

# 石油開發의 과정

金 煥 堉

(韓國石油開發公社·企劃調查部)

## I. 머리말



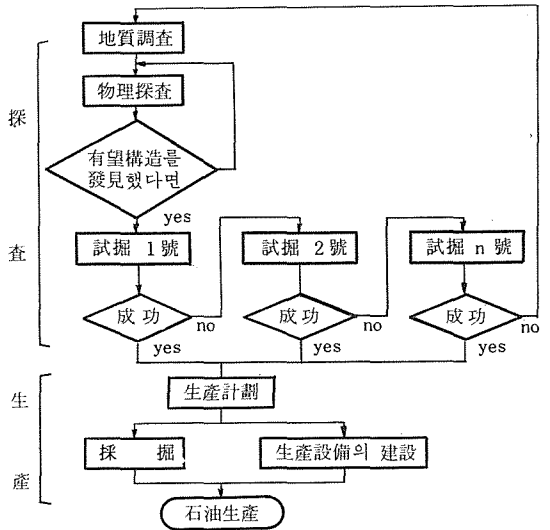
한정된 資源밖에 없는 우리로서는 안정적인 原油供給源의 확보라는 측면에서 海外油田開發 사업의 중요성은 새삼 강조할 필요가 없을 것으로 생각된다.

것으로 생각된다.

최근 國內企業의 海外油田開發 사업 진출이 활발해 지면서 부터 이에 대한 일반인의 관심도 한층 높아지고 있다. 이런 의미에서 일반인을 위해 石油開發의 과정을 개략적으로 살펴보는 것도 중요하다 하겠다.

석유가 생산되기까지는 무수한 절차를 거치게 되나, 중요한 일은 지하에 있는 石油를 발견해 내는 것과 발견한 石油를 지상으로 캐내는 일이다. 즉 石油開發은 探査단계와 開發(生産) 단계로 구분된다. 이 과정을 요약하면 아래와 같다.

〈石油開發의 순서〉



## II. 石油探査

油田이 성립하기 위해서는 일반적으로 有機物을 함유한 堆積岩의 발달이 있어야하고 背斜構造가 발달해야 하는 등 특수한 지질구조가 형성되어 있어야 한다. 그러나 이와 같은 조건을 완전히 구비하고 있는 장소를 찾아내는 데에는 고도의 기술과 노력이 필요하다.

石油探査는 보통 地質調查→物理探査→試錐의

順으로 이루어진다. 地質調査 및 物理探査는 광범위한 지역에서 개략적인 조사를 위한 것이고, 시추는 적은 범위 내에서 縱的으로 구체적인 결과를 얻기 위한 것이다.

## 1. 地質調査

石油探査의 첫 단계인 지질조사에는 지표지질조사를 비롯 航空写真地質調査, 고생물조사, 岩石學調査, 地化學調査, 불링調査 등의 방법이 있다.

地表地質調査는 지표에서 지질, 지층의 경사, 斷層, 지질구조등을 조사하는 방법으로서 조사결과를 地質圖로서 표시되고 동시에 斷面圖가 작성된다. 物理探査 기술이 발달하기 이전에는 이 방법이 油田 발견의 유일한 것이었다. 항공사진지질조사는 항공기에서 촬영한 사진을 이용하여 지질 및 地質構造를 조사하는 방법으로 광범위한 지역, 특히 교통이 불편한 지역의 지질을 개략적으로 조사하는데 사용되고 있다. 최근에는 이 방법에 의한 조사기술이 발달하여 상당히 정밀도가 높은 조사결과를 얻고 있다.

이밖에도 지층 속에 포함된 古生物, 즉 化石을 조사함으로써 지층의 地質時代를 판단하는 고생물조사, 岩石의 물리적 성질이나 岩石中の 鉱物組織을 조사하는 岩石學調査, 지층, 물, 炭火水素 등의 試料를 화학적으로 精密分析하여 그 결과를 석유의 成因, 석유의 존재 가능성과 결부시켜 조사하는 地化學調査, 풍화작용을 심하게 받아 지표의 지질조사가 불가능한 경우 수십개 정도 불링을 하여 조사하는 불링조사가 있다. 이 조사방법들은 보통 地表地質調査와 동시에 실시되고 있으며 불링조사는 아주 특수한 경우에만 실시되고 있다.

