

항만의 환경오염 저감방안에 관한 연구*

송계의** · 한철환***

A Study on the Strategies for the Reduction of Port Pollution

Gye-Eui Song · Chul-Hwan Han

목 차

- | | |
|-------------|-----------------------|
| I. 서론 | III. 항만의 환경오염 실태 및 규제 |
| II. 기존문헌 고찰 | 1. 항만의 환경오염 실태 |
| 1. 국내연구 | 2. 항만 환경오염에 대한 규제 |
| 2. 해외연구 | IV. 항만의 환경오염 저감방안 |
| | V. 결론 |

Key Words: 환경오염, 환경친화적 항만, Green Port

Abstract

Recently, International institution such as IMO and major maritime countries have introduced various regulations and steps to reduce port pollution. However, recognition of environmental pollution from ports is not sufficient for Korean policy makers and port communities. The purpose of this paper is to examine solutions to port pollution problems and suggests some implications to Korean ports to become a green port. To this aim, necessity of regulation on environmental pollution from port operation; literature survey on port's environmental pollution; current conditions of international port pollution; various regulations and policies governing major ports are conducted in this paper.

Our main findings are as follows; First, air pollution from ship can be reduced by providing electric power at docks while at berth, Second, in case of cargo-handling equipment, retire old equipment and switch to cleaner fuel such as low-sulfur fuel and diesel emulsions. Third, offering incentives for the installation of pollution controls and minimizing idling by enforcing idling limits or by installing idle shutoff controls can be recommended for reduction of air pollution of truck and rail at ports.

▷ 논문접수: 2007.02.21 ▷ 심사완료: 2007.03.04 ▷ 게재확정: 2007.03.07

* 본 논문은 2006년도 영남 Seagrant사업단 연구비의 지원을 받아 수행되었음.

** 동서대학교 국제관계학부 교수, gesong@dongseo.ac.kr, (051)320-1635.

*** 교신저자, 동서대학교 국제관계학부 교수, chhan16@dongseo.ac.kr, (051)320-1608.

I. 서론

세계교역의 신장과 그에 따른 항만 경유 화물운송의 증대로 항만은 지역 및 국가 경제 활동의 중심지임과 동시에 연안 도시권의 주요 환경오염원이라는 인식이 점차 확대되고 있다. 선박, 트레일러, 기차, 화물처리장비 등과 같은 디젤엔진에서 발생하는 배기가스는 항만근로자뿐만 아니라 지역주민의 건강에도 상당한 악영향을 미쳐 외국의 경우 지역주민과 환경단체들로부터 많은 민원을 야기하고 있는 실정이다. 항만을 중심으로 이루어지는 선박, 트레일러, 기차, 하역장비들이 배출하는 디젤배기가스는 현장근로자들 뿐만 아니라 인근 지역민들의 건강 및 생활환경을 악화시키고 있다.

이처럼 항만에서 발생하는 환경오염이 심각해짐에 따라 국제적으로 선박 및 항만에서 발생하는 환경오염을 규제하는 각종 규제들이 잇달아 도입되고 있다. 특히 2005년 2월 교토의정서 발효에 따른 지구온난화 가스의 배출 규제 조치에 이어 2005년 5월 국제해사기구(IMO)가 '선박의 대기오염물질 배출 규제협약'의 시행에 들어간 것이 그 대표적 사례이다. 교토의정서의 경우 1차감축대상국에 대해 이산화탄소 등 6종의 지구온난화 가스를 1990년 수준보다 5.2% 줄이도록 하고 규정하고 있다. 또한 국제해사기구는 지구전체 배출량의 7%와 12%를 차지하고 있는 선박으로부터 배출되는 질소산화물(NOx)과 황산화물(SOx) 등의 대기오염물질을 엄격히 규제할 방침이다. 이와 같은 세계적인 환경오염 규제에 따라 일본, 미국, EU 등 주요 환경선진국들도 국제기준 보다 높은 배출기준을 설정하는 등 선박 및 항만에서 발생하는 환경오염에 대한 규제가 갈수록 강화되고 있는 실정이다.

그럼에도 불구하고 지금까지 우리나라의 경우 환경오염 방지 노력은 주로 육상기인 오염원에 대한 규제 일변도로 진행되어 옴으로써 항만에서 발생하는 환경오염원에 대한 연구 및 정책대안은 상대적으로 부족한 상황이다. 지금까지 이루어진 30여개 이상의 인체역학 연구결과에 따르면 디젤배기가스는 암 발생 위험을 크게 증가시키는 것으로 나타났으며, 특히 디젤배기가스에 내포된 디젤분진(PM), 휘발성유기화합물(VOCs), 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 등은 천식, 호흡기질환, 심장질환, 폐암, 조산 등 인체에 치명적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 특히 항만기인 환경오염에 대한 피해는 주로 항만인근 지역에 거주하고 있는 주민들에게 직접적 영향을 미치는 바 이들 지역에 거주하는 사람들 대부분이 저소득층에 속하는 소외계층인 점을 감안할 때 소위 '환경정의(environmental justice)' 문제를 야기할 수 있다는 점에서 중차대한 문제이다. 이 같은 상황은 향후 우리나라도 예외가 아닐 것으로 예상되는 바 그 이유는 첫째, 우리나라도 교토의정서 및 IMO 협약에 가입한 상태이기 때문에 협약에서 정한 의무를 이행해야 하고, 둘째, 부산항을 비롯한 국내 항만 대부분이 배후지역에 거대도시를 끼고 있어 향후 지속적인 민원발생 가능성이 높은 것으로 판단된다.

이에 본 연구는 항만에서 발생하는 대기 및 수질 오염원과 이것이 항만근로자 및 지역주민의 건강에 미치는 영향을 검토함은 물론, 항만의 환경오염 실태 및 규제현황을 조사하

고, 세계 주요국의 항만 환경오염 규제 조치를 검토함으로써 향후 국내 항만에 대한 시사점을 제시하고자 한다. 본 연구의 주요 내용은 다음과 같다. 먼저 II장에서 항만관련 환경문제에 대한 국내외 문헌들을 고찰한 후 III장에서 세계 주요 항만 및 부산항의 환경오염 실태를 분석하고 이어 국제적으로 전개되고 있는 항만의 환경오염에 대한 규제를 고찰한다. IV장에서는 세계 주요 항만에서 추진되고 있는 항만의 환경오염 저감방안을 토대로 Green Port화 전략을 제시하고, V장에서는 이를 위한 항만관리 및 정책적 측면에서 대안을 제시하였다.

