

2008. 12

정책연구 2008-09(기본)

친환경 항만운영기술 적용 및 실행방안 연구

2008. 12

김우선 · 최종희 · 최상희 · 하태영



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

◆ 보고서 집필 내역

● 연구책임자

- 김 우 선 : 총괄, 제1장, 제2장(1,2,4), 제7장

● 연구진

- 최 종 희 : 제3장(2.5), 제4장
- 최 상 희 : 제3장(2.2), 제6장
- 하 태 영 : 제2장, 제5장

● 외부 집필진

- 정 한 욱((주)하나티앤이) : 제3장
- 허 윤 수((재)부산발전연구원) : 제7장

◆ 산·학·연·정 연구자문위원

- 이 도 희(우암터미널 상무이사)
- 김 웅 영(국토해양부 사무관)

* 연구자문위원은 산·학·연·정 순임

머 리 말

최근 지구환경변화문제에 대한 인식의 폭이 커지면서 항만도 환경오염의 발원지라는 인식이 확대되고 있다. 그 결과 항만을 중심으로 한 환경오염에 대한 각종 규제가 점차 확대·강화되고 있는 추세이다. 이전까지 항만운영의 주 관심사는 항만 간 경쟁우위를 점하기 위해 항만시설을 확충하고 장비의 성능과 생산성을 높이는데 중점적인 투자가 이루어지는 방향으로 전개되어 왔다.

그러나 최근의 이러한 환경문제에 대한 인식변화로 항만분야에서도 타 산업 분야에서와 마찬가지로 녹색성장을 지향하는 그린포트(Green Port) 개발전략이 도입되기 시작하였다. 그 결과 로스엔젤레스&롱비치항만의 ‘청정 대기행동계획’과 같이 항만의 생산성뿐만 아니라 항만 내의 환경개선에도 막대한 관심을 두는 개발전략이 추진되고 있다. 이러한 녹색성장과 그린포트 항만개선전략은 특정국가, 지역에 국한되지 않고 점차 글로벌화되어 가고 있는 양상을 보이고 있으며 항만운영사 뿐만 아니라 선사에도 상당한 영향을 주고 있다.

이러한 여건변화에 부응하여 국내에서도 항만개발·운영에 친환경기술의 접목이 시도되고 있고, 일부에서는 그 효과를 거두고 있다. 부산항의 전체 온실가스 배출량의 65% 이상을 차지하는 선박, 크레인, 차량, 운영시스템 등에 적용할 수 있는 다양한 기술대안들이 있다. 이러한 기술대안 중 사전예약제, 비피크인센티브 등과 같이 항만 자체적으로 수행할 수 있는 친환경기술에 대해서는 사전에 충분한 검토 후 추진되어야 시행착오를 줄일 수 있을 것이다. 선박전기공급기술이나 전기식 RTG와 같은 기술의 경우에는 항만의 운영환경이 충분히 반영되어야 한다. 또한, 기존 작업에 지장을 최소화하면서 투자 대비 효과를 높일 수 있도록 단계적인 절차를 거쳐

기술도입이 추진되어야 할 것이다. 친환경 기술들은 대규모의 재원이 투입되며 시스템 구축에도 상당한 기간이 소요될 뿐만 아니라 설계 후 변경이 쉽지 않기 때문에 장기적인 관점에서 면밀한 검토를 거친 후에 추진되어야 한다.

본 연구에서는 항만에서 발생하는 온실가스의 배출을 저감하기 위해서 첫째, 항만에서 온실가스 배출을 저감할 수 있는 적용 가능한 기술들을 수집하여 하역단계별로 친환경 항만운영기술을 정리하였다. 둘째, 친환경 항만운영기술의 적용 시 단기, 중기, 장기적인 측면의 우선순위를 설정하였다. 또한, 정리된 기술들이 항만에서의 적용성을 검토하였다. 셋째, 항만의 온실가스 배출의 주범인 선박과 이송차량을 대상으로 실제 항만에 친환경 항만운영기술을 적용 시 온실가스 저감효과를 분석하였다. 넷째, 친환경 항만운영기술의 추진을 위한 로드맵을 수립하여 대안별 추진단계를 제시하며, 이에 효율적인 추진을 위한 실행방안을 제시하였다.

본 보고서는 한국해양수산개발원 해양물류연구부의 김우선 책임연구원이 책임을 맡고, 최종희 부연구위원, 최상희 부연구위원 그리고 하태영 책임연구원이 공동으로 집필하였다. 외부 집필을 통해서 도움을 주신 (주)하나티앤이 정한욱 사장님, 부산발전연구원 허윤수 박사님 그리고 좋은 지적과 조언을 해 주신 김웅영 해양수산부 사무관님, 김학소 심의역님, 이도희 우암터미널 상무이사님께 깊은 사의를 표하며, 자료정리 및 원고수정에 도움을 아끼지 않은 서진원 행정원에게도 필자를 대신하여 이 지면을 빌어 감사드리고자 한다.

2008년 12월

한국해양수산개발원
원 장 강 종 희

차 례

제1장 서 론	1
1. 연구의 배경 및 필요성	1
2. 연구의 목적	3
3. 연구의 범위와 방법	3
1) 연구의 내용 및 범위	3
2) 연구의 방법	5
3) 선행연구 검토	6
제2장 친환경 항만운영기술 개념수립	8
1. 친환경 항만운영기술 개념	8
2. 친환경 항만운영기술 개발현황	9
1) 하드웨어적 기술개발 현황	10
2) 소프트웨어적 기술개발 현황	11
3. 해외 기술적용 사례	12
1) 로스엔젤레스 & 롱비치 항만	12
2) 기타 외국 항만	18
4. 친환경 항만운영기술 대상	20
제3장 친환경 항만운영 기술대안의 검토	23
1. 영역별 구분	23
1) 접안시스템	24
2) 안벽시스템	24

3) 야드시스템	25
4) 이송시스템	26
5) 게이트시스템	26
2. 영역별 대안의 기술검토	27
1) 접안시스템 대안의 기술검토	27
2) 안벽시스템 대안의 기술검토	34
3) 야드시스템 대안의 기술검토	46
4) 이송시스템 대안의 기술검토	62
5) 게이트시스템 대안의 기술검토	74
6) 기술대안의 요약 검토	83

제4장 친환경 항만운영기술 우선순위 및 타당성 분석 ————— 84

1. 기술대안 우선순위 분석	84
1) 우선순위 결정의 개요	84
2) 우선순위 분석	85
2. 기술대안 적용 적용성 검토	90
1) 온실가스 배출패턴	90
2) 온실가스배출 저감 기술대안 구분	92
3) 친환경 항만운영기술 대안 적용성 검토	92

제5장 친환경 항만운영기술 적용 효과분석 ————— 95

1. 대안 선정	95
2. 친환경 항만운영기술 도입 효과	97
1) AMP기술	97
2) 연료유 변경	113

제6장 친환경 항만운영기술 적용 로드맵 수립 및 실행방안	120
1. 기술로드맵의 형태와 작성방법론	120
2. 친환경 항만운영기술 적용 로드맵	121
3. 친환경 항만운영기술 적용을 위한 실행방안	123
1) 친환경 항만운영기술 실행방안 적용절차	124
2) 온실가스 배출저감방안의 추진전략	126
 제7장 결론 및 정책건의	 132
1. 결론	132
2. 정책건의	136
1) 중앙정부의 역할	136
2) 항만공사의 역할	140
3) 운영사 및 물류기업의 역할	141
4) 지방자치단체의 역할	142
 참 고 문 헌	 144
 용어 및 약어	 147
 부록 1. 대기오염물질의 종류	 151
 부록 2. 전문가 면담 질의서	 165

표 차례

표 1-1.	선행연구 검토	7
표 2-1.	항만 오염 유형	8
표 2-2.	LA & LB 청정 대기 행동 계획 추진 전략	13
표 2-3.	캘리포니아 저유황 연료 사용 규제 정책	14
표 2-4.	로스엔젤레스항만의 AMP 추진 계획	15
표 2-5.	롱비치 항만의 AMP 추진 계획	16
표 2-6.	기술 향상 프로그램 기본 내용	17
표 2-7.	청정대기 행동계획 추진예산	18
표 2-8.	ECO RTG 도입 현황(Simens사)	18
표 2-9.	각국의 친환경 항만 구축 사례	19
표 2-10.	대기가스 배출 저감 및 차단을 위한 대상별 실천방안	21
표 3-1.	친환경 항만운영기술 영역별 구분	23
표 3-2.	접안시스템 기술대안	24
표 3-3.	안벽시스템 기술대안	25
표 3-4.	야드시스템 기술대안	25
표 3-5.	이송시스템 기술대안	26
표 3-6.	게이트시스템 기술대안	27
표 3-7.	국내 터미널의 C/C당 안벽담당길이	35
표 3-8.	국내 터미널의 C/C당 처리실적	36
표 3-9.	국내 터미널의 C/C 요구대수 재산정	37
표 3-10.	국내 터미널 C/C 과부족 대수	37
표 3-11.	국내 터미널의 C/C 하역생산성	38
표 3-12.	컨테이너 크레인의 기계적 성능 향상	39
표 3-13.	대형선에 대비한 컨테이너 크레인 성능	40
표 3-14.	장비사양 및 작업선박 규모 (아웃리치 22열)	45

표 3-15. 컨테이너 크레인 유형별 기계적 생산성 산출값	45
표 3-16. 기존 터미널 TC의 기계적 성능	47
표 3-17. TC의 개선된 기계적 성능	48
표 3-18. 시설배치 재정립의 효과	54
표 3-19. 게이트 시간대별 외부트럭 도착 패턴	58
표 3-20. 야드 트랙터/AGV의 기본적인 특징	63
표 3-21. 셔틀캐리어/ALV의 기본적인 특징	64
표 3-22. 2단 적재차량의 기본개념 및 특징	68
표 3-23. 조별운영방식에서의 이송장비 운행경로	69
표 3-24. Pooling Operation방식에서의 이송장비 운행경로	70
표 3-25. YT 조별운영과 Pooling 운영방식의 비교	71
표 3-26. 이송장비의 단일 싸이클 운영과 듀얼 싸이클 운영 비교	74
표 3-27. 게이트 운영방안	75
표 3-28. 국내 주요 터미널 게이트 운영시설 규모	75
표 3-29. Gate-In 대기 큐 시뮬레이션 분석예	76
표 3-30. 국내 터미널의 게이트 문제발생 트럭과의 의사소통 방식	77
표 3-31. 국내 터미널의 문제 발생 트럭 처리 방법	78
표 3-32. 무정차시스템의 적용기술 특징	80
표 3-33. 분리게이트 시스템	82
표 3-34. 기술대안 정리	83
표 4-1. 기술대안 적용 기간별 정리	86
표 4-2. 기술대안별 우선순위 분석	87
표 4-3. 기술대안 우선순위 종합정리	89
표 4-4. 온실가스배출 저감 기술대안 분류	92
표 4-5. 기술대안별 적용성 검토	94
표 5-1. 항만 유해물질 방출원별 비중	95
표 5-2. 국내 부산항 연도별 선석점유율	98
표 5-3. 신선대부두 연도별 접안선박의 대수별 빈도	99

표 5-4.	신선대부두 연도별 접안선박 총톤수 비율	100
표 5-5.	우암부두 접안선박의 대수별 빈도	101
표 5-6.	우암부두 접안선박 총톤수 비율(2007년)	102
표 5-7.	선형별 전력요구량(예측치)	103
표 5-8.	선박톤수별 전력요구량(예측치)	103
표 5-9.	신선대부두 전기공급규모별 선박서비스율	105
표 5-10.	우암부두 전기공급규모별 선박서비스율(2004년)	106
표 5-11.	부산·부산신항 운영사별 전력시설 현황	107
표 5-12.	부산신항 전력시설 현황	108
표 5-13.	부산항 주요터미널별 평균선형규모	109
표 5-14.	부산항 대형터미널 전력시설 적정규모(예측치)	110
표 5-15.	부산항 선박접안시 배기가스 감소효과별 전력량 증설규모	112
표 5-16.	부산항 주요터미널별 내부차량통행량	114
표 5-17.	부산항 주요 터미널별 차량통행량 산정	115
표 5-18.	신선대터미널 2007년도 외부차량통행량	116
표 5-19.	부산항 주요터미널별 외부차량통행량	117
표 5-20.	부산항 내부 및 외부차량 통행량비교	117
표 6-1.	일반적인 에너지비용 절감방안 적용절차	125
표 6-2.	운영대안의 에너지비용 절감방안 적용절차	125
표 6-3.	친환경 항만운영기술 적용을 위한 재원확보방안	131

그림차례

그림 1-1.	연구 흐름도	5
그림 2-1.	San Pedro Bay Ports(LA & LB)	13
그림 2-2.	Barge & Cruise AMP	15
그림 3-1.	항계 내에서의 선박의 대기배출가스의 예	28
그림 3-2.	DPF 장치	30
그림 3-3.	자동접안시스템	31
그림 3-4.	LA항의 AMP	32
그림 3-5.	선박 육상공급장치(Alternative Maritime Power, AMP)	33
그림 3-6.	클린십 제작현장	34
그림 3-7.	Twin-Lift와 Tandem Forties 스프레더 현장작업	41
그림 3-8.	피기백(Piggyback) 스프레더	42
그림 3-9.	싱글트롤리형 컨테이너 크레인 동작원리 및 특징	43
그림 3-10.	신개념 컨테이너 크레인의 동작원리 및 특징	44
그림 3-11.	크레인 유형별 기계적 생산성 그래프	46
그림 3-12.	수소연료전지의 구조 및 작동원리	50
그림 3-13.	연료전지와 내연기관의 CO ₂ 배출 비교	51
그림 3-14.	하이브리드카의 주행방식	52
그림 3-15.	자성대, 신선대, 우암, 감만터미널의 평면배치 레이아웃	54
그림 3-16.	친환경 하역장비 기술	55
그림 3-17.	트랜스퍼 크레인(RTG) 적용도(Cable Trench + Panzerbelt 방식, Cable Guide + Panzerbelt 방식)	55
그림 3-18.	트랜스퍼 크레인(RTG) 적용 시 이동장비 주행로	56
그림 3-19.	게이트 도착분포 그래프	58
그림 3-20.	전통적 방식과 에너지세이빙 방식의 운영싸이클 비교	59
그림 3-21.	슈퍼카파시터	60
그림 3-22.	플라이 휠	61

그림 3-23. Variable Speed 디젤엔진	62
그림 3-24. YT 및 AGV 이송장비	63
그림 3-25. YT 및 AGV 이송시스템 구성도	64
그림 3-26. 셔틀캐리어와 ALV	64
그림 3-27. 이송시스템의 연료유 변경	65
그림 3-28. 2단 적재차량(Double Stack Vehicle)	67
그림 3-29. 이송장비 조별운영방식 개념도	69
그림 3-30. 이송장비 Pooling Operation 개념도	70
그림 3-31. 이송장비 단일 싸이클 운행 개념도(기존 시스템)	72
그림 3-32. 이송장비 Dual Cycle 운영 개념도(리모델링 시스템)	73
그림 3-33. DSRC를 이용한 게이트 통제	79
그림 3-34. 단일게이트시스템	81
그림 3-35. 분리게이트시스템 구성 개념도	81
그림 4-1. 하역단계별 기술대안 적용구성도	93
그림 5-1. LA/LB 항만 유해물질 방출원별 비중	96
그림 5-2. 국내 부산항 연도별 선석점유율	98
그림 5-3. 신선대부두 접안선박 대수별 비중 및 누적률	100
그림 5-4. 신선대부두 접안선박 총톤수 분포도(2004~2007년)	101
그림 5-5. 우암부두 접안선박 총톤수 분포도(2007년)	102
그림 5-6. 신선대부두 전기공급규모별 선박서비스율(예측치)	106
그림 5-7. 우암부두 전기공급규모별 선박서비스율(예측치)	107
그림 5-8. 부산항 터미널별 전력시설확충규모(서비스율 : 90%↑)	111
그림 5-9. 부산항 전력시설확충규모별 선박접안 시 배기가스 감소효과	112
그림 5-10. 부산항 터미널 내부 및 외부차량 통행량 비중	118
그림 5-11. 무공해 차량 기술적용 시 배기가스 감소효과	118
그림 5-12. 무공해 차량 도입 시 배기가스 감소효과(부산항)	119
그림 6-1. 로드맵의 특성	120
그림 6-2. 친환경 항만운영기술 적용 로드맵	122
그림 6-3. 친환경 항만운영기술 적용 마이크로 로드맵	123
그림 6-4. 온실가스 배출저감방안의 적용방향	124

Executive Summary

■

제 1 장 서 론

1. 연구의 배경 및 필요성

과거와 달리 최근 지구환경변화문제에 대한 인식의 폭이 커지면서 항만도 환경오염의 발원지라는 인식이 확대되고 있다. 그 결과 항만을 중심으로 한 환경오염에 대한 각종 규제는 점차 확대·강화되고 있는 추세이다. 이러한 여건변화에 부응하여 국내에서도 항만개발·운영에 친환경기술의 접목이 시도되고 있고, 일부에서는 그 효과를 거두고 있다. 그 한 예로 기존 유류를 사용하던 동력체제를 전기로 전환하여 하역장비로 인한 항만 대기오염을 감소시켰다. 이와 동시에 항만운영비의 절감에도 상당한 기여 효과가 있어 친환경 기술적용의 호응도는 높아지고 있다. 이에 대한 지원을 위해 국토해양부에서 기후변화협약에 대응하기 위해서 추진하고 있는 ‘지속가능한 교통물류발전법’을 보면 항만과 관련된 내용은 기존 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane)를 E-RTGC(Electronic-RTGC)로 전환할 때 대당 설치비 1억 7,500만 원을 지원하는 방안이 있다. 그리고 경유 화물차를 LNG 차량으로 전환 시 대당 2천만 원을 지원하는 두 개의 방안만이 있다. 항만에서도 향후 2013년부터 적용되는 포스트 교토의정서에서 규정하고 있는 온실가스¹⁾ 배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 감축하여야 한다. 그러나 이러한 수준의 지원방안만으로는 기후변화협약에 대비한 친환경 항만 구축은 불가능한 상황이다.

외국 항만의 경우 최근의 이러한 환경문제에 대한 인식변화로 타 산업분야에서와 마찬가지로 녹색성장을 지향하는 그린포트(Green Port) 개발전

1) 대상 온실가스는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)의 6종류이다.

략이 도입되기 시작하였다. 그 결과 로스엔젤레스&롱비치항만의 “청정대기행동계획”과 같이 항만의 생산성뿐만 아니라 항만 내의 환경개선에도 막대한 관심을 두는 개발전략이 추진되고 있다. 이러한 녹색성장&그린포트 항만개선전략은 현재, 특정국가, 지역에 국한되지 않고 점차 글로벌화되어 가고 있는 양상을 보이고 있으며 항만운영사 뿐만 아니라 선사에도 상당한 영향을 주고 있다.

항만에서 온실가스 배출을 저감하기 위한 방법에는 E-RTGC와 LNG 차량으로 전환이외에도 부산항의 전체 온실가스 배출량의 65% 이상을 차지하는 선박, 크레인, 차량, 운영시스템 등에 적용할 수 있는 다양한 기술대안들이 있다.

다만, 이러한 기술대안 중 사전예약제, 비피크인센티브와 같이 항만 자체적으로 수행할 수 있는 친환경기술에 대해서는 사전에 충분한 검토 후 추진되어야 시행착오를 줄 일수 있다. 선박전기공급기술이나 전기식 RTG와 같이 항만 내에 일정규모 이상의 시설용량을 신규로 확충해야 하는 기술인 경우에는 항만의 운영환경이 충분히 반영되어야 한다. 또한, 기존 작업에 지장을 최소화하면서 투자 대비 효과를 높일 수 있도록 단계적인 절차를 거쳐 기술도입이 추진되어야 한다. 이러한 기술들은 대규모의 재원이 투입되며 시스템 구축에도 상당한 기간이 소요될 뿐만 아니라 설계 후 변경이 쉽지 않기 때문에 장기적인 관점에서 면밀한 검토를 거친 후에 추진되어야 한다. 따라서 국내 항만이 기후변화협약에 대비한 친환경 항만운영체계를 구축하기 위한 시간이 촉박한 상황이다. 그러므로 중앙정부, 지자체, 항만공사, 운영사의 유기적이고, 효율적인 협조체계와 국내 항만산업에 대한 다각도의 온실가스 배출저감 대책마련이 필요한 상황이다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 항만에서 발생하는 온실가스 배출을 저감하기 위한 대안을 수집·정리하여 적용방안을 제시하는 것이다. 이를 위한 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 중앙정부 및 관련기관에서 온실가스 배출저감을 하기 위해서는 친환경항만운영기술을 파악하여 적용할 대상을 선정하여야 한다. 따라서 항만에서 온실가스 배출을 저감할 수 있는 적용 가능한 기술들을 수집하여 하역단계별로 친환경 항만운영기술을 정리하여 정책추진을 위한 적용대안을 제시하고자 한다. 둘째, 친환경 항만운영기술의 효율적인 적용을 위해서 전문가 면담을 통해서 단기, 중기, 장기적인 측면의 우선순위를 선정하고자 한다. 또한, 정리된 기술대안들의 항만 적용성을 검토하여 기술도입 가능한 대안여부를 분석하고자 한다. 셋째, 친환경 항만운영기술의 적용에 따른 온실가스 배출저감효과를 파악하기 위해서 항만 온실가스 배출 주범인 선박과 이송차량을 대상으로 실제 항만에 친환경 항만운영기술을 적용 시 온실가스 저감효과를 분석하여 효과를 제시하고자 한다. 넷째, 정부 및 항만공사의 관련 기관에서 온실가스 배출저감을 위한 친환경 항만운영기술의 적용 시 순차적인 추진을 위한 로드맵을 수립하고자 한다. 또한, 대안별 추진단계를 제시하며, 기술대안의 효율적인 추진을 위한 실행방안을 제시하고자 한다.

3. 연구의 범위와 방법

1) 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 항만에서의 친환경운영 기술들을 수집·정리하고, 이러한 기술들의 적용을 위한 의사결정분석 대안의 선정을 다단계 의사결정시

시스템을 통하여 도출한다. 또한, 친환경적 항만운영기술 적용효과가 높은 기술에 대해 온실가스 저감효과를 분석하며 이를 바탕으로 환경친화적 항만 구축을 위한 기술적용 로드맵 및 실행 방안을 수립하는데 중점을 둔다. 각 장의 연구내용 및 범위를 요약하면 다음과 같다.

제1장 서론에 이어 제2장에서는 본 연구에서 다루는 친환경 항만운영 기술의 개념을 정의하고 이를 바탕으로 친환경 항만운영기술에 대한 기존 연구와 해외기술적용 사례를 살펴본다.

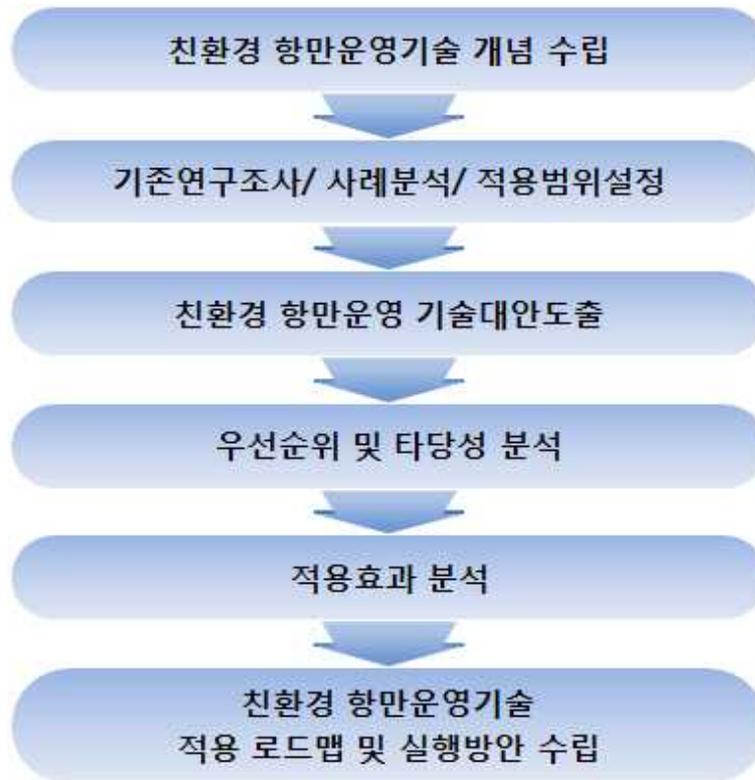
제3장에서는 2장에서 수집된 자료를 바탕으로 기술대안을 도출하고 영역별(접안, 안벽, 야드, 이송, 게이트)로 적용성을 검토한다.

제4장에서는 관련전문가의 의견수렴을 통해 기술대안의 우선순위를 도출하고, 우선순위에 따라 기술의 적용성을 검토한다.

제5장에서는 도출된 기술 대안 중 우선순위가 높은 대안에 대해 온실 가스 저감효과를 정량적으로 분석해 본다.

제6장에서는 친환경 항만운영기술 적용 로드맵을 수립하며, 이의 실행 방안을 기술한다. 마지막으로, 제7장에서는 본 연구의 결론과 친환경 항만 운영기술 적용을 위한 정책적 제안내용을 기술한다.

본 연구의 범위는 항만의 상부에서 작업이 이루어지는 선박, 안벽크레인, 야드크레인, 이송장비, 기타 하역장비, 운영, 게이트업무에 적용 가능한 친환경 항만운영기술을 대상으로 한다.



| 그림 1-1 | 연구 흐름도

2) 연구의 방법

본 연구의 수행 방법은 우선 기존 연구 문헌과 해외 기술적용사례를 통해 친환경 항만운영기술의 개념을 수립하며, 이를 토대로 적용 가능한 기술대안을 도출한다. 도출된 친환경 항만운영기술대안에 대해서는 각 영역별로 기존문헌조사와 관련기관 자료수집 및 전문가의견수렴을 통해 우선순위와 타당성을 검토한다.

또한, 친환경 항만운영기술의 적용효과분석에는 터미널의 운영실적을 토대로 정량적으로 적용효과를 산출해 본다. 마지막으로 친환경 항만운영 기술 관련 전문가 및 항만운영업체 관계자의 의견 수렴을 통해 기술적용 로드맵 및 실행방안을 수립한다.

3) 선행연구 검토

기존의 친환경 항만과 관련된 국내의 선행연구로는 정봉민 외(2003)의 「환경친화적 항만개발 및 운영방안」 연구가 있다. 본 연구에서는 항만의 개발 및 운영과 관련된 환경영향을 검토하고 환경에 대한 부정적 영향의 최소화방안을 검토하였다. 또한 친수, 녹지공간의 조성 등 항만환경의 창조방안에 관한 논의도 연구되었다. 송만순(2001)의 “환경친화적 항만 개발정책” 연구에서는 항만개발 필요성에 대한 전반적인 공감대를 바탕으로 친환경적인 항만을 효율적으로 추진할 수 있는 구체적인 실천방안을 모색하였다. 외국의 경우에는 캘리포니아 환경보호국 공기자원위원회(2006)에서 “San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan”을 발표하였다. 본 계획은 21세기 변화 전망에 따른 지역개발의 전략과 제도적 수단을 제시하고 있다. 목적달성을 위한 통제방법 및 정책을 기술하였으며, 기술향상 프로그램을 제시하였다. 또한 미래방출예상도를 작성하고 목표달성을 위한 소요예산을 분석하여 추진전략을 수립하였다.

기존의 연구는 환경친화적 항만개발 및 운영의 필요성을 주장하거나 정책대안으로 환경친화적 항만개발을 위한 전략적 실천방안 및 권고기준을 제시하고 있다. 선행연구에서 살펴본 바와 같이 항만에서의 온실가스 배출저감을 위한 연구는 캘리포니아 환경보호국의 공기자원위원회에서 발표한 보고서가 유일하다. 그러나 위의 보고서에서 조차도 항만에서의 온실가스 배출저감을 위해서 제시하고 있는 방안은 AMP(Alternative Maritime Power)와 경유차량의 CNG(Compressed Natural Gas) 차량으로의 유도방안만을 다루고 있다. 따라서 본 연구에서는 장비, 시설, 운영 등의 측면에서 항만에 적용 가능한 친환경 항만운영기술에 대한 개념정립 및 대안제시를 하여 정부, 지자체, 항만공사, 운영사 등에서 다양하게 활용 가능한 연구를 수행한다. 해외 항만의 기술적용사례는 제2장에서 다룬다.

| 표 1-1 | 선행연구 검토

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
주요 선행 연구	<ul style="list-style-type: none"> 과제명 : 환경친화적 항만개발 및 운영방안 연구자(년도) : 정봉민 외 (2003) 연구목적 : 항만의 개발 및 운영과 관련된 환경영향을 검토하고 환경에 대한 부정적 영향의 최소화 방안을 검토하며, 친수, 녹지공간의 조성 등 항만환경의 창조방안 논의 	<ul style="list-style-type: none"> 항만개발 및 운영영향 분석 항만 환경영향의 경제적 비용, 편익 검토 국내외 사례분석 	<ul style="list-style-type: none"> 항만의 개발 및 운영에 따른 환경영향 검토 주요국의 항만개발 및 운영 관련 환경관리 사례조사 환경정책수단별 특성 및 평가 환경친화적 항만개발, 운영을 위한 실천방안
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명 : 환경친화적인 항만 개발정책 연구자(년도) : 송만순(2001) 연구목적 : 환경친화적인 항만 개발 필요성에 대한 전반적인 공감대를 바탕으로 친환경적인 항만을 효율적으로 추진할 수 있는 구체적인 실천방안 모색 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌조사 	<ul style="list-style-type: none"> 여건 및 전망 외국의 환경친화적 항만개발 현황 환경친화적 항만개발 추진 전략 환경친화적 항만개발을 위한 실천방안
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명 : San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan 연구자(년도): 캘리포니아 환경보호국 공기자원위원회 (2006) 연구목적: 21세기 변화 전망에 따른 지역개발 전략과 제도적 수단 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌연구 공동(집단)연구 오염물질 방출 분석 대기질분석 	<ul style="list-style-type: none"> 통제방법 및 정책 기술향상 프로그램 미래방출 예상도 예산분석
본 연구	<ul style="list-style-type: none"> 본 연구에서는 항만을 환경친화적으로 운영하기 위한 세부 하역시스템 및 물류시스템에 적용 가능한 친환경기술을 조사하여 환경친화적 항만 구축을 위한 로드맵 및 실행대안을 수립한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌조사 전문가면담 기술조사 하역 운영 및 물류분류 분석(운영상태 분석) 결합분석 로드맵 및 실행대안 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 친환경항만 추진현황 및 사례분석 친환경기술 수집분석 우선순위 및 적용성 검토 로드맵 작성 및 실행방안

제 2 장 친환경 항만운영기술 개념수립

기존 연구에서는 항만관점에서 친환경 항만운영기술에 대한 명확한 정의와 이에 대한 종합적인 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 장에서는 친환경 항만운영기술에 대한 이전의 연구에 대해 살펴본다. 또한, 친환경 항만운영기술에 대한 개념을 정립하고 친환경 항만운영기술의 적용현황과 해외 사례를 살펴본다. 이를 토대로 친환경 항만운영기술 적용대상과 범위를 수립하도록 한다.

1. 친환경 항만운영기술 개념

일반적으로 항만에서 발생할 수 있는 오염은 크게 수질오염, 대기오염, 소음으로 구별할 수 있다. 수질오염은 선박으로부터의 배출량 및 하역장비로부터의 윤활유, 유류 등의 유출로 인한 항계 내에서 발생하는 오염이다. 대기오염은 선박 및 하역장비로부터 발생하는 직간접적인 공기의 오염을 말하며, 소음은 하역작업 시 발생하는 컨테이너 충돌음 및 기계작동음도 항만에서 발생하는 환경오염이라 할 수 있다(<표 2-1>참조).

| 표 2-1 | 항만 오염 유형

구 분	내 용
수질오염	· 선박으로부터의 배출량 및 하역장비로부터의 윤활유, 유류 등의 유출로 인한 항계 내에서 발생
대기오염	· 선박 및 하역장비로부터 발생하는 직간접적인 공기의 오염
소음	· 하역작업 시 발생하는 컨테이너 충돌음 및 기계작동음

본 연구에서는 항만에서 발생하는 환경오염 중 대기오염에 초점을 둔다. 친환경 항만운영기술은 하역활동 과정에서 발생하는 오염물질의 배출

량을 최소화하거나 근원적으로 제거하기 위한 기술을 의미하며, 하역작업의 생산성 및 효율향상을 위한 운영방법도 포함하는 것으로 정의한다.

2. 친환경 항만운영기술 개발현황

친환경 항만기술과 관련한 이전의 노력들은 대부분 항만건설에 요구되는 신공법이나 하역장비 등의 성능제고를 위한 하드웨어적 개선에 중점을 두었다. 항만시설 및 장비를 효율적으로 운영하기 위한 최적화연구가 주류를 이루었다. 이러한 기술개선노력은 항만과 관련한 각종 기술개발들이 항만 본연의 목적인 하역의 효율성 및 생산성 향상이라는데 최우선 목표를 두었기 때문이다.

그러나 최근에 와서는 이러한 항만기술개발에 있어서도 타 산업분야에서와 마찬가지로 친환경적인 기술개발이 흐름이 가속화 되고 있다. 다시 말해, 항만기술의 최우선과제를 하역 효율성과 생산성 향상이라는 목표에만 국한하지 않고 친환경적인 기술도 동시에 구비되어야 함을 강조하고 있다. 국내항만의 경우에 항만 간 하역서비스 경쟁이 치열한 시기에는 시설이나 장비에서 발생하는 대기오염 문제는 중요성이 크게 부각되지 못하였다. 그러나 하역서비스가 경쟁항만에 비해 일정한 수준에서 도달한 시점에서는 자사내의 각종 운영비용절감과 항만 내 작업환경을 개선하려는 노력을 중요성 있게 다루기 시작하였다. 그 예로, 유가 상승으로 인한 하역장비 운영비용의 증가 부담이 커지면서 기존에 유류를 사용하는 시설 및 장비들을 전기동력으로 전환하려는 기술연구가 진행되었다. 현재에는 일부 현장에 시범적용하고 있는 상황이며, 점차 이를 모든 항만에 확대 시행하고 있다.

이러한 친환경 항만기술 연구들은 크게 2가지 범주에서 연구현황을 살펴볼 수 있다. 첫 번째, 대기오염 원인물질 배출을 저감하거나 차단하는 기

술인 친환경제품으로 시설 및 장비를 대체하는 하드웨어적인 방법이다. 대부분의 기술연구가 하드웨어적인 방법에 집중하고 있고 그 적용효과도 큰 편이라 할 수 있다. 두 번째, 항만에서 이루어지는 하역작업방식의 개선으로 기존의 시설 및 장비의 가동효율성을 높이거나 불필요한 공회전등을 줄여 유해물질을 가급적 적게 발생하도록 하는 소프트웨어적인 방법이라 할 수 있다. 항만주체가 시행하는 각종 규제정책이나 운영정책 등이 이에 해당한다고 할 수 있다.

1) 하드웨어적 기술개발 현황

하드웨어적 기술연구는 주로 선박이나 트럭 및 하역장비 등에서 발생하는 유해물질의 방출량을 원천적으로 줄이는 방안이다. 최근에 항만에서의 도입이 활성화되고 있는 부문이다. 여기에는 선박의 육상전기공급장치 (Alternative Maritime Power : AMP)기술, 전기식·하이브리드 기술 도입, 에너지 세이빙 기술 등이 대표적이다. 또한, 하역장비의 중량을 감축하여 배기가스를 저감시키는 방안과 소음축소, 배터리를 장착한 차량개발 등도 친환경기술도 연구되고 있다.

최근 친환경 기술로 각광 받는 것이 전기식 하역장비 도입이다. 전기식 하역장비 도입의 대표적인 것으로 기존에 유류를 사용하는 장치장용 하역장비인 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane)를 전기공급장치로 전환하는 기술이다. 이로 인해 유류사용액의 상당부분을 절감할 수 있을 뿐 아니라 유해물질 발생을 근원적으로 차단할 수 있어 매우 효과가 높은 기술대안으로 평가되고 있다. 국내 항만에서도 이러한 전기식 장치를 시험 운영하였으며, 그 결과 기존 대비 장비의 운영비가 10%수준에 불과한 것으로 나타나 현재 도입추진이 활성화 되고 있다.²⁾

하이브리드 차량의 경우에 작업특성상 빈번한 주행 및 정차가 필요한

야드트럭에 대해 유해물질 방출량이 적은 바이오 연료사용(LPG, CNG, LNG 등)이 가능한 엔진기술이 개발되어 사용되고 있다.

또 한편으로 최근의 항만개발에서 개발 초기부터 전기를 기본 동력으로 사용하는 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)를 도입하고 있으며 국내의 대형 터미널에서도 이미 RMGC를 도입하여 운영하는 사례가 늘고 있다.³⁾

이외에도 자동화 터미널에서 사용되는 AGV(Automated Guided Vehicle)의 동력구동방식을 전기로 전환 가능한 Battery AGV⁴⁾기술과 하역장비의 중량을 감소시켜 연료소비량과 배기가스 감축효과를 시도하는 Green RTG 기술연구 또한 친환경 기술이라 할 수 있다.

2) 소프트웨어적 기술개발 현황

친환경 항만운영을 위한 소프트웨어적 기술연구의 대표적인 것은 각종 유해물질의 배출량을 규제하는 정책이라 할 수 있다. 대표적인 것이 현재 항만에 시행이 확대되고 있는 항내에서 선박운항감속⁵⁾, 저유황연료사용 등의 규제정책이다. 그리고 장비 및 차량의 공회전/대기시간 감소 등 하역장비의 불필요한 작업을 줄여 이에 소모되는 연료를 절감하고 동시에 유해물

2) 부산 북항의 허치슨, 감만, 우암 터미널에서 시험 운영을 거쳐 현재 161대 중 94대의 RTGC에 대해 전기식 전환 작업이 추진되고 있으며, 연료비용 면에서도 기존 대비 10% 수준으로 도입효과가 매우 큰 것으로 평가되었다. 다만, 전기식으로 전환하기 위한 교체비용이 높아 다소 부담으로 작용하고 있다.

3) 부산신항의 경우 개발 초기부터 쉐넬레버형 RMGC를 도입하였으며, 기존에 운영되고 있는 신선대 터미널에서도 추가 1선석에 RMGC를 도입하여 친환경 실현뿐 아니라 운영비 절감과 생산성 향상의 추가 효과를 동시에 달성하고 있다.

4) 본 기술은 배터리를 사용하는 방식으로 이송장치의 경우 하역작업특성상 자율주행을 하기 때문에 적합한 기술로 고려되었다. 다만, 운영비용 측면에서는 검증이 필요한 수준이다.

5) 선박운항감속도의 경우 연료소비량은 선속의 3제곱에 비례하는 특성을 가지고 있어 감속운항에 따른 연료소모량과 배치가스 방출량이 대폭 절감되는 효과가 있으며, 선사의 경우에도 최근 유가급등으로 인해 선박운항감속 정책은 상당 부분 효과가 있는 정책으로 자리 잡고 있는 편이다. 최근 대형선사이 머스크라인에서는 유가급등으로 선속을 대폭 감속하는 정책을 추진 중에 있다.

질의 방출량도 줄이는 운영전략이다. 이에 관련한 기술내용은 제3장의 기술대안분석에서 설명한다.

3. 해외 기술적용 사례

컨테이너터미널의 친환경 기술적용 사례에 있어서 가장 대표적인 사례로 친환경 정책을 강도 높게 추진하고 있는 미국의 산 페드로 (San Pedro) 만에 위치한 로스엔젤레스&롱비치(Los Angles & Long Beach)항만당국의 ‘청정대기행동계획(Clean Air Action Plan)’으로 그 추진내용을 살펴보면 다음과 같다.

1) 로스엔젤레스 & 롱비치 항만

(1) 정책추진 개요

미국 남부 연안의 산 페드로 만 안에 남북으로 맞닿아 있는 로스엔젤레스항만(Port of Los Angeles, LA)과 롱비치항만(Port of Long Beach, LB)은 항만의 대기오염물질을 감소시켜 청정항만을 실현한다는 목표 아래 캘리포니아 대기자원국과 환경보호청과 협력하여 청정대기행동 5개년 계획을 추진하고 있다.

본 추진사업은 회계 연도 2006~2007에서 2010~2011년까지 5개년 동안 항만을 이용하는 항해선박, 중장비 차량, 하역장비 및 철도 기관차 등에 대해 대기오염물질의 방출제한기준을 수립한다. 그리고 자발적 유도와 각종 인센티브 및 통제정책을 통해 청정 항만을 실현하는 정책을 추진하고 있다 (<표 2-2>참조).



| 그림 2-1 | San Pedro Bay Ports(LA & LB)

| 표 2-2 | LA & LB 청정 대기 행동 계획 추진 전략

구분	추진 내용	
중장비 트럭/장비	<ul style="list-style-type: none"> 노후화된 시설 교체 및 업그레이드 대체 연료 및 청정 연료 사용 권장 대체 연료 개발을 위한 예산 지원 	 
해양선박 /예인선	<ul style="list-style-type: none"> 항내 선박운행속도 감소 정박 중 육상전기 공급 지원 저유황 연료 사용(주·보조엔진) 	 
철도 기관차	<ul style="list-style-type: none"> 대체/청정연료 사용/운행제한 규정 기존 1단계에서 2단계 엔진 장착 	 

(2) 중장비 차량 통제 정책

항만을 오가는 컨테이너 차량의 배기가스를 감소시키기 위한 근대화 프로그램(Clean Trucks Program)으로 대체 연료 및 청정연료 사용을 중점 목

표로 두고 정책을 추진하고 있다. 차량의 연료를 청정연료로 교체하거나 차량에 질소산화물(NOx) 감소 장치를 장착함으로써 단기적으로 배기가스 감축 효과를 거둘 수 있다. 두 항만의 1일 차량통행량 16,800여대를 기준으로 2012년을 목표로 80% 이상을 개선하려는 정책을 추진하고 있어 그 효과는 상당히 높을 것으로 예상된다.

LA&LB 청정대기행동계획은 2011년 말까지 항만이용 트럭에 대해 일정수준(도로상 미세먼지 방출 기준 0.01/bhp-hr)의 배기가스 방출제한을 적용할 계획으로 있다. 또한, 노후 차량에 대해 1993년 이전 모델을 대상으로 교체 및 업그레이드 비용으로 5년간 2억불 가량의 보조금을 지원하는 정책도 함께 고려하고 있다.⁶⁾

(3) 선박 통제 정책

항만에 입항하는 선박은 선박운항 시, 정박 시 연료사용액 종류에 따라 배기가스가 방출된다. 이러한 이유로 항만을 입출항 하는 해상 선박에 대해서 감속운항을 규제하여 배기가스 방출을 줄이는 동시에 선박연료 사용에 있어서도 저유황연료(low sulfur oil fuel) 사용을 유도하고 있다. 이러한 정책에 참여하는 선박의 경우 접안료를 할인해 주는 정책을 추진하고 있다 (<표 2-3>참조).

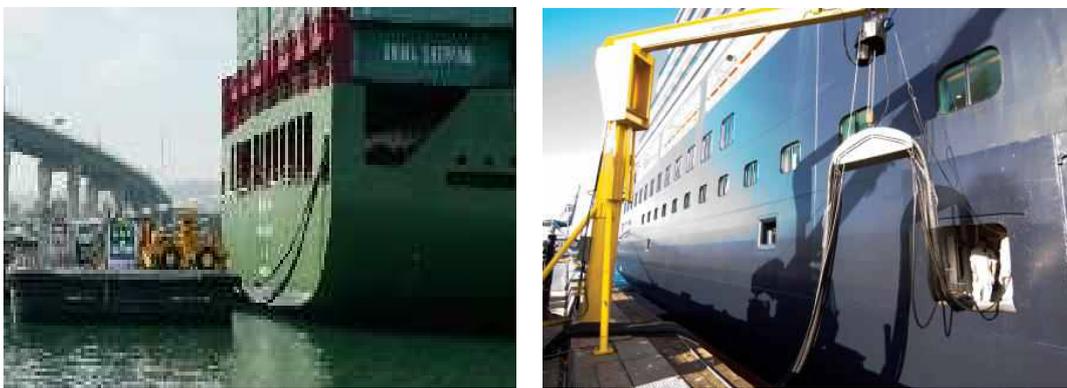
| 표 2-3 | 캘리포니아 저유황 연료 사용 규제 정책

적용시기	적용 기준
2007년 1월	· Marine Gas Oil을 사용하거나 5% 미만의 저유황 연료를 사용해야 함
2010년 1월	· Marine Gas Oil을 사용하거나 1% 미만의 저유황 연료를 사용해야 함

6) 최근(2008. 6)에 LA항만위원회는 중장비 차량 통제 정책인 ‘Clean Truck Program’에 관한 관련조치를 승인하였으며, 향후 5년 내로 LA/LB항만을 반출입하는 트럭에서 발생하는 유해물질의 80%가량을 줄일 계획이다.

