기본연구 2015-11

벌크항만 미래 기술개발 전략수립 연구

A Study on Future Technology Development Strategy of Bulk Ports

2015. 12.

최상희·이언경·전형모

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

보고서 집필 내역

〈연구책임자〉
최 상 희 : 제1장, 제5장, 제6장5절, 제7장1,2절

〈연구진〉
이 언 경 : 제2장, 제4장1,3절, 제6장3,4절, 제7장2절
전 형 모 : 제3장, 제4장2,4절 제6장1,2절, 제7장2절

산·학·연·정 연구자문위원

전 영 환 (범한엔지니어링)
심 영 석 (코리아테크인스펙션 부사장)
박 태 건 (SMH 연구소장)
이 종 수 (SMH 이사)
유 중 원 (해양수산부 사무관)
고 규 환 (해양수산부 사무관)

* 연구자문위원은 산·학·연·정 순임

연구감리자

김 형 태 (한국해양수산개발원 연구위원)

발간사

2008년 글로벌 금융위기로 촉발된 세계 경제는 EU의 부채부담, 투자위축, 중국경제 성장율 저하 등으로 좀처럼 회복세를 보이지 못하고 있다. 특히 해운·항만물류부문에서 세계 경제 어려움의 직접적 영향을 받고 있다. 2015년 12월 세계 제1위의 컨테이너선사인 머스크는 실적저조로 인한 대규모 구조조정을 단행할 예정이며 건화물선 시장 또한 선박 공급과잉으로 인해 '14년 대비 평균 34%의 BDI 하락률을 보이고 있는 실정이다. 항만물류업계 또한 소폭의 물동량 증가세를 보이고는 있으나 신규 항만의 건설은 과거에 비해 매우 저조한 상태이다.

이러한 와중에 IoT(Internet of Things), 드론(Drone), 로봇, 빅테이터 등 첨단기술의 발전으로 인한 미래 융합 기술이 등장하고, 동 기술들을 항만물류에 적용하여 자동화, 첨단화를 통한 물류비용 절감과 서비스 개선을 추진하려는 노력이 곳곳에서 일어나고 있다. 또한 항만 운영에 있어서는 테러의 위협 증가로 인한 항만의 보안 강화와 항만작업의 안전사고를 예방하기 위한 노력이 강화되고 있다. 이와 더불어 '15년 12월 세계 기후변화에 강력히 대응하는 글로벌 신 기후변화협약의 강제 의무이행으로 녹색기술의 중요성은 그 어느 때보다도 커지고 있는 실정이다.

이러한 관점에서 살펴보면 벌크항만은 위에 제시된 여러 물류환경 변화와 많은 연관성을 가지고 있다. 즉, 컨테이너 부두에 비해 상당수의 항만 노동인력이 중량물 하역작업에 종사하고 있어 항상 안전사고에 노출이 되어 있다. 또한 양곡, 석탄(원료), 철재, 고철과 원목 등 분진, 먼지, 산화물 가루 등 부두 전체에 오염물질이 퍼져 있으며 기계화와 자동화가 급속히 진전되어가고 있다.

그 동안 우리는 해운항만물류 분야에서 컨테이너 부문을 많이 연구해 왔고 또 앞으로도 많은 연구가 이루어질 것이다. 이에 반해 하역요율 및 부두운영 개선 등 일부 운영적 부분을 제외하고는 벌크 분야에 대한 연구범위 확대와 심도 있는 연구가 부족한 것이 사실이었다. 기본적으로 항만건설, 운영 및 유지관리는 하역, 운송, 보관, 적재, 포장과 같은 물류활동의 기능을 수행하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어적 기술들을 기반으로 한다.

본 연구에서는 위와 같은 벌크항만의 미래 환경변화에 대응하기 위해 우리나라에서는 최초로 「벌크항만 미래 기술개발 전략」이라는 주제로 연구를 수행하였다. 동 연구를 통해 우리 미래의 벌크항만을 고생산성, 안전성, 친환경성, 경제성의 모습을 가질 수 있도록 세계를 선도하는 항만건설과 운영전략을 제시하고자 하였다.

동 연구결과에 대해 벌크항만 관련기술 개발자는 동 분야의 신 성장 산업을 발굴하고 기술을 선도하는데 활용하고 기술 수요자는 현장의 애로점 해결과 경영개선을 달성하는데 활용될 수 있길 바란다. 아울러 정책 당국자에게는 벌크항만 현장과 관련 산업계의 목소리를 반영하여 우리나라 미래 벌크항만 운영 및 기술정책을 수립하는 지침서가 되기를 기대한다.

본 연구는 한국해양수산개발원의 최상희 연구위원이 연구책임을 맡고 이언경 전문연구원, 전형모 전문연구원이 공동으로 보고서를 집필하였다. 본 연구의 완성도를 높이기 위해 실시한 현장 문제점 발굴, 기술 수요 조사, 기술 선정 및 AHP 설문 등 많은 시간을 들여 참여해주신 현장 관계자와 기획위원회 전문위원 분들에게 진심으로 감사의 말씀을 드린다. 아울러 본 연구의 집필 방향과 아낌없는 조언을 해주신 김형태 감리위원님, 외부자문과 평가를 담당해주신 KOTEC 심영석 부사장님, SMH 박태건 소장님, 범한ENG 전영환 전무님, 해양수산부 유중원, 김세희, 고규환 사무관님께 감사의 말씀을 전하고자 한다.

2015년 12월

한국해양수산개발원

원 장 김 성 귀

목 차

Executive Summary ····· i

제1장 서 론 ····· 1

1. 연구의 배경 및 필요성 ····· 1
2. 연구의 목적 ····· 4
3. 연구의 범위와 방법 ····· 5

제2장 벌크항만의 기술요소 분석 ····· 10

1. 벌크항만의 환경 변화 ····· 10
2. 벌크항만 기술 구성요소 분석 ····· 17

제3장 국내외 벌크항만 운영현황 ····· 32

1. 해외 벌크항만 운영실태 ····· 32
2. 국내 벌크항만 운영실태 ····· 50

제4장 벌크항만 기술 수요조사 ····· 93

1. 문헌 기술 수요조사 ····· 93
2. 현장 기술수요 조사 ····· 111
3. 수요업체 전문가 기술 수요조사 ····· 122
4. 제작업체 전문가 기술 수요조사 ····· 140

제5장 벌크항만 기술 개발전략 및 분류체계 수립 ····· 147

제1절 기술 개발전략 및 분류체계 ····· 147

1. 기술개발 전략 ····· 147
2. 기술 분류체계 ····· 149

제2절 벌크항만 기술 분류모형 ····· 152

1. 벌크항만 기술개발 전략 ····· 152
2. 벌크항만 기술 분류모형 ····· 153
3. 벌크항만 기술 후보군 기술 분류 ····· 158

제6장 벌크항만 개발기술 선정 및 개발로드맵 (Technology Roadmap) 작성 ····· 167

제1절 국내 미래 벌크항만 기술 분석 및 선정 ····· 167

1. 벌크항만 기술 선정 절차 ····· 167
2. 개발후보기술 정의 ····· 168
3. 기술선정 평가기준 수립 ····· 170
4. 기술평가 및 선정 ····· 172
5. 미래 벌크항만 기술 최종선정 종합 ····· 180

제2절 국내 미래 벌크항만 기술 개발 우선순위 ····· 182

1. 개발우선순위 선정절차 및 기준 ····· 183
2. 평가요소 가중치 추정 ····· 184
3. 절대평가 결과 ····· 187
4. 우선순위 도출 ····· 191

제3절 기술개발전략에 따른 국내 대응기술트리(Tree) 작성 ····· 193

1. 미래형 벌크항만 관련 세부개발기술 ····· 194
2. 고생산성 벌크항만 관련 세부개발기술 ····· 195
3. 안전한 벌크항만 관련 세부개발기술 ····· 197
4. 친환경 벌크항만 관련 세부개발기술 ····· 199
5. 경제적 벌크항만 관련 세부개발기술 ····· 200

제4절 개발시기별 개발로드맵 작성(단기/중기/장기) ····· 201
1. 미래형 벌크항만 기술 ····· 204
2. 고생산성 벌크항만 기술 ····· 204
3. 안전한 벌크항만 기술 ····· 206
4. 친환경 벌크항만 기술 ····· 207
5. 경제적 벌크항만 기술 ····· 207
제5절 개발 추진체계 ····· 208

제7장 결론 및 정책제언 ····· 212

제1절 결론 ····· 212
1. 연구결과 ····· 213
2. 연구의 한계점 ····· 214
3. 벌크항만 기술 정책 추진방향 ····· 215
제2절 정책제언 ····· 216
1. 벌크항만 연계 현장 수요형 기술개발과 단계별 R&D 추진제도 확립 ····· 216
2. 벌크항만 기술 발전 협의기구 구성 및 시장정보시스템 구축 ····· 218
3. 벌크항만 운영 및 기술 가이드북 개발 ····· 220
4. 교육기관 내 벌크항만 운영훈련 교육환경 조성 ····· 222
5. 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20) 사업개편에 미래 벌크항만 기술 반영 ····· 223

참고문헌 ····· 228

부록1. 기술개요서 ····· 235

부록2. 서면자문서 ····· 272

표 목 차

〈표 1-1〉 기술개발 로드맵 수립목적과 범위에 의한 유형 ····· 6
〈표 1-2〉 국가과학기술위원회의 기술 로드맵 수립 ····· 6
〈표 1-3〉 산업자원부의 부품·소재 기술 로드맵 수립 ····· 6
〈표 1-4〉 삼성종합기술원의 기술 로드맵 수립 ····· 7

〈표 2-1〉 세계 해상 물동량 추이 ····· 13
〈표 2-2〉 국내 벌크화물 물동량 ····· 14
〈표 2-3〉 선박 발주 현황 ····· 16
〈표 2-4〉 석탄부두(철광석부두)의 구성요소 ····· 23
〈표 2-5〉 고철부두의 구성요소 ····· 24
〈표 2-6〉 원목부두의 구성요소 ····· 25
〈표 2-7〉 양곡부두의 구성요소 ····· 26
〈표 2-8〉 철재부두의 구성요소 ····· 27

〈표 3-1〉 캠벌라항 석탄 하역장비 ····· 36
〈표 3-2〉 뉴캐슬항 석탄 하역장비 ····· 40
〈표 3-3〉 다므라항 석탄 하역장비 ····· 43
〈표 3-5〉 해외 주요 벌크항만 첨단/고생산성/친환경 장비 ····· 49
〈표 3-6〉 해외 주요 벌크항만 낙후시설 및 문제점 ····· 49
〈표 3-7〉 광양항 원료부두 석탄 하역장비 ····· 54
〈표 3-8〉 인천남항 석탄부두 하역장비 ····· 57
〈표 3-9〉 인천남항 양곡부두 하역장비 ····· 61
〈표 3-10〉 평택·당진항 양곡전용부두 하역장비 ····· 65
〈표 3-11〉 인천북항 대주중공업 원목부두 하역장비 ····· 70
〈표 3-12〉 인천북항 원목부두 하역장비 ····· 73

〈표 3-13〉 포항항 포스코 철재부두 하역장비 ····· 78
〈표 3-14〉 광양항 포스코 제품부두 하역장비 ····· 83
〈표 3-15〉 국내 주요 벌크항만 첨단/고생산성/친환경 장비 ····· 87
〈표 3-16〉 국내 주요 벌크항만 낙후시설 및 문제점 ····· 88
〈표 3-17〉 국내 벌크항만 안전사고 유형 및 원인 ····· 92

〈표 4-1〉 쉽언로더 방식에 의한 분진 발생 정도 비교 ····· 105
〈표 4-2〉 벌크터미널 무인화 기술 ····· 108
〈표 4-3〉 벌크터미널 작업 안전성 확보 기술 ····· 108
〈표 4-4〉 벌크터미널 경제성 확보 기술 ····· 109
〈표 4-5〉 벌크터미널 생산성 향상 기술 ····· 109
〈표 4-6〉 벌크터미널 친환경 기술 ····· 110
〈표 4-7〉 생산성 개선 기술 ····· 114
〈표 4-8〉 작업안전 강화 기술 ····· 118
〈표 4-9〉 장비운영 및 경제성 측면 ····· 120
〈표 4-10〉 벌크하역 문제점 및 대응기술 정리 - 환경적 측면 ····· 122
〈표 4-11〉 석탄부두의 무인화 기술 ····· 123
〈표 4-12〉 원목부두의 무인화 기술 ····· 123
〈표 4-13〉 양곡부두의 무인화 기술 ····· 124
〈표 4-14〉 철재 부두의 무인화 기술 ····· 124
〈표 4-15〉 석탄부두의 안정성 확보 기술 ····· 125
〈표 4-16〉 원목부두의 안정성 확보 기술 ····· 126
〈표 4-17〉 양곡부두의 안정성 확보 기술 ····· 126
〈표 4-18〉 철재부두의 안정성 확보 기술 ····· 127
〈표 4-19〉 석탄부두의 경제성 확보 기술 ····· 128
〈표 4-20〉 원목부두의 경제성 확보 기술 ····· 129
〈표 4-21〉 석탄부두의 생산성 향상 기술 ····· 130
〈표 4-22〉 원목부두의 생산성 향상 기술 ····· 131
〈표 4-23〉 양곡부두의 생산성 향상 기술 ····· 131
〈표 4-24〉 철재부두의 생산성 향상 기술 ····· 133
〈표 4-25〉 석탄부두의 친환경 기술 ····· 134

〈표 4-26〉 원목부두의 친환경 기술 ····· 134
〈표 4-27〉 양곡부두의 친환경 기술 ····· 135
〈표 4-28〉 철재부두의 친환경 기술 ····· 135
〈표 4-29〉 수요기업의 벌크항만 무인화 기술 ····· 136
〈표 4-30〉 수요기업의 벌크항만 안정성 확보 기술 ····· 137
〈표 4-31〉 수요기업의 벌크항만 경제성 확보 기술 ····· 138
〈표 4-32〉 수요기업의 벌크항만 생산성 향상 기술 ····· 139
〈표 4-33〉 석탄부두의 친환경 기술 ····· 140
〈표 4-34〉 항만시설확보율 추이 ····· 143
〈표 4-35〉 고성능 하역장비 설계 및 엔지니어링 관련 ····· 146
〈표 5-1〉 기술의 단계와 유형(Ⅰ) ····· 149
〈표 5-2〉 기술 유형(II) ····· 149
〈표 5-3〉 기술 분류 원칙 ····· 150
〈표 5-4〉 벌크항만 기술 적용대상에 따른 분류(X축) ····· 155
〈표 5-5〉 벌크항만 물류기능에 따른 분류(Z축) ····· 155
〈표 5-6〉 벌크항만 기술개발 목적 및 활용에 따른 분류(Y축) ····· 156
〈표 5-7〉 3차원 분류모형별 기술후보군 기술 분류 ····· 158
〈표 5-8〉 본연구의 FAST 기법을 응용한 기술 분류 목적 ····· 160
〈표 5-9〉 기술후보군의 목표 및 기능 및 요소기술 ····· 161
〈표 5-10〉 FAST에 따른 기술 분류2 (고생산성 벌크항만) ····· 162
〈표 5-11〉 FAST에 따른 기술 분류3 (안전한 벌크항만) ····· 164
〈표 5-12〉 FAST에 따른 기술분류4 (친환경 벌크항만) ····· 165
〈표 5-13〉 FAST에 따른 기술분류5 (경제적 벌크항만) ····· 165

〈표 6-1〉 미래형 벌크항만 개발후보기술 ····· 168
〈표 6-2〉 미래형 벌크항만 기술선정 기준 ····· 172
〈표 6-3〉 평가점수 지표 ····· 173
〈표 6-4〉 신개념 벌크항만 기술선정 결과 ····· 174
〈표 6-5〉 고생산성 벌크항만 기술선정 결과 ····· 175
〈표 6-6〉 안전한 벌크항만 기술 선정 결과 ····· 176
〈표 6-7〉 깨끗한 벌크항만 기술 선정 결과 ····· 177

〈표 6-8〉 경제적인 벌크항만 기술 선정 결과 ····· 179
〈표 6-9〉 깨끗한 벌크항만 기술 선정 결과 ····· 180
〈표 6-10〉 미래형 벌크항만 개발기술 ····· 181
〈표 6-11〉 미래형 벌크항만 기술 우선순위 평가요소 ····· 183
〈표 6-12〉 미래형 벌크항만 기술 쌍대비교 점수 ····· 184
〈표 6-13〉 필요성 vs 시급성 비교표 예시 ····· 184
〈표 6-14〉 일관성 검토 결과 ····· 185
〈표 6-15〉 미래형 벌크항만 기술 우선순위 평가요소 가중치 ····· 187
〈표 6-16〉 미래형 벌크항만 기술별 절대평가요소 점수 ····· 188
〈표 6-17〉 미래형 벌크항만 개발기술 절대평가 결과 ····· 189

〈표 6-18〉 미래형 벌크항만 기술 개발우선순위 ····· 191
〈표 6-19〉 유사기술 통합 결과 ····· 194
〈표 6-20〉 미래형 벌크항만 요소기술과 세부개발기술 ····· 195
〈표 6-21〉 고생산성 벌크항만 요소기술과 세부개발기술 ····· 195
〈표 6-22〉 안전한 벌크항만 요소기술과 세부개발기술 ····· 197
〈표 6-23〉 친환경 벌크항만 요소기술과 세부개발기술 ····· 199
〈표 6-24〉 경제적 벌크항만 요소기술과 세부개발기술 ····· 200
〈표 6-25〉 벌크항만 선정기술별 개발 시작 시점 로드맵 ····· 203
〈표 6-26〉 미래형 벌크항만 기술 로드맵 ····· 204
〈표 6-27〉 고생산성 벌크항만 기술 로드맵 ····· 205
〈표 6-28〉 안전한 벌크항만 기술 로드맵 ····· 206
〈표 6-29〉 친환경 벌크항만 기술 로드맵 ····· 207
〈표 6-30〉 경제적 벌크항만 기술 로드맵 ····· 207
〈표 6-31〉 벌크항만 기술개발 전략별 특성분석 ····· 209
〈표 6-32〉 벌크항만 기술개발 추진 주체 ····· 210
〈표 6-33〉 벌크항만 선정기술별 개발 예산확보 주체 ····· 210

〈표 7-1〉 R&D 사업화 성공률 저하 요인 ····· 217
〈표 7-2〉 단계별 R&D 연구개발사업 추진제도 ····· 218
〈표 7-3〉 벌크항만 기술 시장정보시스템 구축방안 ····· 220

〈표 7-4〉 벌크항만 운영 및 기술 가이드북 개발 단계 ····· 221
〈표 7-5〉 벌크항만 운영 및 장비 사용 교육훈련 환경 조성 ····· 223
〈표 7-6〉 미래 벌크항만 해양수산 R&D 중장기계획 반영가능 기술 및 추진로드맵 ····· 226

그림목차

〈그림 1-1〉 연구 흐름도 ····· 9

〈그림 2-1〉 Stopford의 5단계 해상무역 발전 사이클 ····· 11
〈그림 2-2〉 GDP 성장률과 세계 교역량과의 관계 ····· 12
〈그림 2-3〉 GDP와 해상 물동량과의 관계 ····· 12
〈그림 2-4〉 건화물선 선형별 선박량 변화 ····· 15
〈그림 2-5〉 정보수집 및 교환 방법의 변화 ····· 17
〈그림 2-6〉 석탄부두 및 철광석부두 전경 ····· 18
〈그림 2-7〉 고철부두 전경 ····· 19
〈그림 2-8〉 원목부두 전경 ····· 20
〈그림 2-9〉 양곡부두 전경 ····· 21
〈그림 2-10〉 철제품에 대한 주요 하역장비 및 철재부두 전경 ····· 22
〈그림 2-11〉 철광석부두 물류프로세스 ····· 28
〈그림 2-12〉 석탄부두 물류프로세스 ····· 29
〈그림 2-13〉 고철부두 물류프로세스 ····· 29
〈그림 2-14〉 원목부두 물류프로세스 ····· 30
〈그림 2-15〉 양곡부두 물류프로세스 ····· 30
〈그림 2-16〉 철재부두 물류프로세스 ····· 31

〈그림 3-1〉 캠벌라항 석탄하역 쉽로더 ····· 33
〈그림 3-2〉 캠벌라항 스태커 크레인 ····· 34
〈그림 3-3〉 캠벌라항 버켓휠 리클레이머 ····· 35
〈그림 3-4〉 캠벌라항 분진방지 스프링클러 ····· 35
〈그림 3-5〉 뉴캐슬항 석탄하역 쉽로더 ····· 37
〈그림 3-6〉 뉴캐슬항 석탄부두 이송장치 ····· 38
〈그림 3-7〉 뉴캐슬항 석탄부두 리클레이머 ····· 39

〈그림 3-8〉 다므라항 쉽언로더 ····· 41
〈그림 3-9〉 다므라항 석탄부두 이송장치 ····· 42
〈그림 3-10〉 다므라항 석탄부두 스태커/리클레이머 ····· 42
〈그림 3-11〉 FAP 양곡터미널 전경 ····· 44
〈그림 3-12〉 FAP 양곡터미널 하역기 ····· 44
〈그림 3-13〉 FAP 밀폐형 이송장비 ····· 45
〈그림 3-14〉 FAP터미널 양곡저장시설 ····· 45
〈그림 3-15〉 원목 선측하역장면 ····· 47
〈그림 3-16〉 FAP터미널 양곡저장시설 ····· 48
〈그림 3-17〉 광양항 포스코 원료부두 하역기 ····· 51
〈그림 3-18〉 광양항 포스코 원료부두 낙탄 차단장치 ····· 51
〈그림 3-19〉 광양항 원료부두 이송용 컨베이어 ····· 52
〈그림 3-20〉 광양항 원료부두 이송용 컨베이어 모니터링 ····· 52
〈그림 3-21〉 광양항 포스코 원료부두 야적장 ····· 52
〈그림 3-22〉 광양항 포스코 원료부두 스태커/리클레이머 ····· 52
〈그림 3-23〉 광양항 포스코 원료부두 야드 장비 관제실 ····· 53
〈그림 3-24〉 당진항 현대제철 완전 밀폐형 원료부두 ····· 54
〈그림 3-25〉 인천남항 석탄하역기 제원 ····· 55
〈그림 3-26〉 인천남항 벨트컨베이어 제원 ····· 56
〈그림 3-27〉 인천남항 방진막 현황 ····· 56
〈그림 3-28〉 인천남항 스태커/리크레이머 ····· 57
〈그림 3-29〉 인천항 양곡하역기 ····· 58
〈그림 3-30〉 인천항 양곡이송 벨트컨베이어 ····· 59
〈그림 3-31〉대한사이로 저장/출고장비 ····· 60
〈그림 3-32〉 평택당진항 양곡하역기 ····· 62
〈그림 3-33〉 평택·당진항 양곡이송 벨트컨베이어 ····· 63
〈그림 3-34〉 평택·당진항 양곡보관용 사일로 ····· 63
〈그림 3-35〉 평택·당진항 출고장비 ····· 64
〈그림 3-36〉 평택·당진항 출고장비 ····· 64
〈그림 3-37〉 인천 대주중공업 부두 엔진그랩 ····· 66
〈그림 3-38〉 인천 대주중공업 크롤러 크레인 ····· 67

〈그림 3-39〉 인천 대주중공업 낙피 문제 ····· 68
〈그림 3-40〉 인천 대주중공업 이송 및 야드 장비 ····· 68
〈그림 3-41〉 간이방역 및 세륜시설 ····· 69
〈그림 3-42〉 원목운송차량 ····· 69
〈그림 3-43〉 크롤러 크레인 ····· 71
〈그림 3-44〉 이송장비 ····· 72
〈그림 3-45〉 임시방역시설 ····· 72
〈그림 3-46〉 후판 마그넷 장비 ····· 74
〈그림 3-47〉 포스코 철재하역장비 ····· 75
〈그림 3-48〉 선내 철재이송장비 ····· 76
〈그림 3-49〉 포스코 팔레트 캐리어 ····· 77
〈그림 3-50〉 포항항 구형 BTC ····· 79
〈그림 3-51〉 광양항 신형 BTC ····· 79
〈그림 3-52〉 광양항 원격조정실 ····· 80
〈그림 3-53〉 코일 자동 줄걸이 장비 ····· 80
〈그림 3-54〉 광양항 포스코 제품부두 NCC ····· 81
〈그림 3-55〉 광양항 포스코 제품부두 Ro-ro 운송시스템 ····· 82
〈그림 3-56〉 인천항 현대제철부두 모바일 하버크레인 ····· 85
〈그림 3-57〉 인천항 현대제철부두 낙철 방지 사이드 망 ····· 85
〈그림 3-58〉 인천항 현대제철부두 선내 고철적재 모습 ····· 86

〈그림 4-1〉 상하이 러징부두 자동선적시스템 ····· 94
〈그림 4-2〉 타이창우항 부두 자동 버켓휠 리클레이머 ····· 94
〈그림 4-3〉 텐진항 음성센서를 이용한 크랙 검사 기술 ····· 95
〈그림 4-4〉 장쑤성 우항부두 및 텐진항 석탄부두의
3D 가상 안전 작업 환경 구축 기술 ····· 96
〈그림 4-5〉 Vale사의 벌크터미널 운영 및 훈련 시뮬레이터 ····· 96
〈그림 4-6〉 장비 원격 유지보수 시스템 ····· 97
〈그림 4-7〉 Vale사의 벌크터미널 가상 건설 시뮬레이션 시스템 ····· 98
〈그림 4-8〉 Midwest Energy 터미널의 석탄 컨베이어 장비 업그레이드 ·· 98
〈그림 4-9〉 벌크터미널 계획 시뮬레이션 기술(장비투입 시뮬레이션) ··· 99

〈그림 4-10〉 Vale사의 철광석 리클레이머 최적 운영 시뮬레이션 시스템 ···· 100
〈그림 4-11〉 DBIS의 실시간 벌크항만 통합 운영 및 관리 시스템 ····· 101
〈그림 4-12〉 TBA의 실시간 벌크항만 통합 운영 및 관리 시스템 ····· 101
〈그림 4-13〉 접이식 컨베이어형 쉽로더(shiploader) 시스템 ····· 102
〈그림 4-14〉 이동식 접이식 컨베이어가 장착된 트럭 언로더(truck unloader) ··103
〈그림 4-15〉 Moduflex사의 모듈화된 로딩 슈트 ····· 103
〈그림 4-16〉 장비조합 및 에너지저감 장치 효과 분석 및
예측 시뮬레이션 시스템 ····· 104
〈그림 4-17〉 최신 분진 방지 시스템 ····· 105
〈그림 4-18〉 분진방지를 위한 석탄부두 후드&스푼(hood & spoon) 디자인 ·· 106
〈그림 4-19〉 Princesse Chloe 플로팅 석탄 터미널의 친환경 장비 개선 기술 107
〈그림 4-20〉 선내 작업 시 작업자 투입 상황 ····· 116
〈그림 4-21〉 코일 위치조정 ····· 116
〈그림 4-22〉 코일 회전 ····· 116
〈그림 4-23〉 국내항만 시설소요 및 하역능력 비교 ····· 142
〈그림 4-24〉 국내 벌크항만 장비 노후화 현황 ····· 144

〈그림 5-1〉 기술 연구·개발 프로세스 ····· 147
〈그림 5-2〉 다차원 기술 분류 구조 ····· 151
〈그림 5-3〉 FAST에 따른 요소기술 도출 개념도 ····· 152
〈그림 5-4〉 벌크항만 기술 분류구조 ····· 154
〈그림 5-5〉 벌크항만 기술 분류 ····· 156
〈그림 5-6〉 벌크항만 기술 분류 맵(예시) ····· 157

〈그림 6-1〉 신개념 벌크항만 요소기술 평가점수 분포 ····· 173
〈그림 6-2〉 고생산성 벌크항만 요소기술 평가점수 분포 ····· 174
〈그림 6-3〉 안전한 벌크항만 요소기술 평가점수 분포 ····· 176
〈그림 6-4〉 깨끗한 벌크항만 요소기술 평가점수 분포 ····· 177
〈그림 6-5〉 경제적인 벌크항만 요소기술 평가점수 분포 ····· 178
〈그림 6-6〉 일하고 싶은 벌크항만 요소기술 평가점수 분포 ····· 180
〈그림 6-7〉 주요 응답기업 ····· 185

〈그림 6-8〉 응답자 직위 ····· 186
〈그림 6-9〉 응답자 근무경력 ····· 186
〈그림 6-10〉 응답자 주요 취급품목 ····· 186
〈그림 6-11〉 벌크항만 기술 개요서(예시) ····· 193
〈그림 6-12〉 요소기술별 개발시점 ····· 202

〈그림 7-1〉 벌크항만물류산업발전협의회 ····· 219
〈그림 7-2〉 해양수산 R&D 중장기계획 비전 및 목표, 실행전략 ····· 224
〈그림 7-3〉 항만·해운물류 기능 고도화 중점기술 로드맵 ····· 225

Executive Summary

A Study on Future Technology Development Strategy of Bulk Ports

1. Purpose

○ This study aims to establish a road map to draw and push ahead with the future technologies of bulk ports that could become the base of new growth engine industries in the port and logistics sectors in response to the future change of logistics environment.

- Systemizing new growth engine technologies for the industrialization of port logistics technologies in the future.
- Establishing the foundation by vitalizing domestic port logistics and equipment industries and nurturing global leading companies and talents.
- Effectively operating bulk ports by developing demand-centered technologies applicable to actual sites.
- Establishing policies to develop and operate sustainable ports by considering future environment-friendliness/high productiveness/workers' safety.

2. Methodologies and Features

1) Methodologies

Feature	Details	Collecting Documents	Reason for Selection
Basic Analysis	- Analyze the technology factors of bulk ports - Research on the foreign and domestic bulk port technologies - Analyze the logistics processes by items of bulk cargo	- Related literature study - Domestic and foreign case study - Expert interview	- Conduct the analysis on basic data due to the lack of studies on domestic bulk port technologies

Feature	Details	Collecting Documents	Reason for Selection
Technology Demand Survey	- Research on the demand of domestic bulk port technologies on actual sites - Research on the demand of foreign bulk port technologies from documents - Research on demand/technology demand of manufacturers	- On-site interview - Overseas literature reviews - Interview with persons concerned	- Identify the technology demand required by domestic bulk loading and unloading/manufacturing sites - Review advanced foreign technologies thorough document research
Planning Meeting for Expert Demand	- Analyze and organize the results of the first demand survey - Establish the technology classification system - Select development technologies (including integrating similar technologies and adding omitted technologies, etc.) - Prepare the development Technology Offers	- Expert consultation and hearing of opinion - Prepare Technology Offers by experts	- Select the development technologies and prepare the Technology Offer by considering the necessity, economic feasibility, effectiveness and technology of bulk port equipment and operating engineers
Survey	- Evaluate development technologies - Draw the weighted value of evaluation index	- Survey for bulk port operating company	- Evaluate the necessity, urgency, economic feasibility, influence and technical feasibility of drawn development technologies and draw the development priorities - Establish a technology road map in accordance with the development priorities

2) Features

○ This study follows and applies existing methodologies but has some features different from existing studies.

- Combine and apply advantages by the detailed stages of the national scientific technology road map, components/material technology road map and private company technology road map, rather than simply applying a single existing methodology.
- Establish the technology classification model by using the three-dimensional model to develop technologies and classify the subjects of usage, and establish the FAST classification model to analyze consistency among technologies and technology levels and to complement technology demand.
- Conduct the 4-phased technology demand survey in a bottom-up way (literature, sites, demand/development experts) centering on on-site demand and development, rather than using the existing technology demand survey in a top-down way.
- Secure the credibility of selection results based on the three times of evaluation by the selection committee.
- Prepare the Technology Offers for all development technologies and establish a road map based on the subjective priorities.

3. Results

1) Summery

○ Comprehensively organize and analyze the detailed logistics process and composition system through research on domestic and foreign sites and documents for five docks of bulk (coal, grain, hardwood, scrap iron and steel docks).

- Classifying the features of the related technologies of major domestic and foreign bulk ports into 4 categories of high productivity, environment-friendliness, safety and cutting-edge.
- Applying one or two features out of above 4 categories to all recently constructed docks including both domestic and foreign bulk docks.
- Port equipment and systems installed currently or in the past mostly consist of foreign products, and older systems have more significant cost problems in terms of maintenance and improvement.

○ Conduct the total inspection on technologies regarding bulk ports and find the available development technologies.
- Analyzing and identifying the needs of companies and developers through domestic and foreign documents, site survey and experts' interview about the operating problems of bulk ports and resultant technology demand.
- Given these, classifying an unmanned technology, work safety, economically feasibility and environment-friendly technologies by docks, functions and applicability, and draw about 40 primary technology candidates.

○ Establish the classification system of bulk port technologies.
- Establish the technology classification system to analyze the technology level, consistency between higher and lower technologies, technology development and the subjects of usage for about 40 technology candidates.
- Set 6 technology development objectives of future bulk ports such as new concept, highly productive, safe, environment-friendly, economically feasible and worker-friendly bulk ports.
- Determine the final technology candidate by arranging the development technology functions of each objective in the hierarchy with 4 subfunctions and subdividing them into 57 bulk port technologies accordingly.

○ Draw the technology development priorities and presents the development road map
- Select 39 development technologies after the first expert evaluation based on the necessity, feasibility, marketability, profitability, economic feasibility, technology expandability and influence of technologies
- Draw the priorities of 39 development technologies by conducting the AHP questionnaire analysis for site experts
- Present the required budget for each technology by dividing the development times of each technology into 4 stages
- Divide and present a promotion method into R&D and policy project methods by securing budget for each technology and separating the subjects of development into development companies and buyer companies

2) Policy Contribution

- ○ It is possible to reflect this study into the mid and long term TRM of maritime scientific technologies based on Framework Act on Marine Fishery Development.
- ○ Expand the port logistics policy and R&D technology policy areas by broadening the technology development area from existing container cargo to bulk cargo.

3) Expected Benefits

- ○ Secure the competitiveness of international ports by strengthening the productivity, work safety and environment-friendliness of domestic bulk ports.
- ○ Induce the vitalization of port logistics and equipment industries by developing bulk port technologies.
- ○ Develop future green/safe technologies in advance and discover new growth engine industries.

제 1 장 서론

1. 연구의 배경 및 필요성[1)]

지속적인 글로벌 기후변화 대응, 미래의 클린항만 건설과 운영정책 강화에 따라 지속 가능한 벌크항만 개발과 관련 기술이 부각되고 있다. 향후 미래의 항만은 안전, 환경, 보안 및 성장 등 지속 가능성에 대응하기 위한 항만개발 및 기술정책 추진이 필요하다. 이는 곧 컨테이너보다는 환경에 영향을 더 미치는 벌크 위주의 연구와 기술개발이 더 중요하다는 의미이나, 현재까지는 컨테이너 중심항만 정책 추진으로 인해 벌크항만을 거점으로 한 기술개발 정책과 연구가 매우 미흡한 상황이다.

해운항만물류정보시스템(SP-IDC)에 따르면 2014년 국내 총 물동량 중 컨테이너 취급비율은 약30%, 벌크화물은 70%를 차지하는 것으로 조사[2)]되고 있어 그만큼 벌크화물의 중요성은 높다 할 수 있다.

Drewry의 분석[3)]에 따르면 세계 벌크화물 운송은 지속적으로 증가하고 있고, 이러한 추세는 향후에도 계속될 전망이어서 그에 따른 벌크화물 처리능력 증대와 보다 적극적인 항만서비스 향상이 필요하다. 2000년 이후 2013년까지 벌크화물 물동량 증가율은 전체 물동량 증가율을 상회하고 있으며, 특히 2010년~2013년 세계 해상화물 물동량 증가율은 3.5%였던 것에 비해 벌크화물 해상물동량 증가율은 5.9%로 1.7배 이상 높은 수요를 보이는 것[4)]으로 나타나고 있

1) 본 연구의 배경 및 필요성 부분 중 일부내용은 「KMI 웹진 디-오션(Vol. 24)」에 게제된 내용과 중복되어 있으나 이는 본 연구를 위한 사전연구 내용을 KMI의 정책소개 자료로 미리 제공한 내용임.

2) http://www.spidc.go.kr의 화물품목별(기간별/컨테이너) 처리실적 통계자료를 분석

3) Drewry Maritime Research, ‘Dry Bulk Shipping Market’, TOC Europe: Bulk Ports & Technology, 2014 발표자료

4) Drewry Maritime Research, ‘Dry Bulk Shipping Market’, TOC Europe: Bulk Ports & Technology, 2014 발표자료 참고하여 KMI 분석

다. 또한 벌크화물은 향후에도 2018년까지 일반화물 6% 성장을 포함하여 매년 4% 이상의 성장을 지속할 것으로 전망[5]하고 있다.

컨테이너선과 마찬가지로 벌크선박도 세계적으로 초대형화가 급속히 이루어지고 있는 추세이나, 국내 벌크항만의 하역장비 및 시스템은 이에 적절히 대응하지 못하고 있는 실정이다. 벌크선박은 수프라막스급은 기존 5만톤급에서 6~7만톤급으로, 파나막스급인 7~8만톤급은 캄사르막스급인 8~9만톤급으로, 케이프급인 16~18만톤급은 뉴캐슬막스(20~21만 톤급) 및 워즈막스(25~26만 톤급)으로 대형화[6]되고 있는 추세에 있다. 그러나 일부를 제외하고 국내 대다수의 벌크항만에는 20~30년 이전에 설치된 하역장비가 많아 대형화 추세에 적절히 대응하지 못하여 하역 생산성이 저하되고 있으며 동시에 노후화로 인한 유지보수비용 등 항만운영비용이 증가하고 있는 상황이다.

벌크항만은 첨단시설 도입을 통해 항만 간의 경쟁보다는 항만 내 운영의 효율성을 강화하는 데 목적이 있다. 따라서 신규 도입 비용이 적고 도입 후 교체 또는 추가 도입 빈도가 매우 적어 일정한 시장수요를 확보하기가 매우 어렵다. 또한 규모의 경제를 달성할 수 있는 범용적 설비나 장비보다는 전문화, 맞춤형 장비가 대부분을 차지하고 있어 대기업이 참여하여 시장을 선도하기가 매우 힘든 실정이다. 또한 중소기업은 기술력은 있으나 대내외적 신뢰성이 부족해 주도적인 시장 참여가 어려운 상황이다. 반면 현재 국내 벌크항만의 시스템 대부분은 해외시스템과 제품을 그대로 도입·사용하고 있어 이에 따른 고장으로 인한 장기간의 수리, 전자부품의 단종으로 고가의 유지 보수 비용 발생과 운영효율성을 저하시키는 상황에 놓여 있다. 벌크화물 관련기술과 산업은 그간 전혀 연구된 바가 없어 기술의 종속화는 상당히 심각해 질 것으로 판단된다. 따라서 전방위적으로 미래 수요(현장)중심의 기술개발 기반마련과 수요처 확대정책을 통해 관련 산업을 활성화시키고 글로벌 전문(강소)기업과 인재육성을 위한 프로그램 마련이 매우 시급하다.

---

5) Drewry Maritime Research, ‘Dry Bulk Shipping Market’, TOC Europe: Bulk Ports & Technology, 2014 발표자료 참고하여 KMI 분석

6) 한국해운신문 MEiC포커스, ‘선박공급과잉 해소, 해운시황 회복의 관건’, 2014.10.02.

현재 타 산업에 비해 해운항만을 중심으로 한 물류산업은 한계에 다다랐으며 새로운 신 성장 먹거리 창출, 일자리 창출을 위한 창조경제의 필요성이 극대화되고 있는 시점이다. 60여 년 간 집중적으로 연구, 개발해왔던 컨테이너 중심의 물류산업에서 벌크산업으로의 신산업 확대가 필요하다. 이를 위해서는 해운항만 중심의 신성장 물류기술 발굴과 기반확립이 선행되어야 한다.

미래에는 고령화에 따른 노동력 부족, 기술발전에 따른 자동화·첨단화의 진전, 항만 노동력의 고부가가치화, 친환경 기술개발 확대 등 물류환경의 급격한 변화가 예견되고 있으며 이에 대한 대응 방안 마련이 필요한 상황이다. 한국은 이미 세계에서 가장 빠른 고령화 국가 중 하나로 1990년 노인 1명당 생산인구는 13.5명이었으나, 2000년에는 9.9명으로 감소, 2025년에는 2.6명으로 급감할 전망[7]이다. IT 및 자동제어 기술 등 기술의 발전에 따라 항만 하역장비의 자동화가 지속적으로 이루어지고 있다. EU는 탄소배출량을 2020년까지는 30%, 2035년까지는 50% 감축을 목표로 하고 있으며[8], 그에 따라 물류 분야에서도 탄소 저감, 친환경 기술개발 및 운영이 지속적으로 이루어지고 있다.

이와 같은 물류환경 변화의 전망 속에서 컨테이너 부문 기술과 마찬가지로 첨단 벌크화물 기술의 개발 및 적용이 세계적으로 활발히 이루어지고 있다. 2014년 6월 런던에서 개최된 TOC(Terminal Operating Conference)에서는 플로팅 벌크 터미널, 벌크화물 안전관리 시스템, 고중량 벌크화물 처리기술, 벌크터미널 설계 및 용량분석 시뮬레이터, 첨단 친환경 컨베이어시스템, 벌크터미널 최적운영 시스템, 첨단 집진시스템, 벌크장비 모니터링 시스템 등 벌크화물 관련 첨단 기술들의 개발 및 적용 사례들이 활발히 발표[9]되었다. 실제 중국 상하이항, 호주 캠벌라항 등 세계 주요 벌크항만은 자동화 및 친환경 벌크 하역 장비 및 시스템 개발과 활용을 통해 첨단 벌크항만 기술을 선점해 나가고 있다. 특히 중국 상하이항은 ABB, Shanghai Jiao Tong 대학 등과 함께 벌크화물 자동상하역 장비, 자동 버켓스택커 및 리클레이머 등 첨단 자동화 벌크 하역 장비 개

7) 통계청, 「2014 고령자통계」, 2014.
8) 최상희 외, 「녹색기술 기반의 미래항만 개발전략과 효과분석」, 한국해양수산개발원, 2011
9) TOC Europe 2014 Bulk Seminar 발표자료, KMI 분석

발 중에 있다. 호주 캠벌라 석탄터미널은 항만 인근의 해풍 측정 및 자동 살수 시스템을 통한 야적장 분진발생 방지, 야적장과 안벽 간 지하컨베이어 운송 등 벌크항만 녹색화에 선도적 역할을 담당하고 있다.

전 세계적으로 노동인력 중심의 벌크항만의 경우 작업종사자는 안전과 건강의 취약한 상태에 노출되어 있다. 2010년 국내 산업재해자는 98,645명이며 이 중 2,200명이 사망하여[10], 사망 만인율은 일본대비 6.3배, 미국대비 3.2배, 독일대비 9.1배 등 선진국에 비해 크게 높은 것으로 나타나 있다[11]. 특히 철재, 고철, 양곡, 석탄 등 국내 벌크화물 하역작업장은 고중량 화물 취급, 분진발생 등 작업환경이 열악하여 하역작업자의 안전 및 건강을 위협하고 있어 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 첫째, 단기적으로는 벌크항만 작업환경 및 노동의존 개선기술을 개발함으로서 항만노동인력의 안전, 건강과 작업환경 개선을 시급히 이루어야 한다. 둘째, 중기적으로는 70% 이상을 취급하는 벌크화물의 기후변화 대응을 위한 친환경 기술과 물류비 절감을 위한 생산성 향상 기술 개발을 통해 항만분야의 신 성장을 위한 미래 먹거리 발굴이 이루어져야 한다. 셋째, 개발된 기술을 기반으로 국내의 모든 벌크항만에 IT기술 기반의 첨단화, 자동화시스템을 적용함으로서 도시와 결합된 클린항만, 친화적 항만건설을 목표로 하는 정부정책에 기여할 수 있도록 하여야 한다.

2. 연구의 목적

본 연구는 미래 물류환경 변화에 대응하여 항만물류 분야의 신 성장 산업 기반이 될 수 있는 벌크항만 기술개발 추진 로드맵 수립을 목적으로 한다. 이를 통해 첫째, 항만물류기술의 미래 산업화를 위한 신 성장 동력 기술 발굴과 개발체계를 수립하고 국내 항만물류 및 장비산업의 활성화와 글로벌 전문선도기업 육성, 인재양성 등의 기반을 확립한다. 둘째, 현장에 적용 가능한 수요중

10) 산업안전보건공단, 「2012년도 산업재해분석」, 2012.

11) 고용노동부, 「산업재해예방 정책의 성과와 과제: 산업·고용구조 변화에 따른 발전방향 모색」, 2012 참고, KMI 분석

심 기술발굴을 통해 효율적인 벌크항만 운영을 달성하는데 기여하고자 한다. 셋째, 벌크항만의 친환경화, 노후 항만장비의 현대화, 항만노동인력의 작업여건 개선을 위한 기술발굴로 정부의 지속 가능한 벌크항만 건설 및 운영정책 수립에 도움이 되고자 한다.

3. 연구의 범위와 방법

1) 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 벌크항만을 1차적 연구범위로 설정하며 다양한 벌크항만 중 물동량이 많고 전용하역시스템을 적용한 석탄(철광석), 양곡, 철재, 고철, 원목 전용부두를 대상으로 한다.

시간적 범위는 2014년까지 자료를 기반으로 하며 기존 국내외 벌크항만 관련 보고서, 온라인 자료 등을 활용한다. 특히 2015년 전문기획위원회, 관련 운영사의 조사를 통해 국내 벌크항만 관련기술 및 현장요구 사항을 반영토록 한다.

내용적 범위는 위에 언급된 5대 전용부두의 품목별 공급사슬(시스템) 관점과 항만 내 물류 장비·시설·정보·인력 등 자원관점에서 연구를 진행한다.

2) 연구의 방법

본 연구는 크게 3가지의 연구방법론을 설정하여 진행한다.

첫째, 벌크항만 기술개발 로드맵 수립을 위해 기존의 로드맵 수립 방법론을 최대한 활용한다. 우선 기술개발 로드맵의 작성목적과 그 범위를 구분하며 메가트렌드 분석을 통해 벌크항만산업 발전을 위한 과학기술 및 제품적 측면에서 로드맵 수립을 추진하고자 한다.

〈표 1-1〉 기술개발 로드맵 수립목적과 범위에 의한 유형

기준		작성범위	
		과학기술 전반 및 산업	기업
작성 목적	메가트렌드 분석	과학기술 로드맵 (S&T Roadmaps)	제품-기술 로드맵 (Industry-Technology Roadmaps)
	경쟁위치	산업 로드맵 (Industry Roadmaps)	제품 로드맵 (Product Roadmaps)

자료: 윤문섭외, 「국가연개발의 전략기획을 위한 새로운 연구기획방법론 개발」, 과학기술정책연구원, 2004, p89

로드맵 수립방법은 국가과학기술 로드맵, 부품/소재기술 로드맵, 민간기업기술 로드맵 등 다양한 방법이 존재하며 본 연구에 적합한 기존 로드맵 수립방법을 검토해 보았다.

〈표 1-2〉 국가과학기술위원회의 기술 로드맵 수립

단계	세부절차	내용
1단계	대상제품/ 니드(Need) 도출	• 국내외 산업 및 기술발전 전망 • 환경 및 니드 분석 • 분야별 핵심제품/니드 도출 • 종합검토 및 의견수렴
2단계	로드맵 작성	• 핵심제품/니드별 핵심기술 도출 • 기술 로드맵 작성 • 종합검토 및 수정보완

자료: 윤문섭외, 「국가연개발의 전략기획을 위한 새로운 연구기획방법론 개발」, 과학기술정책연구원, 2004, p.100.

〈표 1-3〉 산업자원부의 부품·소재 기술 로드맵 수립

단계	세부절차	내용
1단계	대상부품/ 소재도출	• 대상 분야 도출 • 미래시장 수요예측 • 동향 및 자료조사 • 세세부품/소재도출 및 우선순위 설정
2단계	목표설정	• 성능목표 설정 • 주요 기술 분야 확정 • 핵심기술 driver 파악
3단계	기술 로드맵 작성	• 기술대안 및 실현시점 전망 • 기술 로드맵 작성 • 기술 포트폴리오 • 최종검토 및 의견수렴

자료: 윤문섭외, 「국가연개발의 전략기획을 위한 새로운 연구기획방법론 개발」, 과학기술정책연구원, 2004, p.101.

〈표 1-4〉 삼성종합기술원의 기술 로드맵 수립

단계	세부절차	내용
1단계	시나리오 작성	• 변화를 초래할 수 있는 환경인자를 감안한 3~4개 시나리오 작성
2단계	핵심기술군 규명	• 각 시나리오별 미래 사업성공에 최우선되어야 할 성능을 선정 • 이에 따른 개별 핵심기술과 그룹화한 핵심기술군을 규명
3단계	로드맵 전개	• 기술군으로 얻어진 구요 기술동향이나 결과를 시간축에 따라 명시 – 특히 주요기술 및 제품, 그리고 시장에 대한 기술의 흐름이 나타나도록 로드맵을 전개
4단계	후보기술 명시	• 기술발전 추이를 주시하면서 신규 또는 돌발적 출현 가능한 주요 후보기술들을 명시
5단계	세부기술별 로드맵 작성	• Technology Program 단위의 세부기술별 로드맵을 작성
6단계	실행계획 작성	• 다양한 Technology Program 의 자원과 시간적 문제점 등을 조정하는 실행계획 작성

자료: 1. 길영준, 「전략통합형 R&D를 위한 과학적 연구방법론에 관한 연구」, 과학기술정책연구원, 2002, p.85.
2. 윤문섭외, 「국가연개발의 전략기획을 위한 새로운 연구기획방법론 개발」, 과학기술정책연구원, 2004, p.99.

3가지 로드맵 수립 방법론을 검토한 결과 민간기업 및 산업자원부의 기술로드맵 수립 방법은 전반적 기술개발 방향제시 및 정책 수립보다는 제품/부품/소재 단위의 시장판매를 위한 기술 로드맵 수립에 적합한 형태이다.

본 연구가 국가적 관점에서 수행하는 기본연구 과제인 만큼 벌크항만에 대한 기술개발 체계와 기반의 확립이라는 측면에서 로드맵을 수립하는 것이 바람직하다. 국가과학기술위원회(2004)의 기술 로드맵은 메가트렌드 분석(1단계) - 환경 및 니즈 분석/도출(2단계) -대상제품 및 핵심기술 도출(3단계) - 기술 로드맵 작성(4단계)로 이루어진다.

둘째, 벌크항만 분류체계 수립을 위해 국가과학기술표준분류체계, 국가물류표준화기술분류체계, 해양과학기술분류체계, 녹색인증분류체계(항만물류부문) 등 2차원적인 분류와 3차원 모형으로 구성된 물류기술분류체계, 미래물류기술

분류체계를 검토한다. 또한 분류체계 검토 및 선정을 위한 전문기획위원회를 개최하여 벌크 항만기술의 대·중·소 분류체계, 기술의 분야별/분류별 기술트리를 확정할 예정이다.

셋째, 다양한 기술 수요(현장 기술 수요, 전문가 기술 수요, 문헌 수요 등)를 통해 도출된 기술의 우선순위 도출을 위해 전문가 대상 AHP 분석을 수행한다. AHP분석은 분류체계 및 기술트리 상의 벌크항만 국내 대응기술을 기반으로 시급성, 성장성, 경제성 등을 반영하여 투자우선순위를 결정하게 된다.

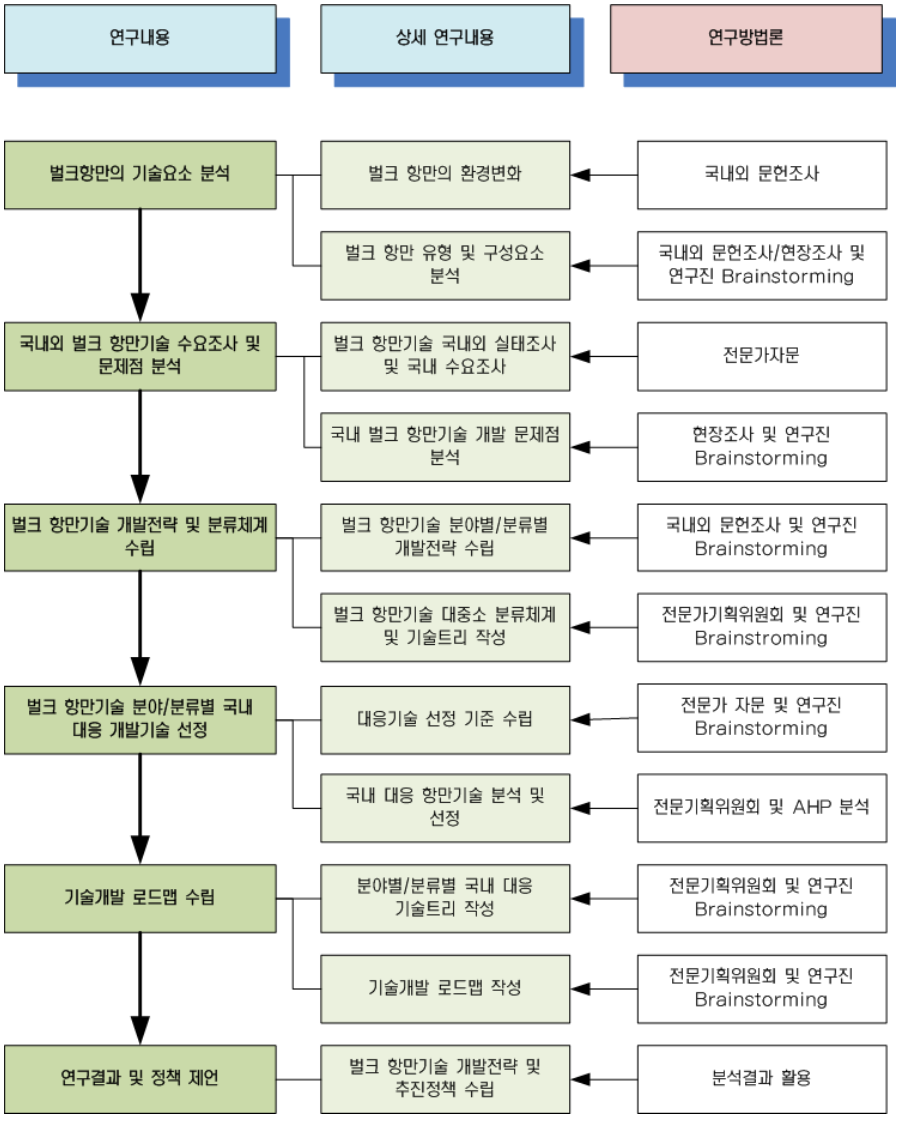
본 연구가 기존의 방법론을 적용하여 따르고는 있으나 몇 가지 부분에서 기존 보고서와의 차별화를 모색하였다. 첫째, 기존의 한 가지 방법론만으로 단순 응용하기 보다는 국가과학기술 로드맵, 부품/소재기술 로드맵, 민간기업기술 로드맵의 세부단계별 장점들을 병합·적용하였다. 둘째, 벌크항만이라는 전혀 새로운 범위로 전환한 부분, 기존의 Top-down 방식 기술 수요 조사에서 벗어나 현장 수요 및 개발 중심인 Bottom-up 방식(문헌, 현장, 수요/개발 전문가)의 4단계 기술 수요 조사가 수행된 것은 매우 전방위적으로 실용 가능성이 높은 기술 발굴이 이루어졌다는 것이다. 셋째, 기술 선정을 위해 선정위원회를 통한 3차례의 평가는 선정결과의 신뢰성을 높인 부분이다. 넷째, 추진기술 및 로드맵의 수준은 기본과제 수준을 벗어난 R&D 기획연구 수준의 연구가 이루어졌다는 점이다.

3) 연구의 흐름도

본 연구의 전체적인 연구과정은 6단계로 구성된다.

1단계에서는 벌크항만의 환경변화, 구성요소 분석을 통해 경제변화, 물동량 및 선박의 변화, 품목별 구성 인프라, 물류프로세스 등을 분석하게 된다. 2단계에서는 국내외 벌크항만의 운영 및 시설현황 실태조사, 설문을 통해 문제점을 분석하고 기술 수요에 대한 니즈를 파악한다. 3단계에서는 벌크항만 기술의 분야 및 분류별 개발전략을 수립을 통해 분류체계와 기술트리를 작성하게 된다. 4단계에서는 제시된 기술에 대해 AHP분석을 통해 국내 대응기술과 추진 우선순위를 선정한다. 5,6 단계에서는 선정된 기술과 추진 우선순위를 기반으로 로드맵 작성과 향후 추진정책을 제시한다.

〈그림 1-1〉 연구 흐름도


연구내용
상세 연구내용
연구방법론
벌크항만의 기술요소 분석
벌크 항만의 환경변화
국내외 문헌조사
벌크 항만 유형 및 구성요소 분석
국내외 문헌조사/현장조사 및 연구진 Brainstorming
국내외 벌크 항만기술 수요조사 및 문제점 분석
벌크 항만기술 국내외 실태조사 및 국내 수요조사
전문가자문
국내 벌크 항만기술 개발 문제점 분석
현장조사 및 연구진 Brainstorming
벌크 항만기술 개발전략 및 분류체계 수립
벌크 항만기술 분야별/분류별 개발전략 수립
국내외 문헌조사 및 연구진 Brainstorming
벌크 항만기술 대중소 분류체계 및 기술트리 작성
전문가기획위원회 및 연구진 Brainstroming
벌크 항만기술 분야/분류별 국내 대응 개발기술 선정
대응기술 선정 기준 수립
전문가 자문 및 연구진 Brainstorming
국내 대응 항만기술 분석 및 선정
전문기획위원회 및 AHP 분석
기술개발 로드맵 수립
분야별/분류별 국내 대응 기술트리 작성
전문기획위원회 및 연구진 Brainstorming
기술개발 로드맵 작성
전문기획위원회 및 연구진 Brainstorming
연구결과 및 정책 제언
벌크 항만기술 개발전략 및 추진정책 수립
분석결과 활용

제2장 벌크항만의 기술 요소 분석

1. 벌크항만의 환경 변화

1) 세계 경제 구조와 벌크 물동량의 관계

마틴 스탑포드(Martin Stopford)는 경제발전 수준 및 자원 보유 수준에 따라 해상 무역 발전 사이클을 5단계로 설명했다.[12] 1단계는 전통사회(Traditional Society)로써 경제가 발전하지 않은 단계로 주로 식품, 의류 등을 수입한다. 전통사회에서 경제가 발전하기 시작하는 도약 준비(Ready for takeoff) 단계인 2단계부터는 자원빈국과 자원부국의 수입 행태가 다르다.[13]

자원빈국은 도약 준비단계(2단계)와 도약단계(Takeoff phase, 3단계)에 산업기반 시설 건설로 인해 대량의 원자재(철광석, 석탄, 비철금속, 목재 등)가 필요한데도 불구하고 국내 조달이 어려워 원자재 등 벌크화물 수입이 비약적으로 증가한다. 자원빈국이 제철, 건설, 자동차산업 등의 활성화로 자원 집약적인 성장단계가 성숙(4단계, Maturity)되면 산업구조가 고부가가치 위주로 전환된다. 이로 인하여 이 시기에는 벌크화물의 수입은 정체 및 감소하는 반면에 컨테이너 화물 및 항공화물 수입은 증가한다. 아래 그림의 곡선 A와 같은 해상 무역 발전 패턴은 1950년대 일본을 시작으로 한국, 폴란드, 중국 등이 뒤따르고 있다.[14]

그러나 자원부국의 해상무역 발전 패턴은 자원빈국과 다르며, 그 형태는 아래 그림 곡선 B와 같다. 자원부국은 4단계(성숙, Maturity)까지 자국 자원을 소모하기 때문에 원자재 수입은 부진하다. 그러다가 산업화가 가속화되어 자국의 자원이 부족하거나 해외에 품질이 우수한 자원이 존재할 경우 벌크화물의 수입

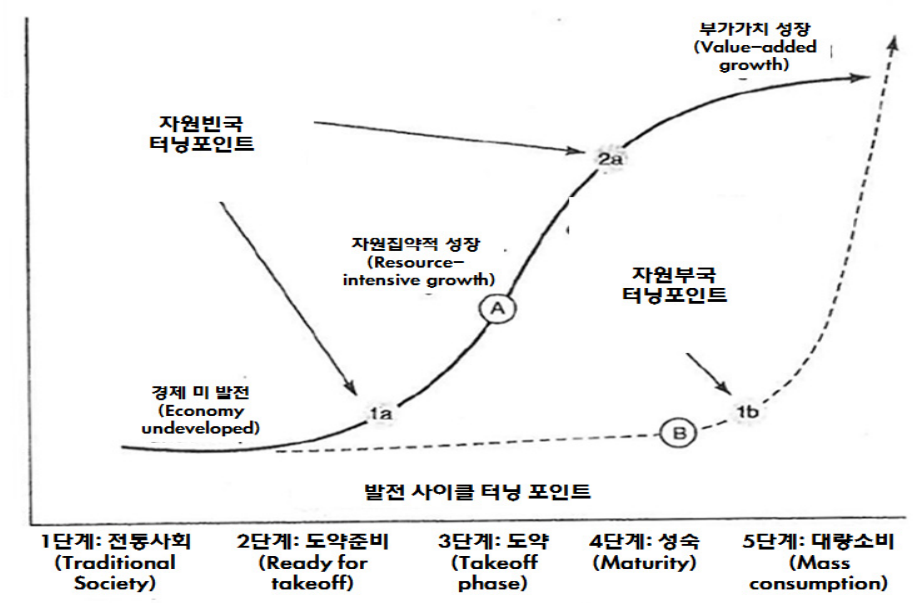
12) 이하 내용은 Martin Stopford(2009), 「Maritime Economics」, 3rd edition, Routledge, pp.409-411을 기반으로 재구성

13) Martin Stopford(2009), 전게서

14) Martin Stopford(2009), 전게서

이 시작되어 소비가 폭등하는 대량소비(Mass consumption) 단계인 5단계로 진입하게 된다. 이러한 해상무역 발전 패턴은 미국이 1970년 이후 유류 수요가 자국 생산량을 초과하여 수입이 시작된 패턴과 유사하다.[15)]

〈그림 2-1〉 Stopford의 5단계 해상무역 발전 사이클



자료: Martin Stopford(2009), 「Maritime Economics」, 3rd edition, Routledge, p.410.

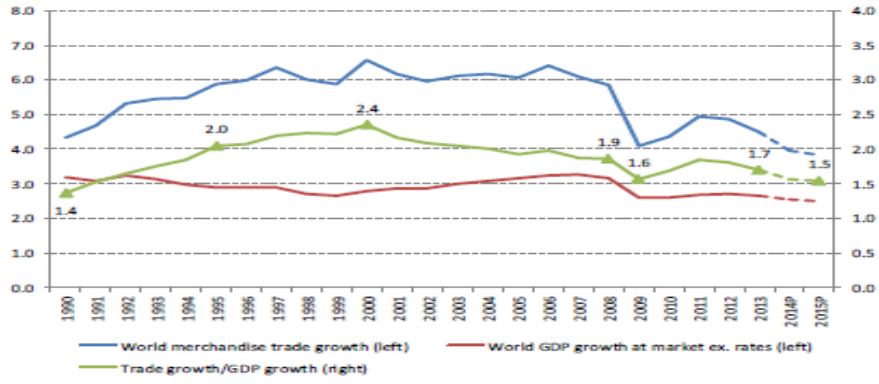
중국을 포함한 아시아 국가는 현재 자원을 집약적으로 소비하는 제조업 중심의 경제 발전 단계에 있고[16)], 미국을 포함한 자원부국도 자국보다 저가격 고품질로 생산된 원자재 수입을 계속할 경우 벌크화물은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

WTO(2014)가 GDP 성장률 대비 세계 교역량 증가율의 10년 이동평균을 비교한 결과, 2000년에는 2.4로 최고치를 달성했고 2013년에는 1.7로 다소 떨어졌다. 현재 세계 교역량 증가율과 GDP 성장률의 관계가 2:1의 경향을 보이나, 기

15) Martin Stopford(2009), 전게서
16) 전형진 외, '글로벌 무역패턴 변화와 해운산업의 대응전략' 한국해양수산개발원, 2014

정사실화하기에는 이르며 향후 추이를 지켜보는 것이 필요하다고 WTO(2014)는 판단하고 있다.[17)]

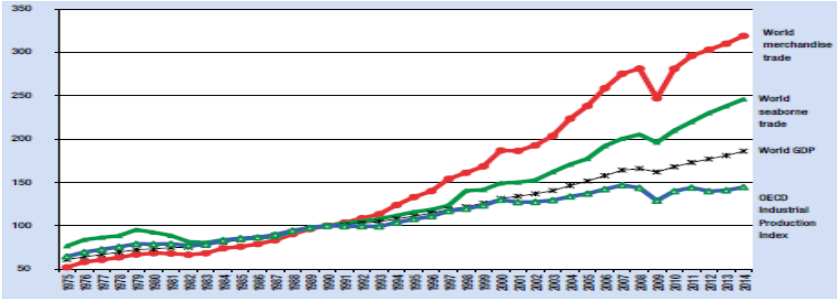
〈그림 2-2〉 GDP 성장률과 세계 교역량과의 관계



주: 왼쪽 좌표는 연평균증가율 변화(%), 오른쪽 좌표는 비율(=교역량증가율/GDP성장률)
자료: WTO(2014.4.14.), "Modest trade growth anticipated for 2014 and 2015 following two year slump", p.5; 원소스: WTO Secretariat.