II. 기존 문헌 고찰

1. 국내연구

항만의 환경오염에 관한 국내연구는 그동안 환경친화적 항만관리 방향에 관한 법·제도적 측면에서 원론적 연구가 주류를 이루어 왔다. 최동현 외(2000)는 마산항의 오염실태를 폐기물, 수질, 선박기인 오염 측면에서 조사한 후 오염원별 관리방안 및 항만오염물질의 총량규제 제도 도입을 주장하였다.¹⁾ 이어 최동현 외(2001)는 항만의 계획, 건설, 운용 전 단계에서의 올바른 환경관리를 통한 환경친화적 항만정책의 실효성을 확보하고 항만기본계획과 별도로 항만환경계획의 수립을 제안하였다.²⁾ 정봉민 외(2004)는 컨테이너항만 개발시 발생하는 환경문제의 외부비용을 평가하기 위한 방법론의 사례들을 미국항만을 대상으로 제시하였다.³⁾ 또한 박노경(2004)은 유럽과 선진국 학자들에 의해서 개발된 항만의 환경관리를 위한 자가진단방법(Self Diagnosis Methodology)을 국내 항만을 대상으로 적용함으로써 항만별 환경관리실태를 제시하였다.⁴⁾ 그 외 한국해양수산개발원(2005)은 최근 부각되고 있는 항만의 대기오염 규제에 대한 국제기구 및 주요국들의 대응 동향을 소개하고 있다.⁵⁾

이상에서 살펴 본 바와 같이 기존 항만관련 환경문제에 대한 국내 문헌들은 다음과 같은 한계점을 가지고 있는 것으로 판단된다. 첫째, 기존 국내 문헌들은 주로 국내 항만들의 체계적인 환경친화적 항만관리가 크게 부족한 점을 지적하면서, 향후 이를 시정하기 위한 방안으로 법·제도적 측면에서의 보완점을 제시하는데 연구의 초점을 맞추고 있다는 점이다. 둘째, 특정 항만(마산항, 인천항)이나 외국 사례의 사례를 단순히 소개하고 있는데 그쳐 국내 최대항만인 부산항의 환경오염 실태 및 항만운영 측면에서의 환경오염 저감방안에

1) 최동현 외, 『주요 항만 오염실태 및 관리방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2000, pp.1-221.

2) 최동현 외, 『항만환경계획 수립을 위한 연구』, 한국해양수산개발원, 2001, pp.1-182.

3) 정봉민 외, 『컨테이너 항만개발과 환경문제』, 한국해양수산개발원, 2004, pp.1-138.

4) 박노경, “국내항만의 환경관리 자가진단방법에 관한 소고”, 『해운물류연구』, 제42호, 2004. 9, pp.43-67.

5) 한국해양수산개발원, “항만의 대기오염 규제와 정책시사점”, 『KMI 현안분석』, 2005. 5, pp.1-21.

대한 연구는 상대적으로 부족하다는 점을 들 수 있다. 셋째, 최근 들어 항만관련 환경문제에 대한 국제적 관심이 고조되고 있는 가운데 국제기구 및 주요국에서 새로운 규제방안들이 속속 등장하고 있는 시점에서 이에 대한 국내 항만의 대응방안을 제시하고 있는 연구는 아직까지 크게 부족하다는 점이다. 이에 본 연구는 최근 부각되고 있는 항만기인 환경오염의 문제점과 그에 따른 국제적 동향을 분석함과 함과 아울러 부산항의 환경오염 실태를 고찰해 봄으로써 항만운용 측면에서의 환경오염 저감방안을 제시하고자 한다.

<표 1> 항만 및 선박의 환경오염에 대한 국내문헌

연구자/연도	제목	연구방법	주요내용
최동현 외 (2000)	주요 항만 오염실태 및 관리방안 연구	마산항 사례연구	마산항을 대상으로 오염실태조사 및 항만환경 개선사업 추진전략 제시
최동현 외 (2001)	항만환경계획 수립을 위한 연구	인천항 사례연구	항만의 계획, 건설, 운영 단계에 있어서 적절한 항만환경계획 수립방안 제시
정봉민 외 (2004)	컨테이너 항만개발과 환경문제	문헌 및 실증연구	주로 미국항만 데이터를 이용하여 컨테이너항만 개발과 관련된 환경문제를 도출하고 이에 대한 경제적 평가방법을 제시
박노경 (2004)	국내항만의 환경관리 자기진단방법에 관한 소고	문헌연구	유럽과 선진국 학자들이 개발한 항만의 환경관리를 위한 자기진단방법을 소개
KMI (2005)	항만의 대기오염 규제와 정책시사점	문헌연구	항만의 대기오염 규제에 관한 국제적 동향 소개

2. 해외연구

선박 및 항만의 환경오염과 관련된 해외연구로서 먼저 미국항만협회(2001)는 120여개의 미국 항만들에서 사용되고 있는 혁신적이고 비용효과적인 방안들을 사례연구를 통해 제시함으로써 미국항만들의 환경관리에 대한 관심이 지대함을 보여 주었다.⁶⁾

Gallagher & Talyor(2003)는 미국 해운산업의 대기오염 배출에 따른 경제적 비용을 실증분석을 통해 분석하였고,⁷⁾ Darbra 외(2004)는 항만에 있어서 환경관리 성과의 평가모형으로서 자기진단방법(SDM)을 소개하였다.⁸⁾ Bailey와 Solomon(2004)은 항만에서 발생하는 대

6) American Association of Port Authorities, *Green Ports: Environmental Management and Technology at U. S. Ports*, 2001.

7) Gallagher & Talyor, *International Trade and Air Pollution; The Economic Costs of Air Emission from Waterborne Commerce Vessels in U.S*, Global Development and Environment Institute Working Paper No.01-08, Tufts University, 2003, pp.1-12.

8) Darbra, R., Ronza, A., Casal, J., Stojanovic, T., Wooldridge, D., "The Self Diagnosis Method: A New Methodology to Assess Environmental Management in Seaports", *Marine Pollution Bulletin*, Vol.

기오염의 발생원인, 인체에 미치는 피해실태 및 항만관리자의 대응방안을 문헌연구를 통해 고찰하였다.⁹⁾ 한편 Bin Lin 외 (2005)는 대만의 항만들을 대상으로 선박기인 대기오염 저감을 위한 IMO협약 준수이행을 위한 효과적인 대응방안을 제시하였다.¹⁰⁾ 이상에서 살펴본 바와 같이 기존 해외연구들은 주로 환경분야 전문가들이 발간한 소수의 논문들이 있을 뿐 아직까지 항만물류전문가들에 의한 체계적인 분석은 미미한 실정이었다. 그러나 항만에서 발생하는 환경오염 문제에 관한 연구에 있어서 일대 전환점이 된 것은 미국 천연자원보호협회(NRDC)와 캘리포니아청정대기연합회(CCCA)가 2004년에 미국 10대 항만의 오염실태를 조사 분석한 보고서를 발표하면서 시작되었다.¹¹⁾

<표 2> 항만 및 선박의 환경오염에 대한 해외문헌

연구자/연도	제목	연구방법	주요내용
AAPA(2001)	<i>Green Ports: Environmental Management and Technology at U.S. Ports</i>	사례연구	미국 주요항만의 환경오염 실태 분석 및 오염방지를 위한 항만관리방안 제시
Gallagher & Talyor(2003)	<i>International Trade and Air Pollution; The Economic Costs of Air Emission from Waterborne Commerce Vessels in U.S</i>	실증분석	미국 해운산업의 대기오염 배출에 대한 경제적 비용 추정
Darbra 외(2004)	<i>The Self Diagnosis Method</i>	사례연구	항만에 있어서 환경관리의 성과 평가모형으로서 자기진단법 소개
Bailey& Solomon(2004)	<i>Pollution Prevention at Ports</i>	문헌연구	항만관련 대기오염에 대한 원인, 피해실태, 항만관리자의 대응방안 제시
NRDC & CCCA (2004. 3)	<i>Harboring Pollution; The Dirty Truth about U.S Ports</i>	실태분석	미국 10대 항만의 대기, 수질오염 실태분석 및 항만의 등급 평가
NRDC & CCCA (2004. 8)	<i>Harboring Pollution; Strategies to Clean Up U.S Ports</i>	실태분석	미국 항만의 환경오염 저감을 위한 다양한 기술적 방안 제시
Bin Lin외 (2005)	<i>Compliance with International Emission Regulations</i>	문헌연구	대만항만을 대상으로 선박기인 대기오염 저감을 위한 IMO협약 준수이행을 위한 효과적인 대응방안 제시

48, 2004, pp.420-428.