항만 내에서의 선박운항감속 조치에 대해서는 초기 20해리 이내에서 40해리로 그 범위를 확대할 계획을 가지고 있다.

또한, 이와 더불어 선박의 정박 중에 육상에서 선박에 전기를 공급하는 AMP(Alternative Maritime Power)시설을 구축하여 선박자체동력 가동 시 발생하는 배기가스 방출을 억제하는 방안도 동시에 추진하고 있다.



| 그림 2-2 | Barge & Cruise AMP

| 표 2-4 | 로스앤젤레스항만의 AMP 추진 계획

선석	정박지	운영일
B90-93	2	2008
B100-102(CS)	2	2005~2009
B121-131(WBCT)	2	2011
B136-147(TraPac)	2	2009
B175-181(Pasha)	1	2011
B206-209(LTT)	1	2011
B212-218(YTI)	1	2006
B224-236(Evergreen)	1	2008
Pier 300(APL)	1	2011
Pier 400(APM)	1	2011
Pier 400(액화 화물)	1	2011
합계	15	

‘Cold-Ironing’이라 지칭되는 AMP는 2005년도에 LA항만의 China Shipping 터미널(B100-102)에 최초로 설치되어 상당량의 배기가스와 미세먼지(Particulate Matter, PM) 방출억제 효과를 거둔바 있다.⁷⁾ LA항만에서는 향후 2011년 까지 총 15개의 AMP시설부두를 구축할 계획으로 있다. 마찬가지로, LB 항만에서도 10개 부두에 대해 AMP시설을 구축하여 친환경 항만 조성에 박차를 가하고 있다⁸⁾(<표 2-4>, <표 2-5>참조).

| 표 2-5 | 롱비치 항만의 AMP 추진 계획

선석	정박지	운영일
Pier C(Maston)	2	2011
Pier D, E, F	1	2011
Pier G(ITS)	3	2011
Pier S	3	2011
Pier T, T121(BP)	1	2007
합계	10	

(4) 기술 향상 프로그램

앞서 살펴본 증장비 트럭이나 선박의 통제정책 외에 LA/LB 항만에서는 여러 가지 친환경 기술개발 노력의 일환으로 기술 향상 프로그램을 계획추진하고 있다.

기술 향상 프로그램의 주요내용에는 항만에서 근거리에 위치한 인근지역으로의 육상운송에 전기동력을 사용하는 친환경 운송시스템 기술 개발⁹⁾

7) 질소산화물(NOx) 약 38톤과 미세먼지 약 2톤가량의 배출억제 효과를 거두었다.

8) 2007년 6월 미국 Okland 항만의 APL 선박에 대해 LNG-AMP 적용효과를 측정한 결과 유해물질 발생방지 효과가 매우 큰 것으로 나타났다(NOx-94.7%, CO-56.96%, PM10-99.9%, SOx-100%, CO2-42.7% 저감).

9) LA/LB 당국은 전기동력을 이용하는 친환경 운송시스템개발 및 구축에 20년 정도가 소요될 것으로 예상하고 있으며, 우선적으로 5년 동안 시범모델을 개발하여 실용화를 검증할 계획으로 있으나, 세부계획은 아직 수립되지 않은 상태이다.

을 추진할 계획으로 있다. 또한, 이러한 정책들의 효과를 상시 모니터링 할 수 있는 시스템 구축에도 많은 노력을 기울이고 있다. 이상의 친환경 항만 구축사업에 항만당국은 초기 예산으로 약 20억 달러 이상의 비용이 소요될 것으로 예상하고 정책을 추진하고 있다(<표 2-6>참조).

| 표 2-6 | 기술 향상 프로그램 기본 내용

항목	내용
통제 방법	<ul style="list-style-type: none"> · 청정 대기 행동 계획 기간 동안 시행되는 각종 기술 및 정책들에 대해 시범시행, 평가 · 평가 결과를 통해 기술을 선별하여 추진
친환경 운송시스템	<ul style="list-style-type: none"> · 항만 내륙 200마일 이내의 단거리 운송에 전기 동력을 사용하는 운송시스템을 구축 · 막대한 규모의 예산이 소요되므로 사전에 시범모델을 구축, 시험하여 결과를 토대로 세부계획을 완성
신기술 시험	<ul style="list-style-type: none"> · 친환경 기술 개발에 대한 시험 촉진활성화 · R&D 수준을 넘어 실용화 가능한 유망 기술에 대한 예산 등의 지원 강화
방출 목록 개선	<ul style="list-style-type: none"> · 환경 개선 상태를 점검하기 위한 방출 목록 작성 · 변화하는 환경 개선 상태의 모니터링 강화

(5) 예산 정책

청정 대기 행동 계획의 시행에 따른 비용 부문에서는 계획요건에 의해 영향을 받는 항만 분야 외에 타 산업 분야의 영향까지 포함되며 인프라 구축비용을 포함하여 정책에 동참하는 고객에 대한 인센티브 비용도 고려되었다.

이와 같은 청정대기행동계획을 시행함에 있어 소요되는 각종 예산 확보에 있어서는 두 항만이 균등한 부담 원칙을 두고 있다. 그러나 두 항만의 인프라스트럭처 개선규모가 서로 다른 만큼 부담액의 일정 부분에서도 상대적으로 처리규모가 큰 롱비치 항만이 다소 높게 책정되었다. 캘리포니아 주에서도 10억 달러의 공해저감 프로그램을 포함한 채권 발행으로 예산을

확보하는 방안을 추진하고 있다(<표 2-7>참조).

표 2-7 | 정정대기 행동 계획 추진예산

항목	예산 조달 계획(달러)
로스앤젤레스 항만	177,500,000
롱비치 항만	240,400,000
SCAQMD	47,000,000
채권/환경 영향 비용 자금 조달	1,602,900,000

2) 기타 외국 항만

앞서 살펴본 LA/LB 항만뿐만 아니라 세계 여러 국가의 항만에서 친환경 구축을 위한 노력을 추진 중에 있다. 주요 국가별로 추진 내용을 살펴보면, 네덜란드 로테르담의 경우 항계 내 항행 선박에 저유황 연료사용을 비롯하여 현재 25%의 육상전기공급장치 사용률을 2008년 말까지 100%의 사용률을 목표로 정책 시행에 박차를 가하고 있다.

표 2-8 | ECO RTG 도입 현황(Simens사)

터미널	국가	도입대수	도입년도
Algeciras, Maersk Espana S.A.	Spain	1	2004
		17	2006
		3	2007
		4	2008
Tangiers, APMT	Morocco	15	2006
		11	2008
Xiamen, Xiamen Songyu C.T.	China	8	2007
		8	2008
Gujarat Pipavav Port Ltd (GPPL)	India	10	2007
Djibouti, DPWorld	Djibouti	6	2008
Saigon, DPWorld	Vietnam	13	2009
Total		96	2004~2009

마찬가지로 홍콩 허치슨 항만의 경우에도 육상전기공급장치가 도입되어 있으며, 전기식 RTG 보급강화, 하이브리드 컨테이너 트럭 및 바이오 디젤 차량의 보급률을 높이고 있다. 이와 더불어 기존 차량의 연료를 대체연료인 CNG/LNG로 교체하고 있다. 또한, 태양광 에너지, 풍력발전 등을 이용한 친환경 에너지를 개발하여 항만 환경개선에 노력을 기울이고 있다.

| 표 2-9 | 각국의 친환경 항만 구축 사례

항목	추진 내용
로테르담 (네덜란드)	<ul style="list-style-type: none"> · 항만 입항선박을 비롯하여 해운항만 관련 운송수단에 대해서도 저유황 연료사용 정책시행 · 육상전기공급장치 구축 · 신규선박에 대한 친환경 장치부착 시행(Sooth Filter, Post combustion treatment) · Clean Car 사용 시 부지 임대비용에 인센티브(10%)
홍콩 (중국)	<ul style="list-style-type: none"> · 육상전기공급장치 구축 · E-RTC, 하이브리드 차량 도입 · 바이오디젤, 재생에너지, CNG, LNG 대체연료 사용
일본	<ul style="list-style-type: none"> · 해운물류 그린화 추진 · 철도·해운으로의 모델 쉬프트(Modal Shift)¹⁰⁾ · 트럭운송 효율화 사업¹¹⁾/재정지원사업 강화 · 국제운송화물의 운송거리 감축 지원¹²⁾ · 친환경 그리물류파트너 회의 설립 · Super ECO-Ship 기술 개발
오슬로(노르웨이)	<ul style="list-style-type: none"> · Zero Emission RTG, 전기 트랙터 도입 · INRS(Impact Noise Reduction System) 도입
CTB(독일)	<ul style="list-style-type: none"> · ASC(Automatic stacking crane) · Battery AGV 시험적용
알제시라스(스페인)	<ul style="list-style-type: none"> · ECO-RTG, Tandem-lifts crane

10) 간선노선에 고속화물 열차를 도입하고, 지선노선에 컨테이너 열차를 연결하여 현재 트럭 운송 중심의 물류를 화물열차 중심으로 전이하는 정책을 추진하고 있다.

11) 트럭의 대형화, 트레일러 보유확대, 적재율 향상을 통한 운송의 효율을 강화하고 있다.

12) 최단거리 운송이 가능하도록 외항선박이 기항하는 항만의 주변 환경을 정비한다.

인접국가인 일본에서도 친환경 물류정책인 ‘해운 그린화’ 정책을 시행하고 있다. 2007년 ‘21세기 환경 입국전략’에 의거하여 2050년까지 현 수준의 1/2 가량의 온실가스를 줄이는 장기적인 계획을 가지고 있다. 이의 일환으로 배출량의 약 20%에 이르는 운송 부문에 대해 철도화물로의 Modal Shift, 트럭운송 효율증대, 국제화물 운송거리 단축 등으로 친환경 항만구축을 실현하고 있다.

이외에도 노르웨이의 오슬로 항만, 독일의 HHLA항만에서도 E-RTG, ATC 등의 전기식 하역장비 도입하여 항만 환경을 개선한 사례를 찾아볼 수 있다(<표 2-8>, <표 2-9>참조).

4. 친환경 항만운영기술 대상

친환경 항만운영기술의 적용을 위한 대상들은 선사, 터미널운영자, 운송회사가 대표적이라 할 수 있다. 이들은 선박, 하역장비, 운송차량을 대상으로 다양한 기술을 적용하여 항만에서의 대기오염방출을 저감시킬 수 있다.

선사의 대기오염물질 배출저감 방안으로는 선박의 디젤엔진을 업그레йд 하거나, 연료유를 저유황제품을 사용하는 방안 등이 있다. 터미널 운영사에서는 장비의 생산성을 향상시켜 선박의 재항시간을 줄이는 방안, 육상전기를 선박에 공급하는 방안, 게이트의 처리시간을 단축시키는 방안, 비피크시간대로의 차량의 반입을 유도하는 방안 등 다양한 방안이 있다. 운송회사 측면에서는 철도나 바지선과 같이 상대적으로 친환경적인 운송수단을 이용하거나, 차량의 속도를 줄이는 방안, 단위수송량을 늘려 교통량을 줄이는 방안, 노후 장치를 교체하는 방안 등이 있다.

| 표 2-10 | 대기가스 배출 저감 및 차단을 위한 대상별 실천방안

대상	실 천 방 안
선사	· 크린선박의 사용
	· 연안역에서의 운항속도 감속
	· 항만에 접근하거나 접안 시 저유황유 사용
	· 매연 최소화
	· 배출가스를 줄이기 위한 배출가스 정화
	· 접안 시 연안역 동력 사용
	· 바지, 연안선박, 예인선 동력사용
	· 청정 디젤엔진으로 교체
	· 높은 강도의 스케줄 유지
터미널 운영사	· 모든 사용자를 만족할 만한 처리용량
	· 자동화 시스템으로의 변환
	· 저유황연료 및 배출가스 감소 엔진 사용
	· 디젤 엔진 촉매제 사용
	· 디젤 엔진 필터 사용
	· 운휴 시 자동 시동꺼짐장치 사용
	· 대안연료의 사용(ex : Biodiesel, CNG, LNG etc.)
	· 선박에 육상전기 사용
	· 선박도착의 분산
	· 사전정보 이용으로 적재이동 최소화
	· 선석 인접한 곳에 철도시설 및 설비 설치
	· 충분한 게이트 확보
	· 자동화 게이트 설치
	· 터미널에 트럭 사전예약제 실시
	· 포트 와이드 예약제 실시
	· 게이트 운영시간 연장
	· 일주일/하루 24시간 운영
· 비피크시 도착에 인센티브 제공	
· 바지와 피더를 위한 정시서비스 실시	
· 선박 재항시간 단축을 위해서 생산성 향상	

표 2-10 | 대기가스 배출 저감 및 차단을 위한 대상별 실천방안(계속)

대상	실천방안
운송업자	· 철도 또는 바지운송으로 수단 전환
	· 철도 또는 바지 연계빈도 확충
	· 철도 또는 바지 연계 확충
	· 철도 전용 수송로의 설치
	· 현존 하는 수송경로의 최대한 활용
	· 증가하는 용량처리를 위한 큰 바지 사용
	· 고속도로에 트럭 전용도로 설치
운송업자	· 비피크시 인센티브 제공
	· 트럭의 속도 제한
	· 6TEU 트럭 사용
	· 하주/수취인을 위한 수송수단 수배 실시
	· 트럭, 바지, 기관차를 현대화
	· 디젤 엔진 필터 사용
	· 디젤 엔진 촉매제 사용
	· 대안연료의 사용(ex : Biodiesel, CNG, LNG etc.)
기타	· 효율적인 계획을 통한 빈이동 최소화
	· 수요에 대한 적절한 공급
	· 공컨테이너 재배치 조정
	· 선사간의 컨테이너 공동이용
	· 내륙 공컨테포의 사용 강화
	· 친환경 기법의 사용

이외에 효과적인 계획을 통해 공차운행을 최소화하는 등의 운영 최적화를 통해 대기오염방출량을 저감시킬 수 있다. 본 연구에서의 친환경 항만운영기술의 대상은 선사, 터미널운영사, 운송업자 및 기타 항만관련기관이다. 각 대상별 실천방안은 대기가스배출을 저감하거나, 차단할 수 있는 모든 방안이다(<표 2-10>참조). 이의 적용을 위한 세부적인 친환경 항만운영기술 대안은 제3장에서 다룬다.

제 3 장 친환경 항만운영 기술대안의 검토

제3장에서는 항만의 대기가스 배출을 저감시키거나 차단할 수 있는 친환경 항만운영기술 대안을 제시하고 각 대안에 대한 기술검토를 한다.

1. 영역별 구분

친환경 항만운영기술 대안은 컨테이너터미널의 대기가스 배출을 저감시키거나 차단을 위한 것이다. 그러므로 항만의 운영특성을 고려하여 크게 접안시스템¹³⁾, 안벽시스템, 야드시스템, 이송시스템 및 게이트시스템의 5가지 시스템으로 구분하였다. 이 5가지 시스템은 각각 상이한 하역단계로 구성되어 있는 항만의 하위 운영단계이다.

시스템별로 제시된 친환경 항만운영기술 대안은 기존 항만에서 배출하는 대기가스의 배출량을 상당부분 저감하거나 차단할 수 있을 뿐만 아니라 부가적으로 유류비의 절감 및 생산성 향상을 도모할 수 있는 기술이다(<표 3-1>참조).

| 표 3-1 | 친환경 항만운영기술 영역별 구분

구분	내용
접안시스템	· 선박의 접안을 위한 일련의 과정 및 접안 시 까지 포함하는 관련 기술
안벽시스템	· 안벽 하역작업 및 관련 기술
야드시스템	· 야드 하역작업 및 관련 기술
이송시스템	· 항만 이송작업 및 관련 기술
게이트시스템	· 항만의 게이트 체류시간 단축 관련 기술

13) 선박과 선박의 접안을 위한 접이안시스템으로 구성된다.

1) 접안시스템

접안시스템은 선박이 항내에 진입하여 선석에 접안하여 하역작업을 수행하고 이안하기까지의 과정을 대상으로 한다. 접안(接岸)은 선박의 항내진입 및 항만에서 하역작업의 시작 및 종료가 이루어지는 작업이다. 선박의 도착에 따라 안벽크레인, 야드크레인 및 이송장비의 투입대수가 결정되고 선(先)반입될 컨테이너와 반출될 컨테이너의 중개역할을 수행한다.

따라서 접안시스템에 대기가스 절감을 위한 친환경 항만운영기술의 적용은 상대적으로 중요한 요소이다. 항만에서는 선박에서 사용하는 벙커C유로 인해 항만 내의 대기오염이 심각한 수준이다. 선박은 대형의 디젤엔진을 가동하여 움직이므로 다량의 대기가스가 배출된다. 따라서 이의 저감 및 차단이 무엇보다 중요하며, 이를 위한 기술대안은 다음과 같다(<표 3-2>참조).

표 3-2 | 접안시스템 기술대안

대안	내용
운항속도감속	· 항계 내에서 운항속도 감속으로 대기가스 배출가스 저감
연료유 변경	· 항계 내에서 기존의 벙커C유에서 벙커A유로 전환해서 배출가스 저감
촉매제	· 접안 동안 촉매제를 이용해서 대기배출가스 저감
저감기	· 대기가스 배출저감기를 통한 대기배출가스 저감
자동접안시스템	· 신속한 접안으로 공회전 시간 감소로 대기배출 가스 저감
AMP	· 육상전원을 이용해서 대기배출가스 차단
Clean Ship	· 엔진과 보조엔진에서의 배출가스 감소기술이 적용된 선박

2) 안벽시스템

안벽시스템은 선박이 항내에 진입하여 하역작업을 수행하는 시발점이다. 안벽크레인은 전기식 장비이기 때문에 직접적인 배기가스 저감 및 차단효과는 낮은 수준이나, 간접적인 효과는 크게 기대할 수 있다. 안벽시스템 기술 대안의 목적은 항만의 고객인 선박에 대한 생산성 향상과 안벽의

효율적 운영이며, 선박접안시간 감소에 따른 대기가스 배출의 저감이다.

안벽의 하역생산성 향상은 대외적으로 선박의 재항시간 및 하역시간을 단축시키고 고객서비스 수준을 향상시킨다. 대내적으로는 하역장비의 작업능률을 높여 유류비용 및 인력절감 효과를 거둘 수 있다(<표 3-3>참조).

| 표 3-3 | 안벽시스템 기술대안

대안	내용
C/C 작업대수 증대	· 선박하역작업에 더 많은 C/C를 투입하여 선박하역시간을 단축시켜 대기 배출가스를 저감시키는 방법
C/C 성능제고	· 개별 C/C의 성능을 높여 선박하역시간을 단축시켜 대기배출가스를 저감시키는 방법
Multi-load Spreader	· 1회 작업 시 다수개의 컨테이너를 처리함으로써 선박하역시간을 단축시켜 대기배출가스를 저감시키는 방법
신개념 C/C 개발	· 작업성능/작업방식을 개선하여 선박하역시간을 단축시켜 대기배출가스를 저감시키는 방법

3) 야드시스템

야드시스템에 대한 친환경 항만운영기술의 목적은 안벽크레인의 생산성 향상을 지원하고, 외부트럭의 항만재항시간을 감축시키는 것을 주목적으로 한다.

| 표 3-4 | 야드시스템 기술대안

대안	내용
장비성능 제고	· 성능을 높여서 생산성을 높임으로 배출가스 저감
연료유 변경	· 바이오디젤, CNG, LNG, 하이브리드, 수소연료전지 등을 이용한 배출가스 저감 및 차단
촉매제	· 접안 동안 촉매제를 이용해서 대기배출가스 저감
저감기	· 대기가스 배출저감기를 통한 대기배출가스 저감
시설배치 재정립	· 신속한 작업을 위한 동선체계로 대기배출가스 저감
전기식 TC	· 전기 동력으로의 전환으로 대기배출가스 차단
사전예약제	· 반출트럭의 사전 예약으로 야드생산성 향상
비피크인센티브	· 상대적으로 한가한 시간에 작업할 때에는 인센티브 제공

특히, 야드시스템은 RTGC(Rubber Tyred Gantry Crane)의 경우 대용량의 디젤엔진을 사용하여 항만에서의 대기가스 배출에 상당한 영향을 미친다. 그러므로 이에 대한 해결책의 마련이 시급한 문제이다(<표 3-4>참조).

4) 이송시스템

항만의 이송시스템의 목적은 운행거리 최소화, 작업시간 단축, 엔진 및 연료유의 전환을 통한 대기가스 배출을 최소화하거나 차단하는 것이다. 이송시스템은 항만에서 가장 빈번하게 이동하고, 많은 대수의 장비를 보유하고 있다. 이러한 이송시스템에서의 대기가스 배출을 최소화 하거나 차단할 수 있다면 상당한 효과를 볼 수 있다(<표 3-5>참조).

| 표 3-5 | 이송시스템 기술대안

대안	내용
장비성능 제고	· 항계 내에서 운항속도 감속으로 대기가스 배출가스 저감
연료유 변경	· 항계 내에서 기존의 벙커C유에서 벙커A유로 전환해서 배출가스 저감
촉매제	· 접안 동안 촉매제를 이용해서 대기배출가스 저감
저감기	· 대기가스 배출저감기를 통한 대기배출가스 저감
시설배치 재정립	· 신속한 이송으로 공회전 시간 감소로 대기배출가스 저감
멀티 차량	· 대량운송을 통한 처리량 향상으로 대기배출가스 저감
빈이동 최소화	· 빈이동 최소화로 대기배출가스 저감

5) 게이트시스템

게이트시스템에서의 주된 목적은 터미널 내외부와 연결되는 게이트의 외부트럭 반출입 서비스 수준을 향상시켜서 게이트에서의 차량대기 시 발생하는 대기오염물질 배출을 저감하는 것이다.

게이트에서 외부트럭의 반출입 업무는 터미널 하역작업의 시작(반입) 및 종료(반출)가 이루어지는 작업이다. 반입 작업 시 컨테이너 하역작업 처

리에 필요한 관련 자료와 정보가 입수된다. 또한, 반출작업 시 컨테이너의 각종 하역작업의 정보가 완료되는 중요한 작업영역에 해당한다. 따라서 게이트시스템의 친환경 항만운영기술 적용 시에는 해당 컨테이너의 관련 정보를 비롯하여 외부차량에 대한 작업서비스를 효율적으로 처리할 수 있어야 한다. 이것은 외부차량의 게이트 반출입 대기시간, 서비스시간 및 터미널 내 체류시간을 최소화 할 수 있도록 시스템을 개선하는 것을 의미한다 (<표 3-6>참조).

| 표 3-6 | 게이트시스템 기술대안

대안	내용
24시간 운영	· 하루 종일 운영으로 트럭의 작업대기시간을 줄여 대기 배출 가스저감
적정시설규모	· 효율적인 운영을 통한 체류시간 단축으로 대기배출 가스저감
무정차시스템	· 반출입 소요시간 단축을 통한 대기배출 가스저감
분리게이트	· 외부차량의 동선 및 체류시간 단축으로 대기배출 가스저감

2. 영역별 대안의 기술검토

접안시스템, 안벽시스템, 야드시스템, 이송시스템 및 게이트시스템의 대안별 기술검토를 수행한다.

1) 접안시스템 대안의 기술검토

접안시스템은 선박이 항내에 진입하면서부터 선석에 접안해서 하역작업이 이루어지는 동안에 적용되는 기술이다.

(1) 운항속도 감속

선박이 항계 내에 들어오게 되면 운항속도를 대기가스배출량이 가장

적은 속도로 운행하도록 규제하는 것으로 현재 LA항, 로텔담항 등 여러 항만에서 시행하고 있다. 운항속도 감속은 선박의 크기 및 화물의 적재량에 따라 상당한 대기배출가스 절감의 효과가 있다.

선사측면에서는 선박의 이용성을 떨어뜨리는 문제점이 있지만 현재의 친환경관련 추세에 맞추어 전 세계 각국에서 진행되고 있다.



| 그림 3-1 | 항계 내에서의 선박의 대기배출가스의 예

(2) 연료유 변경(벙커C유 → 벙커A유)

중유는 원유를 분별증류하여 가솔린·석유·경유 등을 뺀 잔유(殘油)와 중질경유를 섞어서 만든다. 중유는 용도에 따라 A중유·B중유·C중유로 나눈다. 이중 A중유는 중질경유, C중유는 원유의 잔유를 주성분으로 하며, B중유는 그 중간에 해당한다. A·B·C의 순서에 따라 점도가 점점 높아지고 유황분도 많아지는데, 대량소비되는 C중유는 도시공해, 항만 내 공기오염 등의 문제 때문에 유황 함유량을 제한하고 있다. 따라서 선박이 외해를 운항할 때는 벙커C유를 사용하고 항계 내에 입항할 때는 상대적으로

대기오염물질 배출량이 적은 벙커A유를 사용하므로 항계 내에서의 대기배출가스 발생을 저감할 수 있다. 현재, LA항, 로테르담항 등에서 적용하고 있다.

(3) 촉매제 사용

연료는 최소 200도씨에서 1200도씨 사이에서 폭발을 하게 된다. 그러나 보통 연료는 엔진의 수명이 오래 지속됨에 따라 완전 연소를 하지 못하게 된다. 연소되지 못하고 불연소된 연료 찌꺼기들이 남게 되는데 이것을 카본 찌꺼기라고 한다. 카본 찌꺼기는 피스톤과 실린더 내부 및 엔진 여과기 벨브 사이에 달라붙어서 연료의 정상적인 분사와 공기의 정상적인 흡입을 막는다. 그렇기 때문에 연료의 완전 연소를 막고 완전연소가 되지 않은 자동차는 힘이 부족한 현상을 발생시키며, 불완전연소로 인해 대기배출가스의 양도 증가하게 된다.

캐나다의 경우 밴쿠버 항만에서 2025년까지 전체 SOx 가운데 해운부분의 비중이 72%, NOx는 46%에 이를 것으로 보고 구체적인 규제방안을 IMO협약을 고려하여 시행한다는 계획을 갖고 있으며, 항만장비에는 캐탈리스트 에너지(Catalyst Energy)사에서 개발한 컴버스트 올(Combust All)이라는 디젤 연료 첨가제의 사용도 확대하여 엔진의 연소효율을 향상시키고 있다.

(4) 저감기 사용

최근 차량증가로 인한 대기오염문제는 매우 심각한 형편이다. 그중에서 디젤차량의 경우 그 정도가 매우 심각하여 대기오염의 주범으로 인식되고 있다. 하지만 가솔린차량에 비해 연비가 우수하고 엔진 내구성 및 연소효율이 우수하기 때문에 최근에는 일반차 뿐만 아니라 디젤차량의 대수도 증가하고 있는 추세이다. 따라서 디젤차량 배기가스제어는 매우 중요하며

입자상물질을 제거하기위한 경우 매연여과장치를 시범적으로 장착하고 있다. 현재, 디젤엔진에서 배출되는 배기가스 내에 포함된 오염물질을 차량 운행 중에 연속적으로 제거하기위해 디젤산화촉매장치가 주목받고 있다.



자료 : <http://image01.search.daum-img.net/imgthumb/img07>

| 그림 3-2 | DPF 장치

이장치의 특징은 CO, HC 및 냄새성분과 알데히드, PAH, nitro-PAH와 같은 기상 또는 입자상물질에 결합된 유해물질까지 제거가 가능한 것으로 알려져 있다. 또한 장치구조가 간단하고 가격이 저렴하다. 그래서 매연여과 장치의 또 하나의 단점으로 지적되고 있는 디젤차량의 출력저하가 발생하지 않는다. 현재 유럽 디젤차의 경우 상업화되어서 장착되고 있으며 국내에서도 엔진 및 연료 개선기술이 개발되면 장착이 될 것으로 생각된다.

(5) 자동접안시스템(Automated Mooring System)

선박이 선석에 접·이안하기 위해서는 예인선에 의해 작업이 이루어진다. 기존의 대형선박들은 일반적으로 1~2시간 사이의 접·이안 시간이 소요되어 그 시간동안의 선박에서의 대기가스 배출이 상당하다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 선석에 장착된 자동접안 시스템을 이용해서 접이안 작업을 수행하여 더 빠른 작업을 수행할 수 있다.



자료 : TOC 2007 AMERICAS, "Innovative technologies for a clean environment", Luciano Corbetta.

| 그림 3-3 | 자동접안시스템

자동접안시스템을 이용하면 선박의 연료소비절감, 예인선 작업시간단축 등을 통해서 대기가스배출을 저감할 수 있다. 개발업체의 설명에 의하면 선박의 크기에 따라 장비의 수량 및 종류를 선별해서 선석에 장착할 수 있으며, 더 빠르고 안전한 작업이 가능하다.

(6) AMP

AMP는 Clean Air Action Plan과 함께 대표적인 대기오염 저감을 위한 환경프로그램이다. 부두에 정박하고 있는 선박이 보조기관을 가동하여 전기를 발생시키는 과정에서 생기는 대기오염 배출 방지를 위해 육상에서 전력을 공급하는 것을 말한다. ‘Cold Ironing’으로 불리기도 하는 AMP는 과거 주로 발틱 연안 페리선과 알래스카 지역 크루즈선을 대상으로 적용되었다. 그러나 전 세계 최초로 LA항에서 컨테이너선에 적용하기 시작했다. 2004년

6월 개장한 China Shipping의 West Basin Container Terminal(LA항 100번 선석)이 AMP를 최초로 이용한 컨테이너터미널이며, 2005년 NYK의 Yusen Terminal이 두 번째 AMP 적용 사례이다. AMP를 통한 기대효과는 선박의 크기에 따라 다르지만 하루에 선박 한척이 배출하는 질소산화물(NOx)중 1톤, 유황산화물(SOx)중 0.5톤 이상의 대기 배출량 감소를 예상하고 있다.



| 그림 3-4 | LA항의 AMP

육상전기공급장치 기술은 선박이 항만에 접안하는 동안에 필요한 동력을 육상으로부터 공급받는 방식이다. 이는 기존에 선박이 항만에 접안하는 동안 선박의 자체 발전기를 통해 전기를 사용하였으며 이로 인해 각종 유해물질이 방출되고 항만 대기환경을 악화시키는 원인으로 작용했다. 이러한 유해물질을 근본적으로 차단하기 위해 선박이 접안하는 동안에 사용하는 전기를 육상전원장치에서 공급하여 항만 내 대기오염을 줄이는 방법이 효과적인 기술대안으로 평가되어 적용되고 있다. 이러한 AMP 기술은 미국 남부의 산 페드로 만에 위치한 롱비치 항만에서 최초로 시행되었으며 현재, 여러 항만과 선사에서 설치 운영 중이거나 계획 중에 있다. 다만, 이 기

술을 적용하기 위해서는 선박에 육상전원을 공급받을 수 있는 장치가 부착되어야 하며, 항만접안시설에서도 전원을 공급해주는 시설이 추가로 필요로 하기 때문에 상당부분 비용부담이 불가피한 점이 있다. 따라서 AMP 기술을 활성화하기 위해서는 선사와 항만운영사의 상호 협력체계가 무엇보다 중요한 관건이라 할 수 있다.¹⁴⁾(<그림 3-5>참조)



- 일본 NYK 터미널에 설치된 AMP 시설 구축 모습
- NYK는 AMP 장치를 부착한 선박을 북미 항로에 투입하여 2005년 LA항의 Yusen Terminal에 적용
- 향후 NYK는 이러한 AMP 기술을 적용한 선박과 터미널 확대해 나갈 방침

| 그림 3-5 | 선박 육상공급장치(Alternative Maritime Power : AMP)

(7) 클린십(Clean Ship)

대부분의 선박 추진력은 디젤 엔진에서 나온다. 선박용 디젤엔진은 저질유(벙커C유)를 사용하여 피스톤에서 크랭크축을 거쳐 프로펠러에 회전력을 전달하여 추진력을 얻는다. 선박은 장거리 운송에 대형엔진을 사용함으로 경제적인 측면을 고려하여 가격이 낮은 저질유를 사용한다. 그러므로 클린십은 저질유를 좀 더 연소가 잘 되도록 하기 위해서 중간과정으로 청정기를 이용한다. 청정기의 기름 청정과 히팅과정을 통해 벙커C유는 엔진실 내부에서 연소가 잘 이루어져서 대기배출가스의 배출량을 최소화 할 수 있

14) 국내 항만업계의 반응은 AMP 시설 구축에 다소 부정적 측면이 있는데, 이는 부산항의 경우 아직까지 대기오염이 크게 심각하지 않다고 보는 시각과 설치비용도 상당히 크기 때문일 것으로 추측된다.

다. 이러한 배기가스를 이용하여 터빈을 돌려 실린더 내에 압축공기를 넣게 되는데 이를 터보차저(turbocharger)라 한다.

클린십은 청정기를 사용해서 연료를 정화시키고, 배출된 대기가스를 필터링 또는 대기가스배출저감기를 이용해서 최대한 대기배출가스를 억제하기 위해서 개발된 선박이다.



자료 : 대우해양조선 홈페이지

| 그림 3-6 | 클린십 제작현장

2) 안벽시스템 대안의 기술검토

안벽시스템은 선박이 선석에 접안하여 안벽크레인으로부터 하역작업 즉, 양하작업이 시작되어 적하작업이 완료될 때 까지 안벽크레인에 적용되는 기술이다. 안벽시스템의 적용에 의해서 직접적인 대기가스배출절감효과는 없다. 그러나 간접적으로 생산성 향상을 통한 선박의 접안시간 단축으로 선박, 이송차량 및 야드크레인에서 발생하는 온실가스를 절감할 수 있다.

(1) C/C(Container Crane) 작업대수 증대

C/C 작업대수를 증대시킴으로서 선박, 이송차량 및 야드크레인에서 발생하는 온실가스를 절감할 수 있는 대안이다. 국내 터미널의 운영시설에서 안벽의 C/C 보유대수를 분석해 보면 <표 3-7>과 같다. 터미널의 안벽길이에 대한 투입 C/C당 담당길이는 감만부두의 3개 운영사(세방, 허치슨, 대한통운)가 가장 우수하다. 그리고 한진감천터미널이 C/C당 안벽담당길이가 가장 긴 것으로 나타났다.

| 표 3-7 | 국내 터미널의 C/C당 안벽담당길이

구분	C/C 보유대수	안벽길이	C/C당 담당길이	순위
신선대	13기	1,200m	92.3m	4위
허치슨부산	14기	1,447m	103.4m	6위
세방감만	4기	350m	87.5m	1위
한진감만	3기	350m	116.7m	7위
허치슨감만	4기	350m	87.5m	1위
대한통운감만	4기	350m	87.5m	1위
동부신감만	7기	826m	118.0m	8위
한진감천	5기	600m	120.0m	9위
우암	5기	500m	100.0m	5위
평균	6.6기	663.7m	101.4m	-

자료 : 최용석 외, 「컨테이너터미널 리모델링 방안 연구」, 한국해양수산개발원, 2005.

터미널의 안벽길이에 따라 C/C의 보유대수가 터미널마다 과부족 현상이 있을 수 있다. 따라서 안벽담당길이에 따른 터미널별 적정보유대수에 관한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

또 한 가지 측면으로, 터미널의 연간처리실적에서 C/C당 평균처리물량에 따른 터미널간의 처리실적 순위를 판별해 볼 수 있다. C/C당 연간처리 실적에서 대한통운감만의 경우 2004년도에 C/C 1기당 218.8천 TEU를 처리

하여 국내 터미널 중 가장 높은 C/C당 처리실적을 보였다. 그러나 우암터미널의 경우 11만 3,600 TEU를 보여 터미널마다 큰 차이를 보이고 있다. 이것은 단순히 시설 규모(안벽길이)보다는 터미널 환경에 따라 C/C의 보유대수를 달리할 필요가 있다는 것을 말해주고 있다. 다시 말해서 C/C의 적정 보유대수를 터미널의 환경에 따라 달리 산출해야 하며, 실제 처리전환 가능한 C/C의 실적치를 기준으로 C/C의 보유대수를 적절하게 산출할 필요가 있음을 의미한다(<표 3-8>참조).

【 표 3-8 】 국내 터미널의 C/C당 처리실적

구분	C/C 보유대수	터미널실적(TEU)	C/C당 처리량(TEU)	순위
신선대	13기	1,909천	158.8천	4위
허치슨부산	14기	2,064천	136.4천	7위
세방감만	4기	568천	142.0천	6위
한진감만	3기	639천	213.0천	2위
허치슨감만	4기	721천	180.3천	3위
대한통운감만	4기	874천	218.8천	1위
동부신감만	7개	1,023천	146.1천	5위
한진감천	5기	575천	115.0천	8위
우암	5기	564천	113.6천	9위
평균	6.6기	993.6천	158.2천	-

자료 : 최용석 외, 전계서, 2005.

위에서 분석한 바와 같이 C/C당 안벽당길이는 C/C당 처리실적 기준보다 터미널의 하드웨어적인 측면으로 객관성이 크다고 할 수 있다. 그러나 C/C당 처리실적은 터미널별로 작업환경이 서로 상이한 점에서 객관적인 기준으로 삼기 어려운 측면이 다소 있다.¹⁵⁾ 그러나 다른 객관적인 자료

15) 터미널마다 선박입항패턴, 선형, 선박 내 하역작업위치, 터미널 화물구성(수출, 수입, 환적), 장치기간, 양적하 작업비율 등이 다르므로, 적용기준에 무리가 있다.

를 구하기 어려운 상황을 고려하여 분석을 수행한다.

다음 내용은 상위의 2가지 기준에 대하여 각각 상위 1위에 대한 상대적인 비율값을 적용하여 C/C 요구대수를 재산정한 것이다. 터미널별 C/C 요구대수 재산정 결과에서 C/C당 안벽담당길이 기준에서는 터미널별로 평균 1.03대의 C/C가 추가로 필요한 것으로 나타났다. 그리고 C/C당 처리실적기준에서는 터미널별로 평균 2.01대의 C/C가 과다한 것으로 나타났다. 그러나 처리실적기준의 결과는 앞서 설명한 바와 같이 터미널 작업환경의 차이 때문에 객관적인 적용기준으로 보기 어려운 점이 있다(<표 3-9>, <표 3-10>참조).

| 표 3-9 | 국내 터미널의 C/C 요구대수 재산정

구분	터미널별 C/C 보유대수	안벽기준 C/C 요구대수	실적기준 C/C 요구대수
신선대	13기	13.7기	9.4기
허치슨부산	14기	16.5기	8.7기
세방감만	4기	4.0기	2.6기
한진감만	3기	4.0기	2.9기
허치슨감만	4기	4.0기	3.3기
대한통운감만	4기	4.0기*	4.0기*
동부신감만	7기	9.4기	4.7기
한진감천	5기	6.9기	2.6기
우암	5기	5.7기	2.6기

주 : * 안벽 및 실적에서 1순위

자료 : 최용석 외, 전계서, 2005.

| 표 3-10 | 국내 터미널 C/C 과부족 대수

구분	안벽기준 평균 C/C요구대수	실적기준 평균 C/C 요구대수
평균 C/C 요구대수	7.6기	4.5기
평균 C/C 과부족수	+1.03기	-2.01기

작업 상황에 따른 차이는 C/C의 작업생산성에서 확인할 수 있다. 국내 터미널의 2004년도 C/C의 순작업생산성에 대한 총작업생산성 달성도에서 터미널별로 그 값이 서로 상이한 점을 보면 알 수 있다.

실제 C/C당 안벽담당길이가 가장 작은 3개 터미널(세방, 허치슨, 대한통운)의 2004년도 평균 C/C의 순작업생산성과 총작업생산성을 보면, 그 외 터미널보다 상대적으로 높은 수치를 보이고 있다. 특히 허치슨 감만부두의 경우 가장 높은 순작업생산성을 달성한 것으로 잠정 집계되고 있다.¹⁶⁾ 이렇듯 터미널마다 환경차이에 따라 처리능력치가 상이하기 때문에 실적기준에서의 C/C 적정보유대수를 산출하기는 무리가 있음을 알 수 있다.

표 3-11 | 국내 터미널의 C/C 하역생산성

구분	총작업 생산성(G)	순작업 생산성(N)	생산성 달성도(G/N)	순작업 순위
신선대	23.6	28.0	84.3%	5위
허치슨부산	21.9	27.3	80.2%	6위
세방감만	23.4	26.5	88.3%	7위
한진감만	24.4	29.5	82.7%	2위
허치슨감만	26.1	30.6	85.3%	1위
대한통운감만	28.0	29.0	96.6%	4위
동부신감만	23.1	29.1	79.4%	3위
한진감천	21.9	25.8	84.9%	8위
우암	19.8	25.6	77.3%	9위

주 : 국내 터미널 내부자료(우암부두 제공)

결국, 국내터미널의 경우 C/C의 적정보유대수는 C/C당 안벽담당길이 기준에서 판단될 필요가 있다. 이 기준에서 보면, 터미널마다 현재의 C/C 보유대수에 추가로 1.03대의 C/C가 설치·운영되어야 하며, 그 결과 C/C의

16) 총작업생산성의 경우 터미널마다 작업자교대시간, 교대조편성방식 등의 환경차이가 발생하므로 객관성이 부족하다.

작업생산성 향상과 터미널의 안벽능력을 제고시켜 선박, 이송차량 및 야드 크레인에 의해 발생하는 온실가스를 저감 시킬 수 있을 것이다.¹⁷⁾

(2) C/C 성능제고

C/C 성능제고는 안벽에서의 하역생산성을 높여서 간접적으로 선박, 이송차량 및 야드크레인에서 배출되는 온실가스를 저감하기 위한 대안이다. 현재 국내외 터미널에서 보편적으로 사용되고 있는 안벽장비는 싱글트롤리형¹⁸⁾으로 기계적 성능이 시간당 약 50개로 현재 제5세대 수준이며¹⁹⁾, 앞으로도 성능향상이 계속 진행될 것으로 보인다.

| 표 3-12 | 컨테이너 크레인의 기계적 성능 향상

구 분	호이스트 속도(ft/min)	호이스트 동력(마력)	트롤리 속도 (ft/min)	트롤리 동력 (마력)	시간당 처리개수
제1세대	100	250	400	40	12-15
제2세대	130	400	500	100	15-20
제3세대	150	500	550	175	39.3
제4세대	175	650	600	200	35-40
제5세대	245	1000	800	250	40-45

자료 : C. Davis Rudolft III, "Container-crane Productivity: Can it Keep up with Container Ship Size Increase?", Port Technology International, 14th Edition, 2001.

이와 관련하여, 현재 파나막스급 선박제원에 대한 안벽크레인의 실제 순작업생산성은 최대 시간당 42.6개로 추정된다. 이 경우에 향후 선박의 대

17) 선박의 재항시간을 고려할 때 대형선박인 6천 TEU급의 경우 4대 정도의 크레인이 투입되고, 8천 TEU급 이상의 경우에는 5~6대의 크레인이 투입되어야 할 것이다. 따라서 향후 초대형선박에 대한 하역시간 단축을 위해서는 크레인의 작업대수를 증가시키는 방안이 활발하게 논의되어야 할 것으로 본다.

18) 지금의 싱글트롤리형 안벽크레인은 1958년 미국 Maston에서 최초로 설치되었으며, Paceco사에서 개발하였다. 당시 크레인의 하역능력은 24피트 컨테이너를 시간당 12~15개 정도 처리할 수 있는 기계적 성능이었다.

19) 국내 장비전문제작업체에서 개발한 최근의 장비설계사양에 있어서도 최대 52개의 기계적 생산성이 가능한 안벽크레인을 개발하였다.

형화(1만 TEU급 이상)에 대한 서비스와 제5세대 C/C의 성능을 고려해도 시간당 39.8개의 낮은 생산성을 보일 것으로 예상된다.²⁰⁾ 이것은 선박대형화로 작업거리가 증가하기 때문이다. 따라서 현재 C/C 자체의 기계적 성능 개선이 없으면 향후 대형선박의 취항 시 안벽의 생산성이 저하되는 현상은 커질 것으로 보인다.

선박 대형화 추세를 고려하여 적어도 안벽 하역생산성을 현재의 수준 이상으로 유지하기 위해서 요구되는 C/C의 기계적 성능은 기존 연구 분석에서 성능향상이 필요한 것으로 조사되었다. 분석된 자료에 의하면 제5세대 C/C의 성능으로 1만 1,000 TEU급 선박에 대한 순작업생산성은 39.8개이며 현재의 파나막스급 선박의 42.6개보다 약 7%의 생산성 저하현상이 발생하는 것으로 나타난다. 이러한 생산성 저하를 방지하기 위해서는 C/C에 부착된 호이스트 및 트롤리의 성능을 현재보다 20% 향상시켜야 하는 것으로 분석되었다. 이렇게 함으로써 1만 TEU급 이상의 초대형선에 대해서도 현재의 안벽생산성을 유지할 수 있다(<표 3-13>참조).