UNCTAD(2015) 자료에 따르면 상품 교역량, 해상 물동량, 전 세계 GDP, OECD 산업생산지수(industrial production index)는 양의 상관관계가 있어 세계 경제 발전에 따라 해상 교통서비스 수요와 해상 물동량도 증가하고 있다.[18)]

〈그림 2-3〉 GDP와 해상 물동량과의 관계



자료: UNCTAD(2015), 「Review of Maritime Transport」, p.5

17) WTO(2014.4.14.), "Modest trade growth anticipated for 2014 and 2015 following two year slump", p.5를 기반으로 재구성
18) UNCTAD(2015), 「Review of Maritime Transport」, p.5을 기반으로 재구성

2) 벌크 물동량

2014년 세계 전체 해상 물동량은 98억 4,200만 톤에 달하는데, 그 중 벌크화물이 차지하는 비중이 2/3 이상을 차지하고 있다. 한편, 1970년에 5대 건화물과 기타 건화물이 세계 전체 물동량에서 차지하는 비중이 각각 17.2%, 27.5%에 그쳤으나 2014년에는 각각 31.6%, 39.7%가 되는 등 벌크화물의 물동량은 지속적으로 증가하고 있다.[19]

〈표 2-1〉 세계 해상 물동량 추이

단위 : 백만 톤

구분	석유 및 가스	5대 건화물*	기타 건화물	전체 물동량
1970년	1,440	448	717	2,605
1980년	1,871	608	1,225	3,704
1990년	1,755	988	1,265	4,008
2000년	2,163	1,295	2,526	5,984
2005년	2,422	1,709	2,978	7,109
2006년	2,698	1,814	3,188	7,700
2007년	2,747	1,953	3,334	8,034
2008년	2,742	2,065	3,422	8,229
2009년	2,642	2,085	3,131	7,858
2010년	2,772	2,335	3,302	8,409
2011년	2,794	2,486	3,505	8,784
2012년	2,841	2,742	3,614	9,197
2013년	2,829	2,923	3,784	9,514
2014년	2,826	3,112	3,903	9,842

주 : * 5대 건화물은 철광석, 곡물, 석탄, 보크사이트·알루미나, 인회석을 합한 것임.
자료: UNCTAD(2015), 「Review of Maritime Transport」, p.6.

세계 벌크화물 물동량이 지난 10년간('05년~'14년) 연평균 4.6% 증가한 반면 국내 벌크 물동량(비 컨테이너)은 연평균 3.3% 증가했다. 전 세계 철광석과 곡물, 석탄 등 5대 건화물 물동량이 연평균 6.9% 증가하는 등 증가세가 높은 반면에 국내는 벌크선 시황 악화로 인하여 양곡, 원목 물동량이 지난 10년간 감소했다.[20]

19) UNCTAD(2015), 「Review of Maritime Transport」, p.6. 자료를 기반으로 KMI 분석 명시
20) UNCTAD(2015), 「Review of Maritime Transport」, p.6.와 SP-IDC(2015.11.11.) 각 년도, 품목별 화물처리 실적 기반으로 KMI 분석

〈표 2-2〉 국내 벌크화물 물동량

단위 : 천RT

구분	항만 물동량		비중		'05년~'14년 증가율
	2005	2014	2005	2014	
양곡	9,838	9,086	1.0%	0.6%	-0.9%
무연탄	5,165	8,801	0.5%	0.6%	6.1%
유연탄	67,247	120,425	6.8%	8.5%	6.7%
철광석	52,482	75,496	5.3%	5.3%	4.1%
원목	5,569	4,159	0.6%	0.3%	-3.2%
목재	6,352	18,565	0.6%	1.3%	12.7%
고철	5,976	7,863	0.6%	0.6%	3.1%
철강	60,664	107,155	6.2%	7.6%	6.5%
비컨테이너	744,315	997,703	75.6%	70.5%	3.3%
전체	984,534	1,415,904	100.0%	100.0%	4.1%

자료: SP-IDC(2015.11.11.) 각 년도, 품목별 화물처리 실적 ; KMI 분석

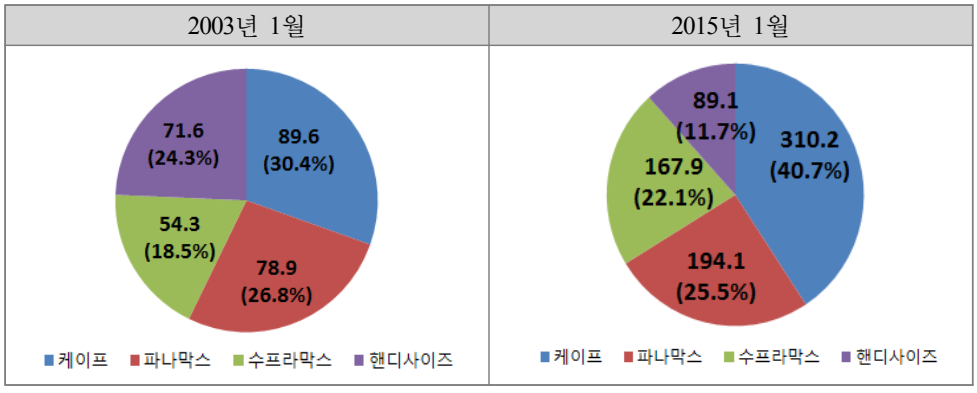
3) 벌크선 대형화 추세

2003년 이후 철광석, 석탄 등을 중심으로 건화물선 물동량이 급격하게 증가하여 철광석과 석탄 수송을 위한 케이프 선형(100,000 DWT 이상)의 증가세가 컸다.[21] 2013년에 저시황 시기에 낮은 선가에 선박을 확보하려는 선주 등에 의해 케이프 선형에 대한 대량 발주가 있었다. 이로 인하여 2003년 1월 케이프 선박은 8,959만 DWT였으나[22] 2015년 1월에 3.5배 증가한 3억 1,020만 DWT에 이르렀다.[23] 같은 기간에 파나막스 선형(65,000~100,000 DWT) 및 수프라막스 선형(45,000~65,000 DWT)도 각각 2.5배, 3.1배 증가하여 전체 건화물선 선박량의 각각 25.5%, 22.1%를 차지했다. 한편 건화물선이 대형화되면서 상대적으로 40,000만 DWT 이하의 핸디사이즈 선박량은 1.2배 증가에 그쳐 전체 건화물선 선박량의 11.7%를 차지했다.[24]

21) 전형진 외, '글로벌 무역패턴 변화와 해운산업의 대응전략' 한국해양수산개발원, 2014.
22) 전형진 외, '글로벌 무역패턴 변화와 해운산업의 대응전략' 한국해양수산개발원, 2014.
23) Clarkson(https://sin.clarksons.net/timeseries, 2015.6.10.)
24) Clarkson(https://sin.clarksons.net/timeseries, 2015.6.10.)기반 KMI 분석

〈그림 2-4〉 건화물선 선형별 선박량 변화

단위 : 백만 DWT



자료: Clarkson(https://sin.clarksons.net/timeseries, 2015.6.10.) ; KMI 분석

2015년 4월 기준 발주잔량(Orderbook)을 살펴보면, 각 선형별로 대형선 위주의 선박이 향후 인도될 예정이다. 총 선복량 대비 발주잔량의 비율이 핸디사이즈는 14%, 핸디막스급은 22%, 파나막스급은 15%, 케이프사이즈는 19%로 예상되어 공급과잉이 지속될 전망이다. 특히 울트라막스 선박은 총 선복량 대비 발주잔량의 비율이 172%로서 향후 운임 경쟁이 치열할 것으로 예상된다.[25]

벌크선 선형별로는 사이즈가 큰 선박일수록 선박 발주 척수가 증가하는 추세이다. 예를 들면 6만~6만 4,999 DWT의 울트라막스급(Ultramax)은 연평균 84%, 25만~25만 9,999 DWT의 우즈막스급(Wozmax)은 연평균 32% 증가하였다.[26] 그리고 철광석 공급과잉으로 인한 철광석 가격이 하락함에 따라 발레사는 운송비 부담을 줄이기 위해 케이프선형보다 2배 이상 큰 발레막스급(40만 DWT) 선박을 중국항만에 입항시켰다[27]. 발레막스 선박 50척[28]이 철광석 운송시장에 본격 투입되면 해상운임 절감 효과로 철광석 운송 시장에서의 케이프

25) Clarkson, “Dry Bulk Trade Outlook”, May 2015, p16. 자료 기반으로 KMI 분석
26) Clarkson, “Dry Bulk Trade Outlook”, May 2015, p16. 자료 기반으로 KMI 분석
27) 쉬핑뉴스넷(2015.7.7.), 발레막스 중국 항만 입항 허용 “벌커시장 큰 변화 예고”
28) 쉬핑뉴스넷(2015.7.7.), 발레막스 중국 항만 입항 허용 “벌커시장 큰 변화 예고”; 발레사가 보유한 발레막스 약 30척과 발레사와 중국 COSCO와 CMES간 장기운송계약으로 발주한 20척을 합쳐 약 50척 선박 예상

이용 비중이 낮아질 것으로 예상된다. 이러한 대형선의 발주 척수 증가로 인하여 우리나라 항만으로 입항하는 벌크선도 대형화 될 것으로 판단된다.

〈표 2-3〉 선박 발주 현황

단위 : 척

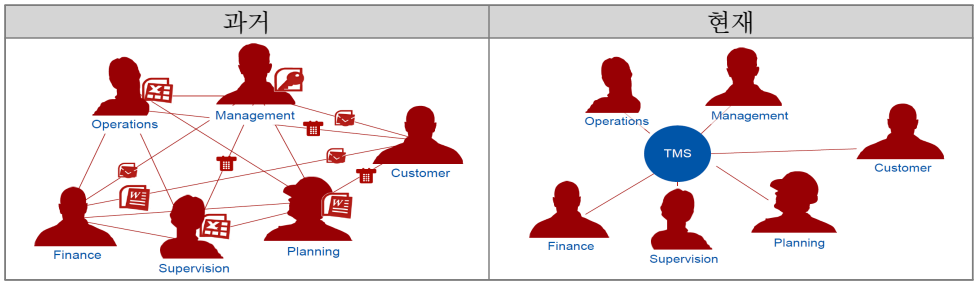
선박크기(DWT)	현존선			잔량(Orderbook)		연평균 증가율
	2005	2014	2015	2015.4	현존선 대비 척수비율	
10,000/19,999	571	538	520	19	4%	-2%
20,000/29,999	1,235	1,177	1,130	16	1%	-5%
30,000/34,999	802	820	841	83	10%	1%
35,000/39,999	562	579	630	311	48%	9%
Total Handysize	3,170	3,114	3,121	429	14%	0%
40,000/49,999	919	906	880	66	8%	-5%
50,000/59,999 (Supramax)	1,794	1,934	1,994	93	5%	2%
60,000/64,999 (Ultramax)	96	151	242	542	172%	84%
Total Handymax	2,809	2,991	3,116	701	22%	5%
65,000/69,999	270	209	166	22	15%	-26%
70,000/79,999	1,131	1,201	1,244	36	3%	1%
80,000/89,999 (Kamsarmax)	510	649	735	300	39%	10%
90,000/99,999	263	288	297	14	5%	2%
Total Panamax	2,174	2,347	2,442	372	15%	2%
100,000/119,999	105	114	121	7	6%	5%
120,000/159,999	138	116	103	12	14%	-21%
160,000/199,999	959	979	1,019	140	14%	1%
200,000/209,999 (Newcastlemax)	125	160	183	90	47%	11%
210,000/249,999	42	41	42	17	40%	0%
250,000/259,999 (Wozmax)	15	19	28	24	83%	32%
260,000/319,999	99	102	101	12	12%	0%
320,000&+	28	37	40	1	2%	11%
Total Capesize	1,511	1,568	1,637	303	19%	1%

자료: Clarkson, “Dry Bulk Trade Outlook”, May 2015, p16.

4) 벌크항만 서비스 변화

기존 벌크항만은 전화, 이메일 등을 통해 정보를 교환하고 작업지시 등이 내려졌다. 최근에는 항만서비스 강화 및 효율성 확보를 위해 실시간으로 정보를 수집, 확인하고, 통합 시스템 상에 나타난 정보에 따라 계획을 실행하려고 벌크항만 전용 소프트웨어 개발을 하고 있다. 또한 자원, 스케쥴링, KPI 등의 관리도 하나의 시스템에서 실행하는 등 전사적 통합관리로 운영비용을 절감할 뿐만 아니라 고객 대기시간을 최소화하고 생산성을 향상시키는 등의 고객 서비스가 개선되고 있다.[29)]

〈그림 2-5〉 정보수집 및 교환 방법의 변화



자료: David Trueman(2014), "Implementing terminal management system at bulk and break bulk terminal", p7, p9, 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

2. 벌크항만 기술 구성요소 분석

1) 벌크항만의 유형

벌크화물은 산업과 경제의 기초가 되는 원자재 화물로 컨테이너에 적입하기 힘든 화물이다. 벌크화물은 화물 형태에 따라 액체화물(liquid bulk)과 건화물(dry bulk)로 나누어진다. 액체화물은 원유, 석유제품 등이고, 건화물은 원목, 철광석, 석탄, 곡물, 철재 등으로 이루어져 있다[30)].

29) David Trueman(2014), "Implementing terminal management system at bulk and break bulk terminal", p7, p9, 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

30) 김창환, 이상윤, "벌크항만의 서비스 품질 측정도구의 설계와 적용", 「해운물류연구」, 제27권, 제4호(통권 71호), 2011.12., p. 546

본 연구에서는 물동량이 많고 하역시스템이 복잡하고 개선여지가 있으며 우리나라 전용부두에서 취급하고 있는 화물을 중심으로 대상화물을 선정했다. 이에 본 연구의 대상부두는 석탄부두(철광석 포함), 양곡부두, 원목부두, 고철부두, 철재부두 등 5개이다.

(1) 석탄부두(철광석 부두 포함)

철광석은 벌크화물 중 원유 다음으로 물동량이 많으며 주로 제철회사의 원료로 사용되므로 운항항로는 철광석 공급지와 제철소의 위치에 따라 결정된다.[31)]

한편 석탄의 해상 물동량은 원유가격과 밀접한 관계를 가지고 있어 원유가격이 불안정하면 석탄 물동량은 증가한다. 석탄은 조강생산을 위한 원료탄과 발전소에서의 전기발생을 위한 연료탄으로 나뉘는데 우리나라에서 주로 취급하는 석탄은 연료탄(유연탄)이다.[32)]

〈그림 2-6〉 석탄부두 및 철광석부두 전경

석탄부두	철광석부두
	

자료: http://biz.heraldcorp.com/view.php?ud=20110218000762&mod=skb, 2015.6.10.
;http://korean.cri.cn/320/2008/07/16/1s124101.htm, 2015.6.10.

국내 석탄부두 및 철광석부두는 광양항의 CTS부두 및 원료부두, 대산항 당진화력, 하동항의 하동화력 1·2부두 및 CTS, 삼천포항의 삼천포화력 1·2부두, 인천항 석탄부두, 평택·당진항 송악지구, 동해항 석탄부두, 울산항 석탄부두, 옥계항 1부두 11선석, 목포항 삼학외항부두 등이다.[33)]

31) 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008), 『항만운영관리론』, p.193
32) 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008), 『항만운영관리론』, pp.193-194, pp. 206-210 기반으로 재정리
33) 해양수산부(2013), 「항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구」, p.97.

(2) 고철부두

철 스크랩은 철광석, 원료탄과 함께 3대 제철 원료로서 국내 철강생산의 약 40%가 철 스크랩을 원료로 사용하고 있다.[34] 국내 고철부두는 인천항, 평택·당진항, 군산항, 광양항, 포항항 부산항, 마산항, 울산항 등에 있다.[35]

〈그림 2-7〉 고철부두 전경

고철부두(선석영역)	고철부두(야적장)
	

자료: http://m.kihoilbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=236603, 2015.6.10. ;
http://www.iincheon.net/news/articleView.html?idxno=55032, 2015.6.10.

(3) 원목부두

원목은 칠레, 캐나다, 보르네오, 사비 등의 산지에서 원목선에 의해 해상 운송되어 인천항, 부산항 등에 하역된다. 원목 하역부두는 부두 쪽에 고정된 하역장비가 없고 본선에 설치된 데릭 크레인 혹은 모바일 크레인, 크롤러 크레인(crawler crane)을 이용하여 원목을 포크리프트, 야드트럭, 로그로더(log loader)에 직상차한다.[36] 포크리프트는 장거리 운송에 부적합하고, 야드트럭은 내외부 이송 및 운송이 가능하나 자체에 집기, 놓기 기능이 없어 모바일 크레인이나 엑스커베이터(excavator)와 조합되어 사용되어야 한다. 이에 반해 로그로더는 원목 전용 이송장비로 집기, 놓기, 이송 기능이 우수하다. 그러나 이 장비의 높이 제한으로 인하여 원목을 고단적으로 쌓을 수 없는 단점이 있다.[37]

34) 월간조선, "기술 없어 연간 200억 원을 땅에 묻는다", 2011년 3월호.
35) 한국해양수산개발원, 항만수요예측센터, 「항만과 산업」, 2015년 3월호, p94. 기반 KMI 정리
36) 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008), 『항만운영관리론』, pp.223-224 기반 KMI 재작성
37) 현대건설, 「군·장 신항만 남측안벽(3공구) 축조공사 개별 조사 보고서(제5권: 목재 및 광석부두 운영시스템 분석」, 2005.10. 보고서 기반으로 KMI 재작성

국내 원목부두는 인천항 북항 목재부두, 인천항 내항 1/2/3부두, 부산항, 평택·당진항 등이 있다.[38)]

〈그림 2-8〉 원목부두 전경

크롤러 크레인(선측)	원목전용부두(야적장)
	
원목 전용 장비(로그로더)	트럭 직상차를 위한 엑스카베이터
	

자료: http://www.kihoilbo.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=277395&page=68&total=1780, 2015.6.10. ; http://www.kihoilbo.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=250142&sc_code=2035817336&page=783&total=16276, 2015.6.10.;http://www.volvoce.com/constructionequipment/asia/ko-kr/products/wheelloaders/wheelloaders/L120F/Pages/specifications.aspx, 2015.6.10. ; http://forestnet.com/LSJissues/Jan09/double.html, 2015.6.10.

(4) 양곡부두

쌀, 밀, 콩 등 곡물은 산지로부터 포장되지 않은 상태로 선박의 선창 내에 적재되어 대량으로 운송된다. 우리나라 양곡 하역시스템은 하역방식에 따라 크게 진공흡입식 언로더와 갠트리형 언로더로 나뉜다. 양곡 전용부두에서는 주로 흡입식 언로더를 활용하고 있고, 전용 하역장비가 설치되지 않은 일반부두에서는 엔진그랩(engin grab)이 장착된 갠트리형 버켓을 활용한다.[39)]

국내 양곡부두는 인천항 7부두, 부산항 북항 5부두, 울산항 양곡부두, 군산항 6부두, 평택·당진항 서부두/8부두/9부두, 목포항 대불부두 등이다.[40)]

38) 해양수산부(2013), 「항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구」, p.112.
39) 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008), 『항만운영관리론』, pp.211 기반 KMI 재작성
40) 해양수산부(2013), 「항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구」, p.115.

〈그림 2-9〉 양곡부두 전경

갠트리형 엔진그랩 버켓 (gantry engine grab bucket)	흡입식 언로드 (suction pipe unloader)
	

자료: http://sy.thesome.com/bbs/board.php?bo_table=product&wr_id=12&page=0, 2015.6.10. ;
http://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=2584, 2015.6.10.

(5) 철재부두

철재화물에는 코일, 후판, 선재, 스라브, 빌레트 등이 있다. 포항항과 광양항에서 가장 많이 취급되는 화물은 냉연코일과 열연코일이 있고, 그 다음으로 후판이 많이 처리된다. 선재는 주로 포항항에서만 취급되고 있다. 일반적으로 철재화물은 BTC, LLC, OHBC 등을 이용하여 선측 바닥에 내려놓지 않고 이송장비인 팔레트 캐리어(pallet carrier) 위에 직상차한다.[41]

철제품의 취급에는 일반적으로 브릿지 형의 크레인(Bridge Type Crane, BTC)이 사용되는데 철판은 전자석을 장착하고, 코일 등은 갈고리 모양의 후크(Hook) 또는 특수 제작한 보조 장구를 이용하여 하역작업을 수행한다.[42]

수평인입식 크레인(LLC, level luffing crane)은 컨테이너 하역용 갠트리 크레인처럼 레일 위에 설치되어 안벽을 따라 이동하면서 화물을 하역하는 장비로써, 360도 회전이 가능하여 철재, 고철 등 다양한 종류의 벌크화물을 하역할 수 있는 장비이다.[43] 호퍼(Hopper)에 집진장치를 설치하여, 환경오염을 방지하는 것이 권고된다. LLC는 중, 소형 선박이나 바지선 하역기 화물 하역에 적합하며, 하역능력 600 T/hr 이하의 용량이 주로 설치, 이용된다. 주로 취급하는 화물은 철광석, 석탄, 고철, 곡물, 시멘트, 석회석 등 대용량 벌크화물이다. 그리고 LLC

41) 한국해양수산개발원, 「포스코 특수하역 요금 체계 개선 및 산정에 관한 연구」, 2014.5., pp.145-156 기반 KMI 재작성
42) 쉬핑뉴스넷, "제9강 터미널(Ⅲ)-재래·벌크 터미널", 2013.12.22.
43) 쉬핑뉴스넷, "제9강 터미널(Ⅲ)-재래·벌크 터미널", 2013.12.22.

는 현재 우리나라 포스코 포항항 및 광양제철소, 인천항, 군산항, 목포항 및 마산항 등에 Double Link Type LLC가 설치되어 운영되고 있다.[44]

포항항과 광양항 전천후 부두에는 OHBC(over head bridge crane)가 장착되어 있어 우천 시에도 작업 가능하며, OHBC는 상부의 레일에 매달려 브릿지 자체가 좌우로 이동하고, 트롤리는 브릿지를 따라 전후로 이동하는 구조이다.[45]

〈그림 2-10〉 철제품에 대한 주요 하역장비 및 철재부두 전경



자료: http://www.arck-sensor.com/?q=steel-industry/for-bridge-cranes/positioningbridgecranexy, 2015.6.10. ;
http://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=2584, 2015.6.10. ;
http://www.scheuerle.de/en/products/new-vehicles/steel-industry/semi-finished-products-handling/pallet-carrier.html, 2015.6.10. ;
http://www.ygpa.or.kr/kr/yeosu_gwangyang_port/gwangyang_port/facilities_status/gwangyang_region/product_wharf/, 2015.6.10.

2) 벌크항만 구성요소

벌크항만은 물류흐름 관점에서는 선박의 접·이안을 위한 선석영역, 화물의 보관을 위한 야드영역, 화물을 이송하기 위한 이송영역, 화물을 반출입하기 위한 반출입영역으로 나누어진다. 벌크항만을 하드웨어 및 소프트웨어 구성요소 관점으로 나누어 보면 장비, 시설, 운영시스템 등으로 이루어진다.

44) 태광파워홀딩스 & 한국동서발전, 베트남 남딘프로젝트 석탄운송로 조사 용역, 2012.5.
45) 한국해양수산개발원, 「포스코 특수하역 요금 체계 개선 및 산정에 관한 연구」, 2014.5., p154

(1) 석탄부두 구성요소

석탄전용부두의 선석영역 장비는 그랩 유형의 쉽언로더, 연속식 하역기(CSU, continuous ship unloader) 장비 등이 있다. 이송영역 장비는 분진 방지를 위한 폐쇄식 컨베이어, 버퍼빈, 스태커 연결식 컨베이어 등이 사용되고 있다. 야드영역 장비는 스태커, 리클레이머 등이 사용된다. 석탄 전용부두의 선석 시설은 선박의 접안과 하역작업이 용이하도록 설비되어 있는 구조물로 잔교식 형태로 건설되어 있다. 석탄부두의 야적 시설은 화물을 환적하고 운송 중 화물을 보관하기 위해 지붕 없는 보관시설인 오픈 보관장(open storage)이 있다.

〈표 2-4〉 석탄부두(철광석부두)의 구성요소

	선석영역	이송영역	야드영역	반출입영역
석탄부두 장비	 그랩 크레인  연속식 하역기 (CSU)  버켓 휠 CSU  버켓/호퍼	 폐쇄식 컨베이어  버퍼 빈  스태커 연결식 컨베이어 시스템	 스태커  리클레이머  먼지 제거 시스템  석탄 자동 혼합시스템	 트럭  철도
석탄부두 시설	 잔교식 부두		 Open Storage	

자료: 해양수산부(2013), 「항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구」, p.269 기반으로 재작성

(2) 고철부두 구성요소

고철은 본선의 데릭 크레인(derrick crane) 혹은 수평인입식 크레인(LLC, Level Luffing Crane), 모바일 크레인(mobile crane)을 이용하여 선박의 선창에 있는 고철을 야적장에 적재한다. 고객이 요구하면 야적장에 적재된 고철을 방사능 검사기를 통한 검사를 통하여 기중기, 굴삭기 등을 이용하여 덤프트럭 등에 상차하여 반출한다.

〈표 2-5〉 고철부두의 구성요소

	선석영역	야드영역	이송영역	반출입영역
고철부두 장비	 데릭 크레인  LLC  모바일크레인	 방사능검사기  기중기  굴삭기	 덤프/외부트럭	 덤프/외부트럭
고철부두 시설		 Open Storage		

자료: http://www.cepolina.com/kr/crane-derrick-site.htm; http://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=2584, 2015.6.10.; http://www.nssc.go.kr/nssc/information/blogcontents.jsp?mode=view&article_no=4926&pager.offset=66&board_no=29, 2015.6.10.; http://blog.daum.net/_blog/BlogTypeView.do?blogid=0BbTh&articleno=8223532&_bloghome_menu=recenttext; http://www.nocutnews.co.kr/news/982571, 2015.6.10.; http://www.iincheon.net/news/articleView.html?idxno=55032, 2015.6.10.;http://blog.daum.net/_blog/BlogTypeView.do?blogid=0hlAl&articleno=6&categoryId=1&regdt=20130725151823, 2015.6.10.를 가지고 KMI 작성

(3) 원목부두 구성요소

원목부두의 선석영역은 선박에서 훈증처리 후, 본선의 데릭 크레인, 모바일 크레인, 크롤러 크레인 등을 이용하여 원목이 하역된다. 이송영역에서는 하역된 원목이 로그로더, 트럭 등과 같은 이송장비를 이용하여 야적장으로 이동한다. 야드영역에서는 야적장에 적재된 원목을 엑스카베이터, 원목집게(timber grab), 로그로더를 이용하여 트럭 등에 상차한 후 고객에게 반출된다.

〈표 2-6〉 원목부두의 구성요소

	선석영역	이송영역	야드영역	반출입영역
원목부두 장비	 데릭 크레인  모바일크레인  크롤러크레인	 로그로더	 엑스카베이터  원목집게  로그로더	 외부트럭
원목부두 시설			 Open Storage	

자료: http://www.kihoilbo.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=277395&page=68&total=1780, 2015.6.10. ;
http://www.kihoilbo.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=250142&sc_code=2035817336&page=783&total=16276, 2015.6.10.
;http://www.volvoce.com/constructionequipment/asia/ko-kr/products/wheelloaders/wheelloaders/L120F/Pages/specifications.aspx, 2015.6.10. ;
https://www.google.co.kr/search?q=%EC%B2%A0%EC%9E%AC%EB%B6%80%EB%91%90+LLC&espv=2&biw=1920&bih=955&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwib6JOYhOPJAhUBJKYKHVr5DMAQ_AUIBygC#tbm=isch&q=timber+grab&imgrc=f8925_uaKNjbaM%3A, 2015.6.10. ;
https://www.google.co.kr/search?q=%EC%B2%A0%EC%9E%AC%EB%B6%80%EB%91%90+LLC&espv=2&biw=1920&bih=955&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwib6JOYhOPJAhUBJKYKHVr5DMAQ_AUIBygC#tbm=isch&q=%EC%9B%90%EB%AA%A9%ED%8A%B8%EB%9F%AD&imgrc=NYdtC1uiti20AM%3A, 2015.6.10. ;
http://forestnet.com/LSJissues/Jan09/double.html, 2015.6.10. 기반으로 KMI 재작성

(4) 양곡부두 구성요소

양곡은 선측에서 진공흡입식 곡물 언로드(grain unloader)에서 연속적으로 하역되는 양곡을 반입 컨베이어를 이용하거나 갠트리형 버켓을 이용하여 사일로(silo)로 이동시킨다. 그 다음 반입 컨베이어 혹은 사일로 컨베이어 계근기에서 무게를 측정한 후 버켓 엘리베이터에서 선별 및 계량 작업을 통하여 사일로에 저장되며, 고객 요구에 따라 양곡을 반출한다.

〈표 2-7〉 양곡부두의 구성요소

	선석영역	이송영역	야드영역	반출입영역
양곡부두 장비	 흡입식 언로더  갠트리형 버켓	 반입 컨베이어  사일로 컨베이어	 버켓엘리베이터	 반출시설/외부트럭
양곡부두 시설			 사일로	

자료: http://sy.thesome.com/bbs/board.php?bo_table=product&wr_id=12&page=0, 2015.6.10., http://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=2584, 2015.6.10. ;http://korean.alibaba.com/product-gs-img/--1874034206.html; http://siss.re.kr/upload/comment/1386305661183.pdf, 2015.6.10. ; http://www.kmrnews.com/ynews/ynews_view.php?code=NS03&pid=42262, 2015.6.10.를 가지고 KMI 작성

(5) 철재부두 구성요소

철재화물은 코일류, 후판, 선재, 스라브, 빌레트 등이 있다. BTC, LLC, GTSU를 이용하여 철재화물을 선측에서 이송장비(Pallet Carrier 등)에 직상차 한 후 창고에 보관한다. 창고에 보관된 철재는 고객이 요구하면 OHBC, 지게차를 이용하여 외부트럭에 상차한 후 반출한다.

〈표 2-8〉 철재부두의 구성요소

	선석영역	이송영역	야드영역	반출입영역
철재부두 장비	 LLC  GTSU  BTC	 Pallet Carrier	 OHBC  지게차	 트럭
철재부두 시설			 Transit Shed	

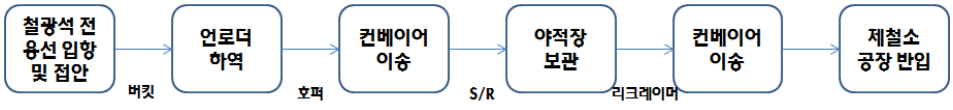
자료: http://www.arck-sensor.com/?q=steel-industry/for-bridge-cranes/positioningbridgecranexy, 2015.6.10. ;
http://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=2584, 2015.6.10. ;
http://www.scheuerle.de/en/products/new-vehicles/steel-industry/semi-finished-products-handling/pallet-carrier.html, 2015.6.10. ;
http://www.gyotongn.com/news/articleView.html?idxno=73957, 2015.6.10. ;
http://mlbpark.donga.com/mbs/articleV.php?mbsC=bullpen&mbsIdx=1574228&cpage=4&mbsW=&select=&opt=&keyword=,
2015.6.10. ; http://gumwon.com/gnuboard4/bbs/board.php?bo_table=301&wr_id=29, 2015.6.10.를 가지고 KMI 작성

3) 벌크항만 물류프로세스

(1) 석탄부두(철광석부두 포함) 물류프로세스

철광석부두의 물류프로세스는 선박 입항 및 접안, 언로더 하역, 컨베이어 이송, 야적장 보관, 컨베이어 이송, 제철소 공장에 반입되는 6단계이다. 광석전용선이 하역작업계획에 따라 쉽언로더(ship unloader) 여러 대가 할당되어 동시에 하역작업을 진행한다. 언로더가 선박의 선창에서 철광석을 버켓으로 집어 호퍼 위에 부으면 벨트 컨베이어가 연속적으로 이동하여 야적장까지 이동된다. 이송된 철광석은 스태커/리크레이머(stacker/reclaimer, S/R)를 통해 야적장에 보관된다. 보관된 철광석은 리크레이머를 이용하여 야적장에 보관된 철광석을 집어 올려진 후 다시 컨베이어로 이송되어 제철소 공장의 생산라인으로 투입된다.[46]

〈그림 2-11〉 철광석부두 물류프로세스



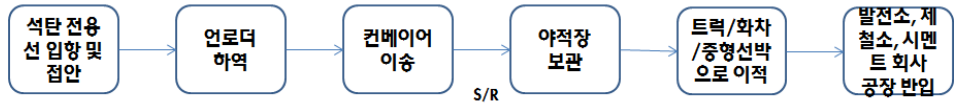
자료: 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008),『항만운영관리론』pp. 206-210 기반으로 KMI 재작성

석탄부두의 물류프로세스는 선박 입항 및 접안, 언로더 하역, 컨베이어 이송, 야적장 보관, 트럭/화차/중형선박으로 이적, 발전소·제철소·시멘트회사 등의 공장에 반입되는 6단계이다.

석탄 전용선이 입항 및 접안하면 언로드를 이용하여 선창의 석탄을 컨베이어에 올려놓으면 연속적으로 야적장으로 이송한다. 스태커/리크레이머(S/R)을 이용하여 석탄을 야적장에 보관하거나, 트럭이나 화차 혹은 중형선박으로 발전소, 제철소, 시멘트회사 등의 수요지로 석탄을 운송한다.[47]

46) 곽규석외 3인(2008) pp. 206-210 기반으로 재정리
47) 곽규석외 3인(2008) pp. 206-210 기반으로 재정리

〈그림 2-12〉 석탄부두 물류프로세스

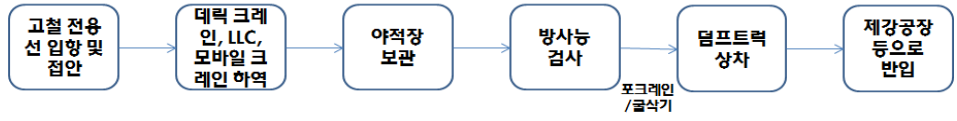


자료: 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008),『항만운영관리론』pp. 206-210 기반으로 KMI 재작성

(2) 고철부두 물류프로세스

고철부두 물류프로세스는 선박 입항 및 접안, 크레인 하역, 야적장 보관, 방사능검사, 덤프트럭 상차, 제강공장 등으로 반입되는 6단계이다. 고철 전용선이 입항·접안하면 본선의 데릭 크레인(derrick crane) 혹은 수평인입식 크레인(LLC, Level Luffing Crane), 모바일 크레인(mobile crane)을 이용하여 선박의 선창에 있는 고철을 잡아 야적장에 쌓는다. 야적장의 고철을 고객이 요구할 경우 방사능검사 후 포크레인 혹은 굴삭기를 이용하여 고철을 덤프트럭 등에 상차하고 제강공장 등으로 반입되어 고철이 재활용된다.

〈그림 2-13〉 고철부두 물류프로세스



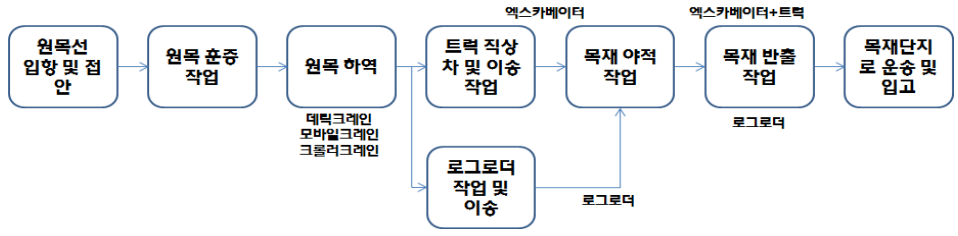
자료: 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008),『항만운영관리론』pp. 206-210 기반으로 KMI 재작성

(3) 원목부두 물류프로세스

원목부두 물류프로세스는 원목선 입항 및 접안, 원목 훈증 작업, 원목 하역, 이송작업, 목재 야적 작업, 목재 반출작업, 목재단지로 운송하는 등 7단계로 이루어진다. 원목선이 접안하면 24시간 선창을 밀폐하고 가스를 빼내기 위한 훈증작업을 실시한다. 그 다음 본선 데릭 혹은 모바일 크레인을 이용하여 원목을 트럭에 직상차하거나 선측 바닥에 하역한다. 원목을 트럭에 직상차하면 트럭은 야적장으로 이동하고, 엑스카베이터(excavator)를 이용하여 원목을 야적장에 보관한다. 원목을 선측 바닥에 하역하면 로그로더가 원목을 집고 올려서 야적장

으로 이동한 후 보관한다. 야적된 목재를 반출할 때 '엑스카베이터 + 트럭' 혹은 로그로더를 이용해서 작업을 수행한 후, 주변에 있는 목재단지로 운송한다.

〈그림 2-14〉 원목부두 물류프로세스



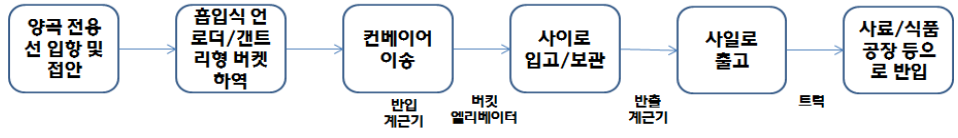
자료: 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008), 『항만운영관리론』 pp. 206-210 기반으로 KMI 재작성

(4) 양곡부두 물류프로세스

양곡부두 물류프로세스는 선박 입항 및 접안, 언로더 하역, 컨베이어 이송, 사일로(silo) 입고/보관, 사일로 출고, 사료 부원료 및 식품 공장 등으로 반입되는 6단계이다.

곡물 전용부두에서는 곡물을 대량으로 하역하기 위해 언로더에 공기흡입장치(pneumatic suction pipe), 기계식 곡물하역기기(SKT), 유연파이프(flexible pipe) 등을 연결하여 선창에 있는 곡물을 흡입한 후 선측의 벨트 컨베이어 위에 곡물을 부어 놓는다.[48] 그 다음 벨트 컨베이어 위에 있는 반입 계근기로 계량한 후 버켓엘리베이터를 거쳐 운송컨베이어를 통해 사일로에 입고된다. 곡물을 반출할 때 반출 계근기에 단 후 트럭 빈에 화물을 적재한 후 사료 및 식품공장 등으로 트럭 운송한다.

〈그림 2-15〉 양곡부두 물류프로세스



자료: 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008), 『항만운영관리론』 pp. 211-213 기반으로 KMI 재작성

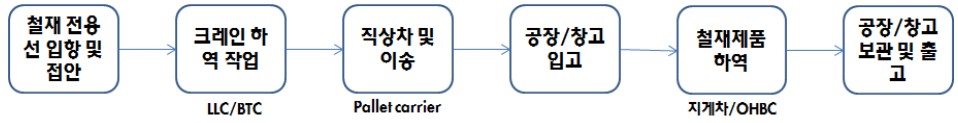
48) 곽규석외 3인(2008) pp. 211-213 기반으로 재정리

(5) 철재부두 물류프로세스

철재부두 물류프로세스는 선박 입항 및 접안, 크레인 하역 작업, pallet carrier(E/T car) 이송작업, 공장/창고 입고, 지게차 혹은 OHBC 등을 이용한 하차, 공장/창고 보관/출고 등 총 6단계로 구성되어 있다.

철재화물을 선적한 전용선이 안벽에 접안하면 LLC, BTC 등이 철제품을 팔레트 캐리어(pallet carrier) 위에 직상차한다. 그 다음 팔레트 캐리어(pallet carrier)가 공장 및 창고로 철제품을 입고시킨다. 입고된 이후에 창고 및 공장 내에 있는 지게차와 OHBC 등을 이용하여 철제품을 하역한다. 고객이 요구할 경우 외부트럭에 싣거나 선박에 제품을 적재하여 고객에게 출고한다.

〈그림 2-16〉 철재부두 물류프로세스



자료: 곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠(2008),『항만운영관리론』pp. 206-210 기반으로 KMI 재작성

제3장 국내외 벌크항만 운영현황

본 장에서는 국내외 벌크항만의 기술수요를 조사하기 위해서 먼저 국내외 주요 벌크항만의 기술실태를 조사한다. 기술실태는 각 항만의 선측하역(안벽), 이송, 저장과 관련된 기술을 주로 조사하며, 조사대상 화물인 석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목 순으로 조사한다. 국내외 주요 항만의 기술실태 조사가 이루어진 후, 이를 기반으로 벌크항만 장비 기술상의 문제점 및 보완사항을 분석하고 국내 항만을 대상으로 설문조사를 실시, 벌크항만 기술수요를 도출한다.

1. 해외 벌크항만 운영실태

해외 벌크항만 기술 실태는 석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철 등 벌크 화물별 주요 해외 터미널을 대상으로 조사를 수행한다. 조사 방법으로는 기존 문헌조사 및 전문가 자문을 활용한다.

1) 석탄부두

(1) 호주 캠벌라항[49)]

호주 동부 뉴사우스웨일스 주 연안에 위치한 캠벌라항은 뉴사우스웨일스 주의 공기업인 캠벌라포트 코퍼레이션에서 운영하고 있으며, 내항의 12개 선석, 외항에 6개 선석 보유하고 있다. 내항에는 석탄부두, 양곡부두, 자동차부두, 그리고 민간소유 철재부두가 위치하고 있다. 캠벌라항의 항로수심은 15.25m이며 안벽수심은 16m로 캡사이즈 선박의 접안이 가능하며, 철도 및 도로가 항만 내까지 연결되어 있어 항만과 배후지역과 운송이 원활한 편이다.

49) 호주 캠벌라항 관련 모든 내용 및 수치는 '최상희, 전형모,『항만하역장비 현대화 기본계획 수립관련 호주 시드니 국외출장복명서』, KMI, 2013'내용을 기반으로 작성함

캠벌라항의 석탄부두는 6개의 석탄회사가 합작해서 설립한 운영사에 의해 임대되어 운영되고 있으며 101, 102 두 개 선석에서 하역이 이루어지고 있다. 하역은 주로 102선석에서 이루지고 있으며 101선석은 보조적 선석으로 모바일 언로더를 사용하여 코크스나 소형선박 하역에 사용된다.

가. 선측하역 장비

캠벌라항은 석탄의 수출중심 항으로 하역장비 역시 선박에서 야드로 석탄을 하역하는 언로더가 아닌 선박에 석탄을 적재하는 쉽로더가 갖춰져 있다. 석탄 하역이 주로 이루어지고 있는 하역 선석인 102선석에는 2대의 수동식 레일 마운티드 쉽로더를 갖추고 있고 시간당 6,600톤의 하역이 가능하며 최대 대상선박은 166,000 DWT이다.

〈그림 3-1〉 캠벌라항 석탄하역 쉽로더



자료: 최상희, 전형모, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립관련 호주 시드니 국외출장복명서』, KMI, 2013

나. 이송장비

캠벌라항에서는 주로 일반적인 석탄부두 이송장비인 컨베이어 벨트로 야드에서 수동 버켓휠 리크레이머를 사용하여 벨트컨베이어에 올려 부두로 이송한다. 특이한 점은 캠벌라항 벨트컨베이어는 야드와 안벽 간 석탄 이송구간이 모두 지하에 매설되어 있다는 점이다. 그로 인해 석탄 이송 시 석탄분진의 발생

을 최소화 하고 있다. 이렇게 지하로 매설된 가장 큰 이유는 바로 맞은편에 양곡부두가 위치해 있기 때문이다. 석탄부두와 양곡부두 간 간격은 상당히 가까운 편으로 이송 시 석탄분진이 발생할 경우 바로 양곡부두에 악영향을 끼치게 되기 때문에 이러한 지하매설형 벨트 컨베이어를 적용하고 있다.

다. 야드 장비

캠벌라항의 석탄야드는 특별한 구조물 없이 지상에 쌓아놓는 형태이다. 철도 등을 통해 운송되어온 석탄을 3대의 수동 레일 마운티드 스태커를 이용하여 야적장에 적재한다. 적재기간은 일반적으로 3일이다.

〈그림 3-2〉 캠벌라항 스태커 크레인



자료: 최상희, 전형모, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립관련 호주 시드니 국외출장복명서』, KMI, 2013.

야적된 석탄은 버켓휠 리클레이머로 이송용 컨베이어에 올려진다. 각 버켓휠 리클레이머는 10개의 버켓을 가지고 있으며 장비 생산성은 3,300톤/시간이다.

〈그림 3-3〉 캠벌라항 버켓휠 리클레이머



자료: 최상희, 전형모, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립관련 호주 시드니 국외출장복명서』, KMI, 2013.

캠벌라항 석탄은 야적장 위에 특별한 방진구조물 없이 바로 적재되지만 대신 분진발생을 최소화시키기 위한 자동제어 스프링클러 설비가 갖춰져 있다. 해당 장비는 캠벌라항 전면 해상의 바람의 풍향 및 풍속 정보를 기반으로 필요시마다 석탄에 물을 뿌려서 바람에 석탄가루가 날리는 것을 방지하고 있다. 그러나 야적장 자체가 외부에 바로 노출되어 있기 때문에 자동 스프레이 기능을 갖추고 있다고 하더라고 여전히 분진발생 가능성은 남아있다.

〈그림 3-4〉 캠벌라항 분진방지 스프링클러



자료: 최상희, 전형모, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립관련 호주 시드니 국외출장복명서』, KMI, 2013.

라. 시사점

캠벌라항 석탄부두는 호주 동부 연안의 주요 석탄수출항만이나 첨단 하역장비를 사용하고 있지는 않다. 그러나 분진 발생을 방지하기 위하여 이송용 컨베이어 벨트를 지하로 매설하고 야적장에 자동제어 스프링클러를 도입하는 등 작업자 건강 및 환경보호를 위한 장비를 구비하고 있는 것을 볼 수 있다. 그러나 야적장이 그대로 노출되어 있고, 방진막 시설도 완벽히 갖춰져 있지 못한 점은 국내 영흥화력 석탄부두나 완전 밀폐식 돔을 차용하고 있는 현대제철 당진 원료처리시설에 크게 못 미치고 있다.

〈표 3-1〉 캠벌라항 석탄 하역장비

구분	선측(안벽)	이송	야드
장비	 – 석탄 쉽로더 · 수동식 · 3,300톤/시간 × 2대	– 컨베이어 벨트(2대) · 지하 매립형 · 폭: 2.5m · 속도: 2.75~5.0m/초	 – 버켓 리클레이머 · 수동식 · 3,300톤/시간 × 2대  – 스태커 · 수동식 · 2,000톤/시간 × 3대  – 분진방지 스프링클러 · 자동식

자료: 최상희, 전형모, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립관련 호주 시드니 국외출장복명서』, KMI, 2013, 정리

(2) 호주 뉴캐슬항[50]

호주 동부에 위치한 뉴캐슬항은 Carrington 터미널과 Kooragang 터미널로 구성되어 있으며 연간 1억 3천 3백만 톤의 처리능력을 보유하고 있는 호주 최대의 석탄수출 항이다. Carrington 터미널 2개 선석, Kooragang 터미널 4개 선석 등 총 6개 선석을 보유하고 있으며, 최대수심 16.5m로 30,000DWT부터 최대 210,000DWT의 대형 석탄운반석의 접안이 가능하다.

가. 선측하역 장비

뉴캐슬항 역시 수출중심 항으로 선측장비는 모두 쉽로더로 이루어져 있다. Carrington 터미널 2개 선석에는 각각 한 대의 쉽로더가 설치되어 있으며 각 쉽로더의 생산성은 시간당 2,500톤이다. 이것보다 신규터미널인 Kooragang 터미널은 3개의 고속 쉽로더를 보유하고 있으며, 각 쉽로더의 처리능력은 시간당 10,500톤이다. 이러한 쉽로더의 성능을 국내 하역장비와 바로 비교하기 어려운 점은, 국내 장비는 하역을 중심으로 하고 있기 때문에 선적 중심의 장비에 비해 생산성이 떨어진다. 또한 세계 최대 석탄수출국 중 하나인 호주의 경우 대형선박에 빠르게 석탄을 하역하여야 하기 때문에 보다 높은 성능의 장비를 사용할 수밖에 없다는 점을 같이 고려하여야 할 것이다.

〈그림 3-5〉 뉴캐슬항 석탄하역 쉽로더



(a) Carrington 터미널 쉽로더 (b) Kooragang 터미널 쉽로더

자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

50) 호주 뉴캐슬항 관련 모든 내용 및 수치는 '해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013'을 기반으로 작성됨

나. 이송장비

뉴캐슬항의 석탄이송장비는 분진발생을 최소화하기 위한 밀폐형 컨베이어 벨트이다. 뉴캐슬항 역시 야드에서 버켓휠 리클레이머를 이용하여 컨베이어 벨트에 석탄을 올려놓는다. 특히 Kooragang 터미널의 경우 이송구간에 버퍼빈을 설치, 선측작업 중 작업선창 변경 등의 작업 중단 발생 시 석탄을 우회시켜 컨베이어 벨트의 정지 없이 지속적인 이송이 가능토록 하고 있다.

〈그림 3-6〉 뉴캐슬항 석탄부두 이송장치



(a) 밀폐형 컨베이어 (b) 버퍼빈

자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

다. 야드 장비

뉴캐슬항의 야드 장비는 스태커/리클레이머로 Carrington 터미널이 시간당 2,500톤을 처리할 수 있는 리클레이머 4대, Kooragang 터미널이 시간당 8,000톤을 처리할 수 있는 리클레이머 4대를 보유하고 있다. 각 리클레이머는 모두 수동으로 작동되며, 특히 Kooragang의 리클레이머는 시간당 8,000톤을 처리할 수 있는 고속 리클레이머이다.

〈그림 3-7〉 뉴캐슬항 석탄부두 리클레이머



(a) Carrington 터미널 리클레이머 (b) Kooragang 터미널 리클레이머

자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

라. 시사점

뉴캐슬항은 호주 최대 석탄 수출부두답게 높은 생산성을 갖춘 석탄 하역장비를 운영하고 있다. 특히 Kooragang 터미널의 경우 고속 리클레이머, 쉽로더, 컨베이어 벨트 및 버퍼빈을 이용하여 각 쉽로더는 시간당 최대 10,500톤까지 처리할 수 있는 등 현대적 하역장비를 운영하고 있다.

전반적으로 세계적 석탄 생산 및 수출 국가인 호주의 주요 석탄항만은 대형 선박을 처리하기 위해 높은 생산성을 가진 장비를 도입하고 있다. 그러나 수입 화물 처리 없이 수출 중심의 항만으로 국내외를 비교할 경우 비교적 단순한 장비로 구성되어 있는 것을 볼 수 있다. 또한 넓은 국토를 보유하고 있는 국가답게 항만과 도심과의 거리가 멀어 석탄이 개방형 야적장에 바로 야적되어 있는 것을 볼 수 있다. 그러나 국내 항만의 경우 대부분의 항만이 도심과 인접해 있어 이러한 개방형 야적장을 사용할 경우 심각한 도시 및 수원오염, 분진 발생으로 인한 민원에 시달릴 가능성이 매우 높은 것이 사실이다.

〈표 3-2〉 뉴캐슬항 석탄 하역장비

구분	선측(안벽)	이송	야드
장비	 – 석탄 쉽로더 · 수동식 · 2,500톤/h × 4대	– 컨베이어 벨트 · 밀폐형 · 폭: 1.4~2.4m · 속도: 2.75~5.0m/초	 – 버켓 리클레이머 · 수동식 · 2,500톤/h × 4대
	 – 석탄 고속 쉽로더 · 수동식 · 10,500톤/시간 × 3대	– 고속 컨베이어 벨트 · 밀폐형 · 폭: 2.0~3.2m · 속도: 5.0~5.5m/초	 – 고속 버켓 리클레이머 · 수동식 · 8,000톤/시간 × 4대

자료: 자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013 정리

(3) 인도 다므라항[51]

인도 다므라항은 2010년 12월부터 운영을 시작한 신규 석탄터미널이며 항만의 운영 및 관리 효율화를 위해 현대적 장비를 도입하였다. 선박의 접안 및 상하역은 해상에 건설된 둑에서 이루어지며 컨베이어 이송시스템을 이용하여 야적장으로 이동된다.

가. 선측하역 장비

다므라항 석탄 하역장비는 석탄의 양적하가 모두 가능한 2대의 갠트리 타입의 쉽로더/언로더이다. 석탄의 양적하는 그랩방식으로 이루어지며 해상에 낙탄

51) 인도 다무라항 관련 모든 내용 및 수치는 '해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013'을 기반으로 작성됨

을 방지하기 위한 낙탄받이가 설치되어 있다. 각 쉽언로더의 생산성은 시간당 2,800톤으로 일일 최대 6만 톤의 양하 및 7만 톤의 적하가 가능하다. 그러나 2010년 건설된 최신 석탄항만으로서 보다 친환경적이고 효율적인 밀폐형 연속식 하역기가 아닌, 해상 낙탄을 피할 수 없는 그랩식 하역기를 도입한 부분은 환경적 측면에서는 아쉬움으로 남는다.

〈그림 3-8〉 다므라항 쉽언로더



자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

나. 이송장비

다므라항 석탄이송장비는 분진발생을 최소화하기 위한 밀폐형 컨베이어 벨트를 채용하고 있으며, 쉽언로더에서 그랩한 석탄을 바로 컨베이어 벨트에 올려놓아 이송하는 방식이다. 그러나 그랩식 하역기의 특성 상 연계 부분은 완전밀폐가 불가능하여 낙탄이 발생할 수 있으며 낙탄받이가 장착되어 있으나 완전히 낙탄을 방지할 수는 없다. 컨베이어 벨트의 처리능력은 시간 당 5,500톤이다.

〈그림 3-9〉 다므라항 석탄부두 이송장치



자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

다. 야드 장비

다므라항의 야드 장비는 2기의 스태커/리클레이머로 각각 시간당 스태킹 작업 5,500톤, 리클레이머 작업 3,500톤을 처리할 수 있다. 다무라항의 야적장 역시 밀폐식이 아닌 개방형으로 분진발생 및 환경오염을 완벽하게 피할 수는 없다.

〈그림 3-10〉 다므라항 석탄부두 스태커/리클레이머



자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

라. 시사점

인도 다므라항은 인도의 신규 석탄터미널로 석탄의 양적하가 모두 이루어지는 터미널이다. 특히 선박의 안전한 접안을 위한 둑 시설, 자동 이송시설 등을 갖추고 있으며, 낙탄 방지 장치, 밀폐형 컨베이어 벨트 등 환경오염방지를 위한 장비를 갖추고 있다.

그러나 밀폐형 연속식 하역기 미도입, 개방된 야적장 등은 환경적인 면에서는 아쉬움으로 남는다.

〈표 3-3〉 다므라항 석탄 하역장비

구분	선측(안벽)	이송	야드
장비	 – 석탄 쉽언로더 · 수동식 · 2,800톤/시간 × 2대	 – 컨베이어 벨트 · 밀폐형 · 길이: 7.24km · 5,500톤/시간	 – 스태커/리클레이머 · 수동식 · 5,500톤/시간 × 2대

자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013 정리

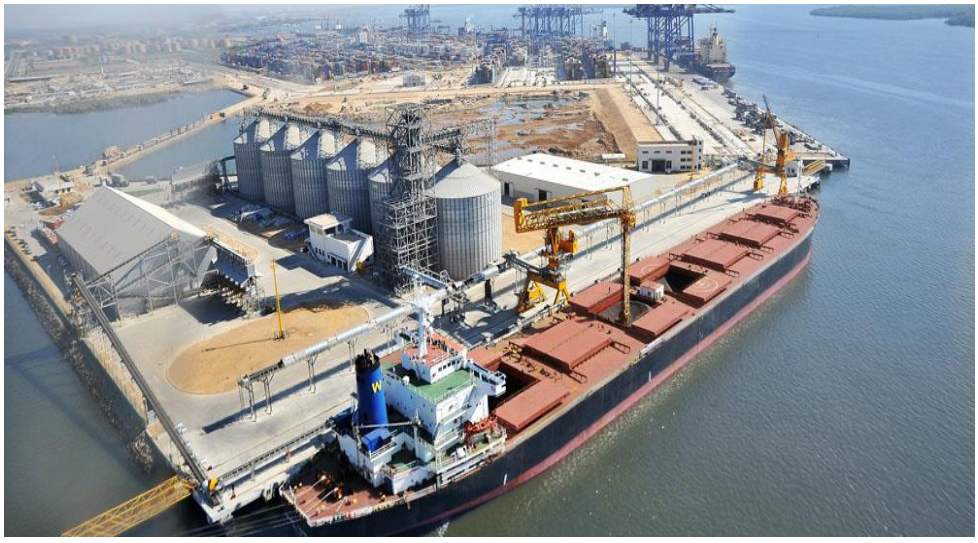
2) 양곡부두

(1) 파키스탄 FAP Marine Terminal[52)]

파키스탄 FAP Marine Terminal은 파키스탄 2대 항만인 Qasim항에 위치하고 있으며, 2010년 10월부터 운영이 시작된 신규 항만이다. 양곡의 수입 및 수출이 같이 이루어지는 터미널로 현대적 장비를 갖추고 있다.

52) 파키스탄 FAP Marine Terminal 관련 모든 내용 및 수치는 '해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013'을 기반으로 작성됨

〈그림 3-11〉 FAP 양곡터미널 전경

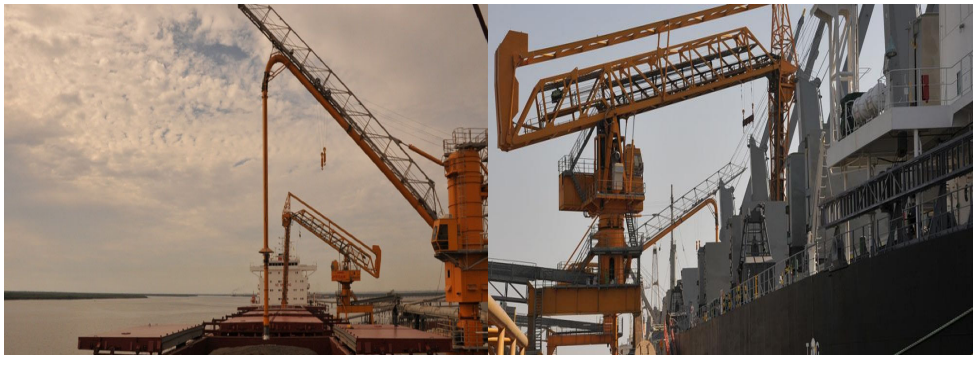


자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

가. 선측하역 장비

FAP터미널은 양곡의 상하역이 모두 이루어지는 항만으로 기계식 장비와 흡입식 장비를 모두 보유하고 있다. 기계식 장비로는 VIGAN사의 트윈벨트 하역기를 사용하고 있으며 시간당 750톤을 처리할 수 있다. 분진이 적은 흡입식(pneumatic)장비로는 시간당 600톤을 처리할 수 있는 NIV 하역장비를 갖추고 있다.

〈그림 3-12〉 FAP 양곡터미널 하역기



자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

나. 이송장비

FAP터미널의 이송장비는 곡물 이동시 분진발생을 최소화 시키는 동시에 제품의 오염을 방지하기 위한 밀폐형 컨베이어 벨트를 사용하고 있다. 해당 컨베이어는 식용 및 비식용으로 구분되어 있으며, 자동화된 계측장비가 장착되어 있다.

〈그림 3-13〉 FAP 밀폐형 이송장비



자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

다. 야드 장비

FAP터미널은 양곡을 철재 사일로와 평창고에 보관한다. 철재 사일로의 경우 75,000톤을 저장할 수 있으며, 평창고는 45,000톤을 저장할 수 있다.

〈그림 3-14〉 FAP터미널 양곡저장시설



자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

라. 시사점

FAB 양곡부두는 비교적 최신터미널로 흡입식 하역기, 밀폐형 컨베이어 등 분진 방지 및 제품보호를 위한 장비를 도입하고 있다. 특히 양곡터미널의 경우 분진문제는 심각한 편으로 심한 경우 분진폭발까지 일어날 수 있으므로 이에 대한 세심한 주의가 필요하다.

3) 원목부두

원목부두는 전술된 석탄부두 및 양곡부두와 달리 선측 하역이 대부분 선박에 장착된 선박 크레인에 의해 이루어지며 야드 이송 및 적재는 로그로더 등의 육상장비에 의해 수행된다. 따라서 선측 하역작업의 생산성은 사실 상 운반선박에 장착된 크레인 성능에 크게 좌우된다.

(1) 미국 엔젤레스항[53]

미국 서북부 연안의 워싱톤주에 위치한 엔젤레스항은 연간 6천 5십만 보드피트를 처리하고 있으며, 주로 중국 등이 수출을 하고 있는 항만이다. 엔젤레스항의 3부두가 원목 전용부두이다.

가. 선측하역 장비

원목부두는 전술하였듯이 별도의 하역장비를 부두에 갖추고 있지 않고 선박에 장착된 데릭을 이용하여 와이어 로프로 원목을 상하역 하거나 선박의 크레인에 엔진그랩을 장착하여 원목을 잡아서 상하역 한다.

이러한 선박데릭이나 엔진그랩은 작업시마다 선박장비의 성능에 영향을 받아서 일정한 생산성을 유지하기는 힘들다. 또한 엔진그랩의 경우 낙목발생 등의 위험이 있어 안전에도 위험성을 내포하고 있다.

53) 미국 엔젤레스항 관련 모든 내용 및 수치는 '해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013'을 기반으로 작성됨

〈그림 3-15〉 원목 선측하역장면



(a) 데릭하역 (b) 엔진그랩

자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

나. 이송/야드 장비

원목부두에서는 일반적으로 이송장비가 야드 적재까지 담당하며 주로 원목 이송전용의 로그로더 또는 포크리프트를 이용하여 이루어진다. 엔젤레스항 원목부두 역시 로그스태커와 포크리프트를 운영하고 있다. 로그스태커는 LeTourneau사 제품으로 최대 45톤의 원목더미를 7.32m 까지 쌓을 수 있다. 포크리프트는 CAT사의 제품으로 7톤까지 이송가능하며 이동속도는 27.5km/h 이며 디젤엔진을 사용하고 있다. 이러한 로그스태커나 포크리프트는 원목 전용 장비인 크롤러 크레인이나 로그 등의 장비에 비해 목재를 쌓을 수 있는 높이가 낮고 생산성도 떨어지는 장비로 첨단설비라고 보기에는 무리가 있다.

〈그림 3-16〉 FAP터미널 양곡저장시설



(a) 로그스태커 (b) 포크리프트

자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013.

다. 시사점

엔젤레스항 원목부두는 일반적인 원목부두로 다른 부두와 큰 차이점은 없다. 원목부두는 하역시스템의 특성 상 이송/야드 장비 외에는 기술개발 및 개선점을 찾기가 어려운 것이 사실이나 균일한 생산성 향상을 위한 항만 소유의 하역장비의 부재는 아쉬움으로 남는 부분이다. 또한 원목 그랩 시 원목제품의 손상방지, 야드 적재높이 제한, 훈증 시 환경문제 등 보다 세부적으로 고민할 경우 해결해야 할 문제들이 들어난다.

4) 해외항만 종합

해외 주요 벌크항만의 경우 버퍼빈 등 대량의 화물 취급에 따른 높은 생산성을 지닌 장비를 도입하고 있는 경우가 많으며 주로 수출화물에 집중되어 있다. 기술적으로 가장 눈여겨 볼 것은 지하매설 또는 밀폐형 컨베이어 등 환경적 문제에도 신경을 많이 쓰고 있는 점이다. 특히 양곡 터미널 등 분진폭발이 일어날 수 있는 곳에서는 안전문제에 특히 신경을 쓰고 있다.

