

선박밸러스트수

관리협약 발효에 관하여

한국선주협회 해무팀

1. 선박밸러스트수 관리협약 채택

(1) 개요

1988년도 캐나다가 오대호에 해양생물종의 침입을 최초로 보고한 이후 밸러스트수의 이동에 따른 문제를 논의하기 시작하여 2003년도 제49차 해사안전위원회에서 협약 초안이 최종적으로 마련되었으며 2004년도 2월 외교회의에서 채택되었다.

(2) 밸러스트수 관리 협약의 주요사항

동협약의 발효시기는 상선 선복량의 합계가 총톤수로 세계상선선복량의 35% 이상이 되는 30개국 이상의 국가가 당사국이 되는 날로부터 12개월 후 발효되며 유럽, 미국등이 조기 적용을 위해 주장하였던 신조선 및 현존선의 구분 연도를 2009년으로 채택하였다.

선박의 밸러스트수 관리는 신선과 현존선의 구분이 되는 적용일을 고정연도인 2009년으로 채택하고 현존선은 일정기간 이후에는 모두 밸러스트수 성능기준을 만족하여야 한다.

특히, 밸러스트수 교환은 기본적으로 가장 가까운 육지로부터 200마일, 수심 200미터 이상 지역에서 교환하여야 하며 이 경우 선박은 본 규칙의 요

구사항을 준수하기 위해 항해의 지연 혹은 계획된 항해로부터의 이탈을 요구받지 않는다.

상기 지역에서 시행하지 못했을 경우, 가장 가까운 육지로부터 50마일, 수심 200미터 이상에서 교환하여야 하며 이도 불가능한 경우 항만국에서 지정한 수역에서 밸러스트수 교환을 시행할 수 있다.

밸러스트수 교환기준은 선박은 밸러스트수 용적 기준으로 95%를 교환하여야 하며 2009년 이전에 건조된 현존선은 밸러스트수 탱크 용적의 3배를 펌핑하는 것을 95% 교환하는 것으로 인정하며, 95% 교환을 만족시킬 경우 3배 이하의 펌핑도 인정 가능하다

또한, 밸러스트수 성능기준은 수중생물의 최소길이 50 μ m 이상인 경우 생존 가능한 생물이 10개/m³ 미만으로 배출되어야 하며 수중생물의 최소길이 10 μ m 초과 50 μ m 미만의 경우 생존 가능한 생물이 10개/ml미만으로 배출되어야 한다. 인간건강기준으로써 지표 생물종은 독성 비브리오 콜레라(O1과 O139)는 100밀리리터 당 1cfu(균체형성단위)미만, 동물성플랑크톤 시료 1그램 당 1cfu미만(습중량)이어야 하며, 대장균 100밀리리터 당 250cfu 이하, 분면성대장균 100밀리리터당 100cfu 이하로 처리되어야 한다.

특이사항으로는 협약보다 강화된 기준을 적용하는

당사국은 유엔해양법협약(UNCLOS)에 반영된 국제 관례법 범위 내에서 IMO에 승인받도록 하고 있다.

당사국이나 당사국들은 그들의 관할구역에서 운항하는 선박에 대하여 위해도 평가(Risk assessment)를 실시하여 당사국의 해양환경에 무해하다고 판단 시 정해진 항구나 지역을 운항하는 선박에 대하여 협약 적용을 면제할 수 있으며 면제 기간에 대하여는 중간 검토(Intermediate review)를 바탕으로 5년간 인정하는 것으로 결정하였다.

모든 선박은 주관청으로부터 승인받은 밸러스트수 관리계획서를 본선에 비치하고 이를 이행하여야 하며 또한 밸러스트수 기록부를 비치하여 밸러스트수를 주입할 때, 순환 또는 밸러스트수 관리 목적으로 처리하거나 해상에 배출할 때 기록하여야 한다.

