

# 세계최초의 LPG/Condensate 복합 FSO

Offshore Project가 Market에 나와 Firm 발주에 이르기까지 조선소 Project 참여자들에게는 참으로 긴 인내가 요구된다. 때로는 금방이라도 발주가 될 것처럼 하다가도 국제유가의 움직임에 따라서 또는 투자처의 이해관계에 따라 수년간을 끌면서 Project 자체가 진행되다가 중단되기를 반복하곤 한다.

당사로서는 본 Phillips Australia의 Bayu-Undan Gas Recycling Project가 1996년에 시동되어 2000년 6월에야 발주를 결정, 장기간 지속되어 온 대표적인 Project 이다.

Bayu-Undan Field는 호주 북부와 동티모르 사이의 수심 약 80m에 위치한 Condensate와 LPG가 공존하는 Gas전으로 Blocks 91-13 과 91-12,

호주 Darwin에서 약 500 km 떨어진 인도네시아와 호주간 공동관리 구역 (Zone of Cooperation between Indonesia and Australia) 에 위치하고 있고, 관할 관청인 ZOCA(Zone of Cooperation)에의해 별도 관리되고 있는 구역이다.

Bayu-Undan Gas Recycling Project는 1기의 Wellhead Platform(BU-WP), 1기 의 Compression, Utilities & Quarters Platform(BU-CUQ)과 1기의 Drilling, Production & Processing Platform(BU-DPP) 및 LPG와 Condensate를 동시에 저장, 운용이 가능한 복합 FSO로 구성된다.

해저 가스전에서는 Propane, Butane & Condensate 모두가 Gas 상태로 보존되어 있지만, 채굴되어 대기하에서



송 영 식

· 1957년 9월 27일생  
 · 인하대학교(조선공학) / KAIST MBA  
 · 현 재 : ㈜삼성중공업 기술영업팀 부장, Project Manager  
 · 연락처 : 055-630-3345  
 · E-Mail : shisong@samsung.co.kr

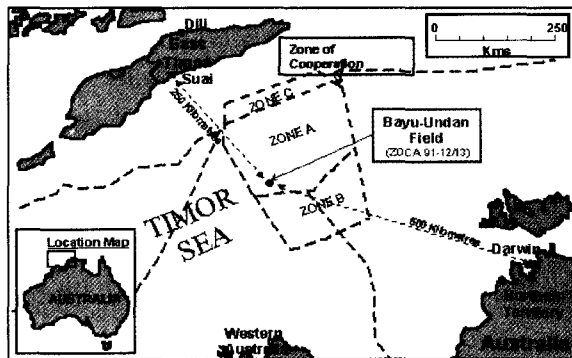


그림 1. Bayu-Undan Field 개요



그림 2. Bayu-Undan Field Configuration

는 액체상태로 변하는 것이 Condensate (S.G : 0.73 t/m<sup>3</sup>) 이다.

FSO는 Condensate를 130,000 m<sup>3</sup>, Butane 47,000 m<sup>3</sup> 그리고 Propane 48,000 m<sup>3</sup>의 저장 능력이 요구되는데, 이는 Production Platform으로부터 Condensate가 시간당 460 m<sup>3</sup>, Butane 133 m<sup>3</sup>, Propane 155 m<sup>3</sup>를 중단없이 공급 받아, Offloading 없이도 최장 11일간 생산량을 저장할 수 있는 능력이며, Field의 Weather Condition에 따라 Shuttle Tanker가 접안 불가능한 경우를 충분히 고려한 결과이다. 통상의 Offloading Interval은 7일 간격으로 계획되어 있어 4일간의 Spare 저장용량을 갖게 되며, LPG와 Condensate의 Offloading은 동시에 일어나지 않고 Condensate

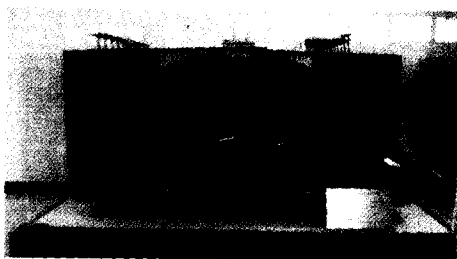


그림 3. FSO의 Tank 단면의 모형도

는 Stern Tandem으로, LPG는 Starboard side로의 Ship to Ship Berthing으로 이루어진다.