〈표 3-5〉 해외 주요 벌크항만 첨단/고생산성/친환경 장비

구분	항만명	첨단/친환경 장비	비고
1.	호주 캠벌라항	지하매설 이송용 벨트컨베이어 자동 분사식 방진 스프링클러	바로 옆에 양곡부두 위치
2.	호주 뉴캐슬항	밀폐형 이송용 벨트컨베이어	분진발생 방지
3.	호주 뉴캐슬항	선창 변경 대비 버퍼빈 설치	컨베이어 생산성 향상
4.	인도 다므라항	밀폐형 이송용 벨트컨베이어	이송 시 분진발생 방지
5.	파키스탄 FAB부두	밀폐형 흡입식 하역기 및 벨트컨베이어	하역 및 이송 시 분진발생 방지
6.	파키스탄 FAB부두	자동화 계측장비(벨트컨베이어)	이송과 동시에 하역량 계측
7.	파키스탄 FAB부두	밀폐형 양곡창고	분진발생 및 폭발방지

그러나 세계 최대 벌크화물 취급 국가인 호주의 경우도 수출위주로서 물류 프로세스가 단순하고, 국내 항만에 비해 크게 앞 선 장비를 도입하고 있는 항만은 드문 것을 볼 수 있다. 이는 해외에서도 컨테이너 터미널에 비해 벌크항만 기술은 그렇게 발달되어 있지 않다는 점을 보여주고 있으며, 본 연구를 통해 생산성 및 친환경성, 작업자 안전성이 높은 장비 및 기술 개발 시 충분히 시장을 개척할 수 있다는 가능성을 보여주고 있다.

〈표 3-6〉 해외 주요 벌크항만 낙후시설 및 문제점

구분	항만명	낙후장비/문제점	비고
1.	호주 캠벌라항	개방형 야적장 낮은 방진막	도심과 거리가 멀어 개방형 채택
2.	호주 뉴캐슬항	개방형 야적장	도심과 거리가 멀어 개방형 채택
3.	호주 뉴캐슬항	단순한 수동형 하역장비	수출중심 단순 물류프로세스
4.	인도 다므라항	낙탄이 발생하는 그랩식 하역기 개방형 야적장	신규항만임에도 친환경시설 부족
5.	미국 엔젤레스항	하역 시 선박의 하역장비에 주로 의존	생산성 저하 및 화물손상 가능
6.	미국 엔젤레스항	낮은 생산성의 이송 및 야적 장비 사용	넓은 부지로 고단적 불필요

2. 국내 벌크항만 운영실태

국내 벌크항만 기술 실태는 석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철 등 벌크 화물별 주요 국내 터미널을 대상으로 실태조사를 수행한다. 조사 방법으로는 기존 문헌조사, 현장조사, 인터뷰 및 전문가 자문을 활용한다.

1) 석탄부두

(1) 광양항 포스코 원료부두[54)]

광양항 포스코 원료부두는 포스코 제강공장에 제강원료공급을 위한 부두로 주로 석탄, 철광석 등의 하역이 이루어진다. 총 17기의 하역기를 갖추고 있으며 밀폐형 컨베이어벨트, 스태커/리클레이머 7기를 보유하고 있다.

가. 선측장비

8기의 그래퍼 타입 언로더 및 9기의 연속식하역기(CSU)를 보유하고 있다. 그래퍼 타입의 언로더는 삼성, 대우, 현대 등 국내 중공업사 제품으로 시간당 최대 2,000톤을 처리할 수 있다. 대부분 87년에 설치된 장비로 모두 25년 이상 사용되고 있어 장비의 노후화 정도가 심한 편이다. 해당 장비의 경우 일부 부품이 단종되어 수리에 어려움을 겪고 있다. 또한 그래퍼 타입의 특성상 낙탄을 피할 수 없어 방진망이 설치되어 있음에도 해상오염은 발생하고 있다. 특히 방진막은 조수간만의 차에 의해 선박의 높이가 달라지므로 주의를 하지 않으면 선박과 방진막이 충돌, 파손이 발생할 수 있어 사용상 어려움이 따른다.

비교적 신형장비인 CSU는 9대가 설치되어 있으며, 삼성중공업과 두산중공업 제품이 주를 이룬다. 시간당 최대 처리능력은 2,100톤이며 대부분 2008년대에 들어와 설치되어 작동상 문제는 없다. 무엇보다 낙탄이 발생하지 않아서 해상오염이 발생하지 않는 장점이 있다. 그러나 저조시에는 연결된 컨베이어의 경사가 심해져서 제대로 하역이 이루어지지 못하는 경우가 많다. 또한 파우더 형태가 아닌 철광석 덩어리 등 궤 형태 취급 시 부하가 많이 걸려 고장이 잦은 편이다. 정비 포인트도 구형 그래퍼 타입보다 많아 정비비용이 그래퍼 타입에

54) 광양항 포스코 원료부두 관련 모든 내용 및 수치는 KMI 연구진의 2015년 6월 5일 포스코 광양제철소 원료부두 현지방문 및 담당자와의 인터뷰 내용을 기반으로 작성됨

비해 4배 이상 차이가 난다. 이와 함께 반출부두에는 선박에 쏟아붓기만 하는 작업을 하는 쉽로더 2대가 설치되어 CTS탄, 수제스 등의 제품을 선적하고 있다. 모든 장비는 사람이 조정하며 자동화는 이루어져 있지 않다.

〈그림 3-17〉 광양항 포스코 원료부두 하역기



(a) 기계식 언로더 (b) 연속식 하역기

자료: 광양항 포스코 원료부두 KMI 촬영사진, 2015. 6. 5.

〈그림 3-18〉 광양항 포스코 원료부두 낙탄 차단장치



자료: EBN 스틸뉴스, 배낭 메고 사탕 들고 다니는 공장장, (http://steel.ebn.co.kr/news/view/85228, 2005.4.3), 2009.05.11

나. 이송장비

원료부두에서 야적장까지 석탄 및 기타광석의 이송은 모두 자동화된 벨트컨베이어에 의해 이루어지며 원료부두에는 7기의 컨베이어가 설치되어 있다. 처리능력은 시간당 6,000톤이며 속도는 초당 4m, 폭은 2.5m이다. 이송구간은 대부분 밀폐되어 분진이 날리는 것은 방지되고 있으나, 하역기와 연결부, 그리고

야드에서 스태킹 시에는 바람에 의해 석탄이 많이 날리고 있다. 또한 주로 사용되는 벨트컨베이어 4기는 모두 86년에 설치되었기 때문에 장비의 노후화가 심각한 상태이다. 벨트컨베이어의 이송은 자동으로 작동하며 관제실에서 작업 및 이송과정을 지속적으로 모니터링 하고 있다.

〈그림 3-19〉 광양항 원료부두 이송용 컨베이어



〈그림 3-20〉 광양항 원료부두 이송용 컨베이어 모니터링

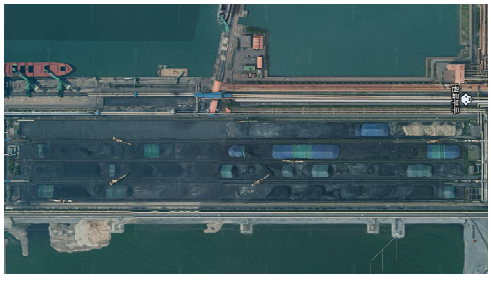


자료: 광양항 포스코 원료부두 KMI 촬영사진, 2015. 6. 5.

다. 야드 장비

광양항 원료부두는 특별한 구조물 없이 야드에 바로 석탄을 적치하는 형태이며 7기의 스태커와 리클레이머가 설치되어 있다. 성능은 시간당 2,400톤을 처리할 수 있다.

〈그림 3-21〉 광양항 포스코 원료부두 야적장



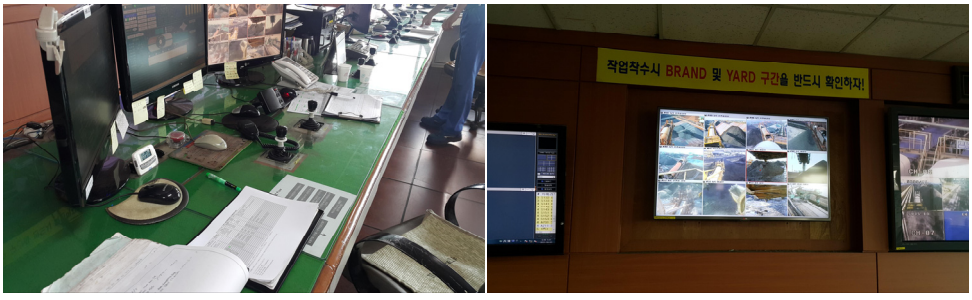
〈그림 3-22〉 광양항 포스코 원료부두 스태커/리클레이머



자료: maps.daum.net 2015,4.10, EBN 스틸뉴스, 배낭 메고 사탕들고 다니는 공장장, (http://steel.ebn.co.kr/news/view/85228, 2005.4.3), 2009.05.11

스태커의 경우 주로 관제실에서 원격으로 조작하고 있으며 리클레이머는 사람이 직접 조작한다. 두 장비 모두 관제실에서 실시간 모니터링 하고 있다.

〈그림 3-23〉 광양항 포스코 원료부두 야드 장비 관제실



(a) 스태킹 크레인 원격조정장치 (b) 야드작업 모니터링

자료: 광양항 포스코 원료부두 KMI 촬영사진, 2015. 6. 5.

라. 시사점

국내 주요 기간설비인 광양항 원료부두 장비의 경우 2000년대 이후 연속식 하역기가 도입되어 비교적 최신설비이며 높은 생산성을 보여주고 있다. 그러나 기계식 언로더의 경우는 상당히 노후되어 있다. 특히 국내에서 부품이 단종되어 구입이 어렵고 외국산 부품 사용 시 보수비용 때문에 정비에 어려움이 따르고 있다. 상하역시 해상오염을 방지하기 위한 낙탄 차단장치를 사용하고 있으나 조수간만의 차에 의해 사용상 어려움이 있으며, 하역 및 이송 시 연결부위에서는 바람에 의해 분진이 날리고 있는 실정이다. 석탄은 야외 야적장에 그대로 쌓여 있어 바람에 날릴 가능성이 높다. 이러한 부분은 개선의 필요성이 있으나 대규모 시설투자를 필요로 하기 때문에 쉽게 이루어지기는 힘든 것이 사실이다. 참고로 비교적 최근에 지어진 당진항 현대제철의 원료저장시설은 세계 최초로 완전 밀폐형으로 되어 있어 분진방지 및 전천후 작업이 가능한 세계 최첨단 시설이다. 즉 국내 밀폐형 저장 공간의 기술력이 떨어진다기보다는 대규모 투자에 대한 어려움이 장비개선에 있어서 가장 큰 문제점 중 하나임을 볼 수 있다.

〈그림 3-24〉 당진항 현대제철 완전 밀폐형 원료부두



자료: 프라임경제, '[르포] 세계최초 밀폐형 원료 돔 현대제철 당진제철소 가보니', (http://www.newsprime.co.kr/news/article.html?no=282837, 2015.08.03.), 2014,06.20

이처럼 광양항 원료부두 시스템의 경우 장비의 노후화 및 환경문제 방지대책이 완전하지 못한 것이 현실이며, 항만 작업자의 안전 및 건강에 위해를 끼칠 가능성이 높다고 판단된다.

〈표 3-7〉 광양항 원료부두 석탄 하역장비

구분	선측(안벽)	이송	야드
장비	 - 기계식 언로더 · 수동식 · 2,000톤/h × 8대  - 연속식 하역기 · 수동식 · 2,100톤/시간 × 7대	 - 컨베이어 벨트 · 밀폐형 · 폭: 2.5m · 속도: 4.0m/초  - 낙탄 방지장치	 - 스태커/리클레이머 · 수동식 · 2,400톤/h × 7대

자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013, 포스코 원료부두 현장방문 및 인터뷰 결과 정리 2015

(2) 인천남항 석탄부두[55]

인천남항 석탄부두는 국내 수도권 인근에 위치한 석탄전용부두로 서울 및 경기지역에 석탄 공급을 담당하는 주요한 항만이다. 그러나 인천남항은 배후도시와 인접해 있어 분진 등으로 인한 민원에 지속적으로 시달리고 있으며, 장비의 노후화로 인한 수리비 상승 및 안전에 대한 불안감이 커지고 있는 실정이다.

가. 선측장비

인천남항 석탄부두는 2기의 수동 그랩방식 쉽언로더를 보유하고 있다. 해당 장비는 현대중공업에서 1989년 제작한 장비로 상당히 노후화 되어 있으며, 하역능력은 시간당 1,000톤으로 낮은 편이다. 그랩식 하역기의 특징상 낙탄이 발생하기 쉬우나 이에 대한 특별한 대책은 마련되어 있지 않다.

〈그림 3-25〉 인천남항 석탄하역기 제원



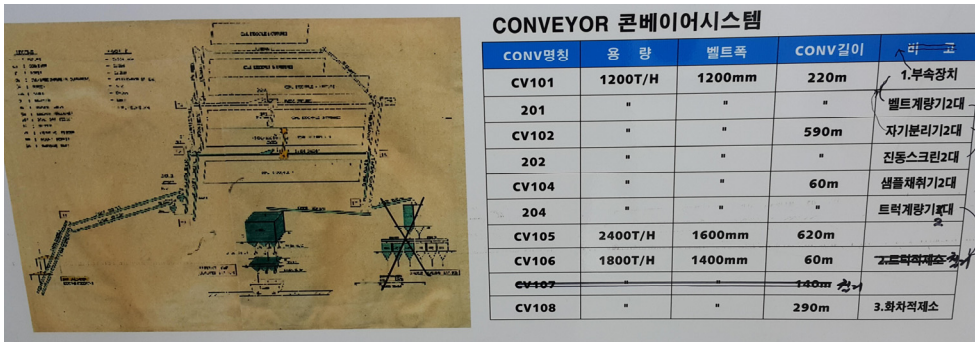
자료: 인천남항, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

나. 이송장비

안벽에서 야적장까지 석탄의 이송은 그림과 같이 벨트컨베이어가 담당하고 있으며 총 9기의 장비가 설치되어 있다. 시간당 처리량은 장비에 따라 최다 1,200톤에서 2,400톤까지 다양하며, 벨트의 폭은 1.2~1.6m로 좁은 편이다. 해당 컨베이어 역시 89년 남항부두와 함께 설치된 장비로 상당히 노후화 되어 있어 처리능력 및 속도, 폭 등 성능이 상당히 떨어지는 편이다.

55) 인천남항 석탄부두 관련 모든 내용 및 수치는 KMI 연구진의 2015년 6월 22일 인천남항부두운영(주) 현지방문 및 담당자와의 인터뷰 내용을 기반으로 작성됨

〈그림 3-26〉 인천남항 벨트컨베이어 제원



CONVEYOR 콘베이어시스템

CONV명칭	용 량	벨트폭	CONV길이	비 고
CV101	1200T/H	1200mm	220m	1.부속장치
201	"	"	"	벨트계량기2대
CV102	"	"	590m	자기분리기2대
202	"	"	"	진동스크린2대
CV104	"	"	60m	샘플채취기2대
204	"	"	"	트럭계량기1대
CV105	2400T/H	1600mm	620m	
CV106	1800T/H	1400mm	60m	2.트럭적재조정기
~~CV107~~	"	"	~~140m~~ 철거	
CV108	"	"	290m	3.화차적재소

자료: 인천남항, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

다. 야드 장비

인천남항은 인근 주거지역과 밀접해 있어 석탄분진 민원이 많은 편이다. 이를 방지하기 위해 터미널을 방진막으로 완전히 둘러싸고 있으며, 야적되어 있는 석탄에는 덮개를 씌어서 분진발생을 최대한 억제하고 있다. 또한 세륜시설도 갖추고 있어 차량 바퀴를 통해 배출되는 석탄을 최소화시키려고 노력하고 있는 중이다. 그러나 보다 근본적인 대책이 마련되지 못하고 있어 인근 주민들의 석탄부두 이전 요구가 끊임없이 발생하고 있다.

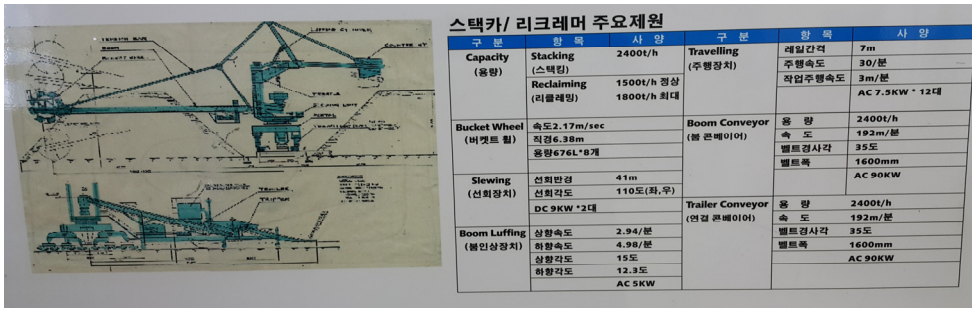
〈그림 3-27〉 인천남항 방진막 현황



자료: 경기일보, '멈춘 철도... 분주한 트럭',
(http://www.kyeonggi.com/?mod=news&act=articleView&idxno=725832, 2015, 04. 07), 2013.12.11

야드 장비로는 1대의 스태커/리클레이머를 운영하고 있으며 처리능력은 스태킹 2,400톤/시간, 리클레이밍 1,800톤/시간이다. 해당 장비 역시 89년 설치되어 노후화가 심각한 수준이다.

〈그림 3-28〉 인천남항 스태커/리크레이머

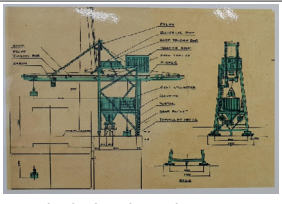
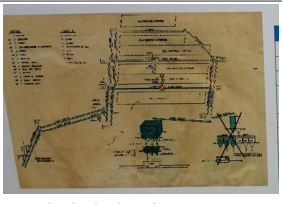
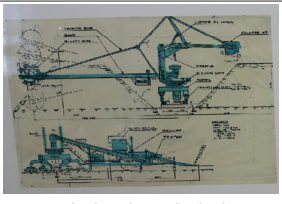


자료: 인천남항, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

라. 시사점

인천남항은 수도권 석탄공급 항만으로서 주요한 위치를 차지하고 있으나 시설 및 장비가 노후화되어 생산성이 크게 떨어지고 있으며, 지속적인 환경문제로 인근 주민의 원성을 사고 있다. 또한 장비의 노후화 역시 심각하여 하역 작업자들이 작업 중 안전에 대한 심각한 우려를 하고 있어 이에 대한 대책 마련이 시급하다.

〈표 3-8〉 인천남항 석탄부두 하역장비

구분	선측(안벽)	이송	야드
장비			
– 기계식 언로더 · 수동식 · 1,000톤/h × 2대		– 컨베이어 벨트 · 밀폐형 · 폭: 1.2~1.6m · 성능: 1200~2400톤/h	– 스태커/리클레이머 · 수동식 · 2,400톤/h × 1대

자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013 및 인천남항, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

2) 양곡부두

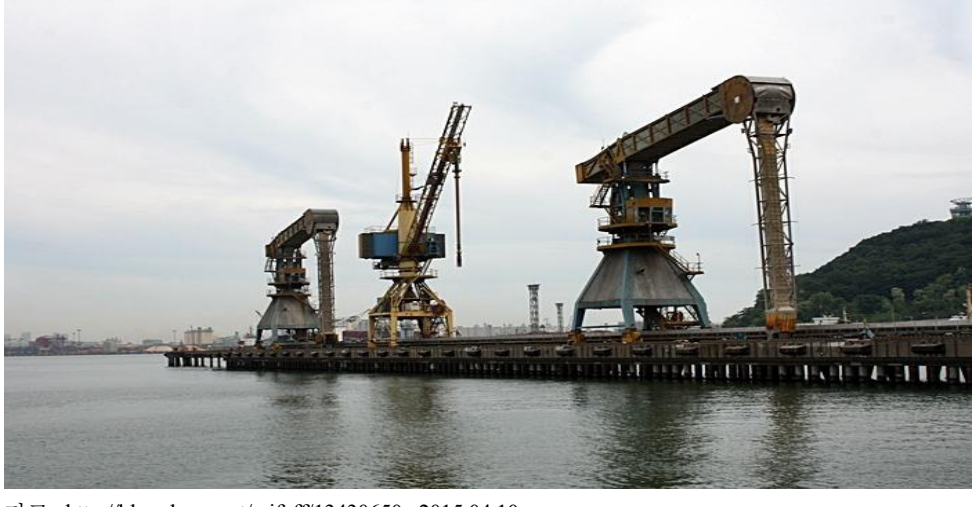
(1) 인천항 7부두 대한사이로터미널[56]

인천항 7부두 양곡부두는 수도권 최대의 양곡공급기지이며 대한사이로터미널은 3개의 언로더(진공흡입식 2기, 기계식 1기)를 운영하고 있다. 터미널 배후에 설치된 사일로 시설과는 자동화된 컨베이어로 연결되어 있다. 그러나 대부분의 장비가 노후화되어 생산성이 떨어지고 있으며 컨베이어도 완전 밀폐식이 아니어서 분진이 발생하고 있는 실정이다.

가. 선측장비

인천항 7부두 대한사이로터미널은 1976년에 설치한 진공흡입식 곡물전용하역기 2기와 1990년에 추가로 설치한 기계식 곡물전용하역기 1기를 운영하고 있다. 진공흡입식 하역기는 시간당 400톤을 처리할 수 있으며 기계식 곡물전용하역기는 시간당 750톤을 처리할 수 있는 능력을 보유하고 있다.

〈그림 3-29〉 인천항 양곡하역기



자료: http://blog.daum.net/mifaff/13430650, 2015.04.10.

56) 인천항 7부두 대한사이로터미널 관련 모든 내용 및 수치는 KMI 연구진의 2015년 6월 22일 인천항 현지방문 및 담당자와의 인터뷰 내용을 기반으로 작성됨

나. 이송장비

안벽에서 항만 배후의 사일로까지는 벨트컨베이어를 이용하여 양곡을 이송한다. 입고용 벨트컨베이어는 2라인을 운영 중이며 시간당 600톤을 이송할 수 있다. 또한 벨트 컨베이어에는 입고용 자동 계근장치인 전기 지시식 자동저울 4기(최대중량 8톤 2기, 4톤 2기)가 장착되어 있다.

〈그림 3-30〉 인천항 양곡이송 벨트컨베이어



자료: 인천항, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

다. 저장/출고 장비

일반적으로 양곡은 부두에서 벨트컨베이어로 사일로까지 이동하여 저장된다. 인천항 대한사이로터미널은 양곡을 저장하기 위한 사일로 2개 그룹을 보유하고 있다. A 그룹은 사일로 62기로 구성되어 있으며 총 7만 5천 톤의 양곡을 저장할 수 있고, B 사일로 그룹은 64기의 사일로로 구성, 총 십만 톤의 양곡을 저장할 수 있다. 그 외에 평창고 사일로 2개동 7만 5천 톤, 철재 사일로 7개동 5만 톤 등 총 30만 톤의 저장능력을 보유하고 있다. 콘크리트 사일로에는 48기의 DLS(dustless Loading Spout)가 장착되어 비산먼지를 관리한다.

〈그림 3-31〉대한사이로 저장/출고장비



양곡 사일로



DLS

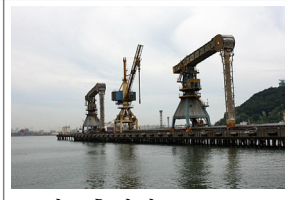
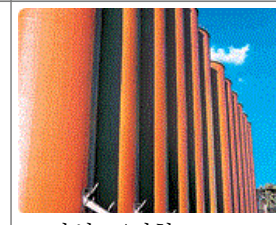
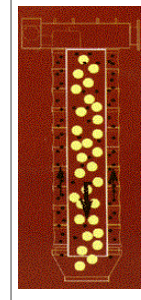
자료: http://www.hankieng.co.kr/project/pro_year_2004_detail.asp?subType=009&hYear=&leftType=Use&SEQNO=144, 2015.06.10., http://northlandengineering.com/products/dustless-loading-spouts/, 2015.06.10

또한 최대 80톤까지 계근이 가능한 3대의 트럭계근기 및 2기의 시간당 200톤 용량의 전기지시식 자동계근기가 설치되어 있으며 양곡을 말리기 위한 훈증시설은 3계통 순환식 3대가 사용되고 있고, 비산먼지를 방지하기 위한 Air Jet Filter Type 40기가 장착되어 있다.

라. 시사점

대한사이로는 하역장비 및 이송장비, 사일로 등은 모두 1980년 초반부터 사용되어오던 장비로 노후화가 심각하고 그에 따라 장비 생산성이 시간당 400톤으로 상당히 낮은 편이며, 노후화된 장비는 작업자 안전성에 위협이 될 수 있다. 특히 부두에서 사일로까지의 벨트컨베이어는 완전 밀폐형이 아니어서 바람에 분진이 날리는 경우가 있다. 장비의 청소는 수작업으로 이루어지고 있다. 또한 선창안의 곡물은 마지막에는 사람이 직접 끌어내야하는 어려움이 있으나 이는 어떤 터미널도 마찬가지로 꼭 인천항만의 문제는 아니다. 따라서 선창 내 잔여화물 처리 작업의 자동화 및 효율화는 벌크부두 생산성 향상에 있어 가장 주요한 문제이자 해결하기 어려운 문제이기도 하다. 또한 곡물 보관 및 출고시에는 비산먼지 발생을 방지하는 DLS, Air Jet Filter Type 등을 도입하고 있어, 항만외부 인근 주거지역으로의 비산먼지 확산 방지에 노력하고 있다.

〈표 3-9〉 인천남항 양곡부두 하역장비

구분	선측(안벽)	이송	야드/출고
장비	 – 진공흡입식 · 수동식 · 400톤/h × 2대 – 기계식 하역기 · 수동식 · 750톤/h × 1대	 – 컨베이어 벨트 · 반밀폐형 · 폭: 1.2~1.6m · 성능: 600톤/h × 1대	 – 사일로/평창고 · 콘크리트/철재 · 동시 300,000톤 저장  – DLS · 비산먼지 제어 – 기타장비 · 트럭계근기 · 전기지시식 계근기

자료: 해양수산부, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립연구』, 2013 및 http://blog.daum.net/mifaff/13430650, 2015.04.10., http://northlandengineering.com/products/dustless-loading-spouts/, 2015.06.10.

(2) 평택·당진항 양곡전용부두 태영그레인터미널

인천항에 집중되어 있던 양곡물량을 분산시키기 위해 2011년 평택·당진항 서부두 8, 9번 선석에 준공된 태영그레인터미널은 국내 최대규모 및 최신설비의 양곡전용부두로 5만 톤급 2선석 및 최대 7만 톤급 선박이 접안할 수 있는 수심(14.5m)을 갖추고 있다[57]. 하역시설로는 3개의 언로더(진공흡입식 1기, 기계식 2기)를 운영하고 있으며, 터미널 배후에 사일로가 위치한 인천항과 달리

57) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.

사일로가 터미널 내 안벽 바로 뒤에 위치해 있으며, 자동화된 컨베이어로 연결되어 있다[58]. 2011년부터 운영을 시작한 터미널답게 장비들은 모두 최신장비이며, 자동화도 잘 이루어져 있는 국내 최첨단 양곡터미널이다.

가. 선측장비

평택·당진항 태영그레인터미널은 2011년 설치된 진[59]공흡입식 곡물전용하역기 1기와 기계식 곡물전용하역기 2기를 운영하고 있다. 진공흡입식 하역기는 시간당 400톤을 처리할 수 있으며 기계식 곡물전용하역기는 시간당 800톤을 처리할 수 있는 능력을 보유하고 있다[60].

〈그림 3-32〉 평택당진항 양곡하역기



자료: http://www.tygt.co.kr/grainsilo/grainsilo03.asp, 2015.08.06.

나. 이송장비

안벽에서 터미널 내 사일로까지는 벨트컨베이어를 이용하여 양곡을 이송한다. 평택·당진항 양곡전용부두의 컨베이어 벨트는 미국에서 기업에서 제작한 완

58) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.
59) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.
60) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.

전 밀폐식으로 양곡 이송 중 발생할 수 있는 분진 및 비산먼지를 완전히 차단하고 있으며, 총 6기를 보유하고 있다[61]. 각 컨베이어 벨트는 시간당 1,400톤을 이송할 수 있어 인천항 컨베이어 벨트보다 2배 이상의 생산성을 보여주고 있다[62].

〈그림 3-33〉 평택·당진항 양곡이송 벨트컨베이어



자료: http://www.tygt.co.kr/grainsilo/grainsilo01.asp, 2015.08.06

다. 저장/출고 장비

평택·당진항 양곡전용부두 사일로는 국내 최대 32만 톤을 일시 저장할 수 있으며 4그룹 총 72기의 사일로를 보유중이다[63]. 사일로는 형태변질, 온도 및 습도 등의 영향을 최대한 차단한 최신식이며, 호퍼저울(Hopper Scale)을 통해 정확한 하역량 및 선적량의 계근이 가능하다[64].

〈그림 3-34〉 평택·당진항 양곡보관용 사일로



자료: 아시아경제, '태영그레인터미널, 평택·당진항 양곡부두 개장', (http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2011102515383668474, 2015.08.10.) 2011.10.25.

61) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.
62) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.
63) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.
64) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.

출고장비로는 출고슈트 60개, 곡물차량 무게를 측정하기 위한 무인 자동화 계근대 3기를 보유하고 있어 자동출고 및 무인운전이 가능하다. 각 계근대는 100톤까지 계근이 가능하다[65].

〈그림 3-35〉 평택·당진항 출고장비



자료: http://www.tygt.co.kr/grainsilo/grainsilo03.asp, 2015.08.06

라. 자동운영시스템

평택·당진항 양곡전용부두 또한 최첨단 자동운영시스템을 24시간 서비스가 가능하며, 중앙통제실에서 하역제어 및 모니터링이 가능하다[66].

〈그림 3-36〉 평택·당진항 출고장비



http://www.tygt.co.kr/grainsilo/grainsilo03.asp, 2015.08.06.

65) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.

66) http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.

마. 시사점

평택·당진항 양곡전용부두 태영그레인터미널은 2011년부터 운영을 시작한 세계적인 수준의 최신식 양곡터미널이다. 따라서 노후화의 문제는 전혀 없으며, 높은 생산성과 친환경성을 보여주고 있다. 특히 부두에서 사일로까지의 벨트컨베이어는 완전 밀폐형이어서 하역 및 이송 시 양곡부두의 고질적인 분진 및 비산먼지 발생을 차단하고 있다. 항만하역 모니터링 및 운영도 완벽하게 이루어지고 있고 사일로 및 출고장비도 완전 자동화 되어 있어 날씨나 주야간에 상관없이 24시간 작업이 가능하여 높은 생산성을 보여주고 있다.

〈표 3-10〉 평택·당진항 양곡전용부두 하역장비

구분	선측(안벽)	이송	야드/출고
장비	 – 진공흡입식 · 수동식 · 400톤/h × 1대  – 기계식 하역기 · 수동식 · 800톤/h × 2대	 – 컨베이어 벨트 · 완전 밀폐형 · 폭: 2.4m · 성능: 1400톤/h × 6대	 – 사일로 · 콘크리트/철재 · 동시 320,000톤 저장 〈그림 3-1〉 평택·당진항 출고장비  – 출고슈트 60개 – 기타장비 · 무인 트럭계근기 · 중앙통제실 하역제어 시스템

자료: http://www.tygt.co.kr, 2015.08.06.

3) 원목부두

(1) 인천북항 대주중공업 원목부두[67]

인천북항 대주중공업 원목부두는 원목을 주로 처리하는 원목부두로 뉴질랜드산 나무(뉴송)와 미국산 나무(미송)을 주로 취급하고 있다. 원목은 전량 수입하고 있으며, 인천의 제재공장으로 이동한다. 주요 장비로는 엔진그랩이 있으며 그 외 대부분의 장비는 하역사 소유가 아닌 외부에서 용차하여 사용하고 있다.

가. 선측장비

일반적으로는 본선의 크레인에 엔진그랩을 장착하여 하역작업을 수행한다. 이 경우 생산성은 해당 선박 크레인의 성능에 좌우된다. 엔진그랩은 총 5기를 보유하고 있으며 모두 주문제작을 통해 만들어졌다. 각 엔진그랩은 1회에 3.5루베[68]를 하역할 수 있다. 선내에서는 굴삭기가 원목을 그랩이 잡기 좋게 모아주는 작업을 수행한다. 갱당 1기가 투입되며 각 굴삭기는 0.8루베를 한 번에 집을 수 있다. 엔진그랩으로 작업 시에는 따로 작업자가 선내로 들어가지 않으나 마지막에 잔목 작업 시에는 선창의 구조에 따라 작업자가 들어가 작업하는 경우도 많다.

〈그림 3-37〉 인천 대주중공업 부두 엔진그랩



자료: 인천북항 대주중공업 원목부두, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

화주에 요청이나 선박 크레인의 상황, 그리고 부선 하역 시에는 선박 크레인이 아닌 외부 하역장비를 통해 하역을 하는 경우도 있다. 이때 주로 사용되는

67) 인천북항 대주중공업 원목부두관련 모든 내용 및 수치는 KMI 연구진의 2015년 6월 22일 인천항 현지방문 및 담당자와의 인터뷰 내용을 기반으로 작성됨

68) 1루베 = 1 입방미터(1m×1m×1m)

장비가 크롤러 크레인으로 해당 부두에서 소유하고 있지는 않고, 필요시 용차하여 사용하고 있다. 대주중공업에서 주로 용차하는 장비는 훅스사에서 제작한 장비로 선측에서 본선작업을 주로 수행하는 훅스 380과 하역, 이송, 고적까지 담당하는 훅스 454가 있다. 크롤러 크레인은 기본적으로 효율이 좋은 장비이나 장비 자체가 고가이며 인천항 전체에 5대에 불과(2015년 현재)하여 자주 사용되고 있지는 못하다.

〈그림 3-38〉 인천 대주중공업 크롤러 크레인



C/Crane 훅스 454　　C/Crane 훅스 380

자료: 인천북항 대주중공업 원목부두, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

뉴송이라 불리우는 뉴질랜드 및 호주산 나무 외에 미송이라고 불리는 미국에서 들어오는 나무의 경우는 취급이 뉴송에 비해 까다롭다. 미송은 나무 재질 자체가 무른 편이어서 엔진그랩으로 작업 시 절목이나 파손의 위험이 있어 화주들은 와이어를 사용하여 작업할 것을 요구하고 있다. 이 경우에는 작업자가 직접 선내로 들어가 와이어로 원목을 감싸 크레인에 묶어 주는 작업을 수행하여야 한다. 그런데 미송의 경우 미국에서 운송을 강물에 띄어서 이동시키는 방식으로 수행하고 있어 나무 자체에 수분이 많고, 뻘 등이 묻어있어 무척 미끄러운 편이다. 그로 인해 작업자가 나무위에서 쉽게 미끄러져 다치는 경우가 발생한다. 또한 원목은 가스를 내포하고 있다. 가스자체는 유독가스는 아니나 선창 깊은 곳에 가스가 모여있을 경우, 해당 구역에는 산소포화도가 떨어지는 경우가 발생한다. 작업자가 해당구역에 내려갈 경우 질식하여 기절하는 경우도 발생한다. 따라서 하역사에서는 가능한 그랩작업을 원하나 목재가 비싸고 무른 미송의 경우 화주의 요구를 무시하기 어렵다.

비가 올 경우 가랑비까지는 작업이 가능하나 비가 많이 올 경우는 하역작업을 수행하지 않는다. 원목이 비에 젖는 것은 문제가 되지 않으나 문제는 크레인 작업자의 시야가 안보이게 되어 작업이 불가능해진다. 엔진그랩 자체의 무게가 높아 어느 정도 강풍 등에는 영향을 받지 않는다.

하역 시에는 나무의 껍질 등이 바람에 날리거나 해상으로 떨어지는 것을 방지하기 위한 낙피 방지막을 선박과 부두사이에 깔고 작업을 수행한다. 그러나 바람에 날리는 경우도 많고, 작업 시에는 분진도 많이 발생하고 있어 지속적인 살수가 이루어지고 있다.

〈그림 3-39〉 인천 대주중공업 낙피 문제



낙피방지막 원목 분진

자료: 인천북항 대주중공업 원목부두, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

나. 이송/야드 장비

원목의 이송은 주로 로그로더를 사용하거나 트럭에 상차하여 이송한다.

〈그림 3-40〉 인천 대주중공업 이송 및 야드 장비



로그로더 로거(프린티스사)

자료: 인천북항 대주중공업 원목부두, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

트럭 사용 시에는 안벽에서는 로그로더로 상차하고, 야드에는 로거나 크롤러 크레인을 사용하여 하차 및 야적한다. 대주중공업에서 사용하는 로그로더는 모두 용차 장비로 한라중공업에서 제작한 HL380을 사용하고 있다. 로그로더는 이송 및 2m 이하의 적재만 가능하며, 고적은 별도의 고적용 장비인 로거를 사용한다. 로거는 고적만 가능하다. 또한 전술하였듯이 하역, 이송, 고적이 모두 가능한 크롤러 크레인 훅스 454를 사용하여 작업을 같이 수행한다.

다. 출고 장비

원목은 특별한 출고 장비가 있지는 않고 로그로더나 로거를 사용하여 야적되어 있는 원목을 운송용 트럭에 상차하여 출고한다. 그러나 그전에 해야 할 작업이 있는데 바로 방역이다. 원목의 경우, 각종 외국 벌레 및 생물 등이 묻어오는 경우가 많아 방역은 필수이다. 방역은 화주가 별도의 방역업체를 이용하여 야드에서 수행한다. 여름에는 24시간, 겨울에는 36시간 동안 완전 도포하여 훈증으로 방역한다. 하지만 시간이 급할 경우 게이트에 설치된 간이 방역 후 화주가 가지고 나가는 경우도 있다. 또한 외부트럭이 원목부두를 나갈 경우에는 바퀴를 씻어야 해서 세륜시설이 갖춰져 있다.

〈그림 3-41〉 간이방역 및 세륜시설



〈그림 3-42〉 원목운송차량



자료: 인천북항 대주중공업 원목부두, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

라. 시사점

인천북항 대주중공업 원목부두는 선박 크레인을 활용, 엔진그랩으로 작업하거나 와이어, 크롤러 크레인을 사용하여 작업한다. 와이어 사용 시 작업자가 선

내로 투입되어 사고의 위험이 있으나 엔진그랩 사용 시 발생할 수 있는 원목 파손 위험으로 화주들은 와이어 작업을 요구하고 있다. 따라서 작업자 안전 및 화물의 파손방지를 위한 원목손상방지 기술의 개발이 필요하다고 판단된다. 그 외 대주중공업 부두는 원목하역 최신장비인 크롤러 크레인 및 로거를 용차하여 사용하고 있다. 크롤러 크레인의 경우 본선장비를 사용하는 것보다 높은 생산효율을 보여주고 있으나 높은 가격으로 인해 자주 사용할 수는 없다는 단점이 있다. 그 외 야드에서는 로그로더 외에 로거라는 장비를 사용하여 야적작업의 효율을 높이고 있다.

〈표 3-11〉 인천북항 대주중공업 원목부두 하역장비

구분	선측(안벽)	이송/야드
장비	 – 엔진그랩 · 원목전용하역기기 · 인양능력: 3.5루베 × 5대  – C/Crane 혹스 380 · 원목전용하역기기 · 인양능력: 30톤 × 1대  – C/Crane 혹스 454 · 원목전용하역기기 · 인양능력: 20톤 × 1대	 – 로그로더 · 최대 25톤 운반가능  – 로거 프린티스 · 원목전용고적기기 · 인양능력: 20톤 × 1대

자료: 인천북항 대주중공업 원목부두, 2015. 6. 22.

(2) 인천 동부북항터미널[69]

인천 동부북항터미널은 정확히는 원목전용 터미널이 아니라 컨테이너부터, 원목, 잡화 등 다양한 화물을 처리하는 다목적 터미널이다. 그러나 인천 동부북항터미널은 국내 최초로 원목전용 하역장비인 크롤러 크레인(C/Crane) 4대를 도입하여 원목하역을 수행하고 있다.

가. 선측장비

항만에서 원목하역은 본선의 데릭이나 크레인에 원목그랩을 사용하여 하역하는 것이 일반적이다. 이 경우 선박에 장착된 장비의 성능에 따라 하역 생산성이 좌우된다. 그러나 세계 일부항만에서는 원목전용 하역장비인 크롤러 크레인을 사용하고 있으며, 인천 동부북항터미널에서도 4대의 크롤러 크레인을 도입하였다. 2대는 자중 200톤에 최대 인양능력이 30톤인 독일 세네보겐사의 880EQ이고 나머지 2대는 보다 소형으로 자중 60톤에 최대 인양능력이 20톤으로 이동이 자유로운 850M이다. 880EQ는 전기 및 경유로, 850M는 경유로 구동한다. 해당 장비는 기존 선박 데릭 또는 크레인 이용 시보다 최대 300%의 생산성 향상을 가져온다.

〈그림 3-43〉 크롤러 크레인



C/Crane 880EQ　　C/Crane 850M

자료: 인천동부북항터미널, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

69) 인천 동부북항터미널 관련 모든 내용 및 수치는 KMI 연구진의 2015년 6월 22일 인천항 현지방문 및 담당자와의 인터뷰 내용을 기반으로 작성됨

나. 이송/야드 장비

일반적인 원목 이송 및 야적장비 로그로더이며 이와 함께 인천 동부북항터미널에서는 C/Crane 850M 및 포크리프트 5대를 활용하여 원목의 이송 및 적재를 수행하고 있다.

〈그림 3-44〉 이송장비



로그로더 포크리프트

자료: http://www.monthlymaritimekorea.com/news/articleView.html?idxno=2327, 2015.08.10., http://www.dongbuimt.co.kr/front/business/equipment.jsp, 2015.08.10

다. 출고 장비

동부북항터미널도 마찬가지로 임시 방역시설을 갖추고 있어서 급한 출고 시 사용하고 있다. 그러나 완전한 방역은 아니어서 이 경우에는 화주가 다시 공장에서 자체적으로 방역을 실시해야 한다.

〈그림 3-45〉 임시방역시설



자료: 인천동부북항터미널, KMI 촬영사진, 2015. 6. 22.

라. 시사점

인천 동부북항터미널은 최신 원목하역전용장비인 크롤러 크레인을 도입하였다. 기존 선박 장비의 성능에 따라 좌우되던 원목하역 생산성을 안정화 시키면서 300% 가까이 크게 향상시켰다. 또한 선박데릭이나 크레인으로 작업 시 발생할 수 있던 작업자 안전사고를 방지할 수 있는 장점이 있다. 원목부두의 야드 이동 및 적재 역시 소형 크롤러 크레인을 통해 작업하는 등 크롤러 크레인의 효용은 무척 높다고 판단된다.

〈표 3-12〉 인천북항 원목부두 하역장비

구분	선측(안벽)	이송/야드
장비	 - C/Crane 880EQ · 원목전용하역기기 · 인양능력: 30톤 × 2대  - C/Crane 850M · 원목전용하역기기 · 인양능력: 20톤 × 2대	 - 25톤 포크리프트 · 최대 25톤 운반가능  - 16톤 포크리프트 · 최대 16톤 운반가능

자료: http://www.monthlymaritimekorea.com/news/articleView.html?idxno=2327, 2015.08.10., ,
https://www.dongbuexpress.com/info/news?mode=userView&newsNo=73&pNum=61, 2015.08.10.,
http://www.dongbuimt.co.kr/front/business/equipment.jsp, 2015.08.10

4) 철재부두

(1) 포항항 포스코 철재부두[70]

가. 선측작업

포항항의 포스코 철재부두의 하역은 주로 BTC(Bridge Travel Crane)에 의해 하역이 이루어진다. BTC는 부두 안벽 레일을 타고 좌우로 이동하며 하역작업을 수행하고, 대상 철재화물 형태 및 작업 조건에 따라 줄걸이, 마그네틱 등 다양한 방식으로 이루어진다. 줄걸이는 대상화물의 모서리(후판 등) 또는 중심(코일)에 줄을 연결하여 권상/권하 하는 방식이며, 마그네틱은 철재화물을 특성을 살려 전자력을 사용하여 철재화물을 인양하는 방식이다.

〈그림 3-46〉 후판 마그넷 장비



자료: 포스코 철재부두(포항), KMI 사진촬영, 2013. 11. 7.

이외에 BTC와 동일한 방식으로 레일을 따라 움직이나 회전으로 인해 생산성은 BTC 보다 떨어지는 LLC(Level Luffing Crane)를 통한 하역도 수행되고 있으며, 우천 시에는 전천후 부두에 설치된 OHBC(Over Head Bridge Crane)를 통한 하역도 이루어지고 있다.

70) 포항항 포스코 철재부두 모든 내용 및 수치는 KMI 연구진이 '포스코 특수하역요율체계 개선 및 산정에 관한 연구'과제 관련 2013년 11월 7일 포스코 포항제철소 제품부두 현지방문 및 담당자와의 인터뷰 내용을 기반으로 작성됨

〈그림 3-47〉 포스코 철재하역장비



BTC



LLC



OHBC

자료: 포스코 철재부두(포항), KMI 사진촬영, 2013. 11. 7.

나. 선내장비

고중량의 철재화물의 특성상 선내에서 사람이 화물을 취급하는 것이 어려운 경우가 종종 발생한다. 그에 따라 철재화물은 선내에서도 포크리프트 등을 이용하여 화물을 정해진 위치로 이동시켜 고정시키는 작업을 수행한다. 해당 포크리프트는 취급 화물에 따라 다양한 형태의 부품을 사용하여 철재화물을 취급한다.

〈그림 3-48〉 선내 철재이송장비



자료: 포스코 철재부두(포항), KMI 사진촬영, 2013. 11. 7.

다. 이송장비

철재화물은 습기에 약한 화물의 특성상 야적은 거의 하지 않는다. 따라서 포스코 철재화물은 이송은 안벽과 제철소 공장 간에 이동을 의미한다. 국내 포스코 화물 하역은 특수하역으로 구분되며 이는 공장에서 철재화물이 팔레트에 실려 야적장이 아닌 바로 선측 하역기 밑으로 이동하여 해당 팔레트 위에서 바로 선박으로 양하되거나 반대로 바로 팔레트 위로 적하되어 공장으로 이동하는 직상차 방식을 취하고 있기 때문이다. 따라서 포스코의 이송장비는 해당 팔레트을 들고 이동하는 장비인 팔레트 캐리어이다. 팔레트 캐리어는 철재화물이 적재된 팔레트을 들고 이동한 후 팔레트을 목적지에 내려놓고 차량 자체만 빠져나올 수 있다. 현재 포스코의 팔레트 캐리어는 모두 유인장비이며 디젤을 사용하고 있다. 그 외 지게차, 트럭 등을 이용한 이송도 실제로는 이루어지나 정식 이송장비는 아니다.

〈그림 3-49〉 포스코 팔레트 캐리어



자료: 한국해양수산개발원, 『포스코 특수하역요금 체계개선 및 산정에 관한 연구』, 2014.5

라. 야드 장비

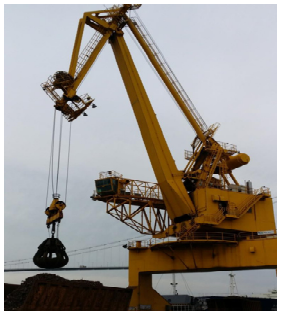
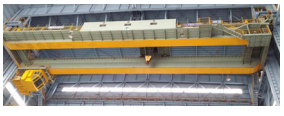
포스코 철재화물의 특징상 야드에 적재하지 않고 바로 고장창고로 철재를 이송시킨다. 창고 내에서는 포크리프트, OHBC 등의 장비가 철재화물의 상하차를 수행한다.

마. 시사점

국내 제철소 항만에서의 철재하역은 화물의 특성, 공장과의 연계를 위해 일반적은 화물하역 프로세스와는 다소 다른 것을 볼 수 있다. 특히 야드에 야적하지 않고 바로 공장으로 이동하는 이송체계와 하역 시 다양한 부품을 사용하여 하역하는 방식이다. 문제는 고중량 제품의 특성상 하역작업 시 많은 위험을 내포하고 있다는 점이다. 철재하역은 작게는 수 톤에서 크게는 수십 톤의 화물을 취급하는 작업이며, 하역 중 작업자가 끊임없이 간섭하는 작업으로 작업자

안전에 각별한 주의가 필요하다. 줄걸이 작업, 하카작업, 마그넷 작업 등 각 작업별로 언제든지 사고가 발생할 수 있으며, 이에 대한 대비가 필요하다고 판단된다.

〈표 3-13〉 포항항 포스코 철재부두 하역장비

구분	선측(안벽)	이송
장비	 – BTC · 수동식 · 30톤~45톤 15기 보유  – LLC · 수동식 · 25~45톤 8기 보유  – OHBC · 수동식 · 35톤 1기 보유	 – 팔레트 캐리어 · 수동운전 · 12대 보유

자료: 한국해양수산개발원, 『포스코 특수하역요금 체계개선 및 산정에 관한 연구』, 2014.5

(2) 광양항 포스코 제품부두[71]

가. 선측작업

광양항 포스코 제품부두는 포항항 철재부두보다 후반에 건설된 철재부두로 주로 해외수출용 제품인 코일, 후판 등을 처리하고 있다. 포스코 제품부두는 5만 톤 1선석, 3만 톤 3선석, 3만 톤 1선석, 5천 톤 5선석, 3천 5백 톤 1선석 등 총 11개 선석 보유하고 있으며, 안벽에는 BTC 10기, LLC 3기, 그리고 전천후 부두의 OHBC 1기가 설치되어 있다.

하역은 포항항과 마찬가지로 주로 BTC를 사용하여 하역이 이루어지지만 상황에 따라 LLC도 사용되고 있다. 기본적으로는 BTC의 작업속도가 빠르나 철재화물을 권상 시 교각높이 이상 들어야 하기 때문에 500톤 이하의 중소형 선박의 경우에는 바로 회전을 통해 하역이 이루어지는 LLC가 더 빠르다. 또한 LLC의 장비 폭은 BTC보다 작기 때문에 선박의 두 선창 내 화물을 동시에 하역하는 두 갱에서 동시 작업이 가능하다는 장점이 있다. BTC는 기본 구조는 컨테이너 터미널의 안벽크레인과 유사하나 하역작업 시 좌우 이동이 잦아 진동이 심한 편이다.

〈그림 3-50〉 포항항 구형 BTC



〈그림 3-51〉 광양항 신형 BTC



자료: 한국해양수산개발원, 『포스코 특수하역요금 체계개선 및 산정에 관한 연구』, 2014.5

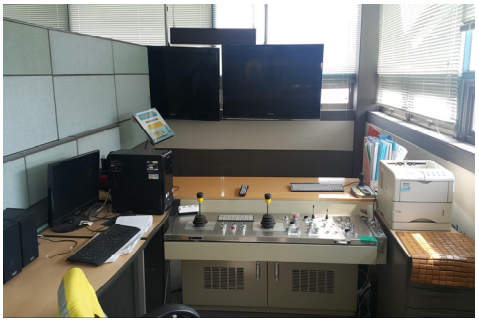
71) 광양항 포스코 제품부두 관련 모든 내용 및 수치는 KMI 연구진의 2015년 6월 5일 포스코 광양제철소 제품부두 현지방문 및 담당자와의 인터뷰 내용을 기반으로 작성됨

특히 과거에 제작된 BTC는 지지부가 5각형으로 이루어져 있어 진동에 강한 편이었으나, 최근 국내나 중국 ZPMC 등에서 제작되는 장비는 컨테이너 크레인과 유사한 직사각형 형태라 화물도 많이 흔들리고 작업자의 피로도도 높은 편이다.

광양항 포스코 제품부두는 국내 최첨단 철재항만답게 다양한 기술적 개선을 시도하였다. 안벽 크레인의 경우 크레인에 운전자가 탑승하지 않고 원격운전실에서 원격으로 조정하는 기술을 도입하였다. 그러나 해당 원격조정은 화물의 제어가 완전하지 못하여 값비싼 코일 등 수출제품에는 사용하지 못하고 슬라브 등 파손에 비교적 강한 연안운송 제품을 중심으로 사용하였다. 현재는 광양항 연안운송이 크게 줄어들어 거의 사용되고 있지는 못하다. 즉 컨테이너와 같이 충돌 및 파손에 강한 제품은 안벽 크레인의 원격조정이 가능하나 코일 등 철제품은 파손 시 높은 비용이 발생하기 때문에 자동화를 위해서는 기존 기술보다는 보다 높은 정밀도가 필요하다.

또한 동시에 코일 줄걸이를 자동으로 하는 로봇팔 개발도 포항산업과학연구원(RIST)과 함께 하였으나, 실제 현장적용에는 실패하였다. 주요 실패원인으로는 줄걸이 시 바람으로 인해 줄이 날아가거나, 작업속도가 느려 생산성이 떨어지는 문제를 해결하지 못한 것이었다. 그러나 광양항은 끊임없이 이러한 기술개발을 시도하여 왔으며, 이송장비의 경우 실제 활용되는 신 장비를 개발하는 등 성과를 거두기도 하였다.

〈그림 3-52〉 광양항 원격조정실



〈그림 3-53〉 코일 자동 줄걸이 장비



자료: 광양항 포스코 제품부두, KMI 사진촬영, 2015. 6. 5.

나. 선내장비

광양항의 선내 작업은 포항항의 그것과 크게 다르지 않다. 사람과 선내 지게차 등이 투입되어 작업을 수행한다.

다. 이송장비

광양항 제품부두 이송장비는 기본적으로 포항항의 그것과 동일하다. 즉 제품의 특성상 야적보다는 창고에서 직접 팔레트 캐리어를 사용하여 선측까지 이동, 직상이 이루어진다. 단 광양항의 경우는 야적장에 야적창고를 설치하여 일부 제품은 실제로 야적을 하고 있어 상하역의 효율을 향상시켰다. 또한 광양항 제품부두는 자체적으로 후판 전용의 Non Cassette Carrier(NCC) 라는 장비를 설계, 독일 이송장비 제작회사인 SCHEUERLE사에 의뢰하여 제작, 사용하고 있다. NCC는 하부에 달린 포크를 사용하여 자체적으로 후판을 들어 장비 상부로 올려 직상이 가능토록 한 제품으로 현재 광양항 제품부두에서 후판의 연안화물 이송에 활용하고 있다. 또한 연안운송 시 NCC 전용선박 이용, Roll-in/Roll-out 방식으로 선박에 탑승하여 항만을 오가며 작업 수행도 가능하다.

〈그림 3-54〉 광양항 포스코 제품부두 NCC



자료: 광양항 포스코 제품부두, KMI 사진촬영, 2015. 6. 5.

그 외 냉연 및 열연 코일 화물에 대해 Ro-ro 방식으로 이송 및 선적하기도 한다. Ro-ro 방식은 크레인 방식에 비해 물류비를 크게 줄일 수 있는 장점이 있어 국내 연안 운송 시에 많이 활용되고 있다.

〈그림 3-55〉 광양항 포스코 제품부두 Ro-ro 운송시스템



자료: 광양항 포스코 제품부두, KMI 사진촬영, 2015. 6. 5.

라. 창고장비

광양항 포스코 제품부두의 창고는 2000년대 초중반 계속되는 창고별 파업에 대응하기 위해 완전 무인 자동화가 이루어졌다. 화물의 위치와 크기, 종류 등이 좌표 값과 함께 입력되어 있으며, 반출이 필요한 화물을 지정하면 창고 내 Overhead Crane(OHC)가 좌표지점으로 이동, 외부트럭, 팔레트 캐리어 등 이송/운송 장비에 대상 제품의 상하역을 수행한다. 창고는 제품보호를 위해 결로 방지 시스템, 공조시스템 등 환경시스템이 구축되어 있다.

마. 시사점

광양항 제품부두의 하역 및 이송, 보관 시스템은 크게는 자동화 컨테이너터미널과 유사하다는 점을 볼 수 있다. 하역부터 이송, 저장까지 컨테이너터미널의 그것과 유사하다. 따라서 자동화의 가능성이 높다고 판단된다. 안벽 크레인은 원격으로 조종할 수 있는 기본기술은 이미 적용되어 있으며, 이송장비인 팔레트 캐리어 역시 무인자동화가 가능한 장비이다. 창고는 이미 자동화가 적용되어 있다. 그러나 아직 넘어야 할 기술적 난관은 남아있다. 컨테이너 크레인의 경우 작업 중 좌우주행은 적고 횡행이 많고 컨테이너 화물 자체도 충격에 강해 자동화가 비교적 쉬울 수 있으나, 철재화물의 경우 좌우주행이 많고, 취급하는 철재 제품 역시 충격에 약해 자동화가 어렵다. 또한 자동으로 제품을 크레인에 고정/해제하는 장비도 아직 완전히 개발되어 있지 못하여 사람이 지속적으로 간섭하는 작업환경이라 자동화가 더욱 어려운 것이 현실이다. 그러나 중량화물

취급에 작업자가 끊임없이 간섭해야 하는 작업환경은 분명히 개선되어야 하며, 이러한 문제에 대한 기술적 해결방안이 제시되어야 할 것이다.

〈표 3-14〉 광양항 포스코 제품부두 하역장비

구분	선측(안벽)	이송
장비	 – BTC · 수동식 · 30톤~45톤 10기 보유  – LLC · 수동식 · 25~45톤 3기 보유  – OHBC · 수동식 · 35톤 1기 보유	 – 팔레트 캐리어 · 수동운전 · 10대 보유  – NCC · 수동운전 · 5대 보유

자료: 광양항 포스코 제품부두, 2015. 6. 5.

5) 고철부두

(1) 인천항 현대제철 고철부두[72]

가. 선측작업

인천항 현대제철 고철부두는 현대제철의 원료로 사용되는 고철이 수입되는 부두로 연간 130만 톤의 고철이 처리되고 있다. 현재 5만 톤급 2개 선석을 보유하고 있다. 주로 들어오는 배는 5,000톤급 배로 2,500~3,000톤의 고철을 싣고 들어온다.

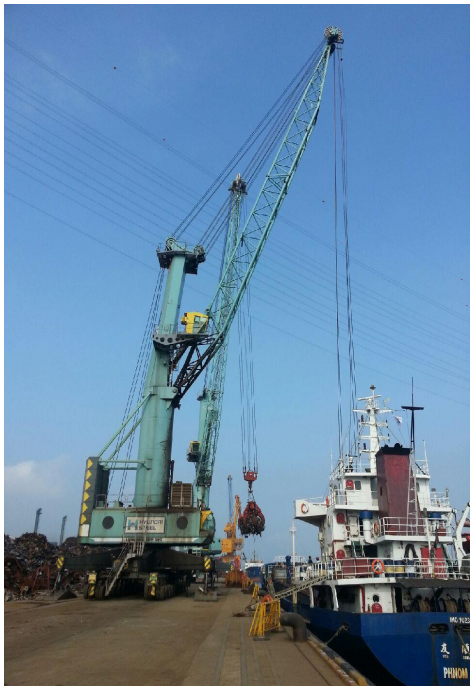
인천항 현대제철 고철부두는 모두 4기의 하버크레인을 사용하여 하역 작업을 수행한다. 3기는 140톤, 1기는 190톤의 화물을 처리할 수 있다. 장비는 모두 현대제철의 소유이며 운전은 하역사에서 담당한다.

작업은 날씨를 가리지 않고 수행되며, 오히려 비가 오면 분진이 날리지 않아서 더 좋은 작업환경이 조성된다. 그러나 와이어 붐의 높이가 70m이어서 바람이 8m/sec 이상 불 경우에도 하역작업을 수행하지 않고 있으며, 안개 등 시야 문제 발생 시에도 작업을 수행하지 않는다. 또한 위험한 작업환경으로 인해 야간작업은 수행하지 않고 있어 작업 생산성은 많이 떨어지는 편이다. 5만 톤급 배가 들어오면 약 8일에서 9일간 작업해야 한다. 특히 장비 성능상 일일 처리 가능량이 6천 톤임에도 야간작업 불가로 인해 5천 톤급 선박도 2일이 소요된다.

환경적으로는 고철작업은 비산먼지가 가장 큰 문제점으로 작업자들은 마스크, 안전모, 안전장구, 귀마개 등을 착용하고 작업해야 하는데, 여름 등 날씨가 더울 때 무척 힘든 작업환경이 조성된다. 작업 시 낙철이 발생하나 에이프런과 선박 사이에 사이드 망을 쳐서 해상으로 떨어지는 것을 방지하고 있다.

72) 인천항 현대제철 고철부두 관련 모든 내용 및 수치는 KMI 연구진의 2015년 6월 22일 인천항 현지방문 및 담당자와의 인터뷰 내용을 기반으로 작성됨

〈그림 3-56〉 인천항 현대제철부두 모바일 하버크레인



〈그림 3-57〉 인천항 현대제철부두 낙철 방지 사이드 망



자료: 인천항 현대제철 고철부두, KMI 사진촬영, 2015. 6. 5.

나. 선내장비

인천항 고철부두의 선내 작업은 선내에 굴삭기가 투입되어 작업한다. 작업자가 굴삭기를 이용, 선내의 고철을 하버크레인이 집기 좋게 모아주면 하역기가 잡아서 처리하는 형태이다. 그러나 작업 중간 및 마지막에 사람이 투입되어 고철을 긁어서 정리 작업을 수행해야 하며 이때 안전에 위험이 발생한다.

〈그림 3-58〉 인천항 현대제철부두 선내 고철적재 모습



자료: 인천항 현대제철 고철부두, KMI 사진촬영, 2015. 6. 5.

다. 이송장비

인천항 현대제철 고철부두의 이송은 모두 트레일러로 하며 굴삭기를 이용하여 상하차 한다. 80%는 바로 공장으로 이동하고, 좋은 철로 분류되는 20% 정도는 야적장으로 이동하여 보관한다.

라. 시사점

인천항 고철부두는 화물의 특성상 높은 위험을 내포하고 있다. 그동안 숙련된 작업자들이 투입되어 사고 발생은 적었으나, 실제적인 위험은 높아 이에 대한 대비가 필요하다.

6) 국내 벌크항만 종합

국내 대부분의 벌크항만은 건설 및 운영을 시작한 지 오래되어 많은 장비가 노후화된 것을 볼 수 있다. 그러나 최근 건설되거나 새로운 장비를 도입하는 벌크항만이 증가하고 있고, 해당 항만의 경우 최신 설비를 갖추고 있다. 특히 국민의 환경에 대한 의식수준이 높아짐에 따라 과거에 환경오염 시설로 치부되

던 석탄부두(영흥화력), 양곡부두(태영그레인터미널) 등은 완전 밀폐형 시스템 도입, 자동화 및 첨단 운영시스템 사용으로 높은 생산성 및 친환경성을 보여주고 있으며 인천북항의 원목부두 역시 높은 생산성을 갖춘 크롤러 크레인을 사용하고 있다.

〈표 3-15〉 국내 주요 벌크항만 첨단/고생산성/친환경 장비

구분	항만명	첨단/친환경 장비	비고
1.	광양항 원료부두	밀폐식 연속식 하역기 사용 높은 생산성, 친환경성	최신 증설장비
2.	광양항 원료부두	이송 및 야적작업 모니터링 시스템	문제발생시 바로 해결
3.	광양항 원료부두	원격조정 야드 스태커	작업자 안전개선
4.	인천항 대한사이로	DLS 장착, 비산먼지 방지	법적 비산먼지 제한요건 충족
5.	평택항 양곡터미널	완전 밀폐형 고성능 흡입식 하역기	고생산성/ 분진발생 방지
6.	평택항 양곡터미널	완전 밀폐형 고성능 벨트컨베이어 시스템	고생산성/ 분진발생 방지
7.	평택항 양곡터미널	최첨단 자동운영 및 모니터링 시스템	24시간 서비스가능
8.	인천항 원목부두	하역/야적 시 고성능 크롤러 크레인 및 로거 사용	본선데릭에 비해 높은 생산성
9.	광양항 철재부두	줄걸이 자동 회전 장치	선내코일작업 안전 확보가 가능해짐
10.	광양항 철재부두	후판전용 Non Cassette Carrier(NCC) 자체 개발	후판 연안운송 효율증가
11.	광양항 철재부두	완전 무인자동화 창고 구현	운영비용 절감

그러나 이러한 항만에 사용되는 장비의 대부분이 외국제품이라는 문제점은 여전하다. 국내에서 모바일하버크레인, 크롤러크레인 등 주요 하역장비가 거의 대부분 독일 등 외국에서 생산된 장비이며 그에 따라 장비의 유지보수 시 외국에서 사람을 초빙해야 하는 어려움이 있다. 따라서 벌크항만 기술기발 시 첨단

기술개발은 물론 기존 주요 벌크하역장비의 국산화를 위한 정책수립 역시 필요하다고 판단된다. 또한 벌크화물의 특성상 작업자 안전에 많이 위험요소가 내재되어 있어 이에 대한 대응책 마련도 필요하다.

