

제3세대 SHUTTLE TANKER의 개념과 그 기술적 요소 소개

이 시 영 <삼성중공업 전장설계팀장>

1. 서 언

Shuttle Tanker 란 일반적으로 해상 유전에서 원유를 받아 육상 원유 저장소까지 운반하는데 사용하는 선박으로 유전과 원유 저장소 사이의 Pipe Line 과 같은 역할을 하며, 1970년대 북해 유전이 개발되면서 건조되기 시작했다.

그러나, 제 1세대라고 할 수 있는 1970년부터 1983년까지 건조된 Shuttle Tanker는 원유 Loading시 Position Keeping 이 수동 조작에 의해 이루어짐으로 해서 운전실수나 갑작스런 기상상태 변화로 인하여 인명 사고를 비롯한 원유누출 사고등 많은 문제점이 있었고, 파고 3 Meter 이상에서는 원유 Loading 을 할 수 없는 제약이 있었다.

이러한 문제는 1983년도에 Dynamic Positioning System과 개량된 원유 Loading System이 개발되면서 Shuttle Tanker의 Position Keeping 이 자동으로 이루어지고 Loading시 안전성이 향상되면서 파고 5 Meter 까지 Loading Operation 이 가능한 제 2세대를 맞게 되었고, 최근까지 건조 되었다.

그러나, 최근에는 고갈 되어가는 에너지 확보차원에서 보다 거친 해역의 유전도 개발하지 않으면 안되게 되었고, 이러한 험한 해상 상태하에서도 안전한 원유 Loading과 운송이 가능한 새로운 개념의 Shuttle Tanker가 요구 되었다.

현재 삼성중공업 거제 조선소가 미국 Conoco 사로부터 수주하여 건조중에 있는 125,800 DWT 의 Shuttle Tanker 가 곧 제 3세대 Shuttle Tanker 라 할 수 있는 새로운 개념의 Shuttle Tanker로서 1995년 3월 인도하여 북해의 Norway 구역에 신설

되는 Heidrun 유전에 투입될 예정이다.

본고는 이러한 새로운 개념의 Shuttle Tanker의 기술적인 배경, 특징 그리고 기능을 소개하여 본 Shuttle Tanker를 이해하는데 도움을 주고자 한다.

2. Submerged Turret Loading (STL) System

본선에는 주압관상의 Manifold를 이용하는 Loading, 선수의 Bow Loading System(BLS) 및 선저의 Turret를 통하여 Loading 하는 Submerged Turret Loading(STL) System의 3 종류의 Loading 설비가 준비되어 어느 유전이나 투입 가능하도록 설계되어 있으며, 앞의 2가지 Loading System, 즉 Manifold를 이용한 Loading 및 Bow Loading System은 제 2세대 Shuttle Tanker에도 설치되어 있는 System으로 특별한 설명을 요하지 않는다.

그러나, 세번째의 Submerged Turret Loading (STL) System은 북해의 Norway 구역에 신설되는 Heidrun 유전에 첫 적용하는 새로운 개념의 Loading System으로 거친 해상 조건에서도 안전하게 Loading 작업이 가능하도록 설계되어 있다.

Fig 1에서 가운데 보이는 설비가 Heidrun 유전의 Platform이고, 우측의 Shuttle Tanker는 STL System을 연결하여 Loading하고 있는 모습이고, 좌측의 Shuttle Tanker는 Loading 준비중에 있는 모습이다.

먼저 Platform 그림에서 알 수 있듯이 Heidrun 유전의 Platform은 종래의 유전과는 상이하게 해저 원유저장 Tank가 없는 새로운 개념의 Tension Leg Platform 이 설치되어 정제된 원유를 저장 탱크에