2. 환경친화적인 밸러스트수 처리기술 및 교환기술

밸러스트수를 통한 미생물의 유입에 따른 해양생태계 파괴는 해양환경의 주요문제로 등장하고 있다. 호주, 미국 등 선진국은 자국의 해양생태계 및 환경보호를 위하여 자국으로 들어오는 선박의 밸러스트수 배출규제를 점차 강화하고 있다. 이에 현재 밸러스트수 처리 기술에 대한 현황과 각 처리 기술에 대한 대략적인 개요에 대해 소개하고자 한다.

(1) 밸러스트수 처리기술 개발동향

① 국외 기술개발 동향

최근 미국과 유럽에서는 밸러스트수 처리용 여과장치, 자외선 살균장치 등이 개발되어 여객선을 중심으로 사용이 점차 증가되고 있다. 유엔개발계획(UNDP)과 국제해사기구 주도하에 개발도상국에 대한 Global Ballast Water Management Programme이 진행 중

에 있으며, 대부분의 기술들이 실용화 단계에 진입하기 위한 현장실험 중에 있다.

현재 여과와 복합적으로 연결한 혼합처리공법을 중심으로 상품화되고 있으며, 이미 국내의 조선소에 100여개의 회사에서 밸러스트수 처리장치에 대한 견적서를 송부하고 있다. 그러나 각 제품의 실용성이나 경제성에서 신뢰감을 주지 못하여 채택이 보류되고 있으며 각 당사국의 처리장치의 성능기준이나 규제 법안이 확립되지 아니한 관계로 선급에서도 뚜렷한 검증기준을 제시하지 못한 채 시행착오를 우려하여 각 제품의 실적을 관망하고 있다.

② 국내 기술개발 동향

국내 밸러스트수 처리기술 개발현황은 선진국에 비해 극히 미미하며 기술개발의 초입단계에 있다. 밸러스트수 처리 기술은 선박이라는 특수한 분야가 관심이 상대적으로 낮지만, 새로운 기술이기 보다는 기존 환경기술과 관련 산업분야의 요소기술을 선박의 밸러스트수 처리에 적용한 것이다. 따라서 후발주자이긴 하지만 다른 나라들이 겪은 시행착오를 거치지 않을 수 있어 시간적 기술적 문제는 빨리 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

지금까지의 국내연구로는 한국해양대학교와 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 그리고 몇몇 기업에서 기술개발에 참여하고 있는 실정이다. 한국해양대학에서는 자동 역세척 여과와 자외선, 전기분해를 결합한 복합살균공정에 관한 연구를 진행 중에 있으며, 선박용 밸러스트수 처리장치에 관한 특허를 출원 중에 있다. 현재 실험실 규모의 실험을 통해 밸러스트수 처리시스템에 대한 성능 검증이 이루어졌으며 이를 바탕으로 현장규모의 Point 실험과 그에 따른 장비의 제작과정이 향후 과제로 남아있다.

(2) 처리술의 장·단점 및 성능평가

대부분 선박에서 선내 밸러스트수 처리와 관련한 가장 어려운 점은 처리유량이 대용량이어야 하며 그에 따른 처리시스템의 부피 및 중량과 비용이다. 현존선에서 이용할 수 있는 밸러스트 펌프의 배출 수두는 처리시스템 추가로 수두가 증가하기 때문에 유량이 감소하고 밸러스트 시간이 증가하게 된다.

밸러스트 처리장치의 외부적 문제로는 처리 기술의 문제나 경제적인 비용문제를 제외하고도 이와 같은 대용량과 수두증가에 따른 대용량펌프의 한계 및 선내의 설치면적과 공간적인 문제가 대두된다.

밸러스트수 처리는 크게 1차 처리와 2차 처리로 구분된다. 1차 처리는 2차 처리의 효과를 향상시키기 위해 밸러스트수로부터 큰 유기물이나 부유 고형물을 제거하기 위해 사용되는 처리방법으로 여과와 원심 분리공정이 있다.

