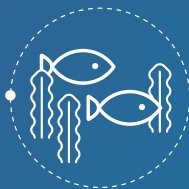


스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법·제도 개선 방안 연구

A Study on Legal and Institutional Improvement Measures
to Promote the Adoption of Smart Port Technologies

이다예 · 김보경 · 박민정 · 강무홍



스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법·제도 개선 방안 연구

A Study on Legal and Institutional Improvement Measures
to Promote the Adoption of Smart Port Technologies

이다예 · 김보경 · 박민정 · 강무홍



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	이다예, 김보경, 박민정, 강무홍
내부연구진	연구책임자 이다예 한국해양수산개발원 항만연구본부 전문연구원 공동연구원 김보경 한국해양수산개발원 항만연구본부 부연구위원 공동연구원 박민정 한국해양수산개발원 항만연구본부 전문연구원 공동연구원 강무홍 한국해양수산개발원 항만연구본부 부연구위원

연구기간	2025. 1. 1. ~ 2025. 10. 31.
------	-----------------------------

보고서 집필내역

연구책임자	이다예 연구총괄, 제1장 제1절, 제2절, 제3절 일부, 제2장 제1절, 제2절, 제4장 제1절, 제2절 일부, 제5장 제1절, 제2절 일부, 제3절 일부
내부연구진	김보경 제1장 제3절 일부, 제3장 제1절, 제3절 박민정 제1장 제3절 일부, 제2장 제3절, 제3장 제2절 강무홍 제4장 제2절 일부, 제5장 제2절 일부, 제3절 일부

산·학·연·정 연구자문위원	김선일 동원글로벌터미널 스마트랩 팀장 김광민 부산항만공사 ESG경영실 과장 김형근 국립경국대학교 초빙교수 장은혜 한국법제연구원 미래법제본부 연구위원 김범준 해양수산부 항만개발과 사무관
-------------------	--

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

우리나라 항만은 국제무역의 대부분을 처리하는 국가 핵심 인프라이자, 산업과 물류를 연결하는 전략적 거점으로서 경제성장을 견인해 왔다. 그러나 최근 전 세계적인 대외 여건이 물동량 증가세 둔화, 선박 대형화, 노동인구 감소, 그리고 제4차 산업혁명 기술의 급속한 확산 등 구조적 변화를 겪고 있다. 이러한 변화는 항만 운영 방식 전반에 근본적인 전환을 요구하고 있다. 특히 항만 생산성과 효율성을 강화하기 위한 스마트항만으로의 전환은 항만의 지속 가능한 경쟁력 확보를 위한 필수 전략으로 인식되고 있다.

스마트항만 전환은 단순한 기술 도입이나 인프라 투자에 그치지 않는다. 신기술을 적용하는 과정에서 기존 항만의 작업 방식, 운영·관리 체계 등에 전반적인 변화를 초래한다. 만약 이러한 변화를 수용할 수 있는 법제도적 기반이 함께 정비되지 않는다면 신기술 도입과 스마트항만으로의 전환을 저해하는 제약요인으로 작용할 가능성도 존재한다. 해외 주요 항만과 국내 타 산업 분야에서는 법제도 정비의 중요성을 인식하고, 신기술 도입과 법제도 개선을 병행하여 추진하고 있다. 반면, 국내 항만 분야에서는 스마트항만 전환을 체계적으로 뒷받침하기 위한 법제도 개선 방안 연구가 상대적으로 미흡하다.

이러한 문제의식에서 출발한 본 연구는 국내 스마트항만 전환을 촉진하기 위한 법제도 개선 방안을 선제적으로 제시하고자 하였다. 특히 산재해 있는 국내 스마트항만 기술개발 동향을 종합적으로 검토하고, 다양한 분야의 전문가 의견을 바탕으로 스마트항만 기술별 예상 도입 시점을 도출하였다. 또한 이에 따른 예상 변화와 잠재적 쟁점을 체계적으로 분석하고, 최종적으로 스마트항만 전환을 지원할 수 있는 법제도 개선 방안을 제시하는 체계적인 연구를 수행하였다.

본 연구에서 제안한 법제도 개선 방안은 단순히 개별 기술에 대한 단편적 규제 완화에 그치지 않고, 향후 기술 발전과 환경 변화를 포괄적으로 수용할 수 있는 기반 구축을 지향한다는 점에서 의의가 있다. 또한 포괄적인 연구 범위와 제한된 연구 기간, 폭넓은 이해관계자 의견 수렴 필요성을 비롯해 연구 과정의 많은 어려움과 제약으로 모든 개선 방안에 대해 당장 추진할 수 있을 정도의 구체적 대안을 제시하는 데 한계가

있었을 것으로 생각된다. 그럼에도 불구하고 다가올 스마트항만 전환을 준비하기 위해 중요한 의미를 지닌 연구이며, 정책 담당자와 항만 관계자들에게 미래 변화와 잠재적 쟁점을 인지하고 실질적 개선 방안을 선제적으로 모색하는데 유용한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

끝으로 본 연구의 책임을 맡아 수행한 이다예 전문연구원과 연구진으로 참여한 김보경 부연구원, 박민정 전문연구원, 강무홍 부연구위원의 노고에 깊은 감사를 드린다. 또한 본 연구를 위해 아낌없는 자문을 해주신 동원글로벌터미널 김선일 팀장, 부산항만공사 김광민 과장, 법제연구원 장은혜 연구위원, 해양수산부 김범준 사무관, 그리고 우리 연구원의 김형근 명예연구위원께도 다시 한번 감사드린다.

2025년 12월
한국해양수산개발원
원장 조 정 희

목차

정책제안 _ i

요약 _ iii

Executive Summary _ xi

01

서론 _1

제1절 연구 배경과 목적	1
1. 연구 배경 및 필요성	1
2. 연구 목적	4
제2절 연구 내용과 방법	5
1. 연구 범위 및 내용	5
2. 연구 방법	7
제3절 선행연구 검토	9
1. 선행연구 검토	9
2. 본 연구의 차별성	15

02

스마트항만 기술 도입 및 항만 환경 변화 전망 _19

제1절 스마트항만 기술개발 현황	19
1. 스마트항만 기술 정의	19
2. 국내 스마트항만 기술개발 현황	23
제2절 스마트항만 가상 모델 설정	32
1. 스마트항만 기술 도입 전망	32
2. 스마트항만 가상 모델	38
제3절 스마트항만 환경 변화 예측	40
1. 하역이송 분야 변화	40
2. 운영·관제 분야 변화	44

3. 유지관리 분야 변화	48
4. 친환경 분야 변화	49
5. 안전 및 보안 분야 변화	50
제4절 시사점	52

03 스마트항만 기술 도입에 따른 법제도 쟁점_55

제1절 항만 분야 법령 현황	55
1. 항만 관계 법령 현황	55
2. 스마트항만 관련 법제도 현황	59
제2절 잠재적 법제도 쟁점 분석	71
1. 분석 개요	71
2. 하역·이송 분야 쟁점	78
3. 운영·관제 분야 쟁점	89
4. 유지관리 분야 쟁점	92
5. 친환경 분야 쟁점	95
6. 안전 및 보안 분야 쟁점	96
제3절 국내외 법제도 개선 사례	99
1. 국외 항만 분야 사례	99
2. 국내 타 분야 사례	108
제4절 시사점	120

04 스마트항만 기술 법제도 개선 방안_123

제1절 스마트항만 법제도 개선 방향	123
1. 법제도 개선 개요	123
2. 스마트항만 분야 법제도 개선 방향 설정	128
제2절 스마트항만 기술 법제도 개선 방안	131
1. 자동화 항만 장비 정의 정립	133

2. 자동화 터미널 설계기준 개선	137
3. 항만 시설·장비 검사 및 관리 기준 현대화	146
4. 데이터 활용 및 관리 기반 조성	155
5. 스마트항만 안전 및 보안 체계 고도화	164

05

결론 및 정책제언_173

제1절 결론	173
제2절 정책제언	178
1. 스마트항만 법제도 정비 로드맵 수립	178
2. 관계 부처 및 이해관계자 간 협업 플랫폼 구축	180
3. 법제도 개선 과제의 항만기술산업 육성계획 반영 및 추진	182
4. 스마트항만 기술의 실증-제도화-환류 선순환 체계 구축	183
5. 스마트항만 전환 과정에서의 사회적 수용성 제고	184
제3절 향후 연구과제	185
1. 스마트항만 기술 수용을 위한 검사·설계·안전 기준 체계 구축	185
2. 스마트항만 관련 법제도 통합 연구	186
3. 스마트항만 전환에 따른 사회적 수용성 제고	188

참고문헌_191

표 목차

〈표 1-1〉 항만 경쟁력 요인 변화	2
〈표 1-2〉 본 연구의 흐름도	8
〈표 1-3〉 선제적 규제혁신 로드맵 수립 현황	14
〈표 1-4〉 선행연구와의 차별성	17
〈표 2-1〉 스마트항만 정의	20
〈표 2-2〉 주요 기구별 스마트항만 정의	21
〈표 2-3〉 적용 분야에 따른 스마트항만 기술 범주	22
〈표 2-4〉 스마트항만 기술 특성	23
〈표 2-5〉 국내 주요 정책의 스마트항만 기술개발 방향	25
〈표 2-6〉 하역·이송 분야 기술개발 현황	27
〈표 2-7〉 운영·관제 분야 기술개발 현황	29
〈표 2-8〉 유지관리 분야 기술개발 현황	30
〈표 2-9〉 친환경 분야 기술개발 현황	31
〈표 2-10〉 안전 및 보안 분야 기술개발 현황	32
〈표 2-11〉 스마트항만 기술 도입 전망 델파이 조사 결과	34
〈표 2-12〉 스마트항만 기술 도입 시기 분포	36
〈표 2-13〉 스마트항만 기술별 도입 예상 시기	37
〈표 2-14〉 장래 국내 발주 장비 및 TOS 물량 추정 결과	40
〈표 2-15〉 스마트항만 데이터 연계 항목	46
〈표 2-16〉 주요 사이버 공격 유형	51
〈표 2-17〉 스마트항만 환경 변화 예상	53
〈표 3-1〉 항만 분야 주요 법령과 내용	56
〈표 3-2〉 스마트항만과 유사한 분야의 규제 현황 조사	60
〈표 3-3〉 스마트항만 관련 키워드별 제도 개선 요소 파악	61
〈표 3-4〉 항만법 및 하위법령 제약 요소	63
〈표 3-5〉 항만운송사업법 및 하위법령 제약 요소	64
〈표 3-6〉 항만안전특별법 및 하위법령의 제약 요소	66
〈표 3-7〉 항만기술산업법 및 하위법령의 제약 요소	66
〈표 3-8〉 국제선박항만보안법 및 하위법령의 제약 요소	67
〈표 3-9〉 스마트항만 기술 도입 관련 주요 연관 법령	70
〈표 3-10〉 스마트항만 예상 변화 및 쟁점(안) (전문가 자문용)	73
〈표 3-11〉 쟁점별 발생 가능성 응답 결과	76

〈표 3-12〉 항만법 및 항만운송사업법에 따른 항만 장비 정의	78
〈표 3-13〉 항만시설장비 검사 종류별 검사 대상 및 항목	79
〈표 3-14〉 「항만시설장비검사기준」 무인 자동화 크레인 검사기준	81
〈표 3-15〉 항만 관련 교육 제도	85
〈표 3-16〉 항만시설 드론 비행 관련 조항	94
〈표 3-17〉 「해사 사이버안전 관리지침」 목차	98
〈표 3-18〉 중국 스마트 기술 적용 장비 표준 제정 사례	100
〈표 3-19〉 중국 스마트 정보기술 표준 제정 사례	101
〈표 3-20〉 미국 스마트항만 도입 촉진을 위한 법령 제·개정 사례	103
〈표 3-21〉 6가지 법제도 개선 유형	110
〈표 3-22〉 법제도 정비 관련 제도 개선 사례	111
〈표 3-23〉 검사 및 인증 체계 정립 관련 제도 개선 사례	113
〈표 3-24〉 안전 및 리스크 관련 제도 개선 사례	115
〈표 3-25〉 운영 및 절차 효율화 관련 제도 개선 사례	117
〈표 3-26〉 교육 및 인프라 지원 관련 제도 개선 사례	119
〈표 4-1〉 「행정규제기본법」에 따른 규제정비 계획 주요 내용	124
〈표 4-2〉 「2025년 규제정비 종합계획」 중점과제	125
〈표 4-3〉 「제1차 신산업 규제정비 기본계획」 기본 방향 및 발전 방향	126
〈표 4-4〉 「적극행정 운영규정」에 따른 적극행정 법제 원칙	126
〈표 4-5〉 「2025년 적극행정 법제 가이드라인」에 따른 적극행정 법제 개요	127
〈표 4-6〉 스마트항만 기술 도입 관련 법제도 개선 방안	132
〈표 4-7〉 「항만법 시행령」 별표 5(시설장비) 개정(안)	134
〈표 4-8〉 「항만운송사업법 시행규칙」 별표 2(항만하역장비의 종류) 개정(안)	136
〈표 4-9〉 자동화 항만 장비 정의 개선 방안	136
〈표 4-10〉 자동화 컨테이너터미널 설계 시 쟁점 사항(예시)	137
〈표 4-11〉 중국 자동화 터미널 설계 관련 지침 구성	138
〈표 4-12〉 자동화 컨테이너터미널 설계기준 주요 내용(안)	139
〈표 4-13〉 자동화 터미널 설계기준 개선 방안	142
〈표 4-14〉 「항만안전특별법 시행령」 개정(안)	143
〈표 4-15〉 「항만 및 어항 설계기준」 항만전기설비편 개정(안)	144
〈표 4-16〉 이송장비 전력공급시설 관련 법제도 개선 방안	146
〈표 4-17〉 「항만시설장비 관리규칙」 별표 1 개정(안)	147

〈표 4-18〉 「항만시설장비 검사기준」 제3장 구성 개정(안)	147
〈표 4-19〉 자동이송장비 검사 항목(예시)	148
〈표 4-20〉 자동이송장비 검사기준 개선 방안	149
〈표 4-21〉 항만시설물 안전점검 지침 개정(안)	151
〈표 4-22〉 「국제선박항만보안법」 개정(안)	152
〈표 4-23〉 「국제선박항만보안법 시행규칙」 개정(안)	153
〈표 4-24〉 첨단기술의 항만시설물 안전점검 적용 개선 방안	154
〈표 4-25〉 「항만기술산업 육성법」 개정(안)	156
〈표 4-26〉 「항만안전특별법」 및 「항만안전특별법 시행령」 개정(안)	156
〈표 4-27〉 스마트항만 기술의 개인정보 및 위치정보 활용 제도 개선 방안	157
〈표 4-28〉 항만 데이터 표준화 작업 시 주요 내용(예시)	159
〈표 4-29〉 항만 데이터 표준화 개선 방안	160
〈표 4-30〉 해외 항만 온실가스 배출량 산정 지침 현황	161
〈표 4-31〉 미국 환경보호국(EPA) 항만 배출 인벤토리 지침(예시)	161
〈표 4-32〉 주요국 항만 탈탄소화 관련 지원 정책	163
〈표 4-33〉 탄소중립 관련 기술개발 촉진을 위한 개선 방안	164
〈표 4-34〉 「부산항 항만하역 근로자 안전관리 지침」 주요 내용	165
〈표 4-35〉 총괄 안전관리계획 표준(안) 주요 내용	166
〈표 4-36〉 스마트항만 환경에 대응한 안전관리 항목(예시)	167
〈표 4-37〉 스마트항만 안전관리 지침 개선 방안	168
〈표 4-38〉 미국 해양경비대 '해상운송 사이버보안 규칙' 주요 구성	170
〈표 4-39〉 「국제선박항만보안법칙」 개정(안)	171
〈표 4-40〉 항만 사이버보안 제도적 기반 조성 방안	171
〈표 5-1〉 협의체의 주요 기능(안)	181
〈표 5-2〉 항만기술산업 육성계획 주요 내용	183

그림 목차

〈그림 2-1〉 자동화 항만 장비 기술개발 사례	27
〈그림 2-2〉 자동 이송장비 종류(AGV, IGV, ATT)	41
〈그림 2-3〉 항만 전기화 시장 전망(2025-2034)	43
〈그림 2-4〉 자동화 터미널의 TOS/ECS 회로도	45
〈그림 2-5〉 ICT 기반 항만 인프라 스마트 재해 대응 기술개발 R&D 개요도	48
〈그림 3-1〉 전문가 자문 양식(예시)	72
〈그림 3-2〉 지능형 CCTV 예시	82
〈그림 3-3〉 부산항 안전기준 매뉴얼 목차	84
〈그림 3-4〉 유럽연합(EU) 인공지능(AI) 규제법 주요 내용	90
〈그림 3-5〉 스마트항만 시범사업 정책에 따른 자율주행 시범 구역 운영 사례	102
〈그림 3-6〉 AGV 최소안전기준(예시)	106
〈그림 3-7〉 TIC 4.0 데이터 표준 효과	107
〈그림 4-1〉 법령 체계도	129
〈그림 4-2〉 데이터 표준화에 따른 데이터 교환 비교	158
〈그림 5-1〉 스마트항만 기술 도입에 따른 예상 변화·쟁점 및 법제도 개선 과제	176
〈그림 5-2〉 스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법제도 개선 방안	177
〈그림 5-3〉 스마트항만 법제도 정비 로드맵(예)	180

약어 목록

- AGV(무인 유도 차량): Automated Guided Vehicle
- ATT(자율주행 터미널 트럭): Autonomous Terminal Truck
- CCTV(폐쇄회로 텔레비전): Closed-Circuit Television
- CII(국가핵심인프라): Critical Information Infrastructure
- ECS(장비 제어시스템): Equipment Control System
- FCM(퍼지 인지지도): Fuzzy Cognitive Map
- FGI(집단심층면접): Focus Group Interview
- GMA(일반 형태학적 분석): General Morphological Analysis
- GTM(생성 위상 매핑): Generative Topographic Mapping
- ICT(정보통신기술): Information and Communications Technology
- IDB(미주개발은행): Inter-American Development Bank
- IGV(지능형 유도 차량): Intelligent Guided Vehicle
- IAPH(국제항만협회): International Association of Ports and Harbors
- IoT(사물인터넷): Internet of Things
- IT(정보기술): Information Technology
- OSS(오버헤드 셔틀 시스템): Overhead Shuttle System
- OT(운영기술): Operational Technology
- PEMA(항만장비제조협회): Process Equipment Manufacturers Association
- Poc(개념증명): Proof of Concept
- TCO(총소유비용): Total Cost of Ownership
- TIC: Terminal Industry Committee
- TOS(터미널 운영 시스템): Terminal Operating System
- TPS(트럭 보호 시스템): Truck Protection System
- WB(세계은행): World Bank

정책제안

■ 분석 내용 및 방법

1. 국내 스마트항만 기술개발 추진 현황 파악 및 전문가 델파이 조사를 통한 스마트항만 기술 예상 도입 시점 분석
2. 전문가 조사를 통한 스마트항만 기술 도입에 따른 항만 환경 변화와 그로 인한 잠재적 법제도 쟁점 도출
3. 국내외 신산업 분야 법제도 개선 사례를 검토하고, 스마트항만 기술 도입 시 예상되는 법제도 쟁점을 해소할 수 있는 개선 방안 제시

■ 정책제안

1. 자동화 항만장비 정의 정립
 - 「항만법 시행령」에 따른 시설장비 정의에 자동화 항만장비 정의를 정립하여 장비 등록, 검사 등 관리체계의 법적 기반 확보 방안 제시
2. 자동화 터미널 설계기준 개선
 - 자동화 컨테이너터미널의 운영 특성을 반영한 설계기준, 자동이송장비 도입 확대에 대응한 전원공급설비 도입 및 안전관리 기준 개선 필요성 제안

3. 항만 시설·장비 검사 및 관리 기준 현대화

- 자동이송장비 검사체계 마련을 위한 「항만시설장비 관리규칙」 및 「항만시설장비 검사기준」 개선 방안 제시
- 항만시설물 안전점검 및 유지관리에 첨단기술을 활용할 수 있도록 「항만시설물 안전점검 지침」 및 「국제선박항만보안법」 개정안 제시