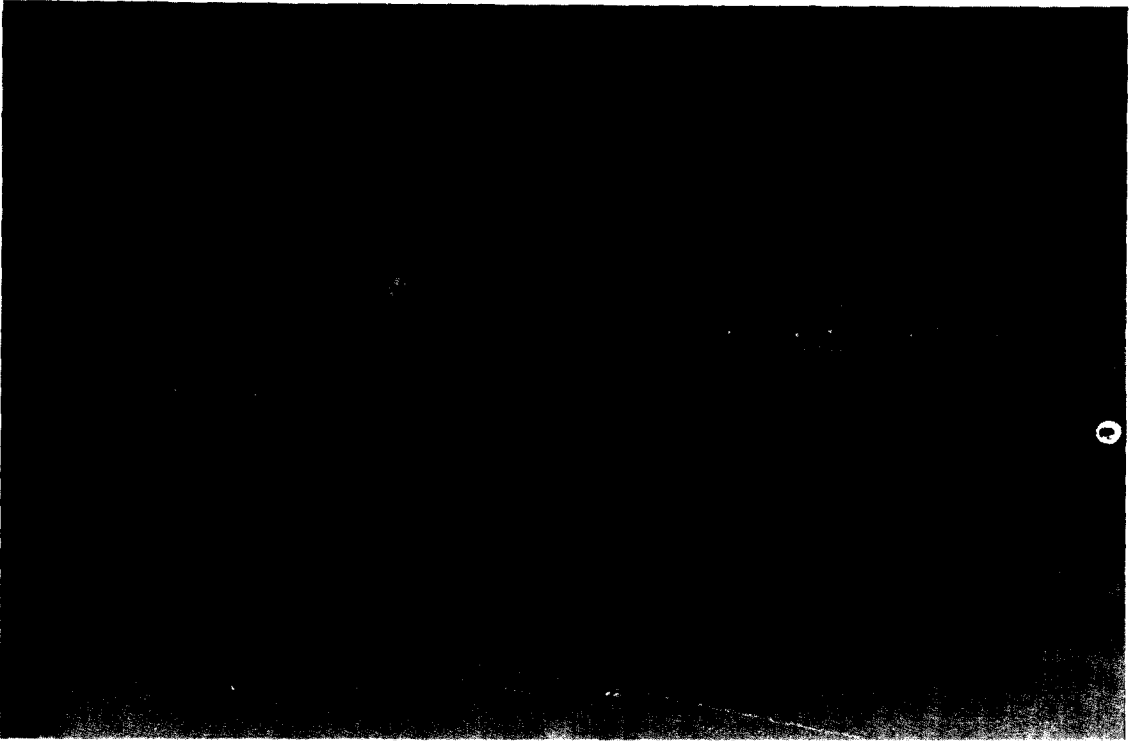


Fig. 1 HEIDRUN

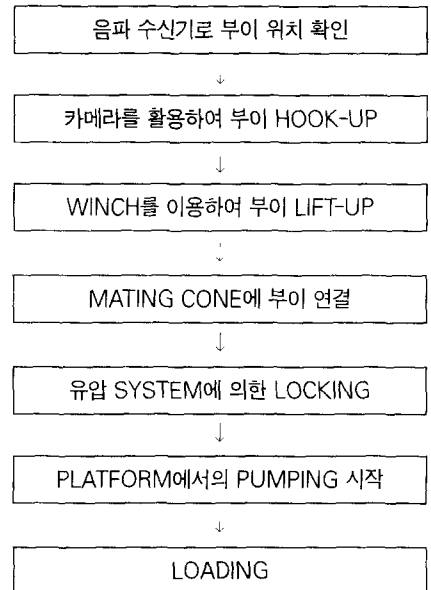
보관없이 바로 Shuttle Tanker에 Loading하는 Direct Shuttle Loading System이 채택되었다.

STL System은 좌측 Shuttle Tanker 아래 원추형 모양의 부이(Buoy) 와 부이를 지지하고 있는 여러가닥의 로프, 부이와 Platform의 정재 설비 사이에 연결된 원유 수송 호스 및 Pipe Line 등의 유전설비와 이를 Shuttle Tanker에 연결하기 위한 설비,제반 제어 및 감시 장치로 구성된 Shuttle Tanker의 설비로 구성되어 있다.

원유를 실기 위해 유전 가까이 도착한 Shuttle Tanker는 Dynamic Positioning System의 일부분으로 선수쪽 선저에 설치된 수중 음파 수신기로 해저면 및 부이에 설치된 음파 발신기로 부터의 신호를 수신하여 수중의 부이를 찾게 되며, 선저에 설치된 카메라와 Wheel House의 모니터를 이용하여 마치 낚시를 하듯 부이를 잡아 선수쪽 갑판의 Winch로 들어올려 선저에 설치된 Mating Cone(부이가 수컷 이라면 Mating Cone은 암컷에 해당됨)에 연결하여 유압의 고정장치로 고정하면 유전의 원유 생산설비와 Shuttle Tanker의 Piping System 이 연결되어

각 Tank 에 Loading이 시작된다.

