MARPOL 협약대응기술 및 기기장비

장승안(한국선급, 정부대행업무팀)

1. 머리말

1900년대 세계 각 국은 경제 발전과 산업화로 인하여 유류 수요량이 급격히 증가하였고, 이에 따라 유조선의 대형화가 점진적으로 이루어진 가운데, 각 해상에서는 Torrey Canyon 호를 비롯하여, Exxon Valdez호, Erica호, Prestige 호와 같은 크고 작은 유류 오염사고가 많이 일어나서 많은 사람들에게 선박과 선원의 안전성 확보 및 해양환경 보호에 대한 필요성을 다시 한 번 일깨워 주는 중요한 계기들이 되었다.

최근에는 이산화탄소를 비롯한 각종 온실가스가 지구의 평균 기온을 상승시키고 있고, 이로 인해 해수면이 10~20 cm 상승하였으며, 산림이 황폐해지거나 지구 곳곳에서 엘리뇨 현상이 일어나는 등 이전에는 보기 힘들었던 기상이변이 하나, 둘 씩 발생하여 환경이 파괴되고 생물자원이 고사되어 많은 사람들에게 환경파괴의 심각성을 재인식시켜주고 있는 실정이다.

이에 따라 세계 각 국이 육상이나 해양에 관계없이 환경오염규제를 크게 강화되고 있는 가운데, 국제해사기구에서도 지속적으로 해양환경보호 관련 협약을 강화하고 있으며, 아울러 관련 해양오염방지설비에 대한 규제도 강화하고 있어 이에 대한 주요사항을 소개함으로써, 우리 조선업계와 해운계가 급변하는 국제협약과 규제에 대한 효율적인 대응 방안을 모색하고자 한다.

2. 해양오염방지법 상 해양오염방지설비의 설치기준

(1) 해양오염방지설비 정의 : 기름 · 유해액체물질 · 폐기물 · 대기오염물질 등의 저장 · 처리 또는 해양배출을 방지하기 위하여 선박에 설치하는 설비 및 용기를 말하며, 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양오염방지에 적합한 구조 및 성능기준을 갖추어야 한다. [1]

(2) 형식승인:

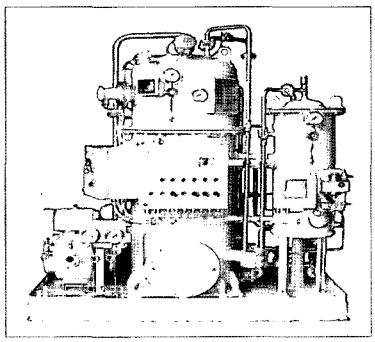
① 해양오염방지설비를 제작 · 제조하거나 수입하고자 하는 자는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관의 형식승인을 얻어야 한다.(법64조 1항)

② 형식승인을 얻고자 하는 자는 미리 해양수산부장관으로부터 각각 해양오염방지설비에 대한 성능시험을 받아야 한다. [2]

(3) 검정 : 형식승인을 얻은 자가 해양오염방지설비를 제작 · 제조하거나 수입한 때에는 해양수산부장관의 검정을 받아야 한다. [3]

3. 기름여과장치 (Oil Filtering Equipment-15 ppm)

(1) 기름여과장치에 대한 규정은 IMO MEPC 49차 회의(2003년 7월 18일)에서 채택되어 2005년 1월



1일 발효되었으며, 다음의 선박에 적용된다. [4]
- 2005년 1월 1일 이후에 용골이 거치되는 신선에 설치되는 경우
- 2005년 1월 1일 이전에 용골이 거치된 선박으로써 2005년 1월 1일 이후 기름여과장치를 새로이 교체하는 경우

(2) 기름여과장치의 특성

1) 기관실에 일반적으로 사용되는 산화제(agent), 유화제(emulsifier), 용제(solvent)나 계면활성제(surfactant)에 의하여 에멀젼 상태가 된 빌지(emulsified bilge water)를 15ppm 이하의 상태로 여과하여 배출토록 함.
2) 구성 : 15ppm 빌지분리장치, 15ppm 빌지경보장치, 자동정지장치
3) 자동정지장치(Automatic Stopping Device) : 배출수의 기름함량이 15ppm을 초과할 경우 자동으로 배출을 차단하고 빌지탱크로 순환시킬 수 있는 자동밸브장치로 구성.
4) 동일 설계기준으로 다른 용량을 갖는 빌지분리장치의 형식승인과 관련하여, 주관청은 최대용량(50㎥)에 제한없이, 처리 용량내의 상위 1/4과 하위 1/4구역에 대하여 2회 승인시험으로 인정가능.
5) 작동 및 유지보수 지침서(Operating and Maintenance Manual)에 정기적인 점검 및 유지보수에 대한 내용을 명확히 규정.