4. 데이터 활용 및 관리 기반 조성

- 스마트항만 장비·기술 운영에 필요한 개인정보 및 위치정보를 수집·활용할 수 있도록 법적 근거 마련 방안 제시
- 스마트항만 장비 및 시스템 간 연계성 강화를 위한 항만 데이터 표준화 방안 제시
- 항만 탄소 배출량 측정·관리 기반이 되는 배출량 산정 지침 마련 필요성 제기

5. 스마트항만 안전 및 보안 체계 고도화

- 항만 장비 및 작업 환경 변화를 고려한 안전관리 지침 개선 필요성 제기
- 항만 사이버보안 강화를 위한 관리체계 개선 방안 제시

요 약

스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법·제도 개선 방안 연구

이다예 · 김보경 · 박민정 · 강무홍

1. 연구 목적 및 방법

1) 연구 배경 및 목적

- 스마트항만 전환이 항만 경쟁력 유지를 위한 필수 전략으로 부상
 - 물동량 증가세 둔화, 선박 대형화, 제4차 산업혁명 기술 도입 확산, 노동인구 감소 등의 대외 여건 변화에 따라 스마트항만 기술을 적용한 항만의 생산성, 효율성 강화 필요성 증대
- 신산업의 원활한 적용을 위해서는 법제도 개선이 수반되어야 하지만, 스마트항만 도입을 위한 법제도 기반 정비에 대한 연구 미비
 - 신기술 적용은 산업구조와 업무환경에 근본적인 변화를 수반하며, 이러한 변화를 수용할 수 있도록 법제도 환경 개선도 필요
 - 국외 항만 부문 및 국내 타 산업 부문에서 신기술 도입에 따른 법제도 정비를 추진하는 한편, 국내 항만 부문의 연구는 상대적으로 미흡

-
- 본 연구의 목적은 스마트항만 기술 도입의 제약요인으로 작용할 수 있는 잠재적 쟁점을 식별하고 선제적으로 개선 방안을 제시하는 것
 - 스마트항만 기술 도입 전망, 예상 변화와 잠재적 쟁점 도출, 선제적 개선 방안 모색을 통해 스마트항만 전환에 기여

2) 연구 방법

- 기술 도입 전망, 예상 변화 및 쟁점 식별, 개선 방안 제시의 체계적 연구 수행
- NTIS 기반 최근 5개년(2020~2024년) 동안 추진된 스마트항만 관련 R&D 사업 내용을 검토하고, 국내 개발 중인 스마트항만 기술 유형화
- 델파이 기법의 전문가 조사를 통해 개발 중인 스마트항만 기술의 국내 항만 도입 시점 예측
- 스마트항만 기술 도입 예측 결과를 바탕으로 문헌 분석과 전문가 조사를 통해 기술 도입에 따른 예상 변화와 잠재적 법제도 쟁점 식별
- 식별한 법제도 쟁점 해소를 위한 개선 방안 제시

2. 연구 결과

1) 스마트항만 기술 도입 및 항만 환경 변화 전망

- 국내 주요 정책과 R&D 사업 현황을 검토하여 국내 스마트항만 기술개발 방향성 및 동향을 파악
- 스마트항만 구축 관련 국내 주요 정책에서는 자동화 항만 구축, 항만 운영 최적화 및 지능화, 해상·항만·육상 물류 최적화 등을 주요 추진과제로 설정

- 국내 스마트항만 관련 R&D 동향 분석 결과 하역·이송, 운영·관제, 유지관리, 친환경, 안전 및 보안 5개 분야 19개 유형의 기술이 개발되고 있음을 확인
- 전문가 조사를 통해 개발 중인 스마트항만 기술의 도입 시점을 전망하고, 2030년 이전 도입이 예상되는 기술이 적용된 가상의 스마트항만 모델을 분석 대상으로 설정
- 전문가 조사를 통해 개발 중인 스마트항만 기술의 국내 항만 도입 시점을 전망하고, 19개 기술 중 16개 기술에 대해 합의된 예상 도입 시점 도출
- 세계적 수준의 스마트 메가 포트를 목표로 하는 부산항 진해신항의 1-1단계 개장 목표 시점을 고려하여, 2030년 이전 도입될 것으로 예상되는 12개 기술을 적용한 가상의 스마트항만을 분석 대상으로 설정

〈요약 표 1〉 스마트항만 기술별 도입 예상 시기

구분	'26	'27	'28	'29	'30 이후
[하역·이송]					
컨테이너 자동하역장비(크레인)					
자율주행 이송장비					
비컨테이너 하역 자동화 시스템					
신개념 자동 하역 시스템					
환적화물 자동운송시스템					
[운영·관제]					
스마트 컨테이너					
선박 이·접안 자동화 지원 시스템					
선석 최적화 시스템					
해상-항만-육상 연계 스마트 항만물류 시스템					

구분	'26	'27	'28	'29	'30 이후
[유지관리]					
항만 장비 안전 예측 진단 시스템					
항만시설물 스마트 유지관리 시스템					
항만시설물 전 생애주기 관리 시스템					
[친환경]					
항만 탄소 배출 관리 플랫폼					
무인 육상전원공급장치					
[안전 및 보안]					
위험화물 자동 검색 및 관리 시스템					
항만 통합 보안 시스템					

자료: 저자 작성

- 스마트항만으로의 전환은 장비, 운영·관제, 유지관리 등 항만 전반의 패러다임 변화를 수반할 것으로 전망
 - (하역·이송) 원격제어·자율주행 기반 자동화 장비 확산과 함께 유·무인 작업공간 분리 및 전기화 인프라 확대
 - (운영·관제) TOS·ECS 고도화와 함께 자동화 장비 통합관리, 데이터 연계 확대, AI·IoT 기반 의사결정으로 데이터 중심 운영체계 강화
 - (유지관리) 드론·센서와 IoT·AI 기반 예측 유지관리 체계로 전환
 - (친환경) 항만 탄소 배출량 산정 및 관리 필요성 증대
 - (안전 및 보안) 디지털 운영 확대로 사이버보안 체계 강화 필요성 증가

2) 스마트항만 기술 도입에 따른 법제도 쟁점

- 스마트 기술, 스마트항만 도입에 대한 국내 법제도 현황을 파악하고,

이를 통해 제도 개선 필요성 및 당위성 도출

- 「항만법」, 「항만안전특별법」, 「항만기술산업법」 등 다양한 분야 법령이 존재하며, 산업안전, 개인정보보호, 통신, 환경 등 다양한 연관 분야의 법령과도 연계
- 현행 제도는 새로운 기술 도입과 환경 변화의 수용에 제약이 존재하며, 항만기술 개발 및 도입 특성에 부합하도록 제도 개선이 요구됨을 확인
- 전문가 자문을 통해 스마트항만 기술 도입에 따른 항만 환경 변화로 발생이 예상되는 법제도적 쟁점 23개 식별
- 전문가 자문 결과 스마트항만 기술 도입이 가져올 23개의 잠재적 법제도적 쟁점을 식별
- 특히 “사이버안전 관리 지침 및 기준 부재”, “자동화 장비 검사기준 미비”, “시설물 유지관리 목적의 드론, 무인비행체 상시 활용 가능성 불분명” 등이 주요 쟁점으로 도출
- 해외 항만분야 및 국내 타 분야에서 원활한 기술 도입을 위한 제도 개선 사례를 파악하고, 이를 통해 여섯 가지 개선 유형을 도출
- 법제도 정비, 검사 및 인증 체계 정립, 안전 및 리스크 관리, 운영 및 절차 효율화, 교육 및 인프라 지원 형태로 제도 개선이 이루어짐

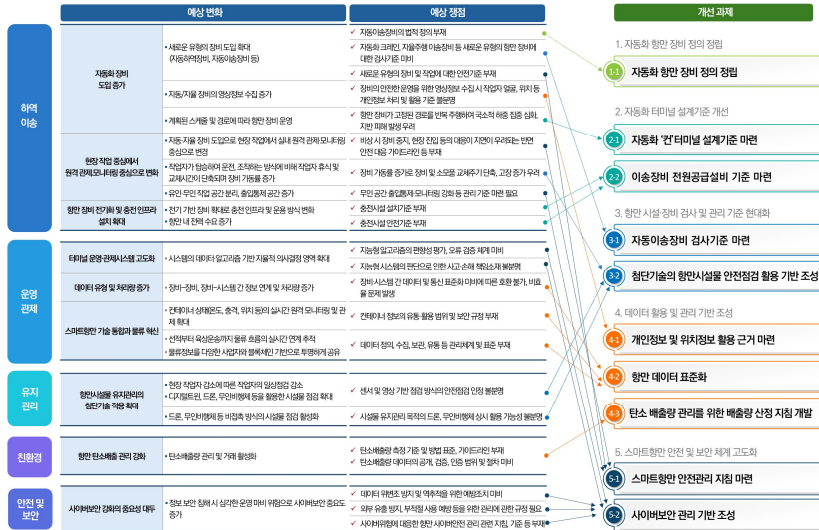
3) 스마트항만 기술 법제도 개선 방안

- 환경 변화에 대응한 법제도 기반 정비를 목적으로 하는 국내 정책과 부합하는 법제도 개선 방안 수립의 기본 방향 설정
- ‘규제정비 종합계획’, ‘신산업 규제정비 기본계획’, 「적극행정 운영규정」 등 환경 변화에 대응한 유연한 법제도 기반 조성을 목적으로 하는 정책의 기본 방향 및 원칙과 일관성 있는 스마트항만 기술 도입 관련 법제도 개선

방향을 설정

- 스마트항만 기술 도입 관련 법제도 개선 방안 수립 기본 방향으로 ‘개선 목적과 성격에 부합하는 개선 대상 검토’, 향후 신기술 발전을 제한하지 않는 ‘유연한 체계 구축’, 단순한 기술 도입을 넘어 운영 체계와 가치 실현 등의 복합적 변화를 수용하는 ‘순조로운 스마트항만 전환 유도’를 고려
- 앞서 도출한 잠재적 쟁점, 타 사례의 법제도 개선 유형, 법제도 개선 기본 방향 등을 종합적으로 고려한 10개의 개선 방안 제시
- 앞서 도출한 23개의 잠재적 쟁점 중 인력 양성 및 연관 산업의 고도화 등 법제도 개선 외의 사회적 수용성이 중요한 사항을 제외하고, 21개 쟁점에 대한 10개의 개선 방안을 제시
- 새롭게 도입되는 자동화 항만장비의 등록, 검사 등 관리 기준이 되는 법적 정의 정립 방안을 제시
- 자동화 터미널의 특성을 반영한 설계기준 개선 방안으로 자동화 컨테이너 터미널 설계기준 신설, 전동화 장비용 전력공급설비 도입 확대를 고려한 「항만 및 어항 설계기준」 및 「항만안전특별법」 개정 방안을 제시
- 항만 시설·장비 검사 및 관리 기준 현대화를 위해 자동이송장비를 설치검사 대상에 포함하고 별도의 검사기준을 마련하는 개선 방안과 항만시설 안전점검에 드론 등 첨단기술 적용이 가능하게 하는 개선 방안을 제시
- 스마트항만의 경쟁력을 결정하는 데이터 활용 및 관리 기반 조성을 위해서는 개인정보 및 위치정보 활용을 위한 법적 근거 마련, 항만 데이터 표준화 추진, 항만 탄소 배출량 산정 기준 마련 등의 방안을 제안
- 스마트항만의 안전 및 보안 체계 고도화를 위해 스마트항만의 장비·작업 특성을 반영한 안전관리 지침 마련, 항만 사이버보안 강화를 위한 제도적 기반 마련 방안을 제안

〈요약 그림 1〉 스마트항만 기술 도입에 따른 예상 변화·쟁점 및 법제도 개선 과제



자료: 저자 작성

3. 정책제언

- 스마트항만 법제도 정비 로드맵 수립
 - 스마트항만 육성 및 기술개발에 관한 국내 법령·정책과 함께 법제도 수용성 확보를 위한 로드맵을 수립하여 체계적 스마트항만 육성 지원 필요
- 관계 부처 및 이해관계자 간 협업 플랫폼 구축
 - 스마트항만으로의 전환을 위해서는 교통, 환경, 산업, 정보통신 등 다양한 부처의 정책과 연계되어야 하며, 터미널 운영사, 항만공사, 항만기술사업자, 기타 전문가 등 다양한 이해관계자의 참여가 필수적
- 법제도 개선 과제의 항만기술산업 육성계획 반영 및 추진
 - 「항만기술산업육성법」에 따라 수립 예정인 '항만기술산업 육성계획'에 법

제도 개선 과제를 포함하여 정책적 실행력 확보

- 스마트항만 기술 실증-제도화-환류 선순환 체계 구축
 - 신기술 실증 결과에 기반하여 필요한 법제도 제·개정을 추진하고, 도입된 법제도의 작용 과정을 지속적으로 점검·보완하는 실증-제도화-환류 선순환 구조 구축
- 스마트항만 전환 과정에서의 사회적 수용성 제고
 - 기술적 준비와 더불어 사회적 수용성을 제고하기 위한 전문 인력 양성 체계 정비, 원활한 직무 전환 등의 정책도 함께 추진 필요

EXECUTIVE SUMMARY

A Study on Legal and Institutional Improvement Measures to Promote the Adoption of Smart Port Technologies

Da-Ye Lee · Bo-Kyung Kim · Min-Jeong Park · Moo-Hong Kang

1. Research Purpose and Methodology

1) Background and purpose

- The transition to smart ports has emerged as an essential strategy for maintaining port competitiveness.
- As external factors change, including the slowdown in cargo throughput growth, vessel upsizing, expanding implementation of Industry 4.0 technologies, and a declining labor force, the need to enhance port productivity and efficiency through the application of smart port technologies has increased.
- While legal and institutional improvements are required to ensure the smooth implementation of emerging industries, research on establishing a legal and institutional framework

for the adoption of smart ports remains insufficient.

- The adoption of new technologies brings fundamental changes to industrial structures and work practices, necessitating improvements to legal and institutional environments to accommodate these changes.
- While foreign ports and other domestic industrial sectors have pursued legal and institutional reforms in response to new technology adoption, research in the domestic port sector remains comparatively limited.
- The purpose of this study is to identify potential issues that may act as constraints on smart port technology adoption and to proactively propose improvement measures.
- This study contributes to smart port transition by examining the prospects for smart port technology adoption, deriving anticipated changes and potential issues, and exploring preemptive improvement measures.

2) Methodology

- This study conducts systematic research encompassing prospects for technology adoption, identification of anticipated changes and issues, and proposals for improvement measures.
- Smart port-related R&D projects conducted during the latest five years (2020–2024) were examined based on NTIS data, and smart port technologies under development in Korea were categorized.

- Expert surveys using the Delphi method were employed to forecast the timing of domestic port adoption for smart port technologies under development.
- Based on the forecasted smart port technology adoption timeline, this study identified anticipated changes and potential legal and institutional issues associated with technology implementation through literature review and expert surveys.
- This study proposed improvement measures to address the identified legal and institutional issues.

2. Results

1) Prospects for Smart Port Technology Adoption and Port Environment Changes

- By reviewing major national policies and the status of R&D projects, the direction and trends of smart port technology development in Korea are identified.
- Major national policies related to smart port development have established key implementation tasks including automated port development, optimization and intelligence of port operations, and optimization of maritime-port-land logistics.
- Analysis of smart port-related R&D trends confirmed that 19 types of technologies across five areas are under development: cargo handling and transport, operations and control, maintenance, environmental sustainability, safety and security.

- Through expert surveys, this study forecasted the adoption timeline for smart port technologies under development and established a hypothetical smart port model incorporating technologies expected to be adopted before 2030 as the subject of analysis.
- Expert surveys were conducted to forecast the adoption timeline for smart port, achieving consensus on the expected adoption timing for 16 out of 19 technologies.
- Considering the opening timeline for Phase 1-1 of Jinhae New Port, which aims to become a world-class smart mega port, this study defines a hypothetical smart port applying 12 technologies expected to be introduced before 2030 as the subject of analysis.

〈Summary Table 1〉 Expected Timeline for Smart Port Technology Adoption

Smart port technologies	2026	2027	2028	2029	2030 +
[Cargo Handling and Transport]					
Automated Container Handling Equipment (Cranes)					
Autonomous Terminal Vehicles					
Automated Non-Container Cargo Handling Systems					
Next-Generation Automated Cargo Handling Systems					
Automated Transport System for Transshipment Cargo					
[Operations and Control]					
Smart Container					
Automated Vessel Berthing Support System					

Smart port technologies	2026	2027	2028	2029	2030 +
Berth Optimization System					
Smart Logistics System Integrating Land, Port, and Maritime Transport					
[Maintenance]					
Predictive Safety Diagnostics System for Port Equipment					
Smart Maintenance and Management System for Port Facilities					
Port Facility Lifecycle Management System					
[Environmental Sustainability]					
Port Carbon Emissions Management Platform					
Unmanned Shore Power Supply System					
[Safety and Security]					
Automated Hazardous Cargo Detection and Management System					
Integrated Port Security System					

Source: Author

- The transition to smart ports is expected to entail a paradigm shift across overall port activities, including equipment, operations and control, and maintenance.
 - (Cargo Handling and Transport) Automated equipment based on remote control and autonomous driving will expand, along with the separation of manned and unmanned workspaces and expanded electrification equipment.
 - (Operations and Control) Data-driven operation systems will be strengthened through advancement of TOS and ECS, integrated

management of automated equipment, expanded data connectivity, and AI and IoT-based decision-making.

- (Maintenance) The maintenance system will transition to a predictive maintenance approach based on drones, sensors, IoT, and AI.
- (Environmental Sustainability) Growing Need for Carbon Emissions Calculation and Management in Ports.
- (Safety and Security) The necessity to strengthen cybersecurity systems will increase with the expansion of digital operations.

2) Potential Legal Issues Following the Adoption of Smart Port Technologies

- This study examined the current legal and institutional framework for smart port technology adoption to identify the necessity and rationale for institutional improvements.
- A wide range of port-related laws, such as the *Harbor Act*, the *Special Act on Port Safety*, and the *Act on Fostering and Supporting the Port Technology Industry*, are in place and are also linked with legislation in related fields, including industrial safety, personal data protection, and the environment.
- The existing institutional framework shows limitations in accommodating new technologies and changing environments, confirming the need for institutional improvements that align with port technology development and adoption.
- Through expert consultation, the study identified 23

potential legal and institutional issues arising from the adoption of smart port technologies.

- Based on expert consultation, 23 potential legal and institutional issues arising from the adoption of smart port technologies were identified.
- The identified issues include ‘Absence of Cybersecurity Management Guidelines,’ ‘Insufficient Inspection Standards for New Types of Port Equipment,’ and ‘Unclear Feasibility of the Routine Use of Drones for Facility Maintenance Purposes.’
- By examining institutional improvement cases that facilitated smooth technology adoption in overseas ports and in other sectors in Korea, six types of improvement measures were derived.
- Institutional improvements were implemented in the forms of legal and institutional framework revision, inspection and certification system establishment, safety and risk management, operational and procedural efficiency enhancement, and education and infrastructure support.