〈표 3-16〉 국내 주요 벌크항만 낙후시설 및 문제점

구분	항만명	낙후장비/문제점	비고
1.	광양항 원료부두	그래퍼 타입 하역기 노후화 심화, 안전 및 생산성에 문제	교체 시 고비용 발생 부품교체 후 사용가능
2.	광양항 원료부두	그래퍼 타입 하역기 낙탄, 해상오염 발생	낙탄 방지막 설치 100% 방지불가
2.	광양항 원료부두	밀폐식 연속식 하역기 잦은 고장 발생	까다로운 장비로 정비비용이 높음
3.	광양항 원료부두	개방형 야적장, 해상오염 가능	야적장 규모가 커 밀폐형 구조 어려움(고비용)
4.	인천남항 석탄부두	장비 노후화로 생산성 크게 저하	수요부족으로 신규설비투자 어려움
5.	인천항 대한사이로	하역장비 노후화, 생산성 저하	교체시 고비용 발생 부품교체 후 사용가능
6.	인천항 원목부두	잦은 와이어 작업으로 생산성 저하 및 작업자 위험 발생	엔진그랩 사용 시 원목손상 발생 가능
7.	포항항 철재부두	마그넷 작업 시 낙판 등으로 작업자 안전 위협	이동시 동하중 발생
8.	포항항 철재부두	우천 및 스웰 등 기상조건에 따라 작업 불가	전천후 부두가 있으나 규모가 작아 사용에 제한 발생

7) 국내 벌크항만 안전사고사례 및 시사점

국내 벌크항만 장비 운영실태 조사 결과 화물의 특성 및 작업 여건 상 벌크항만 작업자의 안전 및 건강에 대한 위협요인이 많은 것으로 나타났다. 특히 항만물류협회[73]에 따르면 2013년 국내 항만 작업 중 작업자가 사망한 사고는 총 4건인데, 이중 잡화가 1건, 벌크 3건(곡물 1건, 원목 1건, 석탄 1건)으로 벌크

73) 항만하역재해통계 및 사례, 한국항만물류협회, 2014

하역작업의 위험성을 나타낸다. 이는 벌크항만 작업 시 선내 작업인원이나 신호수 등 작업자가 지속적으로 하역작업에 투입되고 있어 장비와 사람의 충돌, 가스로 인한 질식 등이 발생하기 때문이다.

(1) 장비와의 충돌

작업자 사망사고의 대표적인 형태 중 하나는 장비와 작업자 간 충돌로 발생하는 사고이다. 2013년 5월, 군산항에서 양곡 상차작업 종료 후 주변정리 작업을 하던 작업자가 후진하는 로우더와 충돌, 사망하는 사고[74]가 발생하였다. 이는 장비 조작 시 반경 내 시야확보가 완전히 이루어지지 못하였기 때문이며, 사망한 작업자 역시 작업에 집중하여 장비의 접근을 사전에 알아차리지 못하였다. 2008년 2월 인천항 석탄부두에서 발생한 사고로, 선창 내에서 잔탄 정리 작업 중이던 작업자가 후진하던 포크레인과 충돌하여 사망[75]하는 등 유사한 사고가 일어나고 있다. 당시 재해방지대책으로 '건설기계에 접촉되어 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 장소에는 근로자를 출입시켜서는 아니 된다'라고 명시되어 있으나 석탄 작업의 현실 상 선내 잔탄 작업 시 작업자와 장비의 동시 투입은 불가피하기 때문에 사고방지를 위해서는 자동 경고시스템 등의 기술도입이 필요하다. 또한 2006년 4월 부산항에서는 열연코일 양하 작업 중 크레인 붐이 갑자기 낙하하여 홀드 내 작업자가 크레인의 시브블록과 충돌, 사망하는 사고[76]가 발생하였다. 크레인 작업 시 작업자는 작업범위 밖에 나가있었어야 하나 미처 대피하지 못했고, 크레인 역시 정비 소홀로 캠이 과다 마모되어 권상 시 붐이 5m 정도 하강하였다.

(2) 화물과의 충돌

또 다른 주요 사고로는 하역중인 중량화물과의 충돌로 인한 사망이 있다. 2006년 12월에는 인천남항에서 원목에 와이어를 걸어 모바일하버크레인으로 하역하던 중 원목이 작업자 이마와 부딪혀 사망하는 사고[77]가 발생하였다. 유

74) 한국항만물류협회, 『항만하역재해통계 및 사례』, 2014
75) 한국산업안전보건공단 광주지역본부, 『항만하역 안전관리 실태 및 개선방안』, 2009
76) 한국산업안전보건공단 광주지역본부, 『항만하역 안전관리 실태 및 개선방안』, 2009

사한 사고로 2011년 5월 마산항에서 원목 하역작업 중 보조 와이어에 감겨 천천히 권상 중이던 원목이 기울어져 깔려있던 원목을 눌러 회전, 격벽으로 대피해 있던 작업자를 벽면으로 협착시켜 사망시킨 사고가 있다[78]. 원목 하역의 경우 기본적으로는 엔진그랩으로 작업을 하나, 그랩에 의해 화물파손을 염려하는 화주의 요구에 따라 작업자를 투입하여 와이어 작업을 수행할 경우 이처럼 사람과 원목간의 충돌로 인한 사고 발생위험이 높다. 이러한 화물과 사람의 충돌은 자주 일어나고 있어 2006년 5월 여수항에서는 비료하역 작업 중 화물네트에 실린 비료포대에 낙하하여 작업자와 충돌, 사망하는 사고[79]가 발생하였다. 기본적으로 작업자는 하역작업 시 작업범위에서 벗어나 안전지역으로 대피해 있어야 하나 바쁜 작업가운데 미처 인지하지 못하는 경우가 많아 이러한 위험에 노출되어 있는 것이 현실이다. 따라서 작업 형태에 따라 사전에 작업장의 위험도를 측정하고, 그에 따른 안전작업 시스템을 도입하는 것이 중요하다.

(3) 작업자 낙하

작업 중 작업자가 선창이나 선박 밖으로 추락하는 사고 역시 종종 일어난다. 2007년 부산항에서는 모래를 부선에 양하 중 작업자가 바지선으로 추락하여 사망하였으며 같은 해 인천에서도 합판 출고를 위해 야적화물의 덮개를 제거 중 추락하여 사망하였다[80]. 그 외 원목작업 시 원목더미 사일로 미끄러져 떨어지는 경우도 있다. 이러한 낙상사고는 낙하위험이 높은 지역에서의 작업임에도 작업자가 일상적으로 수행하고 있어 위험을 인지하지 못하는 경우 발생한다. 따라서 위험지역 작업에는 가능한 작업자 투입을 최소화 할 필요가 있으며, 투입된 작업자에 대해서는 비상시에 대비한 안전장구를 강화할 필요가 있다.

77) 한국산업안전보건공단 광주지역본부,『항만하역 안전관리 실태 및 개선방안』, 2009
78) 한국항만물류협회,『항만하역재해통계 및 사례』, 2012.
79) 한국산업안전보건공단 광주지역본부,『항만하역 안전관리 실태 및 개선방안』, 2009
80) 한국항만물류협회,『항만하역재해통계 및 사례』, 2008.

(4) 가스로 인한 질식

벌크화물 중에는 석탄이나 원목 등 선창 내에 가스가 발생하는 화물이 많이 있어 작업자의 질식사도 발생하고 있다. 2011년 6월 인천항에서는 원목하역을 위해 선창 내로 이동 중 산소결핍에 의해 작업자가 사망하였다[81]. 유사한 사고는 2012년 11월에도 발생하였다. 울산항에서 기타광석(동정광) 하역 후 청소작업을 위해 선창에 들어간 작업자가 산소결핍으로 질식하여 사망하였다[82]. 2013년에 7월에도 군산항에서, 원목하역 중 하역량 부족분에 대한 확인을 위해 선창내부로 진입한 작업자가 가스에 질식하여 사망한 사고가 발생하였다[83]. 이처럼 선창 내 질식 사고는 거의 매년 발생하고 있어 이에 대한 각별한 주의 및 근본적인 대책마련이 필요하다. 작업자가 선내 작업 시 가스마스크를 쓰는 것이 대안이 될 수 있으나 작업 내내 호흡이 어려워서 불편한 가스마스크를 쓰는 것이 현실적으로 어렵고 작업자의 거부감도 크다. 따라서 이에 대한 대안이 필요하다.

(5) 시사점

이처럼 벌크항만에서는 작업자가 다양한 위험에 노출되어 있다. 가장 큰 요인은 바로 작업자와 장비가 함께 하역작업에 투입되는 것이다. 따라서 사고를 방지하기 위해서는 사람과 장비의 동시 투입을 최소화하거나 위험한 작업에서는 아예 사람이 아닌 기계만으로 작업하는 것이 가장 좋다. 그러나 컨테이너 화물과 달리 벌크화물은 화물의 형태가 정형화 되어 있지 못하여 하역작업 및 정리에 사람의 투입이 불가피한 경우도 많다. 이러한 작업에서는 기본적으로는 장비와 사람의 작업 반경 등에 대한 안전수칙이 정해져 있으나 바쁜 작업 중에는 이를 간과하기가 쉬운 것이 사실이다. 또한 사람은 언제나 '실수'할 수 있기 때문에 이를 고려한 안전대책 및 근본적인 시스템 마련이 필요하다.

81) 한국항만물류협회, 『항만하역재해통계 및 사례』, 2012
82) 한국항만물류협회, 『항만하역재해통계 및 사례』, 2013
83) 한국항만물류협회, 『항만하역재해통계 및 사례』, 2014

〈표 3-17〉 국내 벌크항만 안전사고 유형 및 원인

사고유형	주요 원인	대응방향
장비와 충돌	- 장비 작업 반경 내 작업자 진입 - 장비조작자 및 작업자의 인지능력 한계	- 작업자 자동인식 및 경고 - 자동 장비정지 시스템 도입
화물과 충돌	- 화물의 불안정적인 고정 - 작업자 안전작업 범위 이탈	- 안정적인 화물고정 - 작업자 안전지역 이탈방지 및 자동경고
낙하 및 추락	- 위험한 장소에서 작업 수행 - 빈약한 안전장구	- 위험작업에 작업자 투입 최소화 - 개인 안전도구 강화
가스로 인한 질식	- 밀폐 공간에 사전 인지 없이 작업자 투입 - 작업자 개인 가스마스크 미착용	- 간편한 가스모니터링 시스템 - 작업자 간편 가스마스크 착용

제4장 벌크항만 기술 수요조사

본 장에서는 국내외 벌크항만 기술관련 문헌조사, 국내 벌크항만 하역현장 조사, 주요 품목별 수요업체 전문가 및 장비 개발업체 전문가 인터뷰를 기반으로 벌크항만 장비 및 기술상의 요구사항을 분석, 벌크항만 기술수요를 도출한다.

1. 문헌 기술 수요조사

컨테이너항만 뿐만 아니라 벌크항만도 고령화 추세에 의하여 벌크터미널을 무인자동화하기 위한 기술을 개발하고 있다. 그리고 벌크터미널에서 발생하는 작업 안전사고를 최소화하고, 방사능 배출 등 유해물질로부터 작업자를 보호하기 위한 안전기술도 개발되고 있다. 벌크항만도 운영비용 절감을 위한 노력의 일환으로 생산성을 향상시키기 위한 장비개발, 터미널 설계기술 및 운영시스템을 개발하고 있다. 그리고 전 세계 온실가스 배출 감축 노력에 의하여 이산화탄소 배출을 저감하고 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 기술, 주변지역 및 작업자의 건강을 보호하기 위한 분진방지 기술을 개발하고 있다.

1) 무인화 기술

(1) 화물 자동인식 및 제어 기술

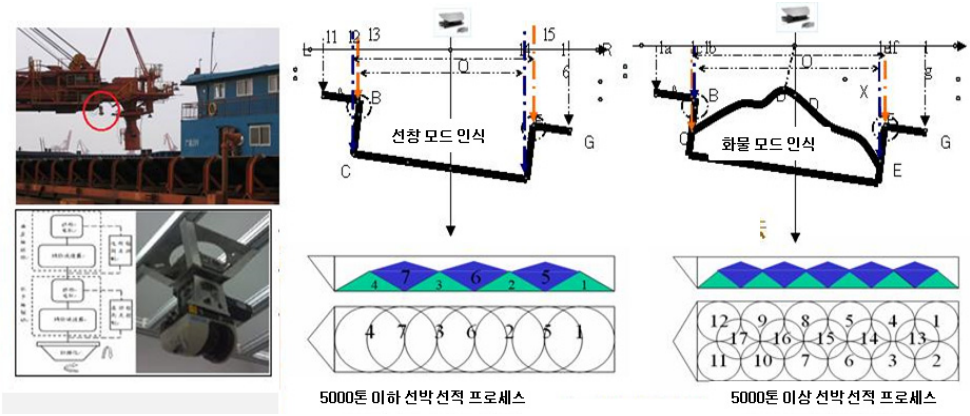
벌크화물 자동인식 및 제어 기술은 레이저 레이더 등 첨단 센서를 이용한 화물위치, 화물부피·형태 인식과 모니터링을 통해 선박 내 선적 및 하역 작업, 야적장 작업을 자동화한다.[84]

상하이 러징부두에서는 크레인 붐 하단에 레이저 레이더를 통한 이미지 처

84) Yan Wei(严 伟), “중국 항만장비 기술의 현황 및 전망”, KMI 한·중 물류기술 국제 워크숍, 2011.12.09.

리를 통해 선박 내 화물 위치 포지셔닝, 모니터링을 통해 화물을 선박에 자동 선적하고 있다.[85]

〈그림 4-1〉 상하이 러징부두 자동선적시스템



자료: Yan Wei(严 伟), "중국 항만장비 기술의 현황 및 전망", KMI 한·중 물류기술 국제 워크숍, 2011.12.09.

타이창우항 부두에서는 레이저 레이더 센서를 버켓휠의 크레인 붐에 설치하여 야적장을 3D로 스캔한 후 이미지 처리를 통해 버켓휠 리클레이머 작업을 자동 제어 한다.[86]

〈그림 4-2〉 타이창우항 부두 자동 버켓휠 리클레이머



자료: Yan Wei(严 伟), "중국 항만장비 기술의 현황 및 전망", KMI 한·중 물류기술 국제 워크숍, 2011.12.09.

85) Yan Wei(严 伟), 전게서
86) Yan Wei(严 伟), 전게서

2) 안전성 확보 기술

(1) 벌크 설비 및 장비 안전 검사 기술

벌크 설비 및 장비 안전 검사 기술은 응력, 온도, 광섬유 등을 이용한 음성 센서를 이용하여 장비 및 시설물의 크랙(crack) 위치와 상태를 파악한다. 텐진항에서는 음성센서를 이용한 음성발사 검사를 통하여 석탄부두의 적재·적출기 및 시설물 지붕부의 크랙 위치 및 상태를 확인한다.[87]

〈그림 4-3〉 텐진항 음성센서를 이용한 크랙 검사 기술



음성 발사 검사시스템



PCI-DSP 4 채널
음성발사검사시스템



자료: Yan Wei(严 伟), "중국 항만장비 기술의 현황 및 전망", KMI 한·중 물류기술 국제 워크숍, 2011.12.09.

(2) 벌크설비·장비 안전 운영 및 훈련 기술

벌크설비·장비 안전 운전 기술은 작업자가 벌크 장비·설비의 운전 시 안전하게 작동시킬 수 있도록 3D 가상 작업 장면을 구축하여 작업자의 행태를 실험·분석하여, 유사 위험 상황 발생이 예상될 때 알람으로 작업자에게 경고하는 시스템이다.[88]

87) Yan Wei(严 伟), 전게서
88) Yan Wei(严 伟), 전게서

〈그림 4-4〉 장쑤성 우항부두 및 톈진항 석탄부두의 3D 가상 안전 작업 환경 구축 기술

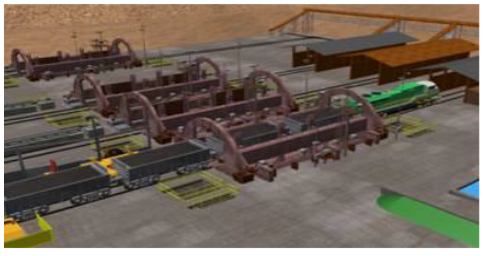


자료: Yan Wei(严 伟), "중국 항만장비 기술의 현황 및 전망", KMI 한·중 물류기술 국제 워크숍, 2011.12.09; 상하이 해사대학과 ZPMC 공동 시범사업

Vale사는 벌크터미널 운영 및 훈련 시뮬레이터를 개발하여 원격 운영을 하고 있을 뿐만 아니라 작업자 훈련에 활용하고 있다.[89]

〈그림 4-5〉 Vale사의 벌크터미널 운영 및 훈련 시뮬레이터

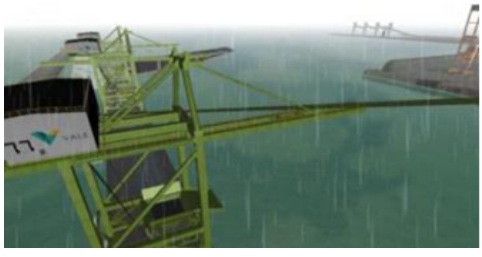
<원격 화차 운영 제어>



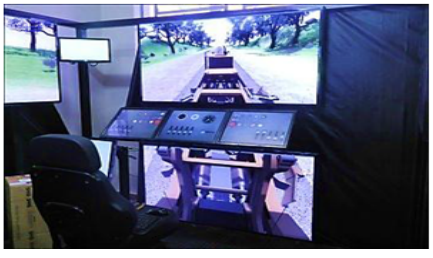
<원격 S/R 제어>



<선박 검사 훈련>



<작업자 적재 훈련>



자료: Vale, "Handling heavy bulk in high volumes: improving safety and performance through technology", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

89) Vale, "Handling heavy bulk in high volumes: improving safety and performance through technology", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

3) 경제성 확보 기술

(1) 장비 원격 유지보수 기술

장비 유지보수를 위해 클라우드 네트워크를 이용하여 장비 상태를 원격으로 파악·진단하여 문제발생 시 유지보수 방법을 제시하고 그 결과를 로그(log)에 저장하는 시스템이 개발되고 있다.[90]

〈그림 4-6〉 장비 원격 유지보수 시스템



자료: Matthew Magnuson, "Practical equipment monitoring", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

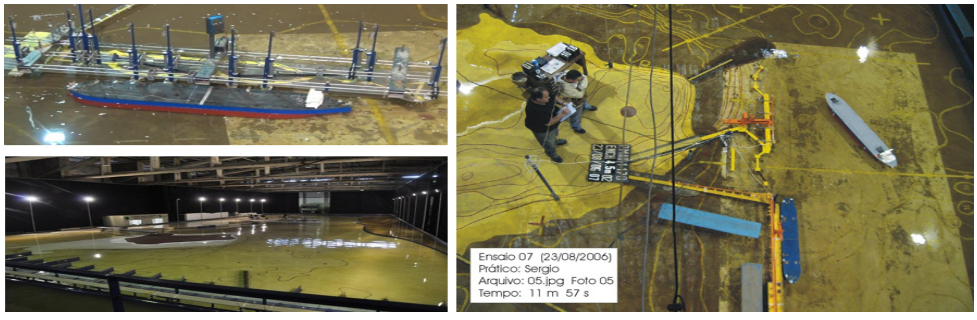
(2) 벌크터미널 가상 건설 시뮬레이터 기술

벌크터미널 가상 건설 시뮬레이터 기술은 벌크터미널 설계 시 준설 정도, 선박 운항 및 접이안의 안전성 등을 고려한 수학모델링 및 시뮬레이션 시행으로 안전운항과 건설비용을 최적화시켜 설계하는 기술이다. 예를 들면 Vale사는 새로운 벌크터미널 설계 시 수학모델과 시뮬레이션 모형 실험을 시행하고 있다.[91]

90) Matthew Magnuson, "Practical equipment monitoring", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

91) Vale(2014), 상게서

〈그림 4-7〉 Vale사의 벌크터미널 가상 건설 시뮬레이션 시스템



자료: Vale, "Handling heavy bulk in high volumes: improving safety and performance through technology", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

(3) 컨베이어 수명 연장 기술

석탄부두의 컨베이어벨트 내구연한 기간을 연장하기 위하여 Martin Engineering사는 Flow™ Transfer Chutes를 개발했다. 각각의 컨베이어 슈트(chutes) 내에 석탄의 흐름을 제어할 수 있는 후드(hood)를 설치하고, 바닥부에는 벨트마모를 최소화하고 적당한 속도와 각도로 석탄이 이송되도록 하는 스푼(spoon)을 설치했다.[92]

〈그림 4-8〉 Midwest Energy 터미널의 석탄 컨베이어 장비 업그레이드



자료: Port Technology International Edition 64, "Engineered coal chutes reduce maintenance and extend conveyor belt life", Jul. 2011.

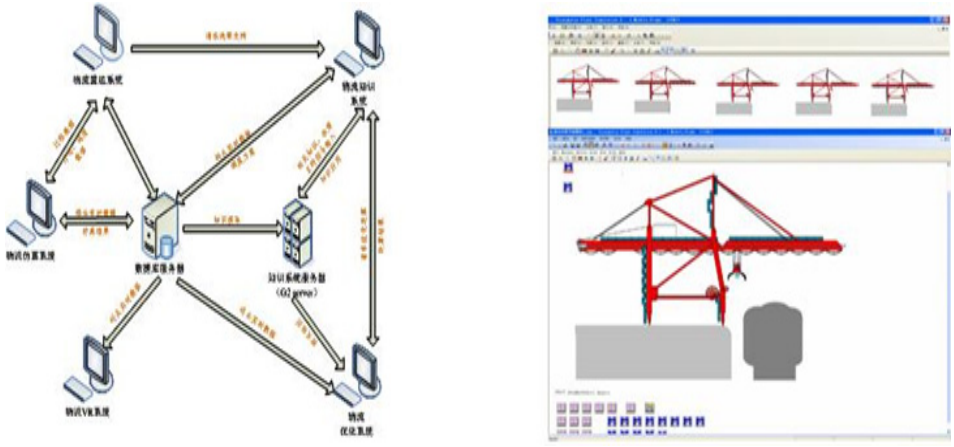
92) Port Technology International Edition 64, "Engineered coal chutes reduce maintenance and extend conveyor belt life", Jul. 2011.

4) 생산성 향상 기술

(1) 벌크터미널 생산성 평가 및 관리 기술

벌크터미널 생산성 평가 및 관리 기술에는 첫째, 생산성 향상을 위한 장비 종류 및 투입 대수 관리 등을 벌크화물 운영 시뮬레이션을 통하여 비교 분석한 후 현장에 적용하는 계획 시뮬레이션 기술이 있다.[93]

〈그림 4-9〉 벌크터미널 계획 시뮬레이션 기술(장비투입 시뮬레이션)



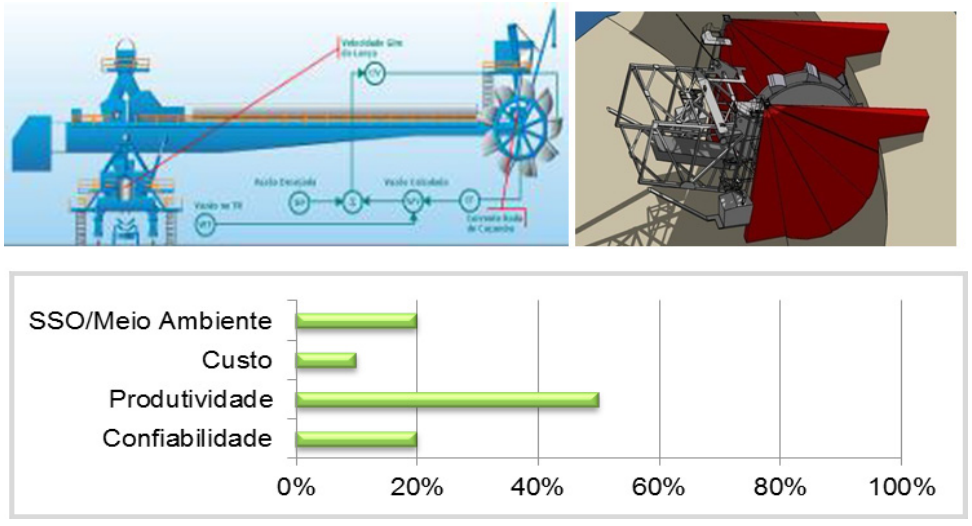
자료: Yan Wei(严 伟), "중국 항만장비 기술의 현황 및 전망", KMI 한·중 물류기술 국제 워크숍, 2011.12.09; 상하이 해사대학과 ZPMC 공동 시범사업

둘째, 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술이 있다. 예를 들면 Vale사는 리클레이머의 운영 최적화를 통한 생산성 향상을 위해 시스템을 개발하여 활용 중이며, 이 시스템을 통하여 생산성이 평균 8% 상승했다.[94]

93) Yan Wei(严 伟), 상게서

94) Vale(2014), 상게서

〈그림 4-10〉 Vale사의 철광석 리클레이머 최적 운영 시뮬레이션 시스템



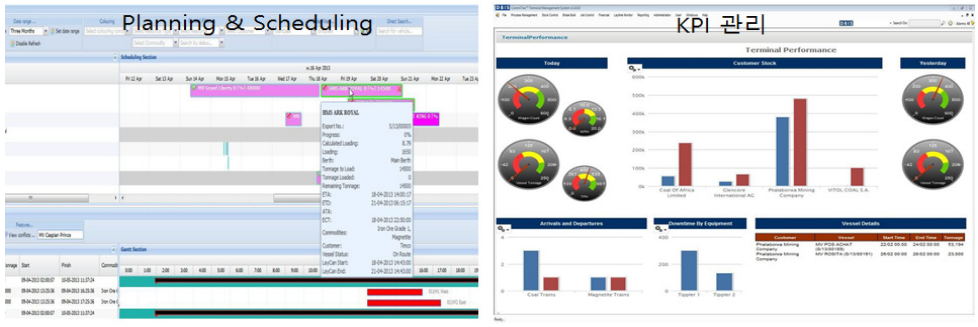
자료: Vale, "Handling heavy bulk in high volumes: improving safety and performance through technology", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

(2) 실시간 벌크터미널 통합 운영 및 관리 기술

DBIS가 개발한 벌크터미널 실시간 자원관리 기술은 언제 어디서든 품목별 재고 현황을 체크하여 의사결정 계획을 수립하고 이에 따른 효과를 관리하는 시스템이다. 이 시스템은 야적장의 물리적 레이아웃에 실시간 정보를 수집하고 품목별 재고 수준을 색깔별로 다르게 표현하여 재고 수준을 관리하고 있고, 행정절차를 간소화하기 위하여 자동으로 송장 및 청구서(Invoice)를 발행한다. 또한 이 시스템은 화물의 반입과 반출 시점을 예측하고, 다양한 시나리오 선택에 따른 미래 영향을 보고 항만운영 계획 및 스케줄링을 수립하도록 도와준다[95].

95) DBIS, "Implementing terminal management systems at bulk and break bulk terminals", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

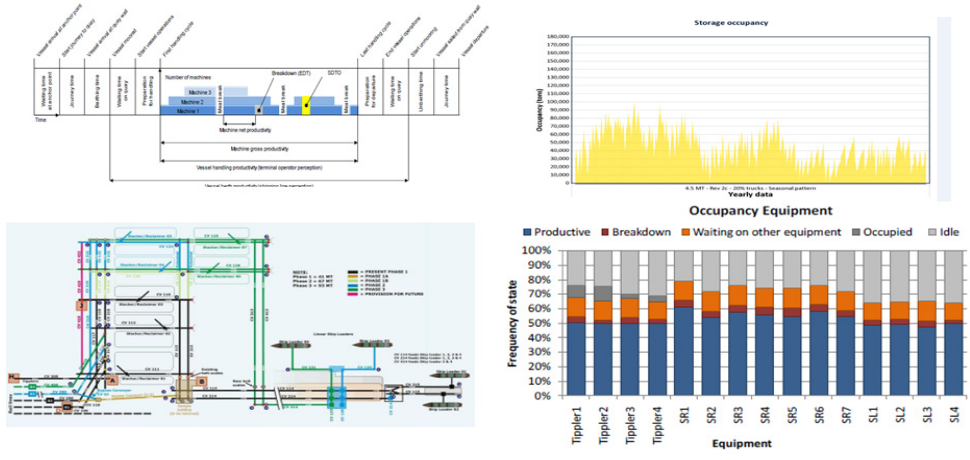
〈그림 4-11〉 DBIS의 실시간 벌크항만 통합 운영 및 관리 시스템



자료: DBIS, “Implementing terminal management systems at bulk and break bulk terminals”, 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

또한 TBA는 벌크터미널 운영시뮬레이션 시스템을 통하여 각 장비별 생산성을 체크하고 전체 터미널 운영 및 선박 서비스 시간 등을 고려한 벌크터미널의 장비 사이즈, 투입 및 스케줄링 등 운영계획 등을 수립한다.[96]

〈그림 4-12〉 TBA의 실시간 벌크항만 통합 운영 및 관리 시스템



자료: TBA, “Bulk terminals-design and capacity analysis simulation modeling based approch”, 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

96) TBA, “Bulk terminals-design and capacity analysis simulation modeling based approch”, 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

(3) 장비 및 설비 설계/제작 고효율화 기술

가. 이동식(셔틀형)·접이식 컨베이어 장착 시스템

벌크터미널은 벌크화물의 포지셔닝 및 물량 최적화, 양적하 시간 최소화, 친환경 기능 강화 등의 요구사항이 높아지고 있어 각 쉽로더는 고객 요구 및 터미널 환경에 맞게 설계되어야 한다. 쉽로더가 다양한 항만 환경에 대응할 수 있도록 아웃리치 붐 위의 셔틀이 유연하게 뻗어나가게 하기 위해서 접이식 슈트(telescopic chute)가 제안되었다.[97]

접이식 슈트 방식은 길이의 유연성이 있는 반면에 석탄이 이동시 손실·파괴되고 적재 시 분진발생 등의 문제점이 제기되었다. 그런데 석탄 이송 시 손실되는 것을 방지하기 위해 낮은 속도로 대량 운송시키고, Titan호처럼 하나의 사일로처럼 해치커버를 선박위에 덮어 분진 문제를 해결했다.[98]

〈그림 4-13〉 접이식 컨베이어형 쉽로더(shiploader) 시스템

〈기존 그랩 크레인〉 〈이동식 접이식 쉽로더〉



자료: Port Technology International Edition 54, “Ship loading and unloading: maximum flexibility and mobility”, Jul. 2012.

이동식 접이식 컨베이어(mobile radial telescopic conveyor)가 장착된 트럭 언로더(truck unloader)는 하역장에서 석탄 등을 트럭으로 직접 상하차 할 수 있다.[99]

97) Port Technology International Edition 54, “Ship loading and unloading: maximum flexibility and mobility”, Jul. 2012.

98) Port Technology International Edition 54, 전게서

99) Port Technology International Edition 59, “The benefits of telestack’s mobile truck unloaders”. Oct. 2013.

〈그림 4-14〉 이동식 접이식 컨베이어가 장착된 트럭 언로더(truck unloader)



자료: Port Technology International Edition 59, “The benefits of telestack’s mobile truck unloaders”. Oct. 2013.

나. 모듈화된 로딩 슈트(loading chutes) 장치

수년 동안 로딩슈트(loading chute)가 벌크 화물을 대형 선박, 트럭, 바지선에 선적하는데 사용되어 왔다. Moduflex사의 로딩슈트는 다양한 형태의 모듈 설계를 채택하여 곡물이나 식품과 같은 무게가 적게 나가는 화물부터 시멘트, 금속 등과 같은 무게가 많이 나가는 화물을 모두 처리할 수 있게 되었다.[100]

〈그림 4-15〉 Moduflex사의 모듈화된 로딩 슈트



자료: Port Technology International Edition 60, “Loading chutes for versatile bulk material loading”, Jan. 2014.

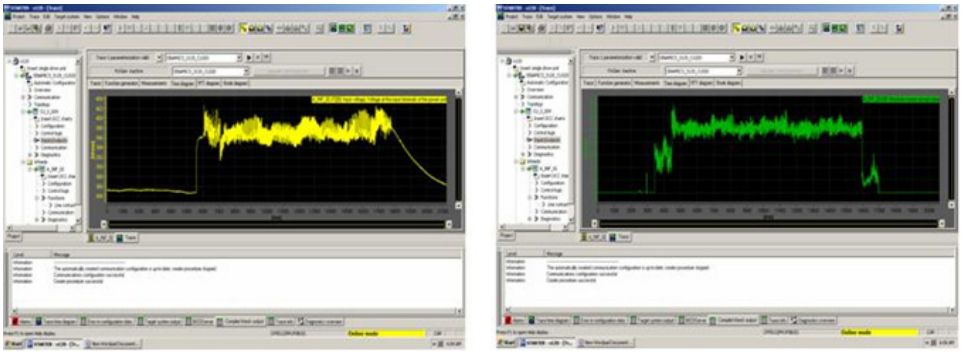
100) Port Technology International Edition 60, “Loading chutes for versatile bulk material loading”, Jan. 2014.

5) 친환경 기술

(1) 벌크터미널 설비·장비 에너지 효율화 시뮬레이션 예측 기술

벌크부두 에너지 저감을 위한 장비 조합, 재생에너지 및 회수에너지 활용 효과 등을 벌크화물 운영 시뮬레이션을 통하여 비교 분석한 후 현장에 적용한다.[101)]

〈그림 4-16〉 장비조합 및 에너지저감 장치 효과 분석 및 예측 시뮬레이션 시스템



자료: Yan Wei(严 伟), "중국 항만장비 기술의 현황 및 전망", KMI 한·중 물류기술 국제 워크숍, 2011.12.09; 상하이 해사대학과 ZPMC 공동 시범사업

(2) 분진 방지 기술

선박 하역 시 사용되는 쉽언로더 방식은 그랩 크레인, 스쿠르 엘리베이터, 버켓 엘리베이터, 샌드위치형 엘리베이터, 공기식 컨베이어가 있는데 분진 방지 측면에서는 공기식 컨베이어와 스쿠르 엘리베이터가 가장 우수하다.[102)]

101) Yan Wei(严 伟), 상게서

102) R.J., Berry, "Dealing with dust", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

〈표 4-1〉 쉽언로더 방식에 의한 분진 발생 정도 비교

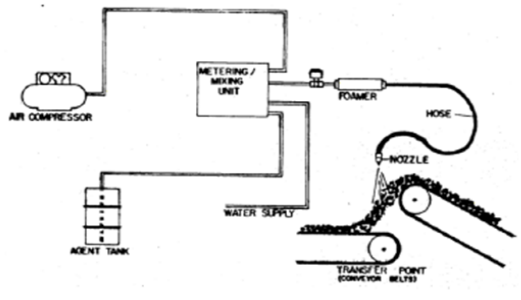
쉽언로더 형태	분진방지 정도 (dust containment)	입자 파쇄 (particle breakage)	분사율 (discharge rate)
그랩 크레인 (grab crane)	매우 불량	낮음	중간
스쿠르 엘리베이터 (screw elevator)	우수	보통	높음
버켓 엘리베이터 (bucket elevator)	불량	보통	높음
샌드위치형 엘리베이터 (blanket elevator)	불량	낮음	중간
공기식 컨베이어 (pneumatic conveyor)	매우 우수	높음	낮음

자료: R.J., Berry, "Dealing with dust", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

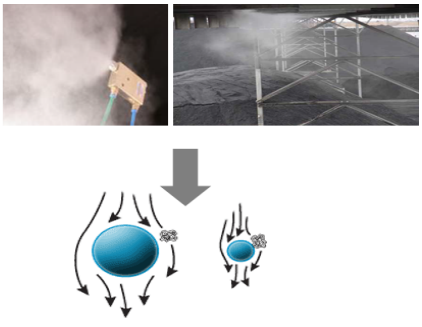
분진방지를 위한 스프레이 분사 형태는 물분사(wet sprays), 화학성분 분사(chemical sprays), 거품 분사(foam sprays) 등이 있다. 최근에는 컨베이어벨트에 장착된 마이크로 거품분사기가 사용되고 있으며, 결합되는 물입자를 최소화하기 위한 안개분사(fogging system) 방식도 채택하고 있다. 안개 분사 시스템은 공기 중에 미세한 물방울을 분사함으로써 공기 중에 떠다니는 먼지를 제거한다.[103]

〈그림 4-17〉 최신 분진 방지 시스템

< 컨베이어벨트 장착 거품 분사기>



< 안개 분사기>

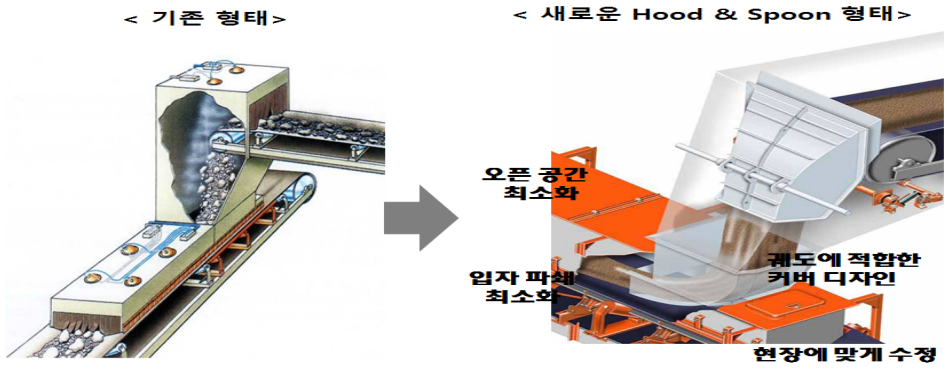


자료: R.J., Berry, "Dealing with dust", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

103) R.J., Berry(2014), 전게서

분진 방지를 위해서는 석탄부두의 후드앤스푼 슈트(hood & spoon chute) 디자인 시 오픈 공간을 최소화하고, 궤도 형태에 따라 곡선(커버) 디자인하고, 입자파쇄가 최소화되도록 현장에 맞춰서 수정하여 설치해야 한다.[104)]

〈그림 4-18〉 분진방지를 위한 석탄부두 후드&스푼(hood & spoon) 디자인



자료: R.J., Berry, “Dealing with dust”, 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

(3) 플로팅 석탄 터미널의 친환경 장비 개선 기술

인도네시아에 건설된 Princesse Chloe 플로팅 터미널은 친환경 석탄운송 및 환적을 위해 새롭게 개발한 것이다. 이 터미널의 장비는 2개의 강력한 오프쇼어(offshore) 크레인, 2개의 호퍼(hopper), 컨베이어, 선적 및 하역작업의 효율성을 위한 접이식·셔틀형 쉽로더가 있다. 그리고 분진최소화를 위한 물 스프레이 시스템, 석탄 분쇄 및 낙탄 방지(흘러넘치는 것을 방지)하기 위해 스필 플레이트(spill plate)를 설치했고, 바람의 영향을 최소화하기 위해 폐쇄형 컨베이어 시스템을 도입했으며, 오염된 물 정화시스템, 소음과 진동을 피하기 위해 진동분리패드 위에 회전기계를 설치했다.[105)]

104) R.J., Berry(2014), 전게서

105) Port Technology International Edition 49, “Delivering the future today – the floating terminal Princesse Chloe”, Jun. 2011.

〈그림 4-19〉 Princesse Chloe 플로팅 석탄 터미널의 친환경 장비 개선 기술



자료: Port Technology International Edition 49, “Delivering the future today – the floating terminal Princesse Chloe”, Jun. 2011.

6) 문헌 기술수요 조사 종합

해외 벌크항만 기술개발은 무인화 기술, 작업 안전성 확보 기술, 경제성 확보 기술, 생산성 향상 기술, 친환경 기술 등 5가지 분야로 나누어서 개발되고 있다.

(1) 무인화 기술

항만 노무 인력이 점진적으로 고령화됨에 따라 무인 자동화 기술에 대한 필요성이 대두되었다. 그 일환으로 벌크화물 자동 인식 및 제어 기술이 개발되고 있다. 기술후보군은 첨단센서 기반의 화물 및 작업 모니터링 기술, 화물 위치 포지셔닝 기술, 화물 상태 및 재고수준 인식 기술 등이 해당된다.

〈표 4-2〉 벌크터미널 무인화 기술

요구사항	기술후보군	화물	기능
◦ 고령화에 따라 무인터미널 운영을 위해 벌크화물 자동 인식 및 제어 기능 개발 필요성 대두	첨단센서 기반의 화물 및 작업 모니터링 기술	석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철	하역
	화물 위치 포지셔닝 기술		
	화물 상태 및 재고수준 인식 기술		

(2) 작업 안전성 확보 기술

벌크터미널 작업자의 안전성을 확보하기 위하여 벌크터미널 설비 및 장비 안전성 검사 강화, 작업자 훈련 프로그램 개발 필요성이 대두되었다. 이에 음성센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술, 3D 가상 안전 작업 환경 시뮬레이터 기술, 원격 운영 및 훈련 시뮬레이터 기술 등이 연구개발 되고 있다.

〈표 4-3〉 벌크터미널 작업 안전성 확보 기술

요구사항	기술후보군	화물	기능
◦ 벌크 설비 및 장비 안전 검사 강화 필요성 대두	음성센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술	석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철	운영 및 관리
◦ 인적과실에 의한 사고율을 최소화하기 위해 설비·장비 안전 운영 및 훈련 프로그램 개발 필요성 대두	3D 가상 안전 작업 환경 시뮬레이터 기술	석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철	운영 및 관리
	원격 운영 및 훈련 시뮬레이터 기술		

(3) 경제성 확보 기술

벌크터미널의 경제성 확보 측면에서 유지보수비를 최소화하기 위해 장비 원격 유지보수 기술, 컨베이어 수명연장 기술이 개발되고 있고, 터미널 개발 전에 건설 및 운영비를 최소화하기 위한 가상 건설 시뮬레이터 기술이 개발되고 있다.

〈표 4-4〉 벌크터미널 경제성 확보 기술

요구사항	기술후보군	화물	기능
◦ 유지보수비를 최소화하기 위한 기술 개발 필요성 대두	장비 원격 유지보수 기술	석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철	운영 및 관리
	컨베이어 수명연장 기술	석탄, 양곡	이송
◦ 벌크터미널 건설 및 운영비를 최소화하기 위한 기술 개발 필요성 대두	가상 건설 시뮬레이터 기술	석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철	운영 및 관리

(4) 생산성 향상 기술

고효율 벌크터미널 건설 및 운영을 위해 계획 및 운영 시뮬레이션 기술을 개발하고, 운영 소프트웨어를 최적화하며, 고효율 장비 및 설비를 연구개발하고 있다. 연구개발되고 있는 생산성 향상 기술은 터미널 계획 시뮬레이션 기술, 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술, 실시간 벌크터미널 통합 운영 및 관리 기술, 이동식(셔틀형)·접이식 쉽로더 컨베이어 기술, 이동형·접이식 컨베이어가 장착된 트럭 언로더 기술, 다양한 벌크화물을 취급하기 위한 모듈화된 로딩 슈트(loading chutes) 기술 등이 있다.

〈표 4-5〉 벌크터미널 생산성 향상 기술

요구사항	기술후보군	화물	기능
◦ 고효율 벌크터미널을 개발하기 위하여 터미널 생산성 평가 및 관리 기술 개발 필요성 대두	터미널 계획 시뮬레이션 기술	석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철	운영 및 관리
	터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술		
◦ 생산성 제고를 위해 벌크터미널 운영 소프트웨어 최적화 기술 개발 필요성 대두	실시간 벌크터미널 통합 운영 및 관리 기술	석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철	운영 및 관리

요구사항	기술후보군	화물	기능
◦ 생산성 제고를 위해 벌크터미널 장비 및 설비 고효율화 기술 개발 필요성 대두	이동식(셔틀형)·접이식 쉽로더 컨베이어 기술	석탄, 양곡	이송
	이동형·접이식 컨베이어가 장착된 트럭 언로더 기술		
	다양한 벌크화물을 취급하기 위한 모듈화된 로딩 슈트(loading chutes) 기술	석탄, 양곡, 철재, 고철	양하 및 선적

(5) 친환경 기술

벌크 터미널의 에너지 저감을 위해 설비 및 장비 에너지 효율화 시뮬레이션 예측 기술이 개발되고 있다. 작업자 건강 악화 및 인근지역의 환경오염을 최소화하기 위해 컨베이어벨트 장착 마이크로 거품 분사기 기술, 석탄 먼지 조절을 위한 안개 시스템(fogging system) 기술, 분진방지용 후드 & 스푼 디자인 기술, 하역작업 소음방지 및 저감 기술 등이 개발되고 있다. 플로팅터미널 건설 시 수질오염 등 환경오염을 최소화하기 위해 낙탄 방지용 스필 플레이트(spill plate) 기술, 오염물 정화 기술 등이 개발되고 있다.

〈표 4-6〉 벌크터미널 친환경 기술

요구사항	기술후보군	화물	기능
◦ 벌크터미널 에너지 저감을 위한 기술 개발 필요성 대두	설비 및 장비 에너지 효율화 시뮬레이션 예측 기술	석탄, 양곡, 원목, 철재, 고철	운영 및 관리
◦ 작업자 건강 및 인근지역의 환경오염을 최소화하기 위한 분진방지 기술 개발 필요성 대두	컨베이어벨트 장착 마이크로 거품 분사기 기술	석탄	하역 및 이송
	석탄 먼지 조절을 위한 안개 시스템(fogging system) 기술		
	분진방지용 후드 & 스푼 디자인 기술		
	하역작업 소음방지 및 저감 기술		

요구사항	기술후보군	화물	기능
◦ 플로팅터미널 건설 시 수질오염 등 환경오염을 최소화하기 위한 기술 개발 필요성 대두	낙탄 방지용 스필 플레이트(spill plate) 기술	석탄	하역 및 이송
	오염물 정화 기술		

2. 현장 기술수요 조사

본 절에서는 3장에서 살펴본 국내외 벌크항만의 실태조사 및 현장 인터뷰를 기반으로 국내 벌크항만 장비 및 기술의 문제점을 파악하고, 주요 문제점 대응 기술을 도출한다. 크게 생산성, 작업자 안전, 장비운영, 환경 측면에서 문제점을 분석하였다.

1) 생산성 향상 기술

국내 벌크항만의 가장 큰 문제점 중 하나는 생산성이 낮다는 점이다. 주요 원인으로는 장비노후화, 최적화된 운영시스템의 부재, 파도 및 조수간만의 차 등 주변 작업여건을 들 수 있다.

(1) 노후장비 능력개선 필요

낮은 생산성의 가장 큰 이유는 많은 벌크하역 장비가 노후화되었다는 점을 들 수 있다. 현재 국내의 벌크하역 장비 중 상당수가 1980년대부터 사용되던 장비로 현재의 최신식 장비에 비해 생산성이 크게 떨어진다. 예를 들면 국내 최대 양곡부두인 인천항 양곡부두의 진공흡착식 하역기는 30년 가까이 사용되어온 장비로 하역성능이 시간당 400톤에 불과하다[106]. 해외 선진항만 또는 울산항 등의 하역장비가 시간당 2,000톤인 것이 비하면 생산성이 크게 떨어지는 것을 볼 수 있다[107]. 일반적으로 하역장비의 수명을 30년으로 보았을 때 해당 장비들을 최신장비로 교체하는 것이 적절해 보이나 현재 사용에는 무리가 없는 장비를 큰 비용을 들여 바꾸는 것 역시 큰 쉽지 않은 일이다. 실제 운영사들은

106) 해양수산부, 「항만하역장비 현대화 기본계획 수립 연구」, 2013.8.
107) 해양수산부, 「항만하역장비 현대화 기본계획 수립 연구」, 2013.8.

해당 장비를 교체하기보다는 주요 부속품을 바꿔가면서 계속 사용하고 있는 것이 현실이다. 따라서 장비의 큰 교체 없이 일부 부품이나 프로세스 개선으로 장비의 성능을 개선할 수 있는 기술개발이 필요하다.

(2) 비효율적 작업여건

벌크화물의 생산성을 낮추는 주요 원인은 파도, 기상 등 자연환경이나 까다로운 작업방식을 요구하는 화물의 특성 등의 작업 여건이다.

비가 오거나 바람이 많이 불지 않더라도 기본적으로 선박이 물위에 떠 있기 때문에 하역 시 파도의 영향을 필연적으로 받을 수밖에 없다. 방파제 등을 건설하여 항내정온을 유지하려고 하나 그것도 한계가 있어 실제 파도로 인해 작업 중단이 발생하는 경우가 많다. 따라서 하역 시 파도의 영향을 줄일 수 있다면 보다 높은 작업생산성을 확보할 수 있을 것이다.

당연히 바람 및 비의 영향도 크다. 철재화물 등은 비가 올 경우 대부분 작업이 이루어지지 못하고 있다. 광양항 및 포항항 등 일부 항만에서 비를 막을 수 있는 전천후 부두가 설치되어 있으나 이 역시 측면으로 비가 오면 사용할 수 없고, 대상 선박도 3,000톤급 이하만 하역이 가능하다[108]. 바람의 영향도 커서 강풍이 불 경우 스웨이가 발생하여 하역작업이 불가능하다.

석탄이나 기타광석, 양곡 등 기계식 연속하역기를 사용하는 항만의 경우는 조수간만의 차도 큰 영향을 준다. 즉 저조시에는 배의 높이가 낮아 하역기가 부두에서부터 많이 내려가게 되며, 그에 따라 컨베이어의 경사 각도도 심해져서 화물이 제대로 부두위로 운반되지 못하게 되어 작업효율이 크게 떨어진다.

철재/고철 화물을 운반하는 선박의 경우 여러 개의 선창에 화물을 싣고 오는 것이 일반적이다. 빠른 하역을 위해서는 장비를 여러 대 투입하여 여러 선창에서 동시에 작업을 수행하는 것이 좋다. 그런데 철재화물을 하역하는 BTC의 경우 크기가 커서 선박의 2개 선창에서 동시 작업이 불가능하여 2개 선창 작업 시 생산성이 떨어지는 LLC가 투입되고 있는 실정이다[109].

108) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
109) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.

또한 석탄, 양곡 등의 화물의 경우 연속식 하역 시 처리 후에는 잔여화물 처리를 위해 다시 그래퍼 등 기계식 하역기가 투입되어야 해서 이 또한 작업 생산성을 낮추고 있다.

화물의 특성도 작업생산성에 영향을 준다. 원목화물의 경우 미국에서 수입되는 원목은 재질이 약해 엔진그랩으로 작업 시 파손의 위험이 높다. 그에 따라 화주들은 와이어 작업을 요구하고 있는데, 와이어 작업은 사람이 직접 원목에 와이어를 감아야 해서 작업생산성이 크게 떨어지고, 인건비도 많이 들며, 작업자의 안전에도 위협이 되는 작업이다[110]. 또한 외국에서 들여오는 원목의 경우는 방역이 필수적인데 기존 훈증 방역에는 많은 시간이 소요되는 때문에 보다 빠르고 간편하게 방역을 할 수 있는 기술개발이 필요하다.

(3) 운영시스템 부재

컨테이너터미널과 달리 상당수 벌크터미널의 경우 선적 스케줄, 재고관리, 반출입 관리 등의 항만운영이 수작업으로 이루어지고 있다. 예를 들면 원목부두의 경우 하역물량부터 사람이 수기로 기록하고 있어, 실제 기록상 물량과 실제 야적장에 적재된 물량 간 차이가 발생하기도 한다. 또한 야적 역시 야드에 그냥 적재해 놓는 방식으로 정확한 수량을 파악하기가 어려운 경우가 많다[79]. 이처럼 전산화된 모니터링 및 운영시스템의 부재는 항만운영 효율을 낮추고 생산성을 저하시킨다. 그나마 기계화가 잘 이루어져 있는 철재부두 역시 마찬가지여서 하역 일정계획 및 실적 기록이 수기로 이루어지고 있다. 그로 인해 하역사, 노조, 포스코 간 처리물량, 작업시간, 접·이안 시간 등의 자료 역시 제대로 일치하지 않고 있어, 하역료 산정 등 민감한 사항에 활용하는 자료의 정합성에 대한 상호 의심이 끊이지 않고 있는 실정이다[111].

110) 대주중공업 인천북항 원목부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 22.
111) 포스코 포항제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2013. 11. 7.

〈표 4-7〉 생산성 개선 기술

현황 및 요구사항	기술후보군	화물	기능
장비노후화로 생산성 저하, 교체에는 큰 비용 발생	노후하역장비 성능개선 기술	석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목	하역 이송 보관
기상악화 시 하역작업 중단 발생, 생산성 저하	센서기반 하역작업 안정화 기술	철재, 석탄, 양곡	하역
	대형 전천후 부두 건설 기술	철재	하역
	안티스웨이 상하역 기술	철재, 고철	하역
미송 파손 위험으로 엔진그랩 사용 불가, 와이어 작업으로 생산성 저하	센서기반 엔진그랩 원목화물 파손 방지기술	원목	하역
CSU 사용 시 잔탄 정리를 위해서는 다시 그래퍼 방식의 하역기 사용 필요	CSU & 그랩방식 복합하역 기술	석탄, 양곡	하역
BTC 하역작업 시 2갱 동시작업이 불가	BTC 소형화 기술	철재, 석탄, 양곡	하역
저조시 컨베이어 급경사로 CSU 작업 효율 저하	CSU 컨베이어 급경사 이송능력 향상기술	석탄, 원료, 양곡	하역
원목 방역에 24~36시간 소요, 화주 대기시간 장기화	원목방역/출고 간소화 기술	원목	포장 운송
벌크화물 하역작업 모니터링 부재 및 화물정보 파악 필요	벌크화물 하역작업 모니터링 기술(화물 수량, 무게 측정)	원목, 철재, 고철	운영
벌크 화물정보 DB 구축 부재로 계획적 운영 불가	벌크화물 하역 및 운영정보 D/B 구축 기술	원목, 철재, 고철	운영

자료: 포항항 현장방문 및 인터뷰(2013.11.7.), 광양항 현장방문 및 인터뷰(2013.9.4., 2015.6.5.), 인천항 현장방문 및 인터뷰(2015.6.22.) 기반 KMI 작성

2) 안전성 확보 기술

벌크항만 작업의 많은 부분에서 하역작업자가 개입하는 경우가 많으며 자연적으로 작업자 안전 및 건강에 위협이 발생하는 경우가 발생한다. 작업자 위험 요인으로는 장비의 노후화, 작업의 난이도, 열악한 작업환경 등을 들 수 있다.

(1) 노후장비 안전 관리시스템 부재

작업자의 안전을 위협하는 가장 큰 요소 중 하나는 장비의 노후화이다. 제작된 지 20~30년 이상 된 노후 장비는 안전사고의 위험을 상시 내재하고 있다. 특히 국내의 경우 노후장비에 대한 별도의 관리방안이 정해져 있지 않고, 2년에 한번 받는 육안검사 위주의 정기검사가 해당 장비관리의 전부여서 노후화된 장비의 안전성에 대한 검증이 제대로 이루어지지 못하고 있는 것이 현실이다. 특히 쉽언로더나 스태커/리클레이머 등 거대 구조 형태의 장비의 경우 노후화로 인한 장비 파손 시 자칫 인명피해로까지 이어질 수 있다.

또한 하역작업 시 노후장비의 고장 발생 시에도 작업자의 안전에 심각한 위험을 가져올 수 있다. 예를 들면 철재화물에 대한 마그넷 하역 시 전자력 부족으로 철판이 권상 또는 권하 중 낙하하게 되면 작업자의 안전이 크게 위협받게 된다.

문제는 이러한 노후장비를 관리하기 위한 안전관리 시스템의 부재이다. 노후장비를 제대로 파악하고 주요 부위의 점검기록을 추적할 수 있는 DB가 갖춰져 있지 않고, 적절한 관리시스템도 없다. 또한 정확한 장비의 수명 및 안전성 측정을 위한 정밀안전진단 역시 법제화 되어 있지 않기 때문에 예방점검 차원에서의 주요 부위 이상 시 이를 알려주는 진단 및 경보시스템이 필요하다고 판단된다.

(2) 위험한 작업

작업의 난이도가 높거나 중량물 등 위험한 화물을 취급할 경우에도 작업자가 위험할 수 있다. 철재화물 등 중량물 취급 시 신호수와 장비 조작자간 신호가 맞지 않을 경우 사고가 발생할 수 있다. 문제는 일부화물의 경우 작업의 특성상 작업자가 선내에서 하역장비와 함께 계속 작업을 수행해야 한다는 점이다.

예를 들어 철재화물의 경우, 고중량 화물의 권상/권하가 이루어지는 작업현장 밑에서 사람이 대기하고 있어 위험을 상시 내포하고 있다. 물론 크레인 작업 시에는 사람이 대피해 있으나, 마지막에는 사람이 직접 손으로 위치를 잡아주고 있어 안전사고의 위험이 존재한다. 또한 사람이 선내 작업현장 밑에서 대기하고 있기 때문에 크레인 자동화가 더욱 어려운 것도 사실이다[112].

112) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2013. 9. 4.

〈그림 4-20〉 선내 작업 시 작업자 투입 상황



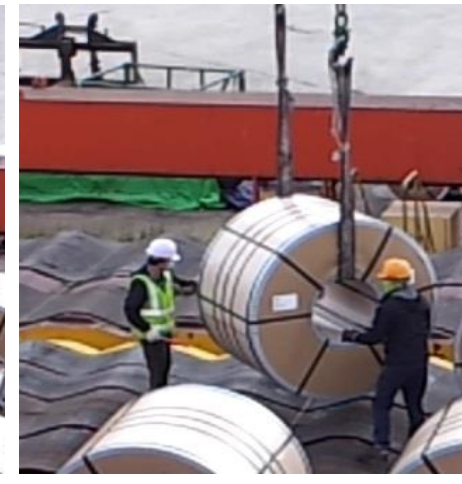
자료: 광양항 포스코 제품부두, KMI 사진촬영, 2013. 9. 4.

크레인을 사용한 선측에서의 적하 작업 시에도 최후에는 팔레트 위에서 제품의 위치조정 및 회전을 하역작업자가 직접 수행하여야 하며 이때 작업자의 안전에 위험이 발생할 수 있다[113].

〈그림 4-21〉 코일 위치조정



〈그림 4-22〉 코일 회전



자료: 광양항 포스코 제품부두, KMI 사진촬영, 2013. 9. 4.

포스코에서는 2013년 코일 작업 편의향상을 위해 크레인에 작업 시 코일을 자동으로 회전시켜주는 설비를 보완하는 등 끊임없는 개선을 위해 노력하고 있으나 여전히 안전문제는 남아 있다[114]. 실제 권하 시 장비 노이즈로 화물이 빠

113) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2013. 9. 4.

른 속도로 떨어지는 경우가 발생하고 있다. 이러한 위험에 대비하기 위해 광양항 포스코 제품부두에서는 작업자가 밑에 있을 경우는 자동으로 화물이 내려오지 못하게 하는 기술을 RFID를 통해 적용해 보려고 했으나 작업자의 거부감 및 인식 문제로 인해 결국 실패하였다[115].

석탄 하역 시에도 장비 운전자의 시야가 가려 선창에서 작업하는 작업자를 제대로 보지 못할 경우에도 사고가 발생할 수 있으며, 원목 하역 시에는 나무가 미끄러워 낙상하거나, 가스로 인해 질식하는 경우도 발생한다[116]. 이처럼 벌크화물 작업 시 사람이 작업에 지속적으로 개입, 안전사고의 위험을 상시 내포하고 있다.

또한 석탄 등 발화성 화물 이송 및 보관 시 화재의 위험이 상시 내포되어 있어 이에 대한 대비가 필요하다[117]. 마찬가지로 양곡, 사료부원료 등 분진이 쉽게 발생하는 화물의 경우 분진폭발의 위험성도 내재되어 있다.

(3) 열악한 작업환경

컨테이너 하역과 달리 벌크화물은 Dirty Cargo가 많으며 자연스럽게 하역작업자는 분진과 오염이 심한 환경에서 작업하는 경우가 많다. 포스코 포항항의 경우 철재하역, 고철하역과 석탄하역이 인근에서 이루어지고 있어서 하역작업 시 석탄분진이 지속적으로 날리고 있는 실정이며 그에 따라 작업자들은 마스크를 쓰고 작업하나 마스크 자체가 상당히 조악하고, 그 외 눈, 귀 등을 통해 분진이 작업자의 몸속으로 침투하고 있다[118]. 이러한 환경은 양곡하역, 고철하역, 원목 등 분진이 많이 날리는 작업장에서도 마찬가지이다. 또한 작업 중 손이나 발이 화물이나 하역기에 의해 부상을 당하는 경우도 발생한다. 더욱이 대부분\의 벌크화물 작업자의 개인 보호 장비는 열악한 편이어서 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다.

114) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
115) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
116) 동부(주) 인천 북항터미널 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 22.
117) 포스코 광양제철소 원료부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
118) 포스코 포항제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2013. 11. 7.

이와 더불어 하역기 작업 시 진동이 발생하여 운전자의 피로도가 높은 편이다. BTC의 경우 국내에서 제작했던 구형 제품은 지지다리가 5각형 형태로 이루어져 있어 충격을 흡수해 주고 있었으나 최근 중국 등 외국에서 수입하는 제품은 직사각형 형태로 운전자에게 가해지는 진동을 완화하지 못하고 있다[119].

〈표 4-8〉 작업안전 강화 기술

현황 및 요구사항	기술후보군	화물	기능
장비 이상이나 고장징후를 사전에 파악하기가 힘들고 작업 중단 발생	장비이상 발생 시 자동진단 및 통보 기술	전품목	하역 이송 운영
노후장비에 대한 파악 및 주요 파손 및 점검부위 등에 대한 하역사간 정보공유 미흡	노후장비 안전관리 DB 시스템 구축	전품목	운영
하역 장비조작자 선내 시야제한으로 인한 사고발생 가능	드론/CCTV를 이용한 선내작업 모니터링 기술	철재, 고철, 석탄, 양곡	운영
엔진그랩 작업 시 원목낙하로 선박 파손 및 작업자 위험	센서기반 원목화물 최적 그랩기술	원목	하역
화물 하역 시 선측/선내 작업자 안전에 위험	철재화물 자동 줄걸이/하카 기술	철재	하역
	화물 자동위치인식 및 미세조정기술	철재	하역
	선내 적재화물 자동 고정기술(던네이지, 라싱 등)	철재	포장
	작업자 자동 인식 및 비상정지 기술	철재, 고철, 석탄, 양곡	하역
열악한 작업환경으로 하역작업자 건강에 위험	하역장비 진동완화 기술	철재, 석탄, 양곡, 고철	하역
	고성능 간편 호흡기 기술	석탄, 고철, 양곡, 원목	하역
	작업 소음방지 및 저감 기술	철재, 석탄, 양곡, 고철	하역
석탄, 양곡, 사료분원료 등 가연성 또는 파우더형 화물의 경우 화재/폭발 위험성 내재	위험화물 상태 모니터링 기술	석탄, 양곡	하역 이송 보관

자료: 포항항 현장방문 및 인터뷰(2013.11.7.), 광양항 현장방문 및 인터뷰(2013.9.4., 2015.6.5.), 인천항 현장방문 및 인터뷰(2015.6.22.) 기반 KMI 작성

119) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.

3) 경제성 확보 기술

국내 하역장비의 경우 유지보수비용이 높은 것도 큰 문제이다. 유지보수비용이 높은 이유는 크게 장비의 노후화 및 외국산 장비의 수입 등 두 가지로 나뉜다. 또한 최신 자동화 장비의 경우, 반대로 효용성이 떨어져 기대보다 못한 성능을 보여주기도 한다.

(1) 높은 유지관리 비용

장비의 노후화로 인해 유지보수비용이 상승하고 있다. 노후장비는 신규장비에 비해 정비가 잦아 수리비용이 많이 소요된다. 또한 엔진부터 시작하여 다양한 부품의 교체가 발생하며, 일부 부품은 단종되어 높은 비용으로 별도 제작하거나 유사제품을 구입해야 하는 경우가 많다. 실제 인천남항 석탄터미널의 하역기의 경우 1989년에 제작되어 현재까지 사용되고 있으며, 그로인해 잦은 고장과 작업 중단, 지속적인 유지보수비용이 발생하고 있는 실정이다[120]. 광양항 포스코 원료부두의 경우도 부품이 단종되어 자체적으로 부품을 주문 제작하고 있다[121].

노후장비의 또 다른 문제점은 에너지 효율이 낮다는 점이다. 최신 장비에 비해 노후장비는 같은 화물을 처리하는데 있어 더 많은 에너지가 필요하게 되고 이는 결국 비용증가로 이어진다.

