

論文

밸러스트수내 유기물, 영양염류 및 중금속 농도 분포에 관한 연구

정광현* · 안종길

*(주)안전관리연구소

A study on the distribution of organic compounds, nitrogen, phosphorus and heavy metal in Ballast Water

Kwang-Hyun Cheong* · Jong-Gil Ahn

*Safety Management Institute co. Ltd., Ulsan, 680-060, Republic of Korea

요 약 : 연간 100억톤 이상 사용되는 선박의 밸러스트수를 통하여 병원균이나 외래해양생물종이 전 세계적으로 이동함에 따라 해양생태계의 교란·파괴가 심각한 문제의 하나로 대두되었다. 이에 선박 밸러스트수에 포함되어 다른 생태계로 전파되는 외래 생물종 및 병원균에 의한 해양환경 및 생태계 보호를 위하여 IMO에서는 2004년 2월 “선박의 밸러스트수와 침전물의 통제 및 관리를 위한 국제협약”을 완성, 채택하였다. 하지만, 선박이 이동하여 밸러스트수를 배출하게 되면 외래생물종이 옮겨질 뿐만 아니라 각종 오염물질도 함께 배출되어 방류해역을 오염시킬 수 있다. 그러나 이 협약은 오염물질의 이동이나 그로 인한 피해를 최소화하기 위한 규제를 전혀 언급하지 않고, 오직 수중생물이나 병원균과 같은 외래생물종의 이동을 최소화하는 데에만 초점을 맞추고 있다. 따라서 본 연구에서는 근거리 항해로 완전한 밸러스트수 교환이 어려우며 항만공사 및 해양자원 개발이 활발히 이루어지고 있는 동북아시아 주요항구로부터 출항하여 우리나라 항내에서 밸러스트수를 배출하는 선박의 밸러스트수 샘플을 채취하여 밸러스트수의 체계적인 관리에 필요한 기초자료로써 주요항에 출·입하는 선박의 밸러스트수 오염도를 확인하였다.

핵심용어 : IMO(국제해사기구), 밸러스트수, 병원균, 외래생물종

ABSTRACT : There is a growing concern about the damage to aquatic ecosystem caused by immigration of non-indigenous species. It is estimated that more than 10,000 million tons of ballast water is transported by shipping activities annually, and ballast water has been recognised as a major vector for the transplant of aquatic species across bio-geographical boundaries. The problem of harmful aquatic organism in ballast water for the control and management of ships' ballast water and sediments was adopted and diplomatic conference of IMO at February 2004. At once ballast water is transported by shipping activities for organic compounds, nitrogen, phosphorus and heavy metal etc. but, It's fixing a focus only for the transported of Pathogenic bacteria and non-indigenous species. Hence, this studies on the distribution of organic compounds, nitrogen, phosphorus and heavy metal in ballast water during the shipping activity with the basic data which is necessary to the systemic manage of ballast water.

KEY WORDS : IMO(International Maritime Organization), Ballast water, Pathogenic bacteria, Non-indigenous species

1. 서 론

해양공간 및 해양자원의 개발·활용이 활발해 짐에 따라, 연안 해역에서의 환경오염의 가능성이 날로 증가하고 있는 현실이다. 이러한, 해양환경의 주원인은 인위적 또는 자연적으로 해양으로 유입되는 각종 폐기물, 기름의 유출, 적조 등 여러 가지가 있으나, 해상운송량의 증가에 따라 선박운항 중에 발생하는 환경위해 물질에 의한 해양환경 오염도 급격하게 증가하고 있는 실정이다¹. 기름오염방지, 유해액체물질 배출규제, 선박대기오염방지, 선박오폐수 배출규제, 유해 선저방오도로(TBT) 사용금지, 선박 밸러스트수 제어 및 관리, 선박해철작업(바젤협약 관련) 오염방지, 해양투기 제한² 등이 선박의 운항에 기인하는 해양환경 오염의 주된 원인으로 주

목받고 있다. 특히, 연간 100억톤 이상 사용되는 선박의 밸러스트수를 통하여, 밸러스트수에 기생하는 병원균이나 외래 해양 생물종이 전 세계적으로 이동함에 따라 해양 생태계의 교란·파괴가 심각한 문제의 하나로 대두되었다. 이에 선박 밸러스트수에 포함되어 다른 생태계로 전파되는 외래 생물종 및 병원균에 의한 해양환경 및 생태계 보호를 위한 IMO의 밸러스트수 관리 및 규제가 점차 강화되고 있는 실정이다.