2차 처리는 1차 처리 후 밸러스트수에 남아있는 생물체를 사멸 또는 비활성화시키는 공정으로, 현재까지 개발된 2차 처리에는 열처리, 탈산소, 고강도 초음파 및 저주파, 물리적 충돌 및 전단응력, 캐비테이션, 전기화학적 처리, 염소, 오존, 과산화수소와 기타의 살생제(Biocide)를 포함한 다른 것들도 고려되고 있지만, 배출수의 생물학적 안정성을 위해 자외선 조사와 전기화학적 방법을 포함하여 두 가지 이상의 공정을 복합적으로 사용하는 경우도 있다.

① 여과(Filtration)

선내에서 밸러스트수 처리용으로 여과공정을 사용할 때 가장 큰 문제는 막힘에 대한 대처능력이다. 국제협약이 강화될수록 여과공정은 더욱 힘들어지고 대용량을 단시간에 처리해야 하는 선박에서는 더 큰 어려움이 있다.

특히 10 μ m 이내를 처리하도록 협약의 제한규정이

결정되면 시간당 1,000톤 이상의 처리능력을 요구하는 선박의 경우 증가되는 펌프의 수두손실 때문에 엄청난 크기의 여과장치가 필요하므로 일반적인 여과 기술로는 그 조건을 충족시킬 수 없게 된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 여과공정은 자동 역 세척 능력을 가져야 하며 중요한 파라미터인 역 세척 수 손실은 전체 여과수의 1% 미만이어야 한다.

② UV 조사

자외선살균은 가장 널리 사용되고 있는 방법으로 비용이 저렴하고 살균효과가 뛰어나고 오존이나 과산화수소, 염소 등의 다른 산화제와 병용하면 살균효과가 더욱 높아지는 상승작용을 한다. 또한 장치가 간단하고 내구성에 별 문제가 없으며 직렬로 사용할 때 대용량의 처리도 가능하기 때문에 가장 많이 사용되는 처리공정이다.

단점으로는 처리후의 생존생물들에 생물종의 변화가 일어날 가능성이 있고, 침전물과 같은 입자성 물질이 있을 경우 효율이 저하되고 살균의 효과가 지수 함수적으로 증가하기 때문에 어느 정도의 접촉시간이 필요하고, 탁도물질이 존재하거나 점착성의 오손물질이 존재할 때 살균효과가 급격히 저하되는 단점이 있다.

③ 열 처리

대용량의 티타늄 열교환기와 배관시스템으로 내연기관의 냉각수폐열을 이용한 열처리 시스템은 40 C 정도에서 2일간 체류시간을 가지면 모든 미생물의 사멸이 가능하다는 연구결과와 함께 활발한 연구가 진행되고 있다.

장점은 여과와 같은 전처리가 필요 없고 에너지가 작게 소모되며 살균이 확실하다는 것이나 실제 실용적으로 사용하기에는 많은 제약이 있다. 우선

에너지 밸런스의 측면에서 시간당 1,000톤 이상의 해수(20도 기준)를 40도로 올리는 것이 불가능하며 탱크의 해수를 열교환기로 재순환시키는 방법 또한 항해여건과 배관 시스템의 신설에 따른 설비비가 문제되기 때문에 실용적인 면에서 거리가 있다.

④ 오존, 염소 기타의 살생제 처리

오존이나 염소에 의한 직접적인 화학 살균은 매우 효과적이며 처리장치가 필요 없고 최소한의 부대장치로서 생물을 사멸시킬 수 있고 아울러 유기물을 분해 시킨다는 장점이 있다.

