

# 지속가능한 울산항 개발 및 운영정책에 관한 연구: AHP를 이용한 Green Port Policy개발

† 김태균 · 김환성\*

† 한국대학교 해사수송과학부 부교수, \*한국해양대학교 물류시스템공학부 교수

**요 약** : 국제무역지수의 증가로 인한 해상운송 및 항만개발수요의 증가는 국제해사기구(IMO)를 중심으로 선박기인 대기오염, 특히 온실가스 배출규제의 강화를 초래하였다. 이러한 국제환경규제에 대응하고 선박 및 항만기인 환경오염 저감을 통한 자국민의 후생증진을 위하여 미국과 유럽을 중심으로 Green Port 정책의 시행이 점점 확대되고 있는 추세이다. 이에 따라 우리나라도 2010년 녹색성장기본법을 제정하고 국가 Green Port 구축 종합계획을 수립하여 각 항만별 그린포트 구축계획의 수립 및 이행을 촉구하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 동북아시아 오일허브 항만을 지향하는 울산항의 지속가능한 친환경 항만운영을 위한 울산항의 Green Port 정책방안의 수립에 있다. 이를 위해 울산항의 친환경 항만정책의 현황 및 문제점을 살펴보고, 해외 해양선진국의 그린포트구축 사례분석과 전문가 자문 및 설문조사를 통하여 울산항 그린포트 구축방안을 도출하였다. 그리고 도출된 방안에 대하여 전문가 AHP 설문조사 및 분석을 통해 울산항에 도입해야 할 그린포트 구축방안에 대한 우선순위를 도출하였다. 마지막으로 울산항의 특성에 맞는 지속적인 그린포트 정책의 시행을 위한 여러 정책대안을 제시하였다.

**핵심용어** : 온실가스, IMO, Green Port정책, AHP, 우선순위

### 1. 연구의 배경 및 목적

- ◆ 전세계 경제성장과 국제무역의 증가로 인한 해상운송과 항만개발 수요의 증가**
  - > 국제무역의 성장에 대한 IMF 예측: '13년부터 향후 5년간 약 6% 수준 유지 전망 (김우호, 2013)
  - > 선진국에 비하여 개발도상국에서의 무역거래는 급격하게 성장할 전망
  - > 세계 경제무역시장의 구조적 불균형 지속: 선진국의 소비수요의 증가와 개발도상국의 수출 증가 형태
- ◆ 해운 항만 분야의 온실가스 저감문제 대두**
  - > 개발도상국의 경제력 향상 => 지속적인 글로벌 탄소 배출량의 증가
  - > 2011년 ~ 2026년 동안 국제무역으로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량은 2.2 기가톤 (gigatons)에서 4.4 기가톤으로 상승할 전망
  - > 지난 30년 동안 국제상품무역의 80%를 수송하는 해상무역량의 증가율: 연간 3%
  - > 해상운송으로 배출되는 CO<sub>2</sub>의 저감노력이 없을 경우, 2035년에는 해상무역량과 해상운송분야에서 배출되는 CO<sub>2</sub>량 또한 각각 두 배에 달할 전망
- ◆ IMO의 해운항만분야 온실가스 저감규제 강화 추세**
  - > CO<sub>2</sub> 및 Nox, Sox 등 대기오염 규제 강화
  - > 지역 커뮤니티의 Health risk 감소와 환경 요소 등을 통한 지속적인 항만운영을 위한 *Green or Eco Port Policy* 정책의 확대
- ◆ 정부의 기후변화 대응 주요정책 방향**
  - > 저탄소 녹색성장 기본법 시행 (2010년)
  - > 2010년 국토해양부의 그린포트구축 종합계획수립 반영: 2020년까지 항만 CO<sub>2</sub> 30% 감축한 목표
  - > 이에 따른 정부의 각 항만을 그린포트 정책수립 촉구
- ◆ 연구의 목적**
  - 울산항 그린포트 정책방안에 대응할 수 있는 여객화물, 실적화물 및 컨테이너 화물을 취급하는 울산항 특성에 부합하는 친환경 항만 구축 방안 도출
  - 수전문가 설문조사를 바탕으로 한 AHP를 이용한 울산항 도입 가능한 저탄소 그린포트 구축방안에 대한 우선순위 설정