이에 IMO에서는 10여년 간의 준비를 통해 2004년 2월 “선박의 밸러스트 수와 침전물의 통제 및 관리를 위한 국제협약”을 완성, 채택하였다³. 이 협약은 밸러스트수 용량에 따라 5가지로 구분하여 배출요건을 규정함으로써 2009년부터 단계적으로 밸러스트수 처리 장치를 선박에 탑재하도록 의무화하였다⁴. 또한, 이 IMO 국제협약이 발효될 경우, 자국으로

입항하는 대부분의 선박은 밸러스트수 처리 및 관리기준을 적용 받고, 이를 만족시키지 못할 경우 회원국은 자국의 국내법으로 밸러스트수를 관리할 권한을 가진다. 따라서 기항국 검사관은 입항 선박을 방문하여 선박의 유효한 증서 보유 여부를 확인하고, 밸러스트수 기록부를 점검하며 밸러스트수의 샘플을 채취하는 등 검사를 실시하고 입항불허 등의 조치를 취할 것으로 예상된다.

하지만, 선박이 이동하여 밸러스트수를 배출하게 되면 외래생물종이 옮겨질 뿐만 아니라 각종 오염물질도 함께 배출되어 방류해역을 오염시킬 수 있다. 그러나 이 협약은 오염물질의 이동이나 그로 인한 피해를 최소화하기 위한 규제를 전혀 언급하지 않고, 오직 수중생물이나 병원균과 같은 외래생물종의 이동을 최소화하는 데에만 초점을 맞추고 있다. 또한, 밸러스트수에 의한 해양생태계 파괴 및 해양오염을 방지하기 위한 방안으로 선박이 항만 내에 입항하기 전 일정한 해역에서 밸러스트수를 교환하는 방안과 적재하고 있는 밸러스트수를 물리, 화학적인 방법으로 살균이나 소독하는 방안이 제시되었다. 그러나, 밸러스트수의 교환은 근거리의 경우 완전한 교환이 어렵고 물리, 화학적인 방법으로 살균하는 방법의 경우도 오직 수중생물이나 병원균과 같은 외래생물종의 이동을 막기 위한 방안이다. 따라서 본 연구에서는 근거리 항해로 완전한 밸러스트수 교환이 어려우며 항만공사 및 해양자원 개발이 활발히 이루어지고 있는 동북아시아 주요항구로부터 출항하여 항내에서 밸러스트수를 배출하는 선박의 밸러스트수 샘플을 채취하여 밸러스트수의 체계적인 관리에 필요한 기초자료로써 주요항에 출입하는 선박의 밸러스트수 오염도를 확인하고 그 실험 결과를 연안수질 DB와 비교하고 분석해 보았다.

2. 밸러스트수의 시료 취수 및 분석방법

밸러스트수내의 유기물, 영양염류 및 중금속을 조사하기

위하여 2005년 6월부터 2005년 12월까지 총 2회(반기별간격)에 걸쳐 각각 2번씩 국내 주요항 및 동북아 주요항에서 밸러스트수가 취수된 선박에 한해 조사가 진행되었다.

2.1 시료의 취수

밸러스트수의 취수는 갑판이나 선내에 위치한 밸러스트탱크의 맨홀을 개방하여 채수하였으며 또한 탱크의 맨홀에 접근이 용이하지 않은 경우에 펌프를 이용하여 밸러스트수를 배출하여 분출되는 밸러스트수를 취수하였다. 또한 선박의 구조 상 두 가지 방법이 수월치 않은 경우에는 기관실이나 펌프실에서 밸러스트수를 취수하였다. 여기에 사용된 시료채수기는 금속물질로부터 오염을 막기 위하여 나일론 줄과 메신저를 이용한 Go-Flow 니스틴 취수기를 사용하였으며, 시료용기는 사용전에 미리 0.1N 염산용액으로 세척한 후 탈이온수로 세척하여 마개가 있는 경질 유리용기를 사용하였으며 시료를 용기에 넣기 전에 동일 취수시료를 3회 이상 충분히 행구어낸 뒤 시료를 취수하였다.

조사 선박 및 밸러스트수의 취수 위치는 표 1과 그림 1에 나타내었다.