표 3-13 | 대형선에 대비한 컨테이너 크레인 성능

구 분	제5세대	향상속도
호이스트 가속력(ft/sec ²)	2.20	2.64(+20%)
호이스트 속도(ft/min)	245	294(+20%)
트롤리 가속력(ft/min)	3.0	3.0
트롤리 속도(ft/min)	800	900(+12.5%)
호이스트 동력	1000	1200(+20%)
트롤리 동력	250	325(+30%)
11,000TEU급 생산성	39.8	42.6

자료 : C. Davis Rudolft III, 상계서, 2001.

20) C. Davis Rudolft III, "Container-crane Productivity: Can it Keep up with Container Ship Size Increase?", *Port Technology International*, 14th Edition, 2001.

(3) 멀티로드 스프레더(Multi-Load Spreader)

안벽크레인 작업 생산성을 높여서 온실가스 배출 저감하기 위한 방안 중 하나로 멀티로드 스프레더를 이용하는 대안이다. 일반적으로 국내외 터미널의 C/C에 부착된 스프레더(Spreader)는 한번 작업 시에 1개의 컨테이너(20피트 또는 40피트)만을 집도록 설계되어 있다. 따라서 C/C의 작업사이클 타임에 준하는 생산성 달성만 가능하다는 한계점을 지니고 있다. 그러나 최근에 와서는 멀티로드 스프레더가 도입되는 추세이다. 멀티로드 스프레더의 유형에는 20피트 컨테이너 2개 또는 40피트 1개를 동시에 처리하는 Twin-Lift 스프레더와 20피트 컨테이너 4개 또는 40피트 컨테이너 2개를 동시에 처리할 수 있는 Tandem Forties 스프레더가 있다.

기존의 안벽크레인에 비교적 손쉽게 장착되어 작업생산성을 높이는 수단으로 Twin-Lift 스프레더는 국외 터미널의 경우 활성화 되어 있으며, 국내에서도 일부 사용되고 있다. Tandem Forties 스프레더는 현재 외국 선전터미널에서 사용하고 있으며, 생산성 향상 효과가 높은 것으로 보고되고 있다 (<그림 3-7>참조).



| 그림 3-7 | Twin-Lift와 Tandem Forties 스프레더 현장작업

이외에도, 일반 컨테이너가 아닌 비규격 컨테이너를 쉽게 하역할 수 있는 피기백(Piggyback) 스프레더도 개발되어 안벽크레인의 작업 융통성을 더욱 높일 수 있는 대안으로 평가된다.



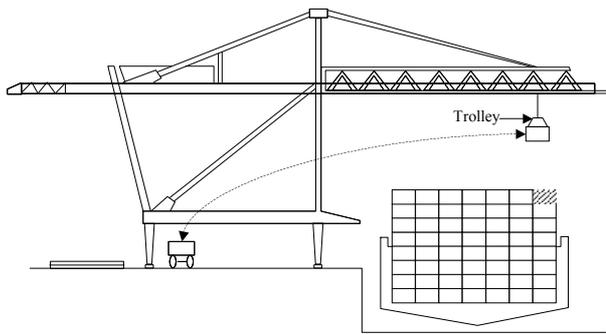
| 그림 3-8 | 피기백(Piggyback) 스프레더

(4) 신개념 C/C 개발

신개념 C/C 개발은 생산성 높은 C/C의 개발을 통해서 선박접안시간 단축을 통한 온실가스 배출저감을 달성하기 위한 대안이다. 현재 국내의 컨테이너터미널에 설치·운영되고 있는 안벽장비는 모두 싱글트롤리(Single Hoist Single Trolley : SHST)형 크레인이다. 이 방식은 크레인에 부착된 1개의 트롤리에 의해 선박의 컨테이너를 양적하하고 있다. 이러한 크레인은 1개의 트롤리에 의한 단독선회작업방식으로 기계적인 성능이 시간당 50개 정도이다. 현장 작업에서 순작업생산성과 총작업생산성이 국내 터미널의 경우 2004년도에 각각 27.9개/시간, 23.6개/시간으로 집계되고 있다.²¹⁾ 따라서 선박의 접안시간 단축을 통해서 온실가스 배출저감을 하기에 한계가 있다.

<그림 3-9>는 현재 국내에 설치된 싱글트롤리의 안벽장비의 작업방식을 개략적으로 나타낸 것이다. 선박과 안벽에 위치한 야드 트랙터간의 먼 작업거리를 1개의 트롤리가 선회하는 작업을 반복적으로 수행한다. 그래서 선박이 대형화 될수록 작업거리가 멀어져 동일한 기계적 성능(트롤리/호이스트 속도)에서는 생산성 저하현상이 커질 것으로 전망된다.

21) 2004년 터미널별 내부자료 기준 평균값.

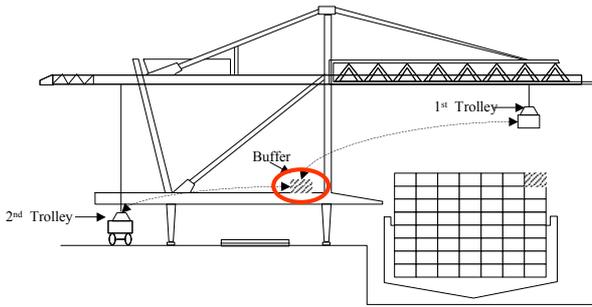


- 장비제작업체 다수
- 현재 성능상 최대 50개 처리 가능함
- 대다수 터미널에서 사용 중이며, 국내의 경우 최대급은 광양 2단계 2차(한진중공업)에 설치된 크레인임

| 그림 3-9 | 싱글트롤리형 컨테이너 크레인 동작원리 및 특징

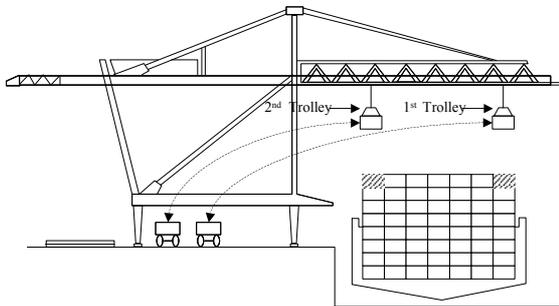
최근에는 이러한 싱글트롤리 유형 크레인의 취약점을 보완한 신개념의 안벽장비개발이 가속화 되고 있다. 그 대표적인 것으로 듀얼트롤리(Dual Trolley)형, 더블트롤리(Double Trolley)형 및 슈퍼테이너(Supertainer) 등이며 이들 유형에 대한 주요 특징을 각각 살펴보면 다음과 같다(<그림 3-12>참조). 듀얼트롤리형 크레인의 중앙 부분에 임시 컨테이너 버퍼공간(Buffer)을 두고 2개의 트롤리가 전체 작업거리를 분담하는 형식이다. 따라서 버퍼하역작업이 추가로 발생하며, 버퍼공간의 크기에 따라 트롤리간의 작업간섭이 발생할 수 있다. 현재 독일의 CTA(2002년) 터미널에 도입되어 운영 중에 있다.

더블트롤리형 크레인은 2개의 트롤리가 독립적으로 하역하는 작업방식을 취하고 있다. 이 크레인은 붐 섹션(Boom section)을 2층 구조로 설계하여 트롤리의 선회 시 순환(Rotate)이 가능하도록 되어 있어 이론상 시간당 90개의 컨테이너를 양적하 할 수 있다. 그러나 현재 운영항만이 없고 기술개발의 어려움이 있어 터미널의 도입효과에 대해서는 검증이 필요한 장비라 할 수 있다.



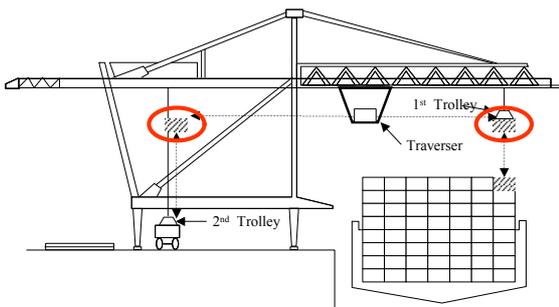
-듀얼트롤리형-

- 독일 Noell, 중국 ZPMC 등에서 개발 및 운영
- 이론적으로 시간당 60개의 컨테이너 양적하 가능
- 싱글에 비해 20% 정도의 성능 향상을 기대
- 최근 독일 CTA 터미널에서 현재 운영 중



-더블트롤리형-

- 국내외 소수 업체에서 개념 수립 중
- 이론적으로 시간당 90개의 컨테이너 양적하 가능
- 싱글에 비해 2배 이상의 생산성을 기대
- 운영항만이 현재 없어 검증이 미흡한 상황



-슈퍼테이너형-

- 미국 Paceco 사에서 현재 개발이 진행 중
- 이론적으로 시간당 90개 이상 컨테이너 양적하 가능
- 운영항만이 현재 없으며 검증이 미흡한 상태

| 그림 3-10 | 신개념 컨테이너 크레인의 동작원리 및 특징

슈퍼테이너형 크레인은 2개의 트롤리와 1개의 트래버서(Traverser)가 장착되어 있으며, 2개 트롤리는 해측과 육측에서 수직동작만으로 컨테이너를 선박 또는 차량에만 양적하한다. 반면에 수평이동작업은 트래버서가 전담하여 작업한다. 결국, 전체 이동거리를 2개 트롤리와 1개 트래버서가 분담하기 때문에 작업생산성이 기존 장비에 비해 높다. 이론적으로 시간당 90

개의 컨테이너 처리가 가능하여 2배 이상의 생산성 효과를 기대할 수 있는 장비유형이다.

이상에서 상위 각 크레인의 유형별로 22열의 아웃리치(out-reach)에 대한 기계적 생산성을 산출하여 보았다(<표 3-14>, <표3-15>참조).

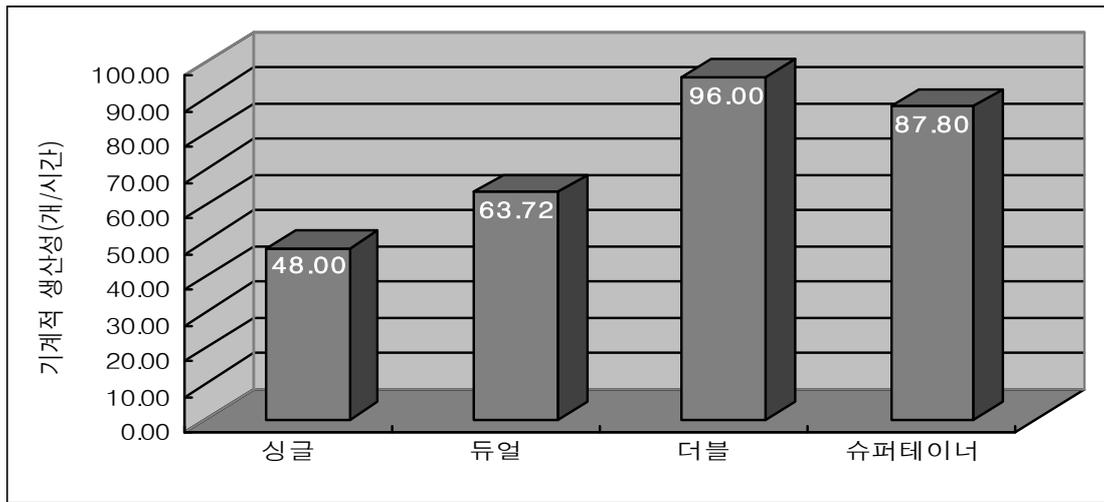
| 표 3-14 | 장비사양 및 작업선택 규모 (아웃리치 22열)

구 분	부하시	무부하시
호이스트속도	240m/sec	240m/sec
트롤리속도	90m/min	180m/min
안착/탈착시간	2sec	2sec
육측 수직거리	듀얼 1st: 14m, 그 외: 18m	
아웃리치 거리	듀얼 1st: 43m, 그 외: 74m	
해측 수직거리	17m	

| 표 3-15 | 컨테이너 크레인 유형별 기계적 생산성 산출값

구 분	사이클타임	기계적생산성	상대비교
싱글	75.00sec	48.00lifts/h	-
듀얼	56.50sec	63.72lifts/h	1.33배
더블	75.00sec	96.00lifts/h	2.00배
수직순환	41.00sec	87.80lifts/h	1.85배

각 유형별로 산출된 기계적 생산성은 더블트롤리형이 주어진 조건에서 시간당 96.00개를 처리할 수 있어 가장 생산성이 높다. 그리고 슈퍼테이너, 듀얼트롤리형 순으로 나타나 기존의 싱글트롤리형에 비해 1.33~2.00배의 생산성 향상 효과가 있을 것으로 보인다.



| 그림 3-11 | 크레인 유형별 기계적 생산성 그래프

3) 야드시스템 대안의 기술검토

야드시스템은 야드크레인이 하역작업을 수행하는 동안 온실가스 배출 저감을 위해 적용되는 친환경 항만운영 관련 기술이다.

(1) 장비성능 제고

야드크레인의 하역생산성을 향상으로 작업시간을 단축시켜서 온실가스 배출저감을 하기 위한 대안이다. 국내 터미널의 야드 주력 하역장비는 TC(Transfer Crane)로, 6열 4단 블록구조에 적합하도록 설계되고 있다. 현재 이 장비의 기계적 성능은 안벽장비인 C/C보다 짧은 작업선회거리를 가진다. 그러나 호이스트와 트롤리의 성능이 떨어져 기계적 생산성이 상당히 낮은 편으로 약 시간당 25개만을 처리하는 수준이다(<표 3-16>참조).

이러한 TC의 기계적 생산성이 작업형태에 비해 매우 낮기 때문에 터미널마다 TC 장비대수가 많이 필요하게 된다. 그러나 반대로 장비대수의 과다 투입은 야드하역작업 시 장비 간 간섭이 증가하여 작업의 지장을 초래한다. 또한, 장비운영인력이나, 유지보수비용 등의 부담도 가중되는 문제

점을 야기하는 점에서 장비투입대수의 제약도 따르게 된다. 따라서 TC의 단위성능을 제고시켜 야드작업 생산성을 향상시키는 방법을 강구할 필요가 있다.

| 표 3-16 | 기존 터미널 TC의 기계적 성능

구 분		기계적 성능
호이스트 속도	부하시	17 (m/min)
	무부하시	34 (m/min)
트롤리 속도		70 (m/min)
갠트리 속도	부하시	60 (m/min)
	무부하시	90 (m/min)
기계적 생산성		- 6열 4단 블록작업시를 고려 - 약 25(lift/h)

TC 장비의 낮은 사양은 터미널 개장당시 장비제작기술, 구입비용 등의 이유로 낮게 설정된 것으로 볼 수 있다. 그러나 현재에는 장비제작기술과 성능수준이 매우 높아졌다. 비용적인 측면에서도 많은 개선이 이루어졌음을 감안할 때 신규장비 구입보다는 성능개선을 통한 야드하역의 생산성을 높이는 방안이 유리할 수 있다.

현재, 국내 신규 항만건설시 도입되는 TC의 기계적 성능은 호이스트, 트롤리, 갠트리 속도에 있어서 상당부분 향상되었다. 단위작업생산성인 기계적 생산성이 기존의 시간당 25개에서 34개 수준으로 기계적 성능이 약 38% 개선되었다. 그리고 야드의 블록 주행속도에서도 평균 49%의 향상이 이루어져 하역작업 시 블록 이동이 빈번한 TC의 작업에 상당히 유리하다고 할 수 있다(<표 3-17>참조).

| 표 3-17 | TC의 개선된 기계적 성능

구 분		기계적 성능	향상치
호이스트 속도	부하시	25 (m/min)	47% ↑
	무부하시	50 (m/min)	47% ↑
트롤리 속도		70 (m/min)	-
갠트리 속도	부하시	90 (m/min)	50% ↑
	무부하시	134 (m/min)	48% ↑
기계적 생산성		· 6열 4단 블록작업시를 고려 · 약 34.55 (lift/hr)	38% ↑

(2) 연료유 변경

기존의 항만에서 사용하는 연료유는 대부분 디젤엔진에 사용되는 경유로서 경유의 연소에 의한 대기오염물질 배출이 가장 큰 문제이다. 따라서 새로운 연료의 대체를 통한 대기배출가스 저감 및 차단이 가능하다.

① 바이오에너지

바이오에너지는 열 또는 전기를 생산하는 여타의 신재생에너지자원과는 달리 에너지의 장기 저장이 가능한 연료의 형태로 생산이 가능하다는 장점이 있다. 바이오에너지 생산에 사용되는 원료인 바이오매스에는 유기성 폐기물, 농임산 부산물과 에너지 작물 등이 있으며 이들로부터 에너지를 생산하는데 적용되는 기술도 열화학적 기술과 생물학적 전환 기술이 있다. 적용된 기술에 따라 생산된 바이오에너지는 열, 전기뿐만 아니라 수송용 대체연료 등의 형태로 활용된다. 이러한 바이오에너지 기술 중 일부는 상용화되어 실제 보급 중에 있으며 다른 기술들은 보다 미래 기술로 개발 중이다.

바이오에너지는 동일한 원료에 대해서도 각각 다른 전환 기술을 적용하면 다른 형태의 에너지를 생산하게 된다. 특히 바이오에너지 기술에서는

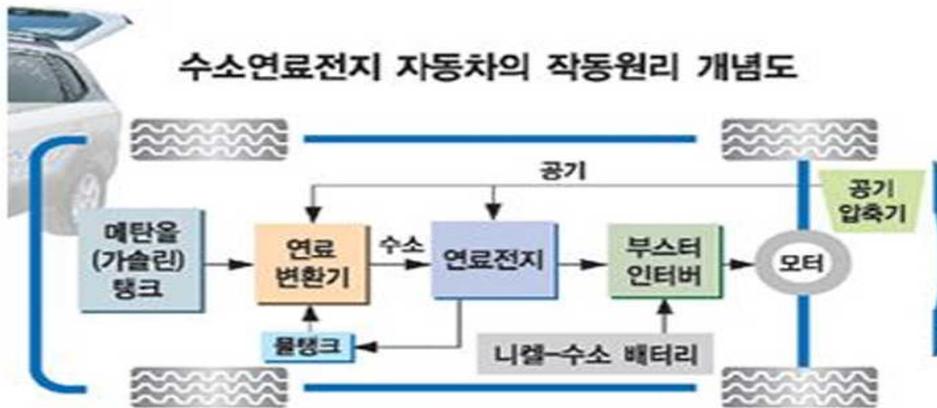
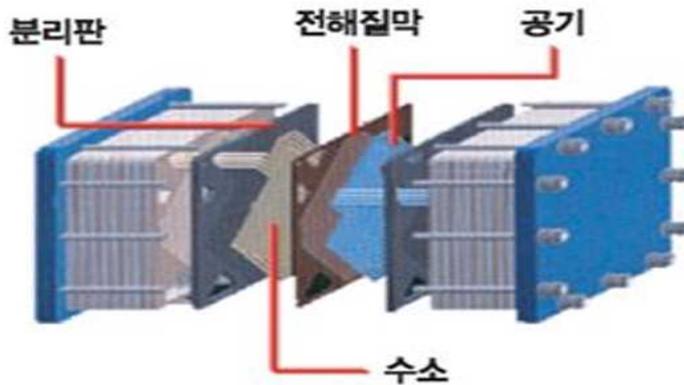
다른 신재생 에너지원이 생산하지 못하는 수송용 연료를 생산할 수 있어 다른 재생에너지원과 보완 관계를 갖는다. 상용화된 바이오에너지기술로는 유기성 폐기물의 혐기소화, 섬유소계 바이오매스의 열화학적 이용 기술 및 수송용 바이오연료 관련 기술 등이 있다. 미래의 바이오에너지기술로는 목질계 바이오매스로부터 바이오에탄올 생산, 바이오매스로부터 수소 생산 등이 있다.

② 수소연료전지

수소에너지는 궁극적으로 인류가 당면하고 있는 에너지와 환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 유일한 에너지원으로 평가된다. 연료전지의 구조는 전기를 전달할 수 있는 ‘전해질’이라는 물질을 사이에 두고 양극과 음극의 두 전극이 샌드위치의 형태로 위치하게 된다. 연료전지의 음극(+)을 통해 수소가 공급되고, 양극(-)을 통해 각각 산소가 공급된다. 음극을 통해 들어온 수소는 백금 등 촉매제(Catalyst)에 의해 수소이온(H⁺)과 전자(e⁻)로 나누어진다.

나뉜 수소이온과 전자는 서로 다른 경로를 통해 양극(+)에 도달하게 된다. 수소이온은 연료전지의 중심에 있는 전해질을 통해 양극(+)으로 흘러간다. 전자는 외부회로를 통해 이동하면서 전류를 흐르게 하는 동시에 양극으로 흘러가 산소와 결합해 물이 되는 것이다. 결국 연료전지 스택의 원리는 수소분자를 수소이온과 전자로 분리한 다음, 분리된 전자가 전기를 만들어내는 것이다. 이렇게 만들어진 전류는 그냥은 사용할 수 없는 직류(DC)이다. 따라서 인버터라는 전기장치를 통해 교류(AC)로 변환 증폭된다. 또 니켈수소나 리튬이온, 리튬폴리머를 주원료로 하는 배터리를 보조동력원으로 사용하기도 한다. 이럴 경우에는 연료전지에서 만들어진 전기와 함께 더 큰 힘을 발휘하거나 시동전원 등의 보조 역할을 한다.

연료전지의 구조

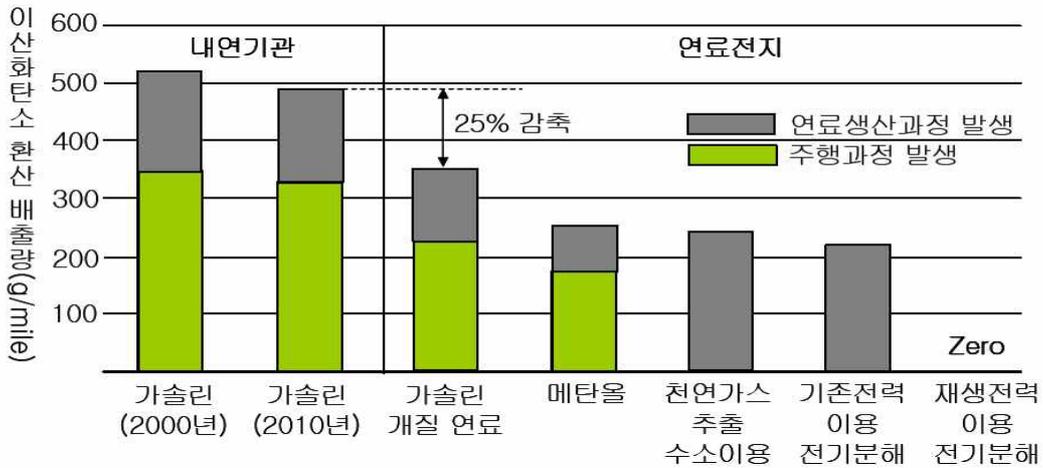


자료 : <http://img.itis.or.kr/blog/helena0820/uploads>

| 그림 3-12 | 수소연료전지의 구조 및 작동원리

연료전지는 기존의 전지나 동력기관에 비해 다양한 장점을 보유하고 있다. 연료전지의 가장 큰 특징은 친환경성이다. 연료전지는 소음이 거의 없고 물 이외의 부산물도 거의 없다.

연료전지는 2차전지의 용량 한계를 극복할 수 있는 기술이다. 현재 니켈수소 2차전지, 리튬이온 2차전지 등이 3시간 정도 충전시간이 필요로 한다. 그러나 연료전지는 연료주입에 수초(數秒)면 충분하고 kg당 에너지밀도도 1,000Wh로 리튬폴리머 전지의 3배 이상이다. 연료전지는 셀의 개수를 늘리면 출력을 높일 수 있기 때문에 연료전지 형태에 따라 수W~수십MW의 전력 생산이 가능하다. 따라서 휴대용, 주택용, 자동차용, 우주선용 등 현재 석유, 가스, 전력 등 에너지를 사용하는 거의 모든 분야에 응용이 가능하다.



자료 : 삼성경제연구소, “에너지 혁명 : 연료전지 사업의 현황과 발전전망”, Issue Paper, 2004.

| 그림 3-13 | 연료전지와 내연기관의 CO₂ 배출 비교

③ 하이브리드 엔진

휘발유나 디젤차는 엔진과 변속기(트랜스미션)로 구성된 동력전달장치(파워 트레인)가 차를 움직인다. 이 경우 엔진의 효율은 차의 주행 상태에 따라 많이 변한다. 저속으로 주행할 때는 효율이 낮고, 대기 중이나 차가 막혀 서있을 때는 효율이 거의 0이다. 차는 정지하고 있어도 엔진은 계속 돌아 연료를 그냥 버리는 것이나 마찬가지기 때문이다. 일반적으로 연료에서 나오는 에너지의 18~23%만 실제로 자동차를 움직이는데 사용되고 나머지는 버린다고 보면 된다.

이런 단점을 보완하기 위해 하이브리드 전기자동차는 모터와 엔진을 동시에 구동해 동력을 얻는다. 엔진의 모든 동력을 전기에너지로 바꿔 이를 다시 모터로 변환해 동력을 얻거나(직렬형), 엔진과 모터를 상황에 따라 적절히 작동하도록 조절해 동력을 얻을 수도 있다(병렬형). 그리고 두 가지 방식을 섞은 복합형도 있다.

예를 들어 엔진이 움직이면 자동차를 구동시켰던 배터리가 충전되고, 속도를 줄일 때는 운동에너지가 전기에너지로 바뀌어 배터리에 저장된다. 또 차가 정지하면 엔진이 저절로 꺼졌다 가속 페달을 밟으면 엔진이 켜진

다. 즉 하이브리드자동차는 엔진 이외에 동력을 생산하는 전기모터를 사용한다는 점을 최대한 활용해 연료 손실을 최소로 줄인다. 하이브리드자동차는 세계적으로 1997년 200대가 생산된 이후 2004년에는 16만 대로 늘었으며, 현재도 지속적으로 증가하고 있다. 매년 평균 62%씩 하이브리드자동차 수가 늘고 있으므로 올해는 약 50만대가 생산될 것으로 예상된다.



자료 : 현대자동차 홈페이지

| 그림 3-14 | 하이브리드카의 주행방식

(3) 촉매제 사용

디젤엔진을 사용하는 야드크레인에 연료의 연소효율 및 대기배출가스 저감을 위한 대안으로 사용하며, 이외는 집안시스템의 촉매제 사용 참조한다.

(4) 저감기 사용

DPF(Diesel Particulate Filter)를 이용한 야드크레인의 대기배출가스 저감을 위한 대안으로 사용하며, 이외에는 집안시스템의 저감기 사용 참조한다.

(5) 시설배치 재정립

시설배치 재정립 대안을 통해서 이송차량의 이동거리 단축, 크레인 생

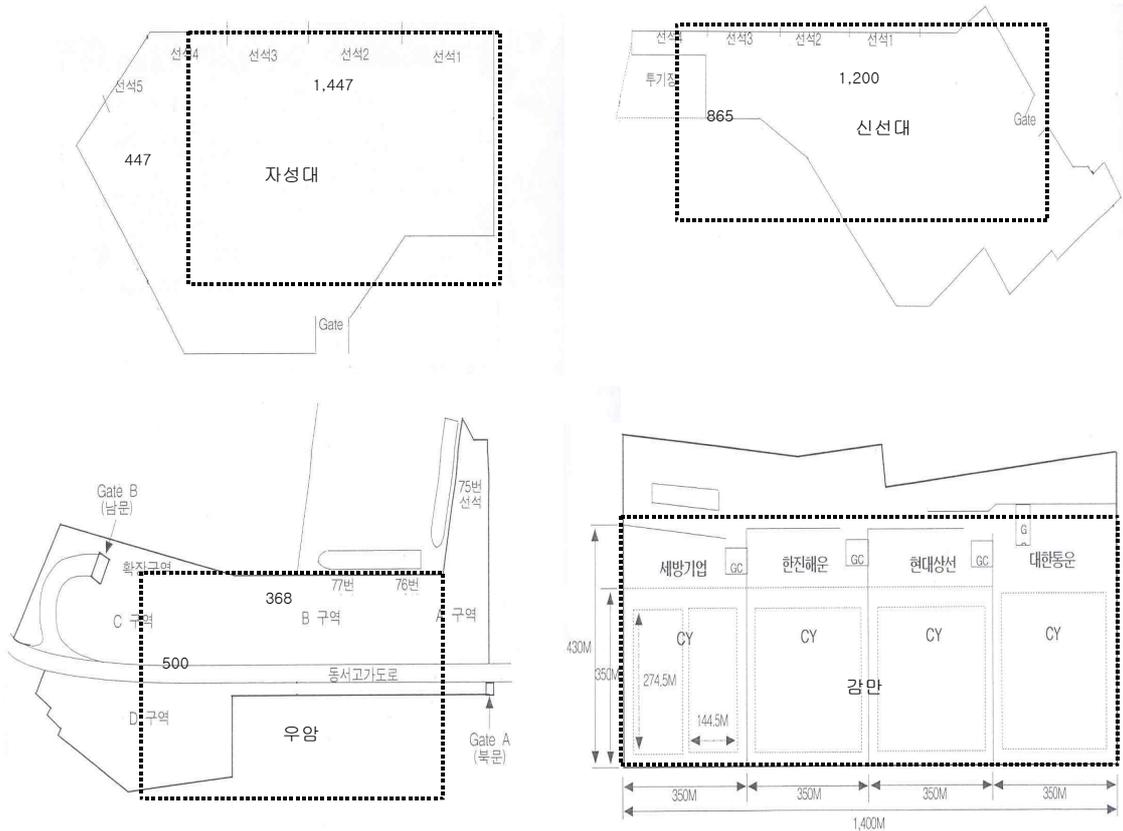
산성 향상 등을 통해 온실가스 배출저감이 가능하다.

부산신항만이나 광양항과 같이 최근에 건설되는 컨테이너터미널은 대부분 350m× 600m의 직사각형 형태를 갖는다. 직사각형 형태는 가장 효율적으로 공간 이용이 가능한 형태이며, 차량의 이동, 블록의 배치, 베이 수, 공간의 활용 등의 물류, 운영적 측면에서 뛰어난 형태이다. 따라서 최근에 개발되는 대부분의 터미널에서 사용되고 있다. 그러나 현재 감만터미널을 제외한 부산항의 대부분의 터미널들은 좁은 공간에 기형적인 다각형의 형태로 평면배치가 이루어져 있어서 장치장의 활용도가 낮거나, 차량의 동선이 길어지는 등의 문제가 있다. 또한, 내부시설물의 배치도 상황에 따라 추가, 증설이 이루어져서 효율적인 항만운영지원 또는 생산성 향상에 어려움이 있다.

이에 따라, 컨테이너터미널의 시설배치를 재정립하여 효율적이고 생산성 높은 항만운영을 이루어야 한다.

시설물 재정립은 운영측면에서는 장치공간을 효율적으로 사용하여 TGS수를 증가시킬 수 있으며, 블록을 길게 배치할 수 있어서 투입장비의 작업효율성을 높일 수 있다.

시설측면에서는 시설물배치의 효율화로 원활한 항만운영 지원이 가능해진다. 또한, 간단한 배치형태로 터미널 내부 동선이 간결해진다. 장비측면에서는 이동시간이 단축되어 YT의 생산성을 높일 수 있으므로, 투입대수를 감소시킬 수 있다(<표 3-18>참조).



| 그림 3-15 | 자성대, 신선대, 우암, 감만터미널의 평면배치 레이아웃

| 표 3-18 | 시설배치 재정립의 효과

구분	시설배치 재정립 효과
운영	<ul style="list-style-type: none"> · 장치공간 효율적 사용, TGS수 증가 · 블록길이 증대로 장비 효율적 사용
시설	<ul style="list-style-type: none"> · 항만운영지원 원활/동선간결
장비	<ul style="list-style-type: none"> · 생산성 향상 · 투입대수 감소

(6) 전기식 TC

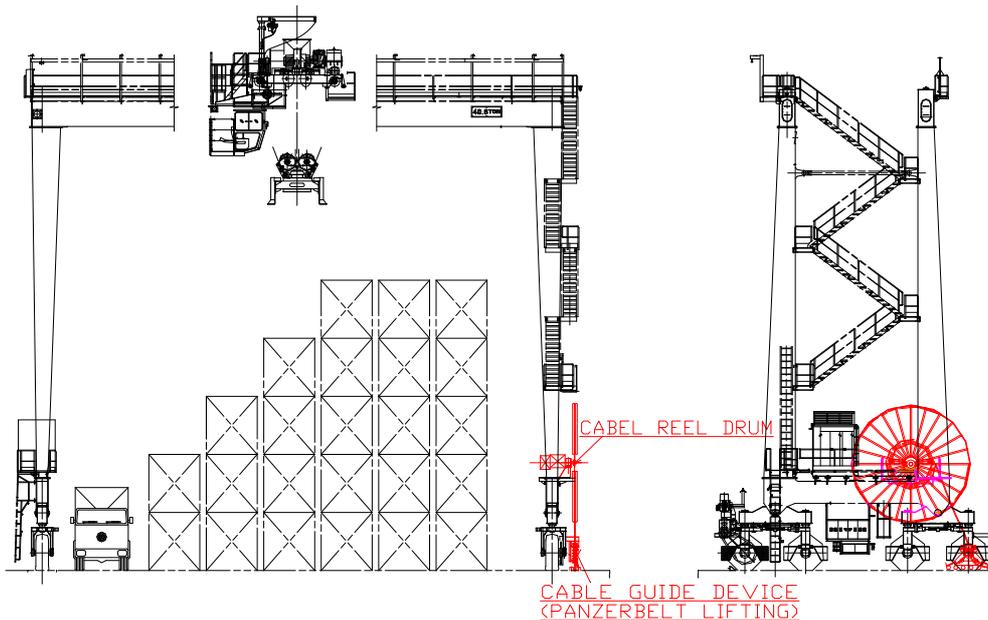
Electronic-RTG의 약어로 기존의 디젤방식의 RTG를 전기방식으로 변환하는 것을 말한다. 기존의 RTG는 야드운영시 유연성이 양호하고 장비가격이 상대적으로 저렴하여 초기 컨테이너터미널 개발 시 및 작업의 유연성이

필요한 경우 주로 사용되어 왔다. 그러나 최근의 고유가 및 환경오염문제가 대두됨에 따라 국내의 경우 자성대터미널에서 기존의 디젤엔진식 RTG를 전기식 RTG로 변경하여 사용하고 있다.

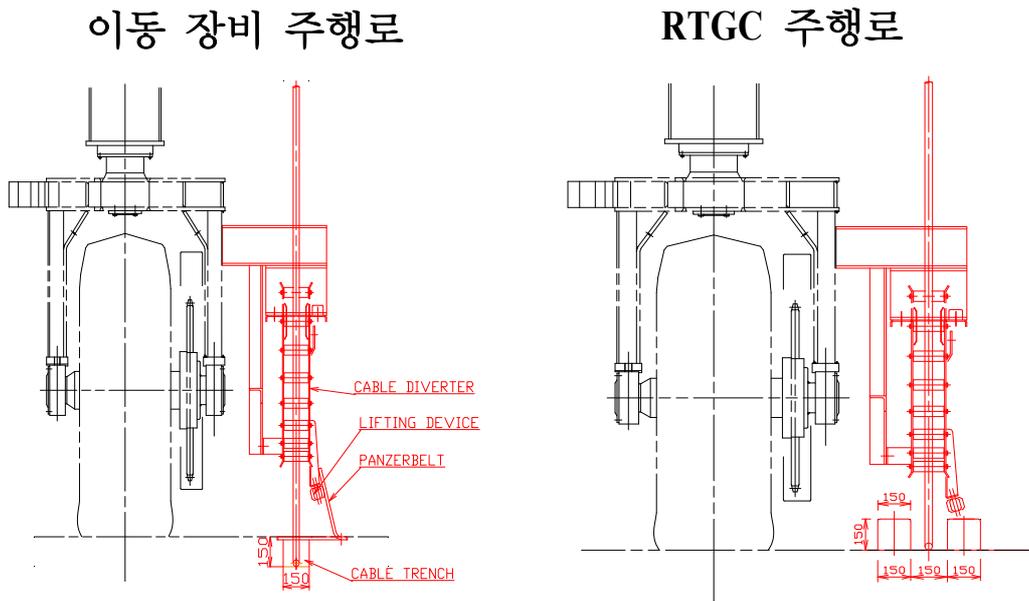


- 기존 RTGC 장비에 VSG 기술을 접목하여 연간 15~20% 연료비 절감 및 유해물질 저감효과
- 하이브리드 기술을 접목하여 연간 30~40%의 연료비 절감효과

| 그림 3-16 | 친환경 하역장비 기술



| 그림 3-17 | 트랜스퍼 크레인(RTG) 적용도(Cable Trench + Panzerbelt 방식, Cable Guide + Panzerbelt 방식)



| 그림 3-18 | 트랜스퍼 크레인(RTG) 적용 시 이동장비 주행로

(7) 사전예약제

컨테이너터미널의 경쟁력을 향상시키고 온실가스 배출량을 줄이기 위해서는 컨테이너터미널 내부의 생산성을 제고하여야 한다. 이를 위해 항만 시스템네트워크를 통해 선사, 화주, 운송회사들 간의 사전 EDI 정보교환이 필수이다.

본선 양적하작업에 관한 야드 계획수립시스템에 필요한 정보는 선박회사 및 반입운송사와의 사전 EDI교환으로 계획 및 야드운영의 효율성을 제고하고 있다. 이에 비해 화물반출업무는 EDI를 통해 정보가 사전에 교환되고 있지 않기 때문에 컨테이너터미널 내부의 장치장 활용 및 야드크레인 등의 장비 배정이 비효율적인 부문으로 남아 있다.

화주나 보세운송업자의 화물인도 요청에 의해 화물이 터미널에서 반출된다. 컨테이너터미널 입장에서는 수입된 화물들의 반출정보가 없기 때문에 야드에서 고단적 장치가 불가능하고, 외부트럭의 터미널 내 체류시간도 길어져 게이트에서 차량의 대기문제가 발생되고 있다.

항만에서의 컨테이너 화물흐름과 관련된 경제주체들은 화주, 육송운송 업체, 터미널 운영자, 선사, 중계업무를 담당하는 포워드업체로 구성된다.

컨테이너 화물은 크게 수출과 수입, 환적컨테이너 세 가지로 나뉘는데 이중 사전예약제와 밀접한 관련이 있는 화물은 수입 컨테이너라 할 수 있다. 이러한 수입 컨테이너에 대하여 항만관련 경제주체 간에 효율적인 반출계획을 사전에 예약하여 항만에서의 불필요한 물류비 및 운영비를 절감하고자 하는 제도가 사전예약제이다.

이러한 사전예약제는 1997년도에 감만부두가 개장되기 직전에 물동량이 집중되어 야드작업에 부하가 발생하고, 외부트럭의 회전율이 점점 높아짐에 따라 외부 트럭의 터미널 내 체류시간이 1시간 이상 소요되었다.

그래서 이러한 문제를 해결하기 위하여 트럭운송회사와 BCTOC의 운영자간에 사전예약제와 유사한 제도를 일시적으로 도입하였다. 그러나 감만부두 개장 후 외부트럭의 터미널 내 체류시간 문제가 개선되고, 반출예약제가 본선작업에 지장을 초래하는 문제가 발생하여 자동적으로 폐기되었다.

홍콩의 HIT터미널은 3P(Productivity Plus Program)의 하나로 반출예약제를 시행하고 있다. 3P는 주어진 환경에서 최고의 생산성을 추구하는 것이다. 이는 장치장의 단적수와 야드장비의 효율성을 높이기 위해서 반출컨테이너에 대해서 사전에 반출예약을 함으로써 외부트럭의 터미널 체류시간을 단축하고, 야드장비 및 장치공간의 효율성을 높이고 있다.

(8) 비피크시 인센티브

국내 주요터미널에서 외부차량의 게이트 도착비율을 시간대별로 보면 하루 24시간 중에 오전 11시부터 13시의 점심시간을 제외하고 오후 18시까지 평균 외부트럭 도착패턴이 가장 높게 나타났으며, 17시의 경우 최대 8.41%에 이른다. 이렇게 특정시간대에 집중되는 외부트럭은 항만 내부에 들어와서 야드하역장비의 작업부담을 가중시키고 체류시간이 길어져서 대

기배출가스의 배출량을 증가시킨다. 따라서 외부트럭의 특정시간대의 진입으로 인한 체증을 줄이고 비첨두시간(Non-Peak)시간대로 분산시킴으로써 야드크레인의 생산성을 향상시키고, 외부트럭의 체류시간을 단축할 수 있는 효과가 있다(<표 3-19>참조).

표 3-19 | 게이트 시간대별 외부트럭 도착 패턴

시 간	도착비율(%)	시 간	도착비율(%)
~ 01:00	0.69	~ 13:00	2.09
~ 02:00	2.12	~ 14:00	7.15
~ 03:00	2.38	~ 15:00	7.80
~ 04:00	2.13	~ 16:00	7.94
~ 05:00	1.70	~ 17:00	8.41
~ 06:00	1.38	~ 18:00	7.81
~ 07:00	1.07	~ 19:00	2.34
~ 08:00	0.60	~ 20:00	5.44
~ 09:00	1.14	~ 21:00	5.40
~ 10:00	5.69	~ 22:00	4.55
~ 11:00	7.50	~ 23:00	3.91
~ 12:00	7.50	~ 24:00	3.25

자료 : 허치슨 부산 컨테이너터미널 2004년 통계치(<http://www.hktl.com>)

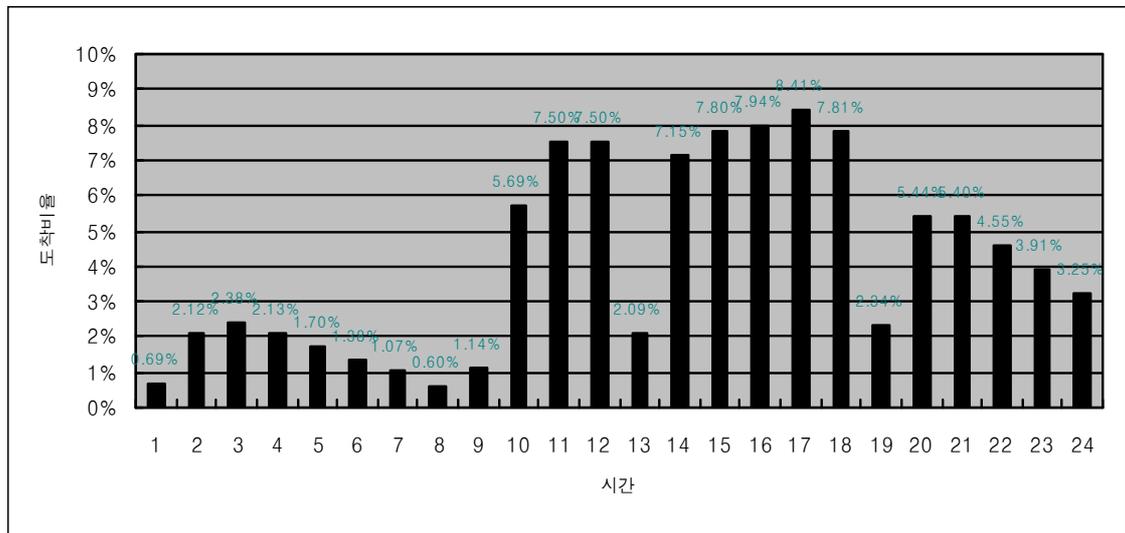
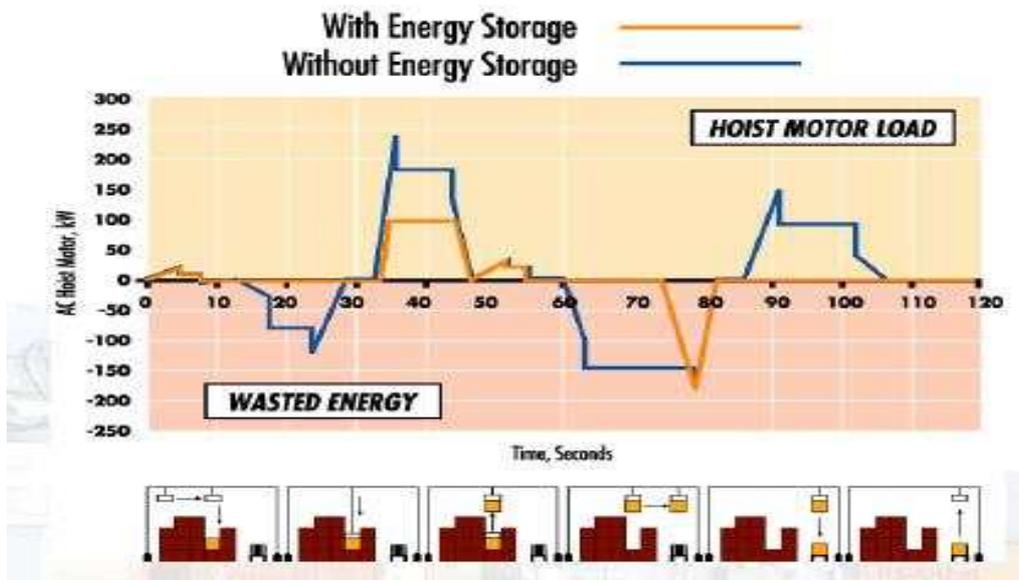


그림 3-19 | 게이트 도착분포 그래프

(9) 에너지 세이빙

에너지 세이빙 기술은 기존의 동력방식을 디젤엔진에서 전기동력으로 변환하는 E-RTG와는 달리 디젤엔진의 연소효율을 향상시키거나 발생된 에너지를 저장하여 재사용한다.