### 2. 해운항만분야에 온실가스 및 대기오염 규제현황

1992년	리우 양명약의(UNCED)	기후변화에 관한 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) 채택
1997년	교토 의정서(Kyoto Protocol) 채택	유엔기후변화협약의 구체적인 이행을 위해 선진국에 대해 법적 구속력이 있는 온실가스 배출감축의무 부과 => 2006년 2월 발효 (2008-2012)
1997년	국제해양오염방지협약(MARPOL) 부속선 19 개정	선박기인 대기배출가스(Mox, Sox 등)를 통제와 목적
1998년	IMO 해양환경보존위원회의 (MEPC)	이산화탄소는 국제협약규정에 포함되지 않고 정부 과제로 남겨놓음
1998년	IMO 해양환경보존위원회의 (MEPC)	선박기인 CO <sub>2</sub> 의 배출 저감 정책에 대하여 본격적인 논의의 시작
2007년	UNFCCC 제13차 회의	발리로드럼 채택, 2012년 이후 기후변화체제(Post-2012)에 대한 협상 진행
2007년	세계 항만기후변화선언서 G8 World Ports Climate Conference	전세계 65개 항만 참가, "세계항만기후선언" 채택, 외항선·항만·내륙운송부분의 CO2저감 및 재생에너지활용 등 포괄적인 추진방안 강구·실천키로 결의
2009년	코펜하겐 기후변화 Conference	Post-Kyoto Protocol 무속협약 논의 => 실패함
2011년	MEPC 제22차 회의	Technical/Operational Measures를 강제할 하는 EEXI 및 SEEMP 관련선 MARPOL Annex VI 개정안을 채택 => 2013년 1월 1일부터 발효
2012년	UNFCCC 제18차 회의 카타르 도아	공동의정서 영장: 지속적인 온실가스 배출 감축 노력 더욱 진전
2013년 이후	현재	선진 37 의무감축국가는 2020년까지 최소 19%(1990년 대비) 감액하기로 약속·이행 중 -미 이행시 탄소세 부과 등 각종 규제에 예상되고 있음 -한국은 Post-Kyoto-Protocol 이행 기간 동안 S&P-reduction으로 참여(의무 감축국)

† 주저자 종신회원) teddykim48@mou.ac.kr  
\* 종신회원) hskim@kmou.ac.kr

### 3. 국내외 항만의 그린포트 정책 시행 현황

#### ○ 해운항만산업분야의 대응

- > 미국, 캐나다, 네덜란드를 비롯한 EU국가, 싱가포르 등의 항만선진국들은 기후변화에 대응하고자 **저탄소 그린포트 또는 에코포트(Eco-Port) 추진 전략 수립**
- > 인벤토리 구축 등을 통한 온실가스 관리방안 적극 추진

#### ○ 미국의 IALB 항만의 Green Port 추진 원인

- > 항만 대기질 향상과 항만 지역 커뮤니티의 Health Risk 감소에 통한 길목 요소

### Regional Air Toxic Health Risk Changes 1998 to 2005

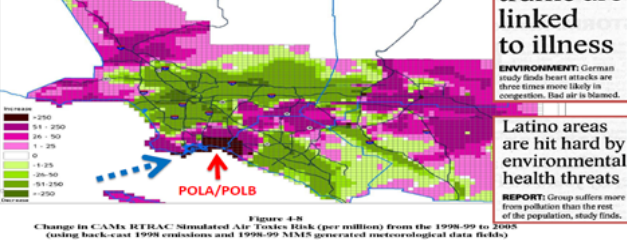


Figure 4-8. Change in CAMx RETRAC Simulated Air Toxics Risk (per million) from the 1998-99 to 2004-05 (Using back-cast 1998 emissions and 1998-99 NIMS generated meteorological data fields)