2.2 분석방법

실험에 필요한 분석 항목은 염분, 부유입자물질(SPM: Suspended Particulate Matter), 용존산소(DO: Dissolved Oxygen), 화학적산소요구량(COD: Chemical Oxygen Demand), 총 질소, 총 인, 구리(Cu), 납(Pb), 니켈(Ni), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 코발트(Co), 크롬(Cr), 비소(As), 수은(Hg), 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs), 트리부틸주석화합물(TBT: Tributyltin) 등이며, 본 실험의 분석방법은 해수공정시험법과 Standard Method에 의하여 실시하였다⁶⁾.

염분은 전기전도도 원리를 이용한 Salinometer를 이용하였고, 부유입자물질(SPM)은 잘 혼합된 일정량의 시료를 미리 무게를 알고 있는 여과지 Nucleopore 또는 Membrane에

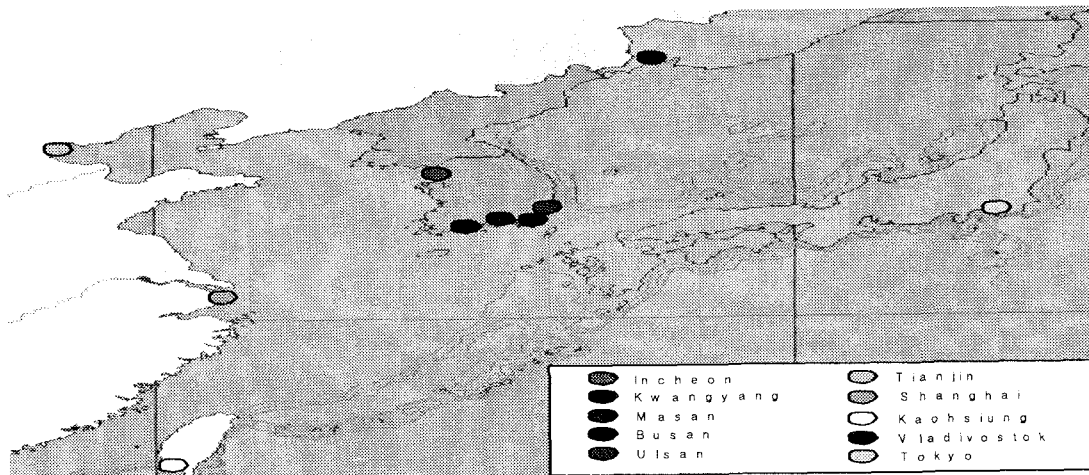


그림 1 조사 선박의 밸러스트수 취수 위치

<표 1> 조사 선박

Location of Ballasting	Name of vessel	Use of ship	Ballasting date
Incheon	원진에이스	Chemical Tanker	2005. 6. 25
	우영	Chemical Tanker	2005. 6. 27
	15홍국	Oil Tanker	2005. 12. 5
	드래곤에이스 7	Chemical Tanker	2005. 12. 19
Yosu & Gwangyang	동주마리너	Chemical Tanker	2005. 6. 12
	폴던	Oil Tanker	2005. 6. 16
	대광	Oil Tanker	2005. 12. 22
	모닝씨	Sulphur Carrier	2005. 12. 22
Masan	와룡	Oil Tanker	2005. 6. 15
	용구	Oil Tanker	2005. 6. 15
	태광	Oil Tanker	2005. 12. 7
	동주	Oil Tanker	2005. 12. 7
Busan	폴던	Oil Tanker	2005. 6. 16
	보광1	Oil Tanker	2005. 6. 16
	삼강	Oil Tanker	2005. 12. 12
	대광	Oil Tanker	2005. 12. 12
Ulsan	포천해베	Oil Tanker	2005. 6. 13
	한양에이스	Oil Tanker	2005. 6. 13
	아로포레스트	Chemical Tanker	2005. 12. 8
	새한철과	Sulphur Carrier	2005. 12. 8
Shanghai, China	YU CHI	Oil Tanker	2005. 6. 14
	DA QING 438	Oil Tanker	2005. 6. 19
	JIN CHI	Oil Tanker	2005. 12. 6
	IL MOOK	Oil Tanker	2005. 12. 22
Tianjin, China	WOO CHOON	Chemical Tanker	2005. 6. 19
	DONG TING HU	Oil Tanker	2005. 6. 28
	WOO TAE	Chemical Tanker	2005. 12. 3
	SUNNY IRIS	Chemical Tanker	2005. 12. 18
Hongkong, China	SUN DIAMOND	Oil Tanker	2005. 6. 13
	ORIENTAL SKY	Oil Tanker	2005. 7. 2
	SITA CAMILLA	Oil Tanker	2005. 12. 12
	STOLT AYAME	Oil Tanker	2005. 12. 29
Kaohsiung, Taiwan	WOO YOUNG	Chemical Tanker	2005. 6. 6
	MANDALAY	Chemical Tanker	2005. 7. 13
	ARO FOREST	Chemical Tanker	2005. 8. 13
	LADY ANNE	Chemical Tanker	2005. 12. 1
Tokyo, Japan	HARUNA EXPRESS	Oil Tanker	2005. 6. 14
	STOLT KIKYO	Chemical Tanker	2005. 6. 23
	WOOLIM DRAGON	Chemical Tanker	2005. 11. 29
	PACIFIC SUNSHINE	Oil Tanker	2005. 12. 9
Vladivostok, Rusia	BOW CECIL	Chemical Tanker	2005. 7. 19
	ATARAXIA	Bulk Carrier	2005. 7. 26
	OKEANRY BFLOT	Chemical Tanker	2005. 10. 13
	TOPLESS	Chemical Tanker	2005. 11. 25