3) Legal and Institutional Improvement Measures for Smart Port Technology

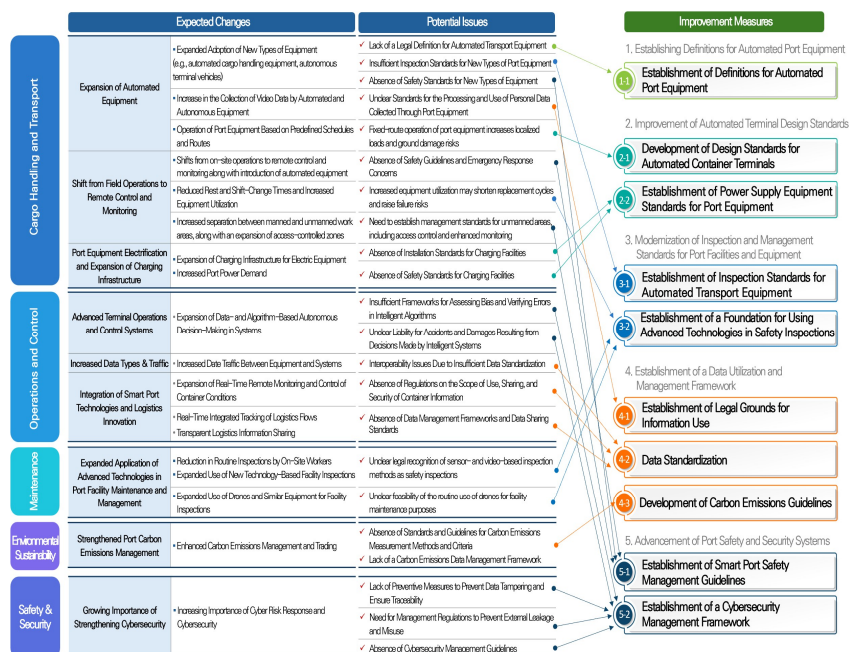
- This study established basic directions for legal and institutional improvement measures aligned with policies aimed at developing legal and institutional frameworks responsive to environmental changes.

-
- Establishment of directions for legal and institutional improvements related to smart port technology adoption, aligned with the basic policy directions and principles aimed at building flexible legal and institutional frameworks in response to environmental changes.
 - In formulating the basic directions for legal and institutional improvement measures related to the adoption of smart port technologies, consideration is given to: reviewing improvement targets in line with the objectives and nature of the improvements; establishing a flexible framework that does not constrain future technological development; and promoting a smooth transition to smart ports that accommodates complex changes beyond simple technology adoption, including operational systems and value creation.
 - This study presented 10 improvement measures based on comprehensive consideration of the previously identified potential issues, legal and institutional improvement types from other cases, and basic directions for legal and institutional improvement.
 - The study proposed establishing legal definitions that serve as management standards for registration and inspection of newly adopted automated port equipment.
 - As improvement measures for design standards that reflect automated terminal characteristics, the study proposed establishing design standards for automated container terminals. It also proposed revising the *Design Standards for Harbors and*

Fishing Ports and Special Act on Port Safety to accommodate expanded adoption of power supply facilities for electrified equipment.

- To modernize inspection and management standards for port facilities and equipment, the study proposed improvement measures to include automated transport equipment as subjects of installation inspection with dedicated inspection standards, and to enable the application of advanced technologies such as drones for port facility safety inspections.
- To establish the data utilization and management foundations that determine smart port competitiveness, the study suggested measures such as establishing legal grounds for personal information and location data utilization, promoting port data standardization, and developing standards for port carbon emission calculation.
- To enhance smart port safety and security systems, this study proposed measures including establishing safety management guidelines that reflect smart port equipment and operational characteristics, and creating institutional foundations for strengthening port cybersecurity.

〈Summary Figure 1〉 Legal and Institutional Improvement Measures
Related to Smart Port Technology



Source: Author

3. Policy Recommendations

- Establishment of a Smart Port Legal and Institutional Framework Roadmap
- To support systematic smart port development, it is necessary to establish a roadmap that ensures legal and institutional acceptance in alignment with domestic laws and policies on smart port promotion and technology development.

- Development of an Inter-ministerial and Stakeholder Collaboration Platform
 - The transition to smart ports requires coordination with policies across various ministries including transportation, environment, industry, and information and communications. Participation is essentially required from diverse stakeholders including terminal operators, port authorities, port technology companies, and other experts.
- Incorporation and Implementation of Legal and Institutional Improvement Tasks in the Port Technology Industry Development Plan
 - To secure policy implementation capacity, legal and institutional improvement tasks should be included in the Port Technology Industry Development Plan to be established under the *Act on Fostering and Supporting the Port Technology Industry*.
- Establishment of a Virtuous Cycle Linking Smart Port Technology Demonstration, Institutionalization, and Feedback
 - A virtuous cycle system should be established that promotes necessary legal and institutional enactment and revision based on new technology demonstration results, while continuously monitoring and supplementing the operation of adopted legal and institutional frameworks.
- Enhancement of Social Acceptance during the Smart Port Transition Process

-
- In addition to technological preparation, policies should be pursued concurrently to enhance social acceptance, including improving professional workforce training systems and facilitating smooth job transitions.

01

서론

제1절 연구 배경과 목적

1. 연구 배경 및 필요성

대내외 여건 변화와 함께 항만 산업의 경쟁력 요인에도 변화가 나타나고 있다. 과거에는 글로벌 해운 물동량의 지속적인 성장과 선박 대형화 추세에 따라 항만의 규모가 항만의 경쟁력을 결정했다. 그러나 물동량 성장세가 둔화되면서 규모 확장만으로는 지속적인 경쟁력을 확보하기 어려워졌다. 선박 대형화에 따라 피크타임 물동량이 집중되면서 생산성 개선이 중요한 요소로 부상하는 한편, 인구 고령화와 항만 물류직 기피로 인해 항만 노동력 확보는 점차 어려워지고 있다. 동시에 IoT, AI, 빅데이터와 같은 첨단기술이 도입되며 항만의 자동화 및 디지털화가 촉진되고 있다.

이러한 여건 변화는 항만의 경쟁력이 더 이상 시설 확대라는 물리적 확장에 의존할 수 없고 운영 효율화, 생산성 향상, 지속가능성 제고와 같은 새로운 질적 경쟁력 확보가 필요함을 시사한다. OECD ITF 및 Deloitte는 ‘향후 생존할 항만은 가장 큰 항만이 아니라 가장 스마트한 항만’이라고 언

급하며, 스마트항만 전환이 항만의 생존을 위한 필수 전략임을 강조하기도 했다.¹⁾

〈표 1-1〉 항만 경쟁력 요인 변화

대외 여건 변화	항만에 미치는 영향
• 물동량 증가세 둔화	• 규모 확장만으로는 지속적인 경쟁력 확보가 어려운 구조로 전환
• 선박 대형화	• 한 번에 대량 화물이 몰리면서 물류 피크 발생, 터미널 작업 및 배후 물류에 병목 현상 초래
• 제4차 산업혁명 기술 도입 확산	• 실시간 분석 및 예측 기반 운영 시스템 도입
• 노동인구 감소	• 자동화 및 무인화 전환 확산



항만 경쟁력 요인 변화 시사점
• 양적 확장을 넘어 질적 혁신을 통한 지속 가능한 경쟁력 확보 필요
• 물리적 인프라 확충에서 운영·관리 시스템 고도화, 서비스 강화 등의 소프트웨어 중심으로 전환

자료: 저자 작성

국내에서도 2024년 4월 전 영역 완전 자동화 부두가 개장하며²⁾ 스마트 항만 구축이 본격적으로 추진되기 시작하였다. 그러나 항만 스마트화를 선도하는 싱가포르, 네덜란드, 미국³⁾ 등 주요국에 비해 국내 스마트항만 기술산업 기반과 기술력에는 격차가 존재한다.⁴⁾

이러한 격차를 해소하기 위해 정부는 「제4차 전국 항만 기본계획」, 「제2차 해양수산과학기술 육성 기본계획」, 「2030 항만정책 방향과 추진전략」, 「스마트항만 기술산업 육성 및 시장 확대 전략」, 「글로벌 거점항만 구축 전략」 등 다양한 계획과 전략에서 스마트항만 구축을 주요 추진 과제로 설정하고 있다. 이에 더해 정부에서는 국정과제로 ‘북극항로 시대를 주도하는 K-해양강국 건설(국정과제 56)’을 설정하며,⁵⁾ 부산항 등을 친환경·스마트

1) Port Technology(검색일: 2025.6.26.); Deloitte(2017), p. 7.
2) 한국해운신문(2024.4.5.)(검색일: 2025.6.26.)
3) Hapag-Lloyd(2025.6.11.)(검색일: 2025.9.1.)
4) 해양수산부 보도자료(2023.1.19.)(검색일: 2025.8.6.)
5) 대한민국정부(2025), p. 118.

항만으로 조성하기 위한 정책적 의지를 확립했다.

스마트항만으로의 전환은 신기술 적용 과정에서 산업구조와 업무방식에 근본적인 변화를 불러오기 때문에,⁶⁾ 이를 수용할 수 있는 법과 제도(이하 ‘법제도’)의 현대화가 수반되어야 한다.⁷⁾ 중국, 미국 등 주요 선도 항만과 항만 부문 국제단체에서 스마트항만 구축과 함께 법령 제·개정, 표준 및 지침 개발 등을 추진하는 이유이다. 반면 국내 스마트항만 육성 관련 정책은 주로 인프라 확충 및 기술개발에 초점을 맞추고 있으며, 법제도적 기반 정비에 대한 논의는 상대적으로 제한적인 실정이다. 그러나 스마트항만으로의 전환은 단순한 인프라 확충과 첨단기술의 적용만으로는 달성하기 어렵다. 전환 과정에서의 산업 규범, 절차, 행정 체계 전반에 걸쳐 나타나는 변화에 따라 기존 법령과의 충돌, 규제 공백 등의 구조적 한계가 장애 요인으로 작용할 우려가 있기 때문이다.

국내 타 산업 분야에서는 규제 환경 한계로 인해 신산업 발전이 지연되고 있음을 지적한 사례가 있다. 2019년 코리아스타트업포럼에서는 한국의 낮은 규제 환경으로 인해 글로벌 상위 100개 스타트업 중 13곳이 한국에서 사업을 할 수 없음을 지적하며,⁸⁾ 기술 변화에 맞춘 제도 변화가 필요함을 시사했다. 항만 역시 선제적인 정비 체계를 갖추지 않는다면 당장 신기술 및 신산업이 도입되어야 하는 시기에 동일한 위험에 직면할 수 있으며, 국제 경제에서 도태될 우려가 있다. 이에 본 연구에서는 국내 항만의 스마트항만 전환을 촉진하기 위해 기존 법제도와와의 충돌, 공백, 부재 등의 문제를 선제적으로 고찰하고 개선 방안을 마련하고자 한다.

특히 최근 정부는 국정과제에서 AI, 지속 가능한 에너지 전환 등을 핵심 전략으로 설정했으며,⁹⁾ 항만은 이러한 국정과제와 관련된 모든 요인이 복

6) PierNext(검색일: 2025.4.25.)

7) Boullauazan, Sys, & Vanelslander(2023)

8) 국무조정실 보도자료(2020.12.9.)(검색일: 2025.9.1.)

합적으로 작용하는 장소로 첨단기술 도입, 기후변화 대응, 탄소중립 등 다양한 요구에 대응하기 위한 기반 조성이 필수적이다.

2. 연구 목적

본 연구는 스마트항만 기술 도입의 제약요인을 완화하고 스마트항만으로의 전환을 촉진하기 위한 법제도 개선 방안을 도출하는 것을 목적으로 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 세부 목적을 추진한다.

첫째, 국내 항만에 도입될 스마트항만 기술을 식별한다. 국내 추진 중인 스마트항만 관련 기술개발사업은 산업통상자원부, 해양수산부 등 다부처 소관으로 산재해 있어, 전체적으로 어떤 기술이 개발되고 있는지 파악하기 어렵다. 또한 모든 항만이 동일한 기술을 일률적으로 적용하는 것이 아니라, 각 항만의 특성, 운영 방식, 목적 등에 따라 상이한 기술 유형과 도입 시점을 고려한다는 점에서 향후 어떤 기술이 실제 적용될 것인지 판단하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 국내 개발 중인 스마트항만 기술을 종합적으로 검토하고, 국내 항만에의 적용 가능성과 예상 도입 시점을 파악하고자 한다.

둘째, 스마트항만 기술 도입에 따른 항만의 변화를 예상한다. 스마트항만으로의 전환은 장비 및 시설, 작업 방식, 운영 방식 등의 전반적인 환경 변화를 수반한다. 법제도 개선에 소요되는 기간을 줄이고 신기술 적용으로 인한 환경 변화에 신속하게 대응하기 위해서는, 선제적으로 예상되는 변화를 파악하고 대응 전략을 준비할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 앞서 도출한 국내 항만에 적용될 것으로 전망된 기술이 수반할 변화를 예상하여 법제도 쟁점 파악과 개선 방안 도출을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

9) 123대 국정과제에서는 AI 3대 강국 도약, 기후 위기 대응과 지속 가능한 에너지 전환 등을 주요 전략으로 수립, 대한민국정부(2025)

셋째, 항만 변화에 따른 잠재적 법제도 쟁점을 도출한다. 스마트항만 기술을 적용함에 따라 항만에는 다양한 변화가 나타날 것으로 예상된다. 이 과정에서 기존 법제도와 충돌하거나 관련 법제도가 미비한 공백이 발생하는 등의 쟁점이 발생할 수 있다. 따라서 구체적인 개선 방안을 마련하기 위해서는 관계 법제도 현황과 예상 변화를 바탕으로 발생할 수 있는 잠재적 법제도적 쟁점을 파악하는 것이 중요하다.

마지막으로 앞서 도출된 법제도적 쟁점을 해소하기 위한 개선 방안을 수립한다. 파악한 잠재적 쟁점을 해소하기 위해서는 적합한 개선 방향 설정과 구체적인 방안 제시가 필요하다. 현행 법제도와와의 충돌이 예상되는 경우의 법제도 개정 방안, 법제도 공백이 우려되는 경우 신규 법령 및 지침 마련 방안 등을 종합적으로 검토하여 필요한 법제도 개선 방안을 제시하고자 한다.

본 연구는 상술한 목적을 달성하여 스마트항만 신기술 수용성을 제고할 수 있는 정책 방안을 수립하고 국내 항만 산업의 글로벌 경쟁력을 제고하는 데 기여하고자 한다.

제2절 연구 내용과 방법

1. 연구 범위 및 내용

본 연구는 스마트항만 기술 도입에 따른 항만 환경 변화와 잠재적 법제도적 쟁점을 규명하고 개선 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 연구의 공간적 범위는 주요 정책에서 자동화·스마트화 계획이 중점적으로 추진되

고 있는 컨테이너부두로 설정하며, 기술적 범위는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에 등록된 연구개발 과제 중 스마트항만과 연관된 과제를 중점적으로 검토하였다. 시간적 범위는 인천 신항, 광양항, 부산항 진해신항 등 주요 항만 자동화 터미널 개장 시점이 모두 2030년 이내를 목표로 한다는 점을 고려하여, 2030년 이내 도입될 스마트항만 기술과 그로 인한 쟁점을 중점적으로 분석한다.

본 연구는 연구 목적을 달성하기 위해 총 다섯 개 장으로 구성하여 연구를 수행하였다. 제1장은 연구의 배경 및 목적, 내용과 방법을 서술하고, 선행연구 검토를 통한 본 연구의 차별성을 제시했다.

제2장에서는 본 연구에서의 스마트항만 기술을 정의하고, 스마트항만 관련 국내 주요 정책과 R&D 추진 현황을 검토하여 스마트항만 기술개발 방향과 세부 기술개발 현황을 파악했다. 이후 파악한 기술별 국내 항만 도입 시점을 전망하고, 2030년 이내 도입이 예상되는 기술이 적용된 가상의 스마트항만 모델을 분석 대상으로 설정한다. 마지막으로 가상의 스마트항만 환경에서 나타날 수 있는 항만 환경의 변화 모습을 제시한다.

제3장에서는 스마트항만 전환 과정에서 영향을 받을 수 있는 관계 법령 현황을 파악하고, 이를 제2장에서 검토한 환경 변화를 종합적으로 고려하여 스마트항만 전환 과정에서 발생할 수 있는 법제도 쟁점을 식별한다. 식별한 쟁점을 바탕으로 전문가 의견 수렴 과정을 거쳐 최종적으로 개선이 필요한 쟁점을 도출한다. 또한 국내외 신기술 도입에 따른 법제도 개선 사례를 분석함으로써 스마트항만 분야에 적용하기 위한 시사점을 도출한다.

제4장에서는 스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법제도 개선 방향을 설정하고 앞서 도출한 쟁점들에 대한 개선 방안을 제시하였다. 개선 방안은 적극행정 법제, 규제정비 기본 원칙 등을 준용하여 정부의 법제 개선 방향과 정합성을 확보하도록 했으며, 법령 제·개정, 행정규칙 정비, 기타

(지침 개발 등)의 방식 고려하였다.

마지막 제5장에서는 연구의 결론을 종합적으로 정리하고, 스마트항만 전환을 위해 정부 및 이해관계자가 이행해야 할 정책과제를 제언한다.

2. 연구 방법

본 연구는 스마트항만 기술 도입에 따른 환경 변화와 법제도 쟁점을 도출하고 개선 방안을 제시하기 위해 다음의 방법론을 활용했다.

첫째, 국내 스마트항만 기술개발 동향을 파악하기 위해 국내 스마트항만 관련 주요 정책 문헌을 검토하고, NTIS 데이터베이스를 분석하여 최근 (2020~2024년) 추진된 스마트항만 관련 R&D 과제를 조사했다. NTIS에 등록된 과제 정보 중 사업명, 과제명, 키워드, 연구 목표, 연구 내용, 기대 효과 등에 ‘항만’이 포함된 과제를 포괄적으로 수집하고, 중복성과 스마트항만과의 관련성 등을 고려하여 개발 중인 스마트항만 기술을 유형화했다.

둘째, 스마트항만 기술의 예상 도입 시점을 전망하기 위해 2회에 걸친 델파이 조사를 수행했다. 조사 대상은 항만공사, 터미널운영사, 산업계, 학계, 연구계, 관계 기관 등 전문가 26인으로 구성하여 특정 집단의 결과 편향을 방지하였다. 1차 조사에서는 전문가 개인의 기술별 도입 예상 시점과 의견을 조사하고, 2차 조사에서는 1차 조사 결과를 피드백 자료로 제시하여 응답자들이 자신의 응답을 유지하거나 수정할 수 있도록 했다.

셋째, 스마트항만 기술별 예상 도입 시점 결과를 바탕으로 가상의 스마트항만 모델을 설정했다. 본 연구의 목적이 국내 스마트항만 기술의 원활한 도입을 지원하기 위해 선제적으로 쟁점을 파악하고 해소하는 것임을 고려하면, 기존 항만과 스마트항만의 차이를 식별하는 것은 매우 중요하다.

이에 국내 주요 정책 및 기술개발 분야, 기술 도입 시점 등을 고려하여 연구 대상이 되는 스마트항만 모델을 설정했다.

넷째, 잠재적 법제도 쟁점을 발굴하기 위해 문헌자료와 관련 기사, 인터뷰 자료를 검토하고, 전문가 자문을 수행하였다. 전문가 자문은 항만공사, 터미널운영사, 산업계 및 학계 등 관계 전문가 14인을 대상으로 연구진이 발굴한 잠재적 쟁점의 발생 가능성을 5점 척도 평가하고 그 외 발생 가능한 쟁점을 조사했다.

마지막으로 도출한 쟁점의 해결방안을 마련하기 위해 해외 항만 및 국내 타 산업 분야의 신기술 도입에 따른 법제도 개선 사례를 조사했다. 해외 주요 항만의 스마트항만 관련 법제도 사례와 국내 자율주행, 농기계 등 국내 타 분야의 법제도 개선 사례를 검토하여 시사점을 도출하고자 했다. 법령의 현황 및 내용을 파악하기 위해 규제정보포털을 참고했다.