자료 : Octavio Solis, "The Role of Energy Storage to Reduce Fuel Consumption and Emissions", *TOC Americas*, 2006.

| 그림 3-20 | 전통적 방식과 에너지세이빙 방식의 운영싸이클 비교

회생전력²²⁾과 같이 역으로 발생된 전류를 이용하는 방식과 엔진의 RPM을 효율적으로 제어하는 방식을 사용한다. 전통적인 RTG의 운영상황과 비교해서 보면 스프레다의 하강 시 및 호이스트의 좌우 이동시 에너지의 낭비가 발생하는 것을 최소화 하는 기술이다.

① 슈퍼카파시터(Super Capacitor)

전기화학 이중층형 카파시터(Electrochemical Double Layer Capacitor)의

22) 크레인의 스프레다 하강 시, 브레이킹 시 발생하는 역전류.

다른 명칭으로 다공성 전극 재질을 사용하여 일반 카파시터보다 많은 전하를 저장할 수 있도록 제작되었다. 현재 에너지 밀도 7Wh/kg, 출력밀도 2,000W/kg의 제품까지 상용화 되어 있다. 이러한, 슈퍼 카파시터는 기존의 카파시터의 단점이었던 충전속도가 늦고, 방전이 빠르게 이루어지는 단점을 보완하여 충전 속도를 빠르게 하고, 방전 속도를 느리게 하였다. 반복 사용수명을 길게 하여 하이브리드 차량의 2차 전원으로 사용이 용이하도록 개발되었다(<그림 3-21>참조).



자료 : Maxwell Technologies 홈페이지(<http://www.maxwell.com/>)

| 그림 3-21 | 슈퍼카파시터

② 플라이 휠(Fly Wheel)

일반적으로 전력의 가장 큰 단점은 저장하기가 어렵다는 것이다. 일례로 400파운드 무게의 자동차 배터리는 겨우 1파운드 가솔린에 함유된 정도의 에너지만을 저장할 수 있으며, 손쉽게 저장할 수 있는 석탄, 석유 등과는 달리 전기는 필요 시점에 필요한 곳에서 생산돼야 한다. 하지만 이러한 상황은 플라이휠 배터리 덕분에 수요가 많은 시간에 사용할 수 있도록 휠

씬 더 많은 에너지를 더 작은 공간에 저장하는 방향으로 변하고 있다.

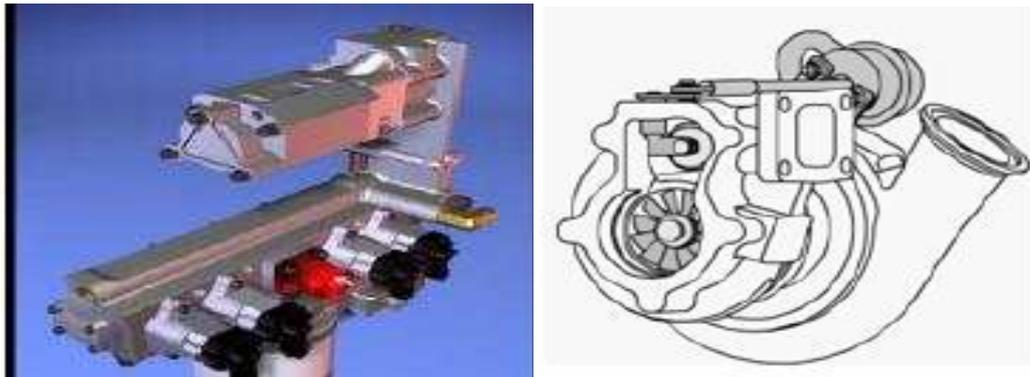
플라이휠 에너지 저장 시스템은 입력되는 전기에너지를 플라이휠의 회전 운동에너지로 변환하여 저장하고 필요시 전기에너지로 재출력하는 장치이다. 최근 재료, 자기 베어링, 전력 전자학 등 관련 기술의 발전에 힘입어 미국, 일본, 독일 등의 선진국에서 이 장치의 활발한 연구가 진행되고 있다. 이 장치는 무정전 전원 공급장치, 기차 및 버스와 같은 대형 수송 차량에서의 제동 에너지 회생장치 등과 같은 여러 제품에서 이미 실용화가 진행 또는 완료되어 있다(<그림 3-22>참조).



| 그림 3-22 | 플라이 휠

③ Variable Speed

RTGC를 이용해서 하역작업을 수행하게 되면 양하 및 적하작업에 따라 동력이 많이 필요한 상황과 동력이 적게 필요한 상황에 발생한다. 이러한 상황에 따라 엔진의 출력을 변환하여 동력의 낭비를 막고 온실가스 배출을 저감하고자 하는 방식이다(<그림 3-23>참조).



자료 : 허치슨터미널 내부자료

| 그림 3-23 | Variable Speed 디젤엔진

4) 이송시스템 대안의 기술검토

이송시스템은 이송장비의 생산성 향상, 이동거리절감, 대기배출가스 저감 및 차단을 위한 기술이다.

(1) 장비성능 제고

대표적인 컨테이너터미널 내부의 이송장비인 야드 트랙터는 국내외 컨테이너터미널에서 보편적으로 사용되고 있는 이송장비이다. 그러나 낮은 생산성과 많은 온실가스 배출로 장비성능을 제고하여 문제점을 해결해야 한다. 외국의 경우 부분적으로 무인이송장비인 AGV(Automated Guided Vehicle)가 일부 선진터미널에서 사용되고 있다.²³⁾ 안벽장비와 야드장비에 의해 컨테이너를 양적하 받아 터미널 내부로 컨테이너를 운반한다. 현재, 모든 국내 터미널의 경우는 이송장비로 수평장치장 레이아웃에서 야드 트랙터를 사용하고 있다.

이송장비인 야드 트랙터와 AGV의 기본적인 특징은 <표 3-20>과 같다.

23) 현재 무인이송장인 AGV(Automated Guided Vehicle)는 네덜란드 ECT(1991)와 독일 CTA (2002) 두 터미널에서 운영되고 있다.

| 표 3-20 | 야드 트랙터/AGV의 기본적인 특징

구 분	특징
YT	<ul style="list-style-type: none"> 가장 전통적인 형태로 한대의 트랙터에 20, 40, 45피트 컨테이너를 적재할 수 있는 한 개의 새시를 견인하여 이송하는 형태 유인으로 운전되며, 빠른 속도로 목적베이까지 이동이 가능 인력이 많이 소요되나, 작업유연성과 생산성이 높음
AGV	<ul style="list-style-type: none"> 무인자동 이송장비로 트랜스폰더 또는 GPS에 의해서 위치통제를 받음 무인으로 운전되며, 빠른 속도로 목적 블록까지 이동이 가능하며, 수직배치터미널에서 사용 양방향으로 주행 가능하여 키오스크에 진출입 용이 자동화된 통제방식으로 잘 계획된 트래픽 및 경로제어 로직이 필수

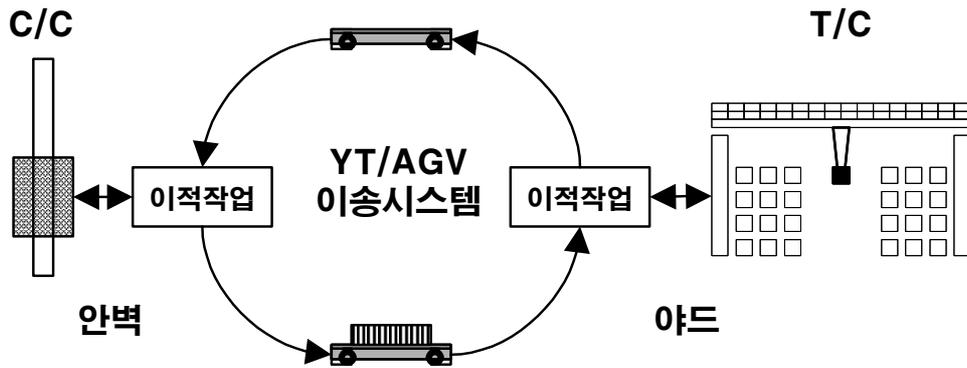


| 그림 3-24 | YT 및 AGV 이송장비

야드 트랙터는 자체하역기능이 없는 단순 운반장비로 안벽과 야드 간의 원활한 작업을 위해서 일정 대수 이상이 요구된다. 안벽장비와 야드장비와의 이적작업방식이어서 각 장비 간의 작업사이클의 편차에 따라 장비 서로간에 대기현상이 빈번하게 발생하는 단점을 가지고 있다. 기존 터미널의 야드 트랙터 및 AGV 이송시스템 구성도는 <그림 3-25>와 같다.

셔틀캐리어나 ALV(Automated Lifting Vehicle) 이송장비는 야드 트랙터와 AGV의 자체하역기능의 취약점을 보완한 것으로 장비자체에 하역기능이 구비된 것이 주요 특징이다. 자체하역기능이 구비됨으로써 안벽과 야드에서의 장비 간 직접 이적작업을 버퍼작업으로 전환할 수 있어 장비가 작업사이클 불균형을 해소하여 대기현상을 상당부분 줄이는 효과가 있다.

이러한 자체하역기능을 갖춘 셔틀캐리어와 ALV의 기본적인 특징은 다음과 같다(<표 3-21>참조).



| 그림 3-25 | YT 및 AGV 이송시스템 구성도

| 표 3-21 | 셔틀캐리어/ALV의 기본적인 특징

구분	특징
셔틀 캐리어	<ul style="list-style-type: none"> 스스로 컨테이너를 loading/unloading할 수 있는 시스템으로서 컨테이너를 적재한 상태로 주행 가능 C/C가 컨테이너를 내려놓으면 셔틀캐리어가 이동하여 컨테이너를 적재하여 야드로 이동 야드에서 컨테이너를 내려놓으면 야드크레인이 컨테이너를 loading하여 야드에 적재 자동화측면에서 DGPS를 사용하여 자동화가 가능 수직배치 및 수평배치 모두에서 사용 가능
ALV	<ul style="list-style-type: none"> 셔틀캐리어의 컨테이너 처리기능 모두 구비 및 추가 기능 탑재 C/C가 컨테이너를 ALV에 직접 내려놓을 수 있는 기능 추가 컨테이너가 loaded 된 상태에서 놓기 기능 추가



| 그림 3-26 | 셔틀캐리어와 ALV

(2) 연료유 변경

항만에서 화물 및 컨테이너의 이송을 위해 사용되는 이송장비의 연료는 기존의 디젤엔진에 사용되는 경유를 사용하고 있으나, 최근의 동향은 친환경 연료인 CNG, LNG를 해외 여러 항만에서 사용하고 있으며, 국내에서 지속적으로 대형버스 등에 사용하고 있다. 또한, 교환 가능한 전기식 배터리를 사용하는 연구가 진행되고 있는 상황이다. 이외는 야드시스템의 연료유를 변경 참조한다.



| 그림 3-27 | 이송시스템의 연료유 변경

(3) 촉매제 사용

디젤엔진을 사용하는 이송트럭에 연료의 연소효율 및 대기배출가스 저감을 위한 대안으로 사용하며, 이외는 접안시스템의 촉매제 사용 참조한다.

(4) 저감기 사용

DPF(Diesel Particulate Filter)를 이용한 이송시스템에서의 대기배출가스 저감은 차량의 경우 1종, 2종 등으로 구분되며, 국가의 인증을 통과한 제품만을 사용하도록 하고 있다. 이외에는 접안시스템의 저감기 사용 참조한다.

(5) 시설배치 재정립

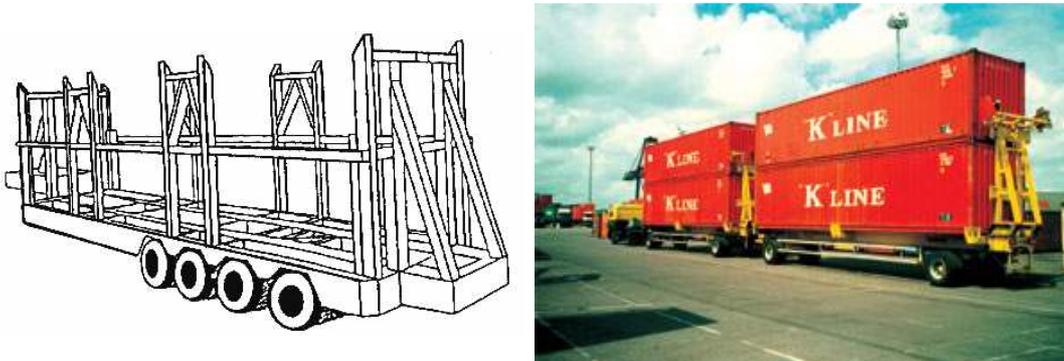
차량의 동선을 최소화하기 위한 대안의 하나이며, 동선 최소화를 통한 생산성 향상과 대기배출가스 저감이 목적이다. 이외는 야드시스템의 시설 배치 재정립 참조한다.

(6) 멀티차량

멀티차량은 한꺼번에 여러 개의 컨테이너를 이송할 수 있는 이송차량의 사용으로 생산성 향상 및 가동시간 절감으로 온실가스 배출저감이 가능한 대안이다. 기존의 컨테이너터미널에서는 안벽과 장치장간의 컨테이너 운반하는데 야드 트랙터를 주로 사용하고 있다. 이 야드 트랙터는 20피트 컨테이너 2개 또는 40피트 컨테이너 1개를 적재할 수 있어 주어진 작업시간에 비해 운반량의 효율이 그다지 크지 않다. 또한, 안벽 및 장치장 하역 장비 작업을 원활히 지원하기 위해서 일정 수 이상의 차량대수를 요구하기 때문에 보유대수가 많아질수록 각종 비용(인건비, 운영비, 구입비 등)의 부담이 크다고 할 수 있다

이에 비해 2단 적재차량(Double Stack Vehicle)은 컨테이너를 2단으로 적재할 수 있도록 제작된 차량으로 기존의 터미널의 이송장비인 야드 트랙터와 거의 유사하며 주행레인 또한 큰 변경 없이 적용할 수 있어 작업시간대비 운반량을 효과적으로 높이고, 운행대수를 절감시킬 수 있는 방안이라 할 수 있다.

현재, 2단 적재차량은 일부 선진터미널에서 부분적으로 적용하고 있는 시스템으로 이송장비 구입 및 유지비용, 인건비 등을 절감하는데 효과적일 것으로 보인다²⁴⁾(<그림 3-28>참조).



| 그림 3-28 | 2단 적재차량(Double Stack Vehicle)

2단 적재차량은 효율적인 항만운영과 노동력 절감을 위하여 일반 야드 트랙터보다 2배의 능력을 갖도록 설계되었으며 싱가포르의 PSA에 의해 최초로 개발되어 현재 사용 중이며 본 차량의 사용권한을 PSA에서 소유하고 있다.

특히, 생산성 향상 및 노동력 절감에 매우 유용하며 기존 수평배치형 레이아웃에서 재래식 터미널의 차량 동선체계에 손쉽게 적용할 수 있다는 점에서 기존 이송장비의 대체수단으로 고려해 볼 수 있다.

24) 대표적인 예로, 싱가포르의 PSA 터미널에서 사용 중에 있으며, 본선작업보다 장치장내 이적작업용으로 주로 활용하고 있다.

| 표 3-22 | 2단 적재차량의 기본개념 및 특징

구 분	주요 내용
기본개념	<ul style="list-style-type: none"> · 항만운영과 노동력 절감을 위하여 개발 · PSA의 엔지니어에 의해 세계최초로 개발 · 야드 트랙터의 2배의 능력을 갖도록 설계 · 2개의 40/45ft 컨테이너 또는 4개의 20ft 컨테이너를 적재할 수 있는 세미트레일러로 구성
활용성	<ul style="list-style-type: none"> · PSA에 의해 개발되어 현재 사용 중 · 2단적 트레일러를 2개 연결하여 사용하는 MULTI DOUBLE TRAILER도 사용 · 생산성 향상 및 노동력 절감에는 매우 유용하나 자동화 터미널에서는 사용되기 어려움 · 야드 트랙터의 대체용으로 유용함

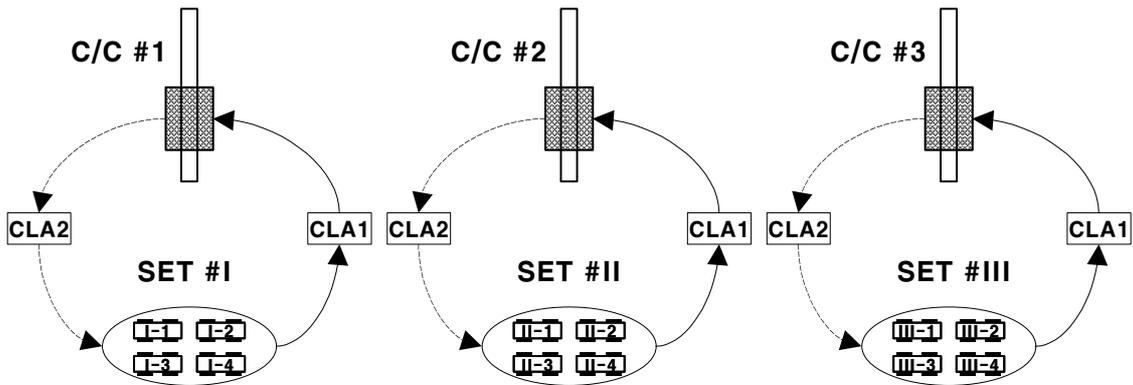
(7) 빈이동 최소화

항만에서 이송차량의 빈이동을 최소화하기 위한 방법에는 일반적으로 풀링(Pooling)운영시스템을 적용하는 방법과 듀얼사이클(Dual Cycle)시스템을 적용하는 방법으로 나눌 수 있다. 이러한 시스템의 적용을 통해서 생산성 향상과 운영시간을 단축할 수 있어서 온실가스 배출을 저감할 수 있다.

① 풀링운영시스템(Pooling System)

기존의 국내 컨테이너터미널의 하역시스템에서 이송작업은 다수의 차량이 1개조로 구성되어 하나의 C/C에 대해 양하 및 적하작업 지원을 하는 조별방식으로 운영되고 있다. 이러한, 이송장비의 조별방식은 본선하역시에 작업 혼선이 적고 일괄적 운행경로를 가지므로 지금까지 매우 유용하게 적용되어 왔는데, 기존 터미널의 조별운행방식의 개념도는 <그림 3-31>과 같다.

그러나 이 방식은 각기 다른 조에 편성된 차량 간에는 상호지원을 하지 않기 때문에 C/C 작업대수 만큼의 이송 작업조를 편성해야 하므로, 작업융통성이 떨어진다는 단점을 가지고 있다.

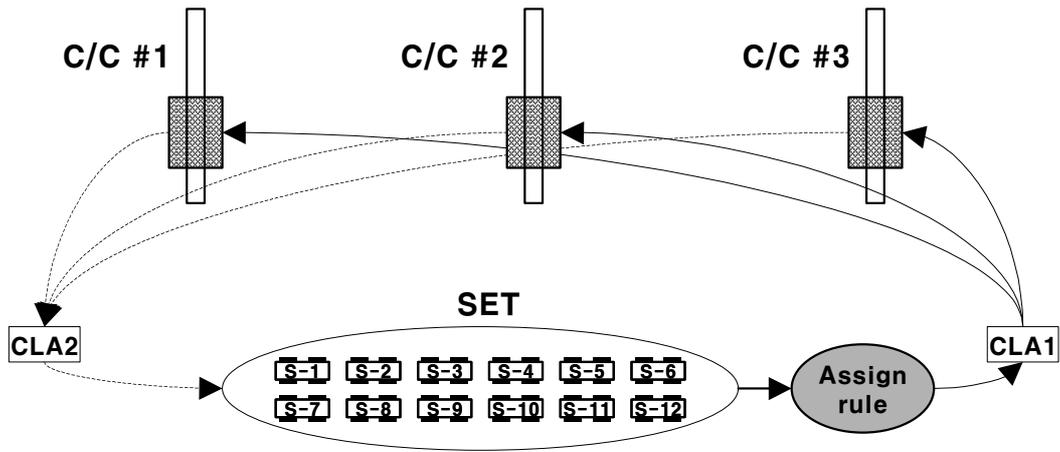


| 그림 3-29 | 이송장비 조별운영방식 개념도

조별운영방식에 비해 Pooling Operation은 이송장비의 작업조를 편성하기 않고 본선작업에 투입된 이송장비 각각이 자유롭게 여러 대의 C/C 작업을 지원할 수 있는 방식이다. 특히, 선박의 양하 및 적하작업 상황에 따라 이송장비를 최적으로 배정할 수 있어 안벽작업에 요구되는 이송장비의 불균형에 효과적으로 대응할 수 있는 장점을 가진다. 이송장비 Pooling Operation 방식의 개념도는 <그림 3-30>과 같다.

| 표 3-23 | 조별운영방식에서의 이송장비 운행경로

이송장비의 운행경로	
Case 1	A1→C/C #1→B1→CLA2→C3→BK→D3→CLA1→A1
Case 2	A2→C/C #2→B2→CLA2→C2→BK→D2→CLA1→A2
Case 3	A3→C/C #3→B3→CLA2→C1→BK→D1→CLA1→A3
Number of Case: No. of C/C	



| 그림 3-30 | 이송장비 Pooling Operation 개념도

| 표 3-24 | Pooling Operation 방식에서의 이송장비 운행 경로

이송장비의 이동경로	
Case 1	A1 → C/C #1 → B1 → CLA2 → C1 → BK → D1 → CLA1 → A2
Case 2	A1 → C/C #1 → B1 → CLA2 → C1 → BK → D1 → CLA1 → A3
Case 3	A2 → C/C #2 → B2 → CLA2 → C2 → BK → D2 → CLA1 → A1
Case 4	A2 → C/C #2 → B2 → CLA2 → C2 → BK → D2 → CLA1 → A3
Case 5	A3 → C/C #3 → B3 → CLA2 → C3 → BK → D3 → CLA1 → A1
Case 6	A3 → C/C #3 → B3 → CLA2 → C3 → BK → D3 → CLA1 → A2
Number of case: $n_{C2} \times 2$, (n: No. of C/C)	

이송장비의 Pooling Operation 방식은 1개 선석에 우선적으로 쉽게 적용할 수 있으며, 2개 이상의 선석을 대상으로 적용하기 위해서는 선석접안계획 및 본선양적하계획을 동시에 고려해야 하므로 다소 어려움이 있으나, 기대효과는 클 것으로 예상된다.

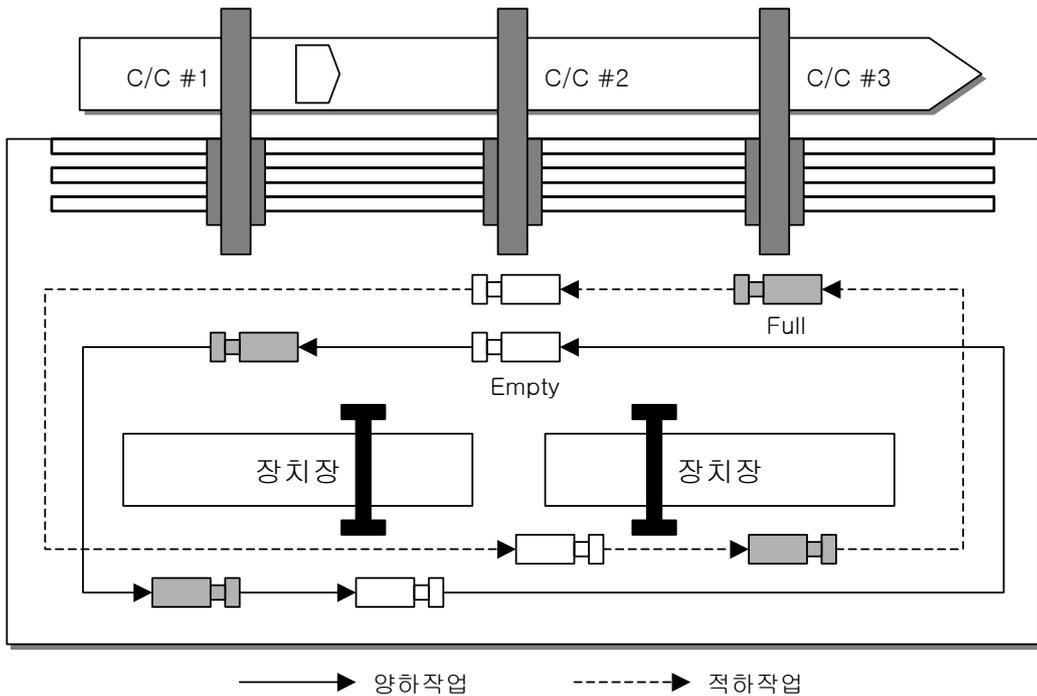
| 표 3-25 | YT 조별운영과 Pooling 운영방식의 비교

구 분	YT 조별운영	YT Pooling 운영
운영방식	- C/C별로 고정된 YT대수 투입	- C/C별로 유동적인 YT 투입
대기시간	- 조별운영으로 YT의 C/C 대기 시간이 많이 발생함	- 유동적 운영으로 YT의 C/C 대기 시간을 상당부분 줄일 수 있음
작업생산성	- YT가 특정 C/C에 종속되어 작업의 가용률이 낮음	- YT가 여러 C/C에 자유롭게 작업이 투입되므로 장비의 가용률이 높음

한편, 이러한 이송장비의 Pooling Operation 방식을 효과적으로 적용하기 위해서는 통신단말기와 같은 실시간 배차가 가능한 보조 수단이 갖추어져야 한다. 현 작업상황을 모니터링할 수 있어야 하며 차량배차와 관련한 최적배차계획 수립이 요구되기 때문에 신속한 작업전달을 위한 무선랜시스템 구축도 고려해 볼 수 있다(<표 3-25>참조).

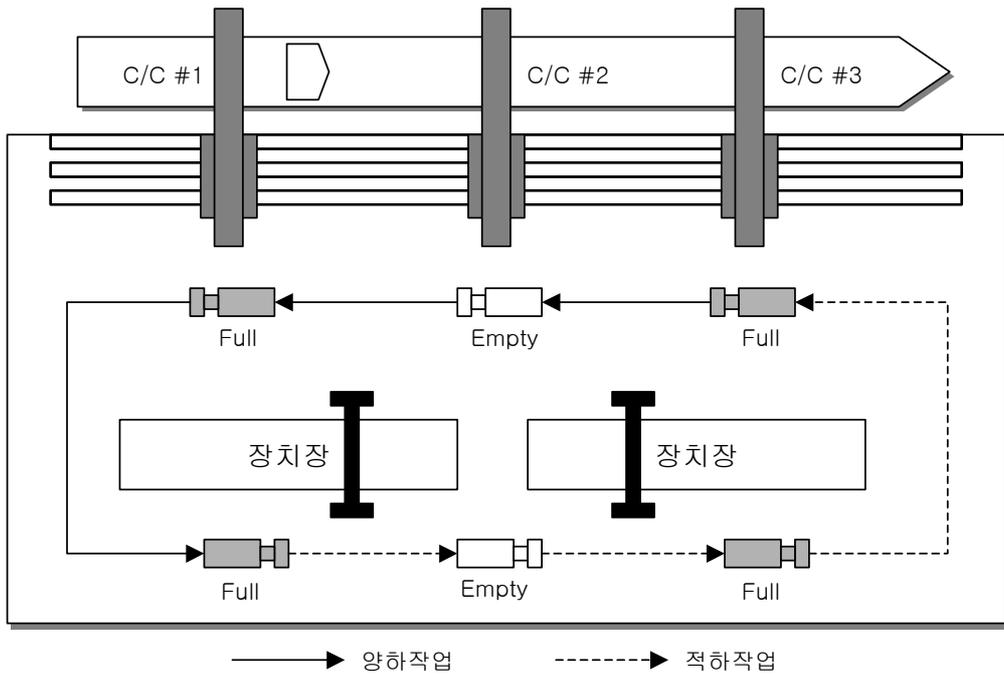
② 듀얼사이클(Dual Cycle)

기존의 이송장비는 선석의 C/C와 야드 블록 간에 1회 운행 시 1개의 컨테이너만을 운반하는 단일 사이클(Single Cycle) 운영 방식이 주로 이용되고 있다. 따라서 이송장비의 양하 및 적하 작업 시 전체 운행거리의 약 50%를 컨테이너가 적재되지 않은 공차로 운행되므로 이송장비의 작업효율성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 기존 시스템에서 이송장비의 선석과 야드 간의 운행 개념도는 <그림 3-31>과 같다.



| 그림 3-31 | 이송장비 단일 싸이클 운영 개념도(기존 시스템)

기존의 단일 싸이클에 비해 이송장비의 듀얼 싸이클(Dual Cycle) 운영 방식은 1회 운행 시 양하 및 적하작업을 동시에 수행하는 개념으로 이송장비의 공차운행을 최소화 하도록 하는 운영 전략이다. 이 방식은 컨테이너를 장치장까지 운반한 후 다시 적하작업을 위한 컨테이너를 적재하여 안벽으로 운행하는 방식이다. 따라서 이 방식으로 하역작업을 수행할 경우에 기존의 공차운행의 상당부분을 절감할 수 있고, 일부 선진 터미널에서는 이전부터 본 개념을 도입하여 부분적으로 적용하고 있다. 이송장비의 Dual Cycle 운영방식의 개념도를 살펴보면 <그림 3-32>와 같다.



| 그림 3-32 | 이송장비 Dual Cycle 운영 개념도(리모델링 시스템)

이 방식을 실제 터미널에 적용하기 위해서는 이송장비의 듀얼 사이클 운영과 부합되도록 선박의 양적하 작업을 직접 수행하는 C/C의 듀얼 운영이 가능해야 한다. 일반적으로 1개 선석으로 운영될 경우에는 적용효과가 낮을 것으로 예상된다. 그러나 2개 선석 이상으로 운영될 경우 양하작업을 하는 선석과 적하작업을 하는 선석 간에는 이 방식을 적용하면 매우 효율적인 운영이 가능할 것으로 보인다(<표 3-26>참조).

현재, 이러한 운영방식은 HIT에서 선구적으로 개발하여 터미널에 적용한 사례가 있으며 이를 통해 장비 및 안벽의 생산성을 높이고 있다. 국내에서는 허치슨 부산터미널에서 HIT의 ITDS(Internal Tractor Deployment System)를 국내 실정에 맞게 도입할 계획으로 있다. 다만, 본 기술은 이송장비의 운영방식뿐만 아니라 양적하 계획 및 수출입장치계획 등의 계획시스템의 뒷받침이 해결되어야 효과적으로 적용할 수 있기 때문에 적용에 다소 어려움이 있는 것으로 예상된다. 부산신항 북측터미널의 3개 선석에서도 본 기술의 적용을 고려중인 것으로 알려져 있다.

| 표 3-26 | 이송장비의 단일 싸이클 운영과 듀얼 싸이클 운영 비교

구 분	단일 싸이클 운영	듀얼 싸이클 운영
운영방식	양하작업 후에 적하작업을 수행	양적하 작업을 동시에 수행
차량운행	양하시 장치장→안벽 간 공차운행 적하 시 안벽→장치장간 공차운행	장치장→장치장⇔안벽→안벽
공차율	50%가량의 공차운행	30% 이하의 공차운행 기대

5) 게이트시스템 대안의 기술검토

게이트시스템은 외부트럭이 게이트에 머무는 시간을 최소화하여 대기 로 인해서 발생하는 대기배출가스의 저감을 위한 기술이다.

(1) 24시간 운영

국내 터미널의 게이트는 일일 총 24시간 운영에 4시간(아침, 점심, 저녁, 야간)의 유희시간을 가진다. 따라서 4시간의 유희시간을 제외한 20시간 가량이 실제 반출서비스를 하는 시간이 된다. 일부 터미널에서는 유희시간 없이 게이트를 개방하고 있으나, 야드하역서비스를 제공하지 않아 외부트럭에 대한 실질적인 24시간 서비스는 제공되지 않는 경우가 많다.

따라서 게이트 유희시간에 도착하는 외부차량은 터미널 내·외부에서 체류하게 되고 터미널 내·외부의 교통 혼잡 및 대기가스배출을 야기하는 원인으로 작용하고 있다. 반출입 차량의 서비스를 제고시키기 위한 방안으로 기존의 게이트 운영업무를 20시간에서 24시간 작업서비스로 연장할 경우 게이트 도착 차량의 시간대 비율을 분산시키는 효과가 있을 것이다. 게이트 24시간 운영의 기준은 실제 게이트 개방시간과 야드하역서비스를 모두 포함한 24시간 운영을 의미한다(<표 3-27>참조).

| 표 3-27 | 게이트 운영방안

구 분	기존 운영	친환경 운영
게이트개방 시간	20시간	24시간
야드서비스 시간	20시간	24시간
휴식시간	식사 및 야간 휴식시간	없음
인력운영	- 휴식시간을 활용한 작업교대 (3개조 2교대)	- 휴식시간 없는 정시 교대(3개조 2교대)
기대효과	- 서비스 중단시간대에 도착한 차량의 적체 현상이 심화	- 서비스 시간확장으로 차량 적체 현상 상당부분 해소

(2) 적정시설규모

터미널의 게이트 서비스 시설은 크게 입출구 레인으로 구분할 수 있다. 이중 입구레인서비스는 차량의 정보, 컨테이너정보, 관련업무확인 절차 등의 여러 단계의 확인이 이루어지므로 컨테이너 일반정보만을 최종 확인하는 출구레인서비스보다 소요시간이 많이 걸리며, 레인수도 터미널별로 처리능력에 부합하도록 적정규모로 건설될 필요가 있다.

| 표 3-28 | 국내 주요 터미널 게이트 운영시설 규모

구분	레인수	레인운영	비고
신선대	12레인	입구: 4개 운영안함	On-dock은 부분적으로 24시간운영
허치슨부산	6레인	입구: 1개 운영안함	4조 3교대, 2005년 초반 시행
허치슨감만	4레인	입구: 1개 운영안함	휴식시간에 게이트 전면폐쇄
동부신감만	8레인	입구: 2개 운영안함 출구: 1개 운영안함	3조 2교대
한진감만	6레인	입구: 2개 운영안함	3조 2교대, 야간시간중 본선작업이 있을 경우 야드서비스 병행
한진감천	6레인	입구: 1개 운영안함 출구: 1개 운영안함	

주 : 각 터미널마다 반입레인 중 1개를 특수화물용 및 회차로로 사용중임

특히, 입구레인의 경우 관련정보의 부재, 미확인, 오류 등으로 외부차량의 혼잡 및 적체가 심한 편이며, 또한 차량의 대기공간, 회차공간, 주차

공간 등이 많이 요구된다. 외부차량 서비스 제고와 대기로 인한 온실가스 배출을 최소화하기 위해서는 가용공간을 충분히 제공할 필요가 있다. 국내 터미널의 게이트 운영시설 규모를 터미널별로 정리하면 <표 3-28>와 같다.

터미널마다 실제 사용하고 있는 레인수는 입구레인의 일부를 차량수가 적은 특수화물이나 회차로로 사용하거나 운영을 하지 않는 경우가 많아, 불필요한 레인수를 축소하거나 조정하여 반출입서비스의 효율성을 제고할 필요가 있다.

게이트 시설의 적정규모는 터미널의 연간 처리물량과 관련하여 분석될 필요가 있다. 신규 터미널 건설시 게이트 규모 설계에 있어서는 입·출구 소요 레인 수는 터미널의 수출입 물동량의 1일 피크 시 최대 반출입 트럭 수와 게이트 통과시간, 차량의 대기길이(Queue Length)의 자료를 기초로 산정하고 있다.

따라서 기존의 국내 각 터미널에서도 개장당시의 처리능력에 기준하여 게이트 시설규모를 설계하였으나, 현재의 터미널 처리실적치는 이전의 처리능력치와 상당한 차이가 있으므로, 새롭게 규모를 재산정할 필요가 있다.

Gate-In 대기 큐 시뮬레이션 분석에서 볼 수 있듯이 적정시설규모를 갖추지 못하는 경우 트럭의 대기시간 및 대기댓수가 증가하여 공회전으로 인한 대기가스 배출의 원인이 되고 있다(<표 3-29>참조).

표 3-29 | Gate-In 대기 큐 시뮬레이션 분석 예

구분	최대대기 트럭 수		평균 대기 트럭 수	최대 대기시간		평균 대기 시간 (초)	평균 통과 시간 (초)
	99%	95%		99%	95%		
3 레인	29.70	21.96	9.97	2,114	1,821	731	724
4 레인	10.00	5.80	2.23	757	611	159	232
5 레인	3.52	2.61	0.51	186	105	29	102
6 레인	1.50	1.00	0.36	106	92	20	92

자료 : 부산신항, 남컨테이너부두 2-3단계 설계용역보고서

(3) 무정차시스템

무정차시스템은 차량이 터미널 게이트에서 대기함으로써 발생하는 온실가스 배출을 최소화하기 위한 대안이다. 터미널의 게이트 업무는 현재까지 인력에 의한 의존도가 높은 영역에 속한다. 특히, 국내의 경우 게이트에서의 차량혼잡, 정보의 누락 등으로 발생하는 각종 문제들은 차량기사나 운영인력이 통제실과의 의사소통을 하는 수작업 형태로 처리되는 경우가 많다. 국내 주요 터미널의 게이트 문제발생 트릭에 대한 통제수단과 이를 위한 업무 내용은 <표 3-30>과 같다.

| 표 3-30 | 국내 터미널의 게이트 문제발생 트릭과의 의사소통 방식

구분	통제수단	업무내용
A 사	<ul style="list-style-type: none"> 스피커를 사용한 일방 소통 운전자가 직접 게이트 통제실을 방문하여 의사를 교환함 	<ul style="list-style-type: none"> 사전정보 도착 여부에 대한 확인 반출입시 발생하는 각종 에러코드에 대한 문의
B 사	<ul style="list-style-type: none"> 게이트 통제실에서 처리상태에 대한 안내 방송, 인터폰으로 의사소통 처리상태 확인 가능한 자료를 화면상에 Display함 	<ul style="list-style-type: none"> 반입 불가시 반입 불가 내역에 대한 안내 방송 차량 카드 발급 안내
C 사	<ul style="list-style-type: none"> 인터폰/스피커를 이용한 양방향 소통 CCTV로 모니터링하여 게이트 통제실에서 직접 처리 원격 통제가 불가능할 시에는 운전자가 통제실을 방문하여 문제해결 	<ul style="list-style-type: none"> 문자 인식에 오류가 발생한 경우 의사소통이 필요 사전정보 미도착 또는 사전정보와 일치하지 않을 경우에 사전정보와 관련한 질의 등
D 사	<ul style="list-style-type: none"> 인터폰 및 스피커를 이용한 양 방향 소통 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 사전정보, 모선정보, 컨테이너정보 등에서 오류가 발생했을 때 그 정보들에 대한 질 의 및 응답

국내 터미널의 게이트에서 문제발생시 원인과 처리방법은 <표 3-31>과 같다. 이러한 게이트에서 발생하는 문제트릭의 원활한 해소를 위해서는 게이트에서 발생하는 문제의 유형을 사전에 정의하고, 이에 적절한 처리 프로세스를 운영시스템이 갖추도록 해야 한다. 이를 위해서는 게이트에 도착

하는 트럭에 대한 정확한 정보 검색을 위한 영상인식기술과 트럭의 게이트 도착 이전에 반출입 관련 정보를 신속하게 입수하여 문제발생이 예상될 경우 사전에 이를 처리하는 시스템이 구축이 필요하다.

게이트에서 문제발생 트럭을 사전에 처리하기 위한 기술로 게이트 도착이전에 차량의 정보를 신속히 입수할 있는 기술이 현재 개발되고 있다. 그 대표적인 것이 컨테이너를 실은 차량의 위치를 원격지에서 사전에 인식할 수 있는 DSRC (Dedicated Short Range Communication)시스템이다. 이 시스템은 외부트럭이 게이트의 인접 지역에 도착하면 무선으로 자료를 송수신하여 반출입 통과에 필요한 작업을 확인하고 관련조치를 할 수 있다. 그래서 게이트의 정체현상을 상당부분 해결할 수 있는 기술로 부각되고 있다.

【 표 3-31 】 국내 터미널의 문제 발생 트럭 처리 방법

문제발생 원인	처리방법
사전 정보가 없을 경우	운송사에 재전송 의뢰하여 관련 자료 수신후 처리
현금 수납 관련 문제일 경우	비용 정산 후 처리
세관의 반출 미승인 컨테이너인 경우	업체에 세관 승인 여부 확인 의뢰 후 처리
D/O Booking 문제 발생	D/O 미도착시 발생하는 문제이므로 확인 후 반출
반입자료 미전송 시	운송사에 자료 전송 요청 후 처리
도주차량으로 등록된 차량	담당자 확인 후 도주 차량 등록 해체
반출시 운송사 관련 선사 미등록	선사에서 반출허가 문서접수 및 등록후 반출
위험물 미확인	위험물 담당자가 확인하고 정보 입력 후 반입
모선, 양하항, ISO번호 오류 등 사전 정보와 일치하지 않을 경우	오류자료 수정, 재전송 자료 수신 후 반입
사고, 착오 등으로 지연 도착	Planner실에서 정보 확인 후 조치
Yard Plan 이전에 도착	Yard Plan 실시 후 처리
세관의 반출 미승인	세관의 통관 허가 후 반출
Yard 보관 일수 초과	경과보관료 처리 후 반출
Yard내 컨테이너 미 존재	Yard에 컨테이너가 없으면 자료 확인 후 반출

태그, 전자봉인, 광학문자인식(Optical Character Recognition : OCR), 모바일 기술 등을 적용할 수 있으며, 기술의 특징은 다음과 같다(<표 3-32>참조).