(3) 설계기준(새로 추가되거나 변경된 사항 중심)

1) 자동운전이 가능한 구조이면서, 장치의 고장이 발생한 경우에 선외로의 어떠한 배출도 발생하지 않는 Fail-safe Arrangement 이어야함.
2) 빌지분리장치로의 공급(빌지수에서 oil로, 빌지수에서 유화된 빌지수로, 기름이나 물에서 air로)이 변동하여도 배출수의 기름함량은 15 ppm 기준을 만족해야 함.

(4) 시험유체(Test Fluid)에 대한 규정

1) 시험유 A : ISO 8217에 의한 marine residual fuel oil type RMG35 (밀도 980kg/m^3 이상 at 15oC)
2) 시험유 B : ISO 8217에 의한 marine distillate fuel oil type DMA35(밀도 830kg/m^3 이상 at 15oC)
3) 시험유 C : 기름과 청수의 혼합물

청수 947.8g+시험유 A 25.0g+시험유 B 25.0g+건조된 형태의 유화제(sodium salt of dodecylbenzene sulfonic acid) 0.5g+산화철(Fe_3O_4) 1.7g (90% 10um 이하, 10% 최대 입자크기 100um)

(5) 변경된 설치기준

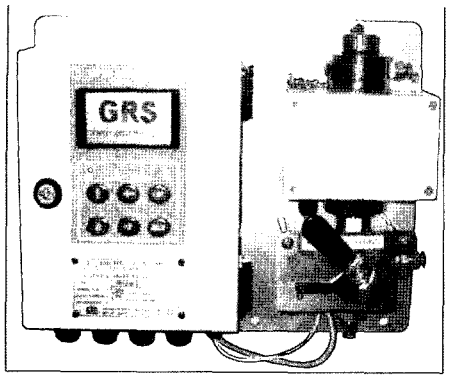
1) 빌지분리장치에 가능한 가까운 수직배출구에 샘플링 포인트가 설치되어야 하고, 빌지경보와 자동차단장치 및 빌지분리장치의 작동에 의한 선외배출차단에 대한 테스트를 위하여 자동차단장치에 근접한 직후에 재순환장치가 설치되어야 한다.
2) 형식승인증서상에 명기된 펌프와 모터의 빌지분리장치에 대하여, 공급펌프 용량은 빌지분리기의 정격처리용량의 110% 초과해서는 아니 된다.
3) 제조자나 당사국정부에 의하여 권고되는 작동이나 설치상의 제한사항을 명기한 경고판을 영구적으로 부착하여야 한다.
4) 선상에 빌지분리장치의 Operating and Maintenance Manual을 상시 비치하여야 한다.

4. 15 PPM Bilge Alarm 장치

(1) 15 ppm Bilge Alarm는 기름여과장치와 동일하게 채택되었으며, 이전에는 Oil Content Meter라 불렀으나 15 ppm Bilge Alarm으로 명칭이 변경되었다. [4]

(2) 15 ppm Bilge Alarm의 특성

1) 기름의 종류에 따라서 기름함량이 변동되지 않아야 하고, ppm display가 설치되어 있어야 하며, 실험유체 "A", "B", "C"에 대하여 용해된 상태에 영향을 받지 않고 ±5 ppm이내의 올



바른 값을 지시할 수 있어야 한다.