염소는 가장 염가의 살균제이며 강력한 살균작용이 있으나 잔류성이 있고 발암물질인 THM(Trihalomethane)을 유발하기 때문에 비록 고가이긴 하나 오존이 살균제로 각광을 받고 있다. 오존의 처리장치로는 오존 발생장치, 펌프, 배관시스템, 오존 처리를 위한 대형 반응조등이 필요하며 그 재질은 스테인리스 스틸 또는 내면에 에폭시 도장된 강재를 사용한다. 단점으로는 부식성이 강하며 운영비가 비교적 많이 들고 염소의 경우 액상의 염소탱크를 선내에 비치해야 되는 위험성이 있다. 또한 오존 처리의 결과 미 분해된 유기물이 다른 종류의 유기물을 생성시킬 가능성이 있다.

⑤ 전해처리

전극판의 용출이 없는 티타늄 계열의 DSA 전극 사용하여 해수를 전해 처리하는 방법은 해수에서 염소를 발생시키기 때문에 별도의 염소탱크가 필요 없이 효율적인 살균이 가능하다. 전해에서 발생되는 차아염소산나트륨은 효과적인 살생제(biocide)이며 잔류성이 있어 항해 중 살균생물의 재생을 방지하며 지속적으로 잔류생물체를 죽일 수 있다.

전기 에너지가 많이 소모되지만 선박은 경제적으로 자체동력을 이용할 수 있기 때문에 에너지문제는

그다지 중요시 되지 않으므로 크기가 작고 구조가 간단한 전해처리장치가 많이 이용된다. 그러나 선체 부식의 우려가 있고 잔류염소의 영향으로 밸러스트 배출시 생태계에 악영향을 줄 수 있으며 장치가 비교적 고가이고 대용량처리가 어려운 단점이 있다.

⑥ 처리기술의 성능 평가

밸러스트수 처리 시스템은 전 처리 여과를 불문하고 밸러스트수에 대한 살균 수준이 99.9% 이상이어야 한다. 각각의 기술개발현황과 완전한 살균을 이루기 위한 운전 조건에서 차이가 나지만 우선 총 비용(자본금+운전·유지비용), 생물학적 유효성 그리고 실패 위험도를 근거로 가장 적합한 밸러스트수 처리기술에 대한 선택이 시도되어야 할 것이다.

밸러스트수 처리에 관한 국제협약에 만족하기 위한 처리기술의 개발현황을 개괄하면 전 처리 여과장치를 사용하고 그 후단에 필수적인 2차 생물 사멸장치를 부가시키는 방법을 채택하고 있다. 여과공정은 큰 크기의 입자성 물질과 큰 생물체(대략 50 μ m 이상)를 여과하여 후단의 생물 사멸효과를 증진시킬 목적으로 사용되며 후단의 생물 사멸장치는 여과장치를 통과한 작은 크기의 플랑크톤과 주로 대장균과 같은 박테리아나 바이러스성 세균을 사멸시킬 목적으로 사용된다.

국제협약의 밸러스트수 성능기준에는 세균에 관한 조항이 들어가므로 동식물플랑크톤만을 겨냥한 많은 기존 공정들의 세균사멸공정 첨가가 필요하게 되었다.

⑦ 처리기술 전망

금번 IMO 외교회의에서 밸러스트수 관리에 관한 국제협약이 채택되어 2009년부터 국제항행에 종사하는 모든 선박은 협약에서 정하는 밸러스트수 교환기준을 만족하거나 성능기준에 적합한 설비를 갖

추어야 한다. 밸러스트수 교환기준을 만족하거나 성능기준에 적합한 설비를 갖추어야 한다.

밸러스트수 교환은 많은 시간과 노력이 필요하며, 근거리 항해시에는 그 작업이 불가능하고, 선박 안전에 심각한 위험을 초래할 가능성이 있으므로 근본적으로 처리기술의 개발에 역점을 두고 있다. 따라서 협약의 이행과 선진국의 개별 규제를 만족하기 위해서는 보다 강화된 밸러스트수 처리 성능기준에 만족할 수 있는 기술개발이 요구된다.