과거에는 탐사대상 深度가 지표로부터 수십m 이내이었기 때문에 이같은 방법의 地質調査만으로도 背斜構造의 발견이 가능하였다.

## 2. 物理探査

그러나 현재는 탐사대상 深度가 수천m에 이르고 있을 뿐 아니라, 海底의 석유개발 문제도 있기 때문에 지표의 지질조사만으로 背斜構造를 발견한다는 것은 어려운 일이 되어 버렸다. 그래서 최근에

는 물리탐사와 시추에서 얻어지는 정보를 합하여 油田 존재에 관한 石油地質學的 판단을 하고 있다.

물리탐사에도 磁力探査, 重力探査, 彈性波探査 등의 방법이 있다. 이들은 조사지역의 조건에 따라 달리 사용되지만 보통 磁力探査를 실시하여 堆積盆地的 분포상태, 基盤岩層의 深度분포등을 파악한 뒤 이어서 動力探査를 실시, 堆積盆地的 형태 및 규모, 堆積層의 발달방향을 알아내며, 시추위치를 선정하기 위하여 彈性波深査를 실시하고 있다.

자력탐사는 지층의 磁性을 측정함으로써 지하의 상태를 파악하는 방법인데 地層이 磁性을 띠는 이유는 주로 지층 속에 포함되어 있는 磁鐵鉱 때문이다. 이 磁鐵鉱은 火成岩에는 많이 포함되어 있으나 퇴적암에는 전혀 없거나 극히 약한 상태이다. 자력탐사는 항공기에 磁力計를 적재하거나 선박으로 磁力計를 曳航하여 실시한다.

重力探査는 물질간의 인력은 질량에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하는 원리를 응용한 방법이다. 즉 배사구조가 있는 곳에서는 지하 깊이가 있던 지층이 얕은 곳으로 올라왔기 때문에 중력이 커지며, 또한 火成岩이나 基盤岩이 지표 부근에 있을 때에는 重力이 커진다.

탄성파탐사는 지표에서 다이내마이트의 폭발 등 기타의 방법으로 인공지진을 발생시켜 이 震波가 지하에 있는 성질이 다른 지층에 닿아 반사, 또는 굴절되어 되돌아 오는 波를 받아 지질구조를 파악하는 방법이다. 地震計와 電流計를 이용하면 震動으로부터 受震까지 소요되는 시간이 波形으로 기록되는데 이를 근거로 地下地層구조에 대한 정보를 얻게 되는 것이다. 지층내부에 전달되는 彈性波에는 縱波(P波)와 橫波(S波)가 있으나 彈性波探査에서는 주로 종파가 사용되고 있다. 현재 탄성파탐사는 결과가 정확하므로 물리탐사 방법중 가장 많이 사용되고 있다. 彈性波탐사의 震源에는 여러 가지가 있으나, 최근에는 다이내마이트를 사용하지 않는 非폭약법이 많이 사용되고 있다. 특히 해양탐사에서는 다이내마이트의 사용이 수산업에 방해가 되기 때문에 지금은 전부 비폭약법을 사용하고 있다. 해상에서 사용하고 있는 비폭약법에는 船上에서 140기압으로 압축한 공기를 Air Gun 으

로 순간적으로 방출하여 이때 발생하는 진동을 이용하는 Air Gun법을 비롯, 프로판가스와 산소의 혼합가스를 넣은 고무주머니를 폭발시켜 고무주머니의 압력파를 이용하는 혼합가스 폭발법(Aguapulse法), 水中의 電極사이 에 1만 볼트의 전압을 건 다음 그것을 放電하는 전기방전법(Sparker法) 등이 있다.