2) 이전 요건인 Res. MEPC.60(33)에서는 20초 이내의 응답시간을 요구하였으나, 개정규정에서 15ppm 응답시간이 5초 이내의 것이 요구된다.
3) Bilge Alarm은 제조자에 의하여 배출수의 기름함량이 15ppm을 초과할 경우 작동하도록 미리 설정되어야 함. 경보는 장치의 고장 시, 예열작동 시 혹은 작동준비 시에도 자동으로 작동되어야 한다.
4) PPM 측정 장비의 편차(drift), 반복성능(repeatability)과 영점복원성(re-zero)을 체크할 수 있는 수단을 설치할 것을 권고한다.
5) Bilge Alarm은 날짜, 시간, 경보상태와 빌지분리장치의 작동상태를 기록하고, 기록 장치는 최소 18개월간의 상기 data를 저장할 수 있어야 하며, 필요시 출력이나 인쇄가 가능한 구조이어야 한다.
6) 의도적인 오동작의 방지를 위한 조치로써,
   - 편차계측, 장비의 반복 성능측정, 영점복원성의 체크외의 작업 시에는 봉인(seal)을 개봉할 수 있는 구조.
   - 세정(cleaning)이나 영점조정(zeroing)을 위하여 청정수를 사용할 경우에도 경보가 발생하는 구조.
7) Bilge Alarm의 정밀도는 IOPP 증서의 갱신 시 반드시 제조자나 제조자에 의하여 인정된 사람에 의하여 재점검되어야 하며, 교정날짜가 명기된 교정증서는 선상에 보관되어야 한다.
8) 장치의 전체 응답시간이 40초 이내에서 20초 이내로 단축되었다.
9) Operating and Maintenance Manual을 상시 비치하여야 한다.

5. 기름배출감시제어장치 (ODMC)

(1) ODMC 사양은 IMO Res.A.496(XII)과 Res. A.586 (14), Res. MEPC.108(49)가 있으며, 선박의 건조일자에 따라 적용이 다르고, 새로이 교체할 경우에도 동일하다. [5]

1) Res. A.496(XII) : 1986년 10월 2일 전에 용골이 거치된 선박
2) Res. A.586(14) : 1986년 10월 2일 이후에 용골이 거치된 선박
3) Res. MEPC.108(49) : 2005년 1월 1일 이후에 용골이 거치된 선박

(2) System : ODMC는 Control unit, computing unit 및 calculating unit로 구성된다.

(3) 주요 요건

1) 감시기록장치 : 다음 사항을 계속 기록할 수 있어야 하고, 기술사항을 3년간 보관하여야 한다.
   - 유분의 순간 배출농도 및 유성혼합물의 배출율
   - 1 해리당 유분의 순간 배출율 및 유분의 총배출량
   - 배출시각 및 일자
   - 선박의 속력
   - 배출감시장치의 작동상태
2) 다음의 경우, 가시가청의 경보를 발하고, 배출을 자동 정지시켜야 한다.
   - 유분의 순간 배출률이 1 해리당 30리터를 초과할 때
   - 유분의 배출 총량이 적재화물 총량의 1/30,000을 초과 시 (현존선은 1/15,000 초과 시)

(4) 주요 Components

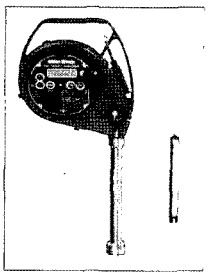
1) Controller : 각 장비를 제어하며 작동자와 interface 유지하며, 유분 농도계 및 유량계, 선속계에서 보내온 정보를 수집 연산 처리하여 관련 규정(MARPOL 73/78 과 IMO Resolution)에 따라 기름 배출을 제어 감시 기록함.
2) Oil Content Meter : PPM Measurer(유분측정부) 내부의 유리관을 통과하는 sample 기름량(ppm)을 감지함.
3) PPM Measurer : 하부로부터 Sample water가 들어와 유리관을 통과 할 때, Optical Fibre (Oil Content Meter)의 Cell에서 빛을 이송하여 각 굴절 각도의 빛의 양을 재송신하는 (광섬유체)를 통해 정확한 빛의 양을 Oil Content Meter (유분 측정처리계)에 전달한다.

6. 유수경계면검출기(Oily Water Interface Detector)

(1) 유수경계면검출기는 MARPOL협약에 따라 유조선의 Slop tank내에 설치하여야 한다. [6]

(2) 승인시험의 일반 요건

1) 시험에 사용하는 기름은 다음의 4종류로 한다.
   - 시험유 A : 아라비안라이트원유(비중: 중급, 점도: 중급)
   - 시험유 B : 경질디젤유 또는 No.2 연료유
   - 시험유 C : 자동차용 가연 보통 가솔린
   - 시험유 D : 보일러 잔유(C 중유 또는 No.6 연료유)