여과한 후 105~110℃에서 항량으로 건조하여 여과지의 무게를 달아 증가한 무게를 부유물질의 양으로 한다. 용존산소(DO)는 윙클러-아지드화 나트륨 적정법을 사용하였고, 화학적산소요구량(COD)는 시료를 알칼리성으로 하여 강산화제인 과망간산칼륨 일정과량을 넣은 다음 일정시간 가열 반응시키고 요오드화칼륨 및 황산을 넣어 남아있는 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드의 양으로부터 산소의 양을 측정하는 방법을 사용하였다. 또한 총 질소는 시료 중의 암모니아질소, 아질산질소, 유기성질소, 입자성질소등을 알칼리성 과황산칼륨으로 분해하여 질산질소로 산화시킨 후 카드뮴-구리 환원칼럼을 통과시켜 질산이온을 아질산 이온으로 환원하여 비색 정량한다. 그리고 총 인은 시료중의 용존, 입자형태 또는 무

기, 유기형태 등 모든 인 화합물을 과황산칼륨 (K₂S₂O₈)으로 산화 분해하여 인산염(PO₄-P)형태로 변화시킨 다음 아스코르빈산 환원법으로 비색 정량한다. 나머지 중금속이나 유해 화학물질은 울산대 공동기기센터에 의뢰하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

선박이 이동하여 밸리스트수를 배출하게 되면 외래생물종이 옮겨질 뿐만 아니라 각종 오염물질도 함께 배출되어 방류해역을 오염시킬 수 있다. 그러나 IMO 협약은 오염물질의 이동이나 그로 인한 피해를 최소화하기 위한 규제를 전혀 언급하지 않고, 오직 수중생물이나 병원균과 같은 외래생물종

의 이동을 최소화하는 데에만 초점을 맞추고 있다. 즉, 부속서 D절 규칙 D-2의 밸러스트수 성능기준에는 오직 콜레라균, 대장균, 장내구균 등 미생물만이 규제대상에 포함되어 있으나 유기물, 적조등을 발생시키는 영양염류, 독성물질인 중금속 및 유해화학물질과 같은 해양오염물질은 규제대상에 포함되어 있지 않다. Table 2와 같이 약 10만톤의 폐수유를 적재할 수 있는 대형유조선이 화물을 신지 않고 공선 상태로 오염된 항구로부터 입항할 경우 약 4만톤의 오염된 밸러스트수를 항구에 배출하게 되고, 많은 척수의 선박들이 항구를 중심으로 연안 해역에 모여들어 밸러스트수를 항구나 연안 해역에 집중적으로 배출할 경우에는 방류해역의 수질환경이 악화될 가능성이 크기 때문에, 오염물질별, 배출량별 및 배출

해역별 밸러스트수의 수질기준을 반드시 밸러스트수 성능기준에 포함시키고, 이 기준을 적용하는 것이 바람직하다².