### 3. 試 錐

물리탐사 기술이 아무리 발달하였다 하여도 그 방법들은 모두 지표로부터 추정하는 방법이므로 지하의 석유부존 여부를 직접 확인할 수는 없다. 즉 물리탐사에 의하여 背斜構造가 추정되면 추정된 有力部分에 대하여 시추로써 石油의 存在를 確認하게 된다.

試錐는 과거에 鐵製케이블을 상하로 작동함으로써 비트가 암석을 파괴시키며 굴진하는 케이블 톨 굴착(Cable Tool Drilling)방식이 사용되었으나, 이 방식은 굴착 시간이 많이 걸리며 약 700m의 깊이 밖에 굴착이 불가능해 최근에는 모두 회전식 굴착(Rotary Drilling) 방식을 사용하고 있다.

시추는 많은 작용의 집합으로 이루어지는데 암석의 破碎, 岩片의 제거, 지층의 붕괴방지, 압력유지등이 기본적인 것이다. 岩石의 破碎는 비트에 의해서 이루어지는데 지층의 종류와 작업의 종류에 따라서 비트의 종류도 달라진다. 현재 사용되고 있는 비트는 Blade Bit, Cone Bit, Diamond Bit 세 가지가 있는데 Cone Bit가 가장 많이 사용되고 있는 표준비트이다. 이와 같이 비트가 岩石을 破碎시키면 岩片은 井戸內에 남게 된다. 로타리 굴착의 경우 비트는 일반적으로 40~200rpm으로 회전되는데 이 때에 파괴된 암석을 속히 제거하지 않으면 비트는 파괴된 암석을 더욱 잘게 부수는 헛된 작업을 하게 된다. 이같은 현상을 방지하고 계속 굴착하기 위해서는 비트를 통해 유체를 순환시켜야 한다. 유체로는 보통 泥水를 사용하나 地層에 따라 물을 사용하는 경우도 있다. 泥水가 Drill Pipe를 통해 비트까지 보내지게 되면 비트를 통해 나온 泥水는 비트 주위에 있는 岩片과 함께 Drill Pipe, 외측(Annulus)으로 상승하여 지표에 도달한다. 이것의 연속작용으로 암편이 제거되는 것이다.

한편 시추 과정에서 만나게 되는 岩石中에는 構成粒子의 결합이 강한 화성암이 있는가 하면 풍화 작용으로 原岩에서 분리, 여러 종류의 생물유해와 쌓여서 형성된 구성입자가 약한 퇴적암이 있다. 그러므로 비트로 岩石을 굴착할 때 화성암에서는 지층이 붕괴되는 일이 없지만, 퇴적암에서는 붕괴되기 쉽다. 이 붕괴 방지 작용 역시 이수가 해준다. 이수는 굴착된 地層面에 얇은 벽을 만들어 붕괴를 방지하게 되는데 지층에 따라 이수의 物理·化學의 성질을 조절시켜야 이 기능이 가능하다.

또한 지층중에는 고압유체가 존재하는 경우가 있다. 이 때의 壓力은 井戸內의 비트에서 나오는 壓力보다 크므로 流体가 井戸의 이수중에 흘러들어 가 지표까지 분출하게 되는데 만일 그것이 가연성 유체라면은 화재의 위험까지 발생하게 된다. 이와 반대로 지층의 壓力이 아주 낮을 경우에는 이수가 지층中으로 흘러들어 井戸內의 이수량이 줄어들게 된다. 즉 이수의 지층붕괴 방지작용을 약하게 해준다. 따라서 이수는 이같은 상황을 조절할 수 있는 능력을 가져야 하는데 이것도 이수의 比重을 조절함으로써 가능하다. 이상 설명한 시추의 기본적인 작용을 요약하면 아래와 같다.