9) Bailey, D., Solomon, G., "Pollution Prevention at Ports: Clearing the Air", *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 24, 2004, pp. 749-774.

10) Lin, B., Lin, C., "Compliance with International Emission Regulations: Reducing the air pollution from Merchant Vessels", *Marine Policy*, Vol.30, Issue. 3, 2006, pp.220-225..

11) Natural Resources Defense Council, *Harboring Pollution; The Dirty Truth about U.S Ports*, March 2004, pp.1-72.

기존 해외연구들은 주요 국제해사기구의 협약과 관련된 선박에서 발생하는 환경오염 문제를 연구대상으로 삼았거나 항만의 환경친화적 관리방안에 대한 사례연구들이 대부분이었으나 NRDC와 CCCA의 보고서는 미국 주요 10대 항만을 대상으로 대기 및 수질오염 실태를 분석함은 물론, 각 항만별 등급을 공표함으로써 업계 및 지역민들의 큰 반향을 일으켰다. 이어 발표된 후속보고서에서 NRDC와 CCCA는 항만운영에 따른 대기 및 수질오염, 항만에서 토지이용에 따른 환경문제, 항만커뮤니티와의 관계 등을 제시함은 물론 항만의 환경오염 저감을 위한 다양한 기술적 대안들을 제시하였다.¹²⁾

Ⅲ. 항만의 환경오염 실태 및 규제

1. 항만의 환경오염 실태

1) 항만 환경의 주요 오염원

항만과 관련된 주요 오염은 대기오염과 수질오염으로 대별할 수 있다. 먼저 항만 대기오염의 경우 선박, 트레일러, 하역장비, 기차 등이 사용하는 디젤엔진에서 배출되는 디젤배기가스가 대표적이다. 최근 연구결과에 따르면 선박, 트레일러, 기차, 화물처리장비 등과 같은 디젤엔진에서 나오는 배기가스는 항만노동자뿐만 아니라 지역 주민의 건강에도 상당한 영향을 미치는 것으로 조사되었다.¹³⁾ 특히 폐암 발생 위험을 증가시키는 것은 물론 천식, 기관지 질환, 알레르기, 눈과 귀의 염증, 기침과 가래, 호흡곤란, 폐 기능 저하를 지속적으로 유발하는 것으로 알려지고 있다.¹⁴⁾ 디젤 배기가스로부터 발생하는 주요 대기 오염원으로는 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOCs), 그리고 디젤분진(Particulate Matter; PM)이 대표적이며, 이들 요소들이 건강에 악영향을 미치는 주범으로 지목되고 있다. 이 외에도 디젤 배기가스는 대략 총 450 가지의 서로 다른 화합물을 포함하며, 이 중 약 40개는 유독성 대기오염물질로 건강과 환경에 치명적 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다. 현재 국제기구와 주요 국가가 주로 항만지역을 중심으로 배기가스를 집중 단속하고 나서는 것은 선박과 트레일러 등이 자주 출입하는 항만이 거의 대부분 도시를 끼고 있어 오염이 심화되는 경우 지역주민의 건강에 악영향을 미칠 뿐만 아니라, 타 지역에 비해 호흡기 질환이나 암 등 중대 질병이 발생할 확률이 크다는 연구결과가 계속 발표되고 있기 때문이다. 실제 미국의 경우 선박에서 발생하는 질소

12) Natural Resources Defense Council, *Harboring Pollution; Strategies to Clean Up U.S Ports*, August 2004, pp.1-85.

13) Ibid, p. 1.

14) Bailey, D., Solomon, G., "Pollution prevention at ports : Clearing the air", *Environmental Impact Assessment Review*, 2004, pp.752-755.

산화물이나 디젤 미세먼지가 자동차나 발전소 보다 많이 배출되는 것으로 조사되고 있는 바 IMO에 따르면 선박의 디젤 엔진에서 나오는 질소산화물(NOx)과 황산화물(SOx)은 지구 전체 배출량의 7%와 12%를 차지하는 것으로 나타나, 육상부문의 규제와 보조를 맞춰 선박 등의 배출규제도 시급하다는 주장이 지속적으로 제기되기 되고 있는 실정이다. 그러나 최근 들어 미국 등에서 도입하고 있는 조치는 항만주변에 거주하는 지역 주민의 강력한 요청에 따라 이루어지고 있어 국제적인 규제와는 성격이 상이한 것이 특징이다. 이는 디젤 배기가스 등 대기오염이 심한 항만 주변에서 거주하는 경우 다른 지역보다 폐암에 걸릴 확률이 50~300% 가량 높다는 연구결과가 지속적으로 발표되고 있고, 특히 폐 기능이 아직 완전하지 못한 어린이의 경우 기침과 천식이 발병할 가능성이 크다는 주장이 제기됨에 따라, 오염이 심한 항만 지역주민의 쾌적한 주거 여건 보장이 중요한 사회적 현안으로 등장했기 때문이다. 참고로 현재 전세계적으로 선박의 디젤엔진에서 발생하는 질소산화물(NOx)과 황산화물(SOx)은 지구전체 배출량의 14%와 5%를 차지하고 있다.¹⁵⁾

한편 항만운영 혹은 선박으로부터 발생하는 수질오염은 어패류의 박테리아 혹은 바이러스 감염, 해양 내 산소 결핍, 유독물질의 어류 내 축적 등을 통해 해양생물 및 생태계는 물론 나아가 인류건강에도 심대한 영향을 미치게 된다. 수질오염의 주요 오염원으로는 선박에서 발생하는 폐유 및 폐수 등이 선저에 고여 있는 물인 빌지워터(bilge water), 선박에 사용되는 오염방지용 도료, 유류배출오염, 준설 및 준설토 투기 등을 들 수 있다.