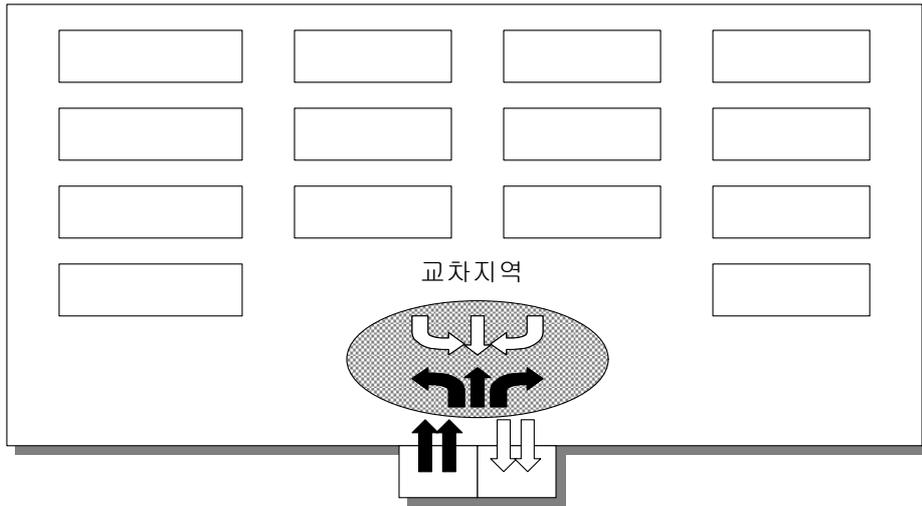
표 3-32 | 무정차시스템의 적용 기술 특징

적용기술	기술내용
RFID	<ul style="list-style-type: none"> · 마이크로 칩을 이용한 비접촉식 인식 가능 · 대용량의 메모리 내장 및 이동 중 인식 가능 · 원거리 인식 및 신뢰성 높은 데이터 입수(보안성이 우수함)
OCR	<ul style="list-style-type: none"> · 영상을 이용한 비접촉식 인식 가능 ,차량 및 컨테이너 이동 중 인식 가능
DSRC	<ul style="list-style-type: none"> · 단거리 무선 데이터 전송, 무선랜을 이용한 비접촉식 인식 방식 · 차량 이동 중 인식 가능(기지국↔단말기)
ACDI	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 개발된 시스템은 고해상도로 획득한 2D영상을 저장 후 저장된 영상을 이용하여 컨테이너 손상을 확인하는 과정으로 처리하였음 · 머시비전 기술 적용으로 2D영상으로 확인이 불가능한 컨테이너 손상 검사 기술 개발 필요(예: Dent, Hole같은 깊이 정보를 획득해야 하는 손상 정보)
Mobile	<ul style="list-style-type: none"> · 이동 중 대용량 데이터의 빠른 전송 가능, 공간적 제약이 없음 · 데이터 전송에 대한 신뢰도 및 보안 기능이 높음 · 휴대 단말기 이용으로 경제적 이점이 있음

주 : ACDI(Automatic Container Damage Inspection)

(4) 분리게이트

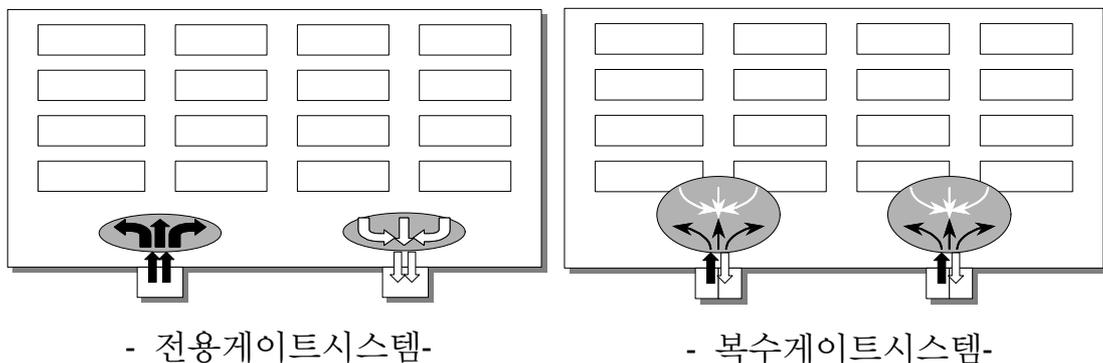
분리게이트 대안을 통해서 게이트에서의 차량 대기를 최소화 하여 온실가스 배출을 저감하는 대안이다. 국내외 터미널 대부분이 1개의 게이트 운영건물에서 반입·반출서비스를 동시에 처리하고 있다. 이러한 단일게이트(Single Gate) 운영은 비용절감 측면이나 통합관리 측면에서 유리한 점이 있다. 그러나 터미널에 도착하는 외부트럭의 차량흐름을 효율적으로 제어하는데 다소 취약점이 있다.



| 그림 3-34 | 단일게이트시스템

일반적으로 단일게이트의 위치를 터미널의 평면배치 상에서 중앙 부분에 위치할 경우 가장자리에 배치한 경우보다 외부차량의 터미널 내 이동거리를 단축시키는 효과가 있지만 2가지 경우 모두 운영 시에는 근본적으로 게이트 입출구 지점에서의 차량 간의 교차현상이 빈번하게 일어난다.

이러한 단일게이트시스템의 단점을 보완하기 위한 방안으로 분리게이트시스템을 고려해 볼 필요가 있다. 분리게이트는 다음과 같이 크게 2가지로 운영방안을 생각해 볼 수 있다(<그림 3-35>참조).



| 그림 3-35 | 분리게이트시스템 구성 개념도

첫째는, 입구기능의 게이트와 출구기능의 게이트를 완전히 분리·운영하는 전용게이트 방식이다. 터미널내의 외부차량 동선을 완전한 일방통행

체제로 개편할 수 있어 차량의 흐름을 매우 원활하게 유도할 수 있다. 외부 차량의 동선거리는 기존의 단일게이트시스템과 거의 유사할 것으로 보이나, 차량 간 동선거리 편차는 상당히 줄어들 것으로 판단되며 특히, 1개 선석으로 운영되는 터미널에 적용할 경우 효과가 클 것으로 본다.²⁶⁾

둘째는, 기존의 단일게이트규모를 일정비율로 축소하고, 여러 개의 게이트를 운영하는 복수게이트 방식이다. 이 방식은 터미널의 규모가 매우 큰 경우 외부차량의 터미널 내 접근을 용이하게 할 경우 적합한 운영방안으로 게이트 진입부에서의 차량 혼잡을 줄일 수 있다. 그리고 외부차량의 터미널 내 작업블록의 위치에 따라, 차량기사로 하여금 융통성 있게 진입게이트를 선택할 수 있도록 유도할 수 있다. 이렇게 함으로써 터미널 차량의 흐름을 분산시키는 효과를 기대할 수 있다²⁷⁾(<표 3-33>참조).

| 표 3-33 | 분리게이트 시스템

유형	운영특징
전용게이트 시스템	<ul style="list-style-type: none"> · 입구·출구처리를 완전히 분리 운영하여 효율성을 높일 수 있음 · 게이트 진입부의 차량교차가 거의 발생하지 않음 · 문제발생트럭에 대한 회차공간을 별도로 둘 필요가 없음 · 터미널 규모(선석)에 따라 게이트의 최적위치를 결정할 필요가 있음
복수게이트 시스템	<ul style="list-style-type: none"> · 소규모의 입구·출구서비스게이트를 여러 개 운영 · 각 게이트 진입부의 차량교차발생이 상당히 해소됨 · 작업블록의 위치에 따라 진입게이트를 선택할 수 있음 · 외부차량의 터미널 내 체류시간, 이동거리가 단축됨

분리게이트시스템은 터미널의 외부 접근 도로망과 무관하지 않다. 그러므로 터미널 외부 접근 도로망 여건에 따라 전용게이트와 복수게이트의 장단점을 충분히 고려한 후 선별적으로 적용해야 한다. 그리고 터미널 내부의 동선체계에 큰 지장을 주지 않는 범위 내에서 충분한 고려를 통해 운영방안을 모색해야 할 것이다.

26) 국내의 경우 광양 3-2단계 자동화터미널 개발계획에 적용된 게이트운영시스템과 유사하다.

27) 국내 우암부두에서 현재 복수게이트(남문, 북문)방식의 운영을 하고 있다.

6) 기술대안의 요약 검토

기술대안들은 크게 기기, 장치, 설비 등을 포함하는 하드웨어적 대안과 운영방안, 적용대안 등을 포함하는 소프트웨어적 대안으로 구분된다. 하드웨어적 대안 및 소프트웨어적 대안을 좀 더 세분화하면 접안시스템, 안벽시스템, 야드시스템, 이송시스템 및 게이트시스템으로 구분할 수 있다.

몇가지 대안들은 한 가지 시스템에만 적용되는 경우와 두 가지 이상의 대안들에 걸쳐서 사용될 수 있는 대안들로 구성된다.

| 표 3-34 | 기술대안 정리

구분	접안 시스템	안벽 시스템	야드 시스템	이송 시스템	게이트 시스템
선박 운항속도감속	√				
연료유변경	√		√	√	
축매제사용	√		√	√	
저감기사용	√		√	√	
자동접안시스템	√				
AMP	√				
클린십	√				
C/C작업대수 증대		√			
C/C성능제고		√			
멀티로드 스프레더		√			
신개념 C/C 개발		√			
장비성능제고			√	√	
시설배치재정립			√		
전기식TC			√		
사전예약제			√	√	
비피크인센티브			√		
에너지세이빙			√		
멀티차량			√	√	
빈이동최소화				√	
24시간 운영			√	√	√
적정시설규모					√
무정차시스템					√
분리게이트					√

주 : √는 적용 가능한 경우

제 4 장 친환경 항만운영기술 우선순위 및 타당성 분석

제4장에서는 친환경 항만운영기술의 적용을 위한 우선순위 및 타당성을 수행하기 위해서 친환경 항만운영기술의 분석방안을 수립한다. 그리고 전문가 의사결정시스템에 의한 우선순위 분석을 수행하여 이를 바탕으로 기술적용 타당성을 평가한다.

본 연구에서 각 대안들이 동일판단의 선상에서 평가되기에는 법률, 적용시점, 현재 적용정도, 적용 가능성, 초기 투입비용 및 효과 등 제약조건들이 달라서 어려움이 있다. 또한, 본 연구에서 다루고 있는 접안시스템, 안벽시스템, 야드시스템, 이송시스템 및 게이트시스템의 모든 대안들을 객관적으로 판단할 수 있는 설문대상자를 확보하는데 많은 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 친환경 항만운영기술의 우선순위를 분석하기 위해서 전문가에 의한 면담조사 방식으로 연구를 진행하도록 한다.

1. 기술대안 우선순위 분석

1) 우선순위 결정의 개요

본 연구에서는 기술대안의 우선순위를 선정하기 위해서 기술대안별로 단기, 중기, 장기적인 측면에서 추진단계를 구분하여 분석한다. 또한 시급성, 효과성, 적용성, 추진비용 등을 고려하여 기술대안의 타당성을 분석한다. 본 연구에서 도출되는 우선순위는 항만운영사, PA, 지방자치단체, 국가정책의 추진에 있어서 우선순위가 될 수 있다.

본 추진우선순위 분석을 위한 첫 번째 단계로 단기적인 측면은 기술대

안이 현재 도입 또는 적용하고 있거나 기술향상을 해야 하는 기술대안이다. 적용에 다른 제반 사전 추진단계 없이 기술대안의 도입만으로도 즉각적인 효과를 기대할 수 있는 것을 말한다. 중기적인 측면은 현재 도입하거나 추진하고 있지는 않은 대안이다. 그러나 기초 기반시설이나, 시스템으로 도입으로 추진 가능한 기술대안을 말한다. 정상적인 도입효과를 기대하기 위해서는 1년 정도 기간이 소요된다. 장기적인 측면은 항만에서 단독으로 추진하기 어려우며 추진을 위해서는 1~2년 이상의 도입전단계의 시간이 필요한 대안으로 정부, 항만공사, 지자체 등의 외부 지원이 절실히 필요한 대안이 여기에 속한다.

두 번째 단계로 기술대안의 시급성, 효과성, 적용성, 추진비용 등을 고려하여 단기, 중기, 장기 기술대안들에 대한 우선순위를 분석한다. 본 연구에서의 시급성은 온실가스의 배출규모가 크고, 적용 및 실행에 많은 시간이 소요되는 대안이 높은 시급성을 갖는다. 효과성은 온실가스의 배출규모 절감에 대한 효과성을 말한다. 적용성은 운영 및 기술적인 측면에서 온실가스 배출저감기술대안의 적용 용이성을 말한다.

2) 우선순위 분석

본 연구에서는 기술대안의 우선순위 분석을 위해서 전문가와의 개별면담을 통해서 우선순위를 분석하였다. 면담내용의 어려움을 고려하여 각 분야 경력 10년 이상의 전문가를 위주로 하였다. 전문가의 구성은 항만공사 2명, 항만운영사 3명, 장비업체 2명, 물류전문가 2명, 하역시스템전문가 2명으로 총 10명이다.

면담내용은 첫 번째로 적용의 기간을 구분하여 단기, 중기, 장기적인 기술대안 적용 단계를 구분한다. 두 번째로 각 단기, 중기, 장기별로 구분된 기술대안의 개별 우선순위를 분석한다.

(1) 적용 기간별 분류

본 연구에서는 기술대안별로 기간별 추진우선순위를 단기, 중기, 장기로 나누어서 분석한다. 기술대안들의 특성, 적용형태, 추진단계 등을 고려하여 각각의 기술대안들 즉, 선박운항속도감속, 연료유변경, 촉매제사용, 저감기사용, 자동접안시스템, AMP, 클린십, C/C작업대수 증대, C/C 성능제고, 시설배치재정립, 전기식TC, 사전예약제, 비피크인센티브, 에너지세이빙, 멀티차량, 빈이동최소화, 24시간운영, 적정시설규모, 무정차시스템, 분리게이트 등 23가지의 기술대안을 분석하면 다음과 같다.

전문가에 의한 우선순위분석 결과를 정리하면 <표 4-35>와 같다. 단기의 경우 선박운항속도감속, 연료유변경, 촉매제사용, 사전예약제, 비피크인센티브, 빈이동최소화, 24시간 운영 등이 선정되었다. 중기의 경우 저감기사용, 자동접안시스템, C/C성능제고, 멀티로드스프레더, 전기식TC, 에너지세이빙, 멀티차량 등이 선정되었다. 장기의 경우 AMP, 클린십, C/C 작업대수 증대, 신개념 C/C 개발, 시설배치재정립, 적정시설규모, 무정차시스템, 분리게이트 등이 선정되었다.

표 4-1 | 기술대안 적용 기간별 정리

구분	단기	중기	장기
선박 운항속도감속	√		
연료유변경	√		
촉매제사용	√		
저감기사용		√	
자동접안시스템		√	
AMP			√
클린십			√
C/C작업대수 증대			√
C/C성능제고		√	
멀티로드 스프레더		√	
신개념 C/C 개발			√

| 표 4-1 | 기술대안 적용 기간별 정리(계속)

구분	단기	중기	장기
장비성능제고		√	
시설배치재정립			√
전기식TC		√	
사전예약제	√		
비피크인센티브	√		
에너지세이빙		√	
멀티차량		√	
빈이동최소화	√		
24시간 운영	√		
적정시설규모			√
무정차시스템			√
분리게이트			√

(2) 기술대안별 우선순위 분석

23가지 기술대안에 대해서 시급성, 효과성, 적용성 측면에 대한 내용을 5점 척도로 구분하여 5(아주 높음), 4(높음), 3(보통), 2(낮음), 1(아주 낮음)로 분석하면 다음과 같다.

| 표 4-2 | 기술대안별 우선순위 분석

구분	시급성	효과성	적용성	합계
선박 운항속도감속	3	5	5	13
연료유변경	4	5	3	12
축매제사용	3	3	4	10
저감기사용	4	4	4	12
자동접안시스템	3	4	3	10
AMP	5	5	2	12
클린십	5	5	2	12
C/C작업대수 증대	2	3	2	7
C/C성능제고	2	3	3	8
멀티로드 스프레더	2	2	4	8

| 표 4-2 | 기술대안별 우선순위 분석(계속)

구분	시급성	효과성	적용성	합계
신개념 C/C 개발	3	4	1	8
장비성능제고	3	4	2	9
시설배치재정립	3	4	2	9
전기식TC	4	5	4	13
사전예약제	2	3	5	10
비피크인센티브	2	3	4	9
에너지세이빙	4	4	3	11
멀티차량	3	3	2	8
빈이동최소화	3	4	3	10
24시간 운영	3	3	3	9
적정시설규모	2	3	3	8
무정차시스템	2	2	2	6
분리게이트	2	1	2	5

주 : 5점 척도, 5(아주 높음), 4(높음), 3(보통), 2(낮음), 1(아주 낮음)

시급성에서는 AMP, 클린십이 가장 높은 점수를 획득하였으며, 효과성에서는 선박운항속도감속, 연료유변경, AMP, 클린십, 전기식TC가 가장 높은 점수를 획득하였다. 적용성에서는 선박운항속도감속, 사전예약제가 가장 높은 점수를 획득하였다. 이를 종합하여 정리하면 선박운항속도감속, 전기식TC가 가장 높은 점수를 획득하였으며, 연료유변경, 저감기사용, AMP, 클린십이 12점으로 두 번째로 높은 점수를 획득하였다.

(3) 우선순위 분석 정리

23가지 친환경 항만운영기술을 단기, 중기, 장기로 나누어서 분석하여 각각 기간별로 우선순위를 선정하였다.

| 표 4-3 | 기술대안 우선순위 종합정리

구분		직/간접	점수	우선순위
단기	선박운항속도감속	간접	13	1
	연료유변경	직접	12	2
	축매제사용	직접	10	3
	사전에약제	간접	10	3
	비피크인센티브	간접	9	4
	빈이동최소화	간접	10	3
	24시간운영	간접	9	4
중기	저감기사용	직접	12	2
	자동접안시스템	간접	10	4
	C/C성능제고	간접	8	6
	멀티로드스프레더	간접	8	6
	장비성능제고	간접	9	5
	전기식TC	직접	13	1
	에너지세이빙	직접	11	3
	멀티차량	간접	8	6
장기	AMP	직접	12	1
	클린십	직접	12	1
	C/C작업대수증대	간접	7	4
	신개념C/C개발	간접	8	3
	시설배치재정립	간접	9	2
	적정시설규모	간접	8	3
	무정차시스템	간접	6	5
	분리게이트	간접	5	6

또한, 기술대안의 적용특성을 고려하여 적용방식을 온실가스 배출근원에 직접 적용하는 방식과 생산성 향상 및 효율성 향상을 통해서 온실가스 배출을 저감하는 간접방식으로 구분하여 기술의 적용 시 직접적효과와 간접적효과를 구분하였다.

단기에 적용해야할 기술들의 우선순위는 간접적으로 온실가스저감효과를 갖는 선박운항속도감속 기술대안이 13점으로 1위, 직접적으로 온실가

스저감효과를 갖는 연료유변경 기술대안이 12점으로 2위를 차지했다. 중기에 적용해야할 기술들의 우선순위는 직접적으로 온실가스저감효과를 갖는 전기식TC 기술대안이 13점으로 1위, 직접적으로 온실가스저감효과를 갖는 저감기사용 기술대안이 12점으로 2위를 차지했다. 장기에 적용해야할 기술들의 우선순위는 직접적으로 온실가스저감효과를 갖는 AMP와 클린십 기술대안이 12점으로 1위, 간접적으로 온실가스저감효과를 갖는 시설배치재정립 기술대안이 9점으로 2위를 차지했다(<표 4-3>참조).

2. 기술대안 적용 적용성 검토

기술대안 적용 적용성 검토는 항만에서의 운영상태별로 발생하는 온실가스 배출패턴을 구분한다. 그리고 본 연구에서 대안으로 제시하고 있는 23가지 기술대안들이 온실가스 배출패턴과 일치하여 항만에서 온실가스 배출을 저감하거나 근본적으로 제거할 수 있는 기술임을 보여준다.

1) 온실가스 배출패턴

하역작업을 수행하는 동안 선박을 포함하는 하역장비의 온실가스배출에 대한 패턴을 분석해보면 다음과 같이 구분할 수 있다.

(1) 온실가스배출패턴 1 : 선박으로부터의 온실가스 배출

온실가스배출패턴 1의 경우 선박이 항계 내로의 진입에서부터 항만에 접안하여 안벽크레인으로부터 하역이 완료되어 항계를 떠나는 시점까지를 포함한다.

(2) 온실가스배출패턴 2 : 크레인에 의한 온실가스 배출

온실가스배출패턴 2의 경우 크레인이 컨테이너 취급작업 중에 발생하는 것으로 고정적인 온실가스배출이 발생하는 부분으로 고정비용 개념으로 적용되는 것이며, 야드크레인이 야드에서 장치장 작업을 위해 컨테이너 1단위(20피트 또는 40피트)를 취급할 때 사용되는 에너지 소비량으로 고정 위치에서 작업을 할 경우 고정적으로 발생하는 비용이며, 멀티스프레터를 사용하여 단위(TEU)당 배출되는 온실가스배출량을 절감할 수 있다.

(3) 온실가스배출패턴 3 : 야드트랙터 및 외부트럭의 이동 및 대기 시 온실가스 배출

온실가스배출패턴 3의 경우 야드트랙터 및 외부트럭이 안벽크레인 또는 야드크레인과의 연계작업을 위해 작업위치로의 이동 및 도착한 후 대기하는 동안에 배출되는 온실가스를 의미하며 이 유형에는 다음의 2가지 경우가 발생한다.

① 야드트럭 및 외부트럭의 에이프런으로의 이동 및 대기 온실가스 배출

야드트랙터 및 외부트럭이 안벽의 에이프런으로 이동하거나 도착한 후 안벽크레인이 작업진행 상태일 경우 대기상태에서 야드트랙터 및 외부트럭이 온실가스를 배출하거나 대기행렬에 따른 대기시간에 따라 비례적으로 증가하는 변동비용이다.

② 야드트랙터 및 외부트럭의 야드 대기 온실가스 배출

야드트랙터 및 외부트럭이 야드의 블록 내 작업베이에 야드크레인보다 먼저 도착하여 대기하는 경우에 발생하는 대기상태 온실가스 배출로 대기시간에 따라 비례적으로 증가하는 변동비용이다.

2) 온실가스배출 저감 기술대안 구분

친환경 항만운영기술대안을 사례별로 살펴본 결과 기술대안은 대안 영역별로 구분이 가능하며, 이를 컨테이너터미널의 하역단계에 따라 접안, 안벽, 이송, 야드, 게이트 등으로 구분하여 기술대안을 분류할 수 있다. 각각의 기술대안이 중복적으로 사용가능하므로 단기, 중기, 장기 그리고 접안, 안벽, 야드, 이송, 게이트시스템에 따라 적용 가능한 기술대안과 기간별 구분을 통하여 나누어보면 다음과 같이 분류가 가능하다(<표 4-4>참조).

| 표 4-4 | 온실가스배출 저감 기술대안 분류

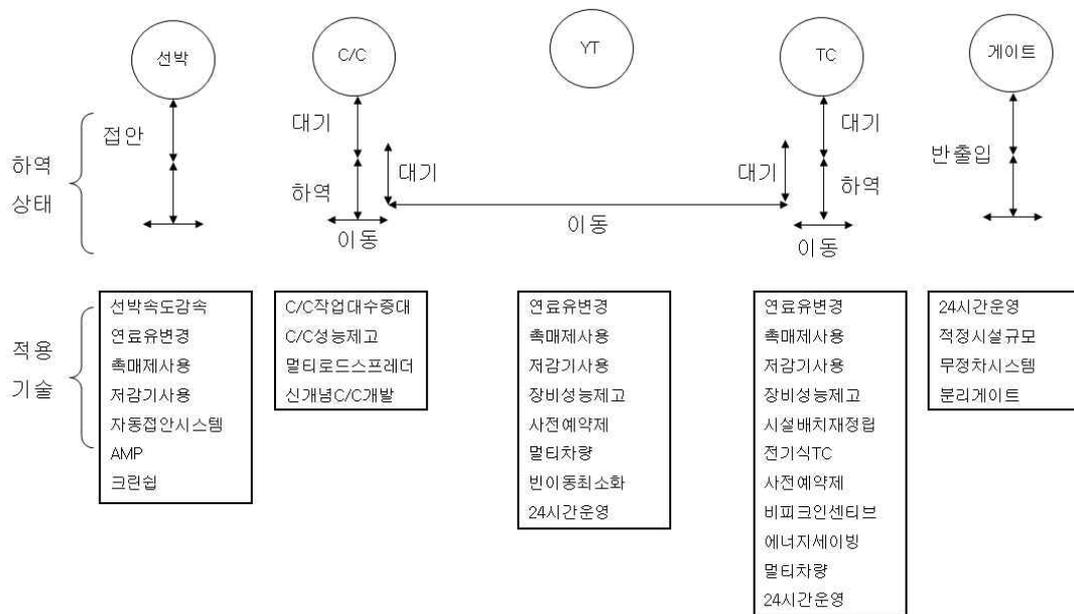
구분	단기	중기	장기
접안	선박운항속도감속(1) 연료유변경(2) 축매제사용(3)	저감기사용(1) 자동접안시스템(2)	AMP(1) 클린십(1)
안벽	-	C/C성능제고(1) 멀티로드 스프레더(1)	C/C작업대수증대(2) 신개념C/C개발(1)
야드	연료유변경(1) 축매제사용(2) 사전예약제(2) 비피크인센티브(3) 24시간운영(3)	저감기사용(2) 장비성능제고(4) 전기식TC(1) 에너지세이빙(3) 멀티차량(5)	시설배치재정립(1)
이송	연료유변경(1) 축매제사용(2) 사전예약제(2) 빈이동최소화(2) 24시간운영(3)	저감기사용(1) 장비성능제고(2) 멀티차량(3)	-
게이트	24시간운영(1)	-	적정시설규모(1) 무정차시스템(2) 분리게이트(3)

주 : ()는 우선순위

3) 친환경 항만운영기술 대안 적용성 검토

친환경 항만운영기술 적용을 위한 항만의 하역단계별 적용 가능한 기술대안을 그림으로 나타내면 <그림 4-1>과 같다. 선박의 경우 접안의 전후

단계에서의 온실가스배출저감을 위한 기술이 적용된다. 안벽의 경우 하역 작업의 생산성을 향상시켜서 간접적으로 배출가스를 저감하는 기술이 적용된다. 야드의 경우 직간접적으로 생산성을 향상시키거나 유류사용을 최소화하여 배출가스를 저감하기 위한 기술이 적용된다. 이송의 경우 생산성 향상 및 이동거리최소화 등의 직·간접 적용기술이 적용된다. 게이트의 경우 게이트에서의 체류시간 단축을 통해서 배출가스를 저감하는 기술 등이 적용된다.



| 그림 4-1 | 하역단계별 기술대안 적용구성도

기술대안의 적용을 위해 세부적으로 기술적적용성, 비용적용성, 기대 효과측면에서 친환경 항만운영기술 대안의 타당성 분석을 수행한다. 먼저, 기술적타당성 부분에서는 현재 신개념C/C의 경우 개발되어야 하는 기술대안이다. 그리고 클린십, C/C성능제고, 에너지세이빙, 빈이동최소화 및 무정차시스템의 경우 현재에도 적용은 가능하나 더 높은 생산성 및 기술적 수준을 높이기 위해서 연구가 진행되고 있다. 이외에 17개의 기술대안들은 현재 바로 적용이 가능한 기술수준을 가지고 있으며, 일부는 현재 적용되

어 사용되고 있으나, 지속적인 개선이 필요하다.

비용타당성의 경우 연료유변경, AMP 및 클린십이 아주 높음이다. 그리고 자동접안시스템, C/C작업대수증대, 신개념C/C개발, 시설배치재정립, 전기식TC 및 에너지세이빙이 높음이며 이외에 선박운항속도감속, 저감기사용 등이 중간이거나 낮음으로 분석되었다.

기대효과의 경우 많은 비용이 소요되는 연료유변경, AMP, 클린십 및 전기식TC가 아주 높음으로 분석되었다(<표 4-5>참조).

표 4-5 | 기술대안별 적용성 검토

구분	기술적	비용	기대효과	비고
선박 운항속도감속	용이	낮음	중간	-
연료유변경	용이	아주 높음	아주 높음	효과분석
축매제사용	용이	낮음	낮음	-
저감기사용	용이	중간	중간	-
자동접안시스템	용이	높음	높음	-
AMP	용이	아주 높음	아주 높음	효과분석
클린십	진행	아주 높음	아주 높음	-
C/C작업대수 증대	용이	높음	낮음	-
C/C성능제고	진행	중간	낮음	-
멀티로드 스프레더	용이	낮음	낮음	-
신개념 C/C 개발	개발	높음	중간	-
장비성능제고	용이	중간	낮음	-
시설배치재정립	용이	높음	중간	-
전기식TC	용이	높음	아주 높음	-
사전예약제	용이	낮음	낮음	-
비피크인센티브	용이	낮음	낮음	-
에너지세이빙	진행	높음	높음	-
멀티차량	용이	중간	낮음	-
빈이동최소화	진행	중간	중간	-
24시간 운영	용이	낮음	낮음	-
적정시설규모	용이	낮음	낮음	-
무정차시스템	진행	중간	중간	-
분리게이트	용이	중간	중간	-

제 5 장 친환경 항만운영기술 적용 효과분석

제5장에서는 앞서 제시된 친환경 항만운영기술 중 몇 개 대안을 선정하여 그 기대효과를 정량적으로 분석한다. 현재 항만에서 오염원을 가장 많이 발생시키는 원인에 대해 이를 근본적으로 제거할 수 있는 항만운영기술을 선정하여 거시적인 측면에서 정량적인 분석을 수행한다.

1. 대안 선정

항만환경을 오염시키는 방출원은 크게 항만의 외부요소와 내부요소로 구분할 수 있다. 외부요소로는 선박과 반출입 차량이며, 내부요소는 항만의 각종 하역장비를 말한다. 이들 내외부요소에 의해 발생하는 항만 내 유해물질의 비중은 LA항의 보고서에 따르면 선박에서 발생하는 비중이 가장 큰 것으로 나타나고 있다.

| 표 5-1 | 항만 유해물질 방출원별 비중

(단위 : %)

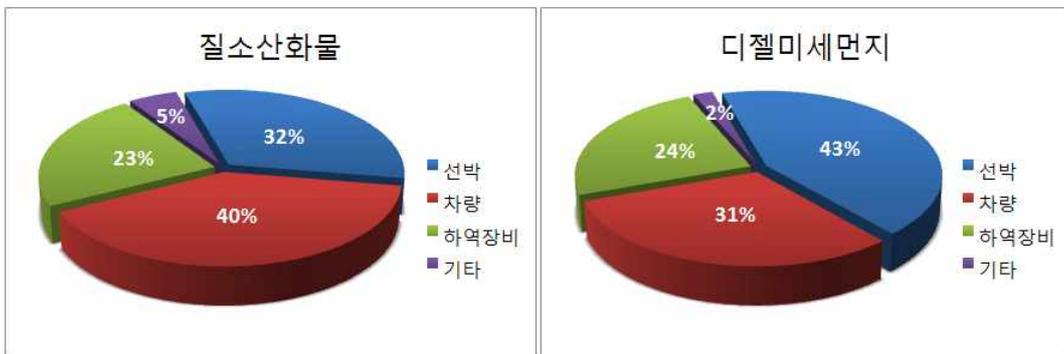
구분	선박	차량	하역장비	기타	합계
질소산화물	32.0	40.0	23.0	5.0	100.0
디젤미세먼지	43.0	31.0	25.0	1.0	100.0
전체비율	37.5	35.5	24.0	3.0	100.0

자료 : “LA/LB 청정대기행동계획 보고서”

질소산화물과 디젤 미세먼지의 발생률을 보면, 우선 질소산화물의 경우 차량(40%), 선박(32%), 하역장비(23%)순으로 비중이 높게 나타난다. 디젤 미세먼지의 경우에는 선박(43%), 차량(31%), 하역장비(25%)순으로 비중을 차지하는 것으로 나타난다. 두 가지 항목을 종합하면 항만 내 유해물질

의 방출비중은 선박(37.5%)이 가장 높은 것으로 산출되며 다음으로 차량 (35.5%), 하역장비(23.5%), 기타(5%)의 순을 가지는 것으로 정리된다.

이렇듯 항만 내에서 유해물질의 대부분은 주 대상인 선박과 외부차량에 의해 발생되고 있으며, 이들은 항만에서 방출되는 전체 유해물질의 73%에 이른다. 따라서 친환경 항만운영기술 개발에 있어서도 방출비중이 높은 선박과 차량에 관련한 기술을 우선적으로 도입하는 방안이 필요하다.²⁸⁾



| 그림 5-1 | LA/LB 항만 유해물질 방출원별 비중

AMP기술에 대해서는 선박접안실적을 토대로 전력공급량을 예측해 볼 수 있다. 또한, 이를 기초로 전력공급시설규모에 따른 서비스율로 유해물질의 감소효과를 가늠해 볼 수 있다. 차량의 경우에는 연료유 변경 기술을 적용함으로써 유해물질 감소효과를 분석해 볼 수 있다.

본 연구에서는 선박과 관련한 친환경 기술에 대해서는 국내 터미널의 운영실적을 토대로 전력량 구축규모를 산출해보며, 차량에 관련한 친환경 기술에 대해서는 연료유 변경 대안에 대해서 터미널의 내부이송차량과 반출입 외부차량에 대해 도입효과를 비교해 본다.

28) 하역장비의 경우에 C/C의 경우 이미 전기구동식으로 장비가 운용되고 있기 때문에 유해물질 방출과는 무관하며, 야드크레인인 RTGC의 경우에도 기존 유류식구동에서 효과가 상당 부분 검증된 전기구동식의 전환이 진행 중에 있는 상황이다.

2. 친환경 항만운영기술 도입 효과

1) AMP기술

AMP기술을 도입하기 위해서는 우선 선박에 공급할 필요전력량을 산출해야 하며 이를 기준으로 기존 터미널에 설비되어있는 전력시설을 확충해야 한다. 일반적으로 전력공급시설의 규모에 따라 선박전기공급서비스율은 달라질 수 있다. 만약, 터미널에 접안하는 모든 선박에 대해 전기를 공급하는 것을 목표로 삼을 경우에는 최대접안 가능한 선박의 규모를 기준으로 전력시설을 갖추어야 할 것이다. 그러나 이 경우에는 상당한 규모의 전력시설구축이 필요할 뿐 아니라 설비 과잉현상이 발생할 여지가 높다.

이러한 점을 감안하면 터미널 선박에 전기를 공급하는 전력시설의 규모는 해당 터미널의 선박접안실적과 전력시설공급량에 따른 실제 공급서비스율을 고려하여 그 규모가 결정되어야 할 필요가 있다. 본 장에서는 국내 주요터미널을 대상으로 선박접안실적분석을 통해 선석에 접안하는 선박의 규모를 시간대별로 산출하고 이를 기초로 전력시설구축규모에 따른 전기공급서비스 수준을 측정해 보았다.

(1) 선박접안실적 분석

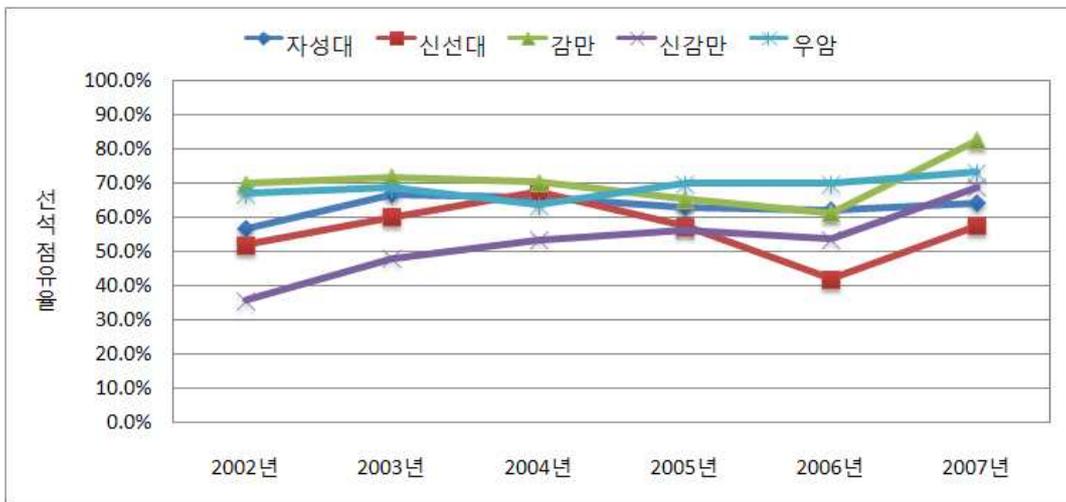
육상전기는 선박이 선석에 접안하여 이안할 때까지 공급되므로 선박의 접안실적 분석을 통해 필요한 전기공급량을 산출할 수 있다. 단편적인 관점에서 보면 선박접안실적은 해당 터미널의 선석점유율 통해 그 수준을 계략적으로 가늠해 볼 수 있다.

국내 부산항의 경우에 지난 2002~2007년간 각 터미널들은 70% 이하의 선석점유율을 기록하였다(<표 5-2>, <그림 5-2>참조).

| 표 5-2 | 국내 부산항 연도별 선석점유율

구 분	선석점유율(%)						
	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	평균
자성대	56.8	66.8	66.1	63.2	62.3	64.3	63.3
신선대	52.1	60.4	67.8	57.5	42.1	57.8	56.3
감만	70.1	71.8	70.5	65.5	61.4	82.7	70.3
신감만	35.9	48.2	53.5	56.4	53.8	68.9	52.8
우암	67.2	68.7	63.7	70.0	70.0	73.3	68.8

주 : 2007년도 선석점유율은 총접안시간과 가용시간을 토대로 계산한 추정치임
 자료 : 부산항만공사, "컨테이너화물 유통추이 및 분석", 2007.



| 그림 5-2 | 국내 부산항 연도별 선석점유율

이들 선석점유율은 터미널마다 서로 다른 수치를 보이고 있는데, 선석 점유율이 동일한 수준이라 하더라도 실제 선박의 접안상태는 기간마다 상이하다.²⁹⁾ 이는 선석점유율이 일정기간 동안의 선석의 총가용가능한 시간과 총접안한 시간을 토대로 작성된 것이기 때문에 선석점유율이 동일하더

29) 예를 들면, 특정기간동안 동일한 규모와 작업물량을 적재한 10척의 선박이 접안하였을 경우 A터미널의 선석접안은 (1)→(2,3,4,5)→(6)→(7,8,9,10)이고 B터미널이 (1)→(2,3)→(4,5,6)→(7,8,9)→(10)의 입항스케줄로 접안한 경우 두 터미널의 선석점유율은 같게 되지만 선석의 접안상태는 서로 상이하다.

라도 일정기간 실제 선석의 점유상태는 다르다고 할 수 있다. 이는 선석의 점유상태가 특정시점마다 0~100%의 값의 편차구간을 가지기 때문에 선박 전기공급 측면에서 동일한 전력시설을 구비하고 있더라도 실제 서비스율은 달라질 수 있음을 나타낸다고 할 수 있다.³⁰⁾

부산항의 대형 터미널인 신선대부두의 경우 지난 6년간 선박입항실적에서 선박의 동시에 접안상태는 접안척수기준 2~3대인 경우가 전체의 50% 이상의 빈도를 차지하였다. 1대와 4대인 경우는 35%, 선박이 전혀 접안하지 않는 선석유휴상태의 경우에도 전체 접안가능한시간의 8.5%의 빈도를 보이는 것으로 나타났다(<표 5-3>, <그림 5-3>참조).

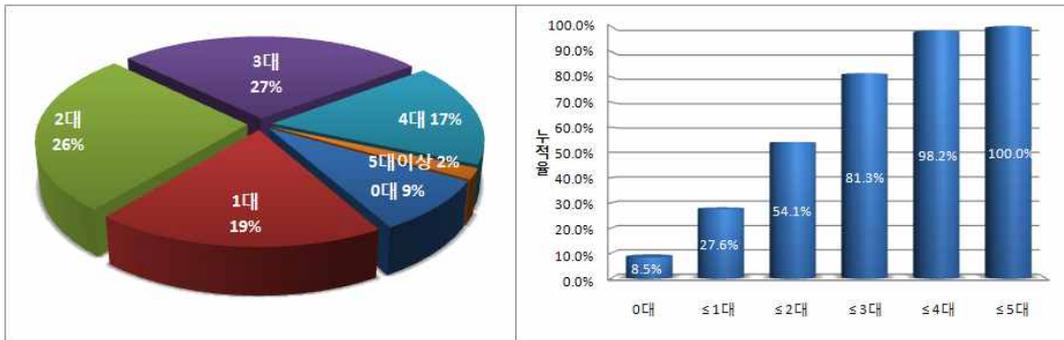
| 표 5-3 | 신선대부두 연도별 접안선박의 대수별 빈도

접안 선박대수	점유율(%)							누적률
	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	평균	
0대	11.9	10.0	4.9	6.3	9.6	8.4	8.5	8.5
1대	20.5	16.1	13.9	19.5	24.4	20.1	19.1	27.6
2대	23.8	25.7	27.7	28.7	27.4	25.5	26.5	54.1
3대	24.9	27.9	32.4	30.5	22.1	25.9	27.3	81.3
4대	18.4	19.7	20.3	14.4	13.0	15.4	16.9	98.2
5대이상	0.6	0.6	0.8	0.6	3.5	4.6	1.8	100.0

주 : 신선대의 경우 2006년에 5번 선석이 개장

자료 : 터미널 내부자료 참조

30) 앞 주석의 예를 바탕으로 A, B 터미널에 대해 2척이 동시접안할 경우에 필요한 전력공급 시설을 충분히 갖춘 경우라면 최종 전기공급서비스율은 A터미널(60%), B터미널(80%)가 되었고, 또한 3척이 동시접안한 경우나 필요한 전력공급시설을 갖춘 경우에는 A터미널(80%), B터미널(100%)가 되었다. 따라서 서비스 목표치를 80%로 잡는다면 A터미널의 경우에는 3척 동시접안시를 감안한 전력공급시설을, B터미널의 경우에는 2척 동시접안시를 감안한 전력공급시설을 확보하는 것이 효과적인 방안이 될 수 있다.



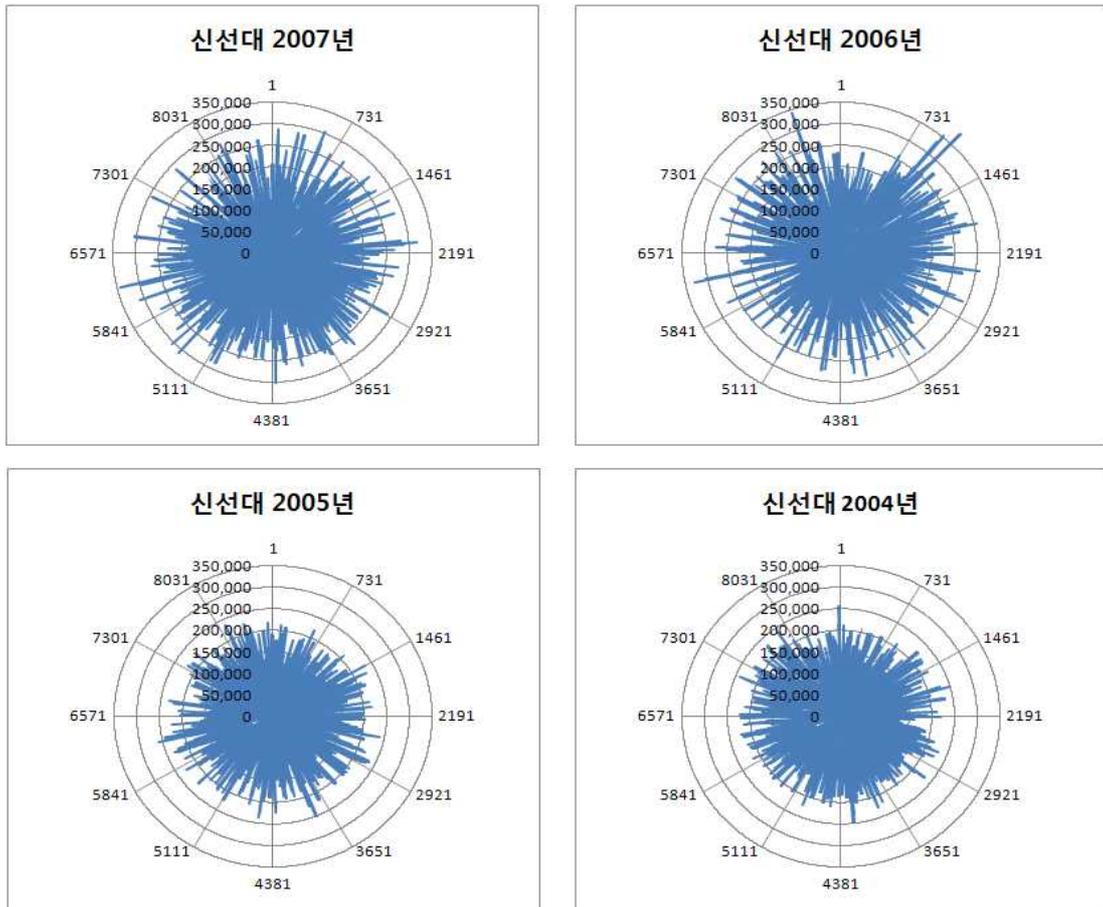
【그림 5-3】 신선대부두 접안선박 대수별 비중 및 누적률

접안선박의 대수별 빈도율을 누적하여 계산해 보면 0대(8.52%), 0~1대 (27.6%), 0~2대(54.1%), 0~3대(81.3%), 0~4대(98.2%)로 계산되고, 1년 중 동시 접안상태가 3대 이하인 경우는 전체의 81%의 빈도를 차지하는 것으로 나타났다(<표 5-3>참조).