3.1 수질환경보존법상 오염물질의 배출허용기준

<표 3>과 같이 폐수배출시설에서 배출되는 BOD 등 오염물질의 배출허용기준은 1일 폐수배출량을 기준으로 대상규모를 분류하고, 3개의 항목, 즉 생물학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD) 및 총 질소(T-N), 총 인(T-P)을 기준항목으로 정하고 있다. 또한, 폐수배출시설에서 배출되는 중금속 물질 및 유해화학물질의 배출허용기준은 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn) 및 PCBs 등 8개의 기준항목에 대하여 4개의

<표 2> 선종 및 선박톤수별 밸러스트 용량

Vessel Type	Ballast Condition				
	DWT	Normal (Tonnes)	% of DWT	Full (Tonnes)	% of DWT
Bulk Carrier	250,000	75,000	30	113,000	45
Bulk Carrier	150,000	45,000	30	67,000	45
Bulk Carrier	70,000	25,000	36	40,000	57
Bulk Carrier	35,000	10,000	30	17,000	49
Tanker	100,000	40,000	40	45,000	45
Tanker	40,000	12,000	30	15,000	38
Container	40,000	12,000	30	15,000	38
Container	15,000	5,000	30	N/A	
General Cargo	17,000	6,000	35	N/A	
General Cargo	8,000	3,000	38	N/A	
Passenger/RORO	3,000	1,000	33	N/A	

Source: Australian Quarantine & Inspection Service 1993. Ballast Water Management. Ballast Water Research Series Report No.4 AGPS Canberra.

<표 3> 폐수배출시설에서의 항목별 배출허용기준⁸ (unit: mg/ℓ)

오염물질 항구	BOD	COD	TN	TP	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd	As	Hg	PCBs
청정지역	30	40	30	4	0.5	0.2	1	0.5	0.02	0.1	불검출	불검출
가 지역	60	70	60	8	3	1	5	2	0.1	0.5	0.005	0.003
나 지역	80	90	60	8	3	1	5	2	0.1	0.5	0.005	0.003
특례지역	30	40	60	8	3	1	5	2	0.1	0.5	0.005	0.003

<표 4> 폐수종말처리시설 방류수 수질기준⁸ (unit: mg/ℓ)

구 분	적용기간 및 수질기준		
	2007.12.31까지	2008.1.1부터 2012.12.31까지	2013.1.1이후
생물화학적산소요구량 (BOD) (mg/l)	30(30)이하	20(30)이하	10(10)이하
화학적산소요구량 (COD) (mg/l)	40(40)이하	40(40)이하	40(40)이하
부유물질량 (SS) (mg/l)	30(30)이하	20(30)이하	10(10)이하
총질소(T-N) (mg/l)	60(60)이하	40(60)이하	20(20)이하
총인 (T-P) (mg/l)	8(8)이하	4(8)이하	2(2)이하
대장균수 (개/ml)	-	3,000이하	3,000(3,000)이하

지역구분, 즉 청정지역, 가 지역, 나 지역 및 특례지역으로 나누어 적용한다.

<표 4>는 폐수종말처리시설 방류수 수질기준을 나타내고 있는데, <표 3>에서 나타난 폐수처리시설의 오염물질 배출기준 항목인 생물학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD) 및 부유물질량(SS)을 포함하고 있을 뿐만 아니라, 총질소(T-N), 총인(T-P) 및 대장균수의 항목이 포함되어 있다. 이 수질기준은 연차적으로 강화하도록 예정되어 있다².

3.2 밸러스트수 수질 결과

우리나라 주요항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수의 샘플을 취수하여 실험하였으며, 그 결과와 “환경관리해역 환경개선연구(III), 해양수산부” 자료의 주요항 해양수질을 비교해 보았다. 또한, 기타 지역의 주요항으로부터 입항하는 선박

의 밸러스트수도 샘플을 취수하여 실험해 보았다.