신형 수입 장비의 구입에 따른 유지보수비 역시 증가하고 있다. 과거에는 현대, 대우, 삼성, 두산 등의 국내 유수의 중공업 업체가 하역장비를 제작해왔으나 현재는 일부 제품만을 제작하고 있어 대부분을 벌크하역장비를 유럽이나 중국 등에서 수입하고 있는 실정이다[122]. 철재하역의 경우 과거 BTC는 국내에서 제작하였으나 이제는 중국산 제품을 수입하고 있고, 지게차, 로그로더, 크롤러 크레인, 하버크레인, 쉽언로더 등의 장비 등은 유럽 장비회사에서 수입하고 있다[123]. 문제는 해당 장비의 고장 발생 시 부품 조달에 시간이 걸리고 비용도 많

120) 인천남항부두운영(주) 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 22.
121) 포스코 광양제철소 원료부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
122) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 1차 수요기획위원회, 2015.9.4.

이 발생한다는 점이다. 따라서 장비 구입 시 미리 부품을 많이 사두어야 하는 초기비용 부담이 발생하고, 부품 부족 시 외국에서 주문한 부품이 도착하기까지 장비를 사용할 수 없는 상황이 발생한다[124].

(2) 자동화/최신 장비의 낮은 효용성

자동화 장비나 CSU 등 비교적 최근에 개발 및 도입된 장비의 경우 노후로 인한 고장은 발생하지 않고 있으나 반대로 자동화 장비의 특성 상 유연성이 떨어져서 효용성이 낮은 경우가 발생한다. 원료부두의 CSU의 경우 낙탄이 발생하지 않고 빠른 하역이 가능하나 대상화물이 가루형태가 아닌 철광석 등 궤 형태일 경우 고장이 발생, 잦은 정비로 운영비용이 높게 발생한다. 실제 현장에서는 CSU의 운영비용은 노후화된 그랩식 하역기의 4배 가까이 소요된다고 밝히고 있다[125].

광양항 포스코 제품부두의 경우 BTC 원격조정 장치를 도입하였으나 제품파손의 위험이 커 연안운송 대상인 슬라브 제품에만 적용하다가 현재는 사용중지 중이다[126]. 하역 자동화를 위해 개발을 진행한 자동 코일 줄걸이 장비도 강풍 시 사용할 수 없는 등 까다로운 사용 조건 및 사람이 작업하는 것에 비해 낮은 생산성으로 인해 활용되지 못하고 있다[127].

〈표 4-9〉 장비운영 및 경제성 측면

현황 및 요구사항	기술후보군	화물	기능
노후장비의 잦은 고장 및 부품단종으로 구입비용 증가	주요부품/장비 국산화 기술	전품목	하역이송 보관
수입 장비 증가로 부품조달 비용 및 시간 증가			
노후장비 에너지 효율저하로 운영비용 상승	노후하역장비 에너지효율 향상 기술	석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목	하역이송 보관

123) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
124) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
125) 포스코 광양제철소 원료부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
126) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
127) 포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.

현황 및 요구사항	기술후보군	화물	기능
CSU, 철광석 덩어리 등 부피가 큰 화물하역 시 하역기 고장 발생	CSU 파손위험 감지 및 자동 정지기술	석탄, 양곡	하역
화물 파손 위험으로 벌크화물 상하역 자동화 및 원격조정이 어려움	센서기반 철재화물 파손 방지기술	철재	포장
	BTC 정밀제어 원격조정 기술	철재	하역

자료: 포항항 현장방문 및 인터뷰(2013.11.7.), 광양항 현장방문 및 인터뷰(2015.6.5.), 인천항 현장방문 및 인터뷰(2015.6.22.) 기반 KMI 작성

4) 친환경 기술

(1) 해상낙하물

전술하였듯이 벌크화물은 Dirty Cargo가 많으며 상하역 및 이송 시 해상 낙하물로 인해 해상오염이 발생할 수 있는 확률이 높다. 낙하물방지망을 설치하고 있지만 특히 노후화된 그래퍼 방식의 하역기로 석탄 등의 하역을 수행하거나 하역기와 컨베이어 연결부위 등에서 계속 낙탄이 발생하고 있다. 또한 파도로 인해 선박과 낙하물방지망과의 충돌도 발생할 수 있는 위험을 내포하고 있다[128]. 물론 CSU 등 최신설비 도입 시 해당 낙하물 문제를 해결할 수 있으나 이는 비용이 많이 들기 때문에 기존 설비를 개선하는 기술의 개발이 요구된다.

(2) 분진발생

국내 원료부두 및 양곡부두 등의 상당수 벨트컨베이어는 밀폐식이 아닌 구간이 많고, 야적장 역시 별도의 구조물 없이 석탄 또는 사료 부원료 등이 적재되어 있는 경우가 많아 바람이 불 경우 인근지역에 분진을 날리게 되어 많은 환경오염을 일으킬 수 있다. 실제 울산 태화강은 인근 석탄부두의 하역작업으로 인해 심각한 수질오염을 겪고 있는 등 벌크화물 하역작업으로 인한 환경파괴는 심각한 상황이다[129].

128) 포스코 광양제철소 원료부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.
129) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 1차 수요기획위원회, 2015.9.4.

(3) 소음 등 기타 환경문제

또한 최근 들어 부각되고 있는 항만 내 소음 발생 역시 무시할 수 없는 환경 오염이다. 높은 소음은 작업자의 건강에 심각한 위해를 끼친다. 또한 국내 항만의 경우 도시와 인접해 있는 경우가 많이 이러한 소음 발생은 일반 주민들에게까지 영향을 미치고 있어 이에 대한 대책마련이 시급하다.

〈표 4-10〉 벌크하역 문제점 및 대응기술 정리 - 환경적 측면

현황 및 요구사항	기술후보군	화물	기능
노후 그래퍼 하역장비 낙탄으로 해상오염 발생 등 노후하역장비의 환경 오염요인 방지 필요	노후하역장비 친환경 및 안전 강화 기술	석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목	하역 이송 보관
선박과 낙탄방지망 충돌로 선박 파손 가능	유연 낙탄방지망 기술	석탄, 양곡	하역
기존 하역장비와 밀폐형 벨트컨베이어 연결부 및 개방형 야적장, 비밀폐식 벨트컨베이어 등의 작업 시 분진발생	기존 하역장비 분진발생 저감기술	석탄, 양곡	이송 보관
하역 시 소음발생으로 작업자 및 인근주민에 피해발생	하역작업 소음 저감 기술	석탄, 양곡	하역

자료: 포항항 현장방문 및 인터뷰(2013.11.7.), 광양항 현장방문 및 인터뷰(2015.6.5.), 인천항 현장방문 및 인터뷰(2015.6.22.) 기반 KMI 작성

3. 수요업체 전문가 기술 수요조사[130]

수요업체 전문가를 대상으로 무인화 기술, 작업 안전성 확보 기술, 경제성 확보 기술, 생산성 향상 기술, 친환경 기술 등 5가지 분야에 대해 석탄부두, 양곡부두, 원목부두, 철재부두에 대하여 기술 수요조사를 실시했다.

130) "3. 수요업체 전문가 기술 수요조사" 내용 전체는 2015년 10월 5일 연구진 주최로 개최된 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과, 양곡, 원목, 석탄, 철재 주요 하역사 담당자인 전문가 7인의 의견을 기반으로 KMI가 정리한 결과임

1) 무인화 기술

(1) 석탄부두

석탄부두는 선박의 롤링 때문에 무인화에 어려움이 존재하고 있다. 석탄 잔탄 작업은 무인화가 어려운 현실이다. 홀더가 있으면 6천~1만 톤정도는 기계가 하고, 2천 톤은 도저가 들어가서 사람이 조정하고, 400톤 정도는 기계로 하고, 마지막은 빗자루로 해야 한다.[131]

〈표 4-11〉 석탄부두의 무인화 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 선박 롤링 시 작업이 어렵고 잔탄 작업 시에는 사람이 투입되어야 함	버켓 & 잔탄정리 복합하역기술	석탄, 원료, 양곡	하역	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

(2) 원목부두

원목부두도 그랩의 변동성이 존재한다면 자동화가 가능하다.[132]

〈표 4-12〉 원목부두의 무인화 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 원목부두 자동화를 위해서는 엔진그랩의 안정성을 확보해야 함	그랩사용 원목 하역 시 파손 방지 기술	원목	하역	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

131) 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 전문가 의견 바탕으로 KMI 작성
132) 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 전문가 의견 바탕으로 KMI 작성

(3) 양곡부두

선박 위에 센서가 있어 리모콘으로 작업 실시하고, 센서가 오동작 할 경우 대비하여 유지보수 인원 10명, 출고인원 10명이 필요하다.[133]

〈표 4-13〉 양곡부두의 무인화 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 선박 위 작업 시 센서에 의해 작업하고 있으나 오작동 대비 작업자 투입 중	장비 원격조정 기능 강화기술	양곡	하역	△

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

(4) 철재부두

선내 작업 시 무인으로 할지라도 홀더부분에 와이어로프가 걸리므로 정 가운데에서만 적재할 수 있다. 또한 홀더가 넓어도 간섭 때문에 이동하기 어렵다. 수출입 후판 던네이지 작업(목재가 깔림)을 해야 하는데, 기계로 1m마다 목재가 깔리게 하고자 하나, 아직 대체 방안을 고안하지 못해 작업자가 목재를 깔고 있다.[134]

〈표 4-14〉 철재 부두의 무인화 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 선내 작업과 후판 던네이지 작업의 자동화 어려움	자동 던네이지 기술	철재	하역, 이송	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

133) 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 전문가 의견 바탕으로 KMI 작성
134) 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 전문가 의견 바탕으로 KMI 작성

2) 안전성 확보 기술

(1) 석탄부두

석탄부두의 안전사고는 설비팀과 운전팀의 신호가 맞지 않아 사고가 발생하기 때문에 태그를 발행하여 끝나지 않으면 다른 작업이 진행되지 않도록 하고 있다. CSU 작업기 장비의 접근이 안 되는 부분의 잔탄처리 시 사람이 건드리다가 석탄이 머리위로 떨어져서 사고가 발생하고 있다. 그러므로 보호 장구 등 안전 작업도구 개발이 필요하다.[135]

〈표 4-15〉 석탄부두의 안정성 확보 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 잔탄처리 시 사람이 건드리다가 석탄이 머리 위로 떨어져서 사고 발생	안전작업도구(안전모등), 안전선 이탈 방지 기술	석탄	계획/운영/관리	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

(2) 원목부두

화물낙하를 방지하기 위해서는 엔진그랩이 가장 안전한데, 제품 보호가 안 되고 있어 압력 조정 기능이 필요하다. 그러므로 원목화물 보호를 위한 센서기반 엔진그랩 기술이 필요하다. 생목에서는 유해가스 등이 발생하여 질식으로 인한 사상자가 발생하고 있다. 이로 인하여 1년에 천만 원 정도의 진단비가 들어가고 있다. 작업자는 보호 장구를 착용해야 하나 편의성 때문에 착용을 거부하고 있다. 이에 작업자 편의성을 고려한 착용장구 개발이 필요하다.[136]

135) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
136) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

〈표 4-16〉 원목부두의 안정성 확보 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 화물 낙하 방지를 위해서는 엔지그랩이 필요하나 압력 조정이 안 되어 원목 화물 파손 발생	센서기반 엔진그랩 기술	원목	하역	×
◦ 생목으로 유해가스 등이 발생하고 산소가 없어 질식사가 발생하므로 작업자는 보호 장구를 착용해야 하나 편의성 때문에 착용을 거부	작업자 편의성을 고려한 센서기반 안전도구 개발	원목	하역	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

(3) 양곡부두

태영그레인터미널은 기계적으로 벨트컨베이어에 가이드를 설치하고 센서제어를 해서 불이 나면 화재를 소화하고, CCTV를 달아 사람을 확인하고 있기 때문에 안전사고가 발생하지 않고 있다.[137]

〈표 4-17〉 양곡부두의 안정성 확보 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 밀폐식 컨베이어에서 자연발화로 화재 발생 가능성 존재	센서기반 벨트컨베이어 안정장치	곡물	이송	○

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

(4) 철재부두[138]

철재부두의 안전사고로는 첫째, 줄걸이 도중 열연제품은 제품보호를 위해 고무패드 손으로 고정시킨 후 패드 위에 와이어를 감는데 가끔 패드를 잡고 있는 손가락이 절단되는 사고가 발생했다.

137) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
138) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

둘째, 팔레트 위에 화물보호를 위한 고무패드를 대고 작업을 하는데, 패드가 팔레트 밖으로 밀려 공중에 떠 있는 상태의 패드를 작업자가 밟다가 추락하는 사고 발생했다.

셋째, 분진발생 방지를 위해 물을 뿌리는 것에 신경 쓰다가 지게차 충돌사고가 일어났다.

넷째, 선내의 좁은 공간에서 라싱 작업 시 코일을 잡고 있다가 지게차 회전 반경 내에 들어가 협착 사고가 발생했다.

다섯째, 2단 코일 작업 시 1단 코일이 밀리면서 2단 코일 위에 있던 작업자가 끼어서 사망사고가 발생함으로써, 이것 때문에 자동코일 회전 장치를 개발했다.

여섯째, 작업기준상 후판 아래 들어가면 안 되나, 작업 도중 들어가는 상황이 발생할 수도 있으며 작업자가 자기 작업에 집중하다 머리위로 후판이 지나가는 것을 놓칠 수도 있다. 그러므로 후판 이동 시 알람 혹은 후판이 안 떨어지게 하는 기술, 대용량 마그네틱 이동 기술 등이 필요하다. 작업자가 하역작업 위험반경 내에 들어올 경우 경고신호를 보내기 위하여 안전모에 RFID 칩을 넣고 작업자 위치를 파악하는 기술을 시도했으나, 실제 하역작업자 입장에서는 자신의 머리에 레이저를 쏘는 것이 건강에 안 좋다고 생각해서 착용을 거부했다.

〈표 4-18〉 철재부두의 안정성 확보 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 후판 이동 시 안전사고를 최소화할 수 있는 기술 필요	센서기반 알람 시스템(후판 이동 알림) 등 안전 작업 도구	철재	하역/이동	×
	대용량 마그네틱 이동 기술			
◦ 2단 코일 작업 시 1단 코일이 밀리면서 2단 코일위에 있던 작업자가 끼어서 사망사고가 발생	자동코일회전 장치	철재	하역	○
◦ 작업자 사고 위험 감소를 위해 작업자 위치 파악을 위한 기술을 개발했으나 작업자 착용 거부	작업자 위치 파악 기술	철재	하역/이동	△
	안전교육 프로그램 개발	철재	계획/운영/관리	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

3) 경제성 확보 기술

(1) 석탄부두

석탄부두는 설비가 자동화되어 있는 편인데, 현장에 사람이 없어 바로 대응이 불가하여 대형사고로 이어질 수 있다. 그러므로 베어링 등 주요 부위에 실시간 진단시스템이 필요하다. 쇠로 된 것은 상관없으나 전자제품은 단종되면 국내에 대체할 제품이 없다. 예를 들면 전자적으로 동기화되어 있는 시스템(프랑스 제품)이 있으나 유지보수가 이루어지지 못하고 있다.[139]

〈표 4-19〉 석탄부두의 경제성 확보 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 현장에 사람이 없어 바로 대응이 되지 않아 대형사고가 발생할 수 있음	실시간 알람 및 진단 시스템	석탄	계획/운영/관리	×
◦ 전자식 장비의 유지보수 인력 확보 필요	유지보수 인력 육성 프로그램 개발	석탄	계획/운영/관리	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

(2) 원목부두

원목부두 등 벌크터미널이 기계식 장비에서 전자식 장비로 바뀌었는데, 전자식 장비에 대한 유지보수 인력이 부족한 편이다. 이에 전자식 장비 유지보수 시 외국 제작사가 직접 파견을 나와 수행하고 있어 유지보수비가 많이 들어간다. 그러므로 체계적인 유지보수 인력 육성 프로그램 개발 및 해당 인재 채용 프로그램을 개발하는 것이 필요하다.[140]

동부익스프레스 원목부두는 BTC 및 독일제 하버크레인 4대를 사용하고 있으며 해당 장비 주요 부위의 이상발생 시 경고가 발생하는 시스템 도입하고 있다. 이 장비는 1대당 10억 이상의 추가비용이 발생하고 있다. 이 시스템을 도입

139) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
140) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

한 이유는 고장 나서 장비가 멈추면 손해가 하루에 수백에서 수천만 원으로 올라가기 때문이다. 그런데 현재까지는 크게 효용성을 느끼지 못하고 있다.[141]

〈표 4-20〉 원목부두의 경제성 확보 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 전자식 장비의 유지보수 인력 확보 필요	유지보수 인력 육성 프로그램 개발	원목	계획/운영/관리	×
◦ 고장 나서 장비가 멈추면 하루에 수백에서 수천만 원의 손해 발생	실시간 알람 및 진단 시스템	원목	계획/운영/관리	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

4) 생산성 향상 기술

(1) 석탄부두

쌍용해운은 안벽설비인 하역기는 대형화되어 성능이 우수한데, 후방설비(컨베이어부터 야적 적재까지)의 처리능력이 뒷받침되지 않아 안벽설비의 생산성을 충분히 활용하지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 향후 터미널 개발 시 후방설비에 대한 용량을 계산할 때 정확한 설계 및 운영 시뮬레이션을 통하여 산출하는 것이 필요할 것으로 판단된다.[142]

또한 하역설비 능력은 동일하나, 장비기사 실력에 따라 잔탄 처리 시간이 다르다. 장비가 자동화되어 있어도 잔탄은 사람이 조정하여 처리하므로 작업자 숙련도에 따라 작업시간 및 장비 수명에 차이가 발생하고 있다. 이를 개선하기 위해 2~3개월 정도 교육 매뉴얼에 의한 교육을 실시하고 있다. 현재 작업자 훈련 시뮬레이터는 없으며, 만약 훈련 시뮬레이터를 개발한다면 선박의 선창 형태, 장비규격, 대상 선박크기, 화물 종류 등 작업환경 차이를 고려하여 프로그

141) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
142) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

램을 개발해야 할 것으로 판단된다.[143]

〈표 4-21〉 석탄부두의 생산성 향상 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 터미널 개발 시 생산성을 고려해 정확한 후방설비 용량 계산 필요	터미널 계획 및 운영 시뮬레이션 기술(장비 간 생산능력 차이 고려)	석탄	계획/운영/관리	×
◦ 작업자에 따라 잔탄 처리시간 및 장비 수명에 차이가 발생하고 있으므로 작업자 숙련도 개선 노력 필요	작업 생산성 개선 교육 프로그램 개발(선박의 선창 형태 등 작업환경 차이 고려)	석탄	하역	△

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

(2) 원목부두

원목부두의 생산성을 향상시키기 위해서는 야드 생산성이 중요하므로 야적 공간이 넓어야 한다. 따라서 터미널 건설 시 계획 및 운영 시뮬레이션을 통한 적정 터미널 규모를 산정하는 것이 필요하다. 그 다음 효율적인 원목 적재 방법에 대한 연구가 필요하다. 현재는 원목은 Inbound 원료로 사용되고 있으므로 화주들이 항만 하역사를 통해 재고관리를 하고 있고, 필요할 때 항만에서 가지고 나가고 있기 때문에 항상 야드 공간이 부족하다. 또한 원목은 생산성도 중요하지만 선박형태와 작업행태 등을 고려하여 화물 손상을 최소화할 수 있는 기술이 필요하다.[144]

143) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
144) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

〈표 4-22〉 원목부두의 생산성 향상 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 야드 생산성을 향상시킬 수 있는 방법 모색 필요	터미널 계획 및 운영 시뮬레이션 기술	원목	계획/운영/관리	×
	야드 내 효율적인 원목 적재 기술	원목	하역, 보관	×
	화물 작업 손상 방지 기술	원목	하역, 보관	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

(3) 양곡부두

평택 태영크레인 터미널의 하역장비는 2011년에 도입된 유럽산 신형 기계인 체인 기계식 타입 뉴메트립 타입으로 양곡을 일정하게 흡입하고 있다. 이 시스템은 밀폐형으로 분진도 없고 누설되는 부분도 없는 장점을 가지고 있다. 그런데 생산성에 영향을 주는 것은 화주회사(농협 등)들이 필요할 때 필요한 양만 가져가고 항만의 사일로를 창고처럼 사용하고 있어 사일로가 꽉 차 하역이 지연되는 경우가 종종 발생하고 있다.[145]

〈표 4-23〉 양곡부두의 생산성 향상 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 사일로 생산성을 향상시킬 수 있는 방법 모색 필요	터미널 계획 및 운영 시뮬레이션 기술(화주 행태 고려)	양곡	계획/운영/관리	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

145) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

(4) 철재부두

포스코 광양제철소의 경우 내수시장의 경쟁에 현대제철 등 타 업체의 낮은 가격에 밀려 내수화물을 모두 수출화물로 변경하였으며 그에 따라 하역효율 및 해송 출하 능력의 중요성이 증대했다. 이에 전천후부두 대형화 및 위치제어 시스템 등 새로운 신기술 개발을 2년 정도 고민하고 진행해 보았는데, 자동코일회전장치, 창고 내 무인크레인 장치 등을 제외하고는 생산효율이 개선되지 않았다. 예를 들면 기존의 코일 줄걸이 작업을 통한 선박 적재 시 틈이 없이 적재했지만, 자동줄걸이 장비는 철재 암 부분의 넓이로 인해 선박 내 적재 시 코일 간 간격이 벌어져서 선박 적재율이 떨어졌다.[146]

자동 철재화물 하역 시스템은 선박 롤링이 발생함으로써 많은 시간이 소요되는 등 효용성이 떨어져 현재는 사용을 하지 않고 있다. 그러나 자동코일회전장치는 항만근로자 만족도도 높고 생산효율성도 향상시켰다. 그리고 창고에 사용하는 무인크레인 도입으로 사이클 타임은 1분 정도 늦어졌으나 식사시간, 휴식시간이 없음으로써 작업 효율은 차이가 없어졌고, 인건비가 절감되는 효과도 발생했다.[147]

포항 남포스코 부두는 트레일러, 지게차로 스케줄에 따라 화물을 이동하는 체제인데 화물 품종에 맞게 하역기의 스판 등을 결정했으면 한다. 즉 에이프론에 놓는 화물의 품종 특성에 맞게 하역기가 개발되어야 한다. 그리고 우천이나 스웰(너울성 파도) 발생 시 철재제품은 선적작업이 불가한데 이런 상황을 극복하고 선적할 수 있는 기술이 필요할 것으로 보인다. 또한 선적 이후 던네이지, 쇼링(라싱) 작업, 수량검수 등으로 하역시간이 많이 걸린다. 그러므로 최신 통신기술을 기반으로 한 검수 시스템을 개발하면 생산성이 향상될 것으로 판단된다.[148]

146)「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
147) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
148) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

〈표 4-24〉 철재부두의 생산성 향상 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 내수시장의 경쟁에 따른 수출화물 증가에 따라 해송 출하 능력 및 하역 효율 중요성 증대 ◦ 우천이나 스웰 발생 시 철재 제품 선적 필요	기상악화 시에도 선적할 수 있는 대형 전전후 건설 기술	철재	하역, 이송	×
	3D 스캔을 통한 위치 제어 시스템	철재	하역, 보관	×
	자동 줄걸이 장비	철재	하역	×
	자동코일회전 장치	철재	하역	○
	창고 내 무인크레인 장치	철재	하역, 보관	○
◦ 선적 후 하역시간이 많이 소요되는 수량 검수 및 검량 자동화 방법 모색 필요	IoT 기반 자동 수량 검수 및 검량 장치	철재	하역	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

5) 친환경 기술

(1) 석탄부두

석탄 이동 시 분진이 발생하므로 이송구간은 집진기로 되어 있으나, 해치커버 분진은 해결방법이 없는 실정이다. 야드에서는 분진방지를 위하여 창고형으로 만들어 스프레이로 뿌려주고 있다.[149]

특히 바이오원료인 우드팰릿의 분진문제는 더욱 심각한 수준이다. 그러므로 우드팰릿에 적합한 크레인 등 분진방지를 위한 새로운 시스템이 필요하다.[150]

149) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
150) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

〈표 4-25〉 석탄부두의 친환경 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 석탄 이동 시 분진이 발생	하역장비~컨베이어 연결부 및 해치커버 분진방지 기술	석탄	하역, 이송	△
◦ 우드팰릿 이동 시 분진이 발생	우드팰릿 용 분진 방지 기술	우드팰릿	하역, 이송	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

(2) 원목부두

원목부두는 비산먼지가 규정이상 발생 시 벌금형, 징역을 지게 되어있으므로 비산먼지 방지를 위해서 장비 투자가 필요하다. 그래서 동부익스프레스는 이동식 공기돔에 대해서 알아보았으나, 재사용 불가능성 때문에 도입을 포기했다. 그러므로 가격대비 비산먼지 방지가 우수한 장비 개발이 필요하다.[151]

〈표 4-26〉 원목부두의 친환경 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 비산먼지가 규정이상 발생 시 벌금형, 징역을 지게 됨	비산먼지 방지 시스템 개발	철재	하역	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

(3) 양곡부두

양곡 이동 시 분진이 발생하므로 하역 및 컨베이어 이동 시 먼지가 날리지 않도록 집진 시설이 필요하다.[152]

151) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
152) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

〈표 4-27〉 양곡부두의 친환경 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦양곡 하역 및 컨베이어 이동 시 먼지 날림	먼지 등에 분진에 대한 집진 시설	양곡	하역, 이송	○

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

(4) 철재부두

철재부두는 선재 작업 시 분진이 발생하고 있어 보안경, 귀마개, 마스크 등을 착용해야 하나, 작업자가 편의성 때문에 마스크만 착용하고 있다. 그러므로 작업편의성을 고려한 보호 장구 개발이 필요하다.[153]

〈표 4-28〉 철재부두의 친환경 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦선재 작업 시 분진이 발생하나 작업 편의성이 떨어진다고 보호 장구 착용 거부	작업자 편의성을 고려한 작업자 분진 보호 장구 개발 기술	철재	하역	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

6) 수요기업 기술 수요 종합

수요기업 기술 수요를 종합한 결과 무인화 기술, 작업 안전성 확보 기술, 경제성 확보 기술, 생산성 향상 기술, 친환경 기술 등 5가지 분야에 대한 기술 수요가 존재한다.

153) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

(1) 무인화 기술

선박 롤링 시 무인 작업, 다양한 원목을 취급할 수 있는 그랩, 선박 위 센서 오작동 대비 작업, 선내 작업 및 후판 던네이지 작업에 대한 무인화를 위해서는 좀 더 심도 있는 기술 개발이 필요할 것으로 예상된다.

〈표 4-29〉 수요기업의 벌크항만 무인화 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦선박 롤링 시 작업이 어렵고 잔탄 작업 시에는 사람이 투입되어야 함	버켓 & 잔탄정리 복합하역기술	석탄	하역	×
◦원목부두 자동화를 위해서는 엔진그랩의 안정성을 확보해야 함	그랩사용 원목 하역 시 파손 방지 기술	원목	하역	×
◦선박 위 작업 시 센서에 의해 작업하고 있으나 오작동 대비 작업자 투입 중	장비 원격조정 기능 강화기술	양곡	하역	△
◦선내 작업과 후판 던네이지 작업의 자동화 어려움	자동 던네이지 기술	철재	하역, 이송	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

(2) 안전성 확보 기술

수요기업 기술수요 조사 결과[154], 안전성 확보 기술은 센서기반 알람 시스템 등 편의성을 고려한 안전 작업 도구, 센서기반 엔진그랩 기술, 센서기반 벨트컨베이어 안전장치, 대용량 마그네틱 이동 기술, 자동코일회전 장치, 작업자 위치 파악 기술, 안전교육 프로그램 개발이 필요하다.

154) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

〈표 4-30〉 수요기업의 벌크항만 안정성 확보 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 잔탄 처리 시 사람이 건드리다가 석탄이 머리위로 떨어져서 사고 발생 ◦ 후판 이동 시 안전사고를 최소화할 수 있는 기술 필요 ◦ 생목으로 유해가스 등이 발생하고 산소가 없어 질식사가 발생하므로 작업자는 보호 장구를 착용해야 하나 편의성 때문에 착용을 거부	안전작업도구(안전모등), 안전선 이탈 방지 기술	석탄, 철재, 원목	계획/운영/관리, 하역	×
◦ 화물 낙하 방지를 위해서는 엔지그랩이 필요하나 압력 조정이 되지 않아 원목 화물 파손 발생	센서기반 엔진그랩 기술	원목	하역	×
◦ 밀폐식 컨베이어에서 자연발화로 화재 발생 가능성 존재	센서기반 벨트컨베이어 안정장치	곡물	이송	○
◦ 후판 이동 시 안전사고를 최소화할 수 있는 기술 필요	대용량 마그네틱 이동 기술	철재	하역/이동	×
◦ 2단 코일 작업 시 1단 코일이 밀리면서 2단 코일 위에 있던 작업자가 끼어서 사망사고가 발생	자동코일회전 장치	철재	하역	○
◦ 작업자 사고 위험 감소를 위해 작업자 위치 파악 위한 기술 개발했으나 작업자 착용 거부	작업자 위치 파악 기술	철재	하역/이동	△
	안전교육 프로그램 개발	철재	계획/운영/관리	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

(3) 경제성 확보 기술

수요기업 기술수요 조사 결과[155], 경제성 확보 기술은 실시간 알람 및 진단 시스템, 유지보수 인력 육성 프로그램 개발 등이다.

〈표 4-31〉 수요기업의 벌크항만 경제성 확보 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 현장에 사람이 없어 바로 대응이 되지 않아 대형사고가 발생할 수 있음 ◦ 고장 나서 장비가 멈추면 손해가 하루에 수백에서 수천만 원의 손해 발생	실시간 알람 및 진단 시스템	석탄, 원목	계획/운영/관리	×
◦ 전자식 장비의 유지보수 인력 확보 필요	유지보수 인력 육성 프로그램 개발	석탄, 원목	계획/운영/관리	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

(4) 생산성 향상 기술

수요기업 기술수요 조사 결과[156], 생산성 향상 기술은 터미널 계획 및 운영 시뮬레이션 기술, 작업 생산성 개선 교육 프로그램 개발, 야드 내 효율적인 원목 적재 기술, 화물 작업 손상 방지 기술, 기상 악화 시에도 선적할 수 있는 대형 전전후 건설 기술, 3D 스캔을 통한 위치 제어 시스템, 자동 줄걸이 장비, 자동코일회전 장치, 창고 내 무인 크레인 장치, IoT 기반 자동 수량 검수 및 검량 장치 등이다.

155) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성
156) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

〈표 4-32〉 수요기업의 벌크항만 생산성 향상 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 터미널 개발 시 생산성을 고려해 정확한 후방설비 용량 계산 필요 ◦ 야드 생산성을 향상시킬 수 있는 방법 모색 필요 ◦ 사일로 생산성을 향상시킬 수 있는 방법 모색 필요	터미널 계획 및 운영 시뮬레이션 기술(장비 간 생산능력 차이 고려)	석탄, 원목, 양곡	계획/운영/관리	×
◦ 작업자에 따라 잔탄 처리시간 및 장비 수명에 차이가 발생하고 있으므로 작업자 숙련도 개선 노력 필요	작업 생산성 개선 교육 프로그램 개발(선박의 선창 형태 등 작업환경 차이 고려)	석탄	하역	△
◦ 야드 생산성을 향상시킬 수 있는 방법 모색 필요	야드 내 효율적인 원목 적재 기술	원목	하역, 보관	×
	화물 작업 손상 방지 기술	원목	하역, 보관	×
◦ 내수시장의 경쟁에 따른 수출화물 증가에 따라 해송 출하 능력 및 하역 효율 중요성 증대 ◦ 우천 시나 스웰 발생 시 철재 제품 선적 필요	기상악화 시에도 선적할 수 있는 대형 전전후 건설 기술	철재	하역, 이송	×
	3D 스캔을 통한 위치 제어 시스템	철재	하역, 보관	×
	자동 줄걸이 장비	철재	하역	×
	자동코일회전 장치	철재	하역	○
	창고 내 무인크레인 장치	철재	하역, 보관	○
◦ 선적 후 하역시간이 많이 소요되는 수량 검수 및 검량 자동화 방법 모색 필요	IoT 기반 자동 수량 검수 및 검량 장치	철재	하역	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

(5) 친환경 기술

수요기업 기술수요 조사 결과[157], 친환경 기술은 분진방지 기술, 비산먼지 방지 시스템, 집진시설, 작업자 편의성을 고려한 작업자 분진 보호 장구 개발 기술 등이다.

〈표 4-33〉 석탄부두의 친환경 기술

배경 및 요구사항	기술후보군	화물	기능	사용 여부
◦ 석탄 이동 시 분진이 발생	하역장비~컨베이어 연결부 및 해치커버 분진방지 기술	석탄	하역, 이송	△
◦ 우드팰릿 이동 시 분진이 발생	우드팰릿 용 분진 방지 기술	우드팰릿	하역, 이송	×
◦ 비산먼지가 규정이상 발생 시 벌금형, 징역을 지게 됨	비산먼지 방지 시스템 개발	철재	하역	×
◦ 양곡 하역 및 컨베이어 이동 시 먼지 날림	먼지 등에 분진에 대한 집진 시설	양곡	하역, 이송	○
◦ 선재 작업 시 분진이 발생하나 작업 편의성이 떨어진다고 보호 장구 착용 거부	작업자 편의성을 고려한 작업자 분진 보호 장구 개발 기술	철재	하역	×

자료: 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 재작성

4. 제작업체 전문가 기술 수요조사

1) 국내 벌크하역장비산업 현황 및 쇠퇴사유

국내에서는 2000년대 초까지는 두산, 현대, 삼성 중공업 등의 대기업과 중소기업을 중심으로 세계 항만하역장비 시장의 12~13%까지 점유[158]하고 있었다.

157) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 기반 KMI 작성

158) 원승환, 강무홍, '항만 하역장비 세계 시장 분석을 통한 국내 공급기업의 발전 방안', 2014 해운물류연구 투고

특히 RMGC 등 첨단 자동 야드하역장비[159]의 경우 2004~2005년에는 세계시장 점유율이 32%에 달하였고, 그에 따라 하역 장비개발 및 제작관련 고용창출, 주요부품 제작에 따른 중소기업 활성화 등 높은 경제적 파급효과를 발생시켰다. 그러나 중국정부의 적극적 지원을 받는 ZPMC 등 중국기업의 저가 공세로 인해 항만하역장비 수주율이 급감하게 되었고 2010년 이후 국내기업의 항만하역장비 시장점유율은 5%를 넘지 못하고 있다[160].

그에 따라 현재 국내에서는 과거 하역장비를 제작하던 삼성중공업, 현대삼호중공업, 대우중공업 등의 대기업들은 사업을 포기하거나 대폭 축소한 상태이다. 그나마 대기업에서 나온 전문가들이 모여 새롭게 만든 중소기업이 틈새시장을 노려 가장 활발히 활동하고 있는 중이며, 해당 업체는 주로 Belt Conveyor, CSU, Stacker/Reclaimer를 제작하고 있다.

이처럼 국내 항만하역장비 산업이 쇠퇴한 이유로는 1) 신규항만 개발의 필요성이 없어 신규장비 수요가 없으며, 2) 중국 항만장비업체와의 경쟁에서 밀려 국내외 시장에서 가격경쟁력을 상실하였고 3) 항만의 수익성이 낮아 운영사들이 노후장비를 신규장비로 교체하는 대신 기존 장비의 부품을 바꾸거나 수리하면서 사용하고 있다는 점이다. 또한 4)국가의 관련 지원정책 역시 부족한 편이다.

(1) 신규항만장비 수요부재

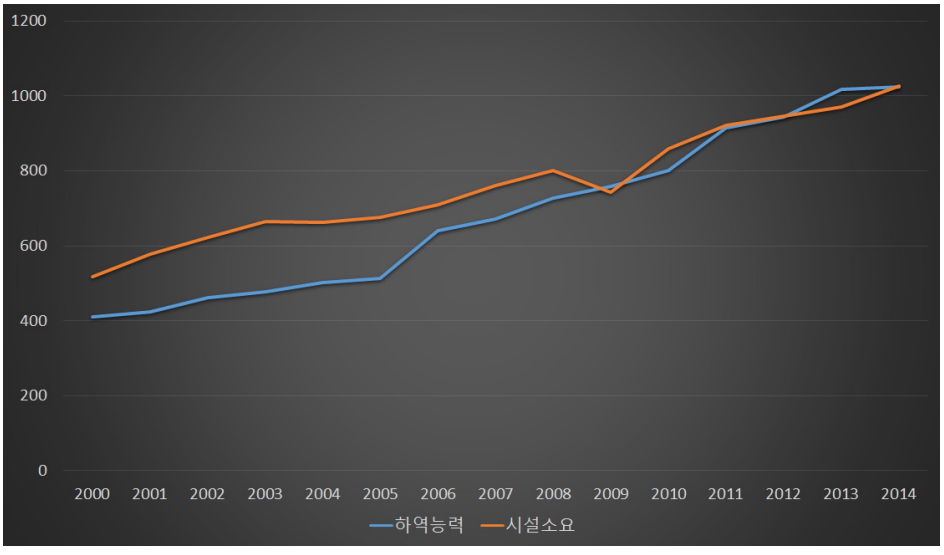
국내에서는 1970년대 급격한 산업발달 시작 이후 2000년대 중반까지는 줄곧 항만 시설의 공급이 시설소요를 만족시키지 못하였고 그에 따라 지속적인 항만 개발 및 공급이 이루어져 왔다. 항만에 신규로 건설되면 자연스럽게 해당 항만에서 화물을 처리하기 위한 하역장비에 대한 소요역시 증가하게 되어 국내 항만하역장비 시장은 꾸준히 성장해 왔다. 그러나 두 번에 걸친 금융위기 및 국내외 경제성장 둔화의 여파로 국내 항만물동량의 증가세는 낮아졌으나 항만개

159) Rail Mounted Gantry Crane(RMGC)은 2000년 당시 가장 진보된 야드장비임.

160) 원승환, 강무홍, '항만 하역장비 세계 시장 분석을 통한 국내 공급기업의 발전 방안', 한국해운물류학회 해운물류연구 84권 0호, 2014, pp.939-964

발 및 공급은 계속되어 2006년 처음으로 국내 항만시설확보율이 90%를 넘어섰고, 세계금융위기의 여파로 2009년에는 102%까지 올라갔다. 그 이후 2014년 현재까지 항만시설 확보율은 99%~105%에 달하고 있어[161] 국내 항만의 신규개발 수요는 거의 발생하지 않고 있는 실정이다. 이러한 현상은 향후에도 지속될 것으로 보여 국내에서 대규모 대형 신규하역장비 수요가 발생하기는 어렵다고 판단되고 있다. 실제 현재까지 국내에서 항만하역장비를 개발하는 업체에서는 2016년 이후부터는 국내에서는 신규 발주 장비가 거의 없을 것이라고 보고 있다. 일부 노후장비 교체가 있을 것이라 예상되지만, 수량이 작기 때문에 국내 항만장비업체는 살아남기 위해 해외 이머징 마켓 등으로 눈을 돌리고 있다. 그러나 그 또한 중국과의 경쟁으로 쉽지 않은 상황이다.

〈그림 4-23〉 국내항만 시설소요 및 하역능력 비교



자료: http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2730, 2015.10.13, 기반 KMI 작성

161) http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2730, 2015. 10. 13

〈표 4-34〉 항만시설확보율 추이

단위: 천 톤, %

구분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
하역능력	478	501	514	641	672	728	758	801	915	943	1,017	1,025
시설소요	665	662	676	710	760	801	743	858	921	947	970	1,026
시설확보율	71.9	75.8	76.1	90.3	88.6	91	102	93.3	99	99	105	99.8

자료: http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2730, 2015.10.13

(2) 중국 항만장비업체 약진

중국의 경제개방 이후 전 제조산업 분야에 걸쳐 낮은 인건비를 기반으로 한 중국의 세계시장 공략은 계속되어 왔다. 항만하역장비 역시 예외는 아니어서 중국 업체들의 저가공세를 기반으로 한 시장장악이 이루어졌다. 이러한 중국 항만하역장비 업체로 가장 대표적인 기업이 중국 상하이전화중공업(ZPMC)이다.

ZPMC는 1992년 설립, 빠르게 성장하여 2000년부터는 유럽, 북미, 일본 업체를 제치고 크레인 시장의 선두업체가 되었다. 2008년에는 세계 시장점유율이 70%까지 올라섰다[162]. 이후 약간 주춤거리는 모습을 보이고 있으나 여전히 세계시장을 주도하고 있다. ZPMC는 높은 수익을 기반으로 연구개발을 지속, 크레인 관련 모든 부품을 생산하게 되었고, 자동화 장비 개발에도 박차를 가하고 있다. 또한 제품에 대해 평생보증 서비스를 제공하고 있다.

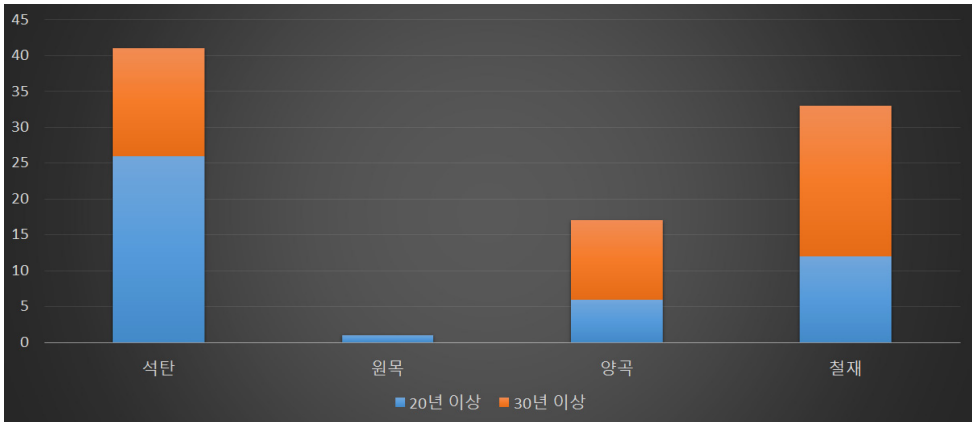
이 같은 중국 장비회사의 약진으로 국내 장비 업체는 국내시장은 물론 이머징 마켓 등 세계시장에서도 가격경쟁력을 상실하여 시장진출에 어려움을 겪고 있다.

162) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 1차 수요기획위원회, 2015.9.4.

(3) 노후장비 지속 사용

국내 항만은 사업화가 급격히 진행되던 1970~80년대에 중점적으로 개발이 이루어졌고 많은 하역장비가 항만에 도입되었다. 당시 도입된 하역장비의 상당수가 현재까지 사용되고 있다. 현재 국내 하역장비 중 395대가 20년 이상 사용되고 있으며, 이중 165대는 30년 이상 사용되고 있다. 가장 장비가 많은 컨테이너 장비를 제외할 경우 20년 이상 노후장비는 석탄 41대, 원목 1대, 양곡 17대, 철재 33대로 파악되고 있다[163]. 그러나 해당 노후장비 수량은 모두 항만장비로 등록된 장비만을 포함한 것으로, 항만에서 하역에는 사용되나 건설기계로 등록되어 있는 앵글크레인, 모바일하버크레인, 로거, 로그로더, 포크리프트, 도저, 그리고 항만구역 밖의 벨트컨베이어 및 스태커/리클레이머 등은 제외되어 있어 실제 항만에서 사용되고 있는 노후하역장비는 이보다 훨씬 많을 것으로 추정된다.

〈그림 4-24〉 국내 벌크항만 장비 노후화 현황



자료: 해양수산부, '항만하역장비 기술기준 현행화 연구', 2015.

문제는 국내에는 이런 노후장비의 정밀진단 및 교체를 강제하는 규정이 없어 운영사에서는 비용부담으로 해당 노후 장비를 가능한 오래 사용하려고 한다는 점이다. 현재 항만법에 따르면 2년마다 시행되는 정기검사를 받을 경우 해당 노후장비들은 계속 사용이 가능하다. 그런데 항만법 상의 정기검사는 장비

163) 해양수산부, '항만하역장비 기술기준 현행화 연구', 2015.

를 멈추지 않은 채 검사원이 주로 육안에 의지하여 장비 외부를 살피는 검사로 장비의 구조적 안전성 및 잔존수명을 평가하기에는 많이 부족하다. 또한 운영사들은 장비교체에 따른 비용 및 시간에 많은 부담을 느끼고 있기 때문에 노후 장비의 부품만을 교체하여 장비를 계속 사용하고 있으며 장비의 고장이 너무 잦아 유지보수 비용 크게 발생하거나 더 이상 장비의 사용이 힘들 경우에만 해당 항만장비를 교체하고 있다.

(4) 지원정책 부재

일본의 경우 항만에서 신규장비를 발주할 때 중국 등 해외장비회사에 직접 발주하기보다는 일본 장비제작업체를 통해 발주하고 일본 장비업체는 해당 장비의 설계 및 전기, 제어 등 주요부품을 제작하고, 구조 및 기계 등은 중국 업체에 맡겨 장비를 제작하는 방식을 많이 채택하고 있다. 이는 실제 장비의 발주는 국제입찰로 진행되나, 설계 및 제작과정에서 일본항만청의 지속적인 검토를 받아야하기 때문에 외국 업체가 단독으로 들어와 대형장비를 제작 및 납품하기는 어렵기 때문이다. 그렇다고 국내 업체와 외국 업체 간 차별을 두고 있지는 않아서 무역장벽 등의 문제로 작용하지는 않는다.

이처럼 일본의 경우 정책적으로 자국 내 장비설계 및 엔지니어링 업체가 경쟁력을 확보할 수 있는 방안을 마련해 주고 있으나 국내에서는 관련 산업지원 정책이 미비한 것이 사실이다. 문제는 장비제작 자체는 가격 경쟁력 상 어쩔 수 없다 치더라도 주요설비 및 부품의 설계와 엔지니어링 기술만큼은 국내 기업에 지속적으로 보유할 수 있도록 하는 정책적 지원이 필요하다.

2) 장비 제작업체 기술수요

전술한 바와 같이 국내 하역장비 시장은 상당히 제한적으로 향후 국내 장비업체가 살아남기 위해서는 해외 이머징 마켓으로 진출해야 한다. 문제는 가격 경쟁력으로, 국내에서 제작할 경우 인건비 및 운송비로 인해 해외장비 업체와의 경쟁에서 이기기가 힘들다. 그러한 이유로 국내 장비제작 업체는 장비의 설계 및 핵심부품 제작은 국내에서 수행하되, 거대 기계구조 등은 이머징 마켓 현지의 파트너에게 맡기는 형태로 해외진출을 꾀하고 있다. 그럴 경우 가격경

쟁력은 어느 정도 확보가 가능하고, 이후는 고성능 및 고효율 장비의 설계능력이 관건이 된다.

즉 세계시장에서 살아남기 위해서는 현재의 기술력에 만족하지 않고 장비의 성능 및 에너지 효율 향상, 고장률 개선 등의 설계기술에 대한 끊임없는 연구개발이 필요하다. 중국 ZPMC의 경우, 막대한 수익을 기반으로 꾸준히 R&D에 투자하여 더블크레인 등을 개발하였고, 지금도 넓은 테스트베드에서 자동화 장비에 대한 연구개발 및 시험을 계속하고 있다. 문제는 국내 제작업체가 아직까지는 비교적 높은 설계기술력을 보유하고 있지만, 기업자체가 중소규모이기 때문에 향후 고성능 하역장비를 설계하기 위한 연구에 대한 투자가 어렵다는 점이다. 따라서 향후 정책적으로 완전히 새로운 장비개발 뿐 아니라 기존의 하역장비의 성능개선 및 에너지 효율 증대에 대한 연구에 대한 지원이 이루어져야 할 것이다.

〈표 4-35〉 고성능 하역장비 설계 및 엔지니어링 관련

현황 및 요구사항	기술후보군	화물	기능
해외 이머징 마켓 진출을 위한 설계기술 확보 필요	고생산성성 하역장비 설계기술	석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목	하역이송 보관
	고에너지효율 하역장비 설계기술	석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목	하역이송 보관
	첨단 자동화 하역장비 설계기술	석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목	하역이송 보관
	친환경 하역장비 설계기술	석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목	하역이송 보관

제5장 벌크항만 기술개발 전략 및 분류체계 수립

제1절 기술개발 전략 및 분류체계

1. 기술개발 전략

1) 기술개발 프로세스

일반적으로 국가 또는 기업이 기술개발을 수행할 때 다양한 연구개발 프로세스에 따라 연구개발을 진행한다.

최근의 기술개발 프로세스를 살펴보면 크게 4가지 단계로 나누어 볼 수 있다.

〈그림 5-1〉 기술 연구·개발 프로세스



자료: 박석지, '탈추격형 연구방법으로서 R&D 전주기 프로세스', 한국전자통신연구원, 2013, p193~196을 참조하여 작성

첫째, 기술개발 전략에 대한 계획수립 단계이며 동 단계에서는 미래의 환경변화, 시장가치와 미래비전을 통해 전반적인 추진방향과 과제를 발굴하는 단계이다. 한국전자통신연구원(2013)에서는 전략계획 수립단계에서의 활동으로 미래시장 전망, 글로벌 메카트렌드 분석, 기술적 문제 분석, 기술적 이슈와 토픽 분석, 미래의 기술 어젠다 도출 등을 제시[164]하고 있다.

둘째, 프로그램 기획단계는 각 과제별 세부적인 기획을 수행하는 단계로서 각각 기술(프로그램)별 개념정립, 개발목표와 핵심기술 설정, 개발 추진체계 및 전략 설정, 기술·정책·경제적 개발타당성을 검토하는 단계이다.

셋째, 프로그램 실행단계는 각 기술기획 단계에서 확보된 추진타당성을 기반으로 실질적인 연구개발을 수행하는 단계이다. 동 단계에서는 각 성과들에 대한 중간, 최종평가를 통해 당초 설정한 기술개발 목표의 달성여부를 판단하게 된다.[165]

넷째, 기술이전, 즉 사업화 및 실용화 단계는 기술을 이용하여 개발, 제조, 생산, 유통하는 기업에 기술을 이전하는 것과 더불어 현장에 적용하는 것까지 포함하게 된다.

2) 기술개발 전략(목적)에 따른 분류

기술에 대한 연구개발은 기술개발의 최종성과물 또는 개발목적에 따라 여러 유형으로 나누어진다. 기존 선행연구들에서는 기술의 개발수준과 단계에 따라 연구와 개발로 구분하기도 하고, 사용용도에 따라 기초용, 공공용, 산업용으로 구분하기도 한다

<표 5-1>을 참조하면 기술은 개발 단계와 유형에 따라 기초, 응용, 개발 및 산업기술로 구분하며 개발을 주목적으로 하는 기술의 성격은 제품 또는 서비스에 대한 상용화 또는 상업화까지 가능한 기술들이라 정의하고 있다.

164) 박석지, '탈추격형 연구방법으로서 R&D 전주기 프로세스', 한국전자통신연구원, 2013, p.194.
165) 박석지, '탈추격형 연구방법으로서 R&D 전주기 프로세스', 한국전자통신연구원, 2013, p.196 을 일부 참조하여 일부 수정

〈표 5-1〉 기술의 단계와 유형(Ⅰ)

구분	연구(R)			개발(D)		
단계	순수기초연구	목적기초연구	응용연구	선행개발	제품개발	개량개선
정의	·과학지식탐구/이해 수행 ·이론연구	·특정분야 기술적 한계극복 ·지식탐구	·새로운 지식이용 ·신기술 창출/기존기술 개선	·응용연구 기술이용 ·제품설계 및 프로토타입 개발	·제품 및 서비스의 상품화 개발	·제품 및 서비스의 개량 및 개선
유형	기초기술		응용기술	개발기술		산업기술
성격	원천기술		제품탐구 기술	제품상용화기술		제품상업화 기술

자료: 1. 정보통신부, 「정보통신 원천기초기술 평가 및 성과측정 방법론 개발」, 2000. p.38.
2. 국토해양부, 「국가물류기술혁신 중장기 기본계획 수립(1권)」, 2008, p.18을 참조하여 일부 수정

또한 한국전자통신연구원(1995), 정보통신부(2000)에서는 기술을 기초기술, 공통(애로)기술, 공공기술, 산업기술로 나누어 구분하고 있다.

〈표 5-2〉 기술 유형(Ⅱ)

유형	기초기술	공통기술	공공기술	산업기술
정의	·새롭게 창출 ·혁신 기술	·공통적 애로해결 ·선행/요소기술 (파급효과 큼)	·공공의 이익 ·기반/복지/표준화/정책 기술	·기업경쟁력 강화 ·제품/생산/공정/서비스 기술

자료: 1. 한국전자통신연구원, '기초·기반기술 연구의 개념정의', 1995.
2. 정보통신부, 「정보통신 원천기초기술 평가 및 성과측정 방법론 개발」, 2000. p.39.
3. 국토해양부, 「국가물류기술혁신 중장기 기본계획 수립(1권)」, 2008, p.19를 참조하여 일부 수정

2. 기술 분류체계

일반적으로 기술 분류의 목적은 개발할 기술별로 향후 기술개발, 사용의 주체를 손쉽게 결정하고 정책적으로는 담당파트, 예산배분, 추진 우선순위 등을 결정하는데 참고하기 위함이다. 즉, 미래 우리 산업발전의 근간이 될 국가전략

적 차원의 기술, 기업을 주관으로 개발할 시장 수요적 기술, 학계 또는 연구소를 주관으로 개발할 공공적 기술, 현장의 애로를 해결하기 위한 문제해결적 기술 등 추진 주체가 달라질 수 있다.

또한 다양한 기술 중 해당시기의 주요 정책 또는 전략적 목표에 따라 선택, 집중적으로 개발되는 기술이 달라질 수 있기 때문에 기술의 분류는 매우 중요하다 할 수 있다.

최근 국가 R&D사업의 경우 기업이 자체적으로 투자해 개발 가능한 기술보다 공공성이 강하고 미래를 선도할 수 있는 기술개발에 정부의 투자 비중을 높이는 추세에 있다. 또한 친환경성 확보를 위한 기술 등은 온실가스목표관리제, 탄소배출권거래제 등 현재 정부의 기후변화 정책에 대응되는 기술에 해당된다고 할 수 있다.

일반적으로 기술의 분류체계는 <표 5-3>과 같이 기술개발 대상에 따른 범위의 포괄성, 기술 분류 상호 간의 배타성, 대/중/소분류 간 속성의 유사성과 보편적인 분류체계를 가져야 하는 것으로 제시하고 있다.

〈표 5-3〉 기술 분류 원칙

구분	내용
포괄성	국내에서 수행되고 있거나 향후 추진될 것으로 예측되는 전 분야를 포함
배타성	같은 분류계층의 항목들은 서로 최대한 독립적이고 구별이 가능
유사성	같은 모(母)분류계층을 갖는 자(子)분류항목들 사이에는 속성이 유사
규모성	유사한 분야의 기술이라 하더라도 연구인력, 투자 등 규모가 상당히 큰 분야는 가급적 독립된 분야로 취급
보편성	누구나 분류체계를 쉽게 이해하고 수긍하여 활용이 가능

자료 : 교육과학기술부, 「국과과학기술표준분류체계('08년 재편) 범부처 활용체계 구축」, 2010.

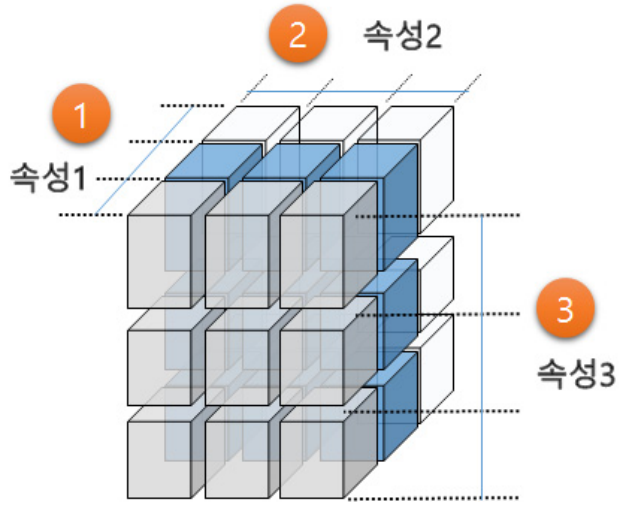
1) 다차원 분류

다원형 분류체계의 등장으로 항목 간 연계 개념이 중요하게 부각됨에 따라 원리나 연구 분야는 적용 분야와 연계되며, 연구 분야 상호 간 연계도 동시에

고려할 수 있다.

국토해양부(2008)[166]에서는 큐빅모형의 분류체계를 이용한 삼차원 분류체계를 구상, 제시하였다. 이를 일반화하여 표현하면 <그림 4-3>과 같이 표현될 수 있다. 동 분류구조에서는 3차원 분류체계를 구상하였으며 X, Y, Z축은 각 목적에 적합한 속성을 배치토록 한다.

〈그림 5-2〉 다차원 기술 분류 구조



자료 : 국토해양부,「국가물류기술혁신 중장기 기본계획 수립(1권)」, 2008. p88

분류의 원칙에서 가장 중요한 점은 X, Y, Z 축의 각 속성들은 상호배타적이어야 하며 세 축의 합은 해당 기술 분야의 모든 기술들을 포괄하고 있어야 한다는 점이다.

2) FAST(Function Analysis System Technique)[167] 에 의한 기술 분류

국토해양부, 한국해양과학기술진흥원(2011)에서는 FAST 기법을 '목표로 하는 기능을 계층적 접근을 통해 모형화하는 방법을 의미하며 기능 간의

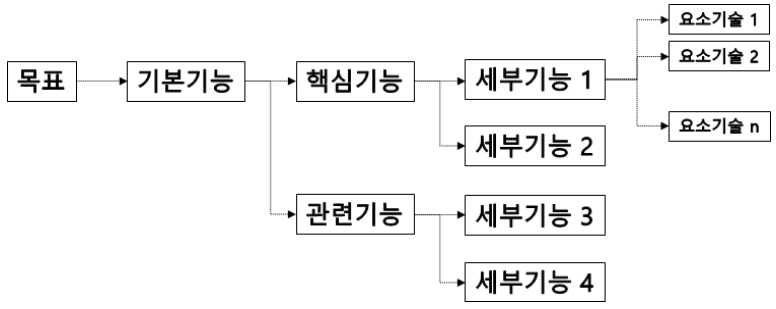
166) 국토해양부, 「국가물류기술혁신 중장기 기본계획 수립(1권)」, 2008.

167) FAST기법은 1964년 Mr. Charles W. Bytheway에 의해 개발되었으며 기능분석을 통한 상하위 기능 간의 상관관계를 파악할 수 있는 기법으로 다양한 분야에서 사용되고 있음.

연계구조 파악을 목적으로 한다'라고 제시하였다.[168]

FAST기법은 개발대상에 대한 수요분석을 통해 개발해야 할 기술의 필요기능 도출, 각 기능을 달성하기 위해 요구되는 세부적인 요소기술 발굴 순으로 연구를 전개한다.

〈그림 5-3〉 FAST에 따른 요소기술 도출 개념도



자료 : 국토해양부, 한국해양과학기술진흥원, 「해양과학기술 연구개발사업, 연구기획방법론」, 2011, p.41.

제2절 벌크항만 기술 분류모형

1. 벌크항만 기술개발 전략

벌크항만에 대한 연구는 기존 컨테이너항만 연구에 비해 매우 미진한 상황이었을 뿐만 아니라 벌크항만 기술에 대해서는 더더욱 연구된 바가 없는 상황이다. 따라서 본 연구에서는 벌크항만을 둘러싼 물류환경을 기반으로 물류현장의 애로해결, 국가정책적인 방향과 부합되는 벌크항만 기술개발 과제를 종합적으로 정리, 도출해보고자 한다.

따라서 본 연구의 벌크항만 미래 기술개발 전략은 R&D 프로세스의 총4단계 중 첫 번째에 해당되는 기술개발 전략계획 수립 단계이다. 따라서 동 단계에서

168) 국토해양부, 한국해양과학기술진흥원, 「해양과학기술 연구개발사업, 연구기획방법론」, 2011, p.40.

는 글로벌 메가트렌드 및 벌크시장 변화와 전망, 현 벌크항만의 운영 및 기술적 문제 분석, 기술적 이슈와 토픽 분석을 통해 미래의 기술개발 과제를 발굴하고자 하는 것이다.

기술개발 과제발굴을 위해서는 기술적용 대상, 개발목적, 활용방안 등 기술개발 전략을 먼저 설정하고 그에 따른 기술의 분류체계를 확립하는 과정을 우선적으로 고려하여야 한다.

벌크항만은 국가의 경제를 좌우하는 국가기간시설로서 민간과 국가가 동시 운영을 수행하기 때문에 효율성 저하, 작업 중단 등의 사태가 발생되면 국가경제는 막대한 타격을 받게 된다. 또한 국내의 첨단시설들은 대부분 해외의 기술, 시설들을 수입에 의존하여 설치, 건설되기 때문에 시설의 구입, 유지보수 등에 많은 비용이 소요된다. 이와 더불어 항만 노동인력들은 철재, 고철 등 작업의 위험과 오염에 노출되어 있다. 또한 벌크부두의 대부분은 민간이 운영하기 때문에 생산성과 효율성 저하는 기업경영의 위협으로 다가올 수 있다. 이와 같은 예견되는 문제들을 기반으로 기술개발 전략을 수립해 볼 수 있다.

2. 벌크항만 기술 분류모형

1) 벌크항만 기술 분류 구성 요건

벌크항만 기술을 분류하기 위한 구성 요건을 살펴보면 첫째, 벌크항만 기술을 어떤 종류의 항만에 적용할 것인지에 대한 벌크항만 기술 적용대상이 분류 구성 요소에 해당된다. 벌크항만 적용대상은 많은 벌크부두들이 존재하나 벌크화물 취급물량이 많고 어느 정도의 물류시스템을 가진 석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목부두를 대상으로 하였다.

둘째, 현 항만을 비롯한 물류거점에서 물류시설, 장비, 소프트웨어 등 많은 기술들이 하역, 보관, 운송, 포장 등 각 물류기능별로 활발히 연구개발, 생산과 판매가 이루어지고 있다. 따라서 두 번째로 벌크항만의 물류기능을 분류 구성요소로 추가하였다.

셋째, 기술개발은 개발목적과 활용방안 수립이 필수적으로 동반되어야 한다.

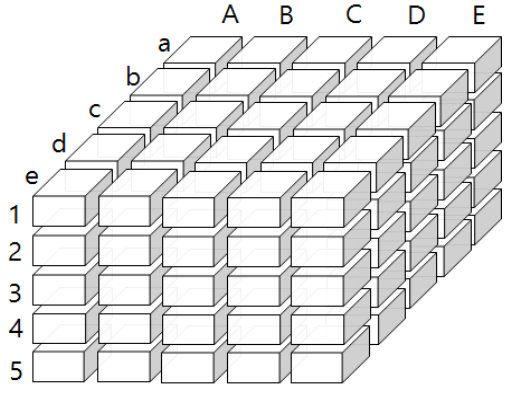
즉 기술개발을 통해 항만의 생산성을 증가, 해외수출 확대나 국산화 추진, 미래의 선행적 기술개발을 통한 시장 선점 등 개발의 전략이 필요하다. 따라서 세 번째 벌크항만 기술 분류 구성요소로 '벌크항만 기술개발 목적 및 활용에 따른 분류'를 선정하였다.

2) 벌크항만 기술 분류모형

동 연구에서는 벌크항만의 기술개발 전략과 분류 구성요건을 고려하여 벌크항만 기술 분류를 위한 모형을 3차원 분류모형으로 선정하였다.

벌크항만의 속성을 정의할 때 1절 <표 5-3>의 기술 분류원칙에 따라서 포괄성과 배타성을 최대한 반영하였으며 향후 발굴될 대부분의 기술이 본 분류체계 내에 포함될 수 있도록 하였다.

〈그림 5-4〉 벌크항만 기술 분류구조



벌크항만 기술 3차원 분류구조를 살펴보면 X축은 본 연구의 대상인 벌크전용부두의 종류 속성을 부여하였고, Z축은 각 부두별 물류 및 운영기능에 대한 속성을 나타낸다. Y축은 기술개발의 목적 또는 활용방안에 대한 속성으로 설정했다.

동 기술 분류 구조를 통해 벌크항만과 관련된 기술은 최소 216가지로 구분될 수 있다.

X축은 벌크항만 기술의 적용대상에 대한 속성으로서 석탄, 양곡, 철재, 고철, 원목부두 등 총 5곳의 전용부두를 기술개발 대상으로 하고 있다.

〈표 5-4〉 벌크항만 기술 적용대상에 따른 분류(X축)

구분	속성	비고
A	석탄부두	
B	양곡부두	
C	철재부두	
D	고철부두	
E	원목부두	

Z축은 벌크항만의 기능에 따른 속성으로서 컨테이너 또는 벌크 등 화물을 취급하는 물류거점에서 기본적인 기능을 기준으로 분류체계를 설정했다. 항만, 항만배후단지, ICD, IFT 및 철도 CY 등 물류거점에서의 기본적인 물류기능은 하역, 거점 내 이송, 보관, 포장 및 운영/관리기능을 가지고 있다.