즉, 아래와 같은 절차로 Loading 이 시작된다.



Loading이 끝난 후에는 유압 Locking 장치를 풀면 부이 자체의 중량에 의해 부이가 수중 30 Meter 정도 아래로 가라앉도록 설계되어 있다.

상기와 같은 Loading System과 전기 추진 장치 및 강력한 Dynamic Positioning System을 적용함으로써 7 Meter 파고에서도 부이를 찾아 Shuttle Tanker에 연결하고 원유를 Loading하는 모든 절차를 안전하게 수행할 수 있게 되었으며, 부이와 Shuttle Tanker가 연결된 상태에서는 100년에 한번 온다는 파고 15 Meter의 폭풍우에서도 Loading이 가능하게 되었다.

3. 전기 추진 장치 (Electric Propulsion System)

2 항에서 언급한 바와같이 본 Shuttle Tanker가 투입되는 Heidrun 유전에는 원유저장 탱크가 없으므로 본 Shuttle Tanker의 운항 중단은 곧 유전에서 생산중단으로 이어지기 때문에 본선의 추진 장치의 신뢰성은 그 무엇보다도 중요하다.

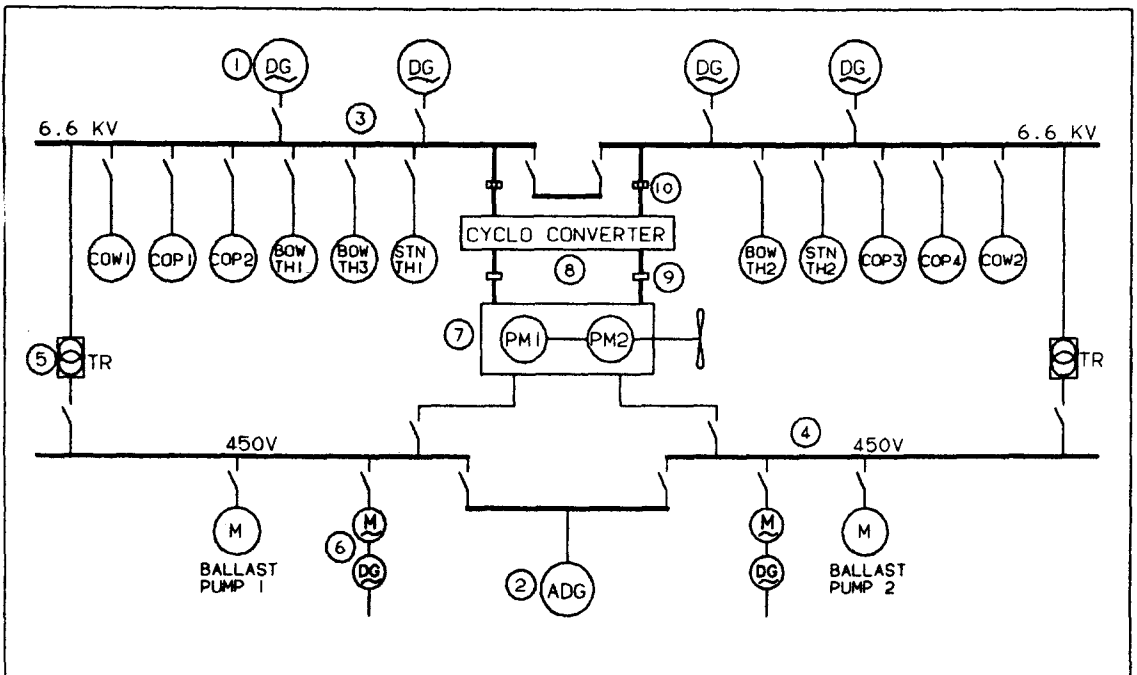
거의 모든 선박에 적용하는 주기관인 Diesel Engine은 수천개의 부품으로 이루어지므로 어느 하나의 부품 고장으로 인해 선박의 운항이 중단될 수 있

는 가능성이 항상 내재되어 있고, 주기적인 정비가 요구된다.

그러나, 본선에 설치되는 전기 추진 장치 (Electric Propulsion System)는 4 Sets의 주발전기와 한개의 사프트에 연결된 2 개의 동기 전동기로 이루어져 있으므로 주기관의 고장으로 인한 선박 운항의 중단은 원천적으로 방지할 수 있는 신뢰성을 최우선으로 설계된 선박이다.