이러한 Gas전의 채굴량을 고려하면 LPG FSO(95,000 m<sup>3</sup>)와 Condensate FSO (130,000 m<sup>3</sup>)를 별도로 구비하기에는 투자금액의 부담이 따르

고, 따라서 1척의 FSO내에 2가지 Cargo를 복합적으로 저장 운용하는 아이디어에 이르게 되었던 것이다. 하지만, IGC에 의하면 어떠한 Oil tank도 LPG Cargo Hold와 인접하는 경우는 별도의 Cofferdam을 설치하든지 A-60 insulation을 구비토록 요구되고 있다. 이는 어쩌면 복합 FSO를 구비하는데, 가장 큰 Cost 유발 요인과 경제적 Field 개발에 저해되는 요인이기도 하다.

LPG Offshore Unit는 IGC적용이 강제사항이 아니지만, 단지 Offshore 저장설비에 대한 법규가 따로 존재하지 않기 때문에 대개의 Owner는 해사 Rule(IGC, SOLAS, etc)을 Reference로 적용하고 있다. 따라서, 본선에서는 별도의 권위있는 기관으로부터 위험성 평가를 거치고 부가적인 Instrument 등 안전장치를 갖춘 다음에야 Single Steel Bulkhead의 적용에 대한 Class의 승인을 득할 수가 있었고, 세계 최초로 복합 FSO의 경제적인 Tank 배치를 실현하게 되

었으며, 이는 향후 이와 같은 복합 개념 FSO의 설비 기준으로 자리잡게 될 것으로 기대된다.

본 LPG/Condensate 복합FSO는 APL(Advanced Production & Loading A.S in Norway)이 125 year return period extreme storm conditions에 견딜 수 있도록 설계/제작하는 STL(Sub-merged Turret Loading)에 의해 Bayu-Undan Field에 Permanently Mooring되며 선주사인 Phillips가 별도로 발주하여 공급하게 된다.

따라서 STL의 Four(4) Risers (Condensate, Propane, Butane & Fuel gas line)와 8개의 Mooring chain으로 구성된 Buoy를 수용할 수 있는 Receiving Cone과 Swivel stack을 갖출 수 있도록 직경 약 10m의 대형 Moonpool Compartment가 선수부의 Machinery room과 Cargo tank area 사이에 배치되는데, 여느 특수선과 마찬가지로 OFE(Owner Furnished Equipment)는 Yard가 이를 설치하고 제반 Interface work을 수행해야 하므로 OFE에 대한 System을 사전에 면밀히 파악하고, Interface에 수반되는 관련 부문에 대한 Yard의 work scope을 명확히 해야 하는 것은 본선의 제약 및 성공적인 건조를 위해 무엇보다 중요한 과정이 될 것이다.

본선에는 상호 다른 특성의 두 종류 Cargo가 공존하는 터라 LPG Cargo를 위해서는 IGC에 따라서 그리고 Condensate cargo를 위해서는

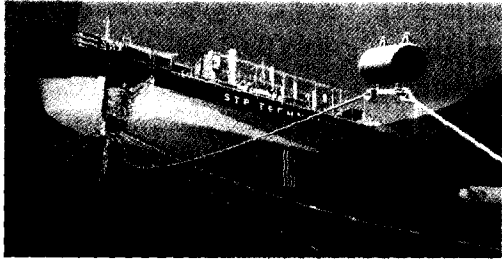


그림 4. 본선에 장착되는 STL과 유사한 STP (Submerged Turret Production)

MARPOL 및 SOLAS를 적용해야 하는 바, 둘 다 만족하는 Fire Fighting System이 필요하고, 따라서 그 구성이 매우 복잡함과 동시에 대다수 Offshore 설비들이 그러하듯 High Standard가 적용되고 있다.