〈掘鑿에 必要한 基本的 要素〉

分 類	必要한 作用	處 理 方 法
動的作用	岩石의 破壞 岩片의 除去	비트에 回轉力을 附與한다. 流体를 循環한다.
靜的作用	地層의 崩壞防止 井戸內에 必要한 壓力 維持	泥水의 物理, 化學的性質을 調節한다. 泥水의 比重 및 逸水性을 調節한다.

이와같은 試錐를 위해서는 기계적인 장치가 필요하다. 보통 굴착장치의 일체를 리그라고 하는데 기본적인 구성장치는 데릭크(Derrick), 掘鑿軸(Drill String), 昇降裝置(Hoisting System), 순환장치(Circulating System), 動力(Power), 噴出防止裝置(Blowout Preventer) 등이다.

데릭크는 리그중 눈에 가장 띄는 것으로 석유개발의 상징으로 표현되고 있다. 시추는 데릭크를 중심으로 행하여지며, 시추의 깊이가 깊으면 깊을수록 이 데릭크의 높이도 높아 진다. 데릭크는 Sub-

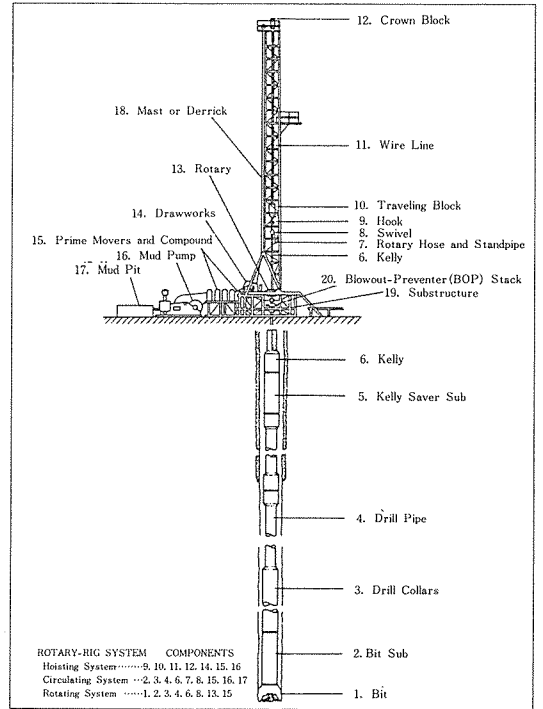
(리그의 構成裝置)

structure 위에 장치되어 있으면서 승강장치와 굴착축을 지탱시켜 준다. 승강장치는 Drawworks, Crown Block, Wire Line, Traveling Block, Hook 로 구성되어 굴착축(Drill String)과 연결되어 있으면서 發動機의 힘으로 Drill String의 상하운동을 시켜 준다. 굴착축(Drill String)은 Kelly, Drill Pipe, Drill Collar로 구성되어 있다. Kelly는 12 m의 길이에 정방형 또는 정육각형의 철관으로 되어 있으며, 斷面의 중앙에는 円形의 구멍이 있어 泥水가 통과하게 되어 있다. Kelly의 하단에는 수천m의 Drill Pipe가 접속되며 그 밑에는 Drill Collar, 비트의 순으로 연결된다. Drill Collar는 비트의 하중을 받아들여야 하기 때문에 重量이 상당히 무겁다. 굴착축의 기본 기능은 시추정 내에 비트를 내려 목표 지점까지 굴착을 진행하는 것이지만, 이수를 井戸内로 투입시키는 작용도 해주고 있다.

순환장치는 이수를 井戸内로 보내고 井戸内에서 岩片 및 가스등을 제거하며 地表로 나온 이수를 물리적 및 화학적 성질을 조절한 후 다시 井戸内로 주입시키는 일련의 기계적 장치이다. 이 장치에는 펌프와 이수처리 장치가 있다. 이수를 순환시키는 주요 목적은 井戸의 内部를 청결하게 하고 비트를 냉각시키며 井戸内의 破碎物을 지표면으로 이동시키고 井戸의 붕괴를 방지하는데 있다.