전기 추진장치의 장점으로는 신뢰성이 매우 높다는 것 외에도 저진동, 저소음 선박 설계가 가능하고 저속 항해시에도 고효율 운전이 가능하고 Torque 조정이 가능하며 부하 변동에 대한 응답성이 좋은 점 등 Position Keeping용 Dynamic Positioning System의 효율을 극대화 할 수 있는 많은 장점을 가지고 있어 본선의 추진장치로 채택하였으며 또한 이러한 장점을 이용하여 초호화 여객선 (Cristal Harmony호) 및 쇄빙선 (Kontio호) 등에도 적용된 실적이 있다.

아래의 그림에서 보여지는 것과같이 전기 추진 장치는 크게 나누어 발전장치, 고압 및 저압 배전반, 추진 모터 및 주파수 변환장치 등으로 구성되어 있으며, 각 장비의 기능을 요약하면 다음과 같다.



- ① Main Generator
- 주 발전기
 - ② Port Use Generator
- 항구에 정박 및 발라스팅시 사용
 - ③ High Volt Switchboard
- 주 발전기 연결 및 고압 배전
 - ④ Low Volt Switchboard
- 변압기 연결 및 저압 배전
 - ⑤ Main Transformer
- 고압을 저압으로 변환
 - ⑥ Rotating Converter
- 컴퓨터 및 항해기기용 깨끗한 전기 발전
 - ⑦ Propulsion Motor
- 추진용 모터 (동기 전동기)
 - ⑧ Cyclo Converter
- 교류를 전원 주파수 보다 낮은 주파수로 바꾸는 전력 변환 장치(추진 모터 RPM 제어)
 - ⑨ Commutation Choke
- 단락시 차단기가 작동하기 전에 단락 전류를 허용치 이내로 억제함
 - ⑩ Zero Sequence Choke
- Cyclo Converter에서 추진 모터로 공급되는 각상의 전류가 평형이 되도록 함
- 전기 추진선 설계에 있어 특히 주의를 요하는 점은 Cyclo Converter에서 발생하는 고조파 문제를 초기 단계에서부터 고려하여 각 기기 Maker로 하여금 사전 대책을 강구토록 하여야 하며, 깨끗한 전원을 요하는 기기의 선별 및 자장에 의한 전선간의 상호 간섭을 배제한 전로 배치가 중요하다.

4. Dynamic Positioning System

본선의 Dynamic Positioning System은 2 항에서 언급한 바와같이 파고 7 Meter까지의 해상 상태에서도 부이의 연결 작업이 가능하고, 100 년에 한번 온다는 파고 15 Meter의 폭풍우에서도 Loading이 가능하도록 Shuttle Tanker의 위치를 Keeping 할 수 있게 설계 되었다.

이와같이 풍력, 조류 및 파도에 의한 막강한 외력을 이겨내기 위하여는 신속하고 정확한 풍속 측정에 의한 초기 대응과 정확한 위치 측정, 그리고 이러한 막강한 외력을 이겨낼수 있는 신속하고 충분한 추력이 요구된다.

따라서, 본선의 Dynamic Positioning System

부문	구성요소	기 능
감 지 부 문	HPR(Type 418)	Hydroacoustic Position Reference의 약자로서 해저면에 설치된 3개의 음파 발신기와 선박의 음파 수신기로 정확한 위치 및 방향 측정. 오차 범위 : 10 - 20 cm
	ARTEMIS	Radar 와 유사한 장비로서 2 Sets 가 1 조로 사용되며 1 set는 Platform에 설치 되고 나머지는 선박에 설치하여, 선박으로 부터의 송신파에 대한 Platform의 응답 시간에 의해 거리를 측정하고 방향은 두 Unit 의 안테나가 평행하게 놓일수 있도록하여 선박의 각도 측정
	DGPS (Differential Global Positioning System)	일반 GPS Navigator가 수신한 위치 정보의 정확도를 개선 보완하기 위해 고정 위치에서 GPS 용 위성의 상태와 오차 정도를 분석하여 Radio Link 를 통해 선박에 전달하여 GPS 위치 정보의 정확도를 향상 시킴
	Wind Transmitter	풍향 및 풍속의 측정
	Vertical Reference Unit	선박의 Pitching 및 Rolling Movement를 측정
	GYRO	선박의 방향 측정
	Draft Transmitter	선박의 홀수 측정
연산 부 문	ADP-702 MK II	<ul style="list-style-type: none"> • 32 BIT 분산제어 System • Redundancy Data Highway • Hot Back-up Process Station
추 력 부 문	전기 추진장치 (Electric Propulsion System)	19100 KW (3. 항 참조)
	Rudder 및 Steering Gear	Becker Rudder, Max.65 도 Port & Stbd
	Bow Thruster (3 Sets)	Electric Motor Driven Cpp. 1750 Kw/Each
	Stern Thruster (2 Sets)	Electric Motor Driven Cpp. 1750 Kw/Each