1) 우리나라 주요항으로부터의 밸러스트수 수질 결과

환경관리해역 환경개선연구에서의 해양수질은 <표 5>와 같으며 밸러스트수 실험결과는 <표 6>과 <그림 2>와 같이 나타내었다. 그 결과 환경관리해역 환경개선연구에서의 해양수질은 유기물 및 영양염류의 경우 III등급 수질이었으며, 중금속 및 유해화학물질등도 수질환경보존법상 폐수배출시설의 오염물질 배출허용기준에는 미치지 않았다. 또한, 우리나라 주요항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수를 취수하여 실험한 결과는 환경관리해역 환경개선연구에서의 해양수질 결과치 보다는 높은 수치를 보이고 있다. 항구별로 보면 오염물질별로 차이를 보이고 있지만 유기물 및 영양염류의 경우 마산항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질이 가장 좋지 않은 것으로 나타났으며, 중금속 및 유해화학물질의 경우

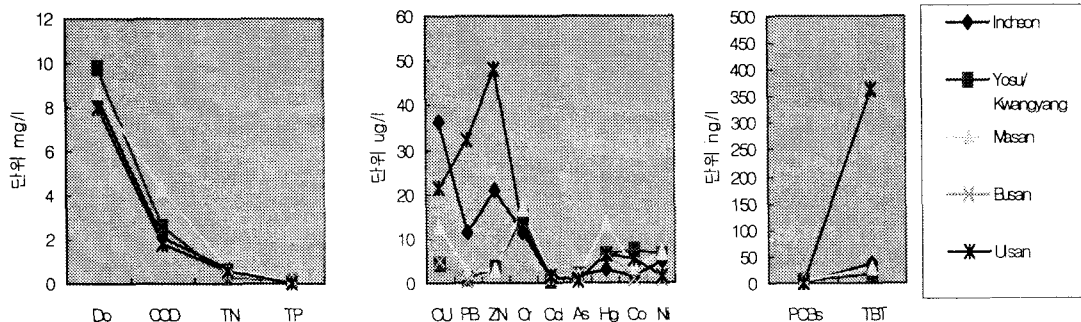
<표 5> 주요항만의 해양수질

오염물질 항구	DO mg/l	COD mg/l	TN mg/l	TP mg/l	Cu ug/l	Pb ug/l	Zn ug/l	Cr ug/l	Cd ug/l	As ug/l	Hg ug/l	Co ug/l	Ni ug/l	PCBs ng/l	TBT ng/l
인천	8.02	1.50	0.59	0.04	5.5	0.28	10.8	-	0.30	-	-	0.26	4.50	0.08	45
여수 광양	9.04	2.22	0.15	0.07	1.0	0.09	0.8	0.24	0.08	1.3	5.2	0.20	0.05	2.05	12
마산	8.38	3.47	0.61	0.10	2.8	0.69	1.0	-	0.31	-	11.8	2.22	5.00	1.94	23
부산	8.01	1.88	0.34	0.06	2.0	0.06	4.1	0.30	0.01	-	6.0	0.08	0.14	1.23	426
울산	7.73	1.97	0.54	0.04	24.6	-	35.1	-	0.42	-	-	3.21	-	1.87	68

비고: 자료가 없는 부분은 표시하지 않음

<표 6> 우리나라 주요항만으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질

오염물질 항구	DO mg/l	COD mg/l	TN mg/l	TP mg/l	Cu ug/l	Pb ug/l	Zn ug/l	Cr ug/l	Cd ug/l	As ug/l	Hg ug/l	Co ug/l	Ni ug/l	PCBs ng/l	TBT ng/l
인천	8.36	2.14	0.68	0.07	36.4	11.5	20.6	11.6	0.87	1.6	3.1	1.46	5.20	0.46	36
여수 광양	9.81	2.58	0.32	0.09	4.6	0.9	3.6	14.7	0.31	1.9	6.3	7.32	6.30	3.01	18
마산	8.72	4.32	0.73	0.15	12.7	2.3	3.2	16.9	1.61	1.7	13.2	3.39	6.94	2.13	29
부산	7.93	1.82	0.36	0.06	5.2	0.7	7.8	4.2	1.21	1.5	7.1	0.82	0.93	1.56	434
울산	8.01	1.78	0.62	0.04	21.3	32.4	48.1	13.1	1.28	0.3	6.3	5.52	1.32	1.88	362



<그림 2> 우리나라 주요항만으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질

인천항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질에서는 구리 (Cu) 성분이 가장 높으며, 여수·광양항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질에서는 비소(As), 코발트(Co) 및 PCBs 성분이 가장 높았으며, 마산항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질에서는 크롬(Cr), 카드뮴(Cd), 수은(Hg) 및 니켈(Ni) 성분이 가장 높았으며, 부산항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질에서는 TBT 성분이 가장 높았으며, 울산항에서 출항하는 선박의 밸러스트수 수질에서는 납(Pb) 및 아연(Zn) 성분이 가장 높은 것으로 조사 되었다.