2) 국내외 항만의 환경오염 실태

가. 선진국 사례

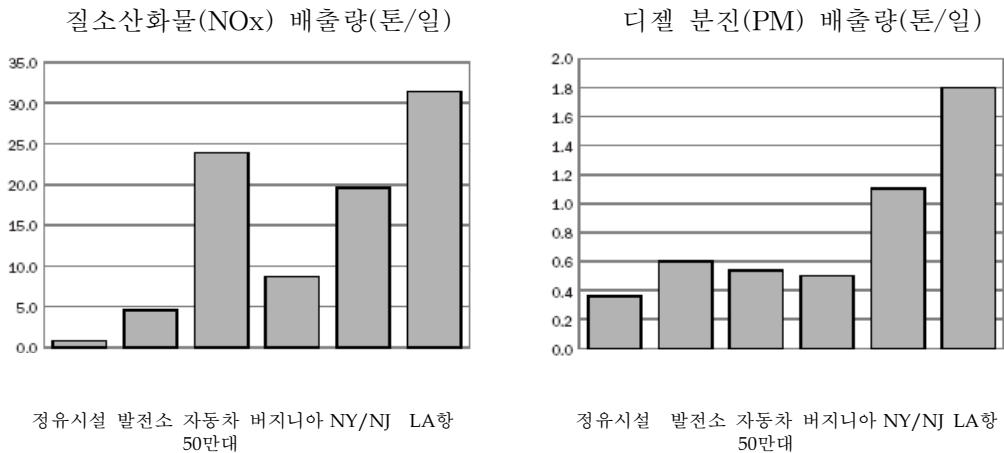
미국 천연자원보호협회(NRDC)와 캘리포니아청정대기연합회(CCCA)의 자료(2004)에 따르면 항만이 대기오염의 주범으로 알려진 자동차나 발전소 보다 더 많은 오염물질을 배출하는 것으로 나타났다. 특히 로스앤젤레스(LA)항만의 경우 하루에 배출하는 질소산화물(NOx)과 디젤 분진(PM)이 각각 31.4톤과 1.8톤에 이르고 있다. 이 같은 수치는 NOx가 자동차 65만대, PM은 자동차 160만 대에서 배출되는 것과 같은 양으로 일반인들이 인식하고 있는 것보다 항만에서 발생하는 환경오염이 매우 심각한 수준을 알 수 있다.

한편 미국 항만에서 대기오염물질을 가장 많이 배출하는 운송수단은 트레일러와 선박 하역장비 등인 것으로 나타났는데, 질소산화물의 경우 컨테이너 트레일러가 전체의 40%를 배출하고 있으며, 그 다음이 선박(32%)과 하역장비(23%) 순이었다. 또한 디젤 분진은 선박이 전체 배출량의 43%를 차지하여 가장 높았고, 컨테이너 트레일러(31%)과 하역장비(24%)가 그 뒤를 이었다. 다만, 항만에 출입하는 자동차나 연결철도에 의한 배출량은 의외로 적

15) Corbett J, Fishbeck P, "Sources and Transport of Air Pollution From Ships; Current Understanding, Implications and Trends", *Conference on Marine Vessels and Air Quality*, 2001, pp.1-21.

은 것으로 조사되었다.

<그림-1> 미국의 대기오염 배출원 비교



자료: Natural Resources Defence Council & California Coalition for Clean Air, Harboring Pollution; The Dirty Truth about U. S. Ports, 2004. p. 4.

<표-3> 컨테이너항만의 NOx 및 PM 배출 순위 비교

구분	자동차	철도	하역장비	트레일러	선박
질소산화물(NOx) 배출율(%)	1%	4%	23%	40%	32%
디젤분진(PM) 배출율(%)	1% 미만	2%	24%	31%	43%

자료 : Natural Resources Defence Council & California Coalition for Clean Air, Harboring Pollution; The Dirty Truth about U. S. Ports, 2004. p. 3.

일본 동경항에서도 자동차나 공장에서 배출하는 것과 맞먹는 양의 대기오염물질이 발생하는 것으로 추산되었다. 일본의 선박 대기오염 대책 검토위원회가 2002년 동경항만에 정박한 선박 3만 3,500척을 대상으로 실시한 대기오염물질 배출량 계측에 따르면, 내항선과 외항선에서 NOx와 SOx, 그리고 디젤 분진(PM)을 연간 모두 4,843톤 배출하는 것으로 조사되었다. 이 가운데, 내항선의 전체 배출량은 연간 1,755톤, 외항선은 3,088톤으로 밝혀졌다.

<표-4> 동경 항만의 대기오염물질 배출량 추정(단위 : 연/톤)

구 분	NOx 배출량			SOx 배출량			PM 배출량		
	합계	내항선	외항선	합계	내항선	외항선	합계	내항선	외항선
합 계	2,022	837	1,185	2,530	805	1,726	291	113	178
500톤 미만	261	262	0	146	147	0	34	34	0
500~3,000	112	92	19	57	48	10	14	12	2
3,000~1,0000	356	203	153	356	203	153	48	27	21
10,000~30,000	693	280	413	1019	408	611	99	39	59
30,000~	599	0	599	952	0	952	95	0	95

자료 : 일본 『해운』, 2005년 3월호.

나. 부산항

부산항의 경우 먼저 수질오염 실태를 살펴보면 2005년 기준 부산항 평균 수질오염도는 북항내항, 북항외항, 남항내항, 남항·외항, 감천항, 다대포항의 경우 전 지점이 해양수산부가 지정한 해역환경기준 II등급 기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

<표-5> 부산항 일반해역 평균 수질오염도(단위 : pH는 무차원 그 외 : mg/L)

지 점 항 목	북내항	북외항	남항	남외항	감천항	다대포항	환경기준
수소이온농도(pH)	8.1	8.1	8.2	8.1	8.1	8.1	6.5~8.5
용존산소량(DO)	9.2	9.4	8.8	9.3	9.2	9.6	2(5)이상
화학적 산소요구량(COD)	1.4	1.3	1.4	1.4	1.1	1.3	4(2)이하
총질소(TN)	0.260	0.228	0.224	0.190	0.206	0.252	1.000(0.600) 이하
총인(TP)	0.026	0.022	0.020	0.019	0.019	0.022	0.090 (0.050)이하
해역등급	II	II	II	II	II	II	III(II)

자료 : 부산시 보건환경연구원, 『부산항 해수수질 조사보고서』, 2005를 이용하여 재작성.

연도별 항목별 수질오염 실태를 살펴보면 수소이온농도의 경우 평균 7.8-8.1로 나타나 생활환경 해역 I 등급 기준(7.8-8.3)을 만족하는 것으로 조사되었으며, 연도별로 큰 차이가 없는 것으로 조사되었다. 2005년 부산항의 용존산소량(DO)은 8.8mg/L이상으로 해역 I 등급(7.5이상) 수준인 것으로 조사되었으며, 2001년 이후 대부분의 항만구역에서 개선되고 있는 것으로 나타났다. 한편 화학적 산소요구량(COD)은 2005년 평균 1.3mg/L로 해역 II 등급(2 이하)으로 판명되었으나, 다대포항과 북외항의 경우 전년대비 0.3-0.4 정도 수치가 상승한 것으로 나타나 하수관거 정비와 정박 선박 등과 같은 연안수역의 오염인자에 대한 지속적인 지도관리가 필요한 것으로 나타났다.