이 밖에도 리그에는 動力과 噴出방지장치(Blowout Preventer)가 있다. 動力은 승강용과 이수 순환용으로 사용되며 분출방지장치는 지하로부터 분출하는 高压流体 및 가스를 차단하는 밸브의 역할을 하며, 리그의 안전을 위하여 제일 먼저 신경을 쓰는 장치이다.

이와 같이 시추정은 리그에 의하여 굴착된다. 그러나 시추과정에는 Casing이라는 것이 있다. 井戸의 심도가 3000~5000m인 경우에는 지표 가까이 있는 地層은 아무리 이수가 붕괴 방지 작용을 해준다 해도 붕괴되기 쉬우므로 지표로부터 100~300m까지는 케이싱을 삽입시켜 지층의 붕괴를 방지하는 일이다. 井戸가 시추정이나 개발정이나에 따라 Casing에는 큰 차이가 있는데 시추정의 경우에는 지하의 상태를 모르므로 많은 케이싱을 하며, 생산정의 경우에는 지하의 상태를 알고 있는 상태이므로 경제적인 이유로 필요한 최소한의 케이싱을



사용한다. 케이싱의 목적은 지층붕괴 방지 이외에도 流体의 압력유지 목적도 있다. 즉 심도가 깊을수록 발생하기 쉬운 異常高压層에서도 케이싱을 사용한다.

#### 4. 地層調査

試錐의 목적은 지하 지층상태의 조사 및 석유발견에 있기 때문에 매우 중요하며 시추는 여러종류의 지층조사에 의하여 평가된다. 油田개발에 있어 탐사관계로부터 생산단계로 착수할 것인가는 이 지층조사에서 획득한 자료에 의하여 결정된다.

지층조사에는 여러 가지 방법이 있다. 시추암편(Cuttings) 및 시추암심(Cokes)를 분석하여 평가하는 지질학적 분석과 이수로 추출된 가스의 화학적 분석으로 井戸内의 탄화수소량과 성분을 추정하는 이수검층(Mud Logging), Casing을 설치하기 전 일시적으로 井戸의 일정구간을 차단하여 그 지층내의 유체형태와 量 그리고 저류층의 압력에 관한 정보를 수집하는 Drill Stem Tests (DST), 물리적 성질을 측정하고 기록하기 위해 개발된 특수장치로

검층하는 物理검층(Wireline Well Logs), 방사선을 지층에 방출하여 그 결과 발생하는 지층의 물리, 화학적 변화를 측정하는 방사능검층(Radioactivity Logs) 등이 그것이다.

이 지층검사로서 석유의 탐사단계는 일단락된다.

### Ⅲ. 석유생산

탐사가 끝나고 油田이 발견되면 그 油田의 개발 계획이 결정된다. 구체적이고 치밀한 계획이 세워지고 경비가 산정된 후 생산된 석유의 판매 수입을 계산하여 利益을 얻을 수 있다고 판단되게 되면 개발계획이 실천으로 옮겨지게 된다.

석유개발 계획은 油田개발의 방법을 구체적으로 계획하는 것과 함께 경제성을 검토하기 위해 행하여 진다. 탐사단계로부터 생산단계로 옮기기 위해서는 油田개발이 경제적으로 이익이 되는 것이 명확하지 않으면 안된다. 이 때문에 油田의 가채매장량과 원유가격으로 收入을 명확하게 하고 油田開發에 필요한 설비를 見積하여 지출을 명확히 한 후에 양자를 비교하여 이익이 있는 경우에만 探查段階로부터 생산단계로 옮겨진다.

可採埋藏量の 算定에는 油層의 물리적 성질에 관한 測定記錄이 필요하다. 그러나 探查단계에서 반드시 신뢰할 수 있는 데이터를 입수하기는 어렵다. 이런 경우에는 비슷한 조건의 油層의 기록을 참고로 하여 지식을 보충하지 않을 수 없다. 즉 이 부분에서는 기술자의 경험이 절대 필요하다.