2004~2007년 동안 신선대터미널의 선석 접안상태를 선박총톤수 기준으로 환산해보면, 접안선박의 총톤수 합계가 5만 톤급 이하인 경우가 19.4%로 가장 높은 비율을 보인다. 또한, 5만~8만 톤 16.0%, 8만~11만 톤 16.2%, 11만~14만 톤 15.5%, 14만~17만 톤 13.3%, 17만~20만 톤 10.2%, 20만 톤 이상이 9.4%인 것으로 나타난다. 특히, 20만 톤 이상의 점유상태는 지난 4년간 매년 증가하는 현상을 보이고 있다(<그림 5-4>참조).

【표 5-4】 신선대부두 연도별 접안선박 총톤수 비율

접안선박 총톤수합	점유율(단위: %)					
	2004년	2005년	2006년	2007년	평균	누적률
0~5만 톤	16.0	18.7	22.6	20.4	19.4	19.4
5~8만 톤	16.5	16.7	16.1	14.6	16.0	35.4
8~11만 톤	15.2	17.5	16.7	15.3	16.2	51.6
11~14만 톤	18.9	19.5	12.4	11.3	15.5	67.1
14~17만 톤	16.4	12.4	11.6	13.0	13.3	80.4
17~20만 톤	11.6	9.8	8.6	10.7	10.2	90.6
20만 톤 이상	5.4	5.3	11.9	14.7	9.4	100.0



| 그림 5-4 | 신선대부두 접안선박 총톤수 분포도(2004~2007년)

신선대보다 연간처리물량에서 1/4규모인 우암부두의 경우는 2007년도에 선석접안상태가 0대(15.2%), 1대(41.8%), 2대(43.0%)로 나타났다. 접안상태를 총톤수 기준으로 환산하면 0~1만 톤(49.3%)이 가장 높은 비율을 보이는 것으로 나타났으며, 전체의 90%이상이 2만 톤급 이하의 선박접안실적을 보이는 것으로 분석되었다(<표 5-5>, <표 5-6>참조).

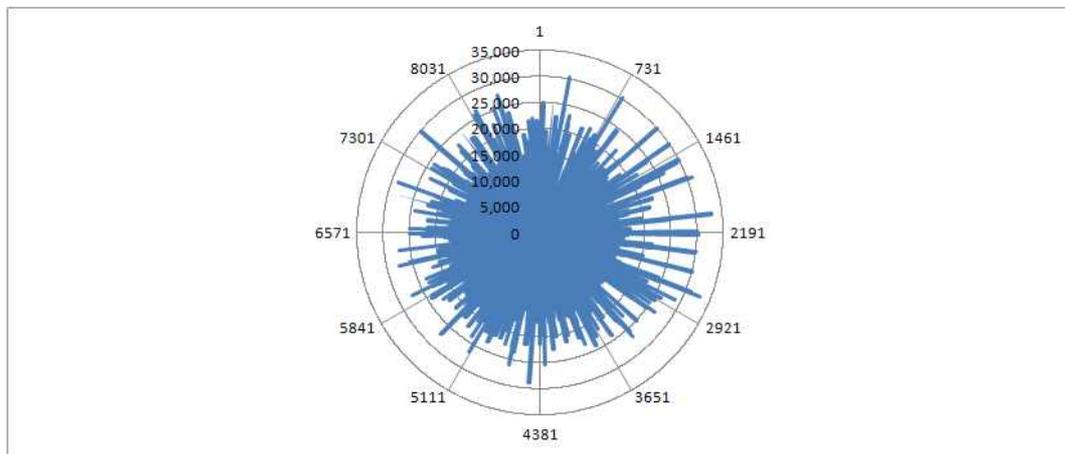
| 표 5-5 | 우암부두 접안선박의 대수별 빈도

구분	2007년 접안선박대수		
	0대	1대	2대
점유율	15.2%	41.8%	43.0%
누적율	15.2%	57.0%	100.0%

자료 : 터미널 내부자료 참조

【 표 5-6 】 우암부두 접안선박 총톤수 비율(2007년)

접안선박 총톤수합	점유율(단위: %)	
	점유율	누적율
0만 ~ 1만 톤	49.3	49.3
1.0만 ~ 1.3만 톤	5.1	54.5
1.3만 ~ 1.6만 톤	19.5	73.9
1.6만 ~ 1.9만 톤	11.9	85.9
1.9만 ~ 2.2만 톤	6.7	92.6
2.2만 ~ 2.5만 톤	3.8	96.4
2.5만 톤이상	3.6	100.0



【 그림 5-5 】 우암부두 접안선박 총톤수 분포도(2007년)

(2) 전력량 산출

선박접안실적을 토대로 터미널에 필요한 전력량과 전력량 구축규모에 따른 선박전기공급 서비스수준을 산출해 보았다. 선박전기공급 서비스 수준은 선박접안시 발생하는 유해물질의 절감효과로 서비스율이 높을수록 선박에 의한 항만대기오염 해소가 크다고 할 수 있다. 따라서 선석접안시 선박이 필요로 하는 전력량은 선박의 규모에 따라 달라지며, 선박규모를 대표하는 것은 선박의 총톤수이다. 따라서 선박 톤수 단위의 전력사용량을 먼저 산출할 필요가 있다(<표 5-7>참조).

| 표 5-7 | 선형별 전력요구량(예측치)

선형	전력량(단위: kva)		
	선내수용시설	냉동	합계
1,000TEU급	241	500	741
2,000TEU급	482	1,000	1,482
3,000TEU급	723	1,500	2,223
4,000TEU급	759	2,000	2,759
5,000TEU급	795	2,500	3,295
6,000TEU급	1,030	3,000	4,030
7,000TEU급	1,265	3,500	4,765
8,000TEU급	1,500	4,000	5,500
9,000TEU급	1,500	4,500	6,000
10,000TEU급	1,500	5,000	6,500
12,000TEU급	1,750	6,000	7,750

자료 : 부산항만공사 조사자료 참조

선박에서는 크게 선내 수용시설(주전원, 선실, 기타 편의시설 등) 사용과 냉동컨테이너의 온도유지에 전력이 사용되며 선형별로 수용시설의 규모와 냉동컨테이너 공간에 차이가 있기 때문에 필요전력량도 달라진다(<표 5-8> 참조).

| 표 5-8 | 선박톤수별 전력요구량(예측치)

구분	전력량(단위 : kva)			TEU
	선내수용시설	냉동	합계	
1만 톤	168	447	614	894
2만 톤	335	894	1,229	1,787
3만 톤	503	1,340	1,843	2,681
4만 톤	670	1,787	2,458	3,575
5만 톤	838	2,234	3,072	4,468
6만 톤	1,005	2,681	3,686	5,362
7만 톤	1,173	3,128	4,301	6,256
8만 톤	1,340	3,575	4,915	7,149

| 표 5-8 | 선박톤수별 전력요구량(예측치)(계속)

구분	전력량(단위 : kva)			TEU
	선내수용시설	냉동	합계	
9만 톤	1,508	4,021	5,530	8,043
10만 톤	1,676	4,468	6,144	8,937
11만 톤	1,843	4,915	6,758	9,830
12만 톤	2,011	5,362	7,373	10,724
13만 톤	2,178	5,809	7,987	11,618
14만 톤	2,346	6,256	8,601	12,511
15만 톤	2,513	6,702	9,216	13,405
16만 톤	2,681	7,149	9,830	14,299
17만 톤	2,849	7,596	10,445	15,192
18만 톤	3,016	8,043	11,059	16,086
19만 톤	3,184	8,490	11,673	16,979
20만 톤	3,351	8,937	12,288	17,873

조사된 자료에 의하면 8천 TEU급 컨테이너선박의 경우 선내수용시설 용으로 1,500kva의 전기가 사용되며, 냉동컨테이너의 관리에 4,000kva가 소요되는 것으로 나타났다.³¹⁾ 냉동컨테이너의 경우 선박의 규모에 따라 적재 공간에 다소 차이가 있으나, 대부분 최대적재공간의 8%정도의 장치공간을 가지고 있다.³²⁾

이 값을 기준으로 기타선형에 대해서도 전력량을 산정해보면 3천 TEU급(2,223kva), 4천 TEU급(2,759kva), 5천 TEU급(3,295kva), 6천 TEU급(4,030kva), 7천 TEU급(4,765kva)이 소요되며, 8천 TEU급 이상의 경우 6,000~7,750kva의 전력이 사용되는 것으로 계산된다(<표 5-7>참조).

31) 부산항만공사(BPA)가 현대중공업, 삼성중공업, 대우조선해양 등을 대상으로 조사한 결과 8,000TEU급 컨테이너선의 경우 선내자체전력에 1,500kva, 냉동컨테이너 전력에 총 4,000kva가 소요되는 것으로 분석하였다.

32) 8천 TEU급 선박의 경우 평균 697TEU의 냉동컨테이너 장치셀이 설계되어 있다.

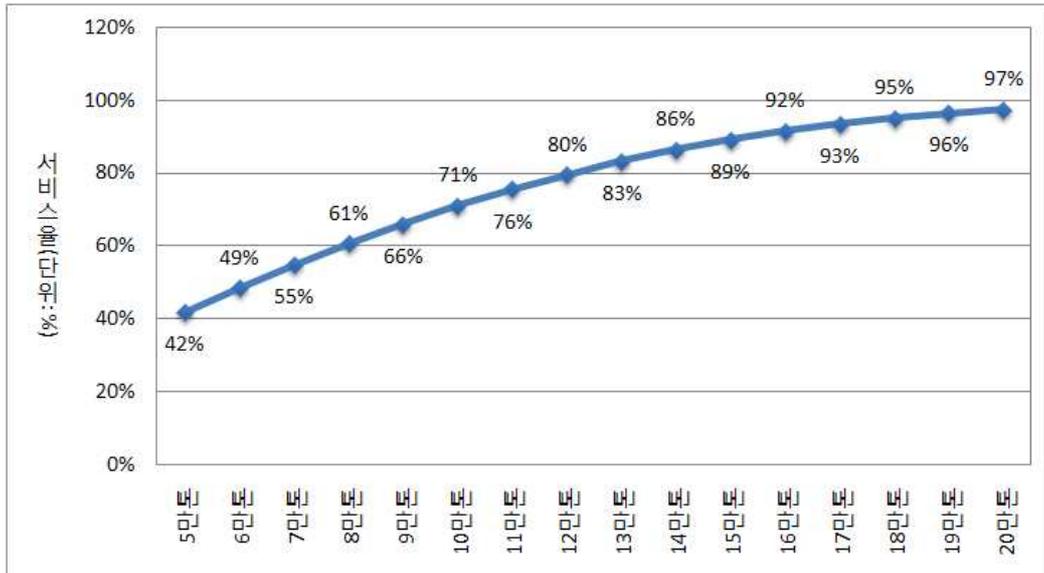
| 표 5-9 | 신선대부두 전기공급규모별 선박서비스율

전력시설 수용능력	서비스율(단위: %)					전력용량 (kva)
	2004년	2005년	2006년	2007년	평균	
5만 톤	41.6	43.8	42.0	39.6	41.8	3,072
6만 톤	48.6	51.0	48.5	45.9	48.5	3,686
7만 톤	55.3	57.7	54.5	51.7	54.8	4,301
8만 톤	61.5	63.9	60.0	57.2	60.6	4,915
9만 톤	67.1	69.6	65.1	62.3	66.0	5,530
10만 톤	72.4	74.7	69.8	67.1	71.0	6,144
11만 톤	77.4	79.3	73.9	71.4	75.5	6,758
12만 톤	81.7	83.4	77.7	75.3	79.5	7,373
13만 톤	85.7	87.0	81.1	78.9	83.2	7,987
14만 톤	89.1	90.0	84.2	82.3	86.4	8,601
15만 톤	91.8	92.4	86.9	85.3	89.1	9,216
16만 톤	94.1	94.4	89.3	88.0	91.5	9,830
17만 톤	96.0	96.0	91.4	90.4	93.4	10,445
18만 톤	97.4	97.3	93.1	92.4	95.1	11,059
19만 톤	98.4	98.4	94.6	94.1	96.4	11,673
20만 톤	99.2	99.1	95.8	95.5	97.4	12,288

이를 선박톤수별로 산정하면 1만 톤급(894TEU) 선박의 경우 614kva, 5만 톤급(4,468TEU)은 3,072kva의 전기가 필요하며, 접안선박의 총톤수 합계가 10만 톤인 경우 6,144kva, 20만 톤인 경우 12,288kva의 전력이 필요한 것으로 계산된다.

이러한 값을 기준으로 선박접안시 전기공급서비스율을 산정해보면, 5만 톤급 규모의 선박에 공급 가능한 전기시설(4,461kva)을 구축하면 선박 전기공급서비스율은 신선대터미널의 경우 4년간 평균실적에서 선박의 총 접안시간 동안 약 41.8%에 해당하는 시간동안 전기를 공급할 수 있는 수준에 이르는 것으로 나타났다. 마찬가지로 전력시설용량을 증가시킬 경우 전기공급서비스 수준은 10만 톤(71.0%), 15만 톤(89.1%), 20만 톤(97.4%)의 제공능력을 가지는 것으로 분석되며 선박규모별로 그래프를 도출해보면 5만

톤~20만 톤까지 42%에서 97%까지 완만한 서비스증가율을 보이는 것을 알 수 있다(<그림 5-6>참조).

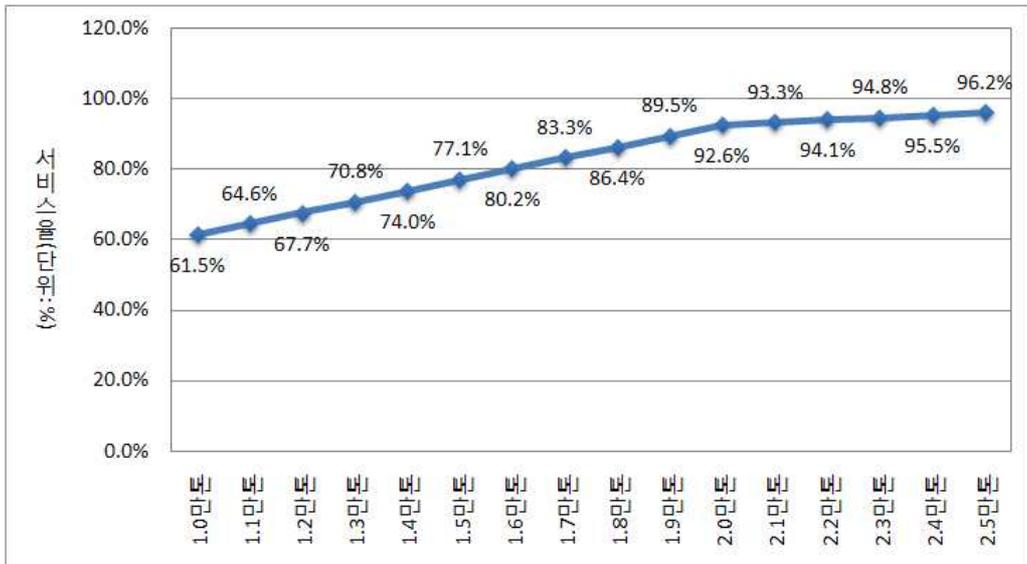


| 그림 5-6 | 신선대부두 전기공급규모별 선박서비스율 (예측치)

신선대에 비해 규모가 1/4인 우암부두의 경우에도 동일한 방법으로 전력시설규모별 선박전기서비스율을 산정해보면 2004년 운영실적에서 1만 톤급 선박에 대한 전력시설 구축 시 61.5%의 서비스율을 나타내는 것으로 나타났다. 특히, 2만 톤급 이상의 전력시설을 구비할 경우에는 시설구축대비 서비스율이 체감하는 현상이 일부 보이는 것으로 나타났다(<표 5-10>참조).

| 표 5-10 | 우암부두 전기공급규모별 선박서비스율 (2004년)

전력시설 수용능력	서비스율 (단위: %)	전력용량 (kva)	전력시설 수용능력	서비스율 (단위: %)	전력용량 (kva)
1.0만 톤	61.5	614	1.8만 톤	86.4	1,106
1.1만 톤	64.6	676	1.9만 톤	89.5	1,167
1.2만 톤	67.7	737	2.0만 톤	92.6	1,229
1.3만 톤	70.8	799	2.1만 톤	93.3	1,290
1.4만 톤	74.0	860	2.2만 톤	94.1	1,352
1.5만 톤	77.1	955	2.3만 톤	94.8	1,413
1.6만 톤	80.2	983	2.4만 톤	95.5	1,475
1.7만 톤	83.3	1,044	2.5만 톤	96.2	1,536



| 그림 5-7 | 우암부두 전기공급규모별 선박서비스율(예측치)

(3) 전력시설 구축

터미널에서는 하역장비, 운영건물, 유지보수시설을 운용하는데 전기가 사용되며, 냉동컨테이너 보관에도 많은 양의 전기를 사용한다. 이를 위해 터미널에서는 연간처리물량에 비례하여 일정규모의 변전시설을 구비하고 있다.

| 표 5-11 | 부산·부산신항 운영사별 전력시설 현황

구분	접안규모	기존전력규모	단위선석 당 전력규모	비고
신선대	5만 톤급 5선석	14,000(kva)	2,800(kva)	5.0선석
감만	5만 톤급 4선석	10,000(kva)	2,500(kva)	4.0선석
자성대	5만 톤급 4선석 1만 톤급 1선석	10,000(kva)	2,380(kva)	4.5선석
신감만	5만 톤급 2선석 5천톤급 1선석	6,000(kva)	2,857(kva)	2.5선석
우암	2만 톤급 1척 5천톤급 1척	3,000(kva)	2,000(kva)	1.5선석
부산신항 2-1단계	5만 톤급 2척 2만 톤급 2척	18,000(kva)	6,000(kva)	3.0선석
부산신항 2-2단계	5만 톤급 2척 2만 톤급 2척	18,000(kva)	6,000(kva)	3.0선석

자료 : 부산항만공사

<표 5-31>은 부산항의 주요터미널별 전력시설규모를 정리한 것으로, 신선대(14,000kva), 감만(10,000kva), 자성대(10,000kva), 신감만(6,000kva), 우암(3,000kva)의 기본 전력공급시설을 갖추고 있다. 전력공급시설의 규모는 터미널의 연간처리물량에 준하여 설정된 것으로 기본적인 터미널 업무를 처리하는데 무난한 수준이며 현 설계규모에서 지난 수년간 운영이 되어왔다. 최근에는 장치장의 장비를 전기식으로 전환하면서 전력부족 현상이 일부 발생하고 있어 시설확충의 필요성이 높아지고 있다. 부산신항의 경우에는 유류를 사용하는 기존 RTGC 도입추세에서 전기를 사용하는 RMGC를 야드장비로 채택하여 기존터미널보다 더 많은 전력시설을 가진 터미널로 설계·운영되고 있다.

여기에 육상전기를 선박에 공급하기 위한 운영기술의 접목이 시도되면서 추가전력의 필요성이 제기되었다. 부산신항 2-1, 2-2단계에서 육상전기 공급을 염두에 두고 추가전력을 산정하여 전력공급시설용량을 기존보다 높게 설정하여 시공하였다³³⁾(<표 5-12>참조).

표 5-12 | 부산신항 전력시설 현황

구분	접안규모	전력규모		
		기존	육상전기용	합계
부산신항 2-1단계	5만 톤급 2척 2만 톤급 2척	18,000(kva)	10,440(kva)	28,440(kva)
부산신항 2-2단계	5만 톤급 2척 2만 톤급 2척	18,000(kva)	10,440(kva)	28,440(kva)

자료 : 부산항만공사

설계된 육상전기용 전력규모는 기존전력량을 제외한 10,440kva로 이는 앞서 분석한 선박톤수별 전력요구량(예측치)에 맞추어보면 접안선박의 총 톤수 합계가 17만 톤에 해당한다. 이를 TEU로 환산하면 1만5천 TEU급에

33) 부산항만공사(BPA)가 육상전력 공급시설 구축과 관련하여 부산 2-1, 2-2단계의 전력시설 용량을 모두 2만8440kva로 시공하였다.

해당한다. 따라서 8천 TEU급 2대 또는 5천 TEU급 3대가 동시 접안한 경우에도 모두 선박전기공급이 가능한 수준이라 할 수 있다.³⁴⁾

앞서 보았듯이 부산신항과 달리 부산북항에 위치한 터미널들은 선박전기공급기술개발 이전에 설계된 터미널들로 선박에 전기를 공급하기 위한 변전시설용량을 갖추고 있지 않다. 그러므로 선박전기공급서비스를 제공하기에는 현재로서는 부족한 실정이며, 향후 선박전기공급서비스를 제공하기 위해서는 적정규모의 전력용량을 산정할 필요가 있다. 이를 위해 앞서 분석한 신선대와 우암의 결과를 토대로 부산항의 터미널별로 선박전기공급 서비스율을 고려한 전력시설 구축규모를 산정해 보았다.

우선 대형터미널인 신선대의 경우 지난 4년간 선박의 평균 총톤수는 37,818톤(3,377TEU)으로 가장 큰 선형을 보였으며, 소형터미널인 우암의 경우에는 평균 9,541톤(852TEU)로 가장 작은 선형의 선박이 입항하였다(<표 5-13>참조).

| 표 5-13 | 부산항 주요터미널별 평균선형규모

전력시설 수용능력	평균선형규모(톤수, TEU)				
	2004년	2006년	2006년	2007년	평균
자성대	21,972 (1,962)	21,839 (1,950)	24,508 (2,188)	24,728 (2,208)	23,262 (2,077)
신선대	34,831 (3,110)	37,811 (3,376)	39,499 (3,527)	39,129 (3,494)	37,818 (3,377)
감만	32,403 (2,893)	33,757 (3,014)	37,957 (3,389)	38,190 (3,410)	35,577 (3,177)
신감만	19,434 (1,735)	22,487 (2,008)	21,174 (1,891)	20,768 (1,854)	20,966 (1,872)
우암	10,419 (930)	10,312 (921)	9,175 (819)	8,260 (737)	9,541 (851)

주 : ()안은 TEU로 환산한 값임

34) 3선석으로 운영되는 점을 감안하면 선박전기공급 서비스율은 100% 수준이라고 볼 수 있다. 보통 터미널에 전기를 공급하는 변전시설의 경우 초기 설계용량에 맞추어 시공되며 추후 증설에 따른 추가 비용발생 등을 감안하면 선박전기공급을 위한 설계용량을 사전에 충분한 규모로 설계하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

이를 신선대의 운영선석(4.5선석)에 선박의 평균총톤수를 곱하여 계산하면 선석에 접안한 선박들의 총톤수 합계의 평균은 약 17만179톤이 된다.³⁵⁾ 이 값을 앞서 분석된 전력량 산출결과에 대입하면 17만179톤 규모의 전력시설(10,455kva)을 구비하면 선박의 전기공급서비스율은 평균 90%이상의 서비스 능력을 가진 수준이라고 할 수 있다.

이와는 달리 소형터미널인 우암터미널의 경우 90% 서비스율을 위해서는 앞서 분석된 결과에서 서비스 총톤수 목표값은 2만 톤이 되어야 한다. 그러나 평균총톤수와 운영선석수를 기준으로 서비스 총톤수를 산정하면 평균톤수 9,541톤에 운영선석 1.5선석을 적용하면 최종 서비스총톤수는 1만 4,312톤으로 계산되어 실제 분석결과의 서비스 총톤수인 2만 톤과 1:1.4의 비율차를 보이는 특징을 보인다.

상위와 같은 방법으로 기타 터미널의 90%서비스 수준목표치를 대상으로 전력규모를 산정해보면 대형터미널인 자성대의 경우 10만 4678톤 서비스에 약 6,431(kva)의 전력이, 감만의 경우 14만 2,307톤 서비스에 8,743(kva)의 전력시설이 요구된다(<표 5-14> 참조).

표 5-14 | 부산항 대형터미널 전력시설 적정규모(예측치)

구분	운영실적 선석수	서비스 총톤수	전력시설 구축규모	서비스 목표수준
신선대	4.5선석	17만 179톤	10,451(kva)	90%
감만	4.0선석	14만 2307톤	8,743(kva)	
자성대	4.5선석	10만 4678톤	6,431(kva)	
신감만	1안	5만 2414톤	3,220(kva)	
	2안	7만 3300톤	4,508(kva)	
	평균	-	3,864(kva)	
우암	1.5선석	2만 톤	1,229(kva)	
총합계	17선석	-	30,718(kva)	

35) 신선대의 경우 2004년~2007간 운영에서 2004년~2005년에 4선석을, 2006년~2007년에 5선석을 운영하여 평균 연간 4.5선석을 운영한 것으로 간주하였다.

이와 달리 운영선석 규모가 중형(2.5선석)인 신감만의 경우 대형터미널을 기준으로 적용하면 3,220(kva)의 전력이 필요하다. 소형터미널인 우암의 실적을 기준으로 하면 4,508(kva)의 전력규모가 필요할 것으로 예측된다.³⁶⁾ 전체적으로 보면 부산항의 5개 주요터미널을 대상으로 선박전기공급서비스를 위해 총 3만718(kva)의 전력시설을 확충하면 선박접안시 발생하는 유해물질의 90%를 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.



【그림 5-8】 부산항 터미널별 전력시설확충규모(서비스율 : 90%↑)

이러한 전력시설 규모는 선박의 대형화추세와 많은 연관성을 가지고 있기 때문에 선박전기공급서비스를 위한 전력시설 확충 시에 추가적인 여유분을 감안한 계획도 필요할 것으로 본다(<그림 5-8>참조).

이상의 내용에서 부산항의 경우 선박 접안 시 발생하는 배기가스를 100%감소시키기 위해서는 기존 수전전력용량의 78% 가량의 전력량을 추가로 증설해야 한다. 또한, 현재 진행 중인 야드하역장비의 전기식 전환을 고려한다면 전력용량을 상당부분 증설해야 하며 여기에는 상당한 예산지원이 필요할 것으로 예상된다³⁷⁾(<표 5-15>참조).

36) 운영선석수가 작은 소형터미널인 경우에는 대형터미널과 달리 선석의 점유상태 간의 편차가 매우 심하기 때문에 목표서비스율을 달성하기 위해서는 서비스충푼수를 높게 책정할 필요가 있다.

표 5-15 | 부산항 선박접안시 배기가스 감소효과별 전력량 증설규모

구분	전력량 증설규모(kva)	기존대비 증설규모(%)
0%	0	0.0
10%감소시	3,379	7.9
20%감소시	6,758	15.7
30%감소시	10,137	23.6
40%감소시	13,516	31.4
50%감소시	16,895	39.3
60%감소시	20,274	47.1
70%감소시	23,653	55.0
80%감소시	27,032	62.9
90%감소시	30,411	70.7
100%감소시	33,790	78.6

기존 부산항의 전력시설용량에서 서비스율이 증가함에 따라 배기가스 감소효과를 분석하면 3,379kva 확충 시 10%의 온실가스 배출절감 효과를 얻을 수 있으며, 최대 3만3790kva 확충 시 선박으로부터의 온실가스 배출을 100% 저감할 수 있다(<그림 5-9>참조).



그림 5-9 | 부산항 전력시설확충규모별 선박접안시 배기가스 감소효과

37) 부산신항 2단계의 경우 5만 톤급 1선석 당 전기설비공사에 25억 원의 예산이 소요되는 것으로 예상하고 있으며, 총 17선석에는 425억 원의 공사비가 소요될 것으로 예상된다.

2) 연료유 변경

항만 대기오염원 중 선박 다음으로 많은 방출량을 가진 것이 컨테이너를 운반하는 항만 내 차량이다. 항만 내 차량의 경우에도 유해물질 방출량을 저감 또는 차단할 수 있는 무공해 동력장치기술개발이 이루어지고 있다. 앞서 살펴본 선박전기공급서비스기술은 이미 검증된 적용기술로 시설 확충을 통해 항만에 적용할 수 있으나, 무공해 차량에 대한 친환경기술은 아직까지 기술개발이 진행 중이다.

항만 내에서 컨테이너를 운반하는 차량에는 크게 내부차량과 외부차량으로 구분할 수 있는데 내부차량은 항만 내부소속차량으로 항만 내에 고정적으로 상주하면서 컨테이너의 양하 및 적하, 구내이적 등의 작업을 담당한다. 이와는 달리 외부차량은 수출입 컨테이너를 외부로부터 터미널에 반입 또는 반출하는 외부소속의 차량이다.

이러한 차량들은 컨테이너를 운반하는 과정에서 각종 배기가스를 방출하는데 그 방출량은 운행시간(또는 운행거리)에 비례하여 증가하며, 운행시간이 커질수록 많은 양의 배기가스를 방출한다.

항만을 통행하는 차량에 의한 대기오염은 내부차량과 외부차량 각각에 대해서도 그 비중이 다르다고 할 수 있다. 특히, 터미널의 화물구성비(수출, 수입, 환적)에 따라 다르게 나타날 수 있다. 동일한 물량을 처리하는 항만이라도 수출입 화물구성비가 높으면 외부차량의 통행수가 많아지기 때문에 외부차량에 의한 대기오염 비중이 높게 나타난다. 반대로 환적화물(자부두) 비중이 높은 경우에는 내부차량에 의한 컨테이너 운반량이 늘어나기 때문에 대기오염 비중이 상대적으로 높아지는 특징을 가지고 있다.

또, 한 가지 특징으로 내부차량의 경우에는 일정대수의 차량이 반복적으로 운행하면서 컨테이너를 운반하기 때문에, 무공해 차량기술 도입 측면에서도 외부차량에 비해 비교적 소량의 차량에 대해서만 기술을 적용하여

효과를 볼 수 있어 비용측면에서도 유리하다고 할 수 있다.³⁸⁾

이러한 이유로 본 절에서는 무공해 차량기술도입에 따른 기대효과를 내부차량에 초점을 두어 외부차량과 상호 비교분석해 보았다. 이를 위해 항만 내에서 내부 및 외부차량에 대한 통행량을 분석해 보았다.

(1) 내부차량 통행량

내부차량에 의한 컨테이너 운반은 크게 양하, 적하, 이적 시에 발생한다. 양하와 적하작업은 선박에서 장치장으로 컨테이너를 운반하는 작업으로 안벽과 장치장간의 반복적인 운행경로를 가지며 평균적으로 1회 운송 시 1.0km의 운행거리를 가진다. 이적작업의 경우에는 선사의 요청이나 필요시 부분적으로 작업이 발생하기 때문에 빈도에 있어 양적하 작업에 비해 매우 미미한 수준이다.³⁹⁾

표 5-16 | 부산항 주요터미널별 내부차량통행량

구분	부산항 터미널 운영현황					단위
	2004년	2006년	2006년	2007년	평균	
총처리물량	8,618,342	9,123,144	9,122,217	9,874,445	9,184,537	TEU
운행횟수	5,386,464	5,701,965	5,701,386	6,171,528	5,740,336	회수
총운행거리	5,386,464	5,701,965	5,701,386	6,171,528	5,740,336	km
총운행시간	269,323	285,098	285,069	308,576	287,017	시간
총운행대수	291	307	305	316	305	대수
차량당운행시간	926	929	935	977	941	시간

주 : 운송거리는 1회 운송 시 1.0km로 계산하였음

내부차량에 의한 통행량은 터미널의 연간처리물량을 토대로 산정할 수 있는데, 부산항 6개 터미널(자성대, 신선대, 감만, 신감만, 우암, 감천)의 경우 2004~2007년에 각각 861만, 912만, 912만, 987만의 물량이 처리되었다.

38) 외부차량의 경우에는 항만 내 소속차량이 아니므로 그 운행대수는 무한대라고 볼 수 있다.

39) 통행량산정에서 내부차량에 대한 이적작업은 제외하였다.

이를 TEU/Box 환산단위인 1.6으로 나누면 내부차량의 대략적인 통행횟수가 산정되며 여기에, 단위운송거리를 곱하여 계산하면 내부차량의 연간 총 운행거리를 계산할 수 있다.

계산된 값을 보면 지난 4년간 부산항 6개 터미널에서는 선박의 양적화 작업에 총 574만회의 통행량이 발생하였으며, 총 운행거리는 574km에 이르는 것으로 나타난다. 운행시간의 경우에는 규정속도 시간당 20km를 적용하면 차량 당 연간 941시간(일일 3시간)의 주행을 하는 수준이다(<표 5-16>참조).

(2) 외부차량 통행량

외부차량의 통행량은 터미널의 수입 및 수출 컨테이너에 대해 발생하기 때문에 화물구성비에 따라 달라질 수 있으며, 환적컨테이너의 경우에도 타부두인 경우에는 터미널의 게이트를 통해 통행량이 발생한다.

| 표 5-17 | 부산항 주요 터미널별 차량통행량 산정

구분	평균선형규모(톤수, TEU)				
	2004년	2006년	2006년	2007년	평균
자성대	1,044,328	1,216,601	1,265,697	1,301,103	1,206,932
신선대	1,141,177	1,121,643	1,175,397	1,373,466	1,202,921
감만	1,558,167	1,637,385	1,463,772	1,626,251	1,571,394
신감만	558,524	628,485	712,027	715,335	653,593
우암	314,565	330,269	313,531	303,910	315,569
감천	313,537	284,697	288,126	328,812	303,793
합계	4,930,298	5,219,080	5,218,550	5,648,877	5,254,201

주 : 신선대 2007년 통행실적을 기준으로 재산정한 값임

부산항의 신선대터미널의 경우 2007년에 240만 TEU의 화물을 처리하는데 137만 여대의 반출입 차량이 통행을 하였다. 이를 기준으로 각 터미널별 외부차량 통행량을 산정해 보면 부산항 6개 터미널에서 발생한 외부차량의 통행량은 지난 4년간 평균 525만 여대의 외부차량이 통행한 것으로 산출된다.

| 표 5-18 | 신선대터미널 2007년도 외부차량통행량

(단위 : 대수)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
1일	642	4014	2653	1732	3208	4343	1304	3834	4213	4050	3754	2280	36027
2일	1605	3845	4193	4166	3486	4075	4127	3520	2153	4273	3754	1231	40428
3일	1875	3508	3275	4292	5116	2160	4567	3599	4312	3411	2726	2926	41767
4일	2580	1395	1276	4493	4719	4896	4723	2405	4921	4197	1355	3708	40668
5일	3367	4384	3949	4068	2748	6686	5035	2103	4249	4650	2900	3828	47967
6일	2163	3779	4244	4612	1767	3426	4147	3311	5443	4438	3442	4045	44817
7일	3236	3660	4605	1991	4705	5225	2112	4636	3575	4367	5158	3001	46271
8일	3236	3660	4605	1991	4705	5225	2112	4636	3575	4367	5158	3001	46271
9일	3513	4141	4326	4255	4432	3392	4575	6178	1478	4784	3927	1299	46300
10일	3325	2805	3117	4100	4600	1951	4555	4425	3978	5116	2773	3050	43795
11일	3506	1774	1576	5361	4429	3717	5332	3133	4843	4398	2117	3170	43356
12일	3579	4094	4315	4718	2991	3846	4479	1550	4687	4740	3457	3396	45852
13일	2434	4030	3844	4993	1849	4609	4969	4194	4883	3523	3386	4059	46773
14일	1363	4625	4076	3446	3866	5230	2905	7917	4496	2540	3736	3507	47707
15일	3956	4201	3897	2080	4253	5224	1599	3112	3745	4048	5028	2688	43831
16일	3352	3867	4361	4655	3733	4708	4313	5328	1427	4645	3339	1225	44953
17일	3757	2088	3051	4710	4454	2345	2921	5071	3994	4959	2416	3275	43041
18일	4988	261	1506	4638	4065	4439	4473	3873	5095	4585	1566	3890	43379
19일	4188	1283	4331	5011	3729	4957	4585	2606	5111	4331	3265	2372	45769
20일	3081	3536	4275	5706	2175	4999	4718	4596	5406	3677	3024	3885	49078
21일	1192	4325	4116	3863	4603	5195	7004	4583	5205	1816	3563	3735	49200
22일	3404	4334	5227	1971	4404	4142	1933	5535	4424	3832	4275	3270	46751
23일	5398	4548	4771	4436	10443	3090	4873	5604	2736	4266	4632	1550	56347
24일	3566	4222	3162	4695	3085	2070	5103	5606	1760	5775	3004	3116	45164
25일	4398	2155	1788	4509	4560	4133	4868	3760	61	4406	1126	2222	37986
26일	4203	4664	3852	5115	4104	4382	5125	2161	2564	4946	3358	3250	47724
27일	3025	4286	4375	5024	1557	4402	5077	4390	4826	2894	3802	3939	47597
28일	1639	4161	4186	3441	3968	4690	3408	4932	5049	1347	3282	3189	43292
29일	4049		4662	1735	4282	4495	2007	5377	4183	3728	3458	2235	40211
30일	4708		5118	4340	3767	3120	4291	5197	2086	4158	3336	1275	41396
31일	4012		4171		4361		3918	7422		4221		1643	29748
합계	99340	97645	116903	120147	124164	125172	125158	134594	114478	126488	100117	89260	1373466

자료 : 신선대터미널 내부자료

내부차량과 동일한 방법으로 외부차량의 연간 운행시간을 산정하면 연간 평균 262,710시간 동안 운행한 것으로 분석된다(<표 5-19>참조).

| 표 5-19 | 부산항 주요터미널별 외부차량통행량

구분	부산항 터미널 운영현황				
	2004년	2006년	2006년	2007년	평균
총처리물량 (TEU)	8,618,342	9,123,144	9,122,217	9,874,445	9,184,537
운행횟수 (회)	4,930,298	5,219,080	5,218,550	5,648,877	5,254,201
총운행거리 (km)	5,386,464	5,701,965	5,701,386	6,171,528	5,740,336
총운행시간 (hr)	246,515	260,954	260,927	282,444	262,710

주 : 운송거리는 내부차량과 동일한 1회 운송 시 1.0km로 계산하였음

(3) 통행량비교 및 감소효과

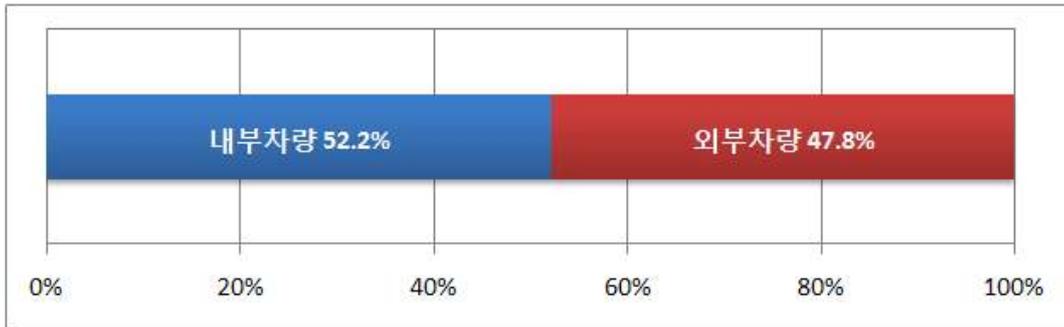
항만 내에서 내부차량과 외부차량에 의해 발생하는 비중을 총운행시간으로 비교하면 전체 차량통행시간에서 내부차량이 차지하는 비율은 52%로 외부차량에 비해 다소 비중이 높은 것으로 나타난다(<표 5-20>참조).

| 표 5-20 | 부산항 내부 및 외부차량 통행량비교

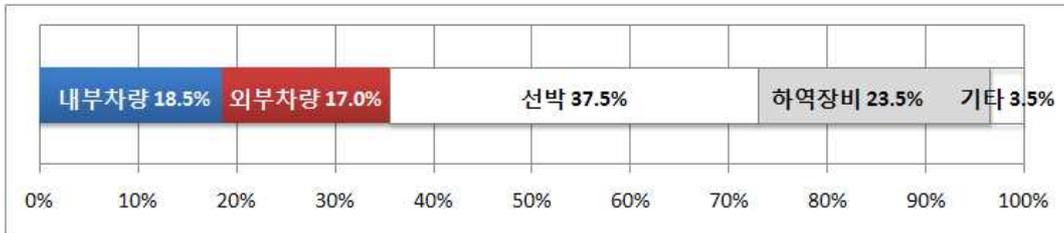
구분	부산항 터미널 운영현황					대상 차량수
	2004년	2006년	2006년	2007년	평균	
내부차량통행량	269,323	285,098	285,069	308,576	287,017	300여대
외부차량통행량	246,515	260,954	260,927	282,444	262,710	∞
내부÷외부	109%					

이것은 차량에 의한 배기가스 방출이 외부차량보다는 내부차량에서 더 많이 발생한다는 것을 의미한다. 따라서 무공해 차량의 도입에 있어서도

내부차량을 개선하는 방안이 우선되어야 한다(<그림 5-10>참조).

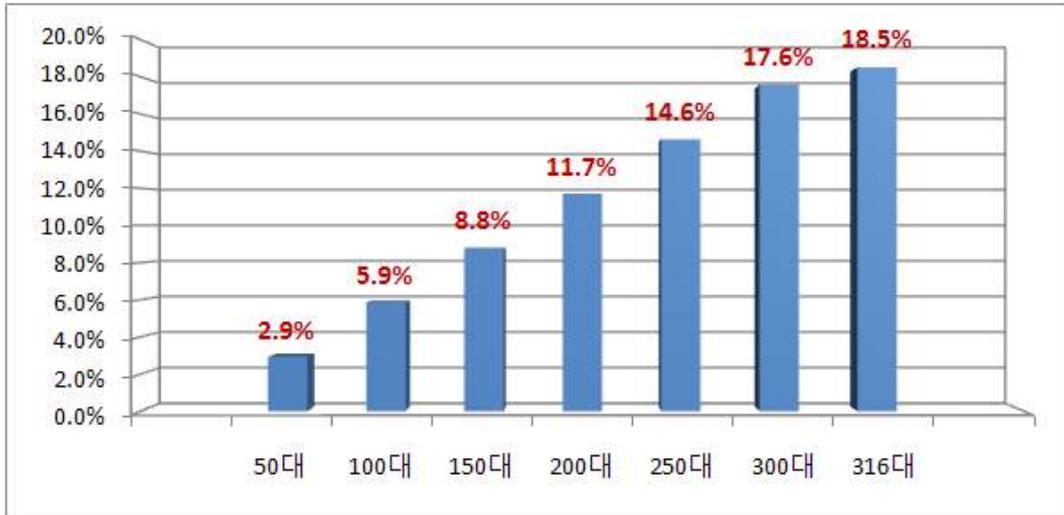


| 그림 5-10 | 부산항 터미널 내부 및 외부차량 통행량 비중



| 그림 5-11 | 무공해 차량 기술적용 시 배기가스 감소효과

내부차량에 대한 무공해 기술적용 시 대기오염의 저감효과는 차량의 항만 내에서 유해물질 방출비중(35.5%)을 감안하면 항만 내 전체대기오염의 18.5%를 저감할 수 있는 수준이며, 외부차량에 대해서는 17.0%저감효과가 있다. 그러나 외부차량은 그 대상 수가 매우 방대하며 기술적용에 상당한 비용과 기간이 소요된다. 이에 반해 내부차량의 경우에는 소규모의 차량만이 기술적용 대상이 되기 때문에 투자대비 기대효과는 매우 크다고 할 수 있다. 부산항의 경우 현재, 300여대의 내부차량을 보유하고 있으며 이를 이용하여 연간 1천만 TEU의 컨테이너를 처리하고 있다. 여기에 보유차량의 50% 수준인 160대를 무공해 차량으로 대체할 경우 항만환경오염방출량의 10%내외를 감소시킬 수 있을 것으로 본다(<그림 5-12>참조).



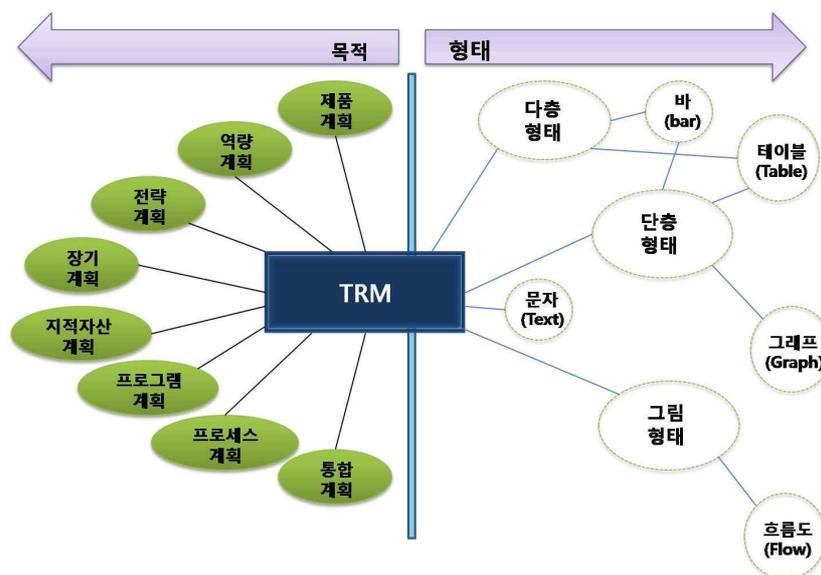
| 그림 5-12 | 무공해 차량 도입 시 배기가스 감소효과(부산항)

제 6 장 친환경 항만운영기술 적용 로드맵 수립 및 실행방안

제6장에서는 친환경 항만운영기술 적용 로드맵 수립 및 실행방안을 기술하기 위해서 로드맵의 형태와 작성방법론을 기술한다. 그리고 본 연구에 적합한 방법을 선정하여 로드맵을 수립하며, 이를 바탕으로 실행방안을 기술한다.