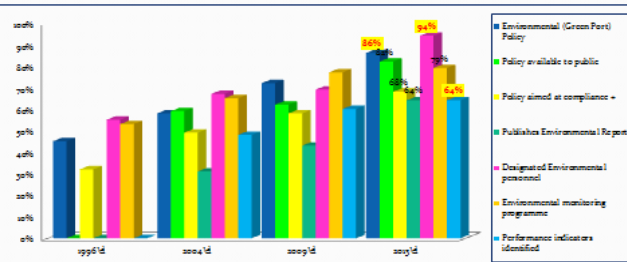
### 우리나라 그린포트 정책 추진 현황

2008년	· 경제와 환경의 조화로움 지속가능한 발전 전략인 국가녹색성장정책 시행
2008년 11월	· 국가 기후변화대책 등에 대비하여 준비한 지속가능한 교통물류발전법 국무회의 통과 · 2009년 12월 10일부터 시행
2009년 4월 14일	· 2008년 12월 저탄소 항만 구축방안에 관한 연구 실시 · 녹색성장, 기후변화에 대비한 정부의 GREEN PORT 구축방안 발표
2010년 4월 14일	· 저탄소 녹색성장 기본법 시행
2010년 5월	· 국토해양부 Green Port 구축 종합계획 수립
2011년 7월	· 제3차 항만기본계획(2011~2020) 확정·고시 · 7대 추진과제로 "그린포트, 저배출 체계 구축" 포함 - Modal Shift: 골도연안수송 비중률 목표률 '08년 8%/21% → '20년 20%/25% - 항만내 소비전력의 70% 신재생 에너지(풍력, 태양광 등)로 대체 - AMP, LED 교체 - 저탄소 항만 구축

### Key Outcomes of EU Ports' environmental management

#### ○ 2009년 설문조사 결과

- 연간 1,000만 ~ 2,500만 톤의 화물 처리 2건대 대형항만과 2,500만 톤 이상의 화물 처리 초대형 항만에서의 가장 큰 환경문제는 **대기오염** 문제로 나타났다.
- 또한 2,500만 톤 이상의 처리능력을 가진 초대형 항만의 경우, 최근 14년 동안 한 번도 고려되지 않았던 **기후변화(Climate change)** 문제가 곧 번째 항만환경문제로 대두되고 있음.
- 2009년 당시, 설문응답 항만들의 >72%는 "그린 or 에코포트 정책과 항만환경정책 (environmental policy)" 수립  
>33%가 항만에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출 및 51%가 발생된 CO<sub>2</sub> 저감규제 실시  
>57%는 항만 에너지 효율성 향상 프로그램 구축 및 20%가 재생에너지 사용



### 국내 항만의 Green Port 정책 추진 현황

부산항 2013년 부산항 Green Port 구축 종합 계획	인천항 2013년 인천항 Green Port 구축 종합 계획	울산항 2013년 울산항 Green Port 구축 추진 전략
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 10년 2월 BPA의 부산항 녹색성장 TIF팀 발족</li> <li>· 컨테이너터미널 하역장비의 동력원 전환: 디젤유 → 전기 (E-RTGC)</li> <li>· 조반기기 LED 등으로 교체</li> <li>· 태양광 및 지열 등 신재생 에너지 사용</li> <li>· AMP 공급시스템 구축</li> <li>· 신항-묵간간 해상서폐수항</li> <li>· 2014년 국내 최초 컨테이너 선박에 대한 E코인센티브 정책 도입 시행 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 본진양지 하역장비도입</li> <li>· 신재생에너지 사용: 태양광 및 지열</li> <li>· 조반기기 LED 등으로 교체</li> <li>· 친환경 LNG연료 추진선박 운항</li> <li>· AMP 공급시스템 구축</li> <li>· 항만 전기자동차 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 11년 12월 국제표준화기구 (ISO)가 제정한 환경경영시스템에 관한 국제표준규격의 ISO 14001 최초인증</li> <li>· 비산먼지 저감대책 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 아역장포장공사 및 배수로 정비사업</li> <li>✓ 방진망 및 스프링클러 설치</li> <li>✓ 사료부원료 저장함고 건립</li> </ul> </li> <li>· 친환경 본진저항 오피스 개관 추진: 2013년 8월</li> <li>· 친환경 LED 조명교체</li> <li>· 에너지 효율 1등급 "울산항 마린센터" 건립, 신재생에너지 태양광 및 지열 사용</li> </ul>