한편 부산지역 대기오염 추이를 살펴보면 SO₂, CO는 전반적으로 감소하는 추세인 반면, NO₂는 2002년 이후 감소하고 있으며, PM-10의 경우 2003년 이후 다소 증가하였다. 미세먼지(PM)의 경우 2005년 59 μ g/m³로 수도권 연평균 농도 63 μ g/m³ 보다는 낮은 수준이나 5대 광역시 중 가장 높은 수준이고, 미국 뉴욕 22 μ g/m³, 영국 런던 27 μ g/m³, 일본 도쿄 32 μ g/m³에 비해서도 2~3배가량 높은 수준이다. 황산화물(SO) 연평균 농도 역시 0.006ppm으로 인천과 더불어 전국 최고를 기록하였으며, OECD 주요 도시와 비교할 때 뉴욕(0.006ppm)과 도쿄(0.007ppm)과 비슷한 수준이다. 질소산화물(NO)의 경우 연평균 농도가 0.023ppm으로 2002년 이후 소폭 개선되어 서울, 인천 등 수도권 지역에 비해서는 낮은 수준이며, OECD 국가 주요도시인 뉴욕(0.030ppm), 런던(0.024ppm), 도쿄(0.032ppm)에 비해서도 양호한 것으로 나타났다. 부산의 경우 전반적으로 국내 대기환경기준을 충족하고 있으나 미세먼지, 황산화물 등은 전국 여타 도시 및 선진국 주요도시보다 높은 것으로 나타났다.

<표-6> 부산지역 대기오염 추이

구분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
SO ₂ ppm	0.010	0.008	0.006	0.006	0.007	0.006
NO ₂ ppm	0.023	0.027	0.028	0.026	0.024	0.023
O ₃ ppm	0.022	0.025	0.024	0.023	0.024	0.023
CO, ppm	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5
PM-10 μ g/m ³	63	59	69	55	60	59

자료 : 부산시 보건환경연구원, 『부산시 대기질 분석보고서』, 각년도를 이용하여 재작성.

2. 항만 환경오염에 대한 규제

현재 국제해사기구(IMO)와 같은 국제기구들은 주로 선박에서 발생하는 대기 오염원 규제에 중점을 두고 있는 반면, 항만에서 발생하는 환경오염에 대한 규제 움직임은 주로 선진국 항만들을 중심으로 개별적 차원에서 진행되고 있는 것이 특징이다. IMO의 경우 선박에서 발생하는 모든 환경오염 물질을 통제한다는 방침 아래 2005년 5월 ‘선박의 대기오염 물질 배출 규제협약’을 전면 시행에 들어갔다. 이 협약에 따라 선박 엔진에서 배출되는 질소산화물(NOx)은 일정 농도 이하에서만 배출이 허용되며, 황산화물(SOx)의 경우 일반해역을 운항할 때는 유황함량이 4.5% 이하인 연료유를 사용하도록 규제함과 동시에 함으로써 발트해와 같은 환경민감해역을 운항할 시에는 유황함량이 1.5% 이하의 연료유를 사용하도록 강제하고 있다. 또한 IMO는 유조선에서 발생하는 휘발성유기화합물(VOCs)의 배출억제를 위해 배출통제장치 설치 의무화 및 해당선박이 입항하는 항만에 대해서도 배출물 회수 장치의 설치를 의무화하고 있다.

한편 항만기인 환경오염에 대한 저감 움직임이 가장 활발한 항만은 미국 로스엔젤레스(L.A.)항만을 들 수 있다. LA 항만의 경우 선박뿐만 아니라 크레인과 같은 항만 장비에 대해서도 청정 연료를 사용하도록 하는 등 다양한 규제조치를 시행하고 있다. 특히 LA 항만은 대기오염을 줄이기 위해 이른바 ‘Cold Ironing’이라고도 불리는 육상전기 공급장치인 AMP(Alternative Maritime Power)를 도입하였다. 이 시스템은 선박이 보조기관을 가동하여 전기를 발생하는 과정에서 생기는 대기오염물질 배출을 막기 위해 정박 중인 선박의 보조엔진 가동을 중단하는 대신 육상에서 해당 선박에 전력을 공급하는 시설을 일컫는다. 다만 이 같은 시스템을 이용하기 위해서는 터미널 내에 전원공급장치를 설치해야 함은 물론, 선박에 파워케이블(power cable)이나 스위치기어(switch gear) 등과 같은 수전시설(受電施設)을 설치해야 하는 등 개조작업을 수행해야 한다. LA 항만당국에 따르면 지금까지 AMP 프로그램을 도입한 이후 50척의 입항선박에 이 시스템을 적용함으로써 대기오염원을 80톤 이상 제거하였으며 선박 한 척 기항 시 평균적으로 질소산화물, 황산화물, 디젤분진 등과 같은 대기오염물질을 95% 이상 줄인 것으로 발표하였다.¹⁶⁾ 이에 따라 LA 항만 당국은 앞으로 터미널을 임대할 때는 AMP 사용을 조건으로 내걸고, 적어도 입항하는 선박의 70%는 육상전력을 사용하도록 한다는 계획을 추진하고 있다. 그 외에도 LA 항만은 ‘PierPass’ 제도를 도입하여 항만오염과 교통체증 등 두 문제를 동시에 해결하는 방안을 추진하고 있다. ‘PierPass’제는 주 5일 운영되던 LA 항만이 최근 아시아 화물이 폭증하자 터미널 개장시간을 주말과 야간까지 확대한 것이다. 당초 이 제도는 낮 시간대에 항만에 트레일러가 몰려 대기오염이 심화되는 것을 막기 위해 도입이 검토되다가 교통체증을 완화하는 대안으로도 활용되고 있다. 이 같은 조치들 외에도 LA 항만이 도입을 추진하고 있는

16) Hunt, J., *Environmental Considerations in Terminal Operations*, Maritime Terminal Management Training Program, AAPA, 2006, pp.1-48.

환경오염 방지 방안에는 입항선박의 감속운항, 공회전 트레일러에 대한 처벌 강화, 청정연료 사용 트레일러의 구매 지원, 전기 가동 하역장비의 사용 등이 있다.

한편 유럽연합(EU)의 항만 환경오염 저감 방안은 크게 세 가지 점에 초점을 맞추고 있다. 첫째, 선박에서 배출되는 황산화물(SOx)을 줄이기 위해 2006년부터 발트해와 북해 지역을 운항하는 선박에 대해 저유황(1.5%) 연료유를 사용하도록 하고, 향후 이 기준을 유럽 항만을 정기적으로 운항하는 여객선에게까지 확대할 방침이다. 둘째, 선박에서 이산화탄소가 배출되는 점을 감안하여 ‘배출권 거래제도’를 해운부문에 도입하는 방안을 강구 하고 있다. 셋째, 선박용 엔진 제조업체를 중심으로 선박에서 배출되는 배기가스를 최소화하는 이른바 ‘저공해 엔진(low emission engine)’의 개발과 상용화에 박차를 가하고 있다.