기본적으로 Two(2) diesel engine driven fire pumps를 비롯, Ring main water and foam system, Fire detection에 의해 Automatic으로 Activating하는 foam/water deluge, foam/water monitors, dry powder system, water mist system 및 Inergen gas system 등과 화재 확산을 방지하고 화재로 인한 주요 설비의 붕괴를 예방코자 광범위한 PFP(Passive Fire Protection) 설비를 갖추고 있는 바, 고도의 HSE 설비를 구비했음이 본선의 주된 특징이라 할 수 있다.

이 해역의 해수온도는 아주 높은 편이어서 모든 Sea water Service

System, 특히 Sea water line과 Weather exposed area의 fitting은 Corrosion에 대비한 Material 선정에 지대한 관심과 주의가 요구되어 지기도 한다.

Marine Production

System 하에서 Offshore 설비인 F(P)SO를 건조 생산하기 위해서는 Offshore 설비에 통상적으로 적용되는 Marine System과는 전혀 다른 Design Codes나 QA system, Documentation, 공정관리등에서 예외적 용을 미리 양해 받지 않으면 이로 인해 Yard 전반적인 생산의 차질을 초래할 수 있는 것이 FSO 또는 FPSO와 같은 선박형태의 Offshore Unit이다. 필자는 이러한 Offshore성 Project를 수행함에 있어서 내부적으로나 대선주에게나 늘 이점을 강조하고 있다. 왜냐하면, 대부분의 F(P)SO Project들이 Oil Major의 순수 Offshore system에 익숙한 Engineer들이 관여하고 있어서, Dock slot을 중심으로 한 Flow production 개념으로 선박을 건조하는 조선소 system을 이해 하지 못하고 Offshore standard의 적용을 집

요하게 주장하고 있기 때문이다.

특히, Offshore 분야와 Marine분야에서의 Engineering 형태는 많은 차이가 있다. 가장 대표적인 예로 Marine분야에서는 오랜 경험과 실적에 의해 System별 Check list 및 누적된 경험치에 의해 Friction Loss 등을 산정 관 계통의 size나 Pump의 Head등을 결정하게 되지만, Offshore Oriented 선주측에서는 이 모든 것을 Document로써 Verify해 주기를 기대한다.

따라서, 조선소 관계자로서는 Marine Production System하에서, 이를 설계/건조함에 있어서 계약 이전에 선주를 잘 설득시켜서 Marine 설계 및 생산 system에 부합되도록 사양Base를 명확히 해야 함이 무엇보다도 중요한 일이라 하겠다.

Bayu-Undan 복합 FSO는 세계 처음으로 접하는 개발 Project인 만큼, 주요 미경험 부문에 있어서는 System의 Concept만 설정한 채 발주 계약을 체결하였고, 따라서 당사가 전혀 경험해보지 못한 시스템의 기본설계를 진행한다는 것은 곧바로 개발과정인 셈이었다. 이 과정에서 System을 구체화하기 까지는 Cost가 개입되기에 선주와의 이해관계 및 예산관계로 인해 담당자 모두는

표 1. Sea Water Temperature in Bayu-Undan Field

Sea Water Temperature (° C)	Summer			Winter		
	mean	max.	min.	mean	max.	min.
Near surface	30	32	28	28	31	26
Mid depth	28	31	24	27	30	25
Near bottom	22	24	19	23	27	19

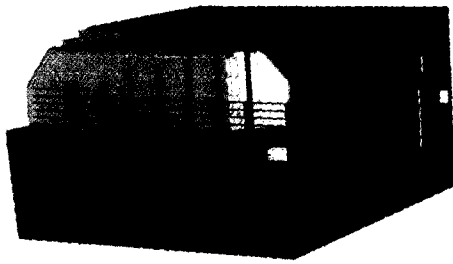


그림 5. Onboard LPG Hold내에서의 방열 시공 개념도

대선주와의 유연한 협상능력이 요구되고, 예산관리에 초긴장이 요구되기도 하며, 이러한 사안을 통합하고 총괄해서 대선주 대응을 Lead해 나가야 하는 PM(Project Manager)의 역할은 무엇보다 중요한 일임을 강조하고자 한다.

