contained(Plat form)에

모든 設備가 갖추어진것)이며 tender 가 필요치 않다. 현재 Tower-type 의 建造物이 사용될 수 있는 最終水深은 技術보다는 經濟的인 面에서 除限을 받게된다. 그러므로 continental shelf 밖에서의 油井開發은 發達된 技術에 依存할 수 밖에 없다. 앞서 말한 바와같이 한가지 可能한 方法은 海底 completion 方法이다. (그림 6 참조)

만약 Well Head (俗稱 Christmas tree)가 海底바닥에 있거나 근처에 있으면 流體가 더 얇은 중심의 Platform 으로 移動될 수가 있다. 海底 Well Head 完成은 두개의 Flow Line 과 水力調節線과 Valve 를 가진 tubing 設置基準에 依해서 運轉된다. paraffin 除去, acidizing, squeeze cementing, perforating 등 얇은 水深의 off shore 에서 試驗的 油井作業에서 成功的으로 이뤄졌다. 2" 의 Flowline 이 Well Head 에서 1 mile 가량 떨어진 platform 에 特殊하게 考案 pump down 機具를 使用해서 連結되었다. 여러가지 作業들이 特殊하게 設計된 pump down 機具들을 使用해서 遠距離에서 이루어진다.

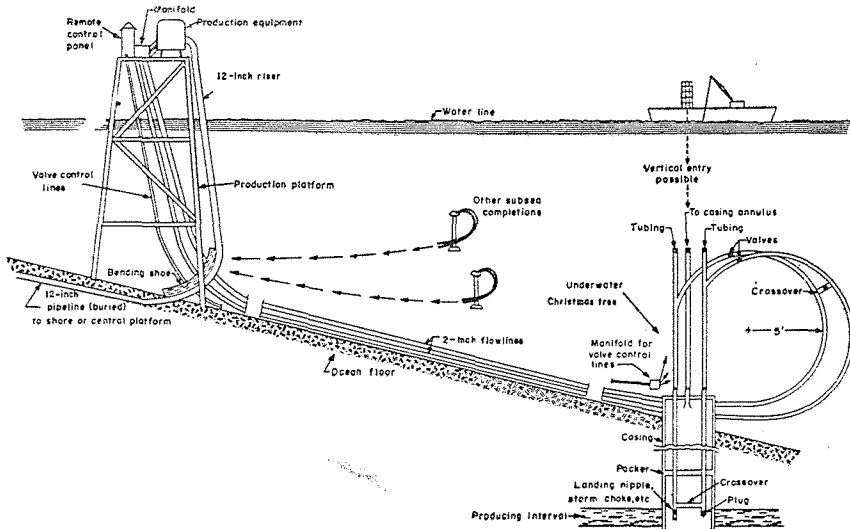


FIGURE 6. Scheme of Subsea Well Completion Operated From a Distant Platform.