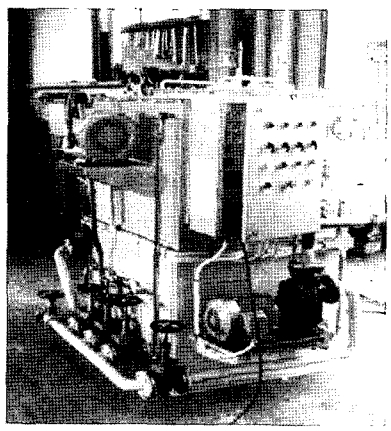
2) 시험에 사용하는 물은 청정한 물, 1.012 ± 0.002의 비중을 가지는 식염수 및 1.025 ± 0.002의 비중을 가지는 식염수의 3종류로 한다.
3) 시험장치의 요건
   - 시험조의 최소 높이는 1.5 m 이상으로 할 것.
   - 시험조는 외부에서 유수경계면의 위치를 읽을 수 있는 측정장치를 설치할 것
   - 시험조의 하부에는 공급액의 연결출구 및 입구를 설치하고 동시에 유수경계면의 위치를 이동시키기 위한 물의 이송장치를 설치할 것.
   - 시험조에는 공급하는 액을 가열하기 위한 장치를 설치할 것
   - 시험은 통상의 작동면에서 22.5도 경사시킨 상태 하에서 시행한다.
4) 시험은 원칙적으로 외관검사를 행한 후 진동시험을 시행하고 그 후 작동시험, 온도영향시험을 행한다.
5) 시험유에 의한 작동시험은 각 측정점에 있어서 지시치의 오차는 실제의 유수경계면의 위치에 대하여 ±25 mm 이내이고, 추종지연시간은 3초 이내여야 한다.

7. 분뇨처리장치 (Sewage Treatment Plant)

(1) 분뇨처리장치는 MARPOL 73/78 Annex 4에 근거하며, 기술기준은 IMO Res. MEPC.2(VI), USCG CFR 33, Part 159.7 등이 있으며, 금번 IMO BLG Sub- Committee 10차 회의에서 Res. MEPC.2(VI) 요건에 대한 개정작업을 진행하고 있다.

(2) 일반요건

1) 선내의 모든 오수는 분뇨처리장치를 통하여 처



리 되도록 배관되어야 한다.
2) 고위액면 경보장치를 비치하고 탱크 내에 설치된 감지기는 방폭구조의 것이어야 한다.
3) 처리능력은 1일 평균 부하량 및 1일 생물화학적 산소요구량으로 표시한다.

(3) 오수처리시험의 기준
1) 대장균의 수(평균치) : 250 개/100m *l* 이하
2) 부유물질 (평균치) : - 50 mg/ *l* 이하 (육상시험의 경우)
- 100 mg/ *l* 이하 (선상시험의 경우)
3) 5일간 생물화학적 산소요구량(평균치) : 50 mg/ *l* 이하

♣ MARPOL 73/78 부속서 IV의 오수(Sewage) 정의 [7]
- 화장실 및 소변소에서 나오는 배수 및 분뇨
- 의료구역(의무실, 병실 등)에서 발생하는 배수
- 살아있는 동물이 들어있는 장소에서 발생하는 배수 ; 또는
- 기타 상기 배수와 혼합된 다른 폐수

♣ 부속서 IV의 신선(new ship) 정의 [8]
- 2003년 9월 27일 이후에 건조 계약이 체결되거나, 건조계약이 없는 경우에는 용골이 거치되거나 이와 동등한 건조 단계에 있는 선박
- 2006년 9월 27일 이후에 인도되는 선박

♣ 부속서 IV의 적용 대상 개정 (2005년 8월 1일 발효)
- 총톤수 400톤 이상의 모든 신선 ; 또는
- 총톤수 400톤 미만으로 최대탑재인원이 15인이 초과하는 신선 ; 또는
- 총톤수 400톤 이상의 신선 이외의 선박은 2008년 9월 27일부터 적용 ;
- 총톤수 400톤 미만의 신선 이외의 선박으로서 승선인원 15인 초과하는 경우에는 2008년 9월 27일부터 적용한다.

8. 분뇨마쇄소독장치(Comminuting and Disinfecting Sewage Plant)

(1) 분뇨마쇄소독장치는 MARPOL 73/78 Annex 4에 근거하며, IMO에서의 성능기준은 없으며 우리 주관청인 해양수산부에서 규정한 승인 기준이 있다.