금년 11월 LPG Tank의 Steel Cutting을 시작으로 생산에 착수하게 될 본선의 개발과정에서 당사가 특히 많은 노력을 투입하여 개선하고 적용한 몇 가지 특기할 만한 요소기술을 소개하고자 한다.

#### On-deck LPG Refrigeration and Re-liquefaction Modules

기존의 LPG 운반선의 대다수 On-deck LPG 재액화 장치는 Machinery Room 을 갖는 폐쇄형이다. 하지만, Offshore설비로서는 기기가 쉽없이 가동되어야 하고, 동시에 주야간 24시간을 Operator들이 빈번히 드나들어야 하는 구역이다. 이를 폐쇄형으로 한다는 것은 안전상 그 관리가 어렵고 또한 운영상

번거롭다는 것이 선주의 입장이었고, 당사에서는 LPG Refrigeration Module 과 더불어서 Marine 분야에서는 처음으로 개방형을 채택했다.

#### Foam in-Situ 방식의 LPG Tank 방열시공

기존의 Tank 방열시공이 Panel방식이던 Foam injection 방식이던 옥내공장에서 先시공하여 탑재하던 방식에서 탈피하고 탱크 탑재후 Hold내에서 시공 하는 Foam in-Situ Method를 채택했다. 이는 설계와 생산의 각 부문에서 참여하는 별도의 Task Force를 구성하고 일본과 유럽의 조선소를 Bench Marking한 결과로써 Yard는 공정단축과 옥내공장 투자에 필요한 비용을 절감할 수 있었다.

#### Tank Dome내 Convection Shield

본선은 Field에 설치되면 25년간 Disconnection없이 고정되어 운용될 수 있는 Life time이 요구 되나, Tank Dome Top에 시공하는 Insulation방식으로는 향후 Field에서의 Maintenance Work을 우려치 않을 수가 없다. 따라서, 당사는 일본 Yard의 Dome insulation 방법에 대한 Bench Marking을 통해 Dome 내부에 Convection Shield를 설비함으로써 문제를 해결할 수가 있었다.

#### 초정밀도의 Custody Transfer System의 개발 적용

단일 CTS(Custody Transfer System)를 LPG Tank와 Condensate Tank에 동시 적용하는 것이며 Operation 중 어떠한 Single Fault(LPG or Condensate)에 대해서도 Cargo Loading / Offloading에 영향을 주지 않고 Automatic Back-up System에 의해 계속 수행 가능하며, 현재 예상되는 Tank Calibration → Chromatograph → Radar Beam Leveling system 을 통합한 Overall Accuracy는 약 0.14% 수준 (선주 요구 0.2%)으로 同분야 세계 최고의 초정밀도를 달성하게 되었다.

본 System은 DCS(Distributed Control System) 또는 FSOSS(FSO Safety System)와 통합되어 이를 통해서도 제어될 수 있으며 Maintenance 또한 LNG 선에 이용되어졌던 기존의 Magnetic type에 비해 월등히 우수한 System이다.

그 동안 계약에서부터 설계 진행되어 생산착수의 시점에 와있는 지금, 본선의 개요에 대해 지면을 빌어 간략한 소개를 끝맺으면서 성공적인 건조를 위해 조선소 관계자 모두가 한마음되어 생산에 박차를 가해야 겠고, 성공적 건조이후 좀더 체계적이고 다듬어진 내용으로造船관련 여러분 앞에 다시 찾아 뵙기를 기대한다.