협약의 밸러스트수 처리 성능기준을 보면 10 μ m 이상의 살아있는 생물체와 3가지 미생물에 대한 기준을 만족하기 위해서는 전 처리 공정으로 10 μ m까지 살아있는 생물체를 걸러 줄 수 있는 여과 공정과 대상 미생물에 대한 기준에 만족할 수 있는 살균공정을 중심으로 경제적이며 효율적인 처리기술 개발이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

⑧ 최적 공정 선정

밸러스트수 처리를 위한 최적 공정 선정을 위해서는 우선 처리 기술은 선박의 안전과 경제적인 운전을 저해해서는 안되며, 선박의 설계 한계를 고려해야 한다. 선박과 선원의 안전, 환경적인 수용성, 경제성, 그리고 실용성에 있어 그 원칙적인 기준을 만족해야 한다.

대부분 선박에서 밸러스트수 처리 시 가장 큰 문제점은 처리유량이 대용량이어야 하며 그에 따른 처리시스템의 부피 및 중량과 비용이다. 선박의 크기에 따라 적용 시기는 다르지만 현존선과 신조선 모두 결국에는 협약의 규칙 D-2 밸러스트수 성능기준에 만족해야 한다.

현존선의 경우 이용할 수 있는 밸러스트 시간이 증가하는 문제가 발생된다. 그리고 밸러스트수 처리장치의 외부적 문제로는 처리 기술의 문제나 경제적인 비용문제를 제외하고도 이와 같은 대용량과

수두증가에 따른 대용량펌프의 한계 및 선내의 설치면적과 공간적인 문제가 대두된다.

(3) 대양에서의 밸러스트수 교환기술

많은 양의 화물을 옮기는 선박들은 적재 화물 없이 바다에서 운항하는 경우가 있고 또한 화물을 운반하는 경우에 있어서도 화물의 부분적하 상태가 존재한다. 이러한 non-homogeneous 적재 조건을 보정하기 위하여 또한 적재화물이 없는 경우에도 trim, heel, stability(안정성), strength(강도) 등 내항성 조건을 만족하기 위해 만재상태보다 약간 가벼운 ballast condition을 유지하도록 해수나 담수가 선박에 채워지게 된다.

이는 선박의 균형 유지와 안정성 및 안전성을 높이는 기능을 하며 화물을 충분히 적재하지 않은 경우에도 추진기와 방향타가 물 속에서 효과적으로 작동되게 하는 보조기능도 수행하고 있다.

밸러스트수는 선박이 철재로 건조되기 시작한 1870년대 후반부터 사용되고 있으며, 선박에 따라 밸러스트수를 적재하지 않고, 광석이나 모래 등을 밸러스트로 사용하고 있는 경우도 있으나, 오늘날에는 해수나 담수를 밸러스트로 사용하는 것이 보편화 되어 있다. 밸러스트수는 항만이나 수로, 대양에서 해수 또는 담수로 적재하며 분리된 밸러스트수 탱크나 빈 화물창에 담긴 상태로 운송되며, 해수에 섞여있는 해양생물은 밸러스트수와 함께 취수되어 선박의 밸러스트수 탱크로 옮겨진다.

선박의 특성상 밸러스트수를 대량으로 적재해야 하는 유조선이나 산적화물선(bulk carrier)의 경우, 산유국이나 철광석등의 원료 수출국이 수입국에 비하여 밸러스트수에 기생하는 병원균이나 외래 해양생물 종의 위험에 노출될 가능성이 많다. IMO(국제해사기구)에서는 매년 전 세계의 선박이 수백억톤의 밸러스트수를 옮기고 있으며 평균

3,000종 이상의 동식물이 전 세계적으로 매일 운반 되는 것으로 추정하고 있다.

밸러스트수를 배출하는 해역에 타 지역에서 서식하거나 기생하는 해양생물이 유입됨에 따라 기존의 토착 생태계를 파괴 할 뿐 아니라, 병원균 및 독성 생물체의 유입으로 인간의 건강을 위협하고 이와 같은 생물체를 처리하는데 상당한 비용이 소요된다. 특히 외래 해양생물종의 유입으로 인한 가장 큰 문제점은 토착 생태계에 심각한 영향을 주어 환경에 영구적인 영향을 미칠 수 있으며 지역 어업에 악영향을 가져올 수 있다.