2) 동북아시아 주요항으로부터의 밸러스트수 수질 결과

총 2회에 걸쳐 반기별, 항구별로 나누어서 항구별 각각 2 회씩 샘플을 취수하여 실험을 하였으며, 그 결과는 <표 7> 및 <그림 3>과 같이 나타내었다. 그 결과 유기물 및 영양염류의 경우 큰 강을 끼고있는 중국의 상하이항이나 텐진항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질이 가장 좋지 않은 것으로 조사되었으며, 중금속 및 유해화학물질의 경우 황사, 항만개발, 폐쇄성 항구등의 영향으로 중국의 상하이항이나 텐진항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질이 좋지 않은 것으로 조사되었다. 또한, 홍콩항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질의 경우는 우리나라의 여수·광양항과 유사한 수치를 보였으며, 대만의 카오슝항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 조사결과 수질이 가장 양호한 것으로 조

사되었다. 그리고 일본의 동경항 및 러시아의 블라디보스토크로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질의 경우는 우리나라의 부산항과 유사한 수치를 보였으나 오염물질별로는 <표 7>에서 보는바와 같이 다소의 차이를 보이고 있다.

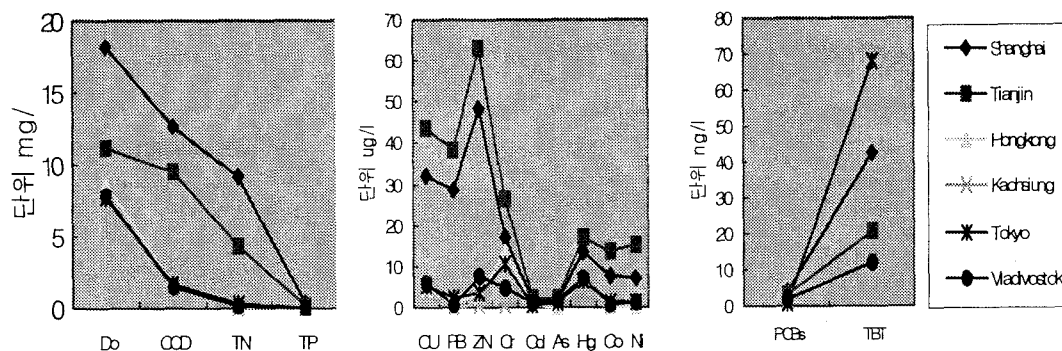
4. 결 론

토착 생태계에서 외래종의 유입은 심각한 환경 문제로 인식되어 왔다(Elton, 1958). 또한 밸러스트수는 해양에서 외래종의 유입에 매우 중요한 인자로 인식되고 있으며(Carlton, 1985 review)⁹, 그로인하여 2004년 2월 13일 런던의 국제해사기구 본부에서 열린 외교회의에서 “선박 밸러스트수 및 침전물의 제어 및 관리에 관한 국제협약”이 채택되었다. 하지만, 본 연구에서는 외래종의 유입 이외의 밸러스트수를 통해 이동되어지는 해양오염물질을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을수 있었다.

1. 선박의 밸러스트수의 취수는 해저로부터 비교적 가까운 위치에서 취수하기 때문에 해양수질 연구자료에 비하여 전체적으로 비교적 높은 수치를 보이는것을 알수 있다. 그러므로 동북아시아로부터 밸러스트수를 싣고 입항하는 선박의 경우 그 지역의 수질보다 좋지 않은 해수를 싣고와 항내에 배출하

<표 7> 동북아시아 주요항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질

Pollutant Port	DO mg/l	COD mg/l	TN mg/l	TP mg/l	Cu ug/l	Pb ug/l	Zn ug/l	Cr ug/l	Cd ug/l	As ug/l	Hg ug/l	Co ug/l	Ni ug/l	PCBs ng/l	TBT ng/l
Shanghai	10.2	9.74	4.09	0.17	32.1	28.6	48.3	17.1	1.87	1.93	13.3	7.32	6.96	3.68	43
Tianjin	9.11	4.44	1.34	0.12	43.6	38.6	63.2	26.3	2.08	2.61	17.2	13.6	14.9	3.07	21
Hongkong	8.73	1.69	0.13	0.04	4.7	1.0	3.1	13.2	0.34	0.21	7.1	0.26	0.24	1.56	12
Kaohsiung	7.72	1.32	0.07	0.03	3.1	0.1	0.8	0.30	0.31	0.97	3.2	0.82	0.93	1.56	13
Tokyo	7.74	1.74	0.34	0.06	5.3	2.3	3.6	10.6	0.77	1.21	6.3	0.97	1.32	0.43	68
Vladivostok	7.86	1.56	0.11	0.06	5.6	0.4	7.3	4.6	1.12	1.63	6.9	0.82	0.96	1.89	12