### 해외 선진항만의 Green Port 정책 추진 현황

미국 LAAB항만 2008년 San Pedro Bay Clean Air Action Plan(CAAP)	캐나다 밴쿠버항만 2008년 Northwest Ports Clean Air Strategy	로테르담 항만 2007년 Rotterdam Climate Initiative (RCI)	홍콩 항만 2011년 신박의 자유항구 사용	싱가포르 항만 2011년 Maritime Singapore Green Initiative(MSGI)
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Clean Trucks Program (CTP)</li> <li>· Vessel Speed Reduction Program</li> <li>· Cold Ironing or AMP, 선박 육상전력 공급 프로그램</li> <li>· Environmental Sio Index (ESI) Program</li> <li>· Solar Photovoltaic Development</li> <li>· Port Environmental Management Department</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 배출가스 인벤토리 작성</li> <li>· 허버 패트롤 (Harbour Patrol Program)</li> <li>· 친환경해운프로그램(EcoAction Program for Shipping)</li> <li>· 미국의 타고마, 시애틀 항만과 같이 선박항만으로 부터의 대기오염 예방 및 기후변화 대응을 위한 공동업종 협회 설립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· CO2 Capture and Storage (CCS)</li> <li>· CO2 Footprint(탄소 발자국) 프로그램</li> <li>· Modal Solid 모델 수립</li> <li>· Environmental Sio Index (ESI)</li> <li>· Green Award</li> <li>· Shore-based Power(선박의 육상전기 공급) 프로그램</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 19개 해운사의 Fair Winds Charter: 2011년 ~2012년까지 2년간 장악종 지출액으로 0.5% 자유항구 사용 결의</li> <li>· 2012년 9월, 지출액 0.5% 자유항구 사용 선택에 대한 인센티브 정책 시행: 최대 항세 50% 감면</li> <li>· 17개사 Fair Winds Charter 1년 연장 시행</li> <li>· E-RTGC 교체 사업 (70% 연료절감, 80% 보수유지비 절감)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Green Sio Programme: 싱가포르 국적선 대비 50% 감면, 동세 20% 감면 등 인센티브 정책</li> <li>· Green Technology Programme: 배출량의 10% 이상을 R&amp;D 사업 지원</li> <li>· Green Port Programme: 배출가스 저감 친환경 설비 사용 또는 저유량유 사용시 항비 10% 감면 인센티브 정책</li> </ul>

### 국내의 Green Port 정책시행 시사점

#### ○ 선진항만 Green Port 정책 현황

- ① 국내 및 유럽 항만을 중심으로 항만 및 인근지역의 대기오염 등 환경오염문제에 적극적으로 대응하기 위하여 Green Port or Eco-Port Policy를 수립하여 추진 중
- ② 항만 기상 선박에 대한 IMO의 NOx, SOx, GHG 등의 배출가스 규제 강화추세와, 자국 항만 지역의 환경오염문제의 심각성 증대로 인하여 일본항, 홍콩항과 싱가포르 등 아시아 지역 항만에까지 점차 확산되고 있는 추세임
- ③ 항만의 지속적인 발전방안으로 추진중인 Green Port 정책 시행의 직접적인 배경은 항만기인 대기 및 수질오염, 교통혼잡 등의 환경오염으로 인한 인근 지역주민(local community)과의 갈등에 있음

#### ○ 선진항만 Green Port 정책의 성공요인

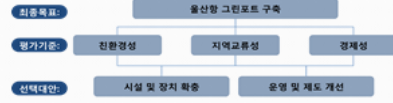
- ① 국가, 시 또는 주(미국의 경우 state), 그리고 지역내 다른 국가들과 연계하여 대기환경 등의 관리를 위해 제정한 여러 가지 법령과 규제방안의 발표로 이어 근거를 두고 강력하게 시행
- ② 경제규제뿐만 아니라, 선박운항자, 터미널 운영자 등 항만 이해당사자들이 자발적으로 Green Port Policy에 참여할 수 있도록 유도할 수 있는 국가 및 지방정부의 재정지원 정책 (Financial Support: Funds or Grants)과 다양한 Incentive 정책은 병행하여 시행