〈표 1-2〉 본 연구의 흐름도

장	주요 연구 내용	연구 방법
제1장 ↓	- 연구의 개요 - 선행연구 검토	문헌 검토
제2장 ↓	- 스마트항만 기술개발 동향 조사 - 스마트항만 기술 도입 전망 - 스마트항만 환경 변화 예측	- 문헌 검토 - 기술개발 DB 분석(NTIS) - 전문가 조사(델파이)
제3장 ↓	- 스마트항만 관련 법제도 현황 검토 - 잠재적 법제도 쟁점 검토 - 국내외 법제도 개선 사례 분석	- 전문가 인터뷰 및 자문 - 사례조사
제4장 ↓	- 법제도 개선 기본 방향 설정 - 법제도 개선 방안 모색	- 문헌 검토 - 전문가 인터뷰 및 자문

장	주요 연구 내용	연구 방법
제5장	- 연구 주요 내용 요약 및 시사점 제시 - 정책제언	전문가, 정부 관계자 인터뷰

자료: 저자 작성

제3절 선행연구 검토

1. 선행연구 검토

1) 스마트항만 구축을 위한 법제도 개선 필요성

다수의 선행연구는 공통으로 법제도 기반이 기술혁신을 뒤쫓는 방식은 발전을 저해할 우려가 있음을 지적하며, 기술 변화를 선행하거나 기술 변화와 병행하는 제도적 개선이 필요함을 제기하고 있다.

기술혁신의 속도에 비해 법제도의 변화는 상대적으로 느리게 이루어지기 때문에 제도적 기반이 변화한 환경에 부합하지 못하고 오히려 혁신을 저해하는 문제가 발생할 수 있다.(OECD, 2021) 이에 기존 법제도 체계의 원칙을 관철하기보다 기술의 불확실성과 발전에 대응할 수 있도록 유연한 법제도적 기반을 마련하는 것이 중요하다.(이상규 외, 2013) 또한 기술혁신을 효과적으로 촉진하기 위해서는 단순히 R&D 지원이나 기업의 생산성 제고에 집중된 정책보다 연관된 사회적·환경적 전환 요구를 수용할 수 있도록 산업 전반에 걸친 근본적인 전환 정책(transformative policy)이 필요하다.(Carolina R. Haddad et al., 2022)

신기술 수용성을 제고하기 위해서는 미래 변화를 예측하고 선제적으로

대응하기 위한 정책 개혁 과제를 추진하며,(민보경 외, 2018) 법적 기반 미비, 정책 일관성 부족, 혁신 환경 결여 등의 제도적 장벽을 완화하려는(Schedler, Guenduez, & Frischknecht, 2019) 노력이 필요하다. 특히 산업에서 발생하는 혁신 수요를 수용할 수 있도록 신기술을 관리하기보다 촉진할 수 있는 제도를 설계하고(Oh, Choi, & Lee, 2021), 상향식 정책 입안 방식을 도입하거나(Mazzucato, Kattel, & Ryan-Collins, 2020), 포지티브 규제와 네거티브 규제를 전략적으로 활용하는 방안(양천수, 2024) 등의 개선 방안이 연구되었다.

선행연구에서는 공통으로 기술혁신을 수용하지 못하는 기존 법제도의 한계를 완화하기 위해서는 변화를 예측하고, 이를 수용할 수 있는 제도적 기반 정비가 필요함을 시사한다.

한편 스마트항만과 관련한 다수의 선행연구는 스마트항만의 정의, 주요 요소기술, 기술 도입 방안, 스마트항만 성과 측정을 비롯한 기술적 측면에 초점을 맞추고 있다.(최상희·하태영·원승환, 2009; 김주혜·김울성, 2021; Thi Yen Pham, 2023; Paraskevas et al., 2024) 반면 기술적 측면 외에 사회적·제도적 측면을 다룬 연구는 상대적으로 부족하다.(Kevin X. Li et al., 2023)

스마트항만 도입에 따른 항만 산업의 변화를 다룬 연구에서는 제4차 산업혁명 기술의 적용으로 항만 운영, 실시간 데이터 분석 등의 분야에 혁신이 나타나고,(de la Peña Zarzuelo, Freire Soeane & López Bermúdez, 2020) 정보 기반의 고속련 업무 중심으로 전환되며,(Vaggelas & Leotta, 2019) 물리적 시설의 운영에 집중한 과거와 달리 복합적 기능을 수행한다는(Heikkilä, Saarni & Saurama, 2022)는 점에 주목하고 있다.

항만이 이러한 변화를 수용하고 지속적인 발전을 이루기 위해서는 혁신 역량을 갖추는 것이 주요한 쟁점이며,(Liu, C., Zhan, S. & Heng, L.,

2022) 유연한 제도가 뒷받침되어야 한다.(Stough, Roger R., 2005) 다수의 선행연구에서 항만의 스마트화를 위한 주요 과제로 법령, 표준, 정책, 거버넌스 등의 법제도 정비 필요성을 지적해 왔지만,(Almeida, F., 2023; Boullauazan, Sys, & Vanelslander, 2023; Othman, Gazzar & Knez, 2022) 구체적으로 개선이 필요한 법제도를 식별하거나 개선 방안을 제시하지는 않았다.

일부 연구에서는 보다 구체적인 제도 개선 과제를 제시했다. 디지털화를 위한 시스템 호환성 확보, 정보 저장 및 보관 체계 마련,(Brunila, Kunnaala-Hyrkki & Inkinen, 2021) IoT 기술 적용을 위한 데이터 거버넌스 체계와 개인정보보호 제도의 정비 문제,(Gao, Chang, & Chen, 2023) 5G 통신망 구축을 위한 법적 불확실성, 표준 부재, 정부지원 부족 문제(Potter, Wang & Naim, 2024) 등이 해결되어야 할 제도적 개선 과제로 제시되었다. 그러나 이러한 선행연구도 특정 기술의 도입을 위한 법제도 개선 필요성을 파편적으로 다루는 수준에 머물며, 항만 전반을 다루는 검토는 미비한 실정이다.

종합하자면 그동안 스마트항만 관련 연구는 기술적 관점에서 이루어졌으며, 법제도 개선의 필요성은 인지하고 있으나 구체적인 개선 필요와 방안을 제시하는 연구는 부족하다고 할 수 있다.

2) 신기술 도입 전망 및 예상 변화 분석

선행연구는 신기술이 산업과 사회 전반에 미칠 영향을 예측하기 위해 다양한 방법론을 활용해 왔다. 공통적으로 기술의 도입 시점을 전망하고 그로 인한 변화를 예측한다는 점에서는 일치하지만, 분석 대상과 접근 방식에 차이가 있다.

먼저, 산업별 직무와 노동수요 변화를 분석한 연구가 다수 수행되었다. 장혜정 외(2022)는 산업별 신규 인력과 경력 인력을 대상으로 FGI를 수행하여 디지털 전환이 요구하는 직무 변화와 인식 차이를 파악하였고, 김수현(2025)은 제조업 관계자를 대상으로 한 FGI를 통해 인공지능 도입이 생산성과 일자리에 미치는 영향을 구체적으로 분석하였다. 심동녕·고동환(2022)은 금융·의료·제조업 전문가 집단을 대상으로 FGI를 실시하여, AI 도입이 노동수요에 미치는 질적 변화를 분석하였다.

한편, 시나리오 기반 분석을 통해 미래 기술 도입의 다양한 가능성을 제시한 연구도 있다. 임현 외(2020)는 인공지능·빅데이터·블록체인 등 디지털 기술이 지속 가능한 성장에 미칠 영향을 전망하기 위해 일반형태분석(GMA: General Morphological Analysis) 방법론을 적용, 헬스케어 데이터 경제를 사례로 복수의 미래 시나리오를 도출하였다. 김영준(2020)은 온라인 커뮤니티 데이터를 활용해 텍스트마이닝·토픽모델링을 실시하고, 퍼지 인지지도(FCM: Fuzzy Cognitive Map) 기반 시나리오 기획 및 기술 로드맵 작성 등을 통해 무인항공기(UAV) 사례를 분석하였다.

또한, 데이터 기반 계량 분석을 통해 기술 도입 전망을 정량화한 연구가 있다. 권구보(2023)는 스마트 물류 8대 기술을 대상으로 특허·논문·뉴스 데이터를 활용한 토픽 모델링, 네트워크 분석, 시계열 분석, GTM(Generative Topology Mapping)을 수행하여 미래 유망 기술을 발굴하고, 이를 토대로 기술 로드맵을 제시하였다. 신동원 외(2022)는 탄소중립 기술을 중심으로 온실가스 감축 목표와 비용·편익 정량화를 결합해, 전환 및 수송 부문에서 가장 비용효율적인 도입 시나리오를 제시하였다. 이외에도 Musarat, M. A. et al.(2023)은 문헌 검토를 통해 산업혁명 5.0이 건설산업에 가져올 변화와 과제를 정리하였다.

3) 법제도적 쟁점 식별 및 개선 방안 도출

신기술 도입, 스마트화 정책에 따른 법·제도적 쟁점을 파악하고 개선 방안을 도출한 선행연구는 그 제도 개선 방향성을 도출하거나, 실제 특정 산업에서 구체적인 개선 방안을 제시하는 연구 등으로 나타난다. 전자의 경우 OECD(2021)가 대표적이다. 해당 연구는 기술 발전 양상에 대한 사례 분석을 통해 규제강화, 체계화 필요성을 도출하고, 구체적으로 민첩하고 미래지향적인 규제개발 즉, 데이터 기반 규제 및 코드(규칙), 공동 규제 및 자발적 코드, 표준화와 같은 비 규제적 접근 방식을 위한 프레임워크 개발을 제시하고 있다. 항만 분야와 관련된 연구로 신기술 도입에 따라 초기 투자, 사이버보안, 인적자원 개발 등의 쟁점과 함께 규정의 고도화가 필요하고(de la Peña Zarzuelo, Freire Soeane & López Bermúdez, 2020), 또한 항만 디지털화 전환에 대해서는 시스템 호환성, 정보 저장 및 보관에 대한 새로운 관점 필요, 사이버보안, 디지털화에 대한 저항 등의 쟁점이 발생할 수 있음을 도출하고 있다.(Brunila, Kunnaala, & Inkinen, 2021; Almeida, F., 2023) 다만 쟁점에 대한 검토는 다수 이루어지고 있으나, 구체적인 개선 방안은 제도적 프레임워크 개발이나 거버넌스 개선 등의 방안을 도출하는데 그치고 있다.(Othman, Gazzar, & Knez, 2022; Kevin X. Li et al., 2023)

국내 타 분야에서는 법제도 쟁점과 개선 방안을 함께 검토한 연구가 이루어졌다.(이종한 외, 2020; 심우현·원소연·이종한, 2021; 주민규, 2025) 연구가 다수 이루어진 분야로, 건설 분야에서는 건설 표준 및 시방서 기준 제·개정, 규제샌드박스 도입, 행정 디지털화 등(전수진·정종홍, 2021), 스마트 인프라 분야에서는 공공책임, 교통 분야에서는 교통안전 규제 및 사고 책임 관련 법령 제·개정, 시험 운전 기준 등(이재삼, 2019; 송호신, 2021; 박세운, 2023)의 개선 과제를 제안했다. 그 외 환경 분야(여민주,

2020), 금융 분야(안수현 외, 2022) 등 신기술이 적용되는 다양한 산업 분야에서 관련 연구가 수행되었다.

특히 드론, 친환경차, 자율주행자동차, 로봇 등의 분야에서는 이미 기술 수용의 쟁점과 제도 개선 방안에 대한 검토가 이루어졌다.(관계부처 합동, 2019; 조용혁 외, 2020; 국토교통부 2021; 관계부처 합동, 2021a) 특히 정부 주도로 미래 기술의 발전 양상을 예측하고 선제적으로 규제 이슈를 발굴 및 정비하기 위해 자율주행차, 드론, 친환경차, 가상·증강현실, 로봇, 인공지능, 자율운항선박, 가상 융합 세계의 8대 기술 분야를 대상으로 ‘선제적 규제혁신 로드맵’을 수립했다. 로드맵은 단순한 규제 완화를 넘어서 기술 수용성을 저해할 것으로 예측되는 법령 충돌, 정책 공백, 기준 미비 등의 문제가 쟁점이 될 수 있으므로 이를 선제적으로 발굴하고 그에 따라 정비가 필요한 법제도적 과제를 사전에 대비한다는 점이 특징적이다.

〈표 1-3〉 선제적 규제혁신 로드맵 수립 현황

분야	수립 시기	주관 부처
자율주행차	2018.11.	국토교통부
드론	2019.10.	국토교통부
친환경차	2020.04.	환경부, 산업통상자원부
가상·증강현실(VR·AR)	2020.08.	과학기술정보통신부
로봇	2020.10.	산업통상자원부
인공지능(AI)	2020.12.	과학기술정보통신부
자율운항선박	2021.10.	해양수산부
가상 융합 세계(메타버스)	2023.02.	과학기술정보통신부

자료: 저자 작성

이러한 쟁점과 개선 방안 도출에는 대부분 문헌 연구, 사례분석, 인터뷰의 방법론을 활용하였다.de la Peña Zarzuelo, Freire Soeane & López Bermúdez, 2020; OECD, 2021, 심우현·원소연·이종한, 2021) AHP, IPA 등의 통계분석도 제도 개선 항목의 필요성 우선순위를 도출하는

데 활용하기도 하였다.(이준성, 2016; 이재삼, 2019; 최훈도·유장호, 2020 등) 구체적인 제도 개선안, 쟁점 해소 방안 등은 주로 법제 검토, 문헌분석을 중심으로 이루어짐을 알 수 있다. 본 연구에서도 이러한 방법론을 차용할 수 있으며, 구체적인 쟁점과 개선에 대해서는 전문가 인터뷰, 설문조사를 통한 의견 수렴이 필요하다.

산업 분야별로 기술 도입 방식, 규제 정도 및 내용이 상이하기 때문에 제도적 쟁점 식별 및 개선 방안은 달리 나타남을 알 수 있다. 항만 분야에서는 스마트 기술의 도입 시기가 짧고, 현재까지 쟁점에 대한 검토나 제도 개선의 필요성이 정립되지 않았기 때문에 많은 연구가 이루어지지 않고 있다. 주로 스마트항만 기술 도입 우선순위, 스마트 추진 분야 도출 등에 관한 연구이다.(최훈도·유장호, 2020; 한승훈·안승현·이혜령, 2024; 류원형·남형식, 2024) 따라서 항만 분야 역시 개선에 대한 필요성, 쟁점을 식별하고, 현재 법령 체계 등을 파악하여 실제 작동할 수 있는 개선 방안 도출이 필요하다.

2. 본 연구의 차별성

본 연구는 다음과 같은 측면에서 선행연구와의 차별성을 지닌다. 첫째, 기존의 스마트항만 분야 선행연구가 요소기술을 식별하거나 특정 기술의 개발 및 도입방안을 검토하는 기술적 측면에 초점을 맞춘 것과 달리, 본 연구는 스마트항만 기술 수용을 위한 법제도적 측면을 분석한다. 또한 스마트항만 적용 기술과 스마트항만 구축 추진 과제를 단편적으로 분석한 선행연구의 한계를 보완하기 위해 기술 도입 전망, 항만 운영 체계 변화, 잠재적 법제도적 쟁점 예측, 개선 방안 제시의 유기적인 연구를 수행한다.

둘째, 분석 대상과 범위에서도 차별성을 지닌다. 기존 선행연구에서 특

정 스마트항만 장비 및 기술을 대상으로 연구하는 데 그쳤다면, 본 연구는 인프라, 운영, 친환경화, 안전관리 등 다양한 분야의 스마트항만 기술을 포괄적으로 검토했다. 또한 타 분야 선행연구들에서는 대체로 특정 기술과 기술군에 국한하여 검토하였으나 본 연구는 스마트항만이라는 복합적인 공간을 대상으로 인프라·운영·친환경·안전관리 등을 포괄적으로 검토하며, 기술 변화 전망 및 효과에 그치는 것이 아니라 쟁점 및 개선 방안까지 연결한다는 점에서 차별성을 가진다.

셋째, 법제도 분석 방식에서도 실질적 진전을 보였다. Othman, Gazzar, & Knez(2022); Kevin. X. Li et al.(2023); Almeida, F.(2023) 등의 연구에서와 같이 기존 스마트항만 관련 선행연구에서는 법제도 개선이 필요함을 선언적 수준에서 다루거나 일부 조항의 미비를 지적하는 수준에 그치고 있어 구체적인 법령 개정안을 제시하거나 구체적인 개선 방안을 제시하지 못하였다. 반면 본 연구는 가상의 스마트항만을 설정하여 예상되는 변화와 이에 따른 법령 간 충돌 지점을 식별하고, 구체적인 법제도 개선 방안을 제시했다.

요약하자면 본 연구는 스마트항만으로의 전환을 촉진하기 위해 기술개발, 항만 운영, 제도적 기반 조성을 유기적으로 연결하여 분석함으로써, 기존의 기술 위주의 연구나 추상적인 제도적 기반 조성 필요성만을 언급한 선행연구와의 차별성을 가진다.

〈표 1-4〉 선행연구와의 차별성

구분	선행연구	참고문헌	본 연구
연구 목표	- 스마트항만 정의, 기술 도입 현황 및 우선순위 파악 등 기술적 측면 중심 - 스마트항만 전환을 위한 법제도 측면의 연구 필요성을 지적	- 김주혜·김율성(2021); Thi Yen Pham(2023); Paraskevas et al.(2024) 등 - Kevin X. Li et al.(2023); Almeida, F.(2023) 등	스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법제도적 측면의 예상 쟁점 검토 및 개선 방안 제시
연구 대상	- 스마트항만 기술의 도입 우선순위 또는 특정 기술의 적용 가능성을 연구 - 기술 도입에 따른 변화와 과제를 예측한 연구도 구체적인 개선 방안 제시는 미흡 - 타 분야에서는 신기술 도입에 따른 변화 예측 및 규제혁신 방안을 제시	- 최상희·하태영·원승환(2009), 김주혜·김율성(2021), Gao, Chang, & Chen(2023) 등 - 심동녘·고동환(2022), Musarat, M. A et al.(2023) 등 - 전수진·정종홍(2021); 이재삼(2019) 등	스마트항만 기술 도입 전망, 기술 도입에 따른 변화와 잠재적 법제도 쟁점을 종합적으로 분석
연구 범위	- 스마트항만 전환을 위해 필요한 개선 방안을 선언적 수준에서 검토 - 타 분야에서는 전문가 인터뷰, 특허·논문·뉴스 등을 기반으로 구체적인 유망 기술과 변화를 분석	- Liu, C., Zhan, S. & Heng, L.(2022); Othman, Gazzar & Knez(2022) 등 - 김수현(2025); 김영준(2020); 권구보(2023) 등	스마트항만 기술 도입으로 직간접적 영향을 받는 구체적인 변화와 법제도 쟁점을 분석
연구 방법	- 신기술 도입과 산업에 미치는 영향을 분석하는 방법으로 전문가 인터뷰, 시나리오 분석, 데이터 기반 계량 분석 등의 방법 적용 - 국내외 입법 동향, 타 분야 사례 검토를 통한 문제점 분석 및 개선 방안 모색	- 김수현(2025); 임현 외(2020); 권구보(2023) 등 - 이재삼(2019); 송호신(2021); 박세운(2023); 여민주(2020), 안수현 외(2022) 등	문헌분석, 전문가 조사(델파이 등), 사례분석, 법제 검토의 종합적 분석 수행

자료: 저자 작성

02

스마트항만 기술 도입 및 환경 변화 전망

본 장에서는 국내 스마트항만 정책과 R&D 추진 현황을 검토하여 스마트항만 구축 방향과 주요 기술개발 유형을 살펴본다. 이후 전문가 조사를 통해 국내 항만에 도입될 것으로 예상되는 기술과 도입 시점을 전망하고, 이에 따라 항만에 나타날 변화를 검토한다. 본 장에서 검토한 항만 환경 변화는 법제도적 쟁점을 도출하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

제1절 스마트항만 기술개발 현황

1. 스마트항만 기술 정의

전 세계적인 스마트항만 전환 추세에도 불구하고 ‘스마트항만’에 대한 국제적으로 합의된 정의는 존재하지 않으며, 스마트화를 통해 추구하는 가치와 기술 적용 범위 등에 따라 상이하게 정의되고 있다.

Belmoukari, Audy & Forget(2023)에 따르면 스마트항만의 정의는 시

간에 따라 물리적 인프라 확장과 자동화를 넘어 운영 효율성과 물류 연계성을 추구하고, 더 나아가 지속가능성, 환경, 안전 등의 다양한 가치를 구현하는 방식으로 발전하고 있다.