의 설계는 아래의 해상 상태를 기준으로 설계 되었다.

- 파 고 : 15.5 M
- 풍 속 : 37 M/S
- 조류 : 0.7 M/S
- 흘 수 : 12 M
- 추 력 : 22,000 KW (29,500 HP)

Dynamic Positioning System은 크게 자선의 위치 및 풍속/풍향을 측정하는 감지 부문과 입력된 선박 Data와 Sensing 된 Data를 비교하여 추력 장치로 출력하는 연산 부문, 그리고 연산된 값에 따라 추력을 발생시키는 추력 부문의 3 부문으로 분류할 수 있으며 각각의 구성 요소와 역할은 아래와 같다.

(5. 항 Integrated Automation System의 참조)

5. Integrated Automation System

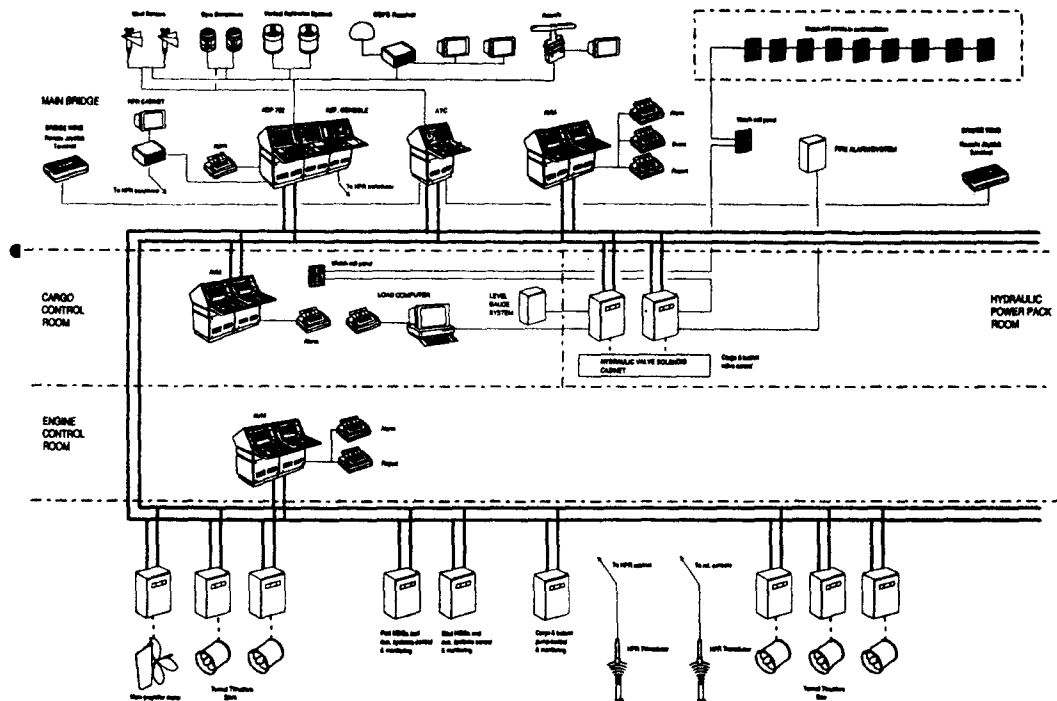
최첨단 분산 제어 System이 채택된 본선의 Automation System은 하나의 System에 Engine Room Automation, Cargo Automation, Navi-