## 국내외 GreenPort 정책시행 시사점

### ○ 우리나라 Green Port 정책 시행의 한계점

- Green Port 구축의 근거법인 "저탄소 녹색성장법" 과 "지속가능교통진흥법" 및 "해양환경관리법" 중 상 관리주체는 "해양수산부" 임.
- 이러한 현실 하에서, 우리나라 Green Port 구축 중앙계획의 적극적인 시행에 있어 걸림돌은:
  - 선박 규제규제 등 현행 IMO 기준 이상으로 항만 내 또는 항만수 기항하는 선박에 대하여 적극적인 규제를 할 수 있는 명확한 법적 근거가 없음
  - 국내 항만의 특성을 고려하지 않는 해양성그린포트 정책의 수용은 항만경쟁력 제고에 악영향을 끼칠 우려가 높음
- 항만공사는 현행법 상 법적 책임은 없으나, 항만의 운영 및 관리주체로서 지속가능한 항만 운영을 위한 친환경 Green Port 관리정책이 요구됨.
  - 항만 이해당사자도 인식제고 필요: Green Port 정책의 시행은 필수적인 막대한 비용 증가와 규제사항이라는 인식으로, 정책시행의 당위성에 대한 강한 신뢰와 실효성에 대한 요구의 증가
  - Green Port 구축 중앙계획의 정책 및 사업시행에 위한 재원조달문제
  - 해양수산부의 지원사업: LED 교체 사업, 하역장비 중립의 전환사업

## 울산항의 GreenPort 구축 방안 우선순위 평가



### 우선순위 평가 방법

- 1단계: 평가항목별 가중치 지분
  - 친환경성: 저탄소, 대기질개선, 소음저감, 에너지절감
  - 지역교류성: 지역주민교류, 친수공간제공, 주민건강, 양안이미지개선
  - 경제성: 운영효율성, 경쟁력상승, 도입시기, 실현가능성, 투자효과성
- 2단계: 중립추진분야별 가중치 지분 (시설 및 장비, 운영 및 제도)
- 3단계: 각 추진분야별 우선순위 지분

### 1단계: 평가항목별 가중치

평가기준1	평가기준2	중립중요도
친환경성	저탄소(1-1)	0.0211
	대기질개선(1-2)	0.0217
	소음저감(1-3)	0.0972
지역교류성	에너지절감(1-4)	0.0795
	지역주민교류(2-1)	0.0410
	친수공간제공(2-2)	0.0458
경제성	주민건강(2-3)	0.0501
	양안이미지개선(2-4)	0.1315
	운영효율성(3-1)	0.0595
평가성	경쟁력 상승(3-2)	0.0565
	도입시기(3-3)	0.0879
	실현가능성(3-4)	0.0956
	투자효과성(3-5)	0.2319

### 2단계: 중립추진분야별 가중치

시설 및 장치확충	친환경성				지역교류성				경제성				중립 가중치	
	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-1	3-2	3-3	3-4		3-5
시설 및 장치확충	0.58	0.53	0.52	0.53	0.45	0.63	0.56	0.49	0.45	0.50	0.48	0.51	0.51	0.50
운영 및 제도개선	0.47	0.47	0.48	0.47	0.49	0.42	0.45	0.52	0.55	0.51	0.58	0.52	0.50	0.49

## 4. 울산항의 GreenPort 수립 방안

### ○ 울산항 친환경항만 정책현황

- 울산항 현황
  - 연간 약 1억 6천만톤의 적하외출입을 취급하는 적하외출 중심항만
  - 주요외출: 적하외출, Dry Bulk, 일반화물 (시멘트, 석탄, 우드칩 등), 컨테이너 등
  - 제3차 전국 항만기초계획에서 중북이 오일버프 항만으로 육성할 계획임
  - 그러나 비산먼지 등의 대기오염으로 인한 주민과의 갈등유발
- 울산항은 울산항만공사(UA)를 중심으로 Green Port 정책 추진
- 4대 전략목표인 "미래성장동력확보" 외 전략과제로써, "녹색항만" 조성이 채택되어 있으며, 이를 통하여 최대 항만항 경쟁력:
  - 문진, 비산먼지저감시설 확충
  - LED 조명확대 및 무공해저장차 확충을 세부실시과제로 두고 노력하고 있음.
- 울산항 CO2 발생현황
  - 울산항(280,484천톤)은 공항항 다음으로 가장 많은 CO2 배출 (전국 항만의 약 19% 차지)
  - 배출원별 비율: 선박 (64.9%) >>> 하역 (20.4%) > 외부차량 (14.7%)