〈표 2-1〉 스마트항만 정의

구분	스마트항만 정의 및 특징
Keceli(2011)	• 인프라 투자로 운영을 개선하고 경쟁력을 확보하는 환적 중심 항만으로, 이해관계자와의 협력이 중요
Wu et al.(2013)	• 문서 전산화와 실시간 정보 공유를 통해 효율적이고 지속 가능한 의사결정을 지원하는 항만
Duin et al.(2014)	• 완전 자동화된 컨테이너 처리 중심 항만
Williams et al.(2014)	• 실시간으로 이해관계자가 정보를 공유하는 플랫폼 기반 항만
Buiza et al.(2015)	• 운영, 에너지, 환경 효율성을 갖춘 자동화 기술 중심 항만, 생산성 향상과 비용 절감 강조
Heilig et al.(2017)	• 실시간 데이터 교환을 통한 경쟁우위 확보
Fernandez et al.(2017)	• 데이터 시각화 및 관리를 위한 시스템으로, 효율적이고 예측 가능한 의사결정 가능
Heuermann et al.(2017)	• 연결되고 자동화되며 AI로 제어되는 항만
Swuying et al.(2018)	• 혁신적 ICT, AI, 자동화를 통해 예측 기반 의사결정을 지원
Jovic et al.(2019)	• 연결성과 자동화, 실시간 데이터 공유로 항만과 이해관계자 간 협력 증진
Feja et al.(2019)	• 지속가능성과 사이버보안, 환경보호, 안전이 보장된 항만
Yau(2020)	• ICT 및 혁신 인프라를 통해 국가 경쟁력과 지속가능성을 높이는 항만
Molavi et al.(2020)	• 운영, 환경, 에너지, 안전 분야 성과 측정을 기반으로 한 지속 가능하고 안전한 항만

자료: Belmoukari, Audy & Forget(2023), pp. 4-7을 바탕으로 저자 정리

주요 기구·기관의 스마트항만에 대한 정의를 살펴보면 OECD-ITF(국제교통포럼)는 ‘공간, 시간, 비용, 자원의 낭비가 없는 항만’, IDB(미주개발은행)는 ‘항만의 가치 사슬의 모든 측면이 개방적이고 상호 연결된 생태계로 전환된 항만’으로 정의하며 스마트화를 통한 결과인 효율성 및 연결성 효

과에 초점을 맞추고 있다. 한편 WB(세계은행), 유럽복합운송기구(Escola Europea)는 스마트항만을 빅데이터, IoT, 블록체인 등의 첨단기술을 활용하여 생산성, 경제성, 효율성, 지속가능성 등을 추구한 항만으로 정의하며, 적용 기술과 구현하고자 하는 가치를 제시했다. 해양수산부는 「스마트항만 기술산업 육성 및 시장 확대 전략」에서 스마트항만을 ‘자동화·지능화 등을 통해 물류최적화를 실현하는 항만으로 안정적·효율적 운영이 가능한 항만’으로 정의했다.

〈표 2-2〉 주요 기구별 스마트항만 정의

구분	스마트항만 정의
OECD-ITF	• 공간, 시간, 비용, 자원의 낭비가 없는 항만
IDB	• 항만의 가치 사슬의 모든 측면이 개방적이고 상호 연결된 생태계로 전환된 항만
World Bank	• 빅데이터, 사물인터넷(IoT), 블록체인 솔루션 및 기타 스마트 기술 기반 방법을 사용하여 생산성과 경제성을 개선하는 자동화된 항만
Escola Europea	• 첨단기술과 디지털 시스템을 사용하여 운영 효율성, 지속가능성, 경쟁력을 향상시킨 현대적 항만
해양수산부	• 자동화·지능화 등을 통해 물류최적화를 실현하는 항만으로 안정적·효율적 운영이 가능한 항만

자료: Port Technology(검색일: 2025.4.25.), IDB((2020), World Bank Group(2020); Escola Europea (검색일: 2025.2.12.); 해양수산부 보도자료(2023.1.19.)(검색일: 2025.8.6.)를 바탕으로 저자 작성

이러한 정의를 종합하면 스마트항만은 첨단기술이라는 수단을 통해 자동화, 디지털화, 지능화의 과정을 거쳐 운영 효율성, 물류 연계성, 환경 지속가능성 등의 가치를 실현하는 항만으로 정의할 수 있다.

스마트항만 기술은 스마트항만을 실현하기 위한 수단으로, 단순한 개별 기술뿐만 아니라 여러 기술이 상호 연계되는 기술 체계를 포함한다. 스마트항만 기술의 특징은 요소기술, 항만 내 활용 방법, 관련 산업 범주, 기술 적용의 목적 등의 관점에서 고찰할 수 있다.

스마트항만 기술의 핵심 요소기술은 제4차 산업혁명 기술인 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 증강현실, 로봇 등으로 간주한다. 이러한 기술의 도입으로 항만의 자동화, 디지털화가 가능하며, 더 나아가 실시간 정보 공유와 데이터 기반 의사결정을 통한 최적화를 가능하게 한다.

Kevin X. Li et al.(2023)은 항만 내 활용 방법을 기준으로 제4차 산업혁명의 아홉 가지 요소기술을 네 가지 범주로 구분했다. ‘적용’ 계층은 로봇, 시뮬레이션 등과 같이 항만에 도입이 가능한 기술, ‘확장’ 계층은 현재까지 항만 분야에서의 활용 사례는 미비하나 향후 적용 가능성이 큰 기술, ‘기초’ 계층은 항만의 기반 인프라나 디지털 환경 구축과 관련한 기술, ‘지원’ 계층은 항만의 운영을 지원하는 역할의 기술 등이 포함된다.

〈표 2-3〉 적용 분야에 따른 스마트항만 기술 범주

구분	요소기술	구분	요소기술
적용	• 자율 로봇	기초	• 산업용 IoT
	• 시뮬레이션		• 수평 및 수직 시스템 통합
	• 적층 제조(3D 프린팅)	지원	• 클라우드 컴퓨팅
확장	• 증강현실		• 빅데이터
			• 사이버보안

자료: Kevin X. Li et al.(2023), p. 4.

스마트항만 기술의 산업적 범위로는 「항만기술산업 육성 및 지원에 관한 법률」에 따른 항만기술산업의 정의를 참조할 수 있다. 법령에서는 항만기술산업을 ‘항만장비와 이를 위한 정보통신시스템의 개발·제작·생산·유통·운영·유지 및 관리 등과 관련된 산업’으로 정의한다.¹⁰⁾ 스마트항만 기술의 적용 목적 관점에서는 운영 효율화, 지속가능성, 안전성 제고, 연계성 강화 등의 다양한 가치를 실현하기 위한 전략적 수단으로 볼 수 있다.

10) 「항만기술산업 육성 및 지원에 관한 법률」 제2조(정의)

이와 같은 특징을 종합하면 스마트항만 기술은 제4차 산업혁명 기반의 요소 기술을 활용하여 항만 내 다양한 방식으로 적용되는 기술로, 항만 장비 및 시스템 산업을 포괄하며, 궁극적으로 항만의 효율성·친환경성·안전성·연계성 등의 가치를 실현하는 수단이라 정의할 수 있다.

〈표 2-4〉 스마트항만 기술 특성

요소기술	산업 범주	적용 목적
• 로봇 • 빅데이터 • 증강현실 • 클라우드 • 기타 제4차 산업혁명 기술	• 장비 및 부품 • 운영 시스템 • 정보통신시스템	• 효율성 • 친환경성 • 안전성 • 연계성 • 지속가능성

자료: 저자 작성

2. 국내 스마트항만 기술개발 현황

1) 스마트항만 관련 정책에 따른 기술개발 방향

국내에서는 스마트항만을 전략적으로 구축하기 위한 다양한 정책이 추진되고 있다. 2020년 항만 분야 최상위 법정계획인 「제4차(‘21-’30) 전국 항만기본계획」과 항만 분야 중장기 발전 전략인 「2030 항만정책 방향과 추진전략」에서 국내 항만의 육성 비전을 ‘글로벌 경쟁력을 갖춘 고부가가치 스마트항만 실현’으로 설정함에 따라 스마트항만 구축이 본격적인 국가 전략으로 추진되기 시작했다. 전략에서는 항만의 자동화·정보화·지능화를 통해 고부가가치화를 추구하고, 부산항, 광양항 등 주요 항만을 중심으로 한 전략적 스마트화 추진 과제를 설정했다.

이후 2021년 「스마트 해운물류 확산전략」에서는 해상·항만·육상을 연결하는 물류 스마트화를 위해 전 영역 자동화 항만 조성, AI 기반 항만 운영

최적화, 스마트 항만배후단지 공동물류센터 구축, 자율운항선박 항만 기항 기술개발, 항만물류 정보 공유 체계 구축 등의 세부 추진 과제를 제시했다.

2023년에는 「스마트항만 기술산업 육성 및 시장확대 전략」을 통해 국내 스마트항만 기술산업의 육성 및 글로벌 시장 진출 기반을 마련했다.¹¹⁾ 전략은 국내 스마트항만 기술 내재화 및 신기술 개발에 초점을 맞추고 있으며, 이를 위해 스마트항만 기술 분야 R&D 투자, 산업 육성, 전문 인력 양성, 해외 진출 지원 등의 방안을 마련했다. 또한 전략에서는 국내 항만기술 산업 육성을 위한 제도적 기반을 조성하기 위해 관련 법령 제정 추진 계획을 발표했으며, 2024년 「항만기술산업의 육성 및 지원에 관한 법률」이 제정됨에 따라 항만기술산업의 육성이 더욱 본격화될 것으로 기대된다.

2024년 발표된 「글로벌 거점항만 구축전략」에서는 이러한 스마트항만 육성 기조를 바탕으로 국내 스마트항만 육성 목표를 ‘세계 최고 수준의 스마트 메가포트’로 설정하고, 자동화를 넘어 AI, 빅데이터 기술을 접목한 지능화 항만으로 전환한다는 육성 방향을 재확인했다.

항만 분야 중장기 육성 전략 외에 과학기술 측면에서도 스마트항만 관련 기술을 전략기술로 인식하고 있다. 「제2차 해양수산과학기술 육성 기본계획」에서는 ‘디지털 전환을 선도하는 스마트 선박·항만’을 추진 과제로 설정하고 안벽·이송·야드 전 영역 자동화, 항만자원 관리 지능화, AI 기반 해상·항만·육상 물류 최적화를 주요 기술 육성 분야로 제시했다.

종합적으로 국내 스마트항만은 관련 주요 정책 방향에 따라 항만 인프라 자동화, 항만 운영 지능화, 해상·항만·육상 물류 통합 연계를 중심으로 추진될 것으로 보인다. 이 외에도 시설물 건설 및 유지관리, 안전 및 재해 대응, 배후 물류센터 스마트화, 기술 표준화 등이 전략적으로 우선 추진될 것으로 전망된다.

11) 해양수산부 보도자료(2023.1.19.)(검색일: 2025.8.6.)

〈표 2-5〉 국내 주요 정책의 스마트항만 기술개발 방향

스마트항만 육성 방향	2030 항만 정책 방향과 추진전략	스마트 해운물류 확산전략	스마트항만 기술산업 육성 및 시장 확대 전략	글로벌 거점항만 구축전략	제2차 해양수산과학기술 육성 기본계획
• 자동화 항만 구축	○	○	○	○	○
• 스마트항만 기술 국산화	○		○		
• 항만 운영 최적화 및 지능화	○	○		○	○
• 해상·항만 육상 물류 최적화	○	○		○	○
• 배후 물류센터 스마트화		○			
• 안전·재해 대응 스마트화	○	○			
• 항만시설 건설·유지관리 스 마트화	○	○			
• 항만물류 통합플랫폼 구축	○	○			
• 스마트항만 기술 표준화			○		

자료: 저자 작성

2) 국내 스마트항만 관련 R&D 추진 현황

국내 스마트항만 기술개발 현황을 파악하기 위해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 데이터베이스를 바탕으로 스마트항만 관련 R&D 추진 현황을 검토했다. NTIS는 「과학기술기본법」에 따라 과학기술 및 국가연구개발사업 관련 정보를 통합 관리하는 플랫폼으로, 정부의 중장기 계획 방향과 연계되어 국가 예산이 투입된 R&D 과제 정보를 파악하기 위한 적합한 기초자료이다.

본 연구는 NTIS 데이터베이스를 기반으로 2020~2024년 동안 추진된 항만 관련 R&D 과제¹²⁾ 중 스마트항만과 직접적으로 관련 있는 기술개발 과제를 선별하여 분석에 활용했다. 현재 개발·시험사업·상용화 준비 단계로 향후 도입 가능성이 높은 기술을 검토하기 위해 검색 기간은 최근 5개

12) 기술개발 과제의 추진 기간 중 전부 또는 일부가 2020~2024년에 포함되며, 사업명·과제명·키워드·연구 목표·연구 내용·기대효과 등에 '항만'이 포함된 과제

년(2020년~2024년)으로 설정했다. 또한 스마트항만 기술이 항만 분야에서만 독자적으로 개발되는 것이 아니라 타 분야에서 개발된 기술의 적용 가능성을 고려하여, 사업명·과제명·키워드·연구 목표·연구 내용·기대효과 등 과제정보 전반에 ‘항만’이 포함된 과제를 포괄적으로 검색했다. 이후 검색된 기술개발 과제 중복성과 스마트항만과의 연관성을 기준으로 스마트항만 기술개발 과제를 선별했다. 국내 개발 중인 영역별 스마트항만 기술은 다음과 같다.

(1) 하역·이송 분야

스마트항만의 가장 두드러지는 특징은 하역장비와 이송장비가 자동화 또는 자율주행 체계로 전환된다는 것이다. 선도적인 스마트항만으로 꼽히는 로테르담항 역시 1993년 세계 최초로 자동화 장비를 도입하고¹³⁾ 2015년 전 영역 완전 자동화 터미널 조성¹⁴⁾에 이르기까지의 물리적 자동화를 시작으로, 최근 소프트웨어 디지털화·지능화를 추진 중이다. 자동화 크레인도 기존 작업자가 탑승하여 조작하던 방식과 달리 원격 조정 혹은 자동화 주행이 가능하며, 안전 확보를 위해 주변 상황 감지 및 사고 예방을 위한 기술이 함께 개발되고 있다. 이송장비의 경우 부산항 신항 2-5단계에 도입된 트랜스폰더 방식의 자동이송장비(AGV) 외에도 다양한 센서와 비전시스템 등을 적용하여 자율주행이 가능한 이송장비가 개발되고 있다.

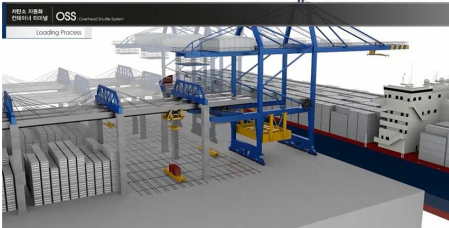
그 외 항만 내 특정 구역에 적용하기 위한 신개념 장비도 개발되고 있다. 광양항 해양산업클러스터에서는 기존 야드 크레인에서 이송장비로 지상에서 연계되는 일반적인 형태와 달리 선박-야드 간 공중으로 컨테이너를 이동시키는 오버헤드셔틀시스템(OSS)을, 부산항에서는 무인트램을 활용해 항만 내 타 부두 환적을 자동화하는 시스템을 실증하기도 했다. 이 외에도

13) ECT Rotterdam(검색일: 2025.4.23.)

14) APM Terminals(검색일: 2025.4.23.)

컨테이너 화물뿐만 아니라 비컨테이너 화물의 하역 작업을 자동화하는 기술이 개발되고 있다.

〈그림 2-1〉 자동화 항만 장비 기술개발 사례

OSS(Overhead Shuttle System)	환적화물 자동운송시스템
 공중의 오버헤드셔틀을 이용하여 컨테이너를 선박에서 야드로 이동시키는 방식	 무인트랙 기반 자동 환적 장치

자료: 건설기술신문(검색일: 2025.5.2.) 및 해사신문(검색일: 2025.5.2.)

〈표 2-6〉 하역·이송 분야 기술개발 현황

구분	주요 기술개발 내용
컨테이너 자동하역 장비(크레인)	- 원격제어 및 자동화 주행이 가능한 컨테이너 크레인 - 주변 상황을 감지하고 안전사고를 예방하기 위한 기술(센서, 카메라 등) 적용
자율주행 이송장비	- 고도화된 센서, 비전시스템, 통신 기술 등을 적용하여 자동주행 또는 자율주행이 가능한 이송장비 - 타 장비 및 운영 시스템 정보와 실시간 연계하고, 항만 환경을 인지하여 최적화된 이송을 지원
신개념 자동 하역 시스템	기존 이송장비 및 야드 크레인 대신 공중 레일에 달린 셔틀로 컨테이너를 선박에서 야드로 신속하게 이송/적재하는 오버헤드셔틀 시스템(OSS: Overhead Shuttle System)
환적화물 자동운송시스템	무인트랙/셔틀 기반 환적화물의 타 부두 운송 자동화 시스템
비컨테이너 하역 자동화 시스템	- 비컨테이너 화물 하역 자동화 시스템 - 자율주행차량 자동하역지원시스템 - 센서, 공간인지 기술 기반 비컨테이너 화물(철광석, 석탄 등) 하역 자동화 시스템

자료: NTIS 자료 분석 기반 저자 작성

(2) 운영·관제 분야

스마트항만의 운영 및 관제 시스템은 항만 내 개별 장비 관제부터 항만 전체 운영 최적화, 해상-항만-육상의 연계까지 폭넓은 수준에서 개발되고 있다. 개발된 기술이 적용되는 영역에 따라 크게 게이트, 항만 운영, 안벽, 그리고 해상-항만-육상 연계 기술로 구분할 수 있다.

게이트 영역에서는 항만의 외부와 내부의 물류 흐름을 연결하는 기술을 개발 중이다. 대표적인 기술로 운전자, 차량, 컨테이너 정보를 인식·추적하는 게이트 출입 관리 시스템과 항만의 실시간 물류 현황 정보를 바탕으로 화물 트럭 배차를 최적화하는 컨테이너 트럭 배차 최적화 기술이 있다. 게이트 영역에 스마트항만 기술이 적용된다면 병목 현상을 해소하고 배후 교통 혼잡을 완화하는데 기여할 것으로 기대된다.

항만 운영 분야의 대표적인 기술개발 유형은 지능형 운영 시스템 개발이다. 터미널 전체 물류 환경을 관장하는 터미널운영 시스템과 개발 장비를 관제하는 시스템을 연계하여 항만 전체 관점에서의 작업·장비 최적화를 목적으로 한다. 이에 더해 컨테이너의 위치, 온도, 충격 등 상태 정보를 실시간으로 수집하고 이상 상태를 감지하는 스마트 컨테이너 기술도 개발되어 항만 물류의 가시성이 높아질 것으로 기대된다.

안벽 영역에서는 선박의 입출항을 지원하는 기술이 개발 중이다. 안전한 이·접안을 지원하기 위해 자동화 설비나 안전 관제 시스템이 개발되는 한편, 항만 혼잡 상황과 선박 예정 도착시간을 예측하여 정시 입출항을 지원하는 기술도 개발 중이다. 특히 선석 최적화 시스템의 경우 선박의 불필요한 대기시간을 줄이고 접안시간을 최적화하여 항만 혼잡과 탄소 배출 관리에 효과적인 기술로 주목받고 있다.

항만 운영 최적화뿐만 아니라 해상-항만-육상의 전 분야를 통합 연계하

는 물류 시스템도 개발되고 있다. 통합 물류시스템의 목적은 해상 분야의 실시간 선적 및 하역 현황, 항만의 물류정보 등을 배후 내륙물류 및 연관 산업과 공유하여 공급망 전 과정의 효율성과 연계성을 높이는 것이다.