<표-7> 미국 LA 항만의 환경오염 저감 대책

환경오염 저감대책	주요 내용
AMP의 설치·운영	부두에 정박 중인 선박에 육상전기를 공급하는 시설
PierPass 제의 시행	주말과 야간에 터미널을 개장하여 오염과 체증 완화
입항선박 감속운항	항계 20마일 이내부터 선박운항속도 12 노트로 감속
청정연료사용 권장	컨테이너 트레일러 및 항만장비에 청정·대체 연료 권장
오염발생트레일러 교체	디젤 엔진 사용 트레일러 교체 지원 및 환경 기금 설치
RTGs의 전기 사용	터미널에 사용하는 Rubber Tired Gantry의 전기사용 의무화 추진
오염저감 인센티브	항만에서 대기 오염을 줄이는 업체에 인센티브 검토
EPA의 예산 지원	디젤장비의 배기가스를 줄이는 데 환경보호청의 예산 지원

자료 : 한국해양수산개발원, 「항만의 대기오염 규제와 정책시사점」, 2005, p.12.

아시아의 경우 일본이 가장 선진적인 항만 환경오염 규제에 나서고 있다. 도쿄(東京)항의 경우 2004년부터 트레일러에 대해 배기가스 배출 규제조치를 단행한 이후 사상 처음으로 질소산화물(NOx)과 황산화물(SOx)은 물론 디젤분진(PM)까지 배출규제물질에 포함한 선박의 배기가스 규제 방안을 시행할 계획으로 있다.

<표-8> 일본의 선박 대기오염 저감방안

저감대책	세부 방안	주요 내용
청정 연료	양질의 연료유 사용	C중유(MFO)를 A중유(MDO)로 전환 삭감율 : PM 75%, NOx 10%, SOx 75%
	에멀전 연료 사용	에멀전 연료를 사용하여 NOx 배출 40-50% 삭감
엔진 개량	엔진 개조	급배기, 연료분사기, 연소실 개조
	엔진 교체	IMO에서 요구하는 수준의 엔진으로 교체
배기가스 처리장치	선택적촉매 환원(Selective Catalytic Reduction)식 배연 탈소	암모니아(NH3)를 환원제로 사용하여 NOx를 80-90% 제거
	디젤분진필터(Diesel Particulate Filter) 사용	세라믹제, 금속제 등의 필터를 사용하여 디젤분진(PM) 70-90% 삭감
육상전원	소형선박에 적용	정박 선박에 보조엔진 대신 육상에서 전원 공급

자료 : 일본 『해운』, 2005. 4를 토대로 재작성.

도쿄 항만당국은 2004년 6월 산·관·학으로 구성된 ‘선박 등에 의한 대기오염 대책 검토 위원회’를 설치하여 항만 및 선박으로부터 발생하는 배기가스 삭감대책을 본격적으로 추진하고 있다. 이를 위해 관련단체, 업계, 행정기관 등으로 구성된 ‘대기오염 대책 추진협의회(가칭)’를 설립한 다음 이 협의회 산하에 외항선박, 내항선박, 항만하역 분과를 두고, 각 분야별로 구체적인 삭감 계획을 수립하여 시행할 예정으로 있다. 이와 관련하여 일본 내항충련은 도쿄항에 접안하는 선박의 보조기관(補機)에 사용하는 연료를 병커 C유에서 병커 A유로 전환하는 것에 대해서는 합의했으나 연안운송업체가 입을 수 있는 경제적 손실을 최소화하기 위해 선박의 입항세와 고정자산세를 줄여주는 등 인센티브를 부여해 달라고 관계당국에 요구하고 있다. 원양선사도 국제적으로 강화되고 있는 환경규제에 적극 대응한다는 방침아래 청정연료 사용, 엔진 개량, 배기가스 처리장치 설치, 육상전원 이용 등 다양한 방안을 강구하고 있다.

IV. 항만의 환경오염 저감방안

이하에서는 선박입출항, 터미널운영, 배후수송 등 항만활동과 관련하여 발생하는 대기오염 피해를 줄임으로써 환경친화적인 항만을 조성하기 위한 방안들을 제시하고자 한다. 이를 위해 선박, 하역장비, 트레일러, 철도 등 항만에 있어서 핵심적인 역할을 담당하는 화물운송 및 하역장비들을 중심으로 환경오염 저감 방안을 검토하고자 한다.

1. 선박

항만에 기항하는 선박으로부터 발생하는 디젤 배기가스를 줄이기 위한 방법은 크게 네 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 예인선과 같은 항만 내에서 운항하는 선박의 경우 개조나 새로운 엔진으로 교체하기 방안을 들 수 있다. 즉 보조엔진과 주엔진에 대형 디젤을 사용하고 있는 예인선의 경우 소유주나 운영자에게 오래된 예인선을 개조하거나 엔진을 신형으로 교체하도록 유도할 수 있는 인센티브 프로그램을 시행할 필요가 있다. 둘째, 항만에 선박이 정박하고 있는 동안 필요한 전원을 공급하기 위해 육상 전기를 제공하는 방안이다. 선박들은 부두에 정박하고 있는 동안 동력조달을 위해 선내 디젤 보조엔진을 가동함으로써 많은 양의 대기오염을 발생시킨다. 특히 보조엔진 가동은 가장 낮은 등급의 디젤인 벙커유를 이용하기 때문에 항만대기오염의 주요 요인으로 작용하고 있다. 따라서 정박한 선박들이 오염을 저감시키기 위해 육상측에서 선박에 전력을 공급하는 소위 “cold ironing” 방식을 도입할 필요가 있다. 이미 미국의 로스앤젤레스, 알래스카의 Juneau, 스웨덴의 Göteborg를 포함한 몇몇 항만들은 이 방법을 시행하고 있다.¹⁷⁾ 셋째, 선박의 청정연료 사용이다. 항만들은 유황 함량이 적은 선박 디젤 연료유를 사용함으로써 선박의 배기가스 배출을 감소시켜야 한다. 일반적으로 대형 원양선박들은 유황함량이 높은 저등급인 벙커 연료를 이용하고 있어 NO_x, SO_x, PM의 배출을 증가시키고 있다. 세계의 선박들이 사용하는 벙커 연료유는 평균적으로 약 2.7%의 유황을 함유하고 있는데 청정연료 사용을 통해 유황 함량을 0.3%로 감소시키면 대략 90%의 SO_x 배출이 저감될 수 있다.¹⁸⁾ 넷째, 원양 선박(oceangoing ships)으로부터 오염배출 통제이다. 원양선박은 국제적인 영역에서 운항하기 때문에 사실상 이들의 배기가스 배출은 규제하기 어려운 것이 사실이다. 따라서 항만들이 원양 선박들에게 더 엄격한 배출 기준을 충족시킬 것을 요구할 수는 없지만 항만에 자주 기항하는 선박들이 배출 통제장치를 사용하도록 인센티브를 도입하는 방안도 강구해야 한다. 예를 들어 스웨덴의 차별화된 항만요금시스템은 인센티브의 좋은 사례이다. 스웨덴은 선박들이 항만에 입항할 때 저유황 연료유나 NO_x 통제장치를 장착한 선박에 대해서는 항만요율을 할인해 주고 있다.