현재 항만 또는 물류거점에서는 장비, 시설, 장치, 부품의 HW적 기술과 관리·통제, 진단, 모니터링의 운영 SW기술 등 각 기능별 제품들이 개발, 판매되고 있다. 이와 더불어 TOS(Terminal Operating System), 통신, AMP(Alternative Maritime Power Supply) 등 터미널의 전반적인 기능을 포함하고 있는 경우도 있다.

벌크항만의 기능에 따른 각 속성별 정의를 종합하면 각 물류처리단계에서의 기능을 원활히, 효율적으로 수행하기 위해 시설, 장비 및 SW의 개발 및 운용에 관련된 제반기술로 종합할 수 있다. 각 기능별 세부적인 사항은 <표 5-5>와 같이 설명될 수 있다.

〈표 5-5〉 벌크항만 물류기능에 따른 분류(Z축)

구분	속성	정의
a	하역기술	벌크부두 관련화물을 싣고, 내리고, 쌓고, 꺼내는 물류 활동을 위한 시설, 장비의 개발에 관련된 기술
b	이송기술	벌크부두 관련화물의 이동을 위한 시설 및 장비의 개발에 관련된 기술
c	보관기술	벌크부두 관련화물의 보관을 위한 시설 및 장비의 개발에 관련된 기술
d	포장기술	벌크부두 관련화물의 상태유지 및 효율적 취급을 위한 장비 및 용기, 방법에 관련된 기술
e	계획/운영/관리 기술	벌크부두 관련 물류시스템 전반의 분석 및 계획, 절차, 관리 등 시스템 평가·운영·통제에 관련된 기술

자료 : 한국해양수산개발원, 「미래물류기술로드맵수립(Ⅰ)」, 2011. p587을 인용하여 일부수정

Y축은 벌크항만 기술의 개발목적과 활용에 따른 분류이다. 세부적으로는 관련 기술개발을 통해 부두생산성 향상, 친환경성 확보, 보안성 강화, 작업자 안전성 확보, 경제적 운영성 확보 등을 목적으로 기술개발을 수행할 수 있으며 향후 각 분류별 목적에 적합하게 활용이 가능하다.

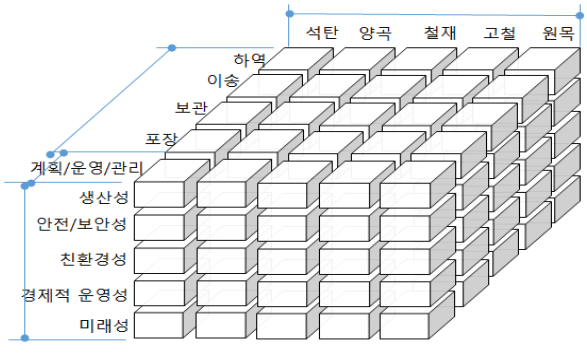
〈표 5-6〉 벌크항만 기술개발 목적 및 활용에 따른 분류(Y축)

구분	속성	정의
1	생산성	벌크항만의 물류비 절감을 위한 물류효율성 향상 기술
2	안전/보안성	벌크항만을 기반으로 근무하는 작업자 건강, 작업편의 관련 기술 및 항만 내 테러, 침입 등 보안에 관련 기술
3	친환경성	벌크항만의 탄소저감, 온실가스 감축, 신재생 에너지 등 기후변화 대응 관련 기술
4	경제적 운영성	국가 또는 기업이 운영하는 벌크항만의 운영비 절감이 가능한 기술
6	미래(선도)성	벌크항만 관련 미래를 대비한 선도적, 혁신적 기술

이와 같이 X축을 벌크항만의 종류, Z축을 벌크항만에서 활동가능한 모든 물류 기능들, Y축을 국내외 문헌/현장조사, 수요 및 개발자 요구, 메가트렌드 등을 반영한 벌크항만 기술개발 목적과 방향성으로 분류하였다. 따라서 벌크항만에서 도출될 수 있는 모든 미래기술들이 본 분류체계 범위에서 벗어나지 못하도록 하는 포괄성을 갖도록 하였다.

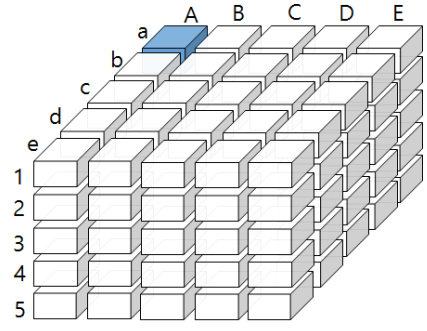
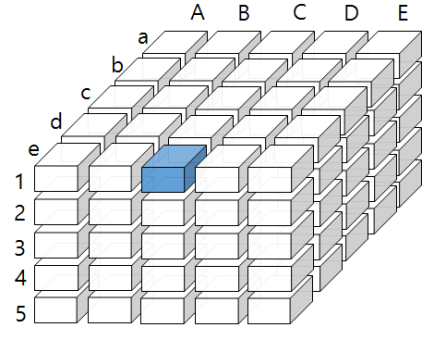
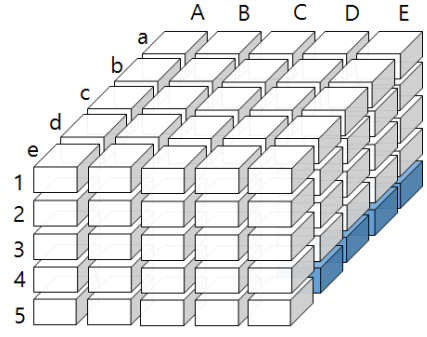
본 분류체계를 종합하면 <그림 5-5>와 같이 나타낼 수 있다.

〈그림 5-5〉 벌크항만 기술 분류



<그림 5-6>을 자세히 설명해 보면 2번 분류코드에 속하는 기술은 철재부두에서 생산성 향상을 목적으로 물류시스템 전반을 계획·평가하기 위한 것에 속하는 기술을 의미한다. 예를 들어 동 기술에는 「철재부두 물류시스템의 운영전략 평가 기술」 또는 「고생산성 차세대 철재부두 하역시스템 개발기술」 등이 발굴될 수 있다.

〈그림 5-6〉 벌크항만 기술 분류 맵(예시)

1. 분류코드	
A-a-1 (석탄부두-하역-생산성)기술	
2. 분류코드	
C-e-1 (철재부두-계획-생산성)기술	
3. 분류코드	
E-(a,b,c,d)-1 (원목부두-하역·이송·보관·포장-미래)기술	

3. 벌크항만 기술 후보군 기술 분류

1) 3차원 분류모형에 따른 기술 분류

3차원 분류모형에 따라 기술 분류를 수행한 결과 기술수요조사에서 제시된 기술들의 개발목적과 기술의 기능분류는 용이하다. 그러나 각 기술의 기술개발 목표와 어떤 기술을 어디에 적용할 것인지에 대한 구체성이 결여되는 것으로 나타났다. 또한 각 요소기술들 간의 수준조정, 기술명 및 기술내용 변경이 어려운 것으로 나타났다.

〈표 5-7〉 3차원 분류모형별 기술후보군 기술 분류

X	Z	Y	요소기술	비고
석탄 (양곡/ 철재/ 고철/ 원목)	생산성	하역	장비 소형화 기술 장비 효율화 기술 장비 생산성 개선 기술 장비 상하역작업 안정화 기술 화물작업 손상방지 기술 전전후 부두 건설 기술 물류시스템 효율화 설계기술 화물 자동 인식 및 제어 기술 자동 상하역 작업 기술	
		이송	장비 효율화 기술 장비 생산성 개선 기술 이송능력 향상 기술 전전후 부두 건설 기술 화물 자동 인식 및 제어 기술	
		보관	장비 효율화 기술 장비 생산성 개선 기술 장비 상하역작업 안정화 기술 전전후 부두 건설 기술 화물 자동 인식 및 제어 기술	
		포장		
		계획/운영/ 관리	터미널 생산성 평가 및 관리기술 통합 운영 및 관리 기술 원목 방역 및 출고 간소화 기술	

X	Z	Y	요소기술	비고
석탄 (양곡/ 철재/ 고철/ 원목)	친환경성	하역	하역장비 낙탄 방지 기술 하역작업 소음 방지 및 저감 기술 분진방지 기술	
		이송	이송장비 낙탄 방지 기술 이송작업 소음 방지 및 저감 기술 분진방지 기술	
		보관		
		포장		
		계획/운영/ 관리	설비 및 장비 에너지 효율화 시뮬레이션 예측 기술 오염물 정화 기술 분진발생 시 작업자 보호 기술	
	작업안전/ 보안성	하역	원목하역 시 낙하사고 방지 기술 안전작업도구, 안전선 이탈 방지 기술 적재화물 자동 고정 기술 하역장비 진동완화 기술 선박작업 보호 기술 화물 자동 인식 및 제어 기술 자동 상하역 작업 기술	
		이송	이송장비 진동완화 기술 화물 자동 인식 및 제어 기술	
		보관	화물 자동 인식 및 제어 기술	
		포장		
		계획/운영/ 관리	벌크 설비 및 장비 안전 검사 기술 가상 운영 시뮬레이터 기술작업자 자동인식 및 비상정지 기술 위험화물 실시간 모니터링 기술 설비 및 장비 안전 운영 및 훈련 기술 자동작업 감시 및 모니터링 기술	
	경제성	하역	안벽장비 수명연장 기술 하역장비/장치/부품 국산화 기술 자동 상하역 작업 기술	
		이송	컨베이어 수명연장 기술 이송장비/장치/부품 국산화 기술	
		보관	기타장비/시설물 수명연장 기술 보관장비/장치/부품/설비 국산화 기술	
		포장	기타 시설물 수명연장 기술	
		계획/운영/ 관리	기타 시설물 수명연장 기술 장비 원격 유지보수 기술 가상항만 건설 시뮬레이터 기술	

2) FAST(Function Analysis System Technique)에 따른 기술 분류

동 연구에서는 기술수요조사에서 발굴된 기술들에 대한 환경변화, 현장 및 개발 문제점, 요구사항 등을 조사하였다.

이를 기반으로 FAST에서 제시하고 있는 각 기능(기본 및 하위기능)의 분석을 통해 요소기술 추가 발굴, 조사된 기술의 상호기술 수준분석, 기술명 및 기술내용을 수정하고 이에 적합한 기술 분류체계를 수립하는데 활용하였다.

〈표 5-8〉 본연구의 FAST 기법을 응용한 기술 분류 목적

구분	특징	비고
1	요소기술의 추가 발굴	
2	기존 발굴 요소기술의 수준 조정	
3	요소기술명 및 기술내용 조정	

FAST 기능전개 및 기술 분류를 위해 미래형 벌크항만, 고생산성 벌크항만, 안전항 벌크항만, 친환경 벌크항만, 경제적 벌크항만 등 5가지의 기술개발 목표를 수립하였다. 이와 같은 목표를 달성하기 위해 기본적 기능과 1,2,3차에 이르는 하위기능들을 정의하였다.

각 하위기능 중 가장 하위단의 3차 기능을 기반으로 기존 수요조사된 기술들을 맵핑하였고, 3차 기능과 관련된 새로운 기술들을 2차 기획위원회를 통해 추가 발굴하였다.

또한 하위기능들과의 적합도를 높이기 위해 요소기술명과 각 기술정의, 세부기술들을 수정, 보완하였다.

FAST에 따른 기술 분류를 수행한 결과 목표 5가지, 기본기능 5가지, 1차 기능 9가지, 2차 기능 14가지, 3차 기능 26가지로 도출되었으며 이에 따른 요소기술은 총57가지가 최종 발굴되었다.

〈표 5-9〉 기술후보군의 목표 및 기능 및 요소기술

구분	개수	비고
목표	5	
기본기능	5	
1차 기능	9	
2차 기능	14	
3차 기능	26	
요소기술	57	

〈표 5-9〉 FAST에 따른 기술 분류1 (신개념 벌크항만)

목표	기본기능	1차 기능	2차 기능	3차 기능	요소기술
미래형 벌크항만	환경 변화 대응항만이 건설되어야 한다	친환경, 고생산, 자동화 벌크항만을 건설한다	다양한 첨단 터미널 컨셉을 개발한다	품목별 터미널 생산성 및 경제성 평가를 수행한다	석탄 터미널 계획 시뮬레이션 기술
					석탄 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술
					양곡 터미널 계획 시뮬레이션 기술
					양곡 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술
					철재 터미널 계획 시뮬레이션 기술
					철재 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술
					원목 터미널 계획 시뮬레이션 기술
					원목 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

〈표 5-10〉 FAST에 따른 기술 분류2 (고생산성 벌크항만)

목표	기본기능	1차 기능	2차 기능	3차 기능	요소기술
고생산성 벌크항만	처리능력이 향상되어야 한다	새로운 고생산성 물류시스템을 개발한다	고생산성 장비 및 설비를 개발한다	고생산성 신개념 장치 및 부품을 개발한다	BTC 장비 소형화/고생산성 기술(철재)
					복수 코일 동시 상하역 조구개발 기술(철재)
					고기능 선재 마그넷 하역 기술(철재)
				고생산성 신개념 구조물을 개발한다	고단적 팔레트 적재기술(철재)
					에이프런 및 야드적재 향상 기술(원목)
				기상에 무관하게 작업이 가능해야 한다	대형 전전후 부두 개발 기술(철재)
					우천 시 하역 지원기술(철재)
			최적화된 운영시스템(TOS)을 개발한다	새로운 운영시스템을 구축한다	화물 상하역 계측 및 모니터링 기술(원목)
					하역 및 운영정보 DB구축 기술

목표	기본기능	1차 기능	2차 기능	3차 기능	요소기술
					자원계획/할당 등 최적 운영 기술
		기존 물류시스템 생산성을 개선한다	기존 장비의 생산성을 향상한다	선내(안벽)하역장비의 생산성을 개선한다	휠로더 & 포크레인 복합 하역기술(석탄, 원료, 양곡)
					버켓 & 잔탄정리 복합하역기술(석탄, 원료, 양곡)
					예각 handling 지게차arm 개발(철재)
					하카작업 단순화 기술(철재)
					마그넷 하역 안정화 기술(철재)
					그랩사용 원목 하역 시 파손 방지 기술(원목)
				계량/측량 장비의 정확성을 향상시킨다	Belt Scale 측정 정확도 향상 기술(석탄, 원료, 양곡)
			기존운영시스템 생산성을 개선한다	물류시스템 변화에 대응하여 기존 운영시스템을 개선한다	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템
		작업자 숙련도를 향상시킨다	작업 생산성 개선 교육 프로그램을 개발한다	작업자의 생산성 향상을 위한 훈련소프트웨어를 개발한다	품목별 작업훈련 시뮬레이터 기술
					3D 가상 안전 작업 환경 시뮬레이터 기술

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

〈표 5-11〉 FAST에 따른 기술 분류3 (안전한 벌크항만)

목표	기본기능	1차 기능	2차 기능	3차 기능	요소기술
안전한 벌크 항만	작업 사고율이 저감되어야 한다	새로운 안전 시스템을 개발 한다	안전도 향상 장비 및 장구를 개발한다	벌크 설비 및 장비 안전 검사/진단을 수행한다	센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술
					드론기반 장비원격 검사 기술
					CSU 파손감지 및 자동 정지 기술(석탄,양곡)
					하역장비 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술
				화물 낙하사고 방지 기술을 확보한다	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술(철재)
					센서기반 원목 안정(최적)그랩 기술(원목)
				터미널 안전도 평가 및 관리 기술을 확보한다	가상 안전평가 시뮬레이터 기술
				작업자 안전실수 방지/최소화한다	안전작업도구(안전모등)개발 기술
				장비 간 충돌을 방지한다	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술
		기존 안전 시스템을 개선 한다	안전 장비 및 장구를 개선한다	하역작업 시 진동발생을 방지한다	장비 원격조정 기능 강화기술(석탄, 양곡)
				선창/밀폐공간 작업 시 안전사고를 예방한다	간편 가스방지 마스크 개발기술(석탄, 원목, 양곡)
					작업자 휴대 가스 모니터링 시스템 기술
					밀폐 공간 가스제거 시스템 기술(석탄, 원목, 양곡)

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

〈표 5-12〉 FAST에 따른 기술분류4 (친환경 벌크항만)

목표	기본기능	1차 기능	2차 기능	3차 기능	요소기술
친환경 벌크 항만	환경오염이 감소되어야 한다	새로운 친환경시스템을 개발한다	친환경 장비 및 설비를 개발한다	새로운 친환경 시설, 장비, 장치 및 부품을 개발한다	야드(석탄, 원료)밀폐시설 국산화/대형화 기술
		기존 친환경시스템을 개선한다	친환경 장비 및 설비를 개선한다	하역작업 시 분진발생을 방지한다	산화물(석탄, 원료, 양곡, 낙피, 바이오) 분진방지기술
				하역작업 시 소음을 저감한다	

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계 학술대회

〈표 5-13〉 FAST에 따른 기술분류5 (경제적 벌크항만)

목표	기본기능	1차 기능	2차 기능	3차 기능	요소기술
경제적 벌크 항만	운영비가 절감되어야 한다	새로운 저비용/고효율 물류시스템을 개발한다	무인 장비 및 설비를 설계/제작한다	고생산성 신개념 장치 및 부품을 개발한다	BTC 장비 소형화/고생산성 기술(철재)
					복수 코일 동시 상하역 조구개발 기술(철재)
					고기능 선재 마그넷 하역 기술(철재)
				고생산성 신개념 구조물을 개발한다	고단적 팔레트 적재기술(철재)
					에이프런 및 야드적재 향상 기술(원목)
				기상에 무관하게 작업이 가능해야한다	대형 전전후 부두 개발 기술(철재)
					우천 시 하역 지원기술(철재)
			이동 가능한 장비	간편하고 경제적인	이동식(셔틀형) 접이식 쉽로더 컨베이어 기술

목표	기본기능	1차 기능	2차 기능	3차 기능	요소기술
			및 설비를 개발한다	장비와 설비를 개발한다	이동식(셔틀형) 접이식 트럭 언로더 기술
				간편하고 경제적인 장치와 부품을 개발한다	모듈화 로딩 슈트 기술
			시설, 장비, 장치의 동력비를 절감한다	효율적인 동력원으로 전환한다	태양광 에너지 동력공급기술
			지능형 운영시스템(TOS)을 개발한다	새로운 운영시스템을 구축한다	화물 상하역 계측 및 모니터링 기술(원목)
					하역 및 운영정보 DB구축 기술
					자원계획/할당 등 최적 운영 기술
			고부가가치 업무를 지원한다	단순작업에서 첨단직무로 전환한다	첨단장비 운영 및 유지보수 전문가시스템
		기존 물류시스템을 개선한다	시설, 장비, 장치, 부품을 국산화한다	시설을 국산화한다	
				장비를 국산화한다	크롤러 크레인 국산화 기술
				장치 및 부품을 국산화 한다	디지털 드라이브 시스템 국산화 기술
					유압시스템 국산화 기술
			장비의 파손 및 고장을 최소화한다	장비 내구성을 강화한다	버켓 재질강화 기술(석탄, 양곡, 원목)
					버켓 구조개선 기술(석탄, 양곡, 원목)

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

제6장 벌크항만 개발기술 선정 및 개발로드맵(Technology Roadmap) 작성

본 장에서는 4~5장에서 도출 및 분류된 기술을 기반으로 벌크항만 운영 및 개발관련 현장 전문가를 대상으로 한 전문가 자문을 거쳐 향후 기술개발 및 사업추진이 필요한 기술을 선정한다. 선정된 기술에 대해서 각 기술별 기술개요서를 작성하고 국내 주요 벌크항만 운영사 및 현장 전문가를 대상으로 서면자문을 통해 우선순위를 결정한다. 마지막으로 선정된 기술트리를 작성하고, 개발일정 및 기간을 고려한 기술개발 로드맵을 작성한 후 추진체계를 수립한다.

제1절 국내 미래 벌크항만 기술 분석 및 선정

1. 벌크항만 기술 선정 절차

본 절에서는 현장조사 및 전문가 인터뷰를 통해 도출된 기술 중 실제 향후 기술개발을 추진할 필요성이 높은 기술을 선정한다. 전문가 자문회의를 거쳐 5장에서 FAST 기법에 따라 분류 및 정리된 벌크기술들을 대상으로 중복성 및 기술적 현실성 등을 검토하고 기술별 수준을 맞춰 최종 개발후보기술을 정리 및 정의한다.

개발후보기술 정의 후에는 해당기술을 선정하기 위한 기준이 되는 평가기준을 정의한다. 기술선정 평가기준은 크게 두 가지로 구분된다. 먼저 가장 우선적으로 고려되어야 하는 기준은 해당 기술이 실제 현장에서 정말 필요한지 여부이다. 이와 동시에 해당 기술의 잠재적 기술성, 시장성, 경제성, 파급성 등 기술의 개발여건을 고려한다.

해당 평가기준을 기반으로 품목별 현장 전문가 및 장비개발 전문가를 대상으로 자문회의 및 평가를 실시하여 개발기술을 선정한다.

2. 개발후보기술 정의

개발후보기술은 전술하였듯이 현장 및 문헌조사를 통해 도출되어 분류된 기술을 대상으로 2차례에 걸친 전문가 자문회의를 통해 정리하였다. 현장 전문가로는 철재, 원목, 석탄/원료, 양곡 등 각 품목별 주요 운영사의 현장 담당자들이 참여하였으며 동시에 현재 국내에서 벌크항만 하역장비를 개발하고 있는 기업의 기술담당자, 운영시스템 개발 전문가, 항만장비의 검사 및 점검을 담당하는 검사업체 전문가 역시 자문자로 참여하였다.

자문회의를 통해 각 기술의 필요성, 중복성 및 유효성, 기술적 구체성 등을 고려하여 필요성이 낮은 기술이나 기술적으로 구체적 구현이 어려운 기술은 제거되었고, 중복되는 기술은 통합하였으며, 누락된 기술을 추가되었다. 또한 기술의 분류도 재조정하였다. 이렇게 정리된 개발후보기술은 크게 신개념 벌크항만, 고생산성 벌크항만, 안전한 벌크항만, 깨끗한 벌크항만, 경제적인 벌크항만, 일하고 싶은 벌크항만 등 6개 분야 57개 기술이다.

〈표 6-1〉 미래형 벌크항만 개발후보기술

번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)
1	신개념 벌크항만	1	석탄 터미널 계획 시뮬레이션 기술
		2	석탄 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술
		3	양곡 터미널 계획 시뮬레이션 기술
		4	양곡 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술
		5	원목 터미널 계획 시뮬레이션 기술
		6	원목 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술
		7	철재 터미널 계획 시뮬레이션 기술
		8	철재 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술
2	고생산성 벌크항만	9	복수 코일 동시 상하역 조구개발 기술(철제품)
		10	고기능 선재 마그넷 하역 기술(철재)
		11	대형 전전후 부두 개발 기술(철재)
		12	우천 시 하역 지원기술(철재)

번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)
		13	고단적 적재기술(철제품) (대형 화물적재 상태 pallet 적치용)
		14	야드 및 Apron 적재생산성 향상 기술(원목제품)
		15	화물 상하역 계측 및 모니터링 기술
		16	하역 및 운영정보 DB구축 기술
		17	자원계획/할당 등 최적 운영 기술
		18	훨로더 & 포크레인 복합 하역기술 (석탄, 원료, 양곡)
		19	버켓 & 잔탄정리 복합 하역기술(석탄, 원료, 양곡)
		20	예각 handling 지게차arm 개발(철재)
		21	하카작업 단순화 기술(철재)
		22	마그넷 하역 안정화 기술
		23	그랩사용 원목 하역 시 파손 방지 기술(원목)
		24	Belt Scale 측정 정확도 향상 기술(석탄, 원료, 양곡)
		25	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템
		26	품목별 작업훈련 시뮬레이터 기술 ->하역장비 훈련용 시뮬레이터
		27	3D 가상 안전작업환경 시뮬레이터 기술 ->VR기반의 체감형 안전훈련 시뮬레이터
3	안전한 벌크항만	28	센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술
		29	드론기반 장비원격 검사 기술
		30	CSU 파손감지 및 자동 정지 기술
		31	ST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술
		32	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술
		33	가상 안전평가 시뮬레이터 기술
		34	안전작업도구(안전모등)
		35	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술
		36	선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌방지 장치
		37	장비 원격조정 기능 강화기술(석탄, 양곡)
		38	간편 가스방지 마스크 개발
		39	작업자 휴대 가스 모니터링 시스템
		40	밀폐 공간 가스제거 시스템 기술
4	깨끗한 벌크항만	41	야드(석탄, 원료)밀폐시설 국산화/대형화 기술

번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)
		42	산화물(석탄, 원료, 양곡, 낙피, 바이오) 분진방지기술
5	경제적인 벌크항만	43	드론 기반 작업 감시 및 모니터링 기술
		44	BTC 정밀제어 및 원격 조정 기술(철재)
		45	철재화물 자동 줄걸이/하카 기술
		46	자동 코일 리프터 기술 개선
		47	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술
		48	이동식(셔틀형) 접이식 쉽로더 컨베이어 기술
		49	이동식(셔틀형) 접이식 트럭 언로더 기술
		50	모듈화 로딩 슈트 기술
		51	태양광에너지 동력공급 기술
		52	크롤러 크레인 국산화 기술
		53	디지털 드라이브 시스템 국산화 기술
		54	유압장비 국산화
		55	버켓 재질강화 기술(석탄, 원료 등)
		56	버켓 구조개선 기술(석탄, 원료 등)
6	일하고 싶은 벌크항만	57	첨단장비 운영 및 유지보수 전문가시스템

3. 기술선정 평가기준 수립

정리된 개발후보기술을 평가하기 위한 기술선정기준 수립한다. 개발기술 선정에서 가장 중요한 부분은 현장에서 실제적인 기술의 수요, 즉 필요성이다. 현장에서 필요하지 않거나 다른 기술로 충분히 대체가 가능한 기술을 개발할 필요는 없다. 또한 현장수요가 낮은 기술은 동시에 시장성, 수익성 또한 떨어지는 것이 일반적이므로 필요성이 기술선정의 한 축을 이루는 것이 타당하다.

기술의 필요성과 함께 고려되어야 하는 평가기준은 기술개발의 여건이다. 기술의 필요성은 높으나 기술적으로 실현이 불가능 하거나, 시장이 너무 작거나 유사경쟁제품이 많은 경우, 혹은 기술개발을 위한 투자 대비 수익성이 낮으면 실제 기술개발을 추진하기에는 적합지 않다. 따라서 기술개발 여건 역시 필요성과 함께 동시에 고려되어야 한다.

1) 기술의 필요성

국내 항만현장에서 해당 기술의 필요성 및 기술 도입 시의 기대효과를 검토한다. 4장에서 도출된 기술은 현장 및 전문가 수요조사를 통해 도출된 기술들로 기본적인 기술의 필요성을 전제하고 있다. 그러나 현장에서 막연히 '있으면 좋겠다'와 해당 기술이 실제 개발되어 현장에 적용되었을 때 현장에 어떠한 개선효과를 가져올지는 다르다. 기술에 따라 단순히 조금 편해지거나 약간 개선되는 기술이 있는가 하면, 해당 기술의 적용으로 생산성이나 안전성이 매우 크게 개선되는 기술도 있을 수 있다. 또한 이론적 필요성은 높으나 현장상황에 따른 제약조건으로 실제 적용 시 큰 효과를 기대할 수 없는 기술도 있기 때문에 기술별로 그에 대한 전문가의 평가가 필요하다.

2) 기술개발 여건

(1) 기술적 실현 가능성

기술의 필요성/도입효과와 더불어 가장 필수적인 선정기준이다. 즉 해당 기술의 필요성이 높고 도입효과가 상당히 클지라도 기존의 기술로 해당기술이 실현될 가능성이 낮다면 개발을 추진할 필요가 없다. 따라서 장비 및 기술 전문가의 기술적 실현 가능성 검토가 필요하다.

(2) 시장성/경쟁력

개발되는 기술의 시장규모와 유사장비/기술 대비 경쟁력을 평가하는 기준이다. 개발업체에서 기술을 개발하기 위해서는 해당기술은 충분한 시장규모를 가져야 한다. 아무리 일부 현장에서 필요성이 높아도, 해당 현장자체가 적어 몇 대밖에 팔 수 없는 장비라면 큰 비용을 들여 개발할 수 없기 때문이다. 또한 현재는 충분한 규모의 시장이 존재하나 장래에는 사라질 가능성이 높다면 역시 해당 기술의 개발을 재고해 봐야 한다. 반대로 현재는 시장이 존재하지 않으나 기술 개발에 따라 완전히 새로운 시장을 창출할 수도 있다. 따라서 시장의 규모 및 장래성을 살펴보아야 하며, 개발된 기술이 해당 시장에서 어느 정도의 경쟁력을 확보할 수 있을지도 중요한 평가 요인이다.

(3) 수익성/경제성

기술이 제품화 되었을 때 기대할 수 있는 수익성 및 경제성을 평가한다. 충분한 시장이 확보되어 있더라도 상용화 시 충분한 수익을 거둬야 제품개발 및 사업화가 가능하게 때문이다. 또한 제품판매로 얻을 수 있는 수익보다 제품개발에 너무 많은 비용이 소요될 경우 실제 사업화가 어렵기 때문에 수익성 및 경제성을 평가해야 한다.

(4) 기술 확장성/파급성

기술개발 후 해당 기술이 항만하역 이외의 타 분야 또는 타 품목에 적용될 수 있는지를 평가한다. 약간의 기술변화 및 응용만으로 다양한 분야에 적용이 가능하다면 기술개발의 타당성은 더욱 높아진다. 예를 들어 항만 하역뿐만 아니라 내륙창고, 더 나아가서는 건설현장 등에도 적용이 가능하다면 해당 기술의 효용성은 아주 높다고 할 수 있다. 또한 기술의 적용으로 새로운 고용을 창출을 할 수 있거나, 아예 신규 사업을 추진할 수 있는 등 해당기술의 경제적, 사회적, 기술적 파급효과를 살펴볼 필요가 있다.

〈표 6-2〉 미래형 벌크항만 기술선정 기준

평가기준	세부기준
기술의 필요성	현장에서 기술의 필요성
기술개발 여건	기술적 실현 가능성
	시장성/경쟁력
	수익성/경제성
	기술 확장성/파급성

4. 기술평가 및 선정

상기 평가기준에 따라 57개 벌크항만 개발후보기술에 대해 총 7명의 전문가 평가를 수행하였다. 각 세부기준별로 1~5점을 부여토록 했으며 각각 필요한 정도나 가능성, 경제성 등이 아주 높으면 5점에 가깝게, 낮을수록 1점에 가깝게, 보통이라면 3점을 부여토록 하였다.

〈표 6-3〉 평가점수 지표

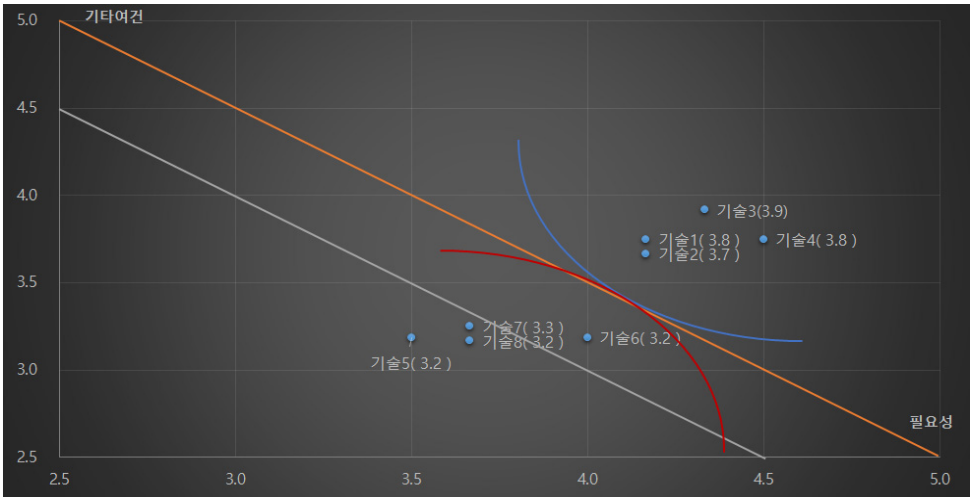
구분	기준								
점수	5	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
내용	매우 높다	상당히 높다	높다	약간 높다	보통 이다	약간 낮다	낮다	상당히 낮다	매우 낮다

총 7명의 점수를 기반으로 그래프의 X축은 필요성 평균으로, Y축은 개발 여건 점수 평균으로 하여 각 기술 분야별 점수분포 그래프를 그렸으며 분포에 따라 필요성 5.0(높다)과 기타여건 5.0을 연결한 선보다 높은 점수에 분포하는 기술을 개발기술로 선정하였다.

1) 신개념 벌크항만

신개념 벌크항만 분야의 후보기술은 총 8개이며 평가결과 이중 4개(석탄터미널 계획시뮬레이션 기술, 석탄터미널 최적운영시뮬레이션 기술, 양곡터미널 계획시뮬레이션 기술, 양곡터미널 최적운영시뮬레이션 기술)가 개발기술로 선정되었다.

〈그림 6-1〉 신개념 벌크항만 요소기술 평가점수 분포



자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

〈표 6-4〉 신개념 벌크항만 기술선정 결과

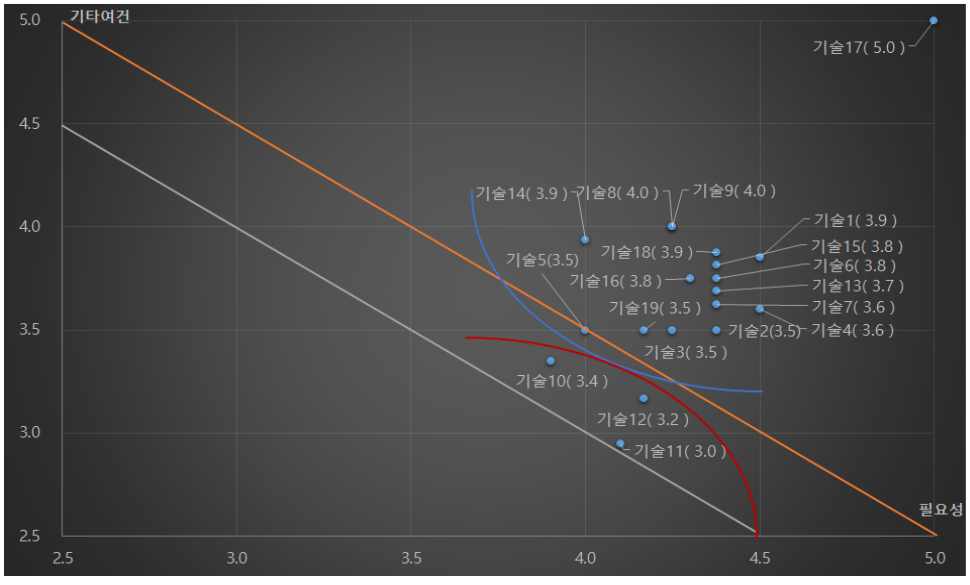
번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)	선정여부
1	신개념 벌크항만	1	석탄 터미널 계획 시뮬레이션 기술	O
		2	석탄 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	O
		3	양곡 터미널 계획 시뮬레이션 기술	O
		4	양곡 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	O
		5	원목 터미널 계획 시뮬레이션 기술	X
		6	원목 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	X
		7	철재 터미널 계획 시뮬레이션 기술	X
		8	철재 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	X

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

2) 고생산성 벌크항만

신개념 벌크항만 분야의 후보기술은 총 19개이며 평가결과 이중 3개(휠로더 & 포크레인 복합 하역기술, 버켓 & 잔탄정리 복합 하역기술, 예각 handling 지게차 arm 개발)를 제외한 16개 기술이 개발기술로 선정되었다.

〈그림 6-2〉 고생산성 벌크항만 요소기술 평가점수 분포



자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

〈표 6-5〉 고생산성 벌크항만 기술선정 결과

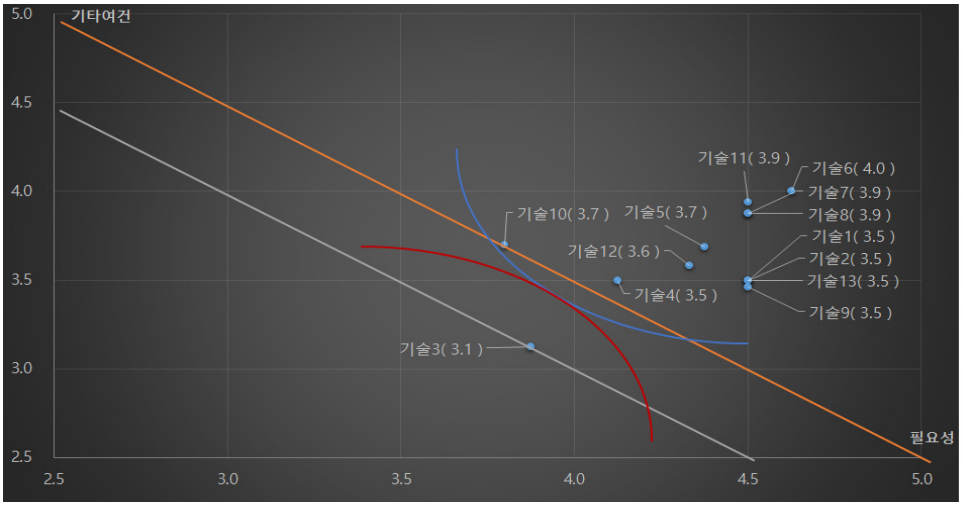
번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)	선정여부
2	고생산성 벌크항만	1	복수 코일 동시 상하역 조구개발 기술(철제품)	O
		2	고기능 선재 마그넷 하역 기술(철재)	O
		3	대형 전전후 부두 개발 기술(철재)	O
		4	우천 시 하역 지원기술(철재)	O
		5	고단적 적재기술(철제품) (대형 화물적재 상태 pallet 적치용)	O
		6	야드 및 Apron 적재생산성 향상 기술(원목제품)	O
		7	화물 상하역 계측 및 모니터링 기술	O
		8	하역 및 운영정보 DB구축 기술	O
		9	자원계획/할당 등 최적 운영 기술	O
		10	훨로더 & 포크레인 복합 하역기술 (석탄, 원료, 양곡)	X
		11	버켓 & 잔탄정리 복합 하역기술 (석탄, 원료, 양곡)	X
		12	예각 handling 지게차arm 개발(철재)	X
		13	하카작업 단순화 기술(철재)	O
		14	마그넷 하역 안정화 기술	O
		15	그랩사용 원목 하역 시 파손 방지 기술(원목)	O
		16	Belt Scale 측정 정확도 향상 기술 (석탄, 원료, 양곡)	O
		17	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템	O
		18	품목별 작업훈련 시뮬레이터 기술 ->하역장비 훈련용 시뮬레이터	O
		19	3D 가상 안전작업환경 시뮬레이터 기술 ->VR기반의 체감형 안전훈련 시뮬레이터	O

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

3) 안전한 벌크항만

안전한 벌크항만 분야의 후보기술은 총 13개이며 평가결과 이중 1개(CSU 파손감지 및 자동 정지 기술)를 제외한 12개 기술이 개발기술로 선정되었다.

〈그림 6-3〉 안전한 벌크항만 요소기술 평가점수 분포



자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

〈표 6-6〉 안전한 벌크항만 기술선정 결과

번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)	선정여부
3	안전한 벌크항만	1	센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술	O
		2	드론기반 장비원격 검사 기술	O
		3	CSU 파손감지 및 자동 정지 기술	X
		4	ST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술	O
		5	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술	O
		6	가상 안전평가 시뮬레이터 기술	O
		7	안전작업도구(안전모등)	O
		8	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술	O
		9	선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌방지 장치	O
		10	장비 원격조정 기능 강화기술(석탄, 양곡)	O

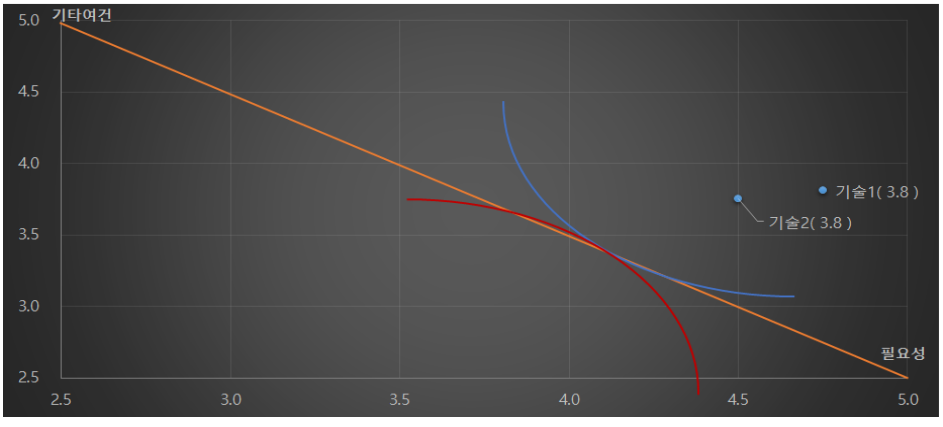
번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)	선정여부
		11	간편 가스방지 마스크 개발	O
		12	작업자 휴대 가스 모니터링 시스템	O
		13	밀폐공간 가스제거 시스템 기술	O

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

4) 깨끗한 벌크항만

깨끗한 벌크항만 분야의 후보기술은 총 2개이며 평가결과 2개 기술 모두 개발기술로 선정되었다.

〈그림 6-4〉 깨끗한 벌크항만 요소기술 평가점수 분포



자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

〈표 6-7〉 깨끗한 벌크항만 기술선정 결과

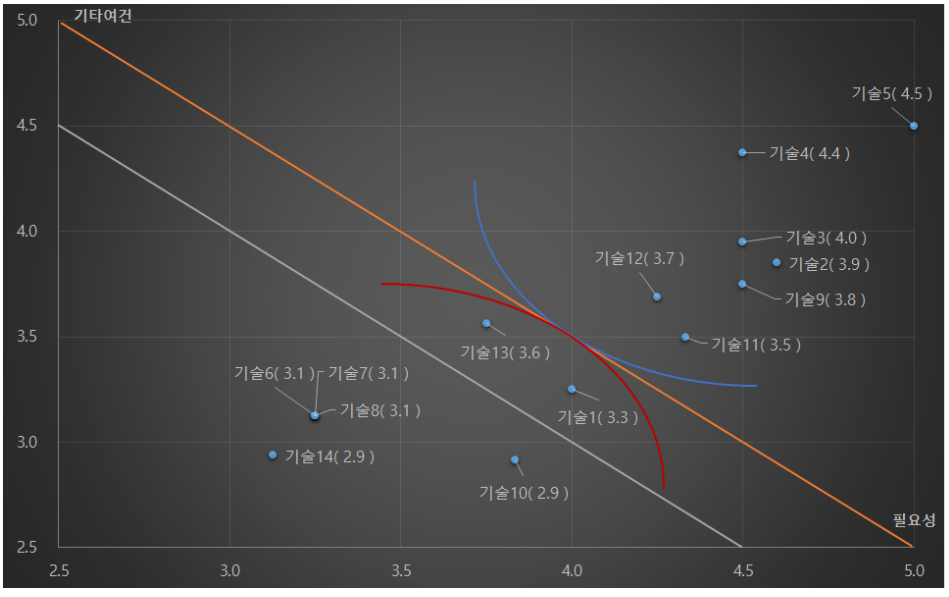
번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)	선정여부
4	깨끗한 벌크항만	1	야드(석탄, 원료)밀폐시설 국산화/대형화 기술	O
		2	산화물(석탄, 원료, 양곡, 낙피, 바이오) 분진방지기술	O

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

5) 경제적인 벌크항만

경제적인 벌크항만 분야의 후보기술은 총 14개이며 평가결과 이중 6개 기술(BTC 정밀제어 및 원격 조정 기술, 철재화물 자동 줄걸이/하카 기술, 자동 코일 리프터 기술 개선, IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술 등)이 개발기술로 선정되었다.

〈그림 6-5〉 경제적인 벌크항만 요소기술 평가점수 분포



자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

〈표 6-8〉 경제적인 벌크항만 기술선정 결과

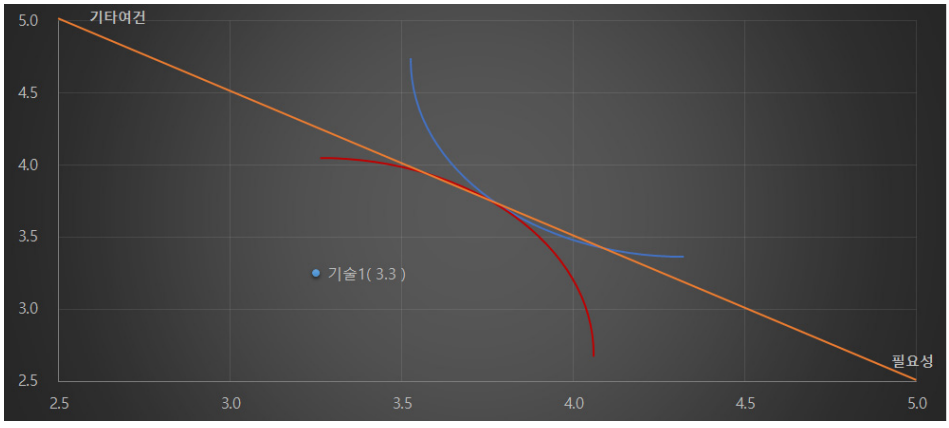
번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)	선정 여부
5	경제적인 벌크항만	1	드론 기반 작업 감시 및 모니터링 기술	X
		2	BTC 정밀제어 및 원격 조정 기술(철재)	O
		3	철재화물 자동 줄걸이/하카 기술	O
		4	자동 코일 리프터 기술 개선	O
		5	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술	O
		6	이동식(셔틀형) 접이식 쉽로더 컨베이어 기술	X
		7	이동식(셔틀형) 접이식 트럭 언로더 기술	X
		8	모듈화 로딩 슈트 기술	X
		9	태양광에너지 동력공급 기술	O
		10	크롤러 크레인 국산화 기술	X
		11	디지털 드라이브 시스템 국산화 기술	O
		12	유압장비 국산화	X
		13	버킷 재질강화 기술(석탄, 원료 등)	X
		14	버킷 구조개선 기술(석탄, 원료 등)	X

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

6) 일하고 싶은 벌크항만

일하고 싶은 벌크항만 분야의 후보기술은 총 1개이며 평가결과 선정된 기술은 없다.

〈그림 6-6〉 일하고 싶은 벌크항만 요소기술 평가점수 분포



자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

〈표 6-9〉 깨끗한 벌크항만 기술선정 결과

번호	기술분야	기술번호	요소기술(기술명)	선정여부
6	일하고 싶은 벌크항만	1	첨단장비 운영 및 유지보수 전문가시스템	X

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

5. 미래 벌크항만 기술 최종선정 종합

전문가 자문 및 평가, 연구진 보완 결과 총 40개의 벌크항만 기술이 선정되었으며, 일하고 싶은 벌크항만 분류는 기술이 모두 선정되지 못하여 분류가 소멸하였다. 필요성과 개발여건을 모두 고려한 종합점수에서는 IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템 기술이 가장 높은 점수를 받았고, IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술, 자동 코일 리프터 기술 개선 등이 뒤를 이었다. 그러나 해당 점수는 기술 간 상대평가를 위한 점수가 아닌 기술 각각의 필요성과 개발여건을 절대적으로 평가한 점수로 해당 점수 순으로 바로 개발 우선순위를 적용하기는 부적절하다. 따라서 보다 정확한 개발 우선순위를 파악하기 위해서는 보다 많은 현장 전문가를 대상으로 한 우선순위 평가요소별 가중치

분석 및 기술별 우선순위 평가를 수행할 필요가 있다.

〈표 6-10〉 미래형 벌크항만 개발기술

기술 분류	번호	요소기술(기술명)	필요성	개발여건	종합점수	우선순위
신개념 벌크항만	1	석탄 터미널 계획 시뮬레이션 기술	4.2	3.8	4.0	32
	2	석탄 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	4.2	3.7	3.9	35
	3	양곡 터미널 계획 시뮬레이션 기술	4.3	3.9	4.1	12
	4	양곡 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	4.5	3.8	4.1	13
고생산성 벌크항만	5	복수 코일 동시 상하역 조구개발 기술(철제품)	4.5	3.9	4.2	11
	6	고기능 선재 마그넷 하역 기술(철재)	4.4	3.5	3.9	34
	7	대형 전전후 부두 개발 기술(철재)	4.3	3.5	3.9	37
	8	우천 시 하역 지원기술(철재)	4.5	3.6	4.1	21
	9	고단적 적재기술(철제품) (대형 화물적재 상태 pallet 적치용)	4.0	3.5	3.8	40
	10	야드 및 Apron 적재생산성 향상 기술(원목제품)	4.4	3.8	4.1	19
	11	화물 상하역 계측 및 모니터링 기술	4.4	3.6	4.0	25
	12	하역 및 운영정보 DB구축 기술	4.3	4.0	4.1	14
	13	자원계획/할당 등 최적 운영 기술	4.3	4.0	4.1	15
	14	하카작업 단순화 기술(철재)	4.4	3.7	4.0	22
	15	마그넷 하역 안정화 기술	4.0	3.9	4.0	30
	16	그랩사용 원목 하역 시 파손 방지 기술(원목)	4.4	3.8	4.1	20
	17	Belt Scale 측정 정확도 향상 기술 (석탄, 원료, 양곡)	4.3	3.8	4.0	24
	18	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템	5.0	5.0	5.0	1
	19	품목별 작업훈련 시뮬레이터 기술 ->하역장비 훈련용 시뮬레이터	4.4	3.9	4.1	16
	20	3D 가상 안전작업환경 시뮬레이터 기술 ->VR 기반의 체감형 안전훈련 시뮬레이터	4.2	3.5	3.8	38
안전한 벌크항만	21	센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술	4.5	3.5	4.0	26
	22	드론기반 장비원격 검사 기술	4.5	3.5	4.0	27
	23	ST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시	4.1	3.5	3.8	39

기술 분류	번호	요소기술(기술명)	필요성	개발여건	종합점수	우선순위
		경고기술				
	24	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술	4.4	3.7	4.0	23
	25	가상 안전평가 시뮬레이터 기술	4.6	4.0	4.3	4
	26	안전작업도구(안전모등)	4.5	3.9	4.2	9
	27	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술	4.5	3.9	4.2	10
	28	선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌방지 장치	4.5	3.5	4.0	29
	29	장비 원격조정 기능 강화기술 (석탄, 양곡)	3.8	3.7	3.8	41
	30	간편 가스방지 마스크 개발	4.5	3.9	4.2	8
	31	작업자 휴대 가스 모니터링 시스템	4.3	3.6	4.0	33
	32	밀폐공간 가스제거 시스템 기술	4.5	3.5	4.0	28
깨끗한 벌크항만	33	야드(석탄, 원료)밀폐시설 국산화/대형화 기술	4.8	3.8	4.3	5
	34	산화물(석탄, 원료, 양곡, 낙피, 바이오) 분진방지기술	4.5	3.8	4.1	17
경제적인 벌크항만	35	BTC 정밀제어 및 원격 조정 기술(철재)	4.6	3.9	4.2	6
	36	철재화물 자동 줄걸이/하카 기술	4.5	4.0	4.2	7
	37	자동 코일 리프터 기술 개선	4.5	4.4	4.4	3
	38	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술	5.0	4.5	4.8	2
	39	태양광에너지 동력 공급 기술	4.5	3.8	4.1	18
	40	디지털 드라이브 시스템 국산화 기술	4.3	3.5	3.9	36

제2절 국내 미래 벌크항만 기술 개발 우선순위

1절에서는 개발후보기술을 대상으로 필요성과 개발여건을 기반으로 한 전문가 평가를 실시, 총 40개의 개발기술을 선정하였다. 이 중 '26. 안전작업도구' 기술은 '30. 간편 가스방지 마스크 개발' 과 중복되어 통합하여 기술 개발을 추진하는 것이 합당하다고 판단된다. 따라서 본 절에서는 총 39개 기술을 개발 우선순위를 도출하여 기술개발 트리 및 로드맵 작성이 활용한다.

1. 개발우선순위 선정절차 및 기준

개발우선순위를 선정하기 위해서 우선순위 평가요소를 정의하고 해당 요소별 가중치를 분석한다. 우선순위 평가요소는 기술선정기준과 유사하나 여기서는 필요성이 하나의 축이 아닌 단지 하나의 평가요소로의 역할을 수행한다. 이는 선정된 40개 기술은 이미 기본적 필요성은 확보되었다고 평가된 기술이기 때문에 여기서의 필요성은 상호 비교를 위한 필요성의 의미를 가지는 것이다. 벌크항만 기술 우선순위 평가요소를 정의하면 다음과 같다.

〈표 6-11〉 미래형 벌크항만 기술 우선순위 평가요소

평가요소	의미
필요성	항만현장에서 해당 기술이 필요한 정도
시급성	해당 기술의 시급성
기술적 실현가능성	해당 기술이 실제 기술적으로 구현이 가능한 정도
시장성	해당기술의 개발되었을 때 예상되는 시장규모의 크기
경제성	해당기술의 개발되었을 때 예상되는 개발 비용대비 발생 편익
기술 확장성	기술개발 이후 타 분야 등으로 기술확장 및 적용 가능성
파급성	기술개발로 인한 작업현장 및 기타 지역적, 국가적 파급효과

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

우선순위 평가요소의 가중치를 도출하기 위해서 계층분석방법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 활용한다. AHP는 다양한 평가요소를 고려하여 여러 대안을 평가하는 데 있어 널리 활용되는 분석방법으로 평가요소 간 쌍대비교를 통해 가중치를 추정한다[169].

AHP를 통한 평가요소를 도출한 후 각 기술별로 평가요소에 따른 절대평가를 실시한다. 절대평가는 1~5점 스케일로 수행한다. 마지막으로 도출된 평가요소별 가중치를 적용하여 각 기술별 점수를 환산, 개발 우선순위를 결정하게 된다.

169 신용광 외, 「계층분석과정(AHP)을 이용한 친환경농업정책 프로그램의 우선순위 결정」, 농촌경제 제28권, 제2호, pp.39~56, 2005.

2. 평가요소 가중치 추정

1) 서면자문 수행

총 7개의 평가요소별 가중치 추정을 위해 AHP를 적용하였다. AHP 방법론은 널리 알려져 있어 본 연구에서 따로 부연하지 않는다. AHP 분석을 위해서 먼저 현재 국내 벌크항만에 종사하고 있는 현장관계자 총 43명을 대상으로 서면조사를 실시하였다. 1:1로 구성된 벌크항만 미래기술 평가항목에 대한 상대적 중요도를 평가하기 위해서 쌍대비교 점수는 1~5점을 기준으로 하였다.

〈표 6-12〉 미래형 벌크항만 기술 쌍대비교 점수

쌍대비교점수	A가 B보다
1	동등하다
2	약간 중요
3	중요
4	매우 중요
5	절대적으로 중요

즉 예를 들어 필요성과 시급성을 쌍대비교 위해서는 다음과 같이 평가하게 된다.

〈표 6-13〉 필요성 vs 시급성 비교표 예시

평가요소	상대적 중요도	평가요소
필요성	5 4 3 2 1 2 3 4 5 필요성 중요 ←.....→ 시급성 중요	시급성

이처럼 모든 평가요소 7개에 대한 쌍대비교를 서면자문으로 수행하였다.

2) AHP 결과 분석

서면자문 결과에 따른 AHP 분석을 수행하였다. 먼저 각 자문 결과에 따른 논리적 일관성을 검증하였다. 논리적 일관성 검증을 위하여 일관성 지수(Consistency Index, CI)를 활용한 일관성비율(Consistency Ratio, C.R.)을 추정하였다. C.R.이 0.15 이하이면 평가의 일관상이 유지된 것으로 보며, 0.2 이상이며 일관성에 문제가 있는 것으로 재검토가 필요하다.

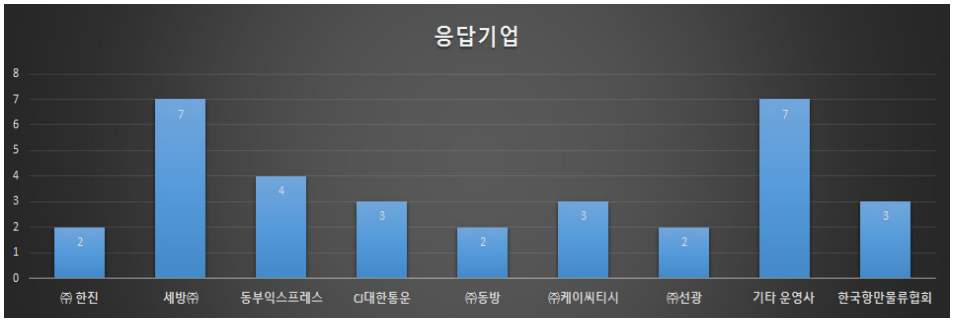
일관성 검사 결과 총 응답 43개 중 33개가 일관성에 문제가 없어 결과를 반영하고, 나머지 응답은 재검토를 요청하였다.

〈표 6-14〉 일관성 검토 결과

총 응답 수	CR <= 0.15	CR > 0.15
43	33	10

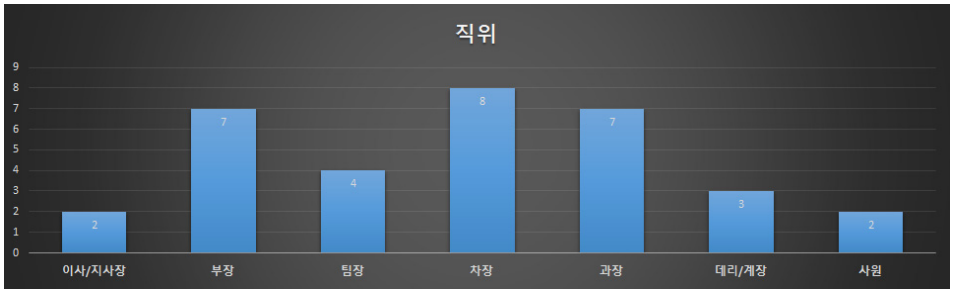
유효한 응답자인 33명은 세방㈜, ㈜한진, 동부, ㈜동방, CJ대한통운, 케이씨티시 등 재경6사를 비롯하여 ㈜선광, 우련통운, 고려항만 등 주요 벌크항만 운영사 또는 항만물류협회에 재직 중이다.

〈그림 6-7〉 주요 응답기업

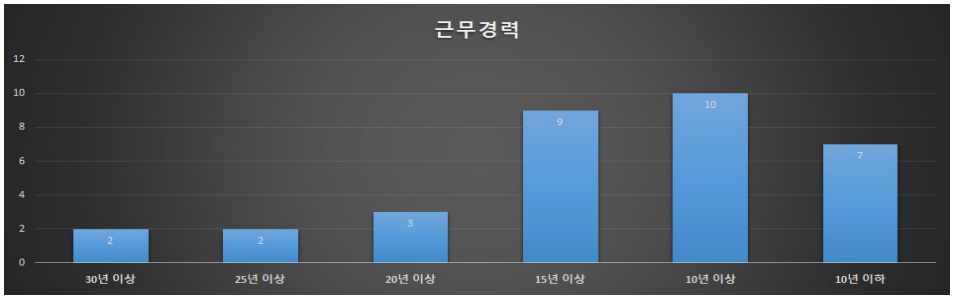


주요 직위는 차장이 8명으로 가장 많았으며 부장 7명, 과장 7명 순이고 평균 경력이 14년으로 해당 업무에 경험이 많은 실무 담당자가 주로 응답한 것으로 판단된다.

〈그림 6-8〉 응답자 직위

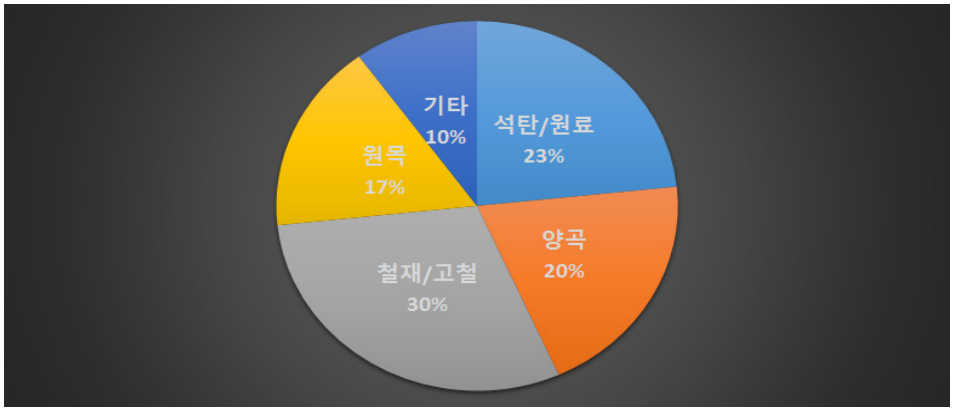


〈그림 6-9〉 응답자 근무경력



담당 품목별로는 철재/고철이 30.0%로 가장 높았으며 석탄/원료(23.3%), 양곡(20,0%), 원목(16.7%), 그리고 기타가 10%로 다양한 벌크화물 담당자가 비교적 고르게 응답하였음을 볼 수 있다.

〈그림 6-10〉 응답자 주요 취급품목



일관성을 유지한 총 33개의 응답에 대해 각 평가기준별 쌍대비교를 통한 가중치를 추정하였다.

가중치 추정 결과 평가요소 중 필요성의 가중치가 0.21로 가장 높고 다음으로 경제성(0.20), 시장성(0.15) 순이며 가장 가중치가 낮은 평가요소는 파급성으로 가중치는 0.08이다. 즉 현장 전문가들은 필요성과 경제성, 시장성 등을 가장 중요한 요소로 보고 있으며 기술의 확장성, 파급성 등의 중요도는 낮게 보고 있다는 것을 알 수 있다.

〈표 6-15〉 미래형 벌크항만 기술 우선순위 평가요소 가중치

구분	필요성	시급성	기술적 실현가능성	시장성	경제성	기술 확장성	파급성
필요성	1.00	2.29	1.43	1.40	0.99	2.30	2.34
시급성	0.44	1.00	0.81	0.80	0.64	1.35	1.37
기술적 실현 가능성	0.70	1.23	1.00	1.00	0.69	1.74	1.65
시장성	0.71	1.25	1.00	1.00	0.63	1.83	1.84
경제성	1.01	1.55	1.46	1.58	1.00	2.38	2.33
기술 확장성	0.44	0.74	0.57	0.55	0.42	1.00	1.26
파급성	0.43	0.73	0.61	0.54	0.43	0.79	1.00
가중치	0.21	0.12	0.14	0.15	0.20	0.09	0.08

3. 절대평가 결과

각 선정기술별로 필요성, 시급성, 기술적 실현가능성, 시장성, 경제성, 기술확장성, 파급성에 대한 절대평가를 수행하였다. 절대평가 점수는 1~5점으로 1점은 ‘매우 낮음’이며 3점은 ‘보통’, 5점은 ‘매우 높음’을 의미한다.

〈표 6-16〉 미래형 벌크항만 기술별 절대평가요소 점수

절대평가점수	의미
1	매우 낮거나 없다
2	약간 낮다
3	보통이다
4	약간 높다
5	매우 높다

총 39개 기술에 대한 평가를 43명의 전문가가 수행하였으며 각 기술별 절대평가 점수의 합은 다음과 같다.