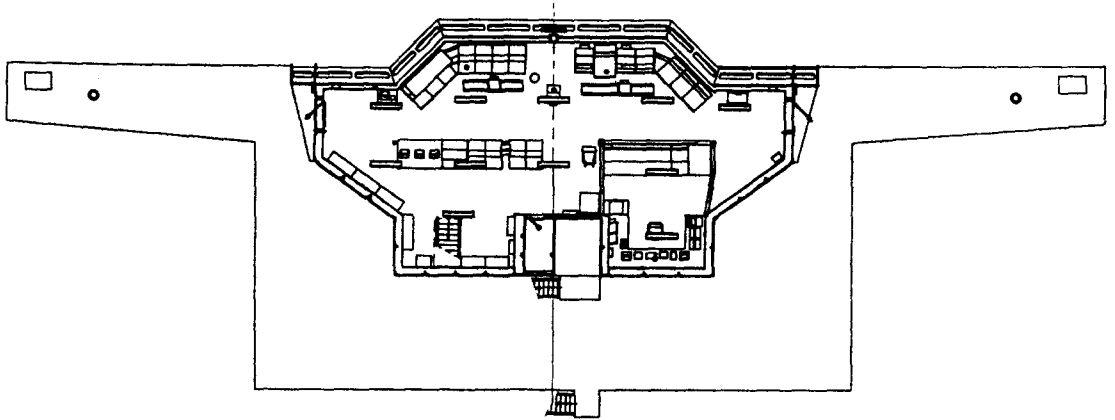
gation System 뿐만 아니라 Dynamic Positioning System까지 Integration 되어 Shuttle Tanker의 신경 조직과 같은 역할을 한다.

이와같이 본선의 모든 제어 및 감시 기능을 하나의 System에 Integration 함으로 해서 선박 전체의 제어 및 감시 기능을 Wheel House에서 수행할 수 있도록 설계되었으며, 추가하여 Cargo Control Room 및 Engine Control Room에서는 필요시 각각의 고유 기능을 수행할 수 있도록 Workstation을 배치 하였다.

본선의 분산 제어 System은 32Bit CPU 가 채용된 22 Sets의 Process Station 및 20 Sets의 Operator Station 그리고 초당 10 MB의 전송 속도를 갖는 Redundant Data Highway로 구성되어 있으며, Fire Detection System, Level Gauging System 및 Load Computer 등과도 Serial Communication이 되도록 설계 되었다(그림 참조).

본 System에는 총 3,510 Point의 I/O 가 연결되어 있으며 Power Management, 추진 장치 제어, Pump 제어, Pid Valve 제어 및 기타 각종 보기류의 제어 및 감시기능이 포함되어 있고, Cargo Automation부문에 Cargo Pump 제어, 각종 valve





제어 및 감시기능이 포함되어 있다.

특히, Cargo Pump 제어는 Pump 모터의 전원 주파수 제어로 모터 회전수를 변화시켜 항상 적정 Discharge Head를 얻도록 함으로써 에너지 낭비가 없도록 하였으며, 한번의 Start Command에 의해 Pump 구동시 필요로 하는 모든 조치가 자동으로 Sequential하게 제어되도록 하였다.

6. Wheelhouse 설계

본선의 Wheelhouse 설계는 ABS 선급의 최근 Notation 인 OMBO (One Man Bridge Operation)에 적합하도록 설계 되었으며, 몇가지 특징을 열거하면 아래와 같다(위의 그림 참조).

- 전방향 충분한 시계 확보
- One Man Operation을 고려한 Workstation 배치
- Sound Transfer System
- Conning Display

- W/H Alarm Monitoring & Transfer
- Navigation과 Automation의 Integration으로 Operator의 빈번한 자리 이동방지
- Electronic Chart(ECDIS) 및 자동 항해 System등 첨단 항해 기기
- Gmdss, Satcom A & C 등의 통신 기기

7. 결 언

상기 언급한 사항 이외에도 Offshore 관련 특수 System등 소개할 필요를 느끼는 여러가지 System이 있으나, 지면 관계로 다 소개하지 못하는 것을 아쉽게 생각하며, 끝으로 한가지만 밝히면서 매듭을 지었으면 한다.

그것은, 본 Shuttle Tanker는 전기 추진선이므로 Diesel Engine은 중속 엔진인 발전기 밖에 없고 Constant Speed 이므로 저속 엔진이 탑재된 일반선 보다 NOx 방출량이 상대적으로 적어 환경 보호 차원에서도 일조하는 선박이다.

■ 회원동정

부임을 축하드립니다.

이규열 서울대 조선해양공학과 부교수 부임
 서정천 서울대 조선해양공학과 조교수 부임
 김경수 인하대 선박해양공학과 조교수 부임