〈표 2-7〉 운영·관제 분야 기술개발 현황

구분	주요 기술개발 내용
항만 게이트 출입 관리 시스템	• 항만 출입 차량의 자동 인식 및 추적이 가능한 스마트 게이트 시스템 - 고도화된 중계기(Poll)와 차량용 장비(Node) 기반의 차량 위치정보 자율 인식 - 차량, 운전자, 컨테이너 정보 식별 디지털화 - 외부 트럭 도착 정보를 터미널운영 시스템을 연계하여 작업 지시 효율화 지원
컨테이너 트럭 배차 최적화	• 야드 플래닝 정보와 실시간 물류 현황 정보를 바탕으로 최적의 화물 트럭 배차 지원 - 실시간 항만물류 상황에 따른 차장-화물 자동배차, 트럭 도착순서결정 및 통지
스마트 컨테이너	• 위치, 온도, 습도, 충격 등의 상태 정보를 실시간으로 모니터링 및 관제 가능한 컨테이너 • 빅데이터, AI 기반 컨테이너 이상 감지 및 예지보전
지능형 터미널 운영 시스템	• 터미널운영 시스템과 자동화 장비 운영시스템을 통합 연계하여 장비별 및 항만 전체 관점에서의 작업 최적화 - 터미널 내 운영·관제시스템을 통합 연계하고, 표준화된 데이터를 실시간 수집·교환·분석 - 최적의 작업-장비 할당 • 장비 간 자율 협업을 통해 작업 상황 변화에 신속하고 유연하게 대응 - 상황 변화에 따른 유연한 작업-장비 재할당
선박 이·접안 자동화 지원 시스템	• 선박의 안전한 이·접안을 지원하기 위한 자동화 설비 및 지원 시스템 - 스마트 계선주 및 계류 모니터링 시스템 - 선박 이·접안 지원 어라운드뷰 모니터링 시스템 - 데이터 기반 선박 접안 안전 관제 시스템
선석 최적화 시스템	• 선박 도착시간 예측 및 정시 입출항 지원 시스템 - 선석 도착예정시간 및 항만 미래 혼잡도 예측 - 선석 스케줄 및 운항 속도 조율 지원
해상-항만-육상 연계 스마트 항만 물류 시스템	• 해상-항만-육상 연계 스마트 항만물류 시스템 - 실시간 선적 현황 모니터링 - 블록체인 기반 물류정보 실시간 추적 - 연관 산업 사업자와의 신뢰도 높은 정보 공유

자료: NTIS 자료 분석 기반 저자 작성

(3) 유지관리 분야

항만의 유지관리를 위한 대표적인 기술은 장비 분야와 시설물 분야로 구분할 수 있다. 장비 분야에서는 항만 장비를 실시간으로 모니터링하여 고장, 노후화, 이상 상태를 사전에 감지하고 예측 진단을 통해 예지보전 체계를 지원하는 기술을 개발 중이다. 시설물 분야에서는 디지털트윈, 드론 등을 활용하여 항만 인프라를 점검하고, 더 나아가 설계부터 시공, 운영, 유지관리의 전 생애주기에 대한 정보를 관리하는 통합 시스템이 개발되고 있다. 이러한 기술을 통해 고장이나 사고 발생 이후 사후 정비에 의존하던 유지관리 방식이 예측·예방 중심으로 전환될 것으로 보인다.

〈표 2-8〉 유지관리 분야 기술개발 현황

구분	주요 기술개발 내용
항만 장비 안전 예측 진단 시스템	• 항만 장비 모니터링 및 안전 예측 진단 기술 - 항만 장비 실시간 모니터링, 상시 안전진단 - 항만 장비 고장, 노후화 예측 진단을 통한 예지보전 지원
항만시설물 스마트 유지관리 시스템	• 디지털트윈 기반 항만 인프라 관리 시스템 - 항만시설물 모니터링, 노후화 및 위험도 평가 • 드론, 무인비행체 등을 활용한 항만시설물 영상 관제 및 안전진단
항만시설물 전 생애 주기 관리 시스템	• 건설정보모델링(BIM) 등 첨단기술 기반 항만시설물의 설계-시공-운영-유지관리 전 생애주기 정보 관리 시스템

자료: NTIS 자료 분석 기반 저자 작성

(4) 친환경 분야

기후변화 대응 및 탈탄소화에 대한 사회적 요구가 증대됨에 따라 항만에서도 탄소 배출 관리와 에너지 전환을 촉진하는 정책이 추진되고 있다. 이에 관련 기술의 개발도 추진되고 있다. 항만의 탄소 배출 요인과 배출량을 자동으로 모니터링하여 관련 정보를 수집하고, 탄소 배출량을 사전에 예측하여 최적의 탄소 저감 시나리오를 지원하는 항만 탄소 배출 관리 플랫폼

기술이 대표적인 사례이다. 이 외에도 전 세계적으로 항만 내 접안 중인 선박에서 발생하는 배출량을 줄이기 위해 육상전원공급장치(AMP)가 도입되고 있으며, 원격 조정 및 모니터링이 가능한 무인형 AMP 기술이 개발되고 있다.

〈표 2-9〉 친환경 분야 기술개발 현황

구분	주요 기술개발 내용
항만 탄소 배출 관리 플랫폼	• 항만 탄소 관리 플랫폼 - 항만 탄소 배출 요인 및 배출량 모니터링 - IoT 기반 항만 대기질 측정 - AI 기반 탄소 배출량 사전 예측 - 시뮬레이션 기반 탄소 저감 시나리오 검증
무인 육상전원공급장치	• 원격 모니터링, 제어, 운전이 가능한 무인형 육상전원공급장치

자료: NTIS 자료 분석 기반 저자 작성

(5) 안전 및 보안

항만에서의 안전·보안 사고 관리를 위한 기술도 개발되고 있다. 위험화물 자동 검색 및 관리 시스템은 위험 요소를 자동으로 식별하고 위험화물의 이동과 보관 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있는 형식으로 발전하고 있다. 항만 통합 보안 시스템은 항만 전반의 통제를 강화하고, 데이터 기반의 실시간 이상 상황 탐지로 보안 위협에 대한 대응 속도를 높인다. 최근에는 항만 장비와 운영 시스템의 많은 부분이 데이터·알고리즘 의존도가 높아지면서 증가하는 사이버 위협에 대응한 사이버보안 플랫폼 필요성이 증가하고 있다.

〈표 2-10〉 안전 및 보안 분야 기술개발 현황

구분	주요 기술개발 내용
위험화물 자동 검색 및 관리 시스템	• 위험화물 지능형 검색 및 관리 기술 - 위험/위해 요인 자동 식별·검색 - 위험화물의 이동과 저장 상태 실시간 관리 및 추적
항만 통합 보안 시스템	• 항만 통합 보안 플랫폼 - 식별·인증 기술 기반 물류 주체의 신원 및 권한 관리 - 데이터 기반 실시간 이상 상황 탐지 • 항만 사이버보안 플랫폼 - 항만 인프라 및 주체 데이터 보안 - 사이버위협 취약점 식별 및 관리 솔루션

자료: NTIS 자료 분석 기반 저자 작성

제2절 스마트항만 가상 모델 설정

1. 스마트항만 기술 도입 전망

1) 분석 개요

스마트항만 기술은 항만 전반에 걸쳐 다양한 형태로 개발되고 있으며, 기술별로 실제 항만에 도입되는 시점을 예측하기는 어렵다. 특히 기술별로 적용 난이도에도 편차가 존재하고, 터미널별 운영 환경과 목표하는 가치가 상이하여 같은 기술에 대한 도입 시점도 다르게 나타날 수 있다.

이에 본 연구는 스마트항만 기술의 도입 시점을 보다 객관적으로 예측하기 위해 델파이 조사를 수행했다. 델파이 조사는 특정한 분야 전문가 집단의 의견을 반복적으로 수렴하여 합의된 결과를 도출하는 방식으로, 기술 전망 및 미래 예측 연구에 활용되고 있다. 국내에서도 「과학기술기본법」에

따른 5년 주기 과학기술예측조사 방법의 하나로 델파이 기법을 활용하고 있다.¹⁵⁾

델파이 조사는 설문에 앞서 설문 항목을 도출하기 위한 조사를 수행하기도 한다. 하지만 문헌분석, 선행연구 결과, 과학적 DB 분석 등에 기반하여 사전에 정의된 항목이 존재하는 경우 조사 결과를 바탕으로 설문지를 구성할 수 있다.(Jorm, A., 2025) 본 연구에서는 앞서 국가 R&D 현황 분석을 통해 도출한 스마트항만 기술 목록으로 조사 항목을 구성했다.

실제 국내 항만에 도입되는 스마트항만 기술은 국가 R&D 사업을 통해 개발되는 기술뿐만 아니라 국외 기술 또는 민간 개발 기술도 포함될 수 있다. 또한 국가 R&D가 반드시 상용화 가능한 수준의 성공적인 결과로 이어지는 것은 아니라는 점을 고려한다면 조사 대상을 국가 R&D로 개발 중인 스마트항만 기술에 한정하는 것은 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 기획연구, 사업 선정, 수행자 선정 등의 전 과정에서 전 세계 산업 및 기술 동향, 국내외 기술 수준, 시장성, 사업화 계획 등을 종합적으로 검토하며, 실질적 도입 가능성을 고려한 실증단계를 포함한다. 즉, 사업 추진체계에 따라 국가 R&D로 개발되는 기술은 전 세계적인 동향과 사업화 가능성을 반영하고 있으며, 향후 국내 항만에 도입될 기술 방향성을 합리적으로 대표할 수 있음을 의미한다. 한편 민간이 자체적으로 개발 중인 기술 목록과 내용은 전수조사가 사실상 불가능하며, 본 연구의 목적이 스마트항만 기술 도입에 따른 법제도적 개선 방안을 도출하는 것임을 고려하면 공공 주도로 추진되는 국가 R&D 사업을 중심으로 분석하였다.

델파이 조사는 제1절에서 식별한 스마트항만 기술의 예상 도입 시점을 전망하기 위한 목적으로 항만공사, 터미널운영사, 관계 기관, 장비 및 시스템 분야 산업계 전문가, 학계 전문가 등 전문가 26인이 참여했다. 조사는

15) 박창현 외(2021), p.4

개별 전문가의 독립적인 판단에 따른 기술별 예상 도입 시기와 판단 근거를 조사하는 1차 조사, 1차 조사의 응답 결과를 바탕으로 응답 결과를 수정하거나 유지할 수 있도록 하는 2차 조사의 두 단계로 실시했다.

2) 분석 결과

텔파이조사 결과를 바탕으로 수렴된 전문가 의견의 신뢰성과 합의 수준을 판단하기 위해 안정도, 합의도, 수렴도를 분석했다. 안정도는 1차와 2차 응답 간의 차이를 나타내며 0.5 이하일 경우 의견이 안정적으로 수렴된 것으로 해석한다. 합의도는 전문가들 간 응답이 얼마나 일치하는가를 나타내는 지표로, 0.75 이상은 높은 수준의 합의, 0.5~0.75는 중간 합의, 0.5 미만은 합의가 이루어지지 않았음을 의미한다. 수렴도는 응답이 평균에 얼마나 집중되어 분포하는지를 의미하며, 0.5 이하일 경우 의견이 수렴된 것으로 해석한다.

분석 결과 16개 기술에 대한 합의된 의견을 도출하였으며, ‘항만 게이트 출입 관리 시스템’, ‘컨테이너 트럭 배차 최적화’, ‘지능형 터미널 운영 시스템’의 세 가지 기술의 도입 시점에 대해서는 합의를 도출하지 못했다. 다만 미합의된 세 개 기술은 전문가 집단 간 도입 시점에 대한 견해가 상이할 뿐 해당 기술의 필요성 자체를 부정한 것은 아니라는 점에서 해석에 유의가 필요하다.

〈표 2-11〉 스마트항만 기술 도입 전망 텔파이 조사 결과

구분	평균	표준편차	안정도	합의도	수렴도	합의결과
[하역·이송]						
컨테이너 자동하역장비(크레인)	2.6	1.16	0.45	0.50	0.50	합의
자율주행 이송장비	4.8	1.56	0.32	0.60	0.40	합의
비컨테이너 하역 자동화 시스템	5.7	1.79	0.31	0.67	0.33	합의

구분	평균	표준편차	안정도	합의도	수렴도	합의결과
신개념 자동 하역 시스템	8.0	1.91	0.24	0.63	0.38	합의
환적화물 자동운송시스템	6.0	1.24	0.21	0.67	0.33	합의
[운영·관제]						
항만 게이트 출입 관리 시스템	3.6	1.29	0.36	0.18	0.82	미합의
컨테이너 트럭 배차 최적화	3.5	1.44	0.41	0.00	1.00	미합의
스마트 컨테이너	4.7	1.66	0.35	0.60	0.40	합의
지능형 터미널 운영 시스템	4.6	1.63	0.36	0.40	0.60	미합의
선박 이·접안 자동화 지원 시스템	4.9	1.32	0.27	0.60	0.40	합의
선석 최적화 시스템	3.9	1.44	0.37	0.50	0.50	합의
해상-항만-육상 연계 스마트 항만물류 시스템	4.4	1.38	0.32	0.60	0.40	합의
[유지관리]						
항만 장비 안전 예측 진단 시스템	3.9	1.05	0.27	0.50	0.50	합의
항만시설물 스마트 유지관리 시스템	4.1	0.88	0.22	0.53	0.47	합의
항만시설물 전 생애주기 관리 시스템	4.8	1.37	0.29	0.60	0.40	합의
[친환경]						
항만 탄소 관리 플랫폼	4.3	0.99	0.23	0.75	0.25	합의
무인 육상 전원공급장치	5.1	1.27	0.25	0.63	0.38	합의
[안전 및 보안]						
위험화물 자동 검색 및 관리 시스템	4.1	1.11	0.27	0.50	0.50	합의
항만 통합 보안 시스템	4.2	1.43	0.34	0.53	0.47	합의

주: 평균은 2025년을 기준으로 몇 년 후 상용화가 예상되는지를 의미

자료: 저자 작성

도입 예상 시점에 합의를 도출한 16개 기술 중 12개 기술이 2029년 이내 도입될 것으로 예상되었으며, 네 개 기술이 2030년 이후 도입될 것으로 전망되었다. 주목할 점은 2030년 이후 도입될 것으로 예상되는 기술은 ‘비 컨테이너 하역 자동화 시스템’, ‘신개념 자동 하역 시스템’, ‘환적화물 자동

운송시스템', '무인 육상전원공급장치' 등 비교적 대형 시설 변화가 필요한 기술로, 기술개발이 완료되더라도 실제 항만 현장에서의 상용화 여부는 미래의 투자 여건, 운영 환경 등에 따라 달라질 수 있다는 점이다. 전문가들도 이러한 점을 고려하여 가까운 미래보다는 중장기적 관점에 무게를 두고 보수적으로 전망한 것으로 보인다.

〈표 2-12〉 스마트항만 기술 도입 시기 분포

단위: 개

구분	2026~2029년	2030~2035년	총계
하역·이송	2	3	5
운영·관제	4	0	4
유지관리	3	0	3
친환경	1	1	2
안전 및 보안	2	0	2
총계	12	4	16

자료: 저자 작성

가장 먼저 도입될 것으로 전망된 기술은 '컨테이너 자동하역장비'로 2.6년 후인 2027년 중 상용화가 전망된다. 이후 2028년에는 '선석 최적화 시스템', '항만 장비 안전 예측 진단 시스템'이 도입될 것으로 예상된다. 그 외 대부분의 스마트항만 기술이 2029년까지 도입될 것으로 예측된 가운데, '해상-항만-육상 연계 스마트 항만물류 시스템', '항만시설물 스마트 유지관리 시스템', '항만 탄소 관리 플랫폼', '위험화물 자동 검색 및 관리 시스템', '항만 통합 보안 시스템' 등이 2029년 상반기 상용화될 것으로 전망되었다. 그 외 '자율주행 이송장비', '스마트 컨테이너', '선박 이·접안 자동화 지원 시스템', '항만시설물 전 생애주기 관리 시스템' 등이 2029년 하반기까지 도입될 것으로 예측되었다. 해당 기술은 해상-항만-육상 물류 연계 체계가 갖춰진 후 스마트 컨테이너 기술 및 선박 이·접안 지원 시스템의 적용이 실효적이거나, 시설물 유지관리 시스템이 갖춰져야 전 생애주기 관

리가 가능한 선후관계가 있는 기술들로 파악된다.

〈표 2-13〉 스마트항만 기술별 도입 예상 시기

구분	'26	'27	'28	'29	'30 이후
[하역·이송]					
컨테이너 자동하역장비(크레인)					
자율주행 이송장비					
비컨테이너 하역 자동화 시스템					
신개념 자동 하역 시스템					
환적화물 자동운송시스템					
[운영·관리]					
스마트 컨테이너					
선박 이·접안 자동화 지원 시스템					
선석 최적화 시스템					
해상-항만-육상 연계 스마트 항만물류 시스템					
[유지관리]					
항만 장비 안전 예측 진단 시스템					
항만시설물 스마트 유지관리 시스템					
항만시설물 전 생애주기 관리 시스템					
[친환경]					
항만 탄소 배출 관리 플랫폼					
무인 육상전원공급장치					
[안전 및 보안]					
위험화물 자동 검색 및 관리 시스템					
항만 통합 보안 시스템					

자료: 저자 작성

한편, 전문가 합의도를 기준으로 가장 높은 합의도를 보인 기술은 '항만 탄소 관리 플랫폼'으로 나타났으며, 이는 일부 항만이 온실가스 배출권 할당 대상업체로 편입되는 등 관련 규제가 본격적으로 시행되고 있기 때문으로 추측된다.

2. 스마트항만 가상 모델

본 연구에서는 국내 스마트항만 개발 계획과 기술별 도입 시점 예측 결과를 고려하여, 2029년 이내 도입될 것으로 전망되는 12개 기술이 도입된 항만을 가상의 스마트항만 분석 모델로 설정했다.

국내에서는 부산항 진해신항, 광양항 항만자동화 테스트베드, 인천신항 등에 자동화·스마트항만이 개발될 계획이며,¹⁶⁾ 특히 주요 정책에서는 부산항 진해신항을 세계적인 수준의 '스마트 메가 포트'로 육성하는 중장기 계획을 수립하고 있다. 부산항 진해신항은 2029년 1-1단계 3선석 우선 개장을 시작으로 단계적으로 운영될 계획인 만큼,¹⁷⁾ 2029년까지 도입될 것으로 예상되는 기술들이 안정적으로 도입될 수 있는 환경을 조성해야 한다. 따라서 2029년 이내 도입될 것으로 전망되는 기술을 중심으로 예상되는 변화와 쟁점을 분석하고 필요한 법제도적 준비를 추진해야 한다.

기술별 도입 시점 예측 결과에서도 단·중기(2029년 이내) 상용화가 가능할 것으로 전망되는 기술과 장기(2030년 이후) 도입될 것으로 예측되는 기술 간의 특징 차이가 나타났다. 단·중기에 도입될 것으로 예상되는 기술은 이미 국내 항만에 도입 또는 시범 운영된 사례가 있거나, 기술개발 실증 단계인 경우, 또는 개발된 기술을 현재 항만 인프라의 큰 변화 없이 적용할

16) 해양수산부 보도자료(2023.1.19.)(검색일: 2025.8.6.)

17) 관계부처 합동(2024), p.11.

수 있는 기술이 대부분이다.

예를 들어 부산항 신항에 무인 원격 조정 크레인이 이미 도입되었으며, 자율주행 이송장비의 경우 2025년 7월 인천항에서 실증 시연이 이루어졌다.¹⁸⁾ 이는 기술 도입으로 인해 나타날 변화와 쟁점에 대한 예측이 단순한 상상에 의존하는 것이 아닌 실제 사례를 바탕으로 이루어질 수 있음을 의미한다. 자동화 항만 장비를 먼저 도입한 항만 사례를 통해 국내 항만에 도입 시 발생 가능한 잠재적 변화와 쟁점을 가늠할 수 있다. 반면, 2030년 이후 도입될 것으로 예상되는 기술은 안정적으로 도입되어 운영되는 사례가 미미하거나, 대형 장비 설치와 물리적 인프라 투자가 필요하여 실제 상용화 여부가 여건에 따라 불확실한 경우이다. 이는 기술 도입에 따른 예상 변화나 쟁점이 주관적인 상상에 의존하여 객관성을 확보하기 어렵다는 것을 의미한다.