2. 하역장비

하역장비의 경우 사용연수에 따라 3가지 전략을 추구할 수 있다. 첫째, 10년 이상 된 노후장비는 프로판 또는 천연가스로 작동되는 대체연료 엔진으로 교체하거나, 하이브리드 시스템으로 교체하는 방안이다. 기존 디젤연료를 사용하는 컨테이너터미널 화물처리장비에

17) Natural Resources Defence Council, Harboring Pollution; Strategies to Clean Up U. S. Ports, 2004, pp.21-22.

18) Ibid, p. 27.

대해 대체연료를 사용하는 신형장비를 투입하는 방안이다. 즉 트랙터, 스트래들 캐리어, RTGC, 포크리프트 등 터미널 내에서 사용되고 있는 화물처리장비의 신규 구입 시 천연가스, 프로판(propane), 또는 배터리를 사용하는 동력장비를 갖춘 것을 도입함으로써 항만의 대기오염을 줄일 수 있다. 이 같은 장비의 도입을 촉진하기 위해 항만당국은 부두임대계약 체결 시 새로운 대체연료 화물처리 장비의 구입 및 운영업체에 대해 가산점을 주는 방안을 도입할 필요가 있다. 실제로 미국 LA항의 차이나쉬핑터미널(China Shipping Terminal)은 모든 야드트랙터에 대해 2004년 말까지 대체연료로 운영되는 시스템을 갖추었으며, 스페인의 바르셀로나항은 하이브리드형 스트래드 캐리어를 운영하여 연료의 30%를 절감하는 효과를 거둔바 있다.¹⁹⁾

둘째, 10년 미만의 장비에 대해서는 질소산화물과 디젤분진을 줄이기 위해 청정연료를 사용할 수 있는 엔진으로 교체하거나 기존 엔진에 디젤분진필터(diesel particulate filters; DPF)와 디젤산화촉진제(diesel oxidation catalysts; DOCs)와 같은 배출가스 통제시설을 새로이 부착하는 방안이다. 스웨덴 고텐버그항은 모든 트랙터와 30%에 해당하는 스트래드캐리어에 대해 디젤분진필터를 장착하여 상당량의 디젤분진을 줄이는 성과를 거두었다.²⁰⁾

셋째, 기존 장비에 청정연료를 사용하는 방안이다. 이는 디젤분진필터(DPFs)와 함께 저유황 연료를 사용하거나, 또는 디젤산화촉진제(DOCs)와 함께 디젤 에멀존을 사용하는 등 청정 디젤 연료유로 전환하는 방안을 말하는 것이다. 이를 위해 선진 항만들에 있어서는 저유황 디젤, 디젤 에멀전, 바이오디젤, Fischer-Tropsch 디젤, "E-diesel" 등을 활용하는 방안을 강구하고 있다.²¹⁾ 터미널 장비에 청정연료를 사용하는데 있어서는 북유럽 국가들이 현재 선도하고 있다. 핀란드의 헬싱키항은 저유황디젤(30ppm 이하 유황함유)을 화물처리 장비 및 일부 선박에 사용하고 있으며, 덴마크와 스웨덴이 공동으로 운영관리하고 있는 코펜하겐-말뫼항은 하역장비들에 디젤산화촉진제(DOCs)와 함께 저유황디젤(50ppm 이하)을 사용하여 대기오염을 크게 줄인 것으로 알려지고 있다.²²⁾

3. 트레일러와 기차

항만과 내륙거점간 화물운송을 담당하고 있는 주요 운송수단으로는 컨테이너 트레일러와 기차를 들 수 있다. 먼저 컨테이너 터미널의 게이트를 통해 화물운송을 담당하는 트레일러에 대한 주요 배기가스 배출 저감 방안은 다음과 같다. 첫째, 10년 이상 노후 트레일러

19) www.portoflosangeles.org/environment/amp.htm (2006. 12. 20)

20) Medin, E., and Mo Zuo, *Environmental Performance Calculations for the Port of Gotenborg*, Gotenborg University, 2005, pp.23-38.

21) 피셔-트로프쉬(Fischer-Tropsch)디젤이란 석탄이나 천연가스를 제조원료로 사용하여 합성경유인 GTL(Gas To Liquid)경유를 만들어 내며, E-diesel이란 기존디젤과 에탄올 15%를 혼합한 것으로 흔히 Oxydiesel이라고도 불리는 청정연료임

22) Natural Resources Defence Council, *Harboring Pollution; Strategies to Clean Up U. S. Ports*, 2004. p. 42.

러들은 신형트레일러로 교체하는 방안, 둘째, 10년 미만인 트레일러들은 디젤분진필터(DPFs)를 장착하거나 디젤산화촉진장비(DOCs)로 개조하는 방안, 셋째, 모든 트레일러에 대해 디젤에멀전(diesel emulsion)이나 저유황 디젤 연료유와 같은 청정 연료유를 사용하는 방안이다. 항만당국은 이러한 방안들을 수행하기 위해 노후 트레일러를 대체 또는 개조하기 위한 인센티브 프로그램을 도입할 필요가 있다. 그 외에도 모든 트레일러들에 대해 항만 및 인접구역에 있어서 엔진 공회전 감소를 의무화함으로써 배기가스 배출을 줄일 수 있다. 특히 모든 트레일러에 대해 항만당국 및 터미널운영업체는 터미널 내·외부에서 공회전 시간을 최소한도로 제한하는 한편, 공회전 제한구역도 게이트 입구에 근접한 대기지역뿐만 아니라 터미널 전체구역으로 적용하는 방안을 도입할 필요가 있다. 미국 캘리포니아주는 2003년 주요 대도시지역 항만의 경우 트레일러의 공회전 시간을 30분으로 제한하는 법률을 도입하여 대기오염 및 소음피해를 줄임과 동시에 상당한 연료절감 효과를 거둔 바 있다.²³⁾

한편 철도에 대해서도 다음과 같은 세 가지를 대기오염 저감 방안을 고려할 수 있다. 첫째, 컨테이너 터미널에 운영되고 있는 노후열차의 교체 또는 신형엔진으로의 대체 둘째, 열차에 자동공회전통제장치(automatic idling control devices)의 설치, 셋째, 열차에 저유황 디젤연료 또는 디젤 에멀전과 같은 청정 연료유를 사용하는 방안이다. 일례로 캐나다 벤쿠버에 본사를 두고 있는 Railpower Technologies Corp.라는 회사는 'Green Goat'라는 하이브리드 기차를 개발하여 발전기와 배터리를 함께 사용함으로써 기존 기차에 비해 NOx와 PM을 85% 가량 줄인 것은 물론, 연료사용을 30% 가량 줄이고 소음도 대폭 개선하는 획기적인 성과를 거두고 있다.²⁴⁾

V. 결론

최근 들어 환경오염에 대한 관심이 국제적으로 고조됨에 따라 주요 선진국들을 중심으로 선박 및 항만에서 발생하는 환경오염을 규제하는 각종 조치들이 잇달아 도입되고 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지 우리나라의 경우 환경오염을 방지하려는 노력은 주로 육상기인 오염원에 대한 규제 일변도로 진행되어 옴으로써 항만에서 발생하는 환경오염원에 대한 연구가 절대적으로 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 항만에서 발생하는 환경오염의 피해 정도, 각국의 규제동향 및 나아가 항만의 환경오염 저감을 위한 방안을 선박, 하역장비, 운송수단이라는 세 가지 측면에서 제시하였다. 이러한 연구를 토대로 향후 국내 항만의 환경친화적 항만, 소위 Green Port로의 전환을 위한 시사점은 다음과 같다.