### ○ 울산항 Green Port 구축 방안 대기기사 배출저감 확대

- 대상: 가장 잠재적으로 규제자 힘든 선박으로부터 배출되는 대기기사 오염을 저감시켜야 할 것임
- 정책방향: 선박운항자로 하여금 자발적인 참여를 유도할 수 있는 "Voluntary Incentive Program" 형태
- 자발적 인센티브 프로그램의 지속 가능한 시행을 위해서는 정부 (해양수산부)관리부처 및 시당국과의 적극적인 연계와 지속적인 지원조달이 필요
- 모니터링 시스템과 Emission Inventory의 구축:
  - Green Port 정책의 개발과 효율적인 시행을 위해서는 각 오염원을 대기오염 상태와 이에 대한 각 정책방안별 대기오염 저감효과를 정확히 측정하고 면적 및 평가할 수 있는 시스템의 구축이 필수적임

## GreenPort 구축 방안 우선순위 분석결과

### 시설(H/W) 및 장치부분



### 운영(S/W) 및 제도부분



## 울산항의 GreenPort 구축 방안

### ○ 울산항 Green Port 구축 방안 도출 및 우선순위 설정

- 방법론: 전문가 자문 및 설문조사를 통한 AHP 이용
- 조사대상: 해운선사, 항만이익단체, 항만운영자, 선주협회, 학계 등 관련 전문가 집단
- 기간: 2013년 9월 ~ 10월

### ○ 울산항 Green Port 구축 방안 도출결과

	선박	부두	외부차량	UPA (기관)
시설 및 장치 (H/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>에어브라드 메인선</li> <li>CNG/AMP 메인선</li> <li>AMP</li> <li>선박배기가스배출 저감시스템</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율 LED</li> <li>태양광 발전</li> <li>Eco-Hopper</li> <li>고효율 컨베이어</li> <li>고효율 컨베이어</li> <li>CNG VIT</li> <li>해석석 석탄상고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>광회전 장치</li> </ul>	
운영 (S/W) 및 제도	<ul style="list-style-type: none"> <li>ESI</li> <li>선박속도저감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Green 임대정책</li> <li>환경인센티브</li> <li>Green Port 인형</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Green Tack</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eco 관리자방 정책</li> <li>Green R&amp;D</li> <li>항만환경관리부서</li> <li>인센티브관리프로그램</li> <li>대기오염 모니터링</li> <li>Green Port 인형 (교육, 홍보, 제도)</li> </ul>

## 5. 결론 및 정책대안

- 정책이행 기관 역할 정립 및 상호협력체계 필요
  - 해양수산부, 시·도, 항만공사 등의 지속적인 Green Port정책 이행 역할의 제도화와 정부와의 제도개선 대한 상호 협력추진방안 강구
- 모니터링 및 대기오염 Inventory 구축 필요
  - CO<sub>2</sub> 및 Nox, Sox 등의 항만대기오염 유발물질에 대한 정확한 배출량 산정과 정책 시행 효과분석을 위한 항만환경 모니터링 및 "Inventory" 시스템 구축
  - 이를 통한 지속적인 그린포트 구축방안의 평가 및 개선방안 모색
- 재정지원 등 Incentive 제도 도입
  - 항만 이해당사자인 해운선사 및 터미널 운영사, 그리고 트럭 운송업체 등의 적극적인 참여유도를 위한 다양한 인센티브 지원 프로그램 시행
- 항만환경관리전담부서 등 조직적인 관리운영방안 필요
  - Green Port 구축 중앙계획의 효율적인 실행을 위한 "항만환경 전문가" 를 중심으로 한 전담부서의 설치를 통한 지속적인 관리체계 구축
- 울산항의 그린포트 이미지화 필요
  - 홍보/마케팅 활용