(2) 일반요건
1) 선내의 모든 오수는 분뇨마쇄소독장치 장치를 통하여 처리되도록 배관되어야 한다.
2) 순환수장치 : 소독약제 투입 용이하고 액면지시장치가 부착되어야 한다.
3) 순환수 처리장치 및 보조탱크의 용량은 150 리터 이상이어야 한다.

9. 소각기 (Incinerator)

(1) 소각기 요건은 MARPOL 73/78 Annex 5 및 Annex 6에 근거하며, 성능기준으로는 Res. MEPC.59 (33)와 Res. MEPC.76(40)이 있다. [9]

(2) Res.59(33) 소각기와 Res. MEPC.76(40) IMO type 소각기의 차이점
1) 소각기의 최대 용량이 1,160 kW에서 1,500 kW로 상향 조정되었다.
2) 소각기 배출가스 산소함유량이 6%로 규정되어 있었으나, 이 6 %를 건조한 연소가스에서 측정토록 명확히 하였다.
3) 다이옥신 생성을 방지하기 위하여 연소가스를 소각기에서 나온 직후 최대 350℃까지 급속냉각토록 규정하고 있으나 연소가스를 연소실출구 쪽 연도가스로부터 2.5m 이내에서 최대 350℃까지 급속냉각토록 하였다.
4) 운전요건에서 점화전 Pre-purge 및 재시동 사이의 시간 간격을 설치 검사 시 검증하도록 신설하였다.
5) 연소실 출구의 연도가스 온도범위가 900~1,200℃에서 850~1,200℃로 변경되었다.

6) 연소가스 출구온도 및 산소함유량은 예열이나 냉각시가 아닌 연소 중에 측정토록 함.

♣ IMO type 소각기 탑재

MARPOL 73/78 Annex VI, 제16규칙(2)(a)에 따라 2000년 1월 1일 이후 건조되어 국제항해에 종사하는 총톤수 400톤 이상의 선박은 Res. MEPC. 76(40)에 따른 IMO type 소각기를 설치하여야 한다.

10. 방오도료 (Anti-Fouling System)

(1) 2001년에 채택된 유해 방오시스템의 사용규제에 관한 국제협약(AFS 협약)에서 선박에 유기주석(*TriButyl Tin = TBT*)이 함유된 방오도료의 사용을 금지하고 있다. [10]

(2) 요건 :

1) *2003년 1월 1일*부터 선박의 방오시스템에 생물파괴제로 작용되는 유기주석 콤파운드가 포함된 방오시스템의 적용, 재적용, 설치 및 사용을 금지한다.
2) *2008년 1월 1일*부터는 선박의 방오시스템에 생물파괴제로 작용되는 유기주석 콤파운드가 포함된 방오시스템이 선체나 외부 또는 표면에 남아있지 않게 하거나(Sandblasting과 같은 방법으로 완전 제거), 흘러나오지 않도록 Sealer Coating을 해야 한다.
3) 다만, 건조 도막안에 총 주석량이 2,500mg/Kg이하로써 화학적 촉매제 (mono- 및 di- 치환유기주석 화합물등)로 작용하며 생명파괴제로 영향을 미치지 않는 수준의 방오시스템은 사용할 수 있다.

♣ TBT의 독성 : TBT의 독성은 유기그룹(organic group)의 개수 및 성질에 관계가 크며, 특히 유기그룹이 세 개일 때(triorganotin)일 때 독성이 크고, 그 중에서도 트리부틸틴(Tributyltin-TBT)의 독성이 가장 강하다.

(3) 승인 현황 : 현재 국내에서 생산되거나 외국에서 수입하여 공급하는 대부분의 방오도료는 한국선급의 형식승인을 받아 선박에 공급하고 있기 때문에 사용에는 문제가 없다.

11. 밸러스트수 처리장치

(1) 밸러스트수 처리장치는 2004년에 채택된 선박의 밸러스트수와 침전물의 규제와 관리에 관한 협약(밸러스트관리협약")근거하며, 성능기준으로는 IMO MEPC에서 채택된 결의서G8과 G9 2개 있다. [11]

(2) 요건: 밸러스트수관리협약은 처리장치의 성능요건을 다음과 같이 규정하고 있다. [12]

대 상	기 준
최소길이 ≥50㎛	생존가능 개체수 10개 미만/㎥
10㎛≤최소길이<50㎛	생존가능 개체수 10개 미만/㎖
독성비브리오콜레라균 (O1, O139)	1개 cfu 미만 (군체형성단위) /100㎖ 또는 1개 cfu 미만/1g 동물성플랑크톤 (습중량)
대장균(Escherichia Coli)	250cfu 미만/100㎖
분변성대장균	100cfu 미만/100㎖

(3) 주요 밸러스트수 처리기술 종류와 각 기술에 대한 장·단점은 표 1과 같다.