종합적으로 국내 스마트항만 관련 정책과의 정합성과 예상 도입 시점별 기술 그룹 간 특징 차이를 고려하여 2029년 이내 도입될 스마트항만 기술이 도입된 가상의 항만을 연구 대상으로 분석하고자 한다.

18) CAYT(검색일: 2025.9.1.)

제3절 스마트항만 환경 변화 예측

1. 하역·이송 분야 변화

(1) 자동화 장비 도입 증가

스마트항만으로의 전환 과정에서 가장 두드러지는 변화는 항만 장비 및 작업 방식의 자동화·자율화이다. 기존에는 작업자가 직접 크레인 및 이송 장비에 탑승하여 조종하였으나, 원격제어와 자율주행 기술이 결합된 자동화 장비가 본격적으로 확산되고 있다. 국내에서는 2024년 4월 부산항 신항 7부두가 개장하면서 안벽-이송-야드 전 영역을 자동화한 국내 최초 완전 자동화터미널이 운영에 들어갔다.¹⁹⁾ 또한 광양항, 인천항, 부산항 진해신항 등 주요 항만에 완전 자동화 터미널 구축이 예정되어 있으며, 이와 더불어 기존 운영 중인 터미널의 장비 전환에 대한 관심도 증가하고 있어 국내 자동화 장비 도입은 더욱 늘어날 것으로 보인다.

〈표 2-14〉 장래 국내 발주 장비 및 TOS 물량 추정 결과

구분		인천신항 1-2단계	광양항 3-2단계	진해신항				합계
				1-1단계	1-2단계	2단계	3단계	
운영 시기		2026년	2027년	2029년	2032년	2035년	2040년	-
발 주 물 량	CC	11	11	14	25	20	12	93
	TC	42	32	56	98	80	48	356
	AGV	44	44	56	100	80	48	372
	TOS	1	1	1	1	1	1	6

주: 산정 기준은 CC 100m당 1기, ARMGC 블록당 2기, L-AGV 4기/CC(AGV는 6.5기/CC), TOS는 터미널당 1식

자료: 안승현 외(2023), p. 55.

19) 한국해운신문(검색일: 2025.6.26.)

주요 항만 장비인 안벽 크레인, 야드 크레인, 이송장비 중 야드 크레인은 이미 대부분의 터미널에서 자동화된 야드 크레인을 사용하고 있으며, 안벽 크레인과 이송장비의 자동화가 진행되고 있다. 안벽 크레인의 경우 2022년 6월 부산항 신항 6부두가 개장하면서 국내 최초로 원격조종 기반 자동 안벽 크레인을 도입하여 운영 중이며,²⁰⁾ 이후 개장하는 신규 터미널에서도 자동화 안벽 크레인을 도입할 것으로 예상된다.

이송장비 또한 자율주행 이송장비의 확산이 가속화될 것으로 보인다. 자율주행형 이송장비는 트랜스폰더가 설치된 경로를 이동하는 무인 유도 차량(AGV: Automated Guided Vehicle)과 달리, 센서 기반으로 주변 환경을 인식하고 스스로 경로를 결정하는 것이 특징이다. 국내에서는 부산항 신항 7부두에서 유일하게 트랜스폰더 기반 AGV를 운영 중이며,²¹⁾ 해외에서는 중국의 샤먼, 광저우, 베이부완항 등의 지능형 유도 차량(IGV: Intelligent Guided Vehicle), 영국 펠릭스토우항, 태국 램차방항, 중국 닝보항 등의 자율주행 터미널 트럭(ATT: Autonomous Terminal Truck) 등 자율주행 이송장비의 도입을 확산하고 있다. 이 같은 추세는 국내 터미널에도 빠르게 반영될 것으로 보인다.

〈그림 2-2〉 자동 이송장비 종류(AGV, IGV, ATT)

AGV(Automated Guided Vehicle)	IGV(Intelligent Guided Vehicle)	ATT(Autonomous Terminal Truck)
		

자료: Konecranes(검색일: 2025.6.26.); Lloyd's List(검색일: 2025.6.26.); Port Technology(검색일: 2025.6.26.)

20) 해양수산부 보도자료(2022.9.1.)(검색일: 2025.8.6.)

21) 연합뉴스(검색일: 2025.6.26.)

(2) 현장 작업 중심에서 원격 관제·모니터링 중심으로 변화

이와 같은 자동화 장비 확대는 항만의 물리적 작업환경 변화를 수반한다. 기존에는 현장에서 작업자가 수동방식으로 하던 작업이 원격 관제·모니터링 중심으로 변화한다. 기존 현장에서 작업자의 시각, 청각 등으로 감지되는 정보를 바탕으로 작업자의 경험과 감에 의해 이루어진 의사결정은, 센서, 영상 등을 통해 수집한 정보를 바탕으로 알고리즘을 수행하며, 관제 인원이 관제실에서 이를 모니터링 및 제어하는 방식으로 전환된다.

또한 무인 작업 공간과 유인 작업 공간이 분리됨에 따라 안전관리 문제가 중요해질 것이다. 무인 장비와 작업자 간 사고를 방지하기 위해 유·무인 구간을 분리하고, 무인 구간의 작업자 출입을 통제하는 등 새로운 안전 규칙이 필요하다. 특히 무인화된 통제 구역에 작업자의 출입이나 개입은 센서 오작동이나 장비의 가동 중단을 초래할 수도 있어, 이를 관리하고 모니터링할 수 있는 조치가 필요하다.²²⁾

(3) 항만 장비 전기화 및 충전 인프라 설치 확대

자동화 장비의 확대는 곧 전력 기반 장비 보급 확대와 직결된다.²³⁾²⁴⁾ 항만 전기화 시장의 규모는 2025년 29억 달러로 예상되며, 2034년까지 연평균 9.86%로 성장하여 약 67억 5천만 달러에 이를 것으로 전망된다.²⁵⁾ 항만 전기화 시장은 전자식 모니터링 및 추적 시스템, 차량 및 터미널 트랙터용 충전 인프라 등 핵심 요소로 구성되며, 특히 전기식 항만 장비는 63%의 주요 매출 점유율로 시장을 주도하였다.²⁶⁾ 항만 전기화의 주요 동인은

22) PIANC(2021), p. 106.

23) 이진형(2020), p. 5.

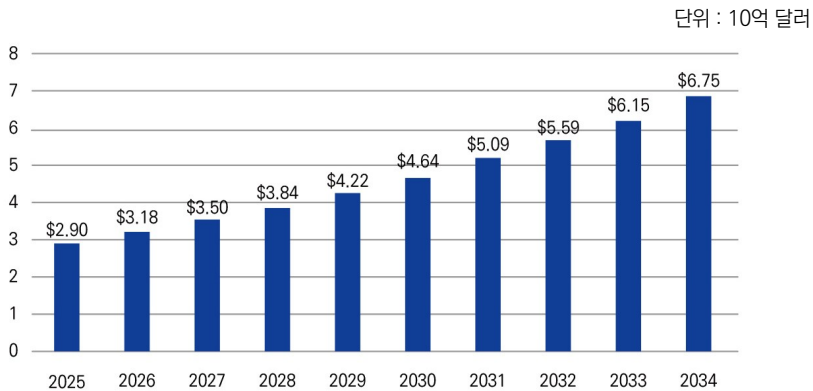
24) 부산일보(검색일: 2025.8.1.)

25) Precedence Research(검색일: 2025.8.1.)

26) *ibid.*

IMO, EU 등 전 세계적인 환경 규제, 스마트그리드, 배터리 등 에너지 효율화 관련 기술개발, 그리고 정부의 친환경 촉진을 위한 지원 등인 것으로 분석되었다. 특히 신규 전기 장비 도입이 2024년 기준 68%를 차지하며,²⁷⁾ 이는 특히 신규로 개발되는 터미널이 처음부터 전기 장비를 선택하여 도입하기 때문이다. 한편, 항만 인근 도시의 대기 및 소음 공해 감소 요구, 배출량 저감 등의 요구에 따라 기존 항만의 현대화 필요성이 높아지면서 디젤 장비의 개조 또한 빠른 속도로 진행될 것으로 예상된다.

〈그림 2-3〉 항만 전기화 시장 전망(2025-2034)



자료: Precedence Research(검색일: 2025.8.1.)

자동화 장비가 확대되면서 스마트항만은 기존 터미널에 비해 전력 수요가 높고 전력 공급 지속성에 매우 민감하다.²⁸⁾ 이에 따라 스마트항만은 적절한 규모의 충전시설을 확보해야 한다. 터미널은 장비의 교대 근무 일정, 운영 환경, 충전 인프라의 사양 등에 따라 충전 계획을 수립하여야 하며, 이 과정에서 발생하는 새로운 전력 부하에 대응하기 위해 전력 부하 관리(load planning)가 필요하다.²⁹⁾ 또한 기존 디젤 장비와 전기식 장비의 총

27) Precedence Research(검색일: 2025.8.1.)

28) PIANC(2021), p. 139.

29) Pacific Northwest National Laboratory(2024), p. 35.

소유비용(TCO: Total Cost of Ownership)³⁰⁾ 격차를 빠르게 해소하기 위해서는 충전에 따른 가동 중단 시간을 최소화해야 한다. 이를 위해 터미널은 초고속 충전기, 배터리 교체 방식, 무선 전력 공급 등 다양한 충전 방식을 검토할 수 있다.³¹⁾ 이와 더불어, 터미널은 초기 설계 단계부터 항만 장비의 추진 방식(배터리, 하이브리드, 디젤 등), 충전소의 위치 및 수량, 전력 변환 설비(AC→DC) 등을 고려하여 충전 인프라를 구축해야 한다.³²⁾ 이처럼 다양한 충전 인프라 형식을 활용하지만 설치 기준과 안전 관리체계는 미흡한 실정이다. 충전 인프라는 높은 전압·전류를 다루기 때문에 화재·감전 등 안전사고 위험이 커서 안전관리를 위한 방안 마련이 필수적일 것으로 보인다.

2. 운영·관제 분야 변화

(1) 터미널 운영·관제시스템 고도화

스마트항만에서는 장비 작동에 대한 지시가 작업자의 판단 기반에서 데이터와 알고리즘 기반의 의사결정 중심으로 변화한다. 스마트항만의 운영·관제를 위한 주요 시스템으로는 터미널 운영 시스템(TOS: Terminal Operating System)과 장비 제어시스템(ECS: Equipment Control System) 등이 있다. 기존 항만에서 TOS는 작업계획 수립과 인력에 대한 지시 중심이었지만, 스마트항만에서는 자동화 장비 및 시스템이 수행할 최적 지시를 생성하는 역할로 확장된다. 이를 통해 가변적인 상황에 보다 신속한 대응이 가능하며, 다수의 장비 및 터미널 상황을 설명하는 여러 제어시스템 메시지를 통

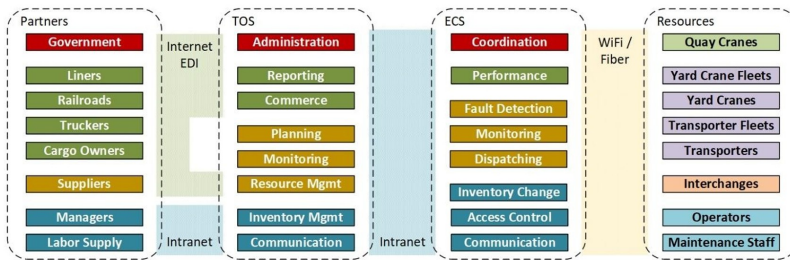
30) 무기 체계나 장비를 소유할 때 발생하는 수명 주기 비용과 기회비용을 포함하는 포괄적 비용(네이버 국어사전(검색일: 2025.8.1.))

31) APM Terminals & DP World(2023), p. 11.

32) PIANC(2021), pp. 140-142.

합적으로 관리하고 관리자에게 터미널 및 작업 상황에 대한 더 포괄적이고 깊은 가시성을 제공할 수 있다. ECS는 개별 기계의 이동을 지시하고 단일 또는 여러 활동을 조정하는 시스템으로, 여러 장비의 위치와 상태를 모니터링하고, 각 장비를 사용할 수 있는 시기를 예측하며, 장비 간 간섭을 해결하는 역할을 수행한다.³³⁾

〈그림 2-4〉 자동화 터미널의 TOS/ECS 회로도



자료: PIANC(2021), p. 31.

터미널 운영·관제 시스템의 시장 규모는 2024년 기준 12억 달러에 달하며, 2026년부터 2033년까지 연평균 10.2%로 성장하여 28억 달러에 도달할 것으로 전망된다.³⁴⁾ 로봇, AI, IoT, 빅데이터 분석 등의 기술 발전은 터미널 내 컨테이너 처리 작업을 간소화하고 최적화하여 터미널의 생산성, 효율성 및 안전성을 향상시킴에 따라 시장 규모가 크게 확대될 것으로 보인다.³⁵⁾

(2) 데이터 유형 및 처리량 증가

스마트항만 장비 및 시스템 운영은 수집된 데이터에 의존하여, 스마트항만 기술 도입 확대는 터미널에서 처리하는 데이터의 종류와 양의 확대를

33) PIANC(2021), p. 31.

34) Verified Market Reports(검색일: 2025.7.3.)

35) Market Research Intellect(검색일: 2025.7.3.)

의미한다. <표 2-15>과 같이 항만 전역에 걸친 장소와 장비, 시스템에서 수많은 형식의 데이터가 발생함에 따라 스마트항만 운영·관제시스템의 핵심은 다양한 정보를 신속하게 수집·연계·교환하는데 있다. 만약 터미널 내 연계된 장비 및 시스템 간 데이터 표준이 정립되지 않는다면, 상호 이해할 수 있는 데이터로 변환하는 과정에서 지연과 부하가 발생할 수 있다.

〈표 2-15〉 스마트항만 데이터 연계 항목

- STS 크레인, 자동화 야적장 및 철도 터미널 크레인, 전기 구동 장비의 경우 일반적으로 크레인 전원 케이블과 결합형 데이터 연결
- 자동 및 하이브리드 이송장비
- 유인 장비에 장착한 TOS 통신용 단말기
- 터미널 운영, 유지보수 및 보안 담당자가 사용하는 모바일 기기
- STS 크레인, 철도 및 도로 게이트에서의 컨테이너 추적을 위한 OCR 시스템
- 터미널 게이트, 차량 식별 및 추적 시스템, 운전자 통신 지점
- 크레인/이송장비 인터페이스 구역 장비
- CTI 운전자 인터페이스 장비
- 운영, 유지보수 및 보안 출입 게이트 및 제어 장치
- 신호등 및 신호 장치
- 전자 표지판
- 화재 감지 및 진압 시스템
- 리퍼 컨테이너 모니터링 시스템
- X선 및 방사선 스캐너
- 보안 카메라 및 센서
- 터미널 건물
- 장비 충전 또는 급유 시설
- 접안 및 계류 제어시스템

자료: PIANC(2021), p. 137.

특히 자율주행 이송장비, 지능형 CCTV 등 영상정보 수집량이 증가할 것으로 전망됨에 따라 고용량 영상정보를 지연 없이 전송하고 대용량 정보를 저장할 수 있는 통신 인프라의 필요성도 증대되고 있다. 또한 수집된 영상 정보에 작업자 개인정보나 위치정보가 포함될 수 있어, 관련 사항을 준수

하지 않는 경우 사회적 문제로 이어질 우려도 발생한다.

(3) 스마트항만 기술 통합과 물류 혁신

스마트항만은 IoT 센서, AI, 블록체인 등 기술 통합을 통해 항만 운영의 전반적인 효율성과 지속가능성을 향상시키는 것을 특징으로 한다. 터미널에서의 AI의 활용 분야와 범위는 지속해서 확대될 것으로 보이며, 방대한 데이터를 분석하여 실시간 의사결정, 최적화된 컨테이너 작업 관리를 가능하게 할 것이다. 또한 IoT 센서와 영상정보를 통해 화물 상태, 교통 흐름, 장비 성능, 작업 환경 등에 대해 실시간 모니터링이 가능해질 것이다.³⁶⁾

블록체인 기술의 발전과 적용 확대는 해상-항만-육상 간 물류 연계를 더욱 용이하게 하고 스마트 컨테이너의 확산을 촉진할 것으로 보인다. 선적부터 육상 운송까지 물류 흐름의 실시간 연계 추적이 가능해짐에 따라, 이 해관계자 간의 실시간 정보 공유 및 협업이 강화되고, 공급망 전반의 물류 효율성이 향상될 것으로 예상된다.³⁷⁾

또한 컨테이너 화물의 실시간 모니터링이 한층 더욱 쉬워질 것이다. 현재는 일부 냉동/냉장 컨테이너에만 온도, 습도, 공기 순환 등을 운송 중에도 모니터링하는 기술이 활용되고 있으며,³⁸⁾ 대부분 수동 및 사후 확인을 통해 화물 상태 확인이 가능하다. 그러나 기술 고도화와 국제표준 정비 등으로 스마트 컨테이너 활용이 확대되고, 이에 따라 컨테이너 화물의 온도, 충격, 위치 등을 실시간으로 안정적으로 관제할 수 있게 되어 운송의 안전성과 신뢰성이 한층 강화될 것이다.

36) Market Research Intellect(검색일: 2025.7.3.)

37) 서정용·강무홍·김효재(2023), p. 44.

38) Maersk(검색일: 2025.2.12.)

3. 유지관리 분야 변화

(1) 항만시설물 유지관리의 첨단기술 적용 확대

항만의 전반적인 운영이 자동화·지능화됨에 따라 항만의 유지관리 분야 또한 스마트항만 기술이 확대 적용될 것이다. 유지관리 전략은 사후(reactive), 계획(planned), 예방(proactive), 예측(predictive) 네 가지 단계를 거쳐 발전하며,³⁹⁾ 종래에는 예측기반의 유지관리 체계가 구축될 것이다. 국내의 경우, 해양수산부는 2021년부터 “ICT 기반 항만 인프라 스마트 재해 대응 기술개발 사업”을 추진하여, 스마트 센서 등 IoT 기술을 활용하여 항만시설물의 상태 정보를 실시간으로 측정하고, 이를 기반으로 항만의 노후도와 잔여 수명 등을 예측하는 기술을 개발하고 있다.⁴⁰⁾ 이 외에도 빅데이터, AI 등이 예측 유지보수에 대한 최적 스케줄링을 제공하고 잠재적인 고장을 식별하여 계획되지 않은 가동 중단을 최소화하고 운영 안전성을 향상하는데 활용이 확대될 것으로 보인다.⁴¹⁾

〈그림 2-5〉 ICT 기반 항만 인프라 스마트 재해 대응 기술개발 R&D 개요도



자료: 해양수산부 보도자료(2021.6.23.)(검색일: 2025.7.3.)

39) 조성우·이연경·원승환(2023), p. 3.

40) 해양수산부 보도자료(2021.6.23.)(검색일: 2025.7.3.)

41) Market Research Intellect(검색일: 2025.7.3.)

또한 항만시설물 점검에 디지털 신기술 적용이 점차 확대될 것으로 보이며, 특히 드론을 활용한 영상 점검 기술 적용이 확대되고 있는 추세이다. 부산항만공사는 열화상 카메라를 탑재한 자율비행 드론을 활용하여 사람이 접근하기 어려운 건축물 외벽 전반에 대해 고해상도 사진 촬영을 수행하고, 열 손실 등 이상 징후를 포착하고 있다. 아울러 고해상도 자동제어 이미지 획득 시스템을 활용한 교량 손상 분석 등 디지털 신기술을 적용함으로써 전통적인 인력 점검 방식을 보완하고, 점검의 정밀도와 효율성을 제고한 것으로 밝혔다.⁴²⁾ 특히 터미널의 대형화와 무인화가 진행됨에 따라 원격 모니터링과 점검은 더욱 확대될 것으로 예상된다.