선진국의 밸러스트수 관리 및 배출규제 노력과 함께 자국으로 들어오는 모든 선박의 밸러스트수 처리 및 관리기준을 실시하여 이에 따른 입항 불허 등의 조치를 취할 것으로 예상되므로 밸러스트 관리에 대한 종합적인 정책 수립과 지속적인 연구개발이 수행되어야 한다.

선박의 균형유지와 안정성 및 안전성을 유지하기 위하여 사용되는 밸러스트수의 교환시 선박의 구조적 손상 가능성이 있기 때문에 교환을 수행하는 담당자와 항해사는 사용되는 방법을 충분히 숙지하고 수행하여야 한다. 또한 선장은 선체종강도, 복원성, 슬로싱, 슬래밍, 프로펠러 잠김, 선수 흡수 등을 고려하여 정해진 절차에 따라 수행하여야 할 것으로 판단되며, 대양에서 밸러스트수 교환 시 모든 안전 문제들을 고려하고 다양한 방법과 각 선박 형태에 따른 구체적인 지침을 제공하기 위한 밸러스트수 교환지침을 작성하는 것이 시급한 과제라고 할 수 있다.

밸러스트수 교환 시 선박의 안전성, 안정성 및 구조적인 문제점을 파악하기 위하여 대상 선박을 선정하여 계산을 수행할 필요성이 있으며 이러한 계산수행을 위한 프로그램 개발이 절실히 필요하다고 할 수 있다.

3. 밸러스트수관리협약 이행 문제점

현재 각국의 의견이 양분화 되어 있으며 특히 미국 및 유럽국가는 조기 발효와 더 엄격한 처리기준 적용을 주장하고 있으며 일본, 중국 등 동남아시아 국가는 조기적용의 문제점등을 설명하면서 완화 규정 적용을 주장하고 있다.

특히 MARPOL 부속서 6이 지금까지 단지 3개국 비준이 지연됨으로써 대기오염에 규칙 적용에 장애물이 되는 것처럼 밸러스트수관리협약도 똑같은 어려움에 직면하게 될 것으로 예상된다. 이에 전임 사무총장이 “제한된 시간 내에 협약이 발효되지 않으면 협약을 무효로 선언하고, 요건을 재설정하기 위한 새 외교회의를 개최하자”는 말에 주목해야 할 것이며 밸러스트수관리협약을 원활하게 이행하기 위해서는 다음과 같은 문제점이 우선적으로 해결하여 업계에 피해가 발생치 않도록 하여야 할 것이다.

특히, 밸러스트수 교환을 200마일+200m 수심 지역이나 50마일+200m 수심지역에서 시행하지 못했을 경우 각 당사국이 밸러스트수 교환가능 지역을 지정하여야 하므로 우리나라도 각 항만별로 해양환경 생태계를 보호할 수 있는 범위 내에서 교환 가능지역을 검토하여 지정하여야 한다.

유해방오도로금지(AFS) 협약이 아직도 7개국만 비준하여 언제 협약이 발효될지 아무도 예상할 수가 없어서 산업계가 불확실성과 혼돈속에 있는데, 마찬가지로, 밸러스트수 관리협약도 Fixed date를 사용함으로써 2008년말까지 협약이 발효되지 아니하면 유사한 어려움에 처하게 될 것이다.

협약에서 결정한 시간표에 따라 모든 선박이 밸러스트수 처리장치를 설치해야 하는데 시간이 매우 촉박하여 기준에 맞는 장치를 제 때에 이용 가능할 수 있는지와 도크 설비나 제조자가 심각한 압박을 받을 것이고, 특히 선박 운항에 심각한 타격을 줄 것으로 예상된다.