〈표 6-17〉 미래형 벌크항만 개발기술 절대평가 결과

기술분류	번호	요소기술(기술명)	필요성	시급성	기술적 실현 가능성	시장성	경제성	기술 확장성	파급성
신개념 벌크항만	1	석탄 터미널 계획 시뮬레이션 기술	115	91	107	102	113	93	88
	2	석탄 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	112	96	111	107	113	95	93
	3	양곡 터미널 계획 시뮬레이션 기술	108	93	103	93	101	84	86
	4	양곡 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	111	93	104	103	104	87	90
고생산성 벌크항만	5	복수 코일 동시 상하역 조구개발 기술(철제품)	116	98	113	104	116	95	99
	6	고기능 선재 마그넷 하역 기술(철재)	133	116	119	113	120	105	110
	7	대형 전전후 부두 개발 기술(철재)	114	104	100	105	106	97	97
	8	우천 시 하역 지원기술(철재)	120	113	111	114	109	97	98
	9	고단적 적재기술(철제품) (대형 화물적재 상태 pallet 적치용)	133	112	111	120	122	113	111
	10	야드 및 Apron 적재생산성 향상 기술(원목제품)	116	100	106	98	105	99	97
	11	화물 상하역 계측 및 모니터링 기술	102	90	104	88	88	87	81
	12	하역 및 운영정보 DB구축 기술	118	95	101	100	101	103	99
	13	자원계획/할당 등 최적 운영 기술	104	88	102	99	94	92	93
	14	하카작업 단순화 기술(철재)	121	102	117	104	109	96	96
	15	마그넷 하역 안정화 기술	124	110	126	105	102	97	93
	16	그랩사용 원목하역 시 파손 방지 기술(원목)	122	104	116	107	110	103	99
	17	Belt Scale 측정 정확도 향상 기술(석탄, 원료, 양곡)	108	93	121	101	96	98	93
	18	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템	108	94	100	98	94	104	94
	19	품목별 작업훈련 시뮬레이터 기술 ->하역장비 훈련용 시뮬레이터	121	105	126	100	95	107	109
	20	3D 가상 안전작업환경 시뮬레이터 기술 ->VR 기반의 체감형 안전훈련 시뮬레이터	125	104	126	99	92	111	108

기술분류	번호	요소기술(기술명)	필요성	시급성	기술적 실현 가능성	시장성	경제성	기술 확장성	파급성
안전한 벌크항만	21	센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술	110	88	100	96	87	95	88
	22	드론기반 장비원격 검사 기술	102	88	114	96	93	102	96
	23	ST/RE 감속기 및 주요구동부 이상시 경고기술	113	102	114	101	102	103	97
	24	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술	132	116	121	113	115	110	112
	25	가상 안전평가 시뮬레이터 기술	121	108	116	100	89	104	104
	26	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술	126	111	122	104	99	109	107
	27	선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌방지 장치	128	120	130	113	118	110	105
	28	장비 원격조정 기능 강화기술(석탄, 양곡)	117	105	117	105	104	106	102
	29	간편 가스방지 마스크 개발	142	132	134	121	117	112	122
	30	작업자 휴대 가스 모니터링 시스템	129	122	130	117	115	112	112
	31	밀폐 공간 가스제거 시스템 기술	124	112	118	108	106	105	106
깨끗한 벌크항만	32	야드(석탄, 원료)밀폐시설 국산화/대형화 기술	120	100	111	106	101	112	104
	33	산화물(석탄, 원료, 양곡, 낙피, 바이오) 분진방지기술	142	134	130	125	118	128	124
경제적인 벌크항만	34	BTC 정밀제어 및 원격 조정 기술(철재)	117	99	113	106	105	105	91
	35	철재화물 자동 줄걸이/하카 기술	123	102	120	110	116	106	103
	36	자동 코일 리프터 기술 개선	115	104	115	108	109	106	98
	37	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술	113	95	104	102	101	107	97
	38	태양광에너지 동력 공급 기술	101	82	108	103	99	112	102
	39	디지털 드라이브 시스템 국산화 기술	139	130	113	127	133	123	124

4. 우선순위 도출

AHP 분석을 통해 추정된 가중치를 기술별 절대평가 점수에 반영하여 가중평균을 도출, 점수에 따라 기술별 개발 우선순위를 정하였다. 그 결과 가장 우선적으로 개발되어야 할 기술은 산화물 분진방지 기술이고, 그 다음은 벌크부두 노후장비 수명연장 기술개발이며, 가장 개발 우선순위가 낮은 기술은 원목부두 화물 상하역 계측 및 모니터링 기술이다. 특히 상위 10개 기술 중 5개 기술이 작업안전에 관련된 기술임을 볼 수 있어 현장에서 작업안전 관련 기술의 필요성 및 중요성을 높다는 것을 알 수 있다.

〈표 6-18〉 미래형 벌크항만 기술 개발우선순위

우선순위	요소기술(기술명)	가중평균	기술번호
1	산화물 분진방지기술	129.1	33
2	벌크부두 노후장비 수명연장 기술개발	128.5	39
3	작업자 안전사고 예방 기술(보호장구)	127.1	29
4	작업자 휴대용(이동식) 가스모니터링 장비기술	120.7	30
5	철재부두 철재품 고단적 적재 기술	119.6	9
6	선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌방지 장치	119.6	27
7	철재부두 대용량 선재 마그넷 하역기술	118.9	6
8	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술	118.6	24
9	철재화물 줄걸이/하카 기계화 조구개발 기술	113.6	35
10	밀폐 공간 가스제거 장치기술	112.5	31
11	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술	111.8	26
12	철재부두 우천대응 하역 지원기술	110.9	8
13	그랩사용 원목하역 시 파손 방지 기술(원목)	110.7	16
14	마그넷 하역 안정화	110.3	15
15	VR기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터	109.4	20
16	자동코일 리프터 개발기술	109.2	36
17	하역장비 훈련용 시뮬레이터	109.2	19

우선 순위	요소기술(기술명)	가중평균	기술 번호
18	장비 원격조정 기능 강화기술(석탄, 양곡)	108.9	28
19	하카작업 단순화 기술	108.9	14
20	철재부두 복수코일 상하역 조구개발 기술	108.4	5
21	밀폐보관시설 대형화/국산화 기술	108.4	32
22	BTC 정밀 원격조정 기술 개발	107.0	34
23	석탄 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	106.4	2
24	가상 안전평가 시뮬레이터 기술	106.2	25
25	SST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술	105.6	23
26	대형 전전후 부두 개발 기술(철재)	104.9	7
27	원목부두 적재생산성 향상기술	104.7	10
28	석탄 터미널 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술	104.5	1
29	벌크부두 지능형 운영시스템 기술	103.8	12
30	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술	103.7	37
31	Belt Scale 측정 정확도 향상 기술(석탄, 원료, 양곡)	102.5	17
32	양곡 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술	101.4	4
33	IoT 기반 태양광 에너지 동력공급기술	100.8	38
34	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템	99.3	18
35	드론기반 장비원격 검사기술	98.9	22
36	양곡 터미널 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술	97.9	3
37	자원계획/할당 등 최적 운영 기술	97.1	13
38	센서기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술	96.0	21
39	원목부두 화물 상하역 계측 및 모니터링 기술	92.9	11

자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

제3절 기술개발 전략에 따른 국내 대응기술트리(Tree) 작성

본 절에서는 항만현장 및 기술전문가를 대상 전문가 평가에 의해 선정된 39개 요소기술에 대한 국내 대응기술트리(Tree)를 작성한다. 39개 요소기술에 대한 국내 대응기술은 7명의 항만현장 및 기술전문가의 기술개요서 서면자문 결과를 기반으로 작성되었다. 기술개요서는 기술개요(기술명, 기술분류), 기술 정의, 기술개발 목표, 세부 기술내용, 기대효과 및 개발(사업화) 기간·비용이 명시되어 있다. 작성된 기술개요서는 연구진 브레인스토밍을 통하여 정제되었다.

〈그림 6-11〉 벌크항만 기술 개요서(예시)

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	1. 3. 벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(V) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W(V) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	터미널 계획/설계	생산성, 경제성

2. 기술 정의

○ 일반화물 취급부두(석탄/양곡/원목/철재 등)를 건설, 확장할 경우 부두의 목표생산성/효율성을 달성하기 위해
- 평면배치, 소요장비 및 시설의 종류/대수/사양결정을 사전에 경제적으로 계획하기 위한 시뮬레이션 기술
- 거시적 터미널 운영에 대한 효율성/생산성/경제성 평가 시뮬레이션 기술

3. 기술개발목표

○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재 등)전용 설계 및 성능평가 시뮬레이터(S/W)
- 부두별 4개의 설계지원시뮬레이션 소프트웨어 개발

4. 세부 기술내용

○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 물류프로세스 모델링 기술
○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 장비 및 시설(하역/이송/적재) 모델링 기술
○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 평면배치설계 시뮬레이션 기술
○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 생산성/경제성평가 시뮬레이션 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 시뮬레이션 기반 사전성능평가를 통한 경제적/고효율 부두설계
○ 개발기간 : 3년, 개발비용 : 25억원

자료: 벌크항만 기술개요서 전문가 서면 자문 결과, 2015. 11. 기반 KMI 수정

전문가 자문 결과 39개 요소기술 중 유사 기술을 통합(8개→4개)한 결과 국내 대응 기술이 작성된 요소기술은 총 35개이다. 35개의 요소기술에 대한 세부개발기술은 110가지가 존재한다.

〈표 6-19〉 유사기술 통합 결과

구분	요소기술(8개)	유사기술 통합 결과(4개)
1	석탄터미널 설계지원 시뮬레이션 기술	벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술
	양곡터미널 설계지원 시뮬레이션 기술	
2	석탄터미널 최적운영 시뮬레이션 기술	벌크부두 최적 운영 시뮬레이션 기술
	양곡터미널 최적운영 시뮬레이션 기술	
3	대형 전전후 부두개발(철재)	철재부두 우천대응 하역 지원 기술
	철재부두 우천대응 하역 지원 기술	
4	벌크부두 지능형 운영시스템 기술	벌크부두 지능형 운영시스템 기술
	자원계획 할당 등 최적 운영 기술	

1. 미래형 벌크항만 관련 세부개발기술

미래형 벌크항만 개념설계와 관련된 요소기술 중 석탄·양곡 계획 시뮬레이션 기술은 벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술로 묶고, 석탄·양곡 운영 시뮬레이션 기술은 벌크부두 최적운영 시뮬레이션 기술로 그룹화되었다.

벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술의 국내 대응 기술에는 다목적 부두별 물류프로세스 모델링, 장비 및 시설 모델링, 평면배치설계 시뮬레이션, 생산성/경제성 평가 시뮬레이션 기술 등 4가지가 해당된다. 벌크부두 최적운영 시뮬레이션 기술의 국내 대응 기술은 다목적 부두 물류프로세스 모델링 기술, 장비/시설이 3D시각화 및 정보제공, TOS 연계 가상 터미널 기술 등 3가지로 구성된다. 즉 미래형 벌크항만 관련 요소기술은 4가지이고, 이에 대한 세부개발기술은 7가지이다.

〈표 6-20〉 미래형 벌크항만 요소기술과 세부개발기술

구분	요소기술		세부개발기술	
미래형 벌크항만	1	벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술	1	다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 물류프로세스 모델링 기술
			2	다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 장비 및 시설(하역/이송/적재) 모델링 기술
			3	다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 평면배치설계 시뮬레이션 기술
			4	다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 생산성/경제성 평가 시뮬레이션 기술
	2	벌크부두 최적 운영 시뮬레이션 기술	1	다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 물류프로세스 모델링 기술
			2	다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 장비/시설의 3D시각화 및 정보제공 기술
			3	TOS(Terminal Operating System)연계 가상 터미널 기술

2. 고생산성 벌크항만 관련 세부개발기술

고생산성 벌크항만과 관련된 요소기술 중 선정된 것은 철재부두 복수 코일 상하역 조구 개발 기술, 철재부두 대용량 선재 마그넷 하역 기술 등 총 14가지다. 이에 대한 세부개발기술은 총 42개 기술로 구성된다.

〈표 6-21〉 고생산성 벌크항만 요소기술과 세부개발기술

구분	요소기술		세부개발기술	
고생산성 벌크항만	1	철재부두 복수 코일 상하역 조구 개발 기술	1	3축(X,Y,Z) 방향 이동장치 제작 및 경량화 기술
			2	운전자 원격 제어 및 장비운영시스템 기술
	2	철재부두 대용량 선재 마그넷 하역 기술	1	운전자 시야확보 및 기계 경량화 설계 기술
			2	저중량·고자력 마그넷 제작 기술
			3	개별 마그넷 부착 Beam과 마그넷 연결 제어장치(체인 제외) 기술
	3	철재부두 우천대응 하역 지원 기술	1	다양한 선박 홀드작업용 범용 설계 및 제작기술

구분	요소기술		세부개발기술	
			2	육상 이동차량용 상부 자동개폐도어 기술
			3	운전자 작업(시야확보)용 모니터링시스템 기술
			4	선박홀드 내 매연 환기처리 기술
	4	철재부두 철재품 고단적 적재 기술	1	고단적 경량 랙 설계 및 제작 기술
			2	고단적 랙 전용 하역장비 설계 및 제작 기술
			3	고단적 자동적재운영시스템 기술
	5	원목부두 적재생산성 향상 기술	1	고단적 경량 랙 설계 및 제작 기술
			2	고단적 랙 전용 하역장비 설계 및 제작 기술
			3	고단적 적재운영시스템 기술
	6	원목부두 화물 상하역 계측 및 모니터링 기술	1	자동화물영상인식 및 수량측정시스템 기술
			2	RFID를 이용한 화물위치정보시스템 기술
			3	화물정보 DB 구축기술
	7	벌크부두 지능형 운영시스템 기술	1	부두별 자동화 운영계획시스템 기술
			2	부두별 실시간 자동화 운영통제 및 제어시스템 기술
			3	부두별 실시간 하역 및 운영, 장비 정보 DB 구축 기술
	8	하카작업 단순화 기술	1	다양한 사양의 후판 위치 맞춤기술
			2	정밀 고속 위치이동 및 자동제어 기술
			3	하중 지지를 위한 Shoe 및 마찰극복 in-out 기술 (5cm 후판 sling 사이에서 20톤 하중지지)
	9	마그넷 하역 안정화 기술	1	고자력 마그넷 기술
			2	이동 중 동하중에 따른 낙반 대비 이중 안전장치 기술
	10	그랩사용 원목 하역 시 파손 방지 기술	1	화물의 두께 및 강도에 따라 그랩의 집게 압력 강도 조절 기술
			2	화물 인양 시 센서 기반의 낙하 위험 자동 인식 기술
			3	긴급 및 위험 상황 시 자동 전송된 신호 기반 그랩 압력 조절 기술
	11	Belt Scale 측정 개선 및 국산환	1	무게 측정 센서 기술
			2	Belt Scale 측정량과 실제 하역량 오차 범위 조정 기술
	12	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템	1	IoT를 활용하여 작업 현장 내 화물, 장비 및 작업자 대상 실시간 위치 및 상태 정보 수집 및 가공 기술

구분	요소기술		세부개발기술	
			2	실시간 수집된 데이터로부터 재 취급 절감 및 예측을 위한 Big Data 기술
			3	항만 간 통합 연계 화물/하역 정보 교환 서비스
			4	중소형 운영사를 위한 운영시스템 클라우드 서비스
			5	작업 공간, 화물 및 하역 장비 작업에 대한 3D 공간 관리 및 의사결정 기술
	13	하역장비 훈련용 시뮬레이터 기술	1	일반화물 하역에 대한 위험성 및 위험발생 순위 평가기술
			2	하역장비 훈련 시뮬레이터 구축 기술
			3	개인별 훈련 결과, 실수 유형, 대처 방법을 정의한 데이터베이스 구축 기술
	14	VR기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터 기술	1	벌크 터미널의 시설, 장비, 화물에 대한 3D 모델링 및 HD급 시각화 콘텐츠 개발 기술
			2	벌크 화물의 종류에 따른 하역장비 훈련용 시뮬레이터 기술
			3	VR 기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터

3. 안전한 벌크항만 관련 세부개발기술

안전한 벌크항만과 관련된 요소기술 중 선정된 것은 센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술, 드론기반 장비원격 검사 기술 등 총 11개 기술이다. 11개 기술에 대한 세부개발기술은 총 32개 기술로 구성된다.

〈표 6-22〉 안전한 벌크항만 요소기술과 세부개발기술

구분	요소기술		세부개발기술	
안전한 벌크항만	1	센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술	1	응력, 온도, 광섬유 등을 이용한 음성 센서 등 센서 기술
			2	음성발사 등 센서에서 전송하는 정보를 기반으로 장비/시설물의 크랙 위치 및 상태를 분석/예측하는 기술
	2	드론기반 장비원격 검사 기술	1	무선데이터 영상전송 및 사진촬영기술
			2	주요 구조물의 이상 유무를 영상으로 확인하는 핸드헬드(handheld) 기술

구분	요소기술		세부개발기술	
			3	줌인, 줌아웃 및 틸팅(tilting) 기술
			4	장애물 출동 회피를 위한 드론제어 기술
	3	ST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술	1	온도, 진동, 작동유 레벨, 소리 등을 체크하기 위한 센서 개발 기술
			2	중앙통제실 Monitor 기능에 연계 기술
			3	주요 구동부 이상 시 경고 및 알람 기술
			4	이상 발생 시 장비의 비상정지를 위한 제어 기술
	4	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술	1	크레인의 후크와 화물의 연결고리인 와이어가 회전을 하지 못하도록 고정하는 기술
			2	와이어의 균형 유지 및 흔들림을 제어하는 기술
	5	가상 안전평가 시뮬레이터 기술	1	장비 작업 안전성 관리 기술
			2	현장 작업자 안전성 관리 기술
			3	안전도 평가 및 관리 기술
	6	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술	1	센서 기반의 안전 구역 이탈 자동 경고 기술
			2	안전보호장구 착용 여부를 영상으로 확인하는 기술
	7	선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌 방지 장치	1	선박 - 장비별 동작분석 및 충돌위험 분석
			2	선박구조물 – 하역장비 근접(1m) 센싱 기술
			3	자동경고 및 비상정지 시스템 기술
	8	장비 원격조정 기능 강화기술	1	안티스웨이(철재) 등 장비 조정능력 향상 기술
			2	고감도 영상처리 및 전송기술
			3	비상시 자동경고 및 비상정지 시스템 기술
	9	작업자 안전사고 예방 기술(보호장구)	1	화물(석탄, 원목 등)별 발생 가스분석 및 방지기술
			2	인간공학적 마스크 착용 형태 및 구조 개선기술
			3	화물별 발생 가스 특성에 따른 경량 간편마스크 기술
	10	작업자	1	유해가스 인지 및 경고장치

구분	요소기술		세부개발기술	
		휴대용(이동식) 가스 모니터링 장비 기술	2	장비 경량화 기술
	11	밀폐 공간 가스제거 장치 기술	1	화물(석탄, 원목 등)별 발생 가스분석 및 분해기술
			2	분해가 불가능한 가스에 대한 선박 외 배출기술
			3	유해가스 고감도 인지 기술
			4	경량화 등 이동성 강화 및 간편설치 가능한 장비개발 기술

4. 친환경 벌크항만 관련 세부개발기술

친환경 벌크항만과 관련하여 선정된 요소기술은 밀폐보관시설 대형화/국산화 기술, 산화물 분진방지 기술 등 2가지이다. 이 기술들에 대한 세부개발기술은 대형 밀폐시설 경제적 건설 기술, 화물 상태에 따른 분무형태 및 분무량 조절 기술 등 6가지가 존재한다.

〈표 6-23〉 친환경 벌크항만 요소기술과 세부개발기술

구분	요소기술		세부개발기술	
친환경 벌크 항만	1	밀폐보관시설 대형화/국산화 기술	1	돔이나 창고 내 지속적 화물 모니터링(사전감지 센서) 및 경고/대응 시스템 기술
			2	대형 밀폐시설 경제적 건설기술 (설계지원 시뮬레이터 포함)
			3	밀폐 공간 내 야드화물 처리 자동화 장비기술
	2	산화물 분진방지기술	1	미세 분무장치 기술(미세한 분무(안개), 살수장치 등)
			2	화물 상태에 따른 분무형태 및 분무량 조절 기술
			3	기타산화물(우드팔레트, 양곡, 원료)에 동시적용 여부검토

5. 경제적 벌크항만 관련 세부개발기술

경제적 벌크항만과 관련되어 선정된 요소기술은 6개이며, 이에 대한 국내 대응 기술은 23가지 종류가 있다. 예를 들면 요소기술인 벌크부두 노후장비 수명연장 기술에 대한 세부개발기술은 첫째 하역장비 및 시설 정밀진단 신뢰성 확보기술, 둘째 핵심전자부품 및 제어시스템(디지털드라이브, 유압 등) 국산화 기술 등 2가지이다.

〈표 6-24〉 경제적 벌크항만 요소기술과 세부개발기술

구분	요소기술		세부개발기술	
경제적 벌크 항만	1	BTC 정밀 원격 조정 기술	1	선박의 흔들림, 안티스웨이(철재) 등 장비 자동 정밀대응 기술
			2	선박내부 구조 3D 스캐닝 및 고감도 영상처리/전송기술, 화물자동 포지셔닝 기술
			3	센서기반 철재화물 파손방지 기술
			4	비상시 자동경고 및 비상정지 시스템 기술
	2	철재화물 줄걸이/하커 기계화 조구개발 기술	1	선박 흔들림 대응 및 조구가 선내 적재간섭을 최소화 하는 Gripping-Open 기계화 조구 개발
			2	자동 줄걸이 기술 개발
			3	줄걸이 자동해제 기술 개발
	3	자동코일 리프터 개발 기술	1	선내 적재간섭을 최소화 코일리프터 개발
			2	장비 구조 간소화 및 경량화 기술
			3	안티스웨이 및 선박 흔들림 대응 기술 개발
			4	화물손상방지 기술 개발
	4	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술	1	원격지, 현장 작업자용 통합 정보 관리
			2	화물의 특수성을 고려하여 3D 공간 정보 관리, 시각화 처리
			3	화물에 대한 사전 검사를 영상 및 IoT 인식 기술
			4	IoT 기반 BigData 분석을 통해 화물 재 취급 절감
			5	중/소형 운영사를 위한 클라우드 서비스 제공
	5	IoT 기반 태양광 에너지 동력공급기술	1	태양광 패널 설치 사업
			2	효율적인 태양광에너지 집적 및 보관(ESS), 운용 및 공급 기술
			3	IoT 및 빅데이터 분석을 통한 최적 전력운용 기술

구분	요소기술		세부개발기술	
			4	벌크하역장비 및 이송, 보관시설 전력화 사업
	6	벌크부두 노후장비 수명연장 기술 개발	1	하역장비 및 시설 정밀진단 신뢰성 확보기술
			2	핵심전자부품 및 제어시스템(디지털드라이브, 유압 등) 국산화 기술

제4절 개발시기별 개발로드맵 작성(단기/중기/장기)

35개의 선정된 요소기술에 대한 7명의 현장 및 기술 전문가의 기술 필요성 점수와 항만운영사 43명(유효질문 33명)의 쌍대비교 점수인 우선순위를 기반으로 매트릭스를 작성하였다.[170] 개발우선순위[171]가 평균보다 높은 것은 4년 이내에 개발하는 것으로 설정하였다. 이 중에서 시장 성숙도와 상관없이 기술개발이 현장에 필요하다고 언급되어 필요성이 높은(개발필요성 평균 이상) 기술은 2년 이내에 개발하는 것으로 했다.

즉 시장 여건상 기술 개발 필요성도 있고 상대적으로 개발 우선순위도 높은 1사분면의 기술은 2년 이내에 개발이 필요한 것으로 분류했다. 기술 개발 필요성도 낮고 개발 우선순위도 낮은 3사분면 기술들은 6년 이후에 개발이 필요한 것으로 판단된다. 시장여건인 개발 필요성은 낮으나 기술 개발 우선순위가 높은 2사분면의 기술들은 2~4년 이내에 개발해야 하는 기술로 분류했다. 기술 필요성은 있으나 개발 우선순위가 낮은 기술인 4사분면 기술들은 4~6년 이내에 개발하는 것으로 판단했다.

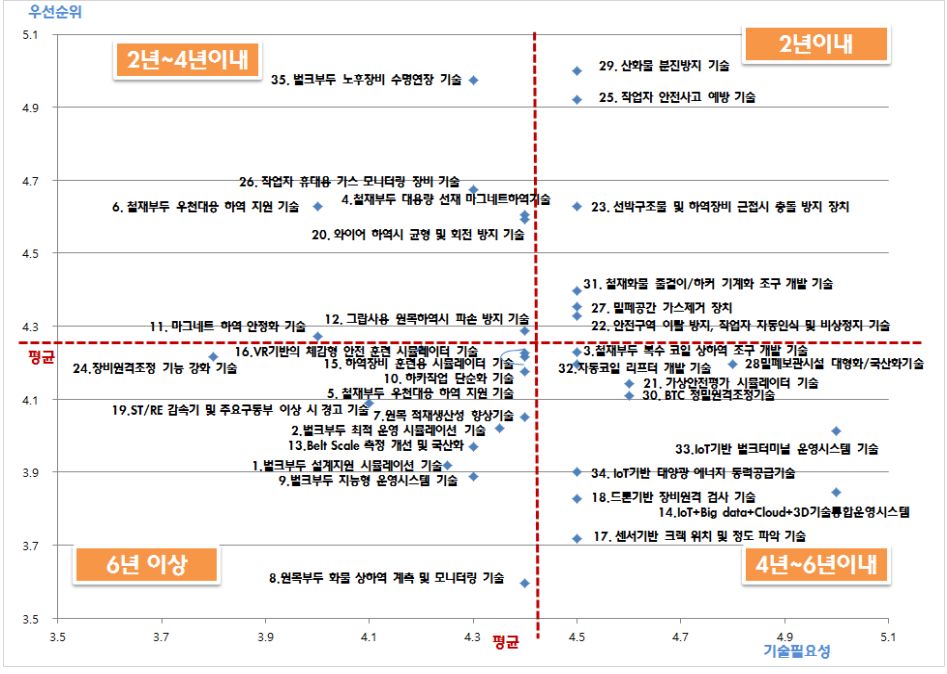
예들 들면 작업자 산화물 분진방지 기술, 안전사고 예방기술(보호장구), 선박 구조물 및 하역장비 근접 시 충돌 방지 장치 등 안전 및 환경과 관련된 기술들은 항만현장 및 기술전문가 모두 매우 필요한 기술이며, 시장 여건상 개발 우선순위도 높다고 평가되었다. 1사분면에 위치한 이 기술들은 2년 이내에 개발되는 것이 타당할 것으로 보인다. 이에 반해 전문가들은 VR기반의 체감형 안

170) 「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과(2015.10.5.) 및 벌크항만 기술개요서 전문가 서면 자문 결과(2015. 11.) 기반으로 작성

171) 쌍대비교 점수를 5점 점수로 환산했음

전 훈련 안전 훈련 시뮬레이터 기술, ST/RE감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술, Belt Scale 측정 개선 국산화 기술(3사분면 기술)은 시장 여건상 개발 우선순위뿐만 아니라 현장에서의 개발 필요성이 다소 떨어져 6년 이후에 개발이 필요할 것으로 판단된다. 현장에서의 개발 필요성은 떨어지나 시장 여건 상 개발 우선순위가 높은 벌크부두 노후장비 수명연장 기술, 작업자 휴대용(이동식) 가스 모니터링 장비 기술 등은 2~4년 이내에 개발하는 것이 타당한 것으로 평가되었다. IoT 기반 벌크터미널 운영 시스템 기술, IoT 기반 태양광 에너지 동력 공급 기술, IoT+Big data+Cloud+3D 기술 통합 운영 시스템, 드론 기반 장비원격 검사 기술 등과 같은 신기술은 시장성숙도가 떨어져 4~6년 뒤에 개발하는 것이 타당하다고 평가되었다.

〈그림 6-12〉 요소기술별 개발시점



자료 : 전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

35개의 선정된 요소기술에 대한 개발 시작 시점을 분석한 결과, 2년 이내가 6건으로 전체의 17.1%이다. 2~4년 이내에 개발해야 하는 기술은 7건으로 전체의 20.0%를 차지한다. 4~6년 사이에 개발되어야 하는 기술은 총 10건으로 전체에서 차지하는 비중이 28.6%이다. 마지막으로 6년 이후에 개발되어야 하는 기술은 12건으로 전체의 34.3%를 차지한다.

〈표 6-25〉 벌크항만 선정기술별 개발 시작 시점 로드맵

구분	선정 요소 기술	2016	2018	2020	2022~
1	벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술				○
2	벌크부두 최적 운영 시뮬레이션 기술				○
3	철재부두 복수 코일 상하역 조구 개발 기술			○	
4	철재부두 대용량 선재 마그넷 하역 기술		○		
5	철재부두 우천대응 하역 지원 기술				○
6	철재부두 철재품 고단적 적재 기술		○		
7	원목부두 적재생산성 향상 기술				○
8	원목부두 화물 상하역 계측 및 모니터링 기술				○
9	벌크부두 지능형 운영시스템 기술				○
10	하카작업 단순화 기술				○
11	마그넷 하역 안정화 기술		○		
12	그랩사용 원목 하역 시 파손 방지 기술		○		
13	Belt Scale 측정 개선 및 국산화				○
14	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템			○	
15	하역장비 훈련용 시뮬레이터 기술				○
16	VR기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터 기술				○
17	센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술			○	
18	드론기반 장비원격 검사 기술			○	
19	ST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술				○
20	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술		○		
21	가상 안전평가 시뮬레이터 기술			○	
22	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술	○			
23	선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌 방지 장치	○			
24	장비 원격조정 기능 강화기술				○
25	작업자 안전사고 예방 기술(보호장구)	○			
26	작업자 휴대용(이동식) 가스 모니터링 장비 기술		○		
27	밀폐 공간 가스제거 장치 기술	○			

구분	선정 요소 기술	2016	2018	2020	2022~
28	밀폐보관시설 대형화/국산화 기술			○	
29	산화물 분진방지기술	○			
30	BTC 정밀 원격 조정 기술			○	
31	철재화물 줄걸이/하커 기계화 조구개발 기술	○			
32	자동코일 리프터 개발 기술			○	
33	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술			○	
34	IoT 기반 태양광 에너지 동력공급기술			○	
35	벌크부두 노후장비 수명연장 기술 개발		○		

1. 미래형 벌크항만 기술

전문가 자문 결과[172] 미래형 벌크항만 기술 중 선정된 요소기술인 벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술과 벌크부두 최적 운영 시뮬레이션 기술은 2020년에 시작하여 약 3년간 개발할 필요성이 있으며 총 예산은 55억 원이 소요될 것으로 판단된다.

〈표 6-26〉 미래형 벌크항만 기술 로드맵

단위: 억 원

구분	선정 요소 기술	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	예산
1	벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술										25
2	벌크부두 최적 운영 시뮬레이션 기술										30
미래형 벌크항만 기술											55

자료: “벌크항만 기술개요서” 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성

2. 고생산성 벌크항만 기술

전문가 자문 결과[173] 고생산성 벌크항만의 선정 요소기술 14건의 총 투입예산은 395억 원으로 예상되며, 상대적으로 우선순위가 높은 기술은 2018년부터

172) “벌크항만 기술개요서” 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성
173) “벌크항만 기술개요서” 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성

연구가 시작된다. 예를 들면 철재부두 대용량 선재 마그넷 하역 기술, 철재부두 철제품 고단적 적재기술 등이다.

〈표 6-27〉 고생산성 벌크항만 기술 로드맵

단위: 억 원

구분	선정 요소 기술	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	예산
3	철재부두 복수 코일 상하역 조구 개발 기술										20
4	철재부두 대용량 선재 마그넷 하역 기술										20
5	철재부두 우천대응 하역 지원 기술										40
6	철재부두 철제품 고단적 적재 기술										30
7	원목부두 적재생산성 향상 기술										20
8	원목부두 화물 상하역 계측 및 모니터링 기술										10
9	벌크부두 지능형 운영시스템 기술										50
10	하카작업 단순화 기술										20
11	마그넷 하역 안정화 기술										20
12	그랩사용 원목 하역 시 파손 방지 기술										20
13	Belt Scale 측정 개선 및 국산환										15
14	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템										50
15	하역장비 훈련용 시뮬레이터 기술										30
16	VR기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터 기술										50
고생산성 벌크항만 기술											395

자료: “벌크항만 기술개요서” 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성

3. 안전한 벌크항만 기술

전문가 자문 결과[174] 안전한 벌크항만의 선정 요소기술 11건의 총 투입예산은 130억 원이 예상된다. 상대적으로 우선순위가 높은 작업자 안전사고 예방기술(보호장구)은 2016년 1년간 총 5억 원이 소요될 것으로 전망되었다. 예산 비중이 높은 가상 안전평가 시뮬레이션 기술은 2020년부터 2022년까지 3년간 총 30억 원이 투입되어야 한다고 조사되었다.

〈표 6-28〉 안전한 벌크항만 기술 로드맵

단위: 억 원

우선순위	선정 요소 기술	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	예산
17	센서기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술										10
18	드론 기반 장비 원격 검사 기술										10
19	ST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고 기술										15
20	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술										10
21	가상 안전평가 시뮬레이션 기술										30
22	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술										5
23	선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌 방지 장치										10
24	장비 원격조정 기능 강화 기술										20
25	작업자 안전사고 예방 기술(보호장구)										5
26	작업자 휴대용(이동식) 가스 모니터링 장비 기술										5
27	밀폐 공간 가스제거 장치 기술										10
안전한 벌크항만 기술											130

자료: "벌크항만 기술개요서" 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성

174) "벌크항만 기술개요서" 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성

4. 친환경 벌크항만 기술

전문가 자문 결과[175] 친환경 벌크항만의 선정 요소기술은 2건으로 총 투입예산은 160억 원이 예상된다. 산화물 분진방지 기술은 2016년에서 2년간 10억 원이 투입될 것으로 예상되었다. 밀폐보관시설 대형화/국산화 기술은 2020년에서 2022년 3년간 총 150억 원이 소요될 것으로 전망되었다.

〈표 6-29〉 친환경 벌크항만 기술 로드맵

단위: 억 원

구분	선정 요소 기술	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	예산
28	밀폐보관시설 대형화/국산화 기술										150
29	산화물 분진방지 기술										10
친환경 벌크항만 기술											160

자료: "벌크항만 기술개요서" 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성

5. 경제적 벌크항만 기술

전문가 자문 결과[176] 경제적 벌크항만의 선정 요소기술 6건의 총 투입예산은 160억 원이 예상된다. 상대적으로 우선순위가 높은 벌크부두 노후장비 수명연장 기술은 2018년에서 2020년 3년간 총 20억 원이 소요될 것으로 전망되었다. 한편 BTC 정밀 원격 조정 기술('20~'22)과 IoT 기반 태양광 에너지 동력 공급 기술의 투입예산('20~'22)은 각각 50억 원이 될 것으로 전망되었다.

175) "벌크항만 기술개요서" 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성
176) "벌크항만 기술개요서" 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성

〈표 6-30〉 경제적 벌크항만 기술 로드맵

단위: 억 원

우선순위	선정 요소 기술	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	예산
30	BTC 정밀 원격 조정 기술										50
31	철재화물 줄걸이/하커 기계화 조구개발 기술										10
32	자동 코일 리프터 개발 기술										20
33	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술										10
34	IoT 기반 태양광 에너지 동력 공급 기술										50
35	벌크부두 노후장비 수명연장 기술										20
경제적 벌크항만 기술											160

자료: "벌크항만 기술개요서" 전문가 서면 자문 결과(2015.11) 중 개발기간·비용 기반 KMI 작성

제5절 개발 추진체계

본 연구에서는 기술개발 추진체계로서 기술개발 전략 및 결과의 활용을 기반으로 한 추진체계를 모색해 보았다.

5장의 2절에서 도출한 벌크항만 기술 개발전략은 미래의 환경변화 예측을 통해 향후 시장을 선점, 국산화할 수 있는 선도형 기술개발, 현실적 수요와 애로를 해결할 수 있는 현장수요형 기술개발, 국가정책적으로 반드시 추진해야 할 전략형 기술개발 등 3가지 전략이었다.

이와 같은 전략은 기술개발을 추진하는 단계 또는 완료된 후에 반영이 될 부분으로서 기술개발 추진추체를 결정할 수 있는 부분이기도 하다.

우선적으로 기술개발 전략별로 기술개발의 시급성, 시장성, 경제성, 실현성, 혁신성, 공공성 등을 평가해 보았다. 현장수요형의 기술은 직접 현 벌크부두 운영 시 생산성, 안전/보안성, 친환경, 운영경제성 부분에서 시급하게 개선해야

하는 부분이 가장 중요하다. 따라서 이와 같은 기술들은 시급성, 시장성, 경제성과 현실성적 측면에서 높은 순위를 차지하게 된다. 전략형 기술은 시장성, 경제성은 보통이나 국가정책적으로 개발이 시급하고, 공공적 성격이 강하나 개발 위험성이 큰 기술들이 이에 속한다. 즉 기업이 개발하기에는 대형 초기투자비가 소요되지만 공공적 파급효과, 국가적 측면에서 경제성이 높은 기술들이 전략형 기술로 적합하다.

〈표 6-31〉 벌크항만 기술개발 전략별 특성분석

구분	시급성	시장성	경제성	실현성	혁신성	공공성 (위험성)
현장수요형 기술	○	○	○	○	△	X
전략형 기술	○	X	○	△	△	○
선도형 기술	X	X	△	△	○	○

현재 국내 벌크부두의 기술들은 해외, 특히 일본 및 독일 등에서 선도적으로 개발된 장비, 시설, 시스템 등을 국내에 수입하여 설치, 운영하고 있는 것들이 대부분이다. 따라서 이와 같은 시스템 하에서는 해외기술에 지속적으로 종속, 의존할 수밖에 없는 상황이다. 벌크부두들은 30년 이상 운영하는 경우가 대부분이며 운영 중 고장, 노후 등으로 해외에서 부품을 전량 수입하고 있는 실정이다. 이에 20년 이상 된 시설의 단종부품 공급이나 제어 및 운영시스템의 개선, 유지보수는 전혀 불가능한 실정이다. 이러한 상황에서 벗어나기 위해서는 1단계로 해외의 장비 및 부품의 국산화, 2단계로 선도적인 부품, 시설 및 장비, 시스템에 대한 기술 개발이 필요하다.

이와 같이 선도형 기술들은 국내 중소/중견기업의 경쟁력 강화, 인재 양성 등 공익적 목적, 국가미래의 경쟁력 확보를 위해 국가적 측면에서 지원해야 하는 공공성을 띠며 혁신적인 기술개발이 이루어져야 한다.

〈표 6-32〉 벌크항만 기술개발 추진 주체

구분	추진주체	개발주체	정부지원	비고
현장수요형 기술	중소/중견기업	산업계	△	
전략(공공)형 기술	정부	연구계	○	
선도형 기술	정부	학계	○	

〈표 6-33〉 벌크항만 선정기술별 개발 예산확보 주체

구분	선정기술	개발 주체	추진방식
1	벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술	개발기업	R&D
2	벌크부두 최적 운영시뮬레이션 기술	개발기업	R&D
3	철재부두 복수코일 상하역 조구개발 기술	수요기업	R&D
4	철재부두 대용량 선재 마그넷 하역기술	수요기업	R&D
5	철재부두 우천대응 하역 지원기술	수요기업	정책사업
6	철재부두 철재품 고단적 적재 기술	수요기업	정책사업
7	원목부두 적재생산성 향상 기술	수요기업	정책사업
8	원목부두 화물 상하역 계측 및 모니터링 기술	개발기업	R&D
9	벌크부두 지능형 운영시스템 기술	개발기업	R&D
10	철재부두 하카작업 단순화 기술	수요기업	R&D
11	철재부두 마그넷 하역 안전화 기술	수요기업	R&D
12	원목부두 그랩하역 파손 방지 기술	개발기업	R&D
13	Belt Scale 측정개선 및 국산화 기술	개발기업	R&D
14	IoT + Big Data + Cloud + 3D 기술 통합 운영 시스템 기술	개발기업	R&D
15	하역장비 훈련용 시뮬레이터 기술	개발기업	R&D
16	VR기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터 기술	개발기업	R&D
17	센서기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술	개발기업	정책사업
18	드론기반 장비원격 검사기술	개발기업	R&D
19	ST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술	개발기업	정책사업
20	철재부두 와이어 하역 균형 및 회전 방지 기술	수요기업	R&D
21	가상 안전평가 시뮬레이터 기술	개발기업	R&D
22	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및	수요기업	정책사업

구분	선정기술	개발 주체	추진방식
	비상정지 기술		
23	선박구조물 및 하역장비 충돌방지 기술	개발기업	R&D
24	장비 원격조정기능 강화기술	개발기업	R&D
25	작업자 안전사고 예방 기술(보호장구)	개발기업	R&D
26	작업자 휴대용(이동식) 가스모니터링 장비기술	개발기업	R&D
27	산화물 밀폐 공간 가스제거 장치기술	수요기업	R&D
28	산화물 밀폐보관시설 대형화/국산화 기술	수요기업	정책사업
29	산화물 분진방지기술	개발기업	R&D
30	BTC 정밀 원격조정 기술 개발	개빨기업	R&D
31	철재화물 줄걸이/하커 기계화 조구개발 기술	수요기업	R&D
32	철재부두 자동코일 리프터 개발기술	개발기업	R&D
33	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술	개발기업	R&D
34	IoT 기반 태양광 에너지 동력공급기술	개발기업	R&D
35	벌크부두 노후장비 수명연장 기술개발	개발기업	R&D

제7장 결론 및 정책제언

제1절 결론

오늘날 항만과 항만을 둘러싼 물류활동에서 국가적 측면의 항만경쟁력 확보와 기업적 측면의 물류비 절감이라는 2가지 거대 패러다임은 과거부터 현재까지 이어져 왔고 미래에도 지속될 것이다.

현재까지 항만의 생산성과 서비스 향상을 통한 항만경쟁력 확보, 물류비 절감은 항만운영의 가장 기본적인 패러다임이었다. 컨테이너와 벌크 부문 모두 항만경쟁력의 확보와 물류비 절감이라는 목표 달성을 위해서 관련 기술이 기반이 되어왔음은 그 누구도 부인할 수 없는 사실이다.

그러나 미래에는 항만의 친환경, 안전과 보안이라는 새로운 패러다임이 등장할 것이고 이에 대한 항만의 대응기술도 복합적으로 변화되어가고 있다. 항만물류기술 산업은 기계부문뿐만 아니라 전기, 전자, IT가 복합된 미래 융합산업으로서 미래의 신성장 동력을 이끌어갈 수 있는 산업이다. 이와 같이 고효율성, 안전과 보안, 친환경성, 경제성 등 4가지의 패러다임이 공존하며 기계와 노동인력이 밀접하게 연계되어 작업이 이루어지는 곳이 벌크항만이라 할 수 있다.

동 연구에서는 석탄, 철재, 양곡, 원목부두를 중심으로 부두 내 시설, 장비, 사람 및 시스템이라는 자원에 대하여 고효율, 안전, 보안, 친환경 및 경제적 항만운영을 달성할 수 있는 미래 기술개발 전략을 연구하였다. 따라서 동 보고서에서는 연구결과 요약, 연구의 한계점과 벌크항만 기술 정부 정책방향 제시를 끝으로 결론을 맺고자 한다.

1. 연구결과

1) 벌크 물류프로세스 및 시스템 종합정리

벌크 5개 부두(석탄, 양곡, 원목, 고철 및 철재부두)에 대하여 국내외 현장 및 문헌조사를 통해 세부적 물류프로세스와 구성시스템에 대하여 종합적으로 정리, 분석하였다. 이를 기반으로 국내는 물론 해외 주요 벌크항만들의 관련기술 특성을 고생산성, 친환경성, 안전성, 첨단성 등 4가지로 구분하였다. 국내 및 해외 벌크부두 모두 최근 건설된 부두는 위 4가지 특성 중 1~2가지씩은 반영하고 있었으나 비용적 문제로 4가지 모든 부분들을 반영하는 경우는 드물었다. 그러나 중요한 점은 과거 또는 현재에 설치된 항만장비 및 시스템의 대부분은 외국제품이 다수 차지하고 있었으며 오래된 시스템일수록 유지보수 및 개선에 상당한 비용적 문제점을 가지고 있었다는 것이다.

2) 벌크항만 관련 기술 전수조사 및 개발 가능기술 발굴

벌크항만의 운영문제점과 그에 따른 기술수요에 대하여 국내외 문헌, 현장조사, 전문가 인터뷰 등을 통해 기업 및 개발자의 니즈를 분석·파악하였다. 이를 기반으로 벌크항만의 무인화 관련기술, 작업안전성 확보에 관한 기술, 경제성 확보에 대한 기술, 친환경 기술 등을 부두별, 기능별, 적용여부 등으로 구분하였으며 약 40여개의 1차 기술 후보군이 도출되었다.

3) 벌크항만 기술 분류체계 확립

도출된 40여 기술 후보군의 기술수준, 상·하위기술 간 정합성, 기술개발 및 사용 주체 등 분석을 위해 기술분류체계를 수립하였다. 기술의 개발 및 사용주체 분류를 위해 3차원 모델을 이용한 기술분류모형과 각 기술 간의 정합성 및 수준분석, 기술수요 보완 등을 위해 FAST 분류모형을 수립하였다. 그 결과 미래 벌크항만 기술에 대한 기술개발 목표는 신개념 벌크항만, 고생산성 벌크항만, 안전한 벌크항만, 친환경 벌크항만, 경제적인 벌크항만, 일하고 싶은 벌크항만 등 총 6가지 목표를 수립하였다. 목표에 따른 개발기술의 기능은 총 4가지 하위기능으로 계층화(hierarchy)하였고 그에 따른 57개의 벌크항만 기술로 세분

화되어 최종 기술 후보군으로 설정하였다.

4) 기술개발 우선순위 도출 및 개발로드맵 제시

도출된 57개의 벌크항만 기술을 최종 개발 후보군으로 설정하고 기술의 필요성, 실현 가능성, 시장성, 수익성, 경제성, 기술확장성, 파급성 등을 평가기준으로 하여 1차 전문가 평가 후 39개의 개발기술을 선정하였다. 또한 39개의 기술별로 2~5가지의 세부기술(110개 기술)을 도출하여 실질적으로 개발하여야 할 기술들로 구체화하였다. 이후 약 50인의 현장전문가를 통해 AHP 설문분석을 실시하여 39개의 기술개발 우선순위를 도출하였다. 또한 유사기술을 35개로 통합하였으며 각 기술의 개발 시기를 2년, 2~4년, 4~6년, 6년 이후 등 4단계로 구분하였고 각 기술별 소요예산을 제시하였다.

각 35개 기술에 대한 예산확보 및 개발주체를 개발기업과 수요기업으로 구분하였으며 추진방식을 R&D 방식과 정책사업 방식으로 구분·제시하였다.

2. 연구의 한계점

본 연구는 국내에서 처음으로 벌크항만(5대 품목)에 대하여 구성요소, 물류프로세스 분석, 문제점에 따른 수요자 중심의 기술 발굴 등 심도 있는 연구를 추진하였다. 또한 그에 대한 중장기적 기술개발 전략을 세부적으로 제시하고 있으나 몇 가지 한계점을 가지고 있다.

첫째, 각 기술별로 해외 최고기술과의 수준차이에 대한 분석이 미흡한 점이다. 국내의 수준과 해외의 수준차이에 따라 새로이 개발할 것인지, 공동개발을 수행해야 하는지, 해외 수입에 의존해야 하는지에 대한 개발전략이 도출될 수 있다. 또한 기술개발의 시기와 시급성 결정에도 영향을 미치는 부분일 수 있다.

둘째, 각 기술에 대한 시장성 분석이다. 기술 우선순위 결정에 대한 7가지 평가 기준에 시장성이 포함되어 있다. 본 연구에서는 AHP분석을 통해 각 평가기준별 가중치를 도출하여 우선순위 결정에 적용하였으나 최종 기술개발 의사결정 단계에서는 각 기술별 시장성에 대한 분석이 객관적 자료 제공되어야 할 필요성이 있다. 예를 들어 6가지 평가기준이 우수하지만 시장성이 없는 경우

기술개발의 실효성은 매우 떨어지게 된다. 동 연구에서는 이와 같은 부분에 대한 판단을 현 벌크항만 종사자 및 전문가의 평가에 의존하여 판단을 했으나 추후 세부적인 기술별 시장성 분석이 필요한 사항이다.

이와 같은 한계점에도 본 연구가 전반적인 벌크항만에 대한 필요기술을 발굴, 제시하는 기본연구과제로는 적합한 수준이라 판단이 된다. 다만, 기술개발 우선순위는 정책 당국자 및 이해 당사자에 대한 참고사항일 뿐이다. 본 연구에서 도출된 최종 35개의 기술은 모두가 향후 개발하여야 할 대상이며 정책당국 및 이해 당사자와의 협의, 기획연구과제 선정단계를 거쳐 수행되는 기획연구단계에서 기술수준, 시장성 등이 세부적으로 연구, 분석될 것이다. 이를 기반으로 정책적, 기술적, 경제적 타당성을 거쳐 본격적인 기술개발을 추진하게 되는 과정을 밟게 된다.

3. 벌크항만 기술 정책 추진방향

본 연구가 실효성을 가지기 위해서 정책적으로 집중해야 할 부분을 정리해 보면 다음과 같다.

첫째, 벌크항만 기술 분야에서 중견 및 중소기업의 육성, 관련 인재 양성을 위해서는 시장성 확보가 가능한 소프트웨어, 표준화된 부품 및 장치 하드웨어의 개발에 집중하기 위한 기업육성정책을 펼쳐야 한다. 국내의 벌크항만 시스템은 상당수가 해외 시스템의 수입 및 설치에 의존해 있는 상황이다. 국내 기업들이 동 분야에서 글로벌화되기 위해서는 특화되고 표준화 가능성이 높은 기술부터 집중 연구·개발하는 전략을 가져가야 한다.

둘째, 세계 화물운송의 80% 이상을 담당하는 벌크화물에 대한 다각적인 연구가 필요하다. 벌크에 비해 컨테이너 부문은 상당히 많은 연구가 이루어져 있고 다양한 정책이 수반되고 있으나 상대적으로 벌크부문은 매우 소홀한 상황이었다. 그러나 본 연구를 통해 벌크항만은 기계와 사람이 동시에 작업하는 공간으로서 작업위험과 환경오염에 매우 취약하며 컨테이너 물류시스템과 같은 표준화가 거의 이루어지지 못한 상황임을 알 수 있다. 따라서 정부당국은 이러한 측면의 정책적, 기술적 부문에 초점을 맞추어 집중 지원함으로서 사회적, 물류

적 비용을 낮출 수 있는 정책을 펼쳐야 할 것이다.

셋째, 모든 항만물류활동의 근간이 될 수 있는 항만기술 개발을 확대시켜야 한다. 컨테이너나 벌크 부문에서 운송, 하역, 보관, 포장, 안전, 보안에 관련된 물류기술들은 국가적, 기업적 경제활동의 중요한 기반이 되는 기초요소이다. 이와 같은 항만물류기술이 해양과학기술 전체에서 차지하는 예산비중은 약5% 내외로서 국가물류비가 GDP의 11.94%[177]를 차지하는 것에 비해 매우 미미한 수준이다. 이와 같이 국가경제활동의 근간이 될 수 있는 항만물류기술개발 예산을 충분히 확보하기 위해서는 이해당사자(수요자, 개발자)의 지속적인 소통, 벌크항만 기술표준화 체계 확립, 시장정보시스템의 구축 등 다양한 정책적 추진방안이 요구된다.

제2절 정책제언

1. 벌크항만 연계 현장수요형 기술개발과 단계별 R&D 추진제도 확립

한국경제(2015)[178]에서는 현대경제연구원의 자료를 제공받아 우리나라의 공공 R&D의 사업화 성공률을 영국, 미국, 일본의 약 1/3 수준인 약 20%로 제시하고 있다. 이는 공공 R&D의 10건 중 2건만이 기술이전, 현장적용 등 사업화를 실현하고 있다는 의미이다. 중소기업중앙회(2015.)[179]의 실태조사에 따르면 최근 중소기업들의 R&D 사업화 성공률이 59.2%라고 한다. 이는 공공 R&D 보다 사업 성공률이 2배 높음을 나타내 주는 수치이다.

이와 같이 R&D 자체의 연구목표에 대한 성공률은 높지만 그에 비해 사업화 비율이 낮은 것에는 여러 가지 원인이 있을 수 있다. 대덕넷(2015)[180]에서는 여

177) 권혁구, 서상범, 「2011·2012 국가물류비 산정 및 추이 분석」, 2014, p.13 요약.

178) 이덕환, 뉴스의 맥 '국가R&D 사업화 성공률 높이려면 관료들 선을 떼라', 2015.05.06. A37, 한국경제

179) 중소기업중앙회, 「중소기업 연구개발(R&D) 사업화 실태조사」, 2015.

180) http://www.hellowdd.com, (현장기고) '국가 R&D 혁신 어디로 가야하나', 2015.06.10.

러 가지 원인을 제시하고 있지만 근본적인 세 가지 원인은 아래 제시한 바와 같다.

〈표 7-1〉 R&D 사업화 성공률 저하 요인

구분	요인	비고
1	• 기획단계의 목표설정과 진행단계의 목표조정	
2	• 기업의 연구개발 니즈와 연구과제의 연계성 부족	
3	• 원천기술 확보전략의 부재	

자료 : http://www.hellowdd.com, (현장기고)'국가 R&D 혁신 어디로 가야하나', 2015.06.10.

이와 같은 R&D 사업화 현실을 기반으로 2가지 방안을 제시하고자 한다.

첫째, 본 연구에서는 위의 세 가지 성공률 저하요인 중에서 두 번째 요인을 벌크항만 미래 기술개발 추진전략의 일환으로 이용해야 할 것이다. 즉, 개발기업의 경우 시장성이 높은 기술, 수요기업의 경우 현장의 문제를 해결하기 위한 수요성이 높은 기술 등 연구개발의 니즈에 적합한 기술을 개발하는 것이 바람직한 R&D 투자 우선방향으로 판단된다.

둘째, 일반적으로 기존의 R&D 사업은 연구개발이 종료되면 이후 실용화, 사업화는 연구개발자의 자체적 추진의지에 맡겨져 왔으며 별도의 사업(상품)화를 위한 추가적인 기획과 예산지원은 거의 전무한 실정이었다. 따라서 이러한 제도적 미비점이 연구개발 성과에 대한 사업화 비율이 낮은 중요한 요인으로 작용해 왔다. 이에 대한 보완방안으로서 R&D 사업화율 향상을 위해 준비 단계, 연구개발 단계, 상품화 단계 등 3가지 단계적 보완방안을 제시하고자 한다. 벌크항만 기술의 경우 대부분이 현장에서 발생되는 문제점을 해결하기 위한 기술로서 사업화 가능성이 매우 높은 기술이기는 하나 사용자의 편의성, 실용성, 이용가능성을 반영하지 못할 경우 그 상품성과 이용가치는 매우 떨어진다 할 수 있다. 따라서 기술개발 이후 상품화를 위한 지속적 연구개발은 필수적이다.

〈표 7-2〉 단계별 R&D 연구개발사업 추진제도

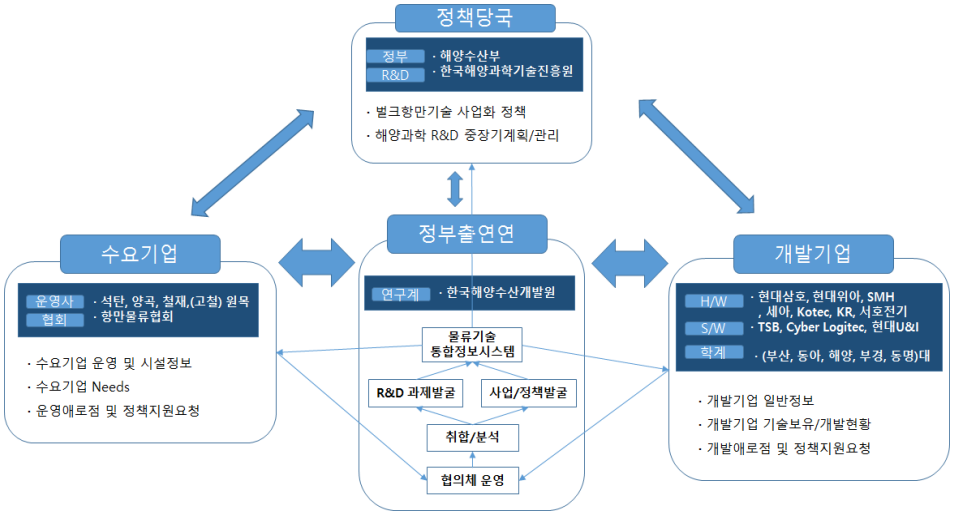
구분	기존	변경	효과
준비단계 (연구기획)	• 단기적 연구기간 (6개월 내외) • 저예산(1억 원 미만)	• 단기적 연구기간 (1년 내외) • 저예산(1억 원 이상) • 연구개발과 사업화 단계로 나누어 기획 추진	• 보다 정확한 사업추진 타당성 확보 가능
1단계 (연구개발)	• 사업(상품화) 단계 기획연구 없음	• 사업(상품)화 단계 기획 연구 포함	• 핵심적/실용적 기술개발에 주력 • 예산절감 가능
2단계 (사업(상품)화)	• 예산지원 없음	• 연구개발단계 결과 평가 • 연구개발 단계와 유사한 예산지원	• 사업화 성공률 향상

2. 벌크항만 기술 발전 협의기구 구성 및 시장정보시스템 구축

현재 인천의 ○○부두의 경우 부두를 운영한지 25년이 넘어 전반적인 운영 및 제어시스템, 노후 전자부품 개선의 필요성이 매우 높은 상황이다. 그러나 전체 운영시스템 및 노후 부품은 전량 해외 수입제품으로서 개선은 불가능하며 개선을 위해서는 해외의 원 설치 업체에 의뢰해야 하는 것으로 나타났다. 국내 업체의 경우 개선은 불가하며 전체 시스템 및 시설을 재 설치해야 하는 것으로 논의되고 있는 상황이다. 이러한 현상은 국내 벌크부두 관련 전문기업들이 매우 부족한 상황이며 유지보수 및 리엔지니어링을 위한 기술력 또한 현재 해외에 비해 떨어져 있음을 보여주고 있다.

벌크항만 물류기술 개발 전문기업과 수요기관인 부두 운영사 간의 전문 협의기구 구성을 통해 상호 윈-윈 할 수 있는 수요 및 공급체계를 만드는 것이 선행되어야 한다. 이와 같이 전문 협의기구 구성뿐만 아니라 국내외로 시장을 확대시킬 수 있는 기반구축 노력도 필요하다.

〈그림 7-1〉 벌크항만물류산업발전협의회



이를 위해 개발기업, 수요기업 및 정부출연연이 공동 참여하여 벌크부두 운영사들의 니즈, 운영 및 수요정보 등의 교류를 위한 실시간 상호정보체계 구축이 필요하다. 즉, 시장성 확보의 기반이 되는 내수와 해외시장에 대한 다양한 정보를 파악할 수 있는 온라인 시스템을 마련하여 신속한 대응력을 갖출 수 있어야 한다. 내수는 전문협의기구를 통한 운영 문제점 및 니즈파악, 유지보수, 국산화 중심의 기술개발을 추진해야 한다. 이와 더불어 해외는 비교적 범용적이고 시장규모가 큰 공용부품 및 표준화 기술 개발을 통한 시장 확대에 노력해야 한다.

동 정책의 실현성을 높이기 위해서는 몇 가지의 선행 작업이 이루어져야 한다.

첫째, 우리 항만분야의 미래 신성장 산업과 일자리 창출을 위해 컨테이너뿐만 아니라 벌크부문까지 포함하는 「(가칭)국내 항만기술산업 신성장화 방안」연구추진이 선행적으로 이루어져야 한다. 이를 통해 우리 항만기술산업의 현 수준과 관련산업의 전방위적인 분석, 관련분야의 해외산업 수준과의 비교분석, 미래 항만기술산업의 성장 가능성의 정확한 예측이 이루어 질 수 있도록 해야 한다. 둘째, 수요기업의 기술니즈를 해결해 줄 수 있는 협의기구를 통해 정기적

인 정보수집과 적절한 해결이 이루어지도록 해야 한다. 실현방안으로서 개발기업, 수요기업 및 관련기관들은 전문 협의기구의 협의를 거쳐 동 시스템의 유지운영을 위한 비용지원을 고려해 보는 것이 바람직하다.

이와 같은 시장정보시스템은 새로이 시스템을 구성하기보다는 기존에 구축되어 있는 항만 및 물류관련 정보시스템과 연계하여 서비스하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

〈표 7-3〉 벌크항만 기술 시장정보시스템 구축방안

구분	필요정보	정보수집방안
기업(수요) 정보	• 운영사 및 보유 시설 정보 • 품목별 시장규모	• 1단계 :「(가칭)국내 항만기술산업 신성장화 방안」 연구 추진 • 2단계 : (국내)개발-수요 전문협의기구 (해외)기존 항만물류관련 정보서비스 별도 수집
기업(개발) 정보	• 부문별 관련기업 정보 • 부문별 (선도)보유 기술 정보 및 수준	• 1단계 :「(가칭)국내 항만기술산업 신성장화 방안」 연구 추진 • 2단계 : (국내)개발-수요 전문협의기구 (해외)기존 항만물류관련 정보서비스 별도 수집
운영니즈	• 수요자 요구정보	• (국내)정기적 개발-수요 전문협의기구에서 수집 • (해외)기존 항만물류관련 정보서비스 별도 수집

3. 벌크항만 운영 및 기술 가이드북 개발

국내 출판물 중 벌크항만 특징, 운영프로세스, 품목별 장비 특징 등이 상세히 기술된 책은 전무한 실정이다. 이로 인하여 항만 연구자나 항만 종사자들도 컨테이너 항만에 대해서는 다양한 지식을 가지고 있으나 벌크항만에 대해서는 해당 업종 종사자를 제외하고는 정보가 많은 편이 아니다. 이런 정보 부족은 개발기업, 학계가 벌크 장비 개발에 대한 필요성을 인식하지 못하게 함으로써 벌크장비뿐만 아니라 필수 부품의 국산화 저해요인으로도 일부 작용한다. 이러한 문제를 해소하기 위해서는 일반인에게 벌크항만을 인식시킬 수 있는 교재

개발이 필요할 것으로 판단된다.

벌크항만 운영 및 기술 가이드북 개발을 위해서는 5단계의 체계적인 기획, 정보수집, 집필, 검증, 출판 및 홍보 등이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 그 이유는 기존의 책자가 적을 뿐만 아니라 컨테이너 항만에 비해 벌크항만의 인식도가 상대적으로 떨어지기 때문에 초보자도 이해할 수 있도록 쉽게 작성되어야 많은 사람들이 출간된 책을 활용할 것이기 때문이다.

벌크항만 운영 및 기술 가이드북이 개발되면 벌크 부두 현장 신입 직원의 교육용으로 활용될 뿐만 아니라 기술개발자의 교육용, 기술 개발 시 다양한 전문가의 의사소통 수단으로도 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

〈표 7-4〉 벌크항만 운영 및 기술 가이드북 개발 단계

구분		내용
1단계	기획 단계	• 벌크부두 운영사, 기술개발 기관, 연구원, 학교 등의 현장 및 기술 전문가를 구성 • 2회 정도의 워크숍을 통하여 벌크항만 교재 개발 방향을 수립 • 벌크항만 가이드북 작성 전문가들 선정 • 작성 전문가 중심으로 목차, 내용, 작성기간, 예산 등을 기획
2단계	정보수집 단계	• 국내 벌크항만 현장 전문가, 기술개발 전문가들을 대상으로 한 운영 및 기술 내용 정보 수집 • 해외 자료를 기반으로 한 벌크부두에 대한 정보 수집
3단계	집필 단계	• 작성 전문가들이 분야별로 나누어서 집필
4단계	검증 단계	• 집필 내용에 대한 현장 전문가, 기술개발 전문가, 출판사 등의 내용 검증
5단계	출판 및 홍보 단계	• 벌크항만 운영 및 기술 가이드북 출간 • 출판된 책에 대한 관계자(현장 및 기술 담당자 등) 홍보 • 출판된 책의 교육기관(항만연수원, 물류관련 학과 등) 선정 및 홍보

4. 교육기관 내 벌크항만 운영훈련 교육환경 조성

벌크항만은 철재, 목재 등 무겁고 위험한 화물을 많이 취급하고 있어 안전사고 발생 시 사망사고 위험이 높은 편이다. 그러므로 벌크항만에서 안전을 확보하기 위해서는 현장 기반의 가상훈련도 필요하지만, 한국항만연수원과 같은 항만 교육기관에서 기본 교육을 실시하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

또한 장비는 사용 방법에 따라 장비 수명이 달라질 수 있으므로 항만연수원 교육 프로그램에 벌크항만 종사자를 대상으로 벌크장비 사용법을 설명하고 직접 시뮬레이션을 할 수 있는 교육 환경을 확충하는 것이 바람직할 것이라 사료된다.

우선 한국항만연수원의 정규교육과정의 양성과정, 연수과정, 안전과정에 벌크항만에 특화된 교육·실습 프로그램을 개발하고 교육과정을 개설하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 그 다음 현장과 연계된 교육을 위해서는 실습 장비를 구매하고 직접 시뮬레이션을 할 수 있는 환경 조성이 선행되어야 한다. 그리고 교육 이수자를 대상으로 한 교육내용에 대한 평가를 통해 교육 프로그램을 개선하는 것이 필요하다.

벌크항만은 품목별로 사용하는 기계, 장비 등이 상이하여 표준 교육 프로그램 개발이 어렵다. 또한 석탄부두처럼 거대 구조물인 경우 실험환경 구축이 힘들다. 일단 벌크항만 공통으로 사용할 수 있는 표준 내용을 추출하여 교육 프로그램을 구성하고 이론 수업을 먼저 진행한다. 그 다음 장비 구매 및 실험환경 조성이 용이한 품목부터 가상 환경을 구축한다. 거대 구조물의 경우에는 가상의 컴퓨터 시뮬레이션 환경으로 실험환경을 구성한다.