1. 기술로드맵의 형태와 작성방법론

기술로드맵은 수립목적에 따라 매우 다양한 형태로 나타난다. Phaal et al.(2004)에 의하면 약 40개의 로드맵을 조사한 결과 약 16개의 개략적 영역으로 구분하였다.



자료 : R. Phaal, Farrukh, C. J. P., and Probert, D. R., "Technology Roadmapping - A Planning Framework for Evolution and Revolution", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 71, 2004.

| 표 6-1 | 로드맵의 특성

로드맵은 목적에 따른 분류와 형태에 따른 분류로 구분할 수 있으며, 목적에 따른 로드맵은 제품계획, 서비스 역량계획, 전략계획, 장기적 계획, 지적자산계획, 프로그램 계획, 프로세스 계획, 통합계획 로드맵 등 크게 8 가지 로드맵으로 구성된다.

형태에 따른 로드맵은 다층(Multiple Layer)구조, 바(Bar)구조, 표(Table) 구조, 그래프(Graph)구조, 그림(Pictorial)구조, 흐름도(Floe Chart)구조, 단층(Single Layer)구조, 문자(Text)구조 등 크게 8가지 형태로 나누어진다.

2. 친환경 항만운영기술 적용 로드맵

기후변화협약에 대응해서 2013년까지 우리나라의 항만을 친환경 항만으로 발전시켜야 한다. 그러므로 친환경 항만운영기술을 적용하여 고효율의 친환경 그린터미널을 구축하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해서 단기, 중기, 장기별로 우선순위를 도출하였으며, 이에 따라 항만에 적용을 위한 로드맵을 수립한다.

로드맵은 본 연구에 적합하도록 전략계획 및 제품계획 방식을 혼합한 방식을 사용하며, 이를 바탕으로 마이크로 로드맵을 수립한다.

로드맵에 적용되는 친환경 항만운영기술은 단기, 중기, 장기로 적용에 소요되는 기간을 고려하여 구분하였다. 단기적 적용은 별도의 기술개발이나 많은 비용의 투자 없이 온실가스 배출 저감이 가능한 방안으로서 2009년부터 적용토록 한다. 중기적 적용방안들은 새로운 시스템, 장비, 장치에 대한 투자와 개발이 요구되는 방안으로서 2010년부터 적용되도록 로드맵을 수립하였다. 장기적 적용방안은 대규모의 투자가 필요한 방안으로서 충분한 기술과 재원확보가 선행되어야 한다.

단기적으로 선박운항속도감속, 연료유변경, 촉매제사용, 사전예약제,

비피크인센티브, 트럭의 빈이동최소화 및 24시간운영 대안을 적용하여 고효율 친환경 그린터미널 구축기반을 마련한다. 중기적으로는 저감기사용, 자동접안시스템, C/C성능제고, 멀티스프레더, 장비성능제고, 에너지세이빙 및 멀티차량의 적용 등 항만에서 자체적으로 적용한 기술대안을 실행함으로써 보다 많은 온실가스 배출저감효과를 달성할 수 있다. 장기적으로는 국토해양부, 지방자치단체, 항만공사 및 관련기관과의 긴밀한 협조를 통해서 AMP, 클린십, C/C 작업대수증대, 신개념 C/C개발, 시설배치재정립, 적정 시설규모, 무정차시스템 및 분리게이트 등의 기술대안을 적용하여 친환경 그린터미널을 구축할 수 있다.



| 표 6-2 | 친환경 항만운영기술 적용 로드맵

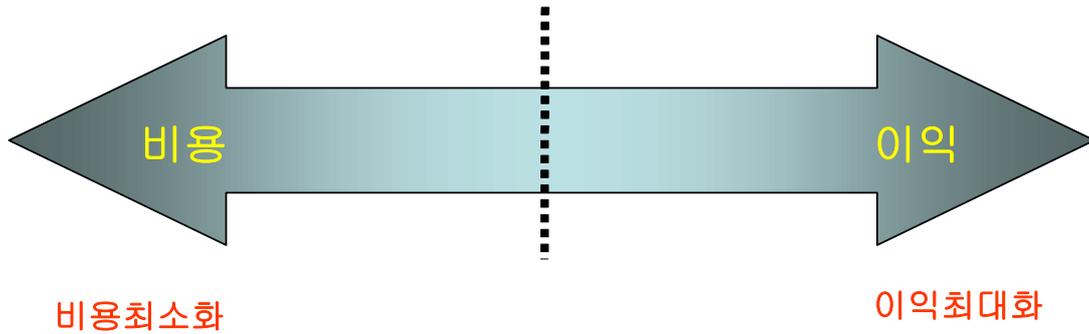
항만에서 고효율 친환경 그린터미널을 구축하기 위해 친환경 항만운영 기술을 직접 및 간접적용기술로 나누어서 마이크로로드맵을 작성하면 <그림 6-3>과 같다. 이를 바탕으로 연도별 기술의 적용시기를 결정하고 추진 기술대안을 적용하여 고효율 친환경 그린터미널 구축을 위한 마이크로 로드맵을 수립하였다.

고효율 친환경 그린터미널 구축 로드맵								
목적	기후변화협약에 대비한 고효율 친환경 그린터미널 구축							
대상	컨테이너터미널			일반터미널				
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
핵심 기술	직접 적용기술		<ul style="list-style-type: none"> 연료유변경 축매제사용 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지세이빙 저감기사용 전기식TC 	<ul style="list-style-type: none"> AMP 그린쉽 			
	간접 적용기술		<ul style="list-style-type: none"> 선박속도감속 사전예약제 비피크인센티브 비이동최소화 24시간운영 	<ul style="list-style-type: none"> 지동점안시스템 C/C성능제고 멀티스포레더 장비성능제고 멀티차량 	<ul style="list-style-type: none"> C/C작업대수증대 신개념C/C개발 시설배치재정립 적정시설규모 무정차시스템 분리게이트 			고효율친환경 그린터미널 구축지속추진
참 조	• 중기 및 장기의 경우 2009년부터 기술대안의 도입을 위한 단계별 절차 병렬실행							

| 표 6-3 | 친환경 항만운영기술 적용 마이크로 로드맵

3. 친환경 항만운영기술 적용을 위한 실행방안

친환경 항만운영기술 실행방안의 적용은 대상 영역에 대한 목표설정, 목표달성을 위한 기술대안 선정, 효과의 달성 등이 조화를 이루어야 한다. 먼저, 친환경 항만운영기술을 적용하기 위해서 현재 운영되고 있는 하역시스템의 온실가스배출행태를 분석하고, 이의 개선을 위한 목표를 설정하는 것이 중요하다. 설정된 목표를 바탕으로 적용 한 또는 목표달성 한 기술대안을 분석하고 이를 적용대상 선박 및 항만하역시스템에 접목이 하도록 실행대안을 설정해야 한다. 목표설정 및 대안의 설정이 완료되면 이를 실행했을 때 지불해야하는 비용과 이익을 고려해서 최종적으로 실행 한지 결정해야 한다. 비용과 이익은 트레이드 오프(trade-off)관계에 있으며, 비용지향적 또는 이익지향적에 따라 온실가스 배출저감을 위한 적용방향이 결정된다.



| 표 6-4 | 온실가스 배출저감방안의 적용방향

이러한 컨테이너터미널 온실가스 배출저감방안의 적용방향은 비용과 이익의 상호유기적인 연동 하에 개별 컨테이너터미널의 현재시스템과 결합하여 최적의 효과를 나타낼 수 있도록 설정되어야 한다.

1) 친환경 항만운영기술 실행방안 적용절차

친환경 항만운영기술을 위한 적용절차는 컨테이너 일반적인 절차와 적용기간별 절차로 구분한다.

(1) 일반적인 절차

친환경 항만운영기술을 위한 적용절차는 컨테이너터미널 전체를 대상으로 할 경우와 컨테이너터미널의 하역체계에서 특정 영역을 대상으로 할 경우로 나누어 다른 절차를 진행토록 한다. 전체를 대상으로 할 경우는 온실가스배출저감 적용방향 선정에서 결정된 사항을 고려하여 일반화된 절차를 따라야 하며, 특정 영역을 대상으로 할 경우는 각 영역별 시스템의 절차에 따라 우선순위를 선정하여 진행하는 것이 타당하다. 온실가스배출저감을 위한 일반화된 절차에서는 현황분석단계에서 먼저 운영 및 현황분석을 수행하고, 온실가스 배출형태를 분석한다. 이를 바탕으로 목표설정, 대안분석, 효과분석, 적용방안 수립 등의 단계를 거쳐야 한다.

따라서 5단계의 온실가스배출저감을 위한 절차를 거쳐서 효과적인 대안을 선정하고 적용방안을 수립해야 한다(<표 6-1>참조).

| 표 6-1 | 일반적인 에너지비용 절감방안 적용절차

단 계	항 목	내 용
1단계	현황 분석	· 현재 운영현황 및 시설현황을 분석하고 적용성 측면에서의 적정성을 파악
2단계	시스템 목표 설정	· 하역시스템 체계 내에서 에너지비용 과다공정 및 타 영역으로의 영향인자 파악
3단계	온실가스 배출저감대안 분석	· 시스템의 목표를 달성하면서 하역시스템 전체의 적용성 및 효율성의 향상이 한 대안
4단계	효과 분석	· 비용, 이익 트레이드 오프 분석 및 브레이크이븐 포인트(손익분기점) 기간분석
5단계	적용방안 수립	· 온실가스배출저감대안 도입을 위한 전제 조건 확인, 중장기 계획 수립, 기술적 타당성 및 경제성 검토

(2) 친환경 항만운영기술 적용절차

친환경 항만운영기술 적용절차는 일반적인 절차에서 운영대안의 특성을 반영하여 온실가스 배출저감절차를 5단계로 수립한다(<표 6-2>참조).

| 표 6-2 | 운영대안의 에너지비용 절감방안 적용절차

단 계	항 목	내 용
1단계	현황 분석	· 운영계획방법 · 운영야드크레인수, 운영차량수, 선박입출항수 · 주행거리, 작업방식 · 온실가스배출현황
2단계	시스템 목표 설정	· 운영 온실가스배출 저감
3단계	온실가스 배출저감 대안 분석	· 대안별로 기대효과, 경제성, 적용성을 분석
4단계	개선효과 분석	· 대안 적용시의 개선효과는 정량적 분석, 비용 및 이익 트레이드 오프분석, 브레이크이븐 포인트(손익분기점) 기간분석
5단계	적용방안 수립	· 온실가스배출저감 대안 적용에 따른 도입 전제조건 확인 · 중장기 계획수립, 기술적타당성/경제성 검토

2) 온실가스 배출저감방안의 추진전략

온실가스 배출저감방안의 추진전략은 크게 정책적 추진전략, 기술확보 전략, 자체개발전략의 3가지로 구분하였다. 각각의 전략에 대하여 세부방안, 기술개발 추진체계, 기술개발 실천방안을 수립하고 개발기술의 활용방안을 제시한다.

(1) 정책적 추진전략

정책적 추진전략은 친환경 항만운영기술 적용을 통한 컨테이너터미널의 환경비용 절감으로 대외 경쟁력을 확보하는 것이다. 이를 바탕으로 동북아의 물류중심기지로 발전하기 위해서 중장기적 투자, 기술인력 확보 및 연구개발의 활성화, 개발기술의 국제화 및 선도화 등 다양한 방면으로 정책적인 추진전략을 세워 친환경 기술개발과 적용의 당위성을 나타내고자 한다.

친환경 항만운영기술 적용을 위한 정책적 추진 전략은 다음과 같다.

① 친환경 항만운영기술 적용을 위한 전략적인 목표설정과 효율적인 투자를 위한 기술개발 추진

컨테이너터미널 환경비용 절감을 위한 친환경 항만운영기술 적용에 대한 전략적인 목표를 제시한다. 그리고 급변하는 국제물류의 흐름을 선도해 나갈 수 있도록 전략적인 목표를 설정하고, 효율적으로 추진할 수 있는 투자가 이루어지는 친환경 항만운영기술 적용하여 추진한다.

또한, 가장 합리적이면서 타당한 대안을 도출하기 위하여 한정된 자원과 경쟁항만과의 기술 수준 격차 등을 고려하여 경쟁우위를 확보할 수 있는 현실적인 투자대안을 선택한다.

② 첨단 컨테이너터미널의 온실가스배출 저감 기술의 연구개발을 위한 국내 전문기술개발인력의 확보 및 지속적인 연구개발의 활성화

국내 컨테이너터미널의 환경비용 절감 및 경쟁력 확보를 위해서 기존 컨테이너터미널이나 신규 컨테이너터미널에 대하여 장래의 상황을 고려하여 효율적인 친환경 항만운영기술 개발 및 연계 계획을 수립한다. 물류체계 개선효과 및 경제적 투자효과의 극대화를 유발하는 컨테이너터미널의 온실가스 배출저감 기술개발 사업을 선정한다.

③ 동북아 물류중심기지로의 발전을 위한 국가적 위상제고를 위한 첨단 컨테이너터미널의 온실가스배출 저감 기술 확보

국내 컨테이너터미널 환경에 적합한 친환경 항만운영기술 적용을 통한 한국형 컨테이너터미널의 온실가스배출 저감 프로그램 보유한다. 그리고 개별적 컨테이너터미널의 온실가스배출 저감 기술의 정보공유 및 전문인력·기반공유를 통한 친환경 항만운영기술 적용의 효율성 증대와 더불어 친환경 항만운영기술의 정보화를 추진한다. 또한, 기 개발된 타 산업분야의 첨단기술을 응용하여 친환경 항만운영기술 적용 방안을 수립한다.

(2) 컨테이너터미널 온실가스 배출저감기술 확보전략

친환경 항만운영기술 적용시의 각 컨테이너터미널별 여건이 다르고 컨테이너터미널의 온실가스배출 저감 추진 시 대상 범위와 절차가 차이가 있으므로 다음의 선행분석을 통해서 방법론을 수립한 후 기술 확보전략을 수립하여야 한다.

- 컨테이너터미널의 경쟁력 분석
- 컨테이너 온실가스배출 저감비용의 애로공정 분석
- 애로공정 해소를 위한 친환경 항만운영기술대안 선정

- 친환경 항만운영기술대안 적용효과 분석
- 친환경 항만운영기술의 적용 계획

이상과 같은 선행분석이 이루어지면 친환경 항만운영기술 적용을 위한 구체적 실행단계에서는 친환경 항만운영기술에 대한 기초기술 확보 전략을 수립한다. 기술 확보전략은 기존 국내의 관련기술을 수집하여 개선하는 방안, 새로운 기술을 개발하는 방안, 외국 선진국의 기술을 수입하여 개선하는 방안, 장비제작업체에서 자체개발하는 방안 및 여러 관련 기관과의 공동개발방안 등 여러 가지가 고려된다. 친환경 항만운영기술 확보전략에 대한 방안을 검토해 보면 다음과 같다.

① 산·학·연 공동연구체제 구축에 의한 자체 기술개발 방안

친환경 항만운영기술 개발을 위한 정·산·학·연 공동 연구컨소시엄 구성의 필요성이 있다. 이를 통해서 친환경 항만운영기술의 모듈별, 특성별 연구체제 활성화기반 체제를 구축한다.

② 컨테이너터미널 관련 기관의 협조를 통한 기술개발 방안

친환경 항만운영기술 관련 선진국의 개발 기술 정보 습득하고, 친환경 항만운영기술 관련 선진국과의 국제 공동 연구 협력체계를 구축한다. 이의 효과적인 추진을 위해서 컨테이너터미널 운영주체에 의한 친환경 항만운영기술의 현장 적용, 항만공사 주도의 친환경 항만운영기술 실행사업추진, 정부 주도의 증장기계획 관련 기관의 유기적인 협조체계를 구축한다.

(3) 자체 기술개발 전략

장래를 위한 가장 효과적인 기술개발 전략은 외국의 기술 등에 종속되지 않는 한국 실정에 적합한 자체적인 기술개발이다. 따라서 정부, 지자체, 산업계, 학계, 연구소 등 각 분야별로 역할분담과 유기적인 공조 등으로 항

만 리모델링 기술적용의 효율성을 높이기 위해서 다음과 같은 분야로 나누어서 기술개발 전략을 추진하여야 할 것이다.

- 정부 : 친환경 항만운영기술개발 및 적용을 위한 정책수립, 친환경 항만운영기술개발을 위한 컨소시엄 구성, 개발기술의 기존 항만 적용 및 신규 항만 계획 시 반영을 위한 지원
- 지자체 : 친환경 항만운영기술개발 및 적용을 위한 지자체단위의 정책수립, 항만의 온실가스배출 모니터링 및 관리지침 수립
- 산업계 : 친환경 항만운영기술 관련 개발기술 확보, 업체간 기술공유를 통한 기술의 통합 개발
- 연구소 : 친환경 항만운영기술 개념 및 적용기술 개발, 연구방향의 설정 및 조정
- 학계 : 기초과학 및 핵심요소기술의 확보, 기술/연구인력의 양성

(4) 친환경 항만운영기술 적용을 위한 재원확보방안

사회간접자본의 확충에 소요되는 재원 확보를 위해 부과하는 교통·에너지·환경세가 2009년 12월 31일 과세시한이 만료됨에 따라 기획재정부는 최근 법안 폐지를 입법예고했으며, 이에 따라 유류 소비와 관련된 세금은 개별소비법(특별소비세법 명명변경)에서 다루는 것으로 개정될 예정이다. 따라서 친환경 항만운영기술의 실행을 위한 재원을 확보하기 위해서 기간이 만료된 2009년 과세기한이 만료되는 교통·에너지·환경세를 전환하여 친환경 항만운영기술 실행사업에 사용할 필요가 있다.⁴⁰⁾

또한, 민간투자방식의 개선을 통해 친환경 항만운영기술부문에 민간자

40) 환경부에서는 2009년 폐지되는 교통·에너지·환경세를 탄소세로 전환할 계획을 가지고 있다.

본의 참여를 확대해야 한다. 친환경 항만운영기술의 원활한 적용과 비용감소를 위해 사업화 성이 높은 기술대안의 경우 민간 선투자제도 도입으로 재원 확보 하다. 민간선투자제도는 투자재원이 절대적으로 부족하여 정부 재정을 보완할 수 있는 대안이 필요한 상황에서 부족한 재원을 보완하는 하나의 효과적인 대안이다. 또한 세대 간 투자비의 분담과 수익자 부담의 원칙을 적용할 수 있는 유용한 방법으로 정부위험을 민간부분에 분산 또는 이전시키는 효과가 있다.⁴¹⁾ 저탄소·친환경·녹색 분야의 효율적인 연구의 추진을 위해 이에 대한 투자비중을 높여야 하며 이를 위해 연구개발로 저감되는 온실가스를 탄소배출권 거래를 이용해서 거래하여 친환경 항만운영기술 적용을 위한 재원 확보 하다.

또한, 수익자부담의 원칙이라는 단순한 원칙의 적용을 통해서 조세저항을 최소화하고 최근 중요성이 더욱 부각되고 있는 환경오염의 억제에 위한 새로운 세원의 발굴이 필요하며, 새로운 세원의 발굴과 적용은 세부담자들을 설득할 수 있는 논리에 기반하는 것이 부작용을 최소화하는 방안이다. 이러한 논리에 따라 해운·항만 관련 환경세를 신설할 필요가 있으며, 부산항의 경우 1년간 항만에 입출하는 선박의 경우 10만대가 넘으며, 이러한 선박으로 인한 온실가스의 배출량이 부산항의 경우 NOx의 배출량이 14,511톤, SOx의 배출량이 13,862톤에 이르고 있으므로 이에 대한 환경세를 부과하여 항만에서의 환경배기가스 절감을 위한 투자재원으로 활용한다.

효율적인 친환경 항만운영기술 적용을 위한 재원 확보를 위해 기금을 조성할 필요가 있으며, 기금의 운영형태는 사업 및 관리기금, 적립성기금, 융자성기금으로 구분할 수 있는데 연구개발의 최대 수혜자인 선주협회, 해운협회, 항만협회 및 IPA(Incheon Port Authority), UPA(Ulsan Port Authority),

41) 민간선투자방식은 민간에서 온실가스 배출저감 시설 및 설비를 설치·건설하고 저감되는 탄소배출량에 대한 권리를 갖는 방식이다.

BPA(Busan Port Authority), 컨테이너부두공단 등에서 매년 일정액의 적립성 기금을 조성하여 친환경 항만운영기술 분야의 연구개발비로 활용할 수 있다(<표 6-3>참조).

| 표 6-3 | 친환경 항만운영기술 적용을 위한 재원확보방안

재원확보방안	비고
교통·에너지·환경세 전환	2010년 적용
민간투자	선투자
탄소배출권 거래제	절감비용회수
선박에 환경세 신설	-
기금 모금	관련 단체

제 7 장 결론 및 정책건의

1. 결론

전 세계적으로 많은 국가들이 온실가스의 배출저감을 위해 지속적인 노력을 추진하고 있으며, 이에 우리나라도 예외일 수 없다. 우리나라의 경우 GDP 세계 13위, 이산화탄소배출량 세계 10위의 국가로 '05년 총 이산화탄소 배출량이 591백만 톤에 달하는 온실가스 배출대국이다. 전체 배출량 중 수송부분이 16%에 달하며 항만에서의 배출량도 상당한 수준이다.

우리나라는 1986년 이후 지속적인 항만개발을 수행하여 부산항, 부산신항, 울산신항, 포항신항, 군장항, 광양항, 평택·당진항 및 인천신항을 지속적으로 개발하였다. 이렇게 많은 항만에서 발생하는 온실가스 배출량을 부산항을 대상으로 간략하게 살펴보면 다음과 같다. 항만에서의 온실가스 배출량을 '05년 부산항을 기준으로 살펴보면 NO_x의 경우 선박 배출량 1만 4,511톤, 트럭 1만4,679톤에 이른다. 이 배출량은 부산 전체 배출량의 63%에 이르는 양으로 항만에서의 온실가스 배출이 얼마나 심각한지는 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 항만에서 발생하는 온실가스의 배출량을 저감하기 위해서 항만에 적용 한 친환경운영 기술들을 수집·정리하였다. 이를 바탕으로 우선순위분석을 수행하였으며, 적용효과를 분석하였다. 또한, 항만에 친환경 항만운영기술을 적용하기 위한 적용 및 실행방안을 수립하여 제시하였으며, 이의 원활한 추진을 위한 정부, 지자체, 항만공사, 항만운영사의 역할을 제안하였다. 각 장별 자세한 연구내용은 다음과 같다.

제2장에서는 항만하역활동 중에 발생하는 오염의 배출을 최소화하거나 제거하기 위한 운영, 장치, 장비 등을 포함하는 개념으로 친환경 항만운영기술의 개념을 정의하였다.

이를 바탕으로 친환경 항만운영기술에 대한 기존 연구를 하드웨어적 친환경 기술연구와 소프트웨어적 친환경 기술연구로 구분하였다. 하드웨어적 친환경 항만운영기술은 선박이나 트럭 및 하역장비 등에서 발생하는 유해물질의 방출량을 원천적으로 줄이는 기술을 말한다. 그리고 소프트웨어적 친환경 항만운영기술연구는 생산성을 높여서 온실가스 배출량을 줄이는 운영정책과 온실가스 배출량을 규제하는 법규 등을 말한다.

이러한 친환경 항만운영기술의 해외기술적용 사례를 살펴보면 LA/LB 항의 “대기청정계획”이 있다. 이 계획은 2006~2011년까지 5개년 간 항만을 이용하는 항해선박, 중장비 차량, 하역장비, 철도 기관차 등에 대해 대기오염물질의 방출제한기준을 수립한다. 그리고 자발적 유도과 각종 인센티브 및 통제정책을 통해 청정 항만을 실현하는 정책을 추진한다. 이외에도 홍콩 허치슨항의 전기식 RTGC, 하이브리드 컨테이너 트럭 및 바이오 디젤 차량 보급 등이 있다. 이외에도 노르웨이의 오슬로 항만, 독일의 HHLA(Hamburg Hafen und Logistik AG)항만에서도 E-RTG, ATC(Automatic Stacking Crane) 등의 전기식 하역장비를 도입하여 항만 환경을 개선한 사례를 찾아볼 수 있다.

제3장에서는 친환경 항만운영기술대안을 접안, 안벽, 야드, 이송, 게이트시스템으로 구분하여 분류하였다. 접안시스템에는 운항속도감속, 연료유 변경, 촉매제, 저감기, 자동접안시스템, AMP 및 클린십이 포함된다. 안벽시스템에는 C/C작업대수 증대, C/C성능제고, 멀티로드 스프레더 및 신개념 C/C개발이 포함된다. 야드시스템에는 장비성능 제고, 연료유 변경, 촉매제, 저감기, 시설배치재정립, 전기식 TC, 사전예약제 및 비피크인센티브가 포함된다. 이송시스템에는 장비성능 제고, 연료유 변경, 촉매제, 저감기, 시설배치 재정립, 멀티 차량 및 빈이동최소화가 포함된다. 게이트시스템에는 24시간 운영, 적정시설규모, 무정차시스템 및 분리게이트가 포함된다. 총 23가지의 친환경 항만운영기술의 대안들을 분류·정리하였다.

제4장에서는 총 10명의 관련전문가와의 면담을 통해 기술대안의 추진 기간을 분류하였다. 단기에 적용 한 대안은 선박운항속도감속, 연료유변경, 촉매제, 사전예약제, 비피크인센티브, 빈이동최소화 및 24시간운영대안이 선정되었다. 중기에 적용 한 대안은 저감기사용, 자동접안시스템, 멀티로드 스프레더, C/C성능제고, 장비성능제고, 전기식TC, 에너지세이빙 및 멀티차량이 선정되었다. 장기에 적용 한 대안은 AMP, 클린십, C/C작업대수 증대, 신개념C/C개발, 시설배치재정립, 적정시설규모, 무정차시스템 및 분리게이트 등이 선정되었다. 또한, 기술대안의 우선순위를 23가지 기술대안에 대해서 시급성, 효과성, 적용성 측면에 대한 내용을 5점 척도로 구분하여 분석하였다. 시급성에서는 AMP, 클린십이 가장 높은 점수를 획득하였으며, 효과성에서는 선박운항속도감속, 연료유변경, AMP, 클린십, 전기식TC가 가장 높은 점수를 획득하였다. 적용성에서는 선박운항속도감속, 사전예약제가 가장 높은 점수를 획득하였다. 이를 종합하여 정리하면 선박운항속도감속, 전기식TC가 가장 높은 점수를 획득하였으며, 연료유변경, 저감기사용, AMP, 클린십이 12점으로 두 번째로 높은 점수를 획득하였다.

23가지 대안들의 우선순위와 단, 중, 장기에 적용해야할 기술들의 우선순위를 정리하였다. 단기의 경우 선박운항속도감속 기술대안이 13점으로 1위, 연료유변경 기술대안이 12점으로 2위를 차지했다. 중기에 적용해야할 기술들의 우선순위는 전기식TC 기술대안이 13점으로 1위, 저감기사용 기술대안이 12점으로 2위를 차지했다. 장기에 적용해야할 기술들의 우선순위는 AMP와 클린십 기술대안이 12점으로 1위, 시설배치재정립 기술대안이 9점으로 2위를 차지했다.

제5장에서는 도출된 기술 대안 중 우선순위가 높은 AMP 및 연료유변경대안에 대해 온실가스 저감효과를 정량적으로 분석해 보았다. AMP기술 적용 효과의 경우 기존 부산항의 전력시설용량에서 서비스율이 증가함에 따라 배기가스 감소효과를 분석하면 3,379kva 확충 시 10%의 온실가스 배

출절감 효과를 얻을 수 있으며, 최대 3만3790kva 확충 시 선박으로부터의 온실가스 배출을 100% 저감할 수 있다. 연료유 변경대안의 경우 부산항에 현재, 300여대의 내부차량을 보유하고 있으며 이를 이용하여 연간 1천만 TEU의 컨테이너를 처리하고 있다. 여기에 보유차량의 50% 수준인 160대를 무공해 차량으로 대체할 경우 항만환경오염방출량의 10%내외를 감소시킬 수 있을 것으로 분석되었다.

제6장에서는 기후변화협약에 대응해서 2013년까지 우리나라의 항만을 친환경 항만으로 발전시키기 위한 우선순위 및 추진절차를 제시하였다. 이를 위해서 단기, 중기, 장기별로 우선순위를 도출하였으며, 이에 따라 항만에 적용을 위한 로드맵을 수립하였다. 로드맵은 본 연구에 적합하도록 전략계획 및 제품계획 방식을 혼합한 방식을 사용하였으며, 이를 바탕으로 마이크로 로드맵을 수립하였다. 수립된 로드맵을 바탕으로 적용 및 실행방안을 일반적인 절차와 친환경 항만운영기술 실행절차로 구분하였으며 온실가스 배출저감대안의 추진을 위한 합리적인 절차를 제시하였다.

이상과 같이 본 연구에서는 그 동안 정립되지 않았던 항만에서의 온실가스 배출저감을 위한 친환경 항만운영기술의 개념을 정립하였다. 또한, 기술들의 대안을 영역별로 구분하여 하역단계별로 적용 한 대안들을 분류하였다. 또한, 전문가 면담을 통해서 우선순위를 결정하였으며, 단기, 중기 및 장기적인 관점에서 로드맵을 수립하였다. 개별대안의 항만적용시의 적용효과를 분석하기 위해서 AMP, 연료유변경 대안에 대해서 효과를 분석하였다. 그러나 본 연구에서는 개별대안들에 대한 도입 시의 비용 및 효과를 명확하게 제시하지 못하였다. 또한, 친환경 항만운영기술의 적용을 위한 각 주체별 역할을 명확하게 기술하지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 개별대안별 적용 비용, 절차, 효과와 관련 주체별 역할에 대한 연구가 이루어져야 한다.

2. 정책건의

UN, WTO 등 국제적 기구에서 진행되고 있는 환경관련 협상의 이행 기준에 따라 세계적으로 환경규제가 강화될 전망이다. 또한 런던투기협약(London Dumping Convention, 1972), 선박에 의한 환경오염 방지를 위한 국제협약(MARPOL, 1973/78), 유류오염 예방 대책 및 협력에 관한 국제협약(OPRC, 1995) 등 항만환경과 관련된 주요 국제협약이 시행중에 있다. 우리나라는 세계 10위의 에너지 소비국으로 온실가스 배출량은 세계 11위, 1인당 배출량은 9위, 가스배출 상위 20개국 가운데 가장 높은 증가율을 기록하고 있다. 또한, 한국의 GDP 대비 에너지 사용량은 OECD 국가 중 높은 수준을 보이고 있어 환경에 대한 관심이 더욱 필요한 실정이다. 여기에 시민들의 친수휴식 공간으로서 해양 및 항만환경에 대한 관심이 증가하고 있는 추세를 고려할 때 환경친화적 항만운영기술 개발 및 운영에 대한 정부, 항만공사 그리고 운영사의 역할이 중요한 시점이다.

1) 중앙정부의 역할

(1) 항만기본계획에 온실가스 배출저감 계획 반영 필요

부산항 컨테이너터미널은 신규로 건설되는 중국의 대규모 양산항과 최신 설비의 부산신항만과의 서비스 경쟁에서 고객인 선사들의 요구를 만족시킬 수 있는 생산성 수준을 확보하는 것이 시급한 정책적 과제였다. 그러나 최근 신정부에서 추진 중인 그린에너지산업 육성정책은 온실가스를 획기적으로 감축하고, 탄소효율성 증대에 초점이 맞춰지고 있다. 항만물류에도 이러한 변화에 맞춰 화물자동차연료를 경유에서 LNG로 전환을 통해 탄소배출량의 10% 이상 감축을 목표로 추진하고 있다. 또한 10톤 이상의 대형

화물차에 대해서는 차량의 개조비용을 지원정책과 E-RTGC와 같은 친환경 물류기기의 보급이 진행되고 있다. 따라서 이를 위한 해결방안으로 효과적인 컨테이너터미널의 온실가스배출 저감을 위한 추진방안 실행하기 위한 정책적 지원이 항만개발계획에 반영되어야 한다.

이를 위해 국토해양부에서는 매 5년마다 실시하고 있는 ‘항만기본계획’에 친환경 항만의 구축을 위한 기존 항만의 단계별 추진계획을 반영해야 한다. 이를 통해서 효율적으로 친환경 항만을 구축할 수 있는 기본틀을 마련할 수 있다.

(2) 친환경항만물류기본계획 수립 필요

최근의 고유가상황과 교토협약 및 발리협약 등과 같은 환경협약들의 체결이 증가하고 있는 물류환경 급변에 대처하기 위해 항만 및 육상물류를 포함하는 ‘지속한 교통물류발전법’이 제정되었다. 그러나 동 법에서는 친환경 항만구축을 위한 대안이 E-RTGC와 LNG 차량에 대한 지원방안만을 기술하고 있어 항만의 온실가스 배출저감에 많은 한계를 가지고 있다. 따라서 항만에서의 합리적이고 효율적인 온실가스 배출저감 계획의 추진을 위해서 친환경항만물류기본계획의 수립이 필요하다.

이러한 친환경물류기본계획은 항만활동에서 발생하는 대기오염물질의 배출을 통제하여 교토협약 또는 발리협약에서 제시하고 있는 기준에 적합하도록 단기, 중기, 장기의 계획을 수립하여야 한다.

항만은 서비스수준 및 생산성 향상에 따라 지속적인 부가가치의 창출이 한 곳이다. 이를 위해 기존 시설물 및 장비에 대한 리모델링 측면에서 온실가스배출 저감을 위한 친환경물류기본계획이 필요하다. 이의 추진을 위해서 국토해양부에서는 현재 항만에서의 온실가스 배출실태를 파악해야 한다. 이와 동시에 온실가스 배출저감을 위한 정책추진 대안을 개발하여

친환경 항만구축을 위한 추진들을 구축해야 한다.

(3) 국토해양부 연구개발 핵심과제에 친환경 항만운영기술 포함 필요

국토해양부에서 새로운 국가연구개발사업으로 추진 중인 MT(Marine Technology) 연구에 컨테이너터미널의 온실가스배출 저감을 위한 기술개발 연구가 포함되어야 한다. 이러한 연구는 제반 인문 사회적 및 공학적 기반 연구를 수행하는 것으로 항만의 온실가스를 저감하여 경쟁력을 강화 시킬 수 있고 항만운영 효율성을 제고하고 대기오염물질 감소 및 매연감소에 따른 항만도시 쾌적성 제고의 효과를 기대하고 있다. 이러한 연구에 친환경 항만운영기술의 발전을 위한 구체적이고 실제적인 연구가 포함되어야 한다.

따라서 현재 수립중인 ‘제2차 국가교통기술개발계획(2009~2013)’에 본 연구에서 제시하고 있는 대안들의 연구개발 항목을 포함하여야 한다.

(4) 친환경 항만운영기술 적용의 효과적인 추진체계 및 추진방안 필요

친환경 항만운영기술대안의 추진을 위해서 온실가스배출 저감에 대한 개념을 확립하고 컨테이너터미널의 하역시스템 및 물류시스템에 따라 저감 목표를 설정하고 국내 컨테이너터미널의 현황자료 조사 및 분석 등을 추진하여 기술대안의 기술적 검토 및 도입타당성 분석을 위한 추진체계와 추진방안이 수립되어야 한다. 따라서 추진방안을 위해서 항만의 온실가스 배출 저감을 위한 적용방향, 적용절차, 추진체계가 수립되어야 하며, 대안의 효율적인 적용을 위한 우선순위가 선정되어야 한다. 이러한 추진방안은 지속적이고 강력하게 추진되어야 한다.

그러므로 국토해양부에서는 항만, 물류 관련 기술 및 법제도 전문가들로 친환경 항만구축 추진 위원회를 설립하여 전문가에 의한 추진체계 및 추진방향을 수립하여 지속적으로 추진하여야 한다.

(5) 친환경 물류시스템 정착을 위한 전후방산업과의 연계정책

일본은 2000년대 들어 친환경물류의 중요성을 인식해 제조업체에 대한 리사이클법이 수립되어 시행중이며, 기업들의 사회적 책임이 현실화되고 있다. 또한 '06년 4월에 시행된 개정 에너지효율화법에 의해 환경물류에 관한 책임을 물류기업뿐만 아니라 화주에게도 부여해, 매년 1%의 이산화탄소절감을 의무화하고 있다. 따라서 국내에서도 민간기업의 친환경물류에 대한 국토해양부와 지식경제부는 선사 및 항만운송기관 및 화주단체간의 협의기구를 설치해 산업계와 물류업계의 협력을 위한 체계적인 지원체계가 마련되어야 한다.

(6) 물류환경개선을 위한 지원, 지표 및 법제도 마련 필요

2013년 이후 교토의정서 발표에 따른 물류부문 이산화탄소 배출량 삭감을 위해 기준에 추진 중인 물류관련 법제도와 물류기본계획에 있어서 항만의 접안시스템 부분에 대한 환경오염 방지를 위한 내용추가 및 수정이 필요할 것이다. 특히, 선박운항속도 감속, 연료유 변경, 촉매제 사용 등에 대한 법제도적 마련이 요구된다. 세계 각국의 대기기업들은 탄소배출권 관련 기업의 역량을 집중하고 있다. 그러나 대부분의 영세한 중소기업들과 항만물류 특성상 중소기업규모업체가 대다수인 실정에서 자체적인 개선방안을 수립하기 어려운 실정이다. 따라서 영세한 중소 제조기업 및 물류기업을 대상으로 친환경공동물류센터의 시설정비, 사업계획·시스템설계 사업, 친환경 사업운영에 대한 자금 지원 및 물류컨설팅 지원이 필요할 것이다. 또한 친환경물류 개선사업에 대한 정확한 평가를 위해서 정량적인 산정시스템이 마련돼야 할 것이다. 이를 위해 국토해양부에서는 친환경물류의 주요지표를 우선적으로 선정되어야 할 것이며 추진단을 구성하여 주기적인 측정 및 평가가 이뤄져야 한다.

2) 항만공사의 역할

(1) 항만별 특성에 맞는 친환경 정책개발 필요

부산항과 미국의 LA/LB, 뉴올리언스항과 같이 대부분의 항만의 배후지에는 대규모 도시가 위치해 있으며 이는 항만의 오염이 곧 시민들이 생활하는 대도시로 전이됨을 의미한다. 이를 방지하기 위해 미국과 유럽의 선진항만에서는 항내 접안선박의 연료를 기존의 벙커유에서 친환경 연료로 변경하거나 항만과 도심지역의 병목현상을 줄이기 위한 정책을 추진 중에 있다. 따라서 항만으로의 접근네트워크 향상, 항만통행 화물차에 대한 비첨두시간 이용 시 인센티브 제공정책 등으로 교통 정체 감소와 정체된 차량 소통으로부터 오는 대기오염을 줄일 수 있을 것이다. 따라서 항만공사에서는 각 운영사에 온실가스 배출저감을 위한 필요성을 알리고, 이의 추진을 위한 항만별 특성에 맞는 친환경 정책을 개발하여 방안을 제시하여야 한다.

(2) 친환경 컨테이너터미널·선사 인증제도입

국내 각 항만공사에서는 신규 화물유치에 따른 볼륨인센티브혜택을 선사에게 제공하고 있다. 그러나 각 항만마다 서로 다른 정책수립과 예산편성으로 당초 목적과 달리 국내 항만 간 경쟁목적으로 이용되고 있는 실정이다. 또한 기존의 물량유치정책이 아닌 친환경물류정책으로의 변화는 기존의 양적성장보다는 저탄소 질적 성장을 필요로 하고 있다. 따라서 기존의 화물유치에 따른 인센티브 대상을 우수 친환경 컨테이너터미널·선사를 대상으로 변경해서 추진할 필요가 있으며 이를 위한 인증제 도입을 검토해야 한다. 인증제 도입을 통해서 선석배정 및 제도적·금전적 인센티브를 제공하여 선사에서 자발적으로 참여할 수 있는 동기를 제공하여야 한다.

(3) 환경친화적인 Green-Port 조성 및 운영을 위한 지원 확대

현재 부산항만공사의 경우, 환경친화적인 Green-Port 조성을 위하여 RTGC의 에너지 공급시스템 개선(유류→전기), 컨테이너 하역장비의 배출매연감소를 위한 하역장비의 개선, 컨테이너터미널에서 발생하는 지열을 이용한 신재생에너지 공급시스템 구축 등을 위한 정책을 추진하고 있다.

기존의 정책 외에 안벽시스템, 야드시스템, 이송시스템 등에서도 환경친화적인 Green-Port 조성을 위한 다양한 지원이 요구된다. 특히, 부산신항의 경우 대규모 물류센터조성이 이루어지기 때문에 물류센터 지붕을 활용한 태양광 신재생에너지 사업 추진을 통해 신항 자체의 모든 에너지 공급을 신항 자체에서 처리하는 세계 유일의 항만을 추진할 필요가 있다.

(4) 친환경 물류전문가 양성

친환경 녹색물류에 대한 장기적인 안목을 가지고 전문가들과 다각적이고 통합적인 논의를 거쳐, 검증된 시스템적 개선방식을 도입하고 개선해 나가야 할 것이다. 현재 배출되고 있는 물류관리사들에 대한 재교육을 통한 친환경 물류전문가 양성이 할 것으로 판단된다.

3) 운영사 및 물류기업의 역할

(1) 저탄소 신기술도입 및 공해물질 저감대책 마련

다국적 물류기업인 Infor社와 i2테크놀로지스社는 탄소배출 최저화를 위한 네트워크 재설계와 물류최적화를 통해 탄소배출량 삭감을 목표로 추진 중에 있다. 이처럼 국내 물류기업들도 에너지효율성 향상과 탄소배출 최소화를 기업 목표로 추진해야 할 것이다. 또한 선진국 기업들에서 추진 중인 에너지 소비량과 오염물질 배출량을 측정해 총자산 성과로 분석 분리하는 방안도 고려할 필요가 있다.

(2) 컨테이너터미널과 선사간의 협조체제 구축

정박 중 온실가스 배출을 줄이기 위해 육상전원을 활용할 수 있는 선박육상공급장치(AMP), 선박배기가스 흡착기(AMECS)와 같은 신기술 정착을 위해서 터미널과 선사간의 협조체제가 구축되어야 할 것이다. 또한 연료유(벙커C유) 사용감량, 폐유발생률 억제, 폐기물 처리기준 강화, 유증기 회수시스템 설치 등과 같은 노력이 필요하다. 저탄소배출이 한 하이브리드 차량도입과 바이오디젤 연료와 같은 대체연료의 사용도 추가적으로 고려해야 할 것이다. 이를 위해서 항만운영사에서는 각 항만의 현재 상황을 면밀히 분석할 필요가 있으며, 지속적으로 항만공사 및 중앙정부에 의지를 알려서 지원 방안 및 협조 체계를 구축하여야 한다.

4) 지방자치단체의 역할

(1) 온실가스 배출저감 계획 수립 필요

환경부에서는 2007년 8월 31일 대기환경규제지역을 관할하는 시·도지사가 지역특성에 맞는 대기질 개선대책을 추진할 수 있도록 하는 내용의 “대기환경보전법시행 규칙” 개정령안을 입법예고하였다. 또한 2008년 1월 15일 동 법을 일부 개정하여 개정령안을 발표하였다. 동 법에서는 시·도지사는 대기환경규제지역의 실천계획에 대한 전년도 추진실적서를 매년 2월말까지 유역(지방)환경청장에게 제출토록 하고 있으며, 유역(지방)환경청장은 제출받은 추진실적서를 실천계획과 비교·평가 후 그 결과를 통보하여 시·도지사가 평가결과를 반영하도록 하고 있다(안 제19조, 제20조). 이와 같이 지역의 대기오염에 대한 책임의 지방자치단체장에게 있으며, 이의 개선을 위한 방안수립 및 추진의 책임도 함께 갖는다. 따라서 인천, 광양 및 부산 등 항만이 위치한 지역의 대개오염개선을 위한 계획의 수립이 절

실히 필요하다. 그러므로 각 지방자치단체별로 대기환경보전팀을 구성하여 지속적이고 체계적으로 온실가스 배출저감 계획수립 및 이의 추진을 해야 한다.