정확한 지출은 상세한 개발계획에 의해 구하여 진다. 그래서 개발계획은 가능한 한 상세히 수립해서 各項目마다 경비를 算定한다. 油田의 개발계획을 세울 경우에 전제가 되는 것은 첫째 자연조건이다. 즉 가채매장량, 油層의 深度, 油層의 성질, 油田의 위치, 해양유전일 경우 水深 및 육지로부터의 거리등이 油田의 개발에 직접적인 영향을 준다. 가채매장량은 직접적인 수입원이 되는 것이므로 특히 정확하게 算定하여야 한다. 油層이 깊으면 깊을수록 개발비가 상승하기 때문에 油層의 深度는 중요한 항목으로 되며, 다음에 큰 영향을 주는 것은 油層의 물리적 성질이다. 油層이 두꺼우며 浸透率이 높을수록 필요한 井戶數가 적게 되므로 경제적으로 유리하다. 油田의 입지조건도 중요

한 항목이다. 油田의 개발을 위하여는 자재의 運搬때문에 교통사정이 관계되므로 그 위치는 개발비에 관계되며 해상에는 말할 것도 없다. 즉 해양에서는 육지로 부터의 거리가 큰 영향을 주며 더우기 바다가 깊을수록 개발비가 가속도로 증가한다.

두번째는 회사의 경영방침이다. 이 중에서 가장 중요한 것은 개발에 대한 投資額과 개발기간이다. 이 양자는 서로 영향을 주고 있다. 投資를 하는 경우에 몇년 후에 최대의 이익이 있도록 하는가를 계획하는 것이며 이것은 바로 개발기간에 직결된다. 즉 이익이 발생하는 조건하에서 투자액을 가능한 한 적게하여 개발기간을 길게하는 경우가 있고, 단기간 내에 가능한한 이익을 높이기 위해 開發投資額을 늘려 개발규모를 크게 하는 경우가 있다.

자연조건과 회사의 경영방침에 따라 개발계획이 확정되면 굴착해야할 생산정의 수가 결정된다. 이는 곧 직접적인 생산규모를 결정하는 것이다. 생산정 굴착은 시추정 굴착의 목적과는 굉장히 다르다. 시추정 굴착은 地層調査가 중요한 목적으로 되지만, 생산정 굴착은 石油生産에 대하여 가장 좋은 상태를 만들어 내는 것을 목적으로 하는데 이를 위하여서는 시간과 돈과 노력을 아껴서는 안된다.

이를 위해서는 먼저 케이싱 프로그램을 결정하고 작업일부를 산정한다. 개발규모에 대한 리그의 성능과 수를 결정하여 필요한 작업인원을 준비한다. 다음에 케이싱, 이수재료, 비트, 시멘트 등의 자재에 대해서 계획한다. 특히 심해유전개발에 있어서는 Platform의 건설에 높은 비용과 긴 시간을 필요로 함으로 이에 대한 계획도 빨리 행하여야 한다.

생산의 기본방침은 지층의 에너지(壓力)를 가장 유효하게 이용하여, 가능한한 多量의 石油를 경제적으로 지하로부터 지상으로 끌어내는 것이다. 즉 지층의 에너지만으로 설치를 생산하는 1대 회수로 가능한한 많은 석유를 생산하여야 한다. 예전에는 지층의 에너지가 적게 됨으로서 人工的인 에너지를 가하여 석유를 생산하는 2次 회수로 옮겨졌지만, 현재는 에너지가 충분하게 있을때 부터 지층에 에너지를 가하여 석유의 회수율을 높이는 일이 행하여 진다. 그래서 생산계획을 세울 경우에는 1차회수 뿐만 아니라 2차회수에 대해서도 同時에 計劃하여야 한다.

필요한 생산설비로는 생산정, 분리계량장치, 기

타의 장치가 필요하다.