이러한 체계적인 벌크항만 운영 및 장비 사용 교육훈련 환경이 조성되면 벌크부두에서 발생할 수 있는 안전사고를 상당히 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

〈표 7-5〉 벌크항만 운영 및 장비 사용 교육훈련 환경 조성

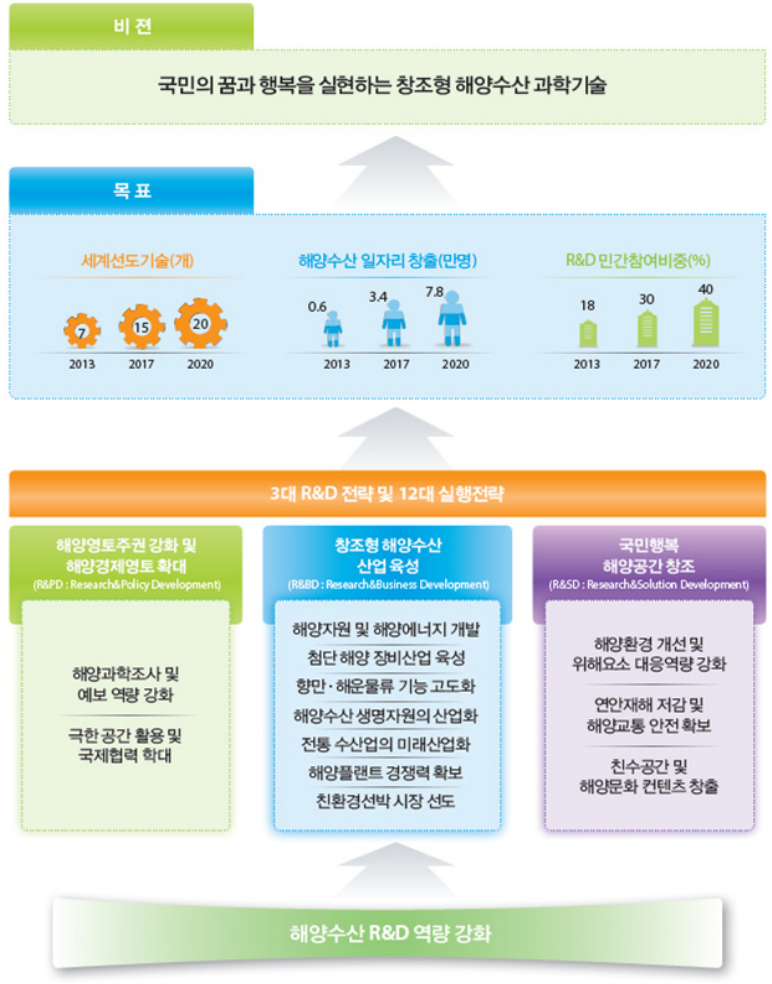
구분		내용
1단계	교육 프로그램 기획	• 기존 컨테이너크레인 조종 자격요건을 부여하는 양성과정과 유사한 벌크부두의 핵심 장비 작동법을 교육하고 육성하는 교육 프로그램 기획
2단계	이론 및 실습 프로그램 개발	• 최소 4주~8주간의 교육 프로그램 구성하고 기존 양성과정 및 연수과정에 삽입 • 주요 벌크 장비를 실습할 수 있는 교육 장비를 개발·구매 • 가상으로 장비를 작동할 수 있는 시뮬레이터 개발·구매
3단계	교육훈련 환경 조성	• 교육자가 직접 장비를 작동할 뿐만 아니라 가상으로 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션할 수 있는 교육환경을 구성
4단계	교육평가 및 개선	• 교육자를 대상으로 한 교육효과를 체크·평가 후 교육 프로그램을 개선

5. 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20) 사업개편에 미래 벌크항만 기술 반영

해양수산부는 미래의 여건변화에 대응하고 창조경제 실현에 부합하는 해양수산 R&D 추진을 위해 '해양수산발전기본법' 제 17조에 따라 '해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)을 수립하였다[181]. 상기 계획은 인구변화, 권력의 분산, 지구환경변화, 식량 및 에너지 위기, 신기술의 등장 등 메가트랜드와 이와 연계된 인구 구조조정 및 사회환경 변화, 글로벌 경제사회 및 지식경제기반, 지구온난화, 에너지 및 자원, 안보 및 안전, 과학기술 발전 및 융복합 등 해양수산 트랜드 예측을 기반으로 2014년부터 2020년까지 해양수산 R&D의 방향을 설정하고 비전 및 목표를 수립하였다[182]. 또한 비전 및 목표를 달성하기 위한 3대 R&D 전략과 12대 실행전략을 제시하고 있다[183].

181) 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)(안), 해양수산부, 2014.
182) 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)(안), 해양수산부, 2014.
183) 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)(안), 해양수산부, 2014.

〈그림 7-2〉 해양수산 R&D 중장기계획 비전 및 목표, 실행전략



자료: 해양수산R&D중장기계획보고서, 해양수산부, 2014

해운·항만 관련 R&D 전략에는 '창조형 해양수산 산업육성'이 있으며 실행전략으로는 '항만·해운물류 기능 고도화'를 들 수 있다. '항만·해운물류 기능 고도화'의 목표는 선박대형화, 재난·재해 증가 등 글로벌 환경변화에 대응하는 항만 인프라를 구축하고, 첨단기술의 발달과 더불어 해운물류시스템의 효율화 및 항만운영 자동화를 추진하는 것이다[184]. 그에 따른 중점기술로는 ① 초대형

해양항만 구조물 구축 및 활용기술, ② 항만재해대응 및 피해감지기술, ③ 친환경 항만 조성기술, ④ U기반 해운물류시스템 구축기술, ⑤ 스마트그린 항만 구축기술, ⑥ 해중터널 상용화 기술 등이 포함되어 있다[185].

〈그림 7-3〉 항만·해운물류 기능 고도화 중점기술 로드맵



자료: 해양수산R&D중장기계획보고서, 해양수산부, 2014

해당 중점기술과 연관하여 항만관련 현재 추진 중인 '저탄소자동화 컨테이너 터미널 기술개발'은 초대형 컨테이너 선박에 대응한 고생산성 완전자동화 친환경 컨테이너 터미널 기술개발을 목표로 하고 있다. 그러나 항만 주변 환경에 대한 영향이 크고 및 자동화가 뒤떨어져있는 벌크항만 관련 기술은 현재 해양수산 기술로드맵에 포함되어 있지 못하다. 본 연구에서는 고생산성, 친환경, 안전 등 분야별로 39개의 벌크항만 기술을 제안하고 있으며, 해당 기술 중 개발 우선순위가 높은 기술을 해양수산 R&D 중장기계획에서 제시하는 중점기술별로 분류하면 항만재해저감 및 피해방지기술, 친환경 항만 조성기술, U 기반 해운물류시스템 기술, 스마트그린 항만 구축기술로 분류가 가능하다.

184) 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)(안), 해양수산부, 2014.
185) 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)(안), 해양수산부, 2014.

〈표 7-6〉 미래 벌크항만 해양수산 R&D 중장기계획 반영가능 기술 및 추진로드맵

중장기 중점기술	선정 요소 기술	2016	2017	2018	2019	2020
② 항만재해 저감 및 피해방지기술	작업자 안전사고 예방 기술(보호장구)	■				
	작업자 휴대용(이동식) 가스 모니터링 장비 기술			■		
	선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌 방지 장치	■	■			
	와이어 하역 시 균형 및 회전 방지 기술	■	■			
	밀폐 공간 가스제거 장치 기술	■	■			
	드론 기반 장비 원격 검사 기술				■	■
	센서 기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술				■	■
	철재부두 우천대응 하역 지원 기술			■	■	■
③ 친환경 항만 조성기술	산화물 분진방지 기술	■	■			
	밀폐보관시설 대형화/국산화 기술	■	■	■		
④ U 기반 해운물류시스템	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템				■	■
	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술				■	■
⑤ 스마트그린항만 구축기술 (자동화)	철재화물 줄걸이/하커 기계화 조구개발 기술	■	■			
	BTC 정밀 원격 조정 기술			■	■	■
	자동 코일 리프터 개발 기술			■	■	■
	IoT 기반 태양광 에너지 동력 공급 기술			■	■	■
	장비 원격조정 기능 강화 기술			■	■	
	마그넷 하역 안정화 기술			■	■	

따라서 2016년 해양수산 R&D 중장기계획 사업개편 시 주요 벌크항만 기술을 해양수산 R&D 중장기 계획에 반영할 경우 보다 안정적인 기술개발 추진이 가능해지고, 이를 통해 국내 벌크항만의 경쟁력, 친환경성 및 항만안전을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

〈국내 문헌〉

곽규석, 문성혁, 박병인, 백인흠, 『항만운영관리론』, 2008.12.

권혁구, 서상범, 「2011·2012 국가물류비 산정 및 추이 분석」, 2014.

고용노동부, 「산업재해예방 정책의 성과와 과제: 산업·고용구조 변화에 따른 발전방향 모색」, 2012.

교육과학기술부, 「국과과학기술표준분류체계('08년 재편) 범부처 활용체계 구축」, 2010.

국토해양부, 한국해양과학기술진흥원, 「해양과학기술 연구개발사업, 연구기획방법론」, 2011, p.41.

국토해양부, 「국가물류기술혁신 중장기 기본계획 수립(1권)」, 2008.

김창환, 이상윤, "벌크항만의 서비스 품질 측정도구의 설계와 적용", 「해운물류연구」, 제27권, 제4호(통권 71호), pp. 545~561, 2011.12.

길영준, 「전략통합형 R&D를 위한 과학적 연구방법론에 관한 연구」, 과학기술정책연구원, 2002.

박석지, '탈추격형 연구방법으로서 R&D 전주기 프로세스', 한국전자통신연구원, 2013.

산업안전보건공단, 「2012년도 산업재해분석」, 2012.

신용광 외, 「계층분석과정(AHP)을 이용한 친환경농업정책 프로그램의 우선순위 결정」, 농촌경제 제28권, 제2호, pp.39~56, 2005.

원승환, 강무홍, 「컨테이너항만 하역장비의 세계 시장 현황 분석과 국내 공급기업의 발전 방안」, 한국해운물류학회, 84권, pp.939~964, 2014.

윤문섭 외, 「국가연개발의 전략기획을 위한 새로운 연구기획방법론 개발」, 과학기술정책연구원, 2004.

전형모, 이언경, 최상희, '벌크터미널 작업환경개선 및 생산성 향상을 위한 기술로드맵 수립', 2015년도 한국물류과학기술학회 추계학술대회

전형진 외, 「글로벌 무역패턴 변화와 해운산업의 대응전략' 한국해양수산개발원」, 2014.
정보통신부, 「정보통신 원천기초기술 평가 및 성과측정 방법론 개발」, 2000.
최상희 외, 「녹색기술 기반의 미래항만 개발전략과 효과분석」, 한국해양수산개발원, 2011.
최상희, 전형모, 『항만하역장비 현대화 기본계획 수립관련 호주 시드니 국외출장복명서』, KMI, 2013
태광파워홀딩스, 한국동서발전, 「베트남 남딘프로젝트 석탄운송로 조사 용역」, 2012.5.
통계청, 「2014 고령자통계」, 2014.
한국산업안전보건공단 광주지역본부, 「항만하역 안전관리 실태 및 개선방안」, 2009.
한국전자통신연구원, 「기초·,기반기술 연구의 개념정의」, 1995.
한국항만물류협회, 「항만하역재해통계 및 사례」, 2008.
한국항만물류협회, 「항만하역재해통계 및 사례」, 2012.
한국항만물류협회, 「항만하역재해통계 및 사례」, 2013.
한국항만물류협회, 「항만하역재해통계 및 사례」, 2014.
한국해양수산개발원, 「포스코 특수하역 요금 체계 개선 및 산정에 관한 연구」, 2014.5.
한국해양수산개발원, 항만수요예측센터, 「항만과 산업」, 2015년 3월호
해양수산부, 「항만하역장비 기술기준 현행화」, 2015.9.
해양수산부, 「항만하역장비 현대화 기본계획 수립 연구」, 2013.8.
해양수산부, 「해양수산R&D 중장기계획 2014~2020」, 2014.4.
해운항만물류정보센터, 「항만물동량통계」, 2015.
현대건설, 「군·장 신항만 남측안벽(3공구) 축조공사 개별 조사 보고서(제5권: 목재 및 광석 부두 운영시스템 분석」, 2005.10.
Yan Wei(严 伟), "중국 항만장비 기술의 현황 및 전망", KMI 한·중 물류기술 국제 워크숍, 2011.12.09.

〈국외 문헌〉

Clarkson, Dry Bulk Trade Outlook, March 2015, 2015.

DBIS, "Implementing terminal management systems at bulk and break bulk terminals", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

Drewry Maritime Research, 'Dry Bulk Shipping Market', TOC Europe: Bulk Ports & Technology, 2014.

Matthew Magnuson, "Practical equipment monitoring", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」

Port Technology International Edition 49, "Delivering the future today – the floating terminal Princesse Chloe", Jun. 2011.

Port Technology International Edition 54, "Ship loading and unloading: maximum flexibility and mobility", Jul. 2012.

Port Technology International Edition 59, "The benefits of telestack's mobile truck unloaders". Oct. 2013.

Port Technology International Edition 60, "Loading chutes for versatile bulk material loading", Jan. 2014.

Port Technology International Edition 64, "Engineered coal chutes reduce maintenance and extend conveyor belt life", Jul. 2011.

R.J., Berry, "Dealing with dust", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」

Stopford, M., Maritime Economics, 3rd edition, Routledge, 2009.

TBA, "Bulk terminals-design and capacity analysis simulation modeling based approch", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June 2014, London」.

Trueman, D., "Implementing Terminal Management Systems at Bulk and Break Terminals", TOC Europe 2014, 2014.6.25.

UNCTAD, Review of Maritime Transport 2014, 2014.

Vale, "Handling heavy bulk in high volumes: improving safety and performance through technology", 「TOC Europe: Bulk Ports & Technology 24th June

2014, London」.

WTO, World trade 2013, prospects for 2014. Press release No. 721. Geneva. 14 April., 2014.

〈인터넷 자료〉

경기일보, '멈춘 철도… 분주한 트럭', 2013.12.11. (http://www.kyeonggi.com/?mod=news&act=articleView&idxno=725832, 2015. 04. 07)

대덕넷(http://www.hellowdd.com), '국가 R&D 혁신 어디로 가야하나', 2015.06.10.

동부인천항만, (http://www.dongbuimt.co.kr/front/business/equipment.jsp, 2015.08.10.)

쉬핑뉴스넷(2015.7.7.), 발레막스 중국 항만 입항 허용 "벌커시장 큰 변화 예고"

쉬핑뉴스넷, "제9강 터미널(III)-재래·벌크 터미널", 2013.12.22.

https://sin.clarksons.net/timeseries

아시아경제, '태영그레인터미널, 평택·당진항 양곡부두 개장', 2015.08.10. (http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2011102515383668474, 2011.10.25.)

월간조선, "기술 없어 연간 200억 원을 땅에 묻는다", 2011년 3월호.

이덕환, '국가R&D 사업화 성공률 높이려면 관료들 선을 떼라', 2015.05.06. A37, 한국경제

중소기업중앙회, 「중소기업 연구개발(R&D) 사업화 실태조사」, 2015.

태영그레인터미널, (http://www.tygt.co.kr/grainsilo/grainsilo01.asp, 2015.08.06.)

프라임경제, '[르포] 세계최초 '밀폐형 원료 돔' 현대제철 당진제철소 가보니', 2014.06.20. (http://www.newsprime.co.kr/news/article.html?no=282837, 2015.08.03.)

한국해운신문, 'MEiC포커스, 선박공급과잉 해소, 해운시황 회복의 관건', 2014.10.02.(http://m.maritimepress.co.kr/news/articleView.html?idxno=100311)

해양한국, '[현장취재], 동부익스프레스 '인천 북항 다목적 터미널', 2008.05.02.(http://www.monthlymaritimekorea.com/news/articleView.html?idxno=2327, 2015.08.10.)

한국해양수산개발원, http://webzine.kmi.re.kr/bbs/detailView.jsp?seq=4715, 2015.1.10

EBN 스틸뉴스, '배낭 메고 사탕 들고 다니는 공장장', 2009.05.11. (http://steel.ebn.co.kr/news/view/85228, 2015.4.3.)

SP-IDC 각 년도, 화물품목별(기간별/컨테이너별)처리실적 (http://www.spidc.go.kr, 2015.11.11.)

http://biz.heraldcorp.com/view.php?ud=20110218000762&mod=skb, 2015.6.10.

http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2730, 2015.10.13.

http://korean.cri.cn/320/2008/07/16/1s124101.htm, 2015.6.10.

http://blog.daum.net/_blog/BlogTypeView.do?blogid=0BbTh&articleno=8223532&_bloghome_menu=recenttext, 2015.6.10.

http://blog.daum.net/mifaff/13430650, 2015.04.10.

http://forestnet.com/LSJissues/Jan09/double.html, 2015.6.10.

http://korean.alibaba.com/product-gs-img/--1874034206.html, 2015.6.10.

http://m.kihoilbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=236603, 2015.6.10.

http://northlandengineering.com/products/dustless-loading-spouts/, 2015.6.10.

http://siss.re.kr/upload/comment/1386305661183.pdf, 2015.6.10.

http://sy.thesome.com/bbs/board.php?bo_table=product&wr_id=12&page=0, 2015.6.10.

http://www.arck-sensor.com/?q=steel-industry/for-bridge-cranes/positioningbridgecranexy, 2015.6.10.

http://www.cepolina.com/kr/crane-derrick-site.htm, 2015.6.10.

http://www.hankieng.co.kr/project/pro_year_2004_detail.asp?subType=009&hYear=&leftType=Use &SEQNO=144, 2015.6.10.

http://www.iincheon.net/news/articleView.html?idxno=55032,2015.6.10.

http://www.kihoilbo.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=250142&sc_code=2035817336&page=783&total=16276, 2015.6.10.

http://www.kihoilbo.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=277395&page=68&total=1780, 2015.6.10.

http://www.kmrnews.com/ynews/ynews_view.php?code=NS03&pid=42262, 2015.6.10.

http://www.nocutnews.co.kr/news/982571, 2015.6.10.

http://www.nssc.go.kr/nssc/information/blogcontents.jsp?mode=view&article_no=4926&pager.offset=66&board_no=29, 2015.6.10.

http://www.scheuerle.de/en/products/new-vehicles/steel-industry/semi-finished-products-handling/pallet-carrier.html, 2015.6.10.

http://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=2584, 2015.6.10.

http://www.tygt.co.kr/grainsilo/grainsilo01.asp, 2015.08.06.

http://www.volvoce.com/constructionequipment/asia/ko-kr/products/wheelloaders/wheelloaders/L120F/Pages/specifications.aspx, 2015.6.10.

http://www.ygpa.or.kr/kr/yeosu_gwangyang_port/gwangyang_port/facilities_status/gwangyang_region/product_wharf/, 2015.6.10.

https://www.dongbuexpress.com/info/news?mode=userView&newsNo=73&pNum=61, 2015.08.10.

https://www.google.co.kr/search?q=%EC%B2%A0%EC%9E%AC%EB%B6%80%EB%91%90+LLC&espv=2&biw=1920&bih=955&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwib6JOYhOPJAhUBJKYKHVr5DMAQ_AUIBygC#tbm=isch&q=%EC%9B%90%EB%AA%A9%ED%8A%B8%EB%9F%AD&imgrc=NYdtC1uiti20AM%3A, 2015.6.10.

https://www.google.co.kr/search?q=%EC%B2%A0%EC%9E%AC%EB%B6%80%EB%91%90+LLC&espv=2&biw=1920&bih=955&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwib6JOYhOPJAhUBJKYKHVr5DMAQ_AUIBygC#tbm=isch&q=timber+grab&imgrc=f8925_uaKNjbaM%3A, 2015.6.10.

maps.daum.net 2015.4.10.

〈기타자료〉

대주중공업 인천북항 원목부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 22.

대한사이로터미널 인천항 7부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 22.

동부(주) 인천 북항터미널 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 22.

벌크항만 기술개요서 전문가 서면 자문 결과, 2015. 11.

「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 1차 수요기획위원회 개최 결과, 2015.9.4.

「벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구」 2차 수요기획위원회 개최 결과, 2015.10.5.

인천남항부두운영(주) 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 22.

포스코 광양제철소 원료부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.

포스코 광양제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 5.

포스코 포항제철소 제품부두 현장방문 및 인터뷰, 2013. 11. 7.

현대제철 인천항 고철부두 현장방문 및 인터뷰, 2015. 6. 22.

부록1. 기술개요서[186)]

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	1. 3. 벌크부두 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(V) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W(V) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	터미널 계획/설계	생산성, 경제성

2. 기술 정의

○ 일반화물 취급부두(석탄/양곡/원목/철재 등)를 건설, 확장할 경우 부두의 목표생산성/효율성을 달성하기 위해
- 평면배치, 소요장비 및 시설의 종류/대수/사양결정을 사전에 경제적으로 계획하기 위한 시뮬레이션 기술
- 거시적 터미널 운영에 대한 효율성/생산성/경제성 평가 시뮬레이션 기술

3. 기술개발목표

○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재 등)전용 설계 및 성능평가 시뮬레이터(S/W)
- 부두별 4개의 설계지원시뮬레이션 소프트웨어 개발

4. 세부 기술내용

○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 물류프로세스 모델링 기술

○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 장비 및 시설(하역/이송/적재) 모델링 기술

○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 평면배치설계 시뮬레이션 기술

○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 생산성/경제성평가 시뮬레이션 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 시뮬레이션 기반 사전성능평가를 통한 경제적/고효율 부두설계

○ 개발기간 : 3년, 개발비용 : 25억원

186) '벌크항만 기술개요서 전문가 서면 자문'(2015.11)결과 기반 KMI 작성

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	2. 4. 벌크부두 최적 운영시뮬레이션 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(V) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W(V) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	터미널 운영	생산성, 경제성

2. 기술 정의

○ 일반화물 취급부두(석탄/양곡/원목/철재 등) 운영 시 부두의 생산(효율)성 향상 및 운영비용 절감을 위해
- 기존 장비 및 시설의 작업, 운영전략을 평가/보완/최적화하기 위한 시뮬레이션 기술
- 미시적 터미널 운영에 대한 효율성/생산성/경제성 평가 시뮬레이션 기술

3. 기술개발목표

○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재 등)전용 최적 운영시뮬레이터 및 가상 터미널 에뮬레이션시스템 개발(S/W)
- 부두별 4개의 운영시뮬레이션/에뮬레이션 소프트웨어 개발

4. 세부 기술내용

○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 물류프로세스 모델링 기술
○ 다목적 부두(석탄/양곡/원목/철재)별 장비/시설의 3D시각화 및 정보제공 기술
○ TOS(Terminal Operating System)연계 가상 터미널 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 터미널운영시스템/전략 평가, 운영사의 생산성/경제성 향상을 통한 터미널 운영비용 절감
○ 개발기간 : 3년, 개발비용 : 30억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	5. 철재부두 복수코일 상하역 조구개발 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	철제 코일	하역	생산성

2. 기술 정의

○ 육상코일작업 시 상이한 규격의 복수코일을 BTC 운전자가 원격으로 그리핑(Gripping)하여 선박 홀드에 흔들림 없이 안착/해제시킬 수 있는 조구를 개발하는 기술

3. 기술개발목표

○ 복수코일을 정확히 그리핑(Gripping)하기 위한 3축(X,Y,Z) 이동제어시스템 및 장치(5톤 이내) 개발

4. 세부 기술내용

○ 3축(X,Y,Z) 방향 이동장치 제작 및 경량화 기술

○ 운전자 원격 제어 및 장비운영시스템 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 줄걸이 생산성 2배 향상(1개/회→ 2개/회), 작업인력절감(7명→1명)

○ 개발기간 : 2년, 개발비용 : 20억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	6. 철재부두 대용량 선재 마그네트 하역기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	선재 코일	하역	생산성

2. 기술 정의

○ 철재부두에서 선재작업 시 마그네트 흡착 및 낙반 방지장치를 개발하는 장치기술

3. 기술개발목표

○ 기존 선재하역작업(4개/1회)보다 2배 이상의 생산성과 경량성, 안전성을 가진 하역용 선재 안전마그네트 장치개발

4. 세부 기술내용

○ 운전자 시야확보 및 기계 경량화 설계 기술

○ 저중량·고자력 마그네트 제작 기술

○ 개별 마그네트 부착 Beam과 마그네트 연결 제어장치(체인 제외) 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 생산성 2배 향상(4개/회→8개/회), 작업인력절감(7명→3명) 및 안전성 확보

○ 개발기간 : 2년, 개발비용 : 20억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	7. 8. 철재부두 우천대응 하역 지원기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	코일(철제품)	하역	생산성

2. 기술 정의

○ 철재부두에서 우천 시 안벽장비(BTC) 하역을 위한 지원 장치 개발

3. 기술개발목표

○ 기후변화(우천)에 관계없이 상시 작업이 가능한 자동화된 선박 개폐장치 및 작업모니터링 기술 개발

4. 세부 기술내용

○ 다양한 선박 홀드작업용 범용 설계 및 제작기술
- 센서 개폐식 선박 Hold 덮개장치, 라이팅 및 이동 코일용 우천커버 장치

○ 육상 이동차량용 상부 자동개폐도어 기술

○ 운전자 작업(시야확보)용 모니터링시스템 기술

○ 선박홀드 내 매연 환기처리 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 하역생산성 향상

※ 우천 시 하역중단 90일/년 손실(하역중단,선박유휴 및 스케줄변경) 방지

○ 개발기간 : 3년, 개발비용 : 40억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	9. 철재부두 철재품 고단적 적재 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)(√) / H/W(√) S/W( ) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	철재	보관	생산성

2. 기술 정의

○ 철재부두의 부지효율성 향상과 자유로운 화물의 적재 및 입출고가 가능한 고단적 구조물(랙) 기술을 개발

3. 기술개발목표

○ 고단적을 통한 부지면적 40% 이상 절감, 리핸들링 작업을 최소화, 전천후 보관을 위한 랙 적재시스템 개발

4. 세부 기술내용

○ 고단적 경량 랙 설계 및 제작 기술

○ 고단적 랙 전용 하역장비 설계 및 제작 기술

○ 고단적 자동적재운영시스템 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 부지이용효율성 증대(Apron, 야적장 적재효율성), 리핸들링 최소화, 우천시 제품손상 방지

○ 개발기간 : 3년, 개발비용 : 30억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	10. 원목부두 적재생산성 향상 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)(√) / H/W(√) S/W( ) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	원목	하역	생산성

2. 기술 정의

○ 원목부두의 부지효율성 향상과 자유로운 화물의 적재 및 입출고가 가능한 고단적 구조물(랙) 기술을 개발

3. 기술개발목표

○ 고단적을 통한 부지면적 40% 이상 절감과 리핸들링 작업을 최소화 한 택 적재시스템 개발

4. 세부 기술내용

○ 고단적 경량 랙 설계 및 제작 기술

○ 고단적 랙 전용 하역장비 설계 및 제작 기술

○ 고단적 적재운영시스템 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 부지이용효율성 증대(Apron, 야적장 적재효율성), 리핸들링 최소화

○ 개발기간 : 2년, 개발비용 : 20억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

<table>
<tr><td>기술
(과제,사업)명</td><td colspan="3">11. 원목부두 화물 상하역 계측 및 모니터링 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기술분류</td><td colspan="3">기술유형</td></tr>
<tr><td colspan="3">기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)</td></tr>
<tr><td>대상품목</td><td>기능</td><td>목표</td></tr>
<tr><td>원목</td><td>하역</td><td>생산성/정확성</td></tr>
</table>

2. 기술 정의

○ 원목부두 작업 시 화상 자동인식 기술 및 RFID를 활용하여 화종별/화주별 하역량 정보 제공 및 모니터링을 위한 기술

3. 기술개발목표

○ 100% 화물 하역량 및 화주정보 인식 기술개발

4. 세부 기술내용

○ 자동화물영상인식 및 수량측정시스템 기술

○ RFID를 이용한 화물위치정보시스템 기술

○ 화물정보 DB 구축기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 화물의 망실에 대한 정확한 정보 제공, 하역 작업시간 예측

○ 개발기간 : 1년, 개발비용 : 10억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	12. 13. 벌크부두 지능형 운영시스템 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	원목/석탄/철재/양곡	정보 및 관리	생산성

2. 기술 정의

○ 일반화물 취급부두(석탄/양곡/원목/철재 등) 운영 시 자동화 하역시스템의 증가에 따라 부두 생산성 향상, 운영비용 절감, 안전성 확보를 위한 차세대 지능형 부두운영시스템을 개발

3. 기술개발목표

○ 일반화물 취급부두(석탄/양곡/원목/철재 등) 별 자동화된 운영계획시스템 및 부두통제시스템을 개발

4. 세부 기술내용

○ 부두별 자동화 운영계획시스템 기술

○ 부두별 실시간 자동화 운영통제 및 제어시스템 기술

○ 부두별 실시간 하역 및 운영, 장비 정보 DB 구축 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 하역생산성 향상, 안전사고 예방, 터미널 운영비 절감

○ 개발기간 : 3년, 개발비용 : 50억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	14. 하카작업 단순화 기술(철재)		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)() / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	후판	하역	생산성

2. 기술 정의

○ 하카하역은 인력과다 투입 및 안전위험 해소를 위한 기계화 기술

○ 사전작업의 능률성 확보를 위해 후판 1회 작업단위 sling 조건(20톤, 두께 12cm)을 충족하고, 여러매수의 하카를 걸 후판 sling 측면을 맞추는 기술

3. 기술개발목표

○ 후판 자동 sling 장치 개발

○ 선적용 후판 조구개발 (운전원 원격제어 및 sling 사이 각재 투입장치)

4. 세부 기술내용

○ 다양한 사양의 후판 위치 맞춤기술

○ 정밀 고속 위치이동 및 자동제어 기술

○ 하중 지지를 위한 Shoe 및 마찰극복 in-out 기술

※ 5cm 후판 sling 사이에서 20톤하중 지지

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: 하역 사전작업 기계화로 선적시간 단축 및 생산성 향상 2배

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 20억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	15. 마그네트 하역 안전화 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)() / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	후판	하역	생산성

2. 기술 정의

○ 동일 자중에서 마그네트 고자력화

※ BTC 능력을 고려한 마그네트 자중의 자력깊이는 5cm이나, 외적 가변여건의 불안정성으로 인한 안전문제 때문에 능력의 70%수준으로 하역

○ 마그네트 작업자의 불안감 해소 장치 개발

3. 기술개발목표

○ 동일 마그네트 자중 2.5배 자력 마그네트 개발 (착지항 1 sling 12cm 고려)

○ 작업자 불안감 해소 및 이동 중 낙반 이중 안전장치 개발

4. 세부 기술내용

○ 고자력 마그네트 기술

○ 이동 중 동하중에 따른 낙반 대비 이중 안전장치 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과

- 후판 1회 하역량 2배 향상

- 노무생산성 향상 (11명 → 3명)

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 20억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

<table>
<tr><td>기술
(과제,사업)명</td><td colspan="3">16. 그랍사용 원목하역시 파손 방지 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기술분류</td><td colspan="3">기술유형</td></tr>
<tr><td colspan="3">기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)</td></tr>
<tr><td>대상품목</td><td>기능</td><td>목표</td></tr>
<tr><td>석탄, 광석</td><td>하역</td><td>안전성</td></tr>
</table>

2. 기술 정의

○ 화종별로 그랍이 잡는 힘을 조절할 수 있는 기술 (다목적, 표준화)

○ 긴급 및 위험 상황 시 자동 경고 기술

3. 기술개발목표

○ 화종별 그랍의 압력 조절 기능을 갖춘 기기(H/W, S/W) 개발

○ 화물 낙하 방지 기술 개발

4. 세부 기술내용

○ 화물의 두께 및 강도에 따라 그랍의 집게 압력 강도 조절 기술

○ 화물 인양 시 센서 기반의 낙하 위험 자동 인식 기술

○ 긴급 및 위험 상황 시 자동 전송된 신호 기반 그랍 압력 조절 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과

- 와이어 대체에 따른 생산성 향상
- 화물 낙하 방지에 따른 파손 예방

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 20억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	17. Belt Scale 측정개선 및 국산화		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄, 광석, 석치석, 석고	하역	생산성

2. 기술 정의

○ 기존 벨트컨베이어 이송 시 무게 측정 정확도 개선 기술

3. 기술개발목표

○ 기존 해외 제품보다 무게 측정 정확도 개선

※ 무게 측정의 정확한 오차범위 3% 이내 달성

○ 기존 해외제품보다 저렴한 제품 개발

4. 세부 기술내용

○ 무게 측정 센서 기술

○ Belt Scale 측정량과 실제 하역량 오차 범위 조정 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과

- 측정수치 정확도 기여향상으로 업무효율상승 및 국산제품 경쟁력 기대

- 수입품 대체, 제품 국산화로 비용절감 기대

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 15억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	18. IoT + Big Data + Cloud + 3D 기술 통합 운영 시스템		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(V) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(V)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	터미널운영	생산성, 경제성

2. 기술 정의

○ 일반화물 취급부두 운영 시 부두의 생산성(효율성) 향상, 안정성 확보, 경제적인 항만 운영을 위해

- 장비, 인력, 화물, 선박 등에 부착된 센서에서 수집된 운영 정보를 기반으로 최적화하기 위한 통합 운영 시스템 개발
- 하역 및 운영 정보 DB구축 기술
- 자원 계획/할당 등 최적 운영 기술
- IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템

3. 기술개발목표

○ IoT 기반의 작업 현장의 정확한 정보(사물의 위치, 상태 정보, 등) 관련 기술 개발(H/W)

○ 석탄/양곡/원목/철재 터미널을 포함하는 다목적 부두에서 고 생산성을 달성할 수 있는 운영시스템 개발(S/W)

4. 세부 기술내용

○ IoT를 활용하여 작업 현장 내 화물, 장비 및 작업자 대상 실시간 위치 및 상태 정보 수집 및 가공 기술

○ 실시간 수집된 데이터로부터 재 취급 절감 및 예측을 위한 Big Data 기술

- 예약 관리, KPI 관리 및 운송사 인센티브 제공, 등

○ 항만 간 통합 연계 화물/하역 정보 교환 서비스

- 화물 신고 및 결과 보고 연계 통합 EDI 서비스

○ 중소형 운영사를 위한 운영시스템 클라우드 서비스

- 작업을 효율성을 달성할 수 있는 Smart Work 기반 운영시스템

- 클라우드 서비스의 신뢰성 확보를 위한 서비스 이중화, 불법 접속 차단 및 정보 유출 방지를 위한 보안 기술

○ 작업 공간, 화물 및 하역 장비 작업에 대한 3D 공간 관리 및 의사결정 기술

- 작업 공간, 화물 및 하역 장비에 대한 3D 공간을 고려한 의사결정 기술

- 장비 배차, 작업 순서 결정 최적화 기술

- 자원 계획 최적화 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과

- 터미널 운영사의 하역 생산성 및 경제성 향상을 통한 터미널 운영 비용 절감

- 작업자의 작업 위치 및 상태 정보 확보로 안전성 확보

○ 개발기간: 3년, 개발비용: 50억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	19. 하역장비 훈련용 시뮬레이터		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	터미널운영	생산성/안전성

2. 기술 정의

○ 일반화물 취급 시 발생하는 다양한 위험성으로 인한 사고율을 감소시키기 위하여 사전 정의된 위험 상황에 대해 시뮬레이터를 가지고 연습 훈련하는 기술

3. 기술개발목표

○ 일반화물 취급을 위한 하역장비 위험성에 대한 훈련용 시뮬레이터(H/W) 개발

○ 개인별 훈련 결과를 축적하여 관리하는 소프트웨어 개발

4. 세부 기술내용

○ 일반화물 하역에 대한 위험성 및 위험발생 순위 평가기술

○ 일반화물 취급 시 발생하는 위험상황에 대한 대처 훈련을 사전에 하기 위한 하역장비 훈련 시뮬레이터 구축 기술

○ 개인별 훈련 결과, 실수 유형, 대처 방법을 정의한 데이터베이스 구축 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과

- 기존 운전자 및 신규운전자 교육자료 활용으로 사고율 Zero 달성
- 다양한 위험성을 시뮬레이터로 사전 경험함으로써 실제 운전시의 대형사고 사전예방(post 손상방지)

○ 개발기간: 3년, 개발비용: 30억

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	20. VR기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(V) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(V)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	터미널운영	교육훈련

2. 기술 정의

○ 벌크화물 종류에 따른 VR 기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터

3. 기술개발목표

○ 벌크 화물의 종류에 따른 체감형 하역장비 훈련용 시뮬레이터 시스템 개발 (H/W + S/W)

○ 석탄/양곡/원목/철재 터미널을 포함하는 다목적 부두에서 현장 작업자가 체감할 수 있는 VR 기반의 안전 훈련 시뮬레이터 개발(S/W)

4. 세부 기술내용

○ 벌크 터미널의 시설, 장비, 화물에 대한 3D 모델링 및 HD급 시각화 컨텐츠 개발 기술

○ 벌크 화물의 종류에 따른 하역장비 훈련용 시뮬레이터 기술

- 실제 하역장비와 동일한 교육 효과를 제공하기 위해 6축 모션 기반의 체감형 훈련 시뮬레이터 (6축 모션, 조작반 등)
- 각종 화물을 취급하는 실제 장비와 동일한 시각처리 및 효과음 제공

○ VR 기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터

- 선창 내 안전작업 훈련(움직임 등)

※ 선창 작업 시 홀드에 들어갈 경우 질식 사망사고 예방 교육 등

※ 미끄러운 미송 작업에 따른 안전 작업 반복 훈련 등

- 교육생 대상 교육효과 평가 등

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 - 체감형 교육훈련 시스템을 통해 장비 기사 및 현장 작업자의 교육 효과 향상 - 다양한 위험 상황에 대한 반복 교육을 통한 안전 교육 등으로 우수한 작업자 양성 ○ 개발기간: 3년간, 개발비용: 50억원 예상

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	21. 센서기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	터미널운영(검사)	안전성

2. 기술 정의

○ 센서 등을 이용하여 장비/시설물의 크랙(crack) 위치와 상태를 파악하는 기술

3. 기술개발목표

○ 검사원의 접근이 어려운 장비 및 시설물(구조물) 내부의 크랙 위치와 상태 등의 안전성을 사전 점검하기 위한 센서 기술 개발

4. 세부 기술내용

○ 응력, 온도, 광섬유 등을 이용한 음성 센서 등 센서 기술

○ 음성발사 등 센서에서 전송하는 정보를 기반으로 장비/시설물의 크랙 위치 및 상태를 분석/예측하는 기술

※ 음성센서를 이용한 음성발사 검사를 통하여 석탄부두의 적재·적출기 및 시설물 지붕부의 크랙 위치 및 상태를 확인

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: 장비 및 시설물의 상태를 사전에 예측하여 안전성 강화

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 10억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	22. 드론기반 장비원격 검사기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	터미널운영(검사)	안전성

2. 기술 정의

○ 고공의 접근불가 장비 및 시설물(구조물) 부분에 대한 간편 육안검사를 위하여 공중 드론을 활용하는 기술

3. 기술개발목표

○ 주요구조물의 이상 유무를 영상으로 전송/확인하는 기술 개발

○ 드론제어 및 자동충돌 회피 시스템 개발

4. 세부 기술내용

○ 무선데이터 영상전송 및 사진촬영기술

○ 주요 구조물의 이상 유무를 영상으로 확인하는 핸드헬드(handheld) 기술

○ 줌인, 줌아웃 및 틸팅(tilting) 기술

○ 장애물 출동 회피를 위한 드론제어 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: 고공의 접근불가 장비 및 시설물(구조물) 부분의 간편 확인을 통한 검사시간 단축, 사전 사고 예방을 통한 안전강화

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 10억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	23. ST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄, 광석	하역	안전성

2. 기술 정의

○ 주요 구동부의 감속기 및 모터를 보호하기 위한 설비의 이상 자동감지 및 자동 Start/Stop/사전경고 시스템 개발

3. 기술개발목표

○ 기존 오류인식 센서 보다 기능(진동, 온도, 소리 등)이 향상된 제품 개발

○ 센서를 통한 정보 인식 후 중앙통제실 시스템과 자동으로 연계되어 작동을 제어하는 소프트웨어 개발

4. 세부 기술내용

○ 온도, 진동, 작동유 레벨, 소리 등을 체크하기 위한 센서 개발 기술

○ 중앙통제실 Monitor 기능에 연계 기술

○ 주요 구동부 이상 시 경고 및 알람 기술

○ 이상 발생 시 장비의 비상정지를 위한 제어 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: 사전경고시스템에 의한 대형사고 방지(경비절감효과기대)

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 15억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	24. 와이어 하역시 균형 및 회전 방지 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	원목	하역	생산성/안전

2. 기술 정의

○ 화물 인양 시 와이어의 흔들림을 제어하는 기술

3. 기술개발목표

○ 화물 인양시 와이어의 균형 유지, 회전 시 흔들림을 제어하는 기기 개발

4. 세부 기술내용

○ 크레인의 후크와 화물의 연결고리인 와이어가 회전을 하지 못하도록 고정하는 기술

○ 와이어의 균형 유지 및 흔들림을 제어하는 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: 와이어 회전에 따라 발생하는 선창과 화물의 충돌 방지, 선측 하역 시 안정성 확보

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 10억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	25. 가상 안전평가 시뮬레이터 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	운영	안전성

2. 기술 정의

○ 일반화물 처리 시 장비 작업 및 현장 작업자 안전성을 확보하기 위하여 안전도 평가 및 관리를 목적으로 한 가상 시뮬레이터 기술

3. 기술개발목표

○ 장비 작업 안전성 관리 기술 개발

○ 현장 작업자 안전성 관리 기술 개발

○ 안전도 평가 및 관리 기술 개발

4. 세부 기술내용

○ 장비 작업 안전성 관리 기술
- 선박구조물 및 하역장비 근접 시 충돌방지 장치
- 하역 및 운반 작업 중 작업자 안전 보호 장치 등

○ 현장 작업자 안전성 관리 기술
- 3D 영상 인식 기술을 통해 작업의 작업 동선 모니터링을 통한 경보 알람
- 작업자의 이상 동작에 따른 경보 알람 등

○ 안전도 평가 및 관리 기술
- 안전평가에 대한 체크리스트 관리
- 기존 사고 사례 DB화를 통한 분석 및 예측 서비스

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: 터미널 운영사의 작업 안전성 및 신뢰성 향상

○ 개발기간: 3년, 개발비용: 30억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	26. 안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/원목/철재	하역	안전성

2. 기술 정의

○ 작업 모니터링을 통하여 안전구역 이탈 및 보호 장구 미 착용시 자동 경고하는 시스템 개발

3. 기술개발목표

○ 하역작업 모니터링 및 이상 상황 자동인식에 의한 경고 기기 개발

4. 세부 기술내용

○ 센서 기반의 안전 구역 이탈 자동 경고 기술

○ 안전보호장구 착용 여부를 영상으로 확인하는 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: 작업상황 모니터링을 통한 안전 강화

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 5억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	27. 선박구조물 및 하역장비 충돌방지 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/원료	하역	안전성

2. 기술 정의

○ 석탄 등 CSU 하역 작업시 발생할 수 있는 선박과 장비 간 충돌을 사전에 경고 및 정지하는 기술

3. 기술개발목표

○ 선박구조물 접근을 감지 및 경고할 수 있는 센서 개발

○ 근접 시 자동으로 경고 및 정지시킬 수 있는 비상 안전시스템 개발

4. 세부 기술내용

○ 선박 - 장비별 동작분석 및 충돌위험 분석

○ 선박구조물 - 하역장비 근접(1m) 센싱 기술

○ 자동경고 및 비상정지 시스템 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: 장비와 선박간 충돌 방지로 작업자 안전 및 사고비용 절감

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 10억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	28. 장비 원격조정기능 강화기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/원료/철재	하역	생산성/안전성

2. 기술 정의

○ 하역장비 원격(리모트) 조정 시 장비의 조작성 및 반응성, 작업 생산성 향상 기술

3. 기술개발목표

○ 원격조정(리모트)시 장비 조작성 및 반응성 개선

○ 고감도 영상처리 및 전달을 통한 정밀작업 능력 향상

4. 세부 기술내용

○ 안티스웨이(철재) 등 장비 조정능력 향상 기술

○ 고감도 영상처리 및 전송기술

○ 비상시 자동경고 및 비상정지 시스템 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: 캐빈인 아닌 지상이나 센터에서 원격으로 조성 시 생산성 향상, 작업자의 진동에 대한 건강상 피해 최소화

○ 개발기간: 2년, 개발비용: 20억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	29. 작업자 안전사고 예방 기술(보호장구)		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W(√) S/W( ) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	원목, 석탄	하역	안전

2. 기술 정의

○ 선창 내 작업자 진입시 가스에 중독을 방지하며 착용이 간편한 장구

3. 기술개발목표

○ 기존의 무겁고 답답한 마스크가 아닌 작업자가 작업중에 간편하게 휴대 및 빠른 착용이 가능한 가스 중독 방지 마스크

4. 세부 기술내용

○ 화물(석탄, 원목 등)별 발생 가스분석 및 방지기술

○ 인간공학적 마스크 착용 형태 및 구조 개선기술

○ 화물별 발생 가스 특성에 따른 경량 간편마스크 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 작업 시 방독면 착용에 따른 불편함 해소로 작업자 안전 확보 및 작업생산성 향상

○ 1년 5억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	30. 작업자 휴대용(이동식) 가스모니터링 장비기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W(√) S/W( ) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	원목, 석탄	하역	안전

2. 기술 정의

○ 선창 및 밀폐공간 내 유해가스를 빠르게 감지 및 작업자에게 경고할 수 있는 휴대용(이동식) 가스인식 장치기술

3. 기술개발목표

○ 원목이나 석탄 등 가스발생 위험성이 높은 화물 선내 작업 시 작업자가 휴대(또는 이동식 간이설치)하여 작업자 본인이 인지하지 못하더라도 가스발생을 인지 경고하는 기술

4. 세부 기술내용

○ 유해가스 인지 및 경고장치

○ 장비 경량화 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 유해가스 발생을 작업자가 사전에 인지하여, 빠른 대처(대피 또는 간편 가스마스크 착용)를 통한 작업자 안전 확보

○ 1년 5억 원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	31. 밀폐공간 가스제거 장치기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W(√) S/W( ) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	원목, 석탄	하역	안전

2. 기술 정의

○ 선창 및 밀폐공간 내 유해가스를 빠르게 감지 및 제거(또는 배출)할 수 있는 이동식 장비

3. 기술개발목표

○ 원목이나 석탄 등 화물에 대한 선내작업 시 가스가 발생할 경우 바로 유해성분을 분해하거나 선창외부로 배출할 수 있는 장비 개발

○ 경량화 및 이동식 장비로 작업 시 손쉽게 선내에 설치 및 회수할 수 있는 장비

4. 세부 기술내용

○ 화물(석탄, 원목 등)별 발생 가스분석 및 분해기술

○ 분해가 불가능한 가스에 대한 선박 외 배출기술

○ 유해가스 고감도 인지 기술

○ 경량화 등 이동성 강화 및 간편설치 가능한 장비개발 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 작업공간 내 빠른 가스제거를 통한 작업자의 안전확보

○ 2년 10억 원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	32. 밀폐보관시설 대형화/국산화 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	양곡, 석탄	보관	친환경성/안전성

2. 기술 정의

○ 분진발생 및 화재가능성이 높은 화물을 대량으로 안전하게 보관 및 모니터링 할 수 있는 밀폐보관시설 시스템 기술

3. 기술개발목표

○ 양곡, 석탄 등에서 발생하는 분진을 막기 위한 대형 밀폐보관시설 기술 개발

○ 화물의 밀폐 및 장기보관에 따른 화재발생 위험 감지 및 대응, 화물상태를 지속적으로 모니터링 할 수 있는 시설 개발

○ 밀폐공간 내에서 화물을 안전하고 효율적으로 처리할 수 있는 자동화 야드처리장비(ST/RE) 개발 등

4. 세부 기술내용

○ 돔이나 창고 내 지속적 화물 모니터링(사전감지 센서) 및 경고/대응 시스템 기술

○ 대형 밀폐시설 경제적 건설기술(설계지원시뮬레이터 포함)

○ 밀폐공간 내 야드화물 처리 자동화 장비기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 화물의 밀폐보관을 통한 친환경성 확보 및 화재, 분진폭발 등 위험 방지

○ 3년 150억 원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	33. 산화물 분진방지기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W(√) S/W( ) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	양곡, 석탄	보관	친환경성/안전성

2. 기술 정의

○ 하역 작업중에 발생되는 분진을 최소화 할 수 있도록 장비 설계

○ 집진기(dust collector)기능에서 미세한 분무장치 기능 확대

3. 기술개발목표

○ 기존 집진기능에 미세분무기능 추가로 선박 Hold 및 Hopper에서 발생되는 분진억제 기술 개발(기존분진 발생률 70% 감소 목표)

4. 세부 기술내용

○ 미세 분무장치 기술(미세한 분무(안개), 살수장치 등)

○ 화물 상태에 따른 분무형태 및 분무량 조절 기술

○ 기타산화물(우드팰렛, 양곡, 원료)에 동시적용 여부검토

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 하역작업 시 필연적인 분진발생 감소로 환경성 개선

○ 친환경적 설비구축으로 인한 작업능률향상(분진이 심할 경우 Monitor 화면 확인안됨)

○ 2년 10억원 소요

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	34. BTC 정밀 원격조정 기술 개발		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	철재	하역	생산성/경제성

2. 기술 정의

○ BTC 원격하역 정밀도 및 안정성 향상 기술

3. 기술개발목표

○ BTC 원격하역 정밀도 향상으로 보다 다양한 제품(기존 후판에만 적용)에 자동화 원격하역 적용

○ 선박 흘들림에 제품손상 방지 및 Hold에 직접 놓을 수 있는 기술개발

4. 세부 기술내용

○ 선박의 흔들림, 안티스웨이(철재) 등 장비 자동 정밀대응 기술

○ 선박내부 구조 3D 스캐닝 및 고감도 영상처리/전송기술, 화물자동 포지셔닝 기술

○ 센서기반 철재화물 파손방지 기술

○ 비상시 자동경고 및 비상정지 시스템 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과: BTC 원격 하역의 대상품목 확대를 통한 경제성 및 생산성 확보, 장비 진도에서 작업자 보호

○ 개발기간: 3년, 개발비용: 50억원

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	35. 철재화물 줄걸이/하커 기계화 조구개발 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	철재(후판)	하역	생산성

2. 기술 정의

○ 하역인력 과다투입 및 생산성 불안정 해소를 위한 기계화 조구개발

3. 기술개발목표

○ BTC 운전자 원격조작으로 단독작업 가능 조구 개발

○ 현재 4인 작업 줄걸이/하카작업 인원을 2인으로 작업가능 기술개발

4. 세부 기술내용

○ 선박 흔들림 대응 및 조구가 선내 적재간섭을 최소화 하는 Gripping-Open 기계화 조구 개발

○ 자동 줄걸이 기술 개발

○ 줄걸이 자동해제 기술 개발

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 노무생산성 향상 (4명 → 2명)

○ 2년 10억원 소요 예상

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	36. 자동코일 리프터 개발기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W(√) S/W( ) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	철재(코일)	하역	생산성/경제성

2. 기술 정의

○ 코일하역작업을 자동으로 수행하는 장비 개발

3. 기술개발목표

○ 항만하역 여건(바람, 선박의 흔들림)에 적합한 자동코일리프터 개발

○ 2단코일 처리가능, 선박 적재시 공간 낭비 방지(기존 시험장비 문제점 보완)

4. 세부 기술내용

○ 선내 적재간섭을 최소화 코일리프터 개발

○ 장비 구조 간소화 및 경량화 기술

○ 안티스웨이 및 선박 흔들림 대응 기술 개발

○ 화물손상방지 기술 개발

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 운영비 절감 및 생산성 향상

○ 2년 20억원 소요 예상

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	37. IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W(√) 복합( )		
	대상품목	기능	목표
	전품목	운영	경제성/생산성

2. 기술 정의

○ 무인벌크 하역시스템에 적용이 가능한 운영시스템(TOS)

3. 기술개발목표

○ 무인장비 제어 및 통제에 적합한 운영시스템 개발

○ 무인장비의 위치인식 및 제어, 3D공간관리 등 활용

4. 세부 기술내용

○ 원격지, 현장 작업자용 통합 정보 관리

○ 화물의 특수성을 고려하여 3D 공간 정보 관리, 시각화 처리

○ 화물에 대한 사전 검사를 영상 및 IoT 인식 기술

○ IoT 기반 BigData 분석을 통해 화물 재 취급 절감

○ 중/소형 운영사를 위한 클라우드 서비스 제공

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 자동화 시스템에 걸맞는 최적의 운영시스템 개발로 항만운영비용 절감

○ 2년 10억원 소요 예상

벌크항만 기술 개요서

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	38. IoT 기반 태양광 에너지 동력공급기술		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)(√) 기술조합(사업화)(√) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	전품목	전기능	경제성

2. 기술 정의

○ 태양광 에너지를 활용, 벌크 항만 내 장비를 운용하는 기술

3. 기술개발목표

○ 태양광 에너지를 항만 동력을 사용하는 기술개발

○ 전력의 저장, 공급체계 및 장비의 전기화 추진

4. 세부 기술내용

○ 태양광 패널 설치 사업

○ 효율적인 태양광에너지 집적 및 보관(ESS), 운용 및 공급 기술

○ IoT 및 빅데이터 분석을 통한 최적 전력운용 기술

○ 벌크하역장비 및 이송, 보관시설 전력화 사업

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 동력비용 절감 및 터미널 내 온실가스 배출 절감

○ 3년 50억원 소요 예상

벌크항만 기술 개요서

P2

1. 기술개요

기술 (과제,사업)명	39. 벌크부두 노후장비 수명연장 기술개발		
기술분류	기술유형		
	기술개발(R&D)( ) 기술조합(사업화)( ) / H/W( ) S/W( ) 복합(√)		
	대상품목	기능	목표
	석탄/양곡/철재	하역/이송/보관	경제성

2. 기술 정의

○ 일반화물 취급부두(석탄/양곡/원목/철재 등) 운영 시 노후장비 및 시설의 부품 국산화 기술개발을 통한 경제적 부두운영 실현

3. 기술개발목표

○ 일반화물 취급부두(석탄/양곡/원목/철재 등)별 하역장비 및 시설의 내구연한 산정 및 수명 연장(15년)을 위한 설계/부품 국산화

4. 세부 기술내용

○ 하역장비 및 시설 정밀진단 신뢰성 확보기술

○ 핵심전자부품 및 제어시스템(디지털드라이브, 유압 등) 국산화 기술

5. 기대효과 및 개발(사업화)기간, 비용

○ 기대효과 : 부두별 유지보수 비용절감 및 생산성 향상, 안전사고를 방지, 장비 수명연장 등 부두 운영비용 절감

○ 개발기간 : 3년, 개발비용 : 20억원

부록2. 서면자문서

ID				비) 본 조사내용은 통계법 제33조에 의거 비밀이 보장되며 통계목적 외에는 사용되지 않습니다

벌크항만 미래기술개발 전략수립 연구 서면자문서

본 서면자문의 목적은 석탄, 철재, 원목, 양곡 등 벌크터미널 현장에서 조사된 문제점 및 해외 선진기술 동향을 조사하여 도출된 39개 벌크터미널의 미래기술에 대한 평가 및 개발추진 우선순위를 정하는데 있습니다.

본 자문에서 제시되는 39개 기술들은 2차에 걸친 현장수요조사 및 문헌조사, 3차에 걸친 전문가 자문(자문회의 2차, 서면자문 1차)을 통해 필요성, 기술적 실현가능성, 시장성, 경제성 및 파급성이 있다고 판단되어 도출되었으며 또한 각 기술별로는 기술의 정의 및 개발목적, 세부기술 및 기대효과를 간략하게 정리한 기술개요서도 작성되었습니다.

따라서 각 자문자 분들은 각 기술별로 제시된 기술개요서를 꼼꼼히 확인하시고 전문가적 관점에서 각 기술의 필요성, 시급성, 기술성, 시장성, 경제성, 확장성 및 파급성을 판단해 주시기 바랍니다.

자문 여러분의 판단은 향후 해당기술의 추진우선순위에 큰 영향을 미치므로 신중한 평가를 부탁드립니다.

서면자문에 응해주신 자문자 여러분께는 자문비(100,000원/인)를 지급해 드리고 있습니다. 자문비용 지급을 위해 본 서면자문서 마지막에 첨부되어 있는 서면자문 확인서도 함께 작성하여서 10월 23일 금요일까지 제출하여 주시기 바랍니다.

자문에 대한 **응답내용은 통계법에 의거 비밀이 보장되며, 자문결과는 연구목적 이외에는 결코 사용되지 않을 것입니다.**

연구 주관기관			서면자문결과 제출처
한국해양수산개발원	최상희 실장(연구책임자)	051-797-4681	이메일: hmjeon@kmi.re.kr
	이언경 전문연구원	051-797-4682	fax: 051-797-4659
	전형모 전문연구원	051-797-4683	(담당자: 전형모 전문연구원)

I. 일반사항

1. 자문자 현황

회사명					
응답자 성명		직위		경력 (년)	
전화번호			이메일		
2014년 매출액 (백만원)	_____백만 원		조직 (명)	_____명	
업체종류	① 벌크 항만운영사 ② 검사업체 ③ 장비제작업체 ④ 학교 ⑤ 연구소 ⑥ 정부 및 공공기관 ⑦ 기타( )				
주요 취급/생산 제품 (해당되는 경우)	① 석탄/원료 ② 양곡 ③ 철재/고철 ④ 원목 ⑤ 기타( )				

2. 평가요소 의미

평가요소는 필요성, 시급성, 기술적 실현가능성, 시장성, 경제성, 기술확장성, 파급성이 있으며 각각 평가요소가 의미하는 바는 다음과 같음

평가요소	의미
필요성	항만현장에서 해당 기술이 필요한 정도
시급성	해당 기술의 시급성
기술적 실현가능성	해당 기술이 실제 기술적으로 구현이 가능한 정도
시장성	해당기술의 개발되었을 때 예상되는 시장규모의 크기
경제성	해당기술의 개발되었을 때 예상되는 개발 비용대비 발생 편익
기술 확장성	기술개발 이후 타분야 등으로 기술확장 및 적용 가능성
파급성	기술개발로 인한 작업현장 및 기타 지역적, 국가적 파급효과

Ⅱ. 평가요소 가중치 분석(AHP 분석)

1. 가중치 평가방법

1:1로 구성된 벌크항만 미래기술 평가항목에 대한 상대적 중요도를 평가하여 아래 표를 참고하여 해당 숫자에 표시하여 주십시오.

쌍대비교점수	A가 B 보다
1	동등하다
2	약간 중요
3	중요
4	매우 중요
5	절대적으로 중요

예시 1) 필요성이 시급성보다 중요하다

평가요소	상대적 중요도									평가요소
필요성	5	4	[3]	2	1	2	3	4	5	시급성

예시 2) 시장성이 경제성보다 매우 중요하다

평가요소	상대적 중요도									평가요소
경제성	5	4	3	2	1	2	3	[4]	5	시장성

※ 작성 시 주의사항

설문 작성을 위한 비교는 각각 상호관계가 존재하므로 논리적 일관성을 유지하여 주시기 바랍니다. 아래 예시와 같이 **"필요성"**이 **"시급성"**보다 **중요**하고, **"시급성"**이 **"시장성"**보다 **중요**하다고 평가했다면 **"필요성"**은 **"시장성"**보다 **중요**해야 합니다

예시) 필요성 > 시급성 and 시급성 > 시장성 ----> 필요성 > 시급성 (O)

2. 평가요소 상대평가

상기 평가요소 및 쌍대비교점수 의미, 논리적 일관성에 주의하여 각 평가요소에 대한 상대평가를 수행하여 주십시오

평가요소	쌍대비교점수									평가요소
필요성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	시급성
필요성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	기술적 실현가능성
필요성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	시장성
필요성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	경제성
필요성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	기술확장성
필요성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	파급성
시급성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	기술적 실현가능성
시급성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	시장성
시급성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	경제성
시급성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	기술확장성
시급성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	파급성
기술적 실현가능성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	시장성
기술적 실현가능성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	경제성
기술적 실현가능성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	기술확장성
기술적 실현가능성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	파급성
시장성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	경제성
시장성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	기술확장성
시장성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	파급성
경제성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	기술확장성
경제성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	파급성
기술확장성	5	4	3	2	1	2	3	4	5	파급성

Ⅲ. 벌크항만 미래기술 평가

1. 평가점수표

각 벌크항만 미래기술에 대하여 평가항목별로 점수의 의미는 다음과 같습니다.

절대평가점수	의미
1	매우 낮거나 없다
2	약간 낮다
3	보통이다
4	약간 높다
5	매우 높다

2. 기술절대평가

39개 벌크항만 미래기술에 대하여 각 기술별로 상기 평가점수의 의미에 따라 점수를 부여하여 주십시오. 반드시 첨부된 기술별 기술개요서를 꼭 참조하여 기술에 대한 충분한 이해 후 평가하여 주시기 바랍니다.

※ 기술 및 자문에 대한 문의사항: 이언경박사(eklee@kmi.re.kr, 051-797-4682)

번호	요소기술(기술명)	평가요소						
		필요성	시급성	기술적 실현가능성	시장성	경제성	기술 확장성	파급성
1	석탄 터미널 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술							
2	석탄 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술							
3	양곡 터미널 설계지원(계획) 시뮬레이션 기술							
4	양곡 터미널 최적 운영 시뮬레이션 기술							
5	철재부두 복수코일 상하역 조구개발 기술							
6	철재부두 대용량 선재 마그네트 하역기술							
7	대형 전전후 부두 개발 기술(철재)							
8	철재부두 우천대응 하역 지원기술							
9	철재부두 철재품 고단적 적재 기술							
10	원목부두 적재생산성 향상 기술							

번호	요소기술(기술명)	평가요소						
		필요성	시급성	기술적 실현가능성	시장성	경제성	기술 확장성	파급성
11	원목부두 화물 상하역 계측 및 모니터링 기술							
12	벌크부두 지능형 운영시스템 기술							
13	자원계획/할당 등 최적 운영 기술							
14	하카작업 단순화 기술(철재)							
15	마그네트 하역 안정화 기술							
16	그랩사용 원목하역시 파손 방지 기술(원목)							
17	Belt Scale 측정 정확도 향상 기술(석탄, 원료, 양곡)							
18	IoT + BigData + Cloud + 3D 기술 통합 운영시스템							
19	하역장비 훈련용 시뮬레이터							
20	VR기반의 체감형 안전 훈련 시뮬레이터							
21	센서기반 크랙 위치 및 정도 파악 기술							
22	드론기반 장비원격 검사기술							
23	SST/RE 감속기 및 주요 구동부 이상 시 경고기술							
24	와이어 하역시 균형 및 회전 방지 기술							
25	가상 안전평가 시뮬레이터 기술							
26	안전구역 이탈 방지, 작업자 자동인식 및 비상정지 기술							
27	선박구조물 및 하역장비 근접시 충돌방지 장치							
28	장비 원격조정 기능 강화기술(석탄, 양곡)							
29	작업자 안전사고 예방 기술(보호장구)							
30	작업자 휴대용(이동식) 가스모니터링 장비기술							
31	밀폐공간 가스제거 장치기술							

번호	요소기술(기술명)	평가요소						
		필요성	시급성	기술적 실현가능성	시장성	경제성	기술 확장성	파급성
32	밀폐보관시설 대형화/국산화 기술							
33	산화물 분진방지기술							
34	BTC 정밀 원격조정 기술 개발							
35	철재화물 줄걸이/하커 기계화 조구개발 기술							
36	자동코일 리프터 개발기술							
37	IoT 기반 벌크 터미널 운영시스템 기술							
38	IoT 기반 태양광 에너지 동력공급기술							
39	벌크부두 노후장비 수명연장 기술개발							

*** 자문에 참여해 주셔서 감사합니다 ***

벌크항만 미래 기술개발 전략수립 연구

2015年 12月 29日 印刷
2015年 12月 31日 發行

편집겸
발행인 김 성 귀

발행처 한국해양수산개발원
부산광역시 영도구 해양로 301번길26

전 화 051-797-4800 FAX : 051-797-4810

등 록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판 · 인쇄 / 크리커뮤니케이션 02-2273-1775

판매 및 보급 : 정부간행물판매센터 Tel : 394 - 0337

정가 15,000원