<그림 3> 동북아시아 주요항으로부터 입항하는 선박의 밸러스트수 수질

는 것을 예상할 수 있다.

2. 우리나라의 주요항으로부터 밸러스트수를 싣고 입항하는 선박의 밸러스트수 수질 조사결과 III등급 수준의 수질을 보이고 있다. 그러므로, III등급 수질의 항구로부터 밸러스트수를 취수하여 I등급 및 II등급 수질의 항구로 입항할 경우에도 밸러스트수를 항해중 교환하고 입항해야 할 것으로 사료된다.

3. 동북아시아의 주요항으로부터 밸러스트수를 싣고 입항하는 선박의 밸러스트수 수질 조사결과 항만개발 및 고성장을 하고 있는 중국의 주요항만들로부터 취수한 밸러스트수의 수질이 가장 좋지 않은 것으로 조사되었으며, 나머지 지역으로부터 취수한 밸러스트수의 수질은 우리나라 주요항만 수준의 수치를 보였다. 또한, 중국의 주요항으로부터 취수한 밸러스트수의 경우 1분기에 취수한 밸러스트수 샘플에서 중금속 수치가 높은 것으로 보아 황사의 영향으로 2분기 보다 높은 수치를 보이는 것으로 사료된다.

4. 유해화학물질의 경우는 우리나라의 주요항에서 높은 수치를 보이고 있음을 알 수 있는데, PCBs는 석유화학단지가 밀집되어있는 여수·광양항 및 울산항에서 높은 수치를 보였으며, TBT는 조선소가 밀집되어있는 부산항 및 울산항에서 높은 수치를 보였다.

5. 중국의 경우 대부분의 오염물질 수치가 타 지역에 비하여 높은 수치를 나타내고 있다. 국제협약이 발효되면 외래생물종 뿐만 아니라 오염도가 심한 항구로부터 입항하는 선박은 특별관리하는 방안이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

앞으로 선박이 이동하여 밸러스트수를 배출하게 되면 외래생물종이 옮겨질 뿐만 아니라 각종 오염물질도 함께 배출되어 방류해역을 오염시킬 수 있으므로, 우리나라 주요항을 포함한 오염도가 심한 항구로부터 밸러스트수를 싣고 입항하는 선박의 경우 특별관리가 필요하고, 또한, 동북아시아와 같이 근거리를 항해하면서 완전한 밸러스트수 교환이 어려운

선박을 위하여 교환 가능한 지역을 설정하여 관리하는 것이 깨끗한 항만, 보다 안전한 먹거리를 유지하는데 필수적이라 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김은찬외 3명, 밸러스트수 관리 국제협약 제정과 처리기술개발, 한국해양연구원, 2004, 한국해양환경공학회, p. 131~137.
2. 김광수, 밸러스트수 국제협약 수용을 위한 입법화 방안, 목포해양대 교수, 2005. 해양환경안전학회 제11권 제2호.
3. International Convention for the Control and Management of ship's Ballast water and Sediments, IMO, Feb. 2004.
4. 김은찬외 3명, 밸러스트수 관리 장치 개발 및 승인을 위한 IMO 지침서 고찰, 한국해양환경공학회, 2004년도 추계학술대회 논문집, p.42~51.
5. 공정시험법, 동화기술, p.469~477, 1992.
6. Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th edition, APHA, p.2~60, 1992.
7. Australian Quarantine & Inspection Service, 1993. Ballast water management ballast water Research series Report No.4
8. 환경부, 환경부령 제203호, 수질환경보존법 시행규칙
9. E&C 연구소, 해양 동식물상, 2003.
10. Calton J. T., 1985. Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organism the biology of ballast water. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 23: 313-371.
11. <http://globallast.imo.org>