생산장이 생산설비중에서 가장 중요한 것이라는 것은 말할 것도 없다. 이것은 地上에 있는 部分 즉 케이싱, 유딩 및 그 부속설비의 2個 部分으로 나누어 진다. 단 케이싱은 보통 굴착단계에서 계획한다. 갱구장치는 최고 압력을 충분히 지탱할 수 있어야 한다.

분리, 계량장치는 生産된 油体를 원유와 가스 그리고 물로 分離하여 計量, 油田내의 저장 탱크로 보내지는 일련의 장치다. 최근에는 이들의 장치가 자동적으로 조작되는 곳이 많다.

기타장치로 가장 눈에 띄는 것이 저장탱크이며

넓은 단지를 필요로 한다. 가스처리장치, Emulsial 처리장치, 창고, 사무소들이 있다. 海洋油田에 있어서는 생산설비는 모두 Platform에 세워진다. 필요한 設備는 海洋과 陸地가 큰 差異가 없지만 海洋에서는 陸上 기지를 필요로 한다. 그래서 바다와 육지의 연락을 위하여 헬기가 사용되지 않으면 안된다. 생산된 석유의 운반은 陸上에서는 파이프라인이 원칙적으로 사용된다. 海洋油田의 경우에는 陸地로 부터의 거리, 날씨, 유전조건 등에 의해 파이프라인을 사용하는 경우와 油田에서 직접 유조선에 저장되는 일도 있으나, 파이프라인을 사용하는 경우가 더욱 많다. \*

□ 石油市場動向 □

## 세계탱커船渡 2억 7천만톤 6개월간 引渡 230만톤·減船 960만톤

세계탱커船隊(1만dwt 이상 상선·잡선·官有선박 포함)는 올 상반기 중 59척 690만dwt의 감소를 기록, 6월말 현재 3,056척 2억 7,630만dwt에 머물러 있다고 선박브로커 John I. Jacobs가 상반기 보고서를 통해 밝혔다.

國別로는 리베리아가 7,400만dwt(589척)로 여전히 선두를 고수하고 있으며, 日本 2,570만dwt(185척), 그리스 2,060만dwt(242척), 노르웨이 1,740만dwt(136척), 美國 1,610만dwt(281척), 파나마 1,510만dwt(207척) 등의 순으로 많은 선박을 보유하고 있다.

이 기간 중 완공, 船主에게 인도된 선박은 35척 230만 dwt로 83년 하반기보다 척수는 2척 적었으나, 톤수는 70만dwt가 많았다.

6월말 현재 탱커受注殘量은 210척 1,000만dwt로(83년말 206척 1,040만dwt) 54척(216만dwt)이 금년 인도예정이며, 85년이 100척(500만dwt), 86년은 48척(240만dwt)이며 87년은 8척(40만 1,000dwt)으로 되어 있다.

상반기 중 새로 發注된 탱커선복량은 83년 하반기보다 21척 140만dwt 줄어든 42척 200만dwt로 日本이 15척 80만dwt를 수주했으며 덴마크와 유고가 각각 10만dwt(5척)와 50만dwt(5척)를 계약했다.

1~6월 중 船隊에서 물러난 탱커선복은 解体·改造·기타사유를 포함, 모두 103척 960만dwt에 달했다. 이는 83년 하반기보다 7척 100만dwt가 적은 양이다.

한편 세계 겸용선대는 83년말의 344척 3,950만 dwt에서 6월말에는 337척 3,840만dwt로 역시 減少를 기록했다. 6월말 현재 受注殘量은 금년인도분 8척(63만dwt), 85년 인도 9척(53만dwt), 86년 인도 4척(41만dwt), 87년 4척(52만 8천dwt)을 포함 총 25척 210만dwt에 머물러 있다.

반면 LPG(액화석유가스) 船隊는 6개월 전의 158척 690만m<sup>3</sup>에서 6월에는 159척 700만m<sup>3</sup>로 약간 늘어났다. 6월말 현재 受注殘量은 9척 49만 m<sup>3</sup>이다. <주간 해운정보>