먼저 항만관리운영 측면에서 볼 때 선박으로부터 발생하는 환경오염을 저감시키기 위해서는 i) 예선 운영업자로 하여금 노후 엔진 개조 혹은 교체를 위한 인센티브 프로그램 도

23) Ibid, p. 51.

24) Wall Street Journal, *Train makers race clock to find ways to cut locomotive pollution*, 2003. 10. 23.

입 ii) 선박 정박 중 보조기관 기동에 따른 대기오염 물질 배출을 막기 위한 육상전기 공급 장치 도입 iii) 저유황함유 디젤유와 같은 청정연료의 사용 iv) 배출가스 저감장치 유도를 위한 차별화된 항만이용료 적용 등을 도입할 필요가 있다. 또한 하역장비에 대해서는 i) 10년 이상 노후 장비에 대해 천연가스 혹은 하이브리드 시스템을 장착한 대체연료엔진으로 대체하거나 ii) 10년 미만 장비에 대해서는 디젤분진필터(diesel particulate filters), 질소산화물 배출억제제(lean NOx catalyst), 디젤산화촉매제(diesel oxidation catalyst) 등의 사용 의무화 및 저유황 함유 청정 디젤연료로 교체 내지 개조를 추진하고 iii) 청정연료의 사용 등을 권장하는 방안을 강구해야 한다. 한편 트레일러와 철도의 경우 i) 배기가스 배출통제 장치를 갖춘 차량으로 대체하거나 ii) 디젤분진필터나 디젤산화촉매제를 장착하는 방안을 강구하고 iii) 저유황 함유 청정원료의 사용 iv) 자동공회전통제장치(automatic idling control device) 설치 등을 의무화할 필요가 있다.

이상과 같은 조치들이 효과적으로 시행되기 위해서는 우선 정부 차원에서 항만에서 발생하는 환경오염 관리방안에 대한 마스터플랜을 수립하여 항만에서 발생하는 환경오염원에 대한 보다 강력한 규제방안을 도입할 필요가 있다. 또한 정부는 디젤연료 사용 장비들의 연도별 대체 혹은 개조계획, 육상전기 공급장치 도입방안 등을 마련하는 한편, 선사, 터미널운영회사, 운송회사들이 청정원료 사용, 배출가스 저감장치 설치, 신형엔진으로 교체 등을 추진할 시 보조금 혹은 인센티브를 부여하는 다양한 방안을 강구하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 박노경(2004), “국내항만의 환경관리 자가진단방법에 관한 소고”, 『해운물류연구』, 제42호, pp.43-67.
2. 부산시 보건환경연구원(2005), 『부산항 해수수질 조사보고서』.
3. 부산시 보건환경연구원, 『부산시 대기질 분석보고서』, 각년도
4. 정봉민 외(2004), 『컨테이너 항만개발과 환경문제』, 한국해양수산개발원.
5. 최동현 외(2000), 『주요 항만 오염실태 및 관리방안 연구』, 한국해양수산개발원.
6. 최동현 외(2001), 『항만환경계획 수립을 위한 연구』, 한국해양수산개발원.
7. 한국해양수산개발원(2005), “항만의 대기오염 규제와 정책시사점”, 『KMI 현안분석』.
8. 日本 「海運」, 2005년 3월호, 4월
9. American Association of Port Authorities, Green Ports: Environmental Management and Technology at U. S. Ports, 2001.
10. Bailey, D., Solomon, G., "Pollution Prevention at Ports: Clearing the Air", Environmental Impact Assessment Review, Vol. 24, 2004, pp. 749-774.
11. Corbett J, Fishbeck P, "Sources and Transport of Air Pollution From Ships; Current Understanding, Implications and Trends", Conference on Marine Vessels and Air Quality, 2001.
12. Darbra, R., Ronza, A., Casal, J., Stojanovic, T., Wooldridge, D., "The Self Diagnosis Method: A New Methodology to Assess Environmental Management in Seaports", Marine Pollution Bulletin, Vol. 48, 2004, pp.420-428.

13. Gallagher & Talyor, International Trade and Air Pollution; The Economic Costs of Air Emission from Waterborne Commerce Vessels in U.S, Global Development and Environment Institute Working Paper No.01-08, Tufts University, 2003, pp.1-12.
14. Hunt, J., Environmental Considerations in Terminal Operations, Maritime Terminal Management Training Program, AAPA, 2006.
15. Lin, B., Lin, C., "Compliance with International Emission Regulations: Reducing the air pollution from Merchant Vessels", Marine Policy, Vol.30, Issue. 3, 2006, pp.220-225.
16. Medin, E., and Mo Zuo, Environmental Performance Calculations for the Port of Gotenborg, Gotenborg University, 2005.
17. Natural Resources Defense Council, Harboring Pollution; The Dirty Truth about U.S Ports, March 2004.
18. Natural Resources Defense Council, Harboring Pollution; Strategies to Clean Up U.S Ports, August 2004.
19. Wall Street Journal, Train makers race clock to find ways to cut locomotive pollution, 2003. 10. 23.
20. www.portoflosangeles.org/environment/amp.htm (2006. 12. 20)

< 요약 >

항만의 환경오염 저감방안에 관한 연구

송계희 · 한철환

최근 들어 항만은 국가 및 지역경제의 중심지로 역할하고 있는 동시에 연안 도시권의 주요 환경오염원이라는 인식이 점차 확대됨에 따라 국제해사기구를 비롯한 국제기구 및 주요 선진국에서는 항만에서 발생하는 환경오염을 줄이기 위해 다양한 규제조치들을 도입하고 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지 정부의 환경오염 방지 노력은 주로 육상에서 발생하는 오염원에 대한 규제 일변도로 진행되어 옴에 따라 항만에서 발생하는 환경오염에 대한 연구는 상대적으로 크게 부족한 상황이다. 이에 본 연구는 항만 환경오염 규제의 필요성, 항만 환경오염에 관한 국내외 문헌조사, 세계 주요 항만의 환경오염 실태, 그리고 각국의 항만 환경오염 저감방안 등을 고찰함으로써 국내 항만에 대한 시사점을 도출하는데 그 목적이 있다. 연구결과, 선박에서 발생하는 환경오염을 줄이기 위해서는 정박 중인 선박에 대해 육상에서 전력을 공급하는 방안이 효과적이며 하역장비의 경우 노후 장비는 신형으로 대체하는 한편 청정연료 사용 및 배출가스 저감장치 등을 설치하는 방안이 필요한 것으로 나타났다. 또한 트레일러 및 기차의 경우 공회전 제한 및 차량 현대화를 위한 다양한 인센티브 제도의 도입이 필요하다고 사료된다.

□ 주제어 : 환경오염, 환경친화적 항만, 그린포트