12. 맺음말

앞에서는 선박에 탑재되고 있는 각종 해양오염방지설비에 대한 최근의 규제 요건과 동향에 대해서 소개하였다. 이와 같이 IMO에서는 해양환경 보호와 해양자원 보존을 위하여 각종 규제를 갈수록 강화시키고 있으며, 또한 새로운 규제를 개발하고 있다.

한편으로 조선과 해운의 실제적 주체인 각 조선소나 해운선사, 그리고 연구소, 대학 및 관련 단체들은 수시로 제·개정되는 국제 협약에 관심을 갖고 이를 잘 파악하여 좋은 해양오염방지기기를 개발할 수 있도록 지원과 격려를 아끼지 말아야 할 것이다.

표 1. 주요 밸러스트수 처리기술 종류와 각 기술에 대한 장·단점

처리기술	장 점	단 점
여과	밸러스트수 유입 시마다 해초류 등의 생물 제거	미세 생물 제거가 힘들고, 기본 설치 비용이 높음
열처리	2시간 내지 6시간을 약 36~38℃에서 밸러스트수를 가열하면 수중 생물이 소멸되는 특성을	항해도중 열처리에 의한 밸러스트수 소독은 지속적인 관리가 필요하고 항해로 인한 온도상승효과도 감안해야 함
자외선	자외선을 통하여 종의 종류를 무독성으로 바꿈	파장이 짧아 투과력이 약하여 효과적이지 못함
초음파 방법	신기술로 잠재성 큼	개발 단계에 있음
오존	여과법과 병행하여 이용가능하며, 작은 생물 처리에 유용한 방법	잔류효과 없어 2차 오염의 가능성이 있으며, 비용이 많이 소요
전기분해방식		누전이나 부식에 대한 위험성이 높음
차아염소산 나트륨	잔류효과로 2차 오염가능성 없으며, 위험물질로 취급되지 않아 법적규제가 없고 현장관리가 필요 없음	고농도 배출시 해양생물에 영향을 미치고, 산화이용으로 부식가능성 있음
온도와 염분차 이용	온도와 염분의 뚜렷한 변화는 수중 생물의 생존능력에 큰 영향	추가 연구를 필요로 하는 방법이며, 지역에 따라 크게 차이가 있음
이산화염소	포자체를 죽이는 데 효율적임	Active Substances 발생
염소	온도, 적용시간, pH수준을 적정하게 맞춘다면 효과적임	염소 처리된 밸러스트수가 발암 물질 유발 가능성 있음
천적, 기생물체 투입	해양 오염을 발생시키지 않음	전문가가 필요하고 특별한 보관시설 필요
살충제	유해 미생물 제거	Active Substances 발생

참고문헌

[1] 해양오염방지법 제24조
[2] 해양오염방지법 제64조 3항
[3] 해양오염방지법 제64조 4항
[4] Res. MEPC.107(49) revised Guidelines and specifications for pollution prevention equipment for machinery space bilges of ships
[5] Res. MEPC.108(49) revised guidelines and specifications for oil discharge monitoring and control systems for oil
[6] MARPOL 73/78 Annex I, Reg. 15(3)(b)
[7] MARPOL 73/78 Annex IV, Reg. 1(3)
[8] MARPOL 73/78 Annex IV, Reg. 1(1)
[9] Res. MEPC.76(40) Standard specification for shipboard incinerators
[10] International convention on the control of harmful anti-fouling systems on the ships, 2001
[11] Res.MEPC.125(53) Guidelines for approval of ballast water management systems (G8) 및 Res. MEPC.126(53) Procedure for approval of ballast water management systems that make use of active substances(G9)
[12] Reg. D2 of the International convention for the control and management of ships' Ballast water and sediments, 2004

장 승 안 | 한국선급 정부대행업무팀장

· 1957년 2월생
· 1980년 한국해양대학교
· 관심분야 : 해양환경분야
· E-mail : sajang@krs.co.kr