(2) 대기오염 통제관리 시스템 구축 필요

각 지역 항만에서의 효율적인 온실가스배출 저감을 위한 추진을 위해서는 계획을 수립하는 것이 중요하지만 수립된 계획의 지속적인 추진이 더 중요한 문제이다. 따라서 온실가스배출을 저감하기 위한 시스템구축 및 이의 통제관리를 위한 모니터링 시스템을 구축하는 것이 무엇보다도 중요한 문제이다. 이의 효율적인 추진을 위해서는 지역의 정부·지방자치단체·학계·산업계가 합심해서 온실가스배출 저감을 위한 시스템 구축에 참여하고 지속적으로 관리하여야 하며 이의 추진을 위한 협의체를 구성하여야 한다.

참 고 문 헌

<국내 문헌>

- 김우선, “체계적배치계획을 이용한 컨테이너터미널 시설물배치 연구”, 「해양 정책연구」, 한국해양수산개발원, 2005. 6.
- 김우선, “컨테이너터미널 에너지비용 절감방안 연구”, 「수시연구보고서」, 한국해양수산개발원, 2007.
- 김우선, “전기식 RTG(Rubber Tyred Gantry)의 적용성 분석연구”, 「해양수산」, 한국해양수산개발원 2008.5.
- 로스엔젤레스&롱비치, “산 페드로 베이항 청정 대기 행동 계획”, 「기술연구 보고서」, 로스엔젤레스&롱비치, 2006.
- 부산항만공사, 「부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계」, 2002~2007.
- 장운재·김중수, “친환경 항만을 위한 항만개발 우선순위 평가 및 보상전략 분석”, 「해양환경안전학회 2007추계학술발표대회 논문집」, 해양환경안전학회, 2007.
- 정봉민·장형탁, “환경친화적 항만개발 및 운영방안”, 「기본연구보고서」, 한국해양수산개발원, 2003.
- 최용석·김우선·하태영, “컨테이너터미널의 리모델링 방안 연구”, 「기본연구 보고서」, 한국해양수산개발원, 2005.
- 최상희·심기섭·김우선·하태영, “국내 항만기술개발 로드맵 수립 연구”, 「기본연구보고서」, 한국해양수산개발원, 2007.
- 최용석·하태영·김우선, “컨테이너터미널의 분리게이트 설계적용 분석”, 「한국항해항만학회 2005추계학술대회 논문집」, 한국항해항만학회, 2005.
- 토마스 사티 저, 조근태·홍순욱·권철신 역, 「리더를 위한 의사결정」, 동현출판사, 2006.
- 하태영·신재영·최용석, “이송장비의 Pooling 운행방식에 따른 터미널 하역

- 생산성 효과’, 「한국항해항만학회 2005춘계학술대회논문집」, 한국항해항만학회, 2005.
- 하태영 · 최용석, “고성능 안벽크레인의 터미널 하역 생산성 비교분석”, 「한국항해항만학회지」, 한국항해항만학회, 2005.
- 하태영 · 최용석, “자동화 컨테이너 터미널의 셔틀 캐리어 이송능력 분석”, 「한국시물레이션학회지」, 한국시물레이션학회, 2005.
- 한국해양수산개발원, 「지구촌 해양·수산」, 제410호.
- 한국해양수산개발원, “KMI 해양수산 현안분석-항만의 대기오염 규제와 정책 시사점”, 국제물류연구팀, 2005.

<해외 문헌>

- Rudolft III, Davis C., “Container-crane Productivity : Can it Keep up with Container Ship Size Increase?”, *Port Technology International*, 14th Edition, 2001.
- Nishimura, Etsuko, Akio Imai, Stratos Papadimitriou, “Yard trailer routing at a maritime container terminal”, *Transportation Research*, Part E 41, 2005.
- Informa, “Maritime & Transport”, *Cargo Systems*, 2003. 3.
- Pirhonen, Jari, “Environmentally Friendly and Highly Productive Terminals: A Realistic Vision?”, *TOC Americas*, 2006.
- Michael A. Jordan, S.E., “Quay Crane Productivity”, *TOC Americas*, 2002.
- Michael A. Jordan, S.E., “Super Productive Cranes”, *TOC Europe*, 1997.
- Phaal, R., C. J. P. Farrukh and D. R. Probert, “Technology Roadmapping - A Planning Framework for Evolution and Revolution”, *Technological Forecasting and Social Change*, 2004.
- Port of Los Beach, 「Green Port Policy-Quarterly Report #3」, 2005. 12.
- Port of Los Angeles, 「Alternative Maritime Program(AMP)」, 2005. 11.
- Port of Los Angeles, 「Clean Air Initiatives」, 2005. 11.
- Port of Oakland, 「Clean Air Programs」, 2005. 7.
- Port of Oakland, 「LNG alternative Cold-Ironing」, 2007. 9.

Starcrest Consulting Group, 「The Port of Los Angeles Inventory of Air Emissions 2005-Technical Report」, 2007.

<http://www.bromma.com> : Bromma 홈페이지

<http://www.exindus.com>

<http://www.hktl.com> : 한국허치슨터미널주식회사 홈페이지

<http://www.jwdgroup.com> : 중고 컴퓨터 아이템 거래 홈페이지

<http://www.kalmarind.com> : Profuture 홈페이지

<http://www.liftech.net> : Liftech 홈페이지

<http://www.pect.co.kr> : 부산 컨테이너터미널 홈페이지

<http://www.pncport.com/work/facilities.php>

<http://www.polb.com> : 롱비치항만(Port of Long Beach) 홈페이지

<http://www.portoflosangeles.org> : 로스엔젤레스항만(Port of Los Angeles) 홈페이지

<http://www.shinsundae.co.kr> : 신선대컨테이너터미널 홈페이지

<http://www.utc21.co.kr> : 우암터미널 홈페이지

<http://www.zpmc.com> : Shanghai Zhenhua Port Machinery 홈페이지

용어 및 약어

1노트	knot. 1노트는 1시간에 1해리의 거리를 주행하는 속도임 (1knote=1852m/hour)
1해리	해상에서의 거리단위로 1해리는 약 1852미터에 해당하는 거리임
게이트	컨테이너터미널의 출입구를 말함
기계적생산성	하역장비의 기계적 제원에만 근거한 작업생산성을 말함
내부차량	야드트럭을 총칭하는 말
반입	수출 컨테이너가 터미널에 입고되는 업무를 지칭하는 말
반출	수입 컨테이너가 터미널에서 출고되는 업무를 지칭하는 말
베이(bay)	20피트 컨테이너 1개 길이로 블록의 가로크기를 나타낼 때 사용하는 단위임
블록	장치장에 가로 및 세로로 구분된 구획을 일컫는 말
선박총톤수	선박이 화물을 적재할 수 있는 최대중량
선석	컨테이너터미널에서 1대의 선박이 접안할 수 있는 안벽시설 공간
순작업생산성	컨테이너 크레인(C/C)이 선박으로부터 작업시간당 처리한 컨테이너 수량을 말하며, 작업이 이루어지는 동안에 발생한 식사시간, 교대시간 등의 작업중단시간을 모두 제외한 순수한 작업시간을 기준으로 산출한 값
안벽	선박이 접안하는 해측 방향의 부지영역을 일컫는 말
안벽장비	선박으로부터 컨테이너를 싣고 내리는 작업을 하는 하역장비를 총칭하여 일컫는 말

야드	컨테이너터미널에서 컨테이너를 보관하는 장소를 일컫는 말
야드장비	컨테이너터미널에서 장치장의 컨테이너를 취급하는 장비를 총칭하여 일컫는 말
야드트럭(YT)	안벽과 장치장간의 컨테이너 운반에 사용되는 전용트럭(Yard Truck)을 말함
양하	컨테이너를 선박으로부터 내리는 하역작업
외부차량	반출입 컨테이너를 운반하는 차량
이송장비	컨테이너터미널에서 컨테이너를 운반하는 차량을 총칭하여 일컫는 말
장치장	컨테이너를 적재하는 터미널 내 블록형태의 공간
선박재항시간	선박이 터미널에 입항하여 출항할 때까지의 시간을 말함
적하	컨테이너를 선박에 적재하는 하역작업
ACDI	Automatic Container Damage Inspection의 약자로 고해상도의 2D 영상으로 컨테이너의 손상여부를 자동으로 판별해내는 기술
AGV	Automated Guided Vehicle의 약자. 무인 컨테이너 운반차량으로 안벽과 장치장간의 컨테이너를 운반하는 전용차량
ALV	Automated Lifting Vehicle, 자가하역차량
AMP	Alternative Maritime Power의 약자로 선박이 정박 중에 필요로 하는 동력을 육상에서 전기로 공급하는 기술
ATC	Automated Transfer Crane의 약자로 무인자동으로 운영되는 RMGC를 말함
BCTOC	Busan Container Terminal Operation Corporation, 부산자성대부두 운영사

Boom section	컨테이너 크레인의 상단에 위치한 수평프레임을 말함
C/C	Container Crane의 약자로 안벽장비를 말함
CTA	Container Terminal Altenwerder의 약자로 독일의 1단계 자동화 컨테이너터미널을 말함
CTB	Container Terminal Burchardkai의 약자로 독일의 2단계 자동화 컨테이너터미널을 말함
DGPS	Differential Global Positioning System의 약자로 자동 위치파악 시스템
Double Trolley	2개의 트롤리가 독립적으로 작업하는 방식의 컨테이너크레인
DSRC	Dedicated Short Range Communication의 약자로 단거리전용통신시스템
Dual Trolley	2개의 트롤리가 연동되어 작업하는 방식의 컨테이너크레인
EDI	Electronic Data Interchange System의 약자로 전자서류 전송시스템
E-RTG	Eco-RTG의 약자로 전기동력을 사용하는 RTG를 말함
ETCS	Electronic Toll Collection Service의 약자로 자동요금징수시스템
HIT	Hongkong International Terminal의 약자로 홍콩국제터미널을 말함
ITDS	Internal Tractor Deployment System의 약자로 내부 이송차량 전달시스템을 말함
ITS	Intelligent Transport Systems의 약자로 지능형 교통시스템을 말함

KVA	전력용량을 나타내는 단위로 Kilovolt Ampere의 약자이며? 1kva=0.746kw에 해당함
OCR	Optical/Computer Character Recognition의 약자로 영상문자 인식 시스템을 말함
On-Dock	터미널 내부의 장치장만을 이용하는 컨테이너 처리 업무를 총칭하는 말
PSA	Port of Singapore Authority의 약자로 싱가포르 항만공사를 말함
RFID	Radio Frequency Equipment Identification의 약자로 무선주파수 인식시스템을 말함
RMGC	Rail Mounted Gantry Crane의 약자로 바닥에 설치된 레일을 이 용하여 블록을 이동하는 장치장 하역장비
RTG(C)	Rubber Tired Gantry Crane의 약자로 고무바퀴형 타이어를 이 용하여 블록을 이동하는 장치장 하역장비
SHST	Single Hoist Single Trolley의 약자로 싱글트롤리형 컨테이너크 레인을 말함
Supertainer	2개의 트롤리와 1개의 트래버서가 부착된 컨테이너크레인으 로 미국 Paceco에서 개발
Tandem	2개의 컨테이너를 평행하게 집어 하역하는 방식
TC	Transfer Crane의 약자로 야드크레인을 말함
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit의 약자로 20feet 컨테이너 1개를 말함
Twin-lift	20피트 컨테이너 2개를 직렬로 나란히 집어 하역하는 방식

부록 1 : 대기오염물질의 종류

대기오염물질은 물질의 연소·합성 및 분해과정에서 발생하는 무색, 무취의 기체상 오염물질을 말하며, 자연적으로는 화산활동, 산불, 번개 등에 의해서 발생하며, 인위적으로는 가스상 물질은 연소·합성 및 분해시 발생하거나 물리적 성질에 의해서 발생한다. 가스상 대기오염물질은 셀 수 없이 많으나 그 중 대표적인 물질로는 황화합물, 질소산화물, CO, CO₂, 염화수소, HC, 오존 등이 있다.

1. 황산화물(SO_x ; Sulfur Oxides)

자연에 존재하는 석탄과 oil류는 모두 0.1~0.5% 이상의 유황을 함유하며 이들 연료가 연소할 때 SO₂ 의 SO₃ 발생율은 40~80 : 1로 생성되며 따라서 SO_x로 표시되는 황산화물에는 아황산가스(SO₂), 3산화황(SO₃), 아황산(H₂SO₃), 황산(H₂SO₄), 황산동(CuSO₄), 황산칼슘(CaSO₄), 황산마그네슘(MgSO₄) 등의 황산염 등이 포함되나 배기가스 내에서는 주로 아황산가스, 삼산화황 형태가 주를 이루며 그중 아황산가스가 대부분이므로 배기가스 실측에 있어서는 아황산가스를 주로 하고 있다.

대기오염측면에서는 광화학반응이나 축매반응에 의하여 다른 오염물질과 반응하여 삼산화황, 황산, 기타 황산염 등의 2차오염물질을 형성하며 대기의 습도가 높을 때는 물과 반응하여 아황산이나 황산방울 등의 aerosol 을 생성시켜 시야의 감소와 빛의 분산, 금속 및 재료의 부식, 식물 및 인간과 동물 등에까지 영향을 미치게 된다. 대기 중의 SO₂ 는 시간당 약 0.1~0.2%씩 태양광선에 의해서 산화되어 매우 작은 입자를 형성하게 된다. 그러나 공기 중에 HC나 NO_x가 존재할 경우 이 산화율은 약 10배 정도가 증

가하게 되며 다시 물과 반응하여 황산 mist를 빠른 속도로 생성하게 되므로 빛의 분산을 크게 하고 시야감소의 영향을 미치게 된다. 무수아황산, 이산화황이라고도 불리며, 분자식은 SO_2 이고, 분자량이 64.06인 불쾌한 자극취가 있는 무색의 불연성 기체로서 물에 잘 녹고, 초산, 에탄올, 클로로포름, 에테르에도 녹으며, 기체밀도는 2.9이고, 액체비중은 1.43이다. 이 물질은 수분이 존재할 때는 환원작용을 나타내며, 금속에 대하여 부식성이 강하다. 농업용 훈증제, 살균, 살충제, 과일 및 야채의 부패를 방지하기 위한 보존제, 표백제, 펄프공업, 광유의 정제 (방향족 성분의 용제추출), 각종 아황산염과 화학약품의 제조 등에 사용된다. 아황산가스가 인체에 미치는 영향은 그 농도와 노출시간이 문제된다. 아황산가스는 고농도일수록 비강 또는 인후에서 많이 흡수되며, 저농도인 경우에는 극히 저율로 흡수된다고 한다. 고농도일수록 기관까지 도달하는 양은 많고 비강과 인후에 미치는 피해는 크다. 또한 호흡을 빨리하면 할수록 많이 도달한다. 비강과 인후에 흡착된 아황산가스는 점막액과 함께 황산을 형성하여 결국 염증을 일으킨다.

이와 같은 기전으로 눈에 자극을 주어 안질환을 일으킨다는 보고도 있다. 아황산가스는 안개가 많이 끼고 습도가 높을 때 호흡기 질병 이환율이 높으며 사망률도 높다고 보고되고 있다. 호흡기질환으로는 폐기종, 기관지염 및 폐렴인 것은 잘 알려져 있다. SO_3 는 호흡기 계통에서 분비되는 점막에 흡착되어 작용하여 궤양을 일으켜서 세균에 의한 2차적 감염을 쉽게 일으킨다. 급성 피해로는 불쾌취기, 시야감축, 생리적 장애, 압박감, 기도저항증가 현상이 나타나고, 만성피해는 폐렴, 기관지염, 천식, 폐기종, 폐쇄성 질환 등을 유발한다.

2. 질소산화물(NO_x ; Nitrogen Oxides)

질소산화물은 연소공기 중에 포함된 질소 및 연료 중에 함유된 질소분이 연소온도에 영향을 받아 산소와 결합하여 여러 가지 질소산화물(NO₂ , NO, N₂ O, N₂ O₃ , N₂ O₄ , N₂ O₅)이 생성되는 것이므로 총칭하여 NO_x로 표시한다. 연소온도가 높을수록 많이 생성되며, 이 중에서 대기오염에 영향이 제일 많은 이산화질소(NO₂)는 적갈색의 자극성 냄새가 있는 유독한 기체이며, 연소과정에서 배출된 일산화질소(NO)가 증기 중에서 산화하여 생성되기도 한다.

이산화질소는 온도에 따라 변화가 심하여 온도가 20°C이하가 되면 무색기체인 4산화2질소(N₂ O₄)가 되고 또 온도가 20°C이상이면 무색기체인 일산화질소로 분해되기도 한다. 질소산화물의 영향은 인간과 동식물 및 재산상에 피해를 주며 산성비 생성과 Oxidant 생성에 주요 원인 물질이 되기도 한다. NO는 무색, 무취의 기체로서 물에 0.07/1 정도의 비율로 녹으며 비등점은 -151.8°C이고 비중은 1.27이다. NO₂ 는 적갈색의 자극성 기체로서 물과 반응하여 HNO₂ 와 HNO₃ 를 만든다. 비등점은 21.3°C이고 비중은 1.59이다. 자동차의 가속과 고온 연소 시 다량 발생하며 폭약, 비료, 필름의 제조, 금속의 부식, 사진건판 등이 있다.

이산화질소로 인한 급성 피해증상을 살펴보면 그 자체가 직접적으로 눈에 대한 자극이 없다는 것을 제외하고는 아황산가스의 피해와 거의 비슷한 호흡기 질환 즉, 기관지염, 폐기종 및 폐렴 등은 같지만 아황산가스는 천식까지 진전된다는 점과 이산화질소에서 섬유성 패쇄기관지성염, 폐암을 일으킨다는 점에서 같다. 이산화질소는 혈색소와는 친화력이 강하며 용혈을 일으키는 것이 특이하다. 이산화질소는 적갈색으로 무색의 NO보다 독성이 5~7배 강하며, NO₂ , NO 와 같이 대기 중 고농도로 존재할 경우 단독으로 독성을 가진다(NO₂ 의 독성은 O₃ 보다 약한 편이다).

질소화합물은 식물보다도 사람이 피해를 받기 쉽다. NO_x는 대기 중 HC(주로 olefins), 자외선(또는 가시광선)의 영향으로 O₃, HCHO, PAN 등의 각종 산화제를 생성하므로 코, 눈, 점막 등을 자극하여 광화학스모그를 발생시킨다.

3. 산화물(Oxidant)

Oxidant는 2차 오염물질로서 대기 중에서 질소 산화물과 탄화수소가 자외선에 의한 촉매반응으로 광화학 스모그가 생성되어 축적되며, 생성된 광산화물질은 O₃, Formaldehyde, Acrolein, PAN(Peroxy Acetyl Nitrate : C₂ H₃ NO₅)등이 있다.

오존은 무색, 무미, 해초냄새의 기체로 강한 산화력이 있어 KI녹말종이를 푸른색으로 변화시킨다. 분자량 48, 비등점 -112°C, 비중 1.67로 고무제품을 손상시킨다. 포름알데히드는 Methanal이라고도 불리며, 분자식은 HCHO이고 분자량이 30.03인 자극취가 있는 투명한 액체로서 물에 잘 녹고 (55%이상), 에테르, 알코올에도 녹고, 지용은 0.815(20°C), 증기밀도는 1.075이며, 융점은 -92°C이고, 비등점은 -19.5°C, 인화점은 300°C이다. 아크로레인은 분자식CH₂=CHCHO, 휘발성이며 폭발성이 있다. 비등점은 52.5°C이고 인화점은 -18°C다.

이러한 산화물이 인체에 미치는 영향은 오존의 경우 산화력이 강하므로 눈을 자극하고 물에 난용성이므로 쉽게 심부까지 도달하여 폐수종, 폐출혈 등을 유발시킬 수 있다. 화학적으로 활발한 가스이므로 방사선과 비슷한 DNA, RNA에 작용하여 유전인자에 변화를 일으킬 수 있으며, PAN, 아크로레인은 2차오염물질로 강산화제로 작용하여 눈을 자극한다.

4. 탄화수소(Hydrocarbons)

탄화수소는 탄소와 수소의 화합물로서 정유시설, 자동차 및 페인트 도장시설 등에서 발생되며 유기물질의 부패 시 메탄가스 상태로 발생되기도 한다. 그리고 화산작용, 산림의 화재 및 천연가스의 배출 등에서도 생성되어 대기 중에서 발견되는 각종 탄화수소의 종류는 약 60여 가지에 이르고 알려져 있으나 이러한 탄화수소의 종류는 수없이 많이 존재하며 실험방법에 따라 많은 차이를 보이고 있다.

탄화수소의 주성분은 알켄(Alkane)인데 이중에서도 메탄(CH_4)이 거의 대부분을 차지하며 총탄화수소의 거의 반을 점유하고 그 이외의 주요물질로는 아세틸렌 방향족 등이 있다.

특히 탄화수소 중에서 메탄은 매우 낮은 광화학 작용력을 가지고 있기 때문에 탄화수소의 농도 측정 시에 흔히 메탄계와 비메탄계의 탄화수소로 구별하여 측정한다. 탄화수소는 그 자체로서도 유해한 성분들이 있으나 광화학작용에 의하여 알데히드를 포함한 각종 산화성 물질을 생성하게 될 때 피해가 나타난다. 인체에 미치는 영향으로는 포름알데히드(HCHO)는 흡입하였을 때 또는 피부 점막에 접촉하였을 때 유해한 작용을 나타낸다. 다만, 적절한 작업조건과 합리적인 주의로 이행할 때는 건강장애는 일어나지 않는다. 기본적으로 중요한 것은 될 수 있는 한 접촉을 않도록 하는 것이다. 또한, 아세트알데히드(CH_3CHO)는 특히 기상에 있어서 인체에 대하여 국소적 자극작용이 있어 그 증기는 눈, 코, 목구멍 및 호흡기관을 자극한다. 높은 농도의 증기를 다량으로 흡입하면 사망에 이르는 경우도 있다.

5. 불소화합물(Fluoride)

불소(Fluorine)는 결코 자연 상태에서 존재하지 않으나 불소화합물의 형태로 흔히 식물이나 각종 광물에서 발견된다. 대기 중에 존재하는 각종 불소화합물은 대부분 인산비료, 알루미늄, fluorinated hydrocarbon, fluorinated plastics, 우라늄 및 그 밖의 각종 중금속의 제조공정에서 발생한다. 특히 인산비료의 주원료인 인산염은 약 3.5~4.0%의 불소화합물을 포함하고 있으며, Silicon tetrafluoride의 형태로 직접 비료제조공정에서 사용되는 불소화합물 중 약 1/3~1/2 정도는 불화수소로 가수분해되어 대기 중에 가스나 mist의 형태로 존재한다.

아울러 보크사이트(Al_2O_3)로 알루미늄을 제조하는 과정에서도 상당량의 Cryolite($Na_3 AlF_6$)가 생성되어 주로 불화수소나 tetrafluoride를 발생케 한다. 불소는 원자량이 19이고 비등점이 $-188^{\circ}C$ 이기 때문에 통상 기체로 존재하며, 비활성기체보다 전자를 한 개 적게 가지므로 대단히 활성이 강한 화합물을 형성하는데, 기체상태의 불소화합물로서는 F_2 , HF , SiF_4 , H_2SiF_6 등이 있는 것으로 알려져 있다. 할로젠화 불소원료, 로켓 연료, 금속용접, 유리가공에 이용되며, 불소수지, 방부제, 살충제의 제조 등 매우 넓은 용도로 쓰인다.

또한, 주요 배출원으로서 인산 및 인산비료 제조공정, 1차 알루미늄 제조공정, Fluorinated Hydrocarbon 제조공정, Fluorinated Plastic 제조공정, Uranium 광 제련공정, 석탄의 연소 등이 있다. 인체에 미치는 영향으로는 불화수소(HF)의 경우 농도가 진하여지면 생체에 심하게 작용한다. 낮은 농도의 경우에도 그 자리에는 외견상 아무런 감각적 이상을 인식하지 아니하였거나 수시간 후에 통증을 느끼고 특히 손끝에 닿게 될 경우 국부의 발열, 통증을 일으켜 며칠 후 화농의 결과로 손톱이 빠지고 참을 수 없는 증상을 나타내기도 한다.

또한, 사람이 견딜 수 있는 HF의 농도는 32~110ppm으로 알려져 있지만 HF가 공기 중에 50ppm 존재할 때 3시간 정도 후면 증상이 나타난다. 600ppm에서는 30~60분간의 흡입으로 치명적 손상을 입기도 한다. HF를 취급하는 작업원이 장시간 가스를 들이마신 경우 만성 장애로 뼈의 과잉증식(Fluorosis), 간장, 신장 장애등이 나타난다.

6. 일산화탄소(CO : Carbon Monoxide)

불의 사용, 산림의 화재, 화산의 폭발 등으로 대기를 오염시킨 역사가 긴 일산화탄소는 주로 연료의 불완전 연소 시에 많이 발생하는데, 특히 자동차 배기가스에서 많이 배출되어, 차량의 급증과 함께 주요 대기오염 물질의 하나로 부각되고 있다.

일산화탄소는 분자량이 28.01인 냄새가 없는 맹독성의 무색의 기체로서 비중은 0.968이고, 융점은 -205.0°C , 비등점은 -191.5°C 이며, 인화점은 608.9°C 이고, 폭발한계는 12.5~75%(공기 중)이다. 이 물질은 유황, 염소, 철, 니켈 등과 반응하고, 각종의 유해 또는 위험한 화합물을 만들며, 공기와의 혼합가스는 불꽃이 있으면 쉽게 폭발한다.

메탄올 합성, 포스젠, 철, 니켈 등의 탄화물제조 등에 사용되고, 주요 발생장소로는 코크스연료로, 제련, 석유화학, 야금공업 등 화염을 취급하는 작업, 유기합성, 주물공업, 초산제조, 암모니아제조, 맥주발효, 수산제조, 터널작업, 수성가스 등을 들 수 있다.

급성피해는 역시 농도와 노출시간이 문제되며, 실제로는 혈색소와 결합된 CO의 정도, 즉 혈중 일산화탄소의 포화도(% COHb)에 의해서 증상이 달라진다. 혈색소가 산소와 결합하는 힘에 비해 CO의 친화력이 210배나 산소보다 강하기 때문에 산소결핍증을 유발하게 되어 증상이 일어나게 된다.

즉, 혈액소의 고유기능인 산소운반에 장애를 초래하여 각 조직에 산소를 공급하지 못하여 저산소증을 초래하고 산소해리를 처리하는 이중작용을 한다.

CO의 급성중독은 뇌조직과 신경계에 가장 많은 피해를 준다. 청력과 시력이 극히 악화되며, 뇌혈관이 확장되고, 삼투력이 증가되고, 뇌에 압박을 가하여 뇌척추액압을 상승시킨다. 이 결과 뇌기능이 감퇴되어 사고가 둔해진다. 특히, 사고능력의 저하보다 운동신경과 근육마비가 먼저 나타난다. 심한 중독의 경우 뇌조직이 분열되어 조직학적인 변화를 일으키며, 또한 의식이 회복되지 않은 채 사망하는 예도 많다. 이외에도 식욕감퇴와 장운동의 저하, 위점막의 침식으로 인한 출혈과 부종이 일어난다. 갑상선과 부신피질활성이 항진되며 혈중 당분 상승, 탄산가스배출의 억제로 체온이 떨어진다. 신진대사 과정에서 생성의 원인으로 정상인에 있어서도 약 0.5%의 COHb가 나타난다. COHb가 0.5%이상이라면 호흡에 의한 원인이다.

7. 이산화탄소(CO₂ : Carbon dioxide)

화석연료의 연소로 인해 배출되는 이산화탄소는 정상대기 중에 약 0.03% 정도 존재하며 동식물 성장에 필수불가결한 물질이다. 그러나 이산화탄소가 재료에 손상을 입히며, 기온의 변화를 가져온다는 대기의 온실효과학설이 발표되면서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한, 이산화탄소 농도는 실내공기 오염의 지표로 활용되기도 한다.

분자량은 44, 비등점 -78°C, 비중 1.53, 융점 -56.5°C의 무색, 무미의 기체이다. 물에 녹인 것은 청량음료로 사용되며 고체는 dry ice라고 불린다. 배출원은 석탄, 석유 또는 천연가스 등의 화석연료의 연소, 산림의 화재, 기타 인간의 호흡 등이 있는데 그 일부는 바다에 용해되어 순환하거나 식

물에 의해 흡수된다. 흡입 공기 중 이산화탄소 농도가 20~30%이면 인체의 조직은 적당량의 산소 공급을 받지 못하게 되어 저산소증을 나타내게 된다. 혈중 이산화탄소의 농도가 달라지면 연수와 동맥에 있는 화학수용기를 자극하여 뇌의 호흡 조절 부위와 자율신경계에 자극을 전달함으로써 호흡과 혈류를 조절한다.

8. 암모니아(NH₃)

암모니아는 대기 중에 0.006~0.02ppm 정도의 background 농도로 존재하며, 5ppm 이하의 농도에서도 냄새로 감지할 수 있으며, 100ppm의 농도에서 강한 냄새, 즉 코에 자극을 일으키며, 피해를 일으키는 한계농도는 약 20ppm 정도이다. 특히 식물에 있어서 피해를 입은 부분은 노란색을 띄우며, 비교적 높은 농도 하에서는 엽록소가 완전히 파괴되지 않은 상태 하에서도 세포를 죽일 수 있다.

분자식은 NH₃ 이고, 분자량이 17.03인 코를 찌르는 자극취가 있는 무색의 기체로서 증기밀도는 0.6이고 융점은 -77.7℃이며, 비등점은 -33.35℃이고, 발화점은 651℃이다. 이 물질은 물에 잘 녹아 수산화암모늄이 된다. 용도는 질소비료, 질산, 냉매, 무기약품, 염료의 산성중화제, 고무산화제, 의약, 금속표면의 질화, 폭약, 나일론 및 아크릴로니트릴 제조에 사용된다.

암모니아 용액이 눈과 피부에 닿으면 심한 손상과 함께 실명과 부식성 피부화상을 입게 되며 밀폐된 장소에서 폭로될 경우 성문 및 기관지 경련과 폐부종이 급작히 유발되어 호흡 정지로 사망을 초래하기도 한다. 그러나 대부분의 암모니아 폭로는 비교적 저농도 혹은 중등도 농도의 경우로 점막 자극증상이 현저하며 때로 두통, 흉통, 오심 및 구토 등이 동반되기도 한다. 만성 폭로 시에는 취기에 대한 내성이 생겨 무후각증을 초래할 수도 있다.

9. 염화수소(HCl)

염화수소는 유독성 기체로서 물에 잘 녹는다. HCl의 농도가 대기 중에 50~100ppm일 경우 사람이 작업을 할 수 없으며 10~50ppm정도에서는 작업은 하나 어려움이 뒤따르며 또한 저농도에서 장시간 노출될 경우 이가 부식되는 원인이 된다고 한다.

대기 중에 염화수소가 1~5ppm인 경우 대부분의 사람은 맛으로 감지할 수 있다. 염산가스라고도 불리며 물에 녹아서 염산이 된다. 분자식은 HCl이고, 분자량은 36.47이며, 강한 자극취가 있는 무색의 기체로서 기체밀도는 1.639(0℃)이고, 융점은 -114.3℃이며 비등점은 -84.8이고, 증기압은 4.0atm(17.8℃)이다. 이 물질은 공기 중에서 물에 녹기 쉬운 성질 때문에 염산의 mist로 존재한다. 전지, 의약품, 염료, 비료, 금속세정, 유기합성, 도자기 제조, 식품처리, 염화비닐의 제조 등에 사용된다.

10. 염소(Cl₂)

황록색 기체로서 자극성 냄새를 가지며 점막을 자극하는 유독한 기체이다. 비중은 2.49, 비등점은 -34.7℃, 용융점은 -103℃이다. 물에 녹기 쉬우며 그 수용액은 염소수라 한다. 강한 산화력을 이용, 살균제, 표백제로 쓰이며, 요오드화칼륨 녹말종이를 푸르게 하는 성질을 이용하여 염소의 검출에 이용된다.

염소의 건강장애는 독성이 강하고 고농도의 가스를 흡입하면 호흡기계를 자극하여 사망하기도 한다. 피부에 접촉 시 염증을 초래하고 액화염소의 경우는 동상을 초래하기도 한다. 급성중독증상은 눈 및 호흡기계의 점막에 나타난다. 증상은 가스농도와 개인차 및 취급경험 등에 따라 그 차이가 있다.

11. 황화수소 (H₂S ; Hydrogen sulfide)

유화수소라고도 불리며 분자량이 34.08인 무색 가연성의 달걀 썩는 냄새가 나는 기체로, 물에 녹고, 에탄올, 이황화탄소, 사염화탄소 등에 녹으며, 비중은 1.54(0℃)이고, 증기밀도는 1.19이며, 융점은 -85.5℃이고, 비등점은 -60.4℃이며, 인화점은 260℃이다. 분석시약, 금속의 정제, 각종 공업약품, 용제, 농약, 의약품의 제조 등에 사용되고 또한 유기합성에서 중요한 환원제로도 사용되며, 주요 배출원은 코크스 제조, 타르 증류, 석유 및 가스 정제, 펄프공장, 각종의 화학공업 등이다.

황화수소는 독성이 강하며 고농도 가스를 많이 흡입하면 즉사한다. 눈이나 호흡기계를 자극하여 심한 통증이 일어나는데 이는 황화수소가 점막에 작용하여 자극성의 산이 생기기 때문이며 수일이상 작업불능상태가 되는 경우도 있다. 중요증상은 다음과 같다. 중독증상은 일반적으로 급성이나 특정작용이 없다. 100ppm 정도의 농도 가스에 단시간 접촉하면 눈, 코, 목구멍에 만성 자극증상이 일어난다. 중추신경을 마비시키므로 실신하거나 호흡정지(질식증상)를 일으킨다. 또한 실신할 때 넘어지거나 떨어져서 외상을 입는 경우가 있으므로 주의할 필요가 있다.

12. 이황화탄소(CS₂ ; Carbon disulfide)

유화탄소라고도 하며, 무색 내지는 옅은 노랑색이며, 강한 불쾌한 냄새가 난다. 비등점이 46℃인 휘발성 액체이며, 물에는 녹지 않으나, 유지, 황, 고무, 요오드, 노란인 등을 잘 녹인다. 농약제조, 농작물 훈증제, 염료, 의약품, 고무제조, 유기용제, 수지제조, 성냥제조, 로켓연료제조, 석탄가스제조시 발생한다. 이황화탄소는 그 증기를 흡입한다든지, 액체상태의 이황화

탄소가 피부나 점막에 장시간 접촉한다든지 또는 이것을 마신다든지 하면 유해하며, 주로 신경계통의 장애를 일으킨다.

급성중독의 경우 파이프의 파열이나 탱크의 파손 등에 의해 우발적으로 또는 탱크내 작업 중 부주의로 1000ppm이상의 고농도의 이황화탄소에 접촉 또는 가스를 흡입한 경우 급성 중독을 일으킨다. 중독증상은 알코올, 클로로포름 등의 마취현상과 비슷하고 보통 흥분상태를 거쳐 마비상태로 되며, 의식이 몽롱하게 되는데, 심하면 호흡곤란을 일으켜 사망한다. 회복기에는 맹렬한 두통, 토기, 어지러움, 불면, 망각증상 등이 나타나는 데 후유증은 거의 없다.

아급성중독의 경우 수백 ppm의 이황화탄소 증기 분위기에서 매일 작업을 계속할 때는 수 주나 수 개월 후에 두통, 신경과민, 야간에는 불면, 주간에는 졸린 형태, 각종 자율신경장애, 성욕감퇴, 소화불량 등의 증상이 나타난다. 이러한 환경상태가 더욱 지속되면 돌연 정신장애를 가져오는 경우가 있다. 그러나 이러한 정신장애는 이황화탄소 환경으로부터 벗어나면 수주간 회복되는 것이 보통이다.

만성중독의 경우는 수십 ppm에 가까운 이황화탄소 분위기에는 만성 중독에 걸리는 때가 있다. 이러한 증상은 본인도 모르는 사이에 발생한다. 전신 권태, 두통(후두부), 어지러움, 망각, 가슴이 답답한 상태, 주의집중이 안되고 우울한 상태, 불면, 다몽 또는 다리가 피로한 상태 등으로 나타난다. 신경질(소위 노이로제), 다리가 말을 안 듣고, 마치 각기병과 같은 상태가 된다. 그 외에도 가벼운 빈혈을 초래하는 예가 있고 최근에는 이황화탄소 중독에 의한 동맥경화증의 존재가 문제시되고 있다.

13. 악취(Offensive odor)

악취는 대기오염물질 중에서 가장 복잡한 결합물질 중의 하나이다. 악취는 가장 정확하다고 생각되는 측정기구인 사람의 취각에 의존하며 사람이 감지할 수 있는 최저농도를 최저감지취(MIO ; Minimim Identificable Odor)라 한다. 또한 악취는 사람에 따라 감지 정도가 다르고 심리적인 작용, 냄새에 대한 익숙정도가 크게 좌우된다.

우리나라 환경보전법상 악취의 정의는 ‘황화수소, 메르캡탄, 아민류, 기타 자극성 있는 기체성 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새’로 규정하고 있다. 화학구조로 볼 때 유황 혹은 질소를 포함하는 유기화합물로 구성되어 있으며, 악취의 발생은 인간의 다양한 활동에 의해 생성된다.

인간의 산업활동에 의해서 생기는 악취는 석유화학공업, 식품제조 및 가공, 펄프제지공업, 비누공업 등 광범위하다. 또한 산업시설이 아닌 것에는 쓰레기야적장, 분뇨정화조, 하수처리시설, 채소쓰레기더미, 경작 등이 있다.

14. 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds)

VOCs는 상온, 상압에서 액체상이나 고체상으로 존재할 수 있지만, 대기 중에서는 가스상으로 존재하는 모든 유기화합물질로 정의할 수 있다. 탄소와 수소만으로 구성된 탄화수소류와 할로겐화 탄화수소, 질소나 황 함유 탄화수소 등 상온·상압에서 기체상태로 존재할 수 있는 모든 유기성 물질을 통칭하는 의미로 사용되며, 넓은 의미로는 반휘발성 유기화합물도 포함될 것이다.

우리나라의 경우 각종 연료규제와 주거지역에 대한 청정연료의 보급이 확대됨에 따라 점오염원과 면오염원에서 배출되는 아황산가스, 분진 및 일

산화탄소와 같은 기준성 오염물질들의 대기 중 농도는 점차 감소하고 있어 후진국형 대기오염의 유형으로부터 탈피하고 있다. 그러나 최근에 급속히 증가하고 있는 자동차로 인하여 특히 도시지역에서의 탄화수소와 질소산화물 등의 농도는 각종 연료정책에도 불구하고 여전히 증가할 것으로 예상된다. 따라서 향후 국내 도시지역에서 대두될 가장 심각한 대기오염현상으로는 광화학 스모그와 같은 Los Angeles형 대기오염문제일 것으로 예상되며 서울과 대도시 일원에서는 이미 하절기 중 이러한 징후가 나타나고 있으므로 이에 대한 시급한 대책수립과 기본자료의 수집에 대한 필요성은 매우 크다고 사료된다.

대기 중에는 차량(주로 가솔린)의 배기관 배출가스와 증발배출에 의한 탄화수소 이외에 도장·인쇄업과 세탁업, 유기합성공업, 석유정제공업 등 유기용제의 제조·사용공정 등에 의한 각종 유기용제류 성분이 많이 관측되는 것으로 보고되었다(도장공학, 1993). 이러한 유기용제류는 대부분 VOC로 대기 중에서 여러 반응에 참여한다. VOC는 다수 화합물의 총칭으로 광화학스모그 원인물질일 뿐만 아니라 발암성 등의 유해물질, 지구온난화와 성층권 오존층의 파괴 원인물질, 대기 중 악취물질 등 많은 환경문제에 관련되어 있다. 따라서 VOC는 대기 중에서의 반응특성과 규제·관리 목적에 따라 종류별로 그룹화될 수 있다.

특히 성층권 오존층의 파괴와는 반대로 대류권 오존의 증가는 그동안 산성비가 원인으로 주목된 삼림피해에 관여하고 있다는 연구가 보고됨에 따라 전 지구적인 환경문제로 주목을 끌게 되었다. 또한 오존의 특수성인 이동성 및 광역성에 의해 광화학오존은 한 특정지역 또는 한 국가만의 오염문제로 국한되지 않고 전 지구차원의 환경문제로 점차 등장하여 transboundary pollutants로 고려되고 있다. 이에 따라 오존을 형성하는 데 기여하는 전구물질의 저감문제는 한 지역뿐만 아니라 근접 국가 간에도 중요시 되고 있는 상황이다.

부록 2 : 전문가 면담 질의서

**친환경 항만운영기술
적용 및 실행방안 연구**

2008.

**본 조사표에 기재된 내용은 연구목적 이외에는
사용되지 않으며 대외비로 취급됩니다.**



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

안녕하십니까?

귀하와 귀사의 무궁한 발전과 건승을 기원합니다.

본 연구는 환경친화적인 항만개발을 위한 국가적 정책방안을 수립하는데 근본적인 연구의 목적이 있습니다.

이에 본 연구원에서는 국내항만에 실질적으로 적용 한 항만운영기술을 발굴하여 각 적용기술에 대해 관련전문가의 면담조사를 수행하고 있습니다. 다년간 현업에서 많은 실무경험을 쌓으신 귀하의 의견을 참조하여 해당 기술대안의 적용성과 우선순위를 작성코자 하오니 아무쪼록 바쁘시더라도 귀사(기관)의 적극적인 의견 개진이 국가 항만분야의 정책수립에 크게 기여한다는 점을 인지하시고 성실히 답변해 주시면 대단히 감사하겠습니다.

면담질의서의 작성으로 인하여 귀하에게 어떠한 책임도 없음을 말씀드리며, 아울러 본 조사결과는 친환경 항만개발 및 운영을 위한 정책방향과 전략수립의 목적으로만 사용할 것을 말씀드립니다.

2008.

조사기관 : 한국해양수산개발원(KMI) 해양물류연구부

담당자 : 김우선, 최종희, 최상희, 하태영

TEL : 02-2105-2889, 2885, 2888, 2887

FAX : 02-2105-2799

주소 : 서울시 마포구 상암동 1652번지(KBS미디어센터빌딩 16층)

한국해양수산개발원 해양물류연구부

질의 1) 다음의 친환경 항만운영기술 대안을 각각 단기, 중기, 장기적인 관점에서 항만에 도입할 경우 그 적용기간에 대한 의견을 말씀해 주십시오.

친환경 항만운영기술 대안		단기	중기	장기
①	선박 운항속도감속			
②	연료유변경			
③	촉매제사용			
④	저감기사용			
⑤	자동접안시스템			
⑥	AMP			
⑦	클린십			
⑧	C/C작업대수 증대			
⑨	C/C성능제고			
⑩	멀티로드 스프레더			
⑪	신개념 C/C 개발			
⑫	장비성능제고			
⑬	시설배치재정립			
⑭	전기식TC			
⑮	사전예약제			
⑯	비피크인센티브			
⑰	에너지세이빙			
⑱	멀티차량			
⑲	빈이동최소화			
⑳	24시간 운영			
㉑	적정시설규모			
㉒	무정차시스템			
㉓	분리게이트			

질의 2) 다음의 친환경 항만운영기술 대안에 대해 시급성, 효과성, 적용성 측면에서 의견을 말씀해 주십시오(5점 척도치 기준).

친환경 항만운영기술 대안		시급성	효과성	적용성
①	선박 운항속도감속			
②	연료유변경			
③	축매제사용			
④	저감기사용			
⑤	자동접안시스템			
⑥	AMP			
⑦	클린십			
⑧	C/C작업대수 증대			
⑨	C/C성능제고			
⑩	멀티로드 스프레더			
⑪	신개념 C/C 개발			
⑫	장비성능제고			
⑬	시설배치재정립			
⑭	전기식TC			
⑮	사전예약제			
⑯	비피크인센티브			
⑰	에너지세이빙			
⑱	멀티차량			
⑲	빈이동최소화			
⑳	24시간 운영			
㉑	적정시설규모			
㉒	무정차시스템			
㉓	분리게이트			

주 : 5(아주 높음), 4(높음), 3(보통), 2(낮음), 1(아주 낮음)

친환경 항만운영기술 적용 및 실행방안 연구

2008年 12月 29日 印刷

2008年 12月 31日 發行

編輯兼 姜 淙 熙
發行人

發行處 韓國海洋水產開發院
서울특별시 마포구 상암동 1652

전 화 2105-2700 FAX : 2105-2800

등 록 1984년 8월 6일 제16-80호

組版 · 印刷 / 영진인쇄사 734-3713 정가 15,000원

판매 및 보급 : 정부간행물판매센터 Tel : 394 - 0337