한편, 기존 터미널에서는 작업자가 감각을 통해 기계의 결함을 감지하였으나, 스마트항만에서는 항만 장비의 자동화와 함께 현장 작업자가 부재하다. 또한 작업자가 탑승하여 운전, 조작하는 유인 제어 방식에 비해 자동화 장비는 작업자 휴식 및 교체시간이 단축되며 장비 가동률이 증가할 것으로 보인다. 이를 위해 스마트항만의 항만 장비에는 더 광범위한 센서와 정교한 모니터링 시스템이 장착되어, 마모나 성능 저하를 중앙 유지보수 관리 시스템에 보고하여 예방적 유지보수를 통해 고장을 방지할 필요성이 더욱 커질 것으로 보인다.⁴³⁾

4. 친환경 분야 변화

(1) 항만 탄소 배출 관리 강화

환경 분야에서는 국제 사회의 지속가능성을 위한 노력과 함께 항만의 배출 관리가 지속해서 강화될 것으로 보인다. LA/LB항, 로테르담항, 함부르

42) 부산항만공사 보도자료(2025.8.12.)(검색일: 2025.10.3.)

43) PIANC(2021), p. 27.

크항 등 세계 주요 선진 항만은 배출 감축 또는 탄소중립 목표를 수립하고, 이를 달성하기 위해 탄소 배출 인벤토리 구축, 장비 교체 보조금 지원, 탄소 저감 및 포집 기술개발을 위한 R&D 등을 추진하고 있다.⁴⁴⁾ 국내의 경우, 해양수산부는 2021년 “2050 탄소중립 로드맵”을 발표하여 2050년까지 탄소중립 항만을 실현하겠다는 비전을 수립하였으나, 항만의 탄소 배출 관리체계는 미흡한 실정이다.

한편, 2023년부터 다수 컨테이너 터미널이 항만 부문 온실가스 관리업체로 지정되고, 2024년부터 일부 터미널이 온실가스 배출권 할당 대상으로 포함되었다.⁴⁵⁾⁴⁶⁾ 이에 따라 항만의 탄소 배출 관리의 필요성은 높아질 것으로 예상되며, 온실가스 배출권의 거래가 활성화될 것이다. 이에 항만의 탄소 배출량 모니터링·보고·검증(MRV) 체계 확립의 중요성이 더욱 커질 것으로 보인다.

종합하면, 유지관리 측면에서는 IoT·AI 기반의 예측 유지보수와 드론 등 디지털 점검 기술 확산으로 스마트화가 가속화되고, 환경 측면에서는 탄소중립 목표 달성과 배출권 거래제 확대에 대응하기 위해 항만의 탄소 배출 모니터링·검증 체계 구축이 필수적 과제로 부상할 것으로 예상된다.

5. 안전 및 보안 분야 변화

(1) 사이버보안 강화의 중요성 증가

스마트항만에서는 항만 운영이 디지털화·네트워크화됨에 따라 사이버보안의 중요성은 더욱 커질 것으로 예상된다. 사이버보안은 네트워크, 장비,

44) 안승현 외(2022), p. 2.

45) 2023년도 해양·수산·해운·항만 부문 온실가스 관리업체

46) 기후에너지환경부(검색일: 2025.7.3.)

데이터를 무단 접근이나 공격으로부터 보호하여 기밀성(confidentiality), 무결성(integrity), 가용성(availability)을 보장하는 것을 의미한다.⁴⁷⁾ 주요 사이버 공격 유형은 <표 2-16>과 같다.

<표 2-16> 주요 사이버 공격 유형

구분	내용
악성코드(Malware)	• 취약점을 통해 설치되는 위험 소프트웨어
피싱(Phishing)	• 신뢰할 만한 발신자를 사칭해 민감 정보 탈취
중간자 공격(Man-in-the-Middle)	• 통신을 가로채 데이터 탈취
서비스 거부 공격(DoS/DDoS)	• 시스템 자원을 소진시켜 마비
SQL 삽입(SQL Injection)	• 서버에 악성 코드를 삽입해 데이터 탈취
제로데이 공격(Zero-day Exploit)	• 보안 패치가 적용되기 전 취약점 공격

자료: PIANC(2021), p. 167.

클라우드 기반의 터미널 운영 시스템 운용 및 디지털 솔루션이 확대됨에 따라 터미널의 데이터 시스템 의존도는 높아지고, 민감한 데이터의 처리 규모가 더욱 커질 것이다. 이로 인해 시스템 장애나 외부 보안 공격 등으로 인한 보안 위험이 커질 것으로 보인다. 이에 미국, 유럽 등에서는 항만 사이버보안 가이드라인과 네트워크 인프라 설계 및 구현 아키텍처 등을 마련하여 제공하고 있다.⁴⁸⁾ 따라서 스마트항만에서는 이해관계자의 신뢰 확보와 안정적인 운영을 위해 사이버보안에 대한 투자가 확대될 것이며, 외부 공격 및 내부 장애 모두를 대비할 수 있는 견고한 사이버보안 체계 구축이 점점 더 중요해질 것으로 보인다.⁴⁹⁾⁵⁰⁾

47) PIANC(2021), p. 166.

48) 조규성(2025), pp. 24-25.

49) Verified Market Reports(검색일: 2025.7.3.)

50) PIANC(2021), p. 28.

제4절 시사점

전 세계적인 스마트항만 시장 성장세가 전망되는 가운데, 우리나라도 스마트항만 전환을 주요한 전략으로 설정하고 있다. 다만 현재까지 스마트항만 관련 정책이 기술개발, 산업 육성, 시장 진출 확대와 같이 스마트항만 기술의 공급 중심으로 수립된 것에 비해, 이를 수용할 수 있는 제도적 기반 정비에 관한 정책과제는 상대적으로 다루어지지 않았다. 2025년부터 발효된 「항만기술산업 육성법」 역시 기술개발 촉진, 전문 인력 양성, 사업자 지원 등 새로운 기술 및 시장의 육성에 초점을 맞추고 있다. 따라서 원활한 스마트항만 구축을 지원하기 위해 제도적 기반을 점검할 필요가 있다.

이에 본 장에서는 국내 스마트항만 기술개발 현황을 파악하고 기술 도입 시점을 전망했다. NTIS에서 수집한 2020~2024년 사이 추진된 스마트항만 관련 R&D 과제를 토대로 다섯 가지 영역에 대한 19개 기술을 식별하고, 델파이 조사를 통해 기술별 예상 도입 시점을 조사했다. 조사 결과 예상 도입 시점에 대한 전문가 합의가 이루어지지 않은 세 가지 기술을 제외한 16개 기술 중 12개의 기술이 2029년 이내 도입될 전망으로 예측되었다. 그 외 네 개 기술은 2035년 이내 도입될 것으로 전망되었으나, 투자 등 대외 여건의 영향에 따라 실제 도입 여부와 시점은 변동될 수 있다.

도출한 기술이 도입됐을 때 기존 항만과 달라질 변화를 파악하고, 잠재적 쟁점을 식별하여 선제적으로 개선하기 위해서는 스마트항만과 기존 항만 간의 비교가 필요하다. 이에 상술한 12개 기술이 적용된 가상의 스마트컨테이너 항만을 분석 대상 모델로 설정하고, 항만에서 나타날 변화를 분석했다.

스마트항만으로의 전환은 장비, 운영·관제, 유지관리 등 항만 운영 전반

의 패러다임 변화를 수반할 것으로 예측된다. 항만 장비 및 작업 방식 부문에서는 자동·자율 장비가 확대됨에 따라 인력이 수행하던 작업을 자동화 장비가 대체하면서, 관제 및 모니터링 인력이 배치되고, 유·무인 작업 공간이 분리된다. 또한 전력 기반 자동화 장비 보급이 확대됨에 따라 충전 인프라 또한 확충될 것으로 보인다. 운영·관제 및 사이버보안 부문에서는 항만의 데이터 기반 운영이 강화됨에 따라 TOS와 ECS가 고도화되고 IoT 센서, AI, 블록체인 등의 기술 적용이 확대되는 한편, 데이터 네트워크의 안정성 강화와 사이버보안 체계 강화가 중요한 과제로 대두된다. 유지관리와 환경 측면에서는 예측 유지보수와 드론·센서 기반 점검 기술 확산으로 스마트 유지관리 체계가 자리 잡을 것으로 전망된다. 또한 사회적 규범 변화로 항만의 탄소중립 목표 달성과 배출권거래제 확대에 대응하기 위해 항만의 탄소 배출 모니터링·검증 체계 구축의 중요성이 더욱 커지고 있다.

이와 같이 기존 항만과 비교한 스마트항만의 기술 및 업무 환경 변화를 종합하면 <표 2-17>와 같다.

<표 2-17> 스마트항만 환경 변화 예상

구분		기존	변화
하역·이송	• 자동화 장비 도입 증가	• 현장에서 작업자가 장비에 직접 탑승하여 조종	• 안벽 및 이송영역 자동화 가속 • 원격제어 및 자율 주행 기반 장비 확산
	• 현장 작업 중심에서 원격 관제·모니터링 중심으로 변화	• 현장에서 수동 작업 • 현장 작업자의 감각(시각·청각)에 의존한 의사결정 • 유인 작업 공간 중심	• 관제 인력이 관제실 등에서 원격 모니터링·제어 수행 • 센서·소프트웨어 기반 정보 수집 및 의사결정 • 유인/무인 작업 공간 분리→ 출입통제·안전 모니터링 강화
	• 항만 장비 전 기화 및 충전 인프라 설치 확대	• 디젤 연료 기반 장비 사용	• 전기 장비 운용 확대 • 충전 인프라 확충 및 충전 방식 다변화 • 충전 인프라 설치 및 안전기준 강화 필요성 증대

구분	기존	변화
운영·관제	터미널 운영·관제시스템 고도화	- TOS가 작업계획·인력지시 중심 - TOS가 자동화 장비 지시 및 통합관리 기능으로 확장 - ECS가 장비 상태 예측·간섭 해결 등 고도화
	데이터 유형 및 처리량 증가	- 제한적인 수집 데이터 유형 및 사용량 - 데이터 수요 급증으로 장비 및 시스템 간 데이터 연계 강화 - 개인정보, 위치정보 등을 포함한 영상 정보 수집 증가
	스마트항만 기술 통합과 물류 혁신	- 인력 중심 의사결정 및 점검 - 해상-육상 물류 연계 미흡 - 화물 상태 수동·사후 확인 - AI, IoT, 블록체인 기술 적용 확대 - 해상-항만-육상 물류 연계 고도화 - 스마트 컨테이너 확대
유지관리	항만시설물 유지관리의 첨단기술 적용 확대	- 작업자 현장 이상 감지 - 인력 중심 점검·유지보수 수행 - 드론·센서 활용 원격 점검 확대 - IoT·AI 기반 예측 유지관리 체계 확립
친환경	항만 탄소 배출 관리 강화	- 탄소 배출 관리체계 미흡 - 항만 탄소 배출량 모니터링·보고·검증(MRV) 업무 중요 - 온실가스 배출권 거래 활성화
안전 및 보안	사이버보안 강화의 중요성 대두	- 물리적 보안·기초 네트워크 보안 중심 - 사이버 위협에 대한 체계적 대응 부족 - 클라우드·디지털 운영 확대 - 보안 리스크 증대로 견고한 사이버보안 체계 구축 필요성 증가

자료: 저자 작성

03

스마트항만 기술 도입에 따른 법제도 쟁점

본 장에서는 스마트항만과 관련된 법령 현황과 기술 도입 과정에서 쟁점이 될 수 있는 제도를 검토한다. 법령 및 제도 검토 결과와 제2장에서 파악한 항만 환경 변화를 종합하여 잠재적 쟁점을 식별하고, 전문가 조사를 통해 이 중에서 발생 가능성이 높은 쟁점을 도출했다. 또한 해외 항만 분야 및 국내 타 산업 분야의 신기술 도입에 따른 법제도 개선 사례를 살펴봄으로써, 스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법제도 개선의 시사점을 제시하고자 한다.

제1절 항만 분야 법령 현황

1. 항만 관계 법령 현황

1) 항만 분야 법령

항만은 시설, 운영, 기술산업, 보안 및 안전, 선박 교통 등 다양한 기능이 복합적으로 얹혀있으며, 이러한 다양한 사항을 규정하기 위한 다수의 법령

이 존재한다. 먼저 항만의 개발 및 운영, 시설장비, 기능, 서비스와 직접적으로 연관된 법령으로는 「항만법」, 「항만운송사업법」이 대표적이다. 「항만법」은 항만시설의 개발과 운영 방향을 규정하는 핵심 법령으로 항만 설계 기준, 시설·장비의 범위 등을 포괄하고 있다. 「항만운송사업법」은 항만 서비스를 제공하는 항만운송사업 및 항만운송 관련 사업을 규정하고 사업자의 등록과 허가, 종사자에 대한 교육훈련을 비롯해 항만 내 운영되는 사업체 및 인력의 관리 기반을 다룬다. 특별히 항만 장비와 관련한 「항만기술산업육성 및 지원에 관한 법률(이하, 항만기술산업법)」이 있으며, 이는 항만 장비 개발 및 활용 촉진, 산업육성을 위한 기술개발 촉진, 사업자 지원 등의 사항을 규정하고 있다.

항만의 안전·보안 관련 법령으로는 「항만안전특별법」, 「국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률(이하, 국제선박항만보안법)」이 있다. 「항만안전특별법」은 항만에서의 작업자 안전을 확보하기 위해 제정된 법령으로, 안전관리계획의 수립과 시행을 의무화한다. 「국제선박항만보안법」은 IMO의 국제선박 및 항만시설 보안 규칙(ISPS Code)에 따른 항만시설의 보안을 확보하기 위해 보안 계획 수립, 보안검색장비 성능 인증, CCTV 설치 및 운영 등을 명시하고 있다.

〈표 3-1〉 항만 분야 주요 법령과 내용

구분	주요 내용
항만법	• 항만기본계획 수립 • 항만 개발사업 시행 • 항만의 관리와 사용 • 항만시설의 설치·관리·운영 • 항만배후단지 지정·개발·관리·운영
항만운송사업법	• 항만운송사업 종류 • 항만운송사업 등록·허가 • 항만운송관련사업 등록 • 항만운송 종사자 교육훈련

구분	주요 내용
항만기술산업의 육성 및 지원에 관한 법률	• 항만기술산업육성계획 수립 • 기술개발 및 표준화 추진, 전문인력 양성 • 항만기술산업사업자 지원
항만안전특별법	• 항만운송 참여자의 안전확보 의무 • 자체안전관리계획의 수립·승인
국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률	• 항만시설보안평가 및 항만시설보안계획서 • 보안검색장비 성능 인증 • 폐쇄회로 텔레비전의 설치·운영

자료: 각 법률 내용을 바탕으로 저자 작성

이러한 법령들은 스마트항만 전환 과정에서 나타나는 변화와 연관되어 새로운 기준이나 해석이 요구될 수 있다. 예를 들어 새로운 유형의 장비가 도입됨에 따라 항만 장비 정의, 항만시설 설계, 항만운송 종사자 교육 등의 기준을 재검토하거나, 기존 작업자 중심에서 새로운 시스템 도입에 따른 안전·보안 관리 절차의 개정이 필요할 수 있다. 따라서 이러한 법령을 중심으로 스마트항만 도입 시 쟁점으로 작용할 수 있는 요인들을 살펴봄으로써 제도 개선이 필요한 분야를 도출하고 개선 방안을 찾는데 활용하고자 한다.

2) 연관 분야 법령

항만은 「항만법」을 비롯해 항만과 직접적으로 관련된 법령뿐만 아니라 산업 전반에 걸친 다양한 법령으로부터 간접적인 영향을 받는 복합적 산업 공간이다.

우선, 항만은 하역 작업을 중심으로 물류 활동이 이루어지는 공간으로, 선박·도로·철도 등의 교통수단 간 연계와 환적 기능을 수행한다. 이 과정에서 「항만운송사업법」 외에도 「물류정책기본법」, 「화물자동차 운수사업법」 등의 영향을 받을 수 있다. 또한 항만은 수출입 화물이 처리되는 물류 거점

으로, 통관 및 관세 업무의 다양한 서류와 절차가 연계되어 「관세법」의 적용을 받는다. 물류 기능은 항만의 핵심적인 기능 중 하나로, 향후 스마트 기술의 적용에 따라 제도적 정비의 필요할 수 있다.

산업 관점에서 항만은 중장비와 인력이 투입되는 산업 현장이자 위험물 및 특수화물 처리, 외국적 선박 입출항 등의 활동이 이루어지는 공간이다. 특히 1급 보안시설로 지정되어 있어 보건, 안전, 보안과 같은 법률의 엄격한 적용을 받는다. 따라서 「산업안전보건법」, 「위험물안전관리법」, 「전기안전관리법」 등 산업의 안전관리를 위한 법규의 영향을 받는다.

이 외에도 항만에서는 선박, 하역장비, 트럭 등에서 오염물질 및 탄소 배출이 이루어지고, 항만 탄소중립 이행에 대한 정책이 수립되고 있어 「탄소중립 기본법」, 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」과 같은 법령에 따라 친환경 규제를 받기도 한다. 한편, 항만 자동화·디지털화가 촉진되면서 항만에서 수집하는 정보가 증대함에 따라 정보 수집과 활용에 관한 문제도 쟁점 사항으로 대두되고 있다. 따라서 「개인정보보호법」, 「위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률」 등 관련 법률과의 관계도 고려해야 한다.

종합하자면 항만은 항만이 보유한 기능과 역할에 따라 다양한 관계 법령의 적용을 받으며, 이러한 연관 분야 법령도 스마트항만 전환에 따라 제약요인으로 작용할 수 있다. 따라서 항만과 직접적으로 연관된 법령뿐만 아니라 연관 분야 법령까지 포괄적인 고려가 필요하다.

2. 스마트항만 관련 법제도 현황

1) 항만 분야 법령

(1) 키워드를 통한 파악

심우현·원소연·이종한(2021)은 신기술 적용의 제약으로 작용할 수 있는 규제를 파악하기 위해 ‘규제정보포털’을 활용해 다양한 키워드를 검토했다.⁵¹⁾ 본 연구에서도 스마트항만 기술 개발 및 도입에 따라 쟁점이 발생할 수 있는 법제도를 파악하기 위해 규제정보포털⁵²⁾에서 다양한 키워드를 검색하여 관련 규제를 검토했다. 규제란 ‘국가 또는 지방자치단체가 특정한 행정 목적을 실현하기 위하여 국민의 권리를 제한하거나 의무를 부과하는 것으로서 법령등이나 조례·규칙에 규정되는 사항’⁵³⁾을 의미하며, 본 연구에서는 쟁점이 될 수 있는 법제도를 체계적으로 식별하기 위한 방법으로 이 정의를 활용했다. 즉, 모든 관계 법령의 전체 조항을 포괄적으로 검토하기보다, 기술 도입 과정에서 이해관계자에게 직접적인 영향을 유발할 가능성이 높은 조항을 중심으로 잠재적 쟁점 사항을 검토하고자 하였다.

타 분야의 ‘스마트’ 관련 사항은 스마트혁신사업 및 스마트도시(「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률」) 및 스마트농업(「스마트농업 육성 및 지원에 관한 법률」) 등 관련 법률에 용어가 정의되어, 이를 기반으로 한 키워드 검색이 가능하다. 또한 스마트화의 대표적인 사례인 ‘자동화’, ‘무인장치’ 등의 키워드로도 선박, 소방시설, 항공산업 등 일부 산업에 대한 법령을 중점적으로 확인할 수 있다.

51) 기술변화 및 신기술 도입에 따라 법제도의 제약이 기술을 따라가지 못하게 되는 것을 규제로 인식하고, 개선 방안을 검토함(심우현·원소연·이종한, 2021)

52) 규제정보포털 (검색일: 2025.7.25.~2025.8.27.)

53) 행정규제기본법 제2조제1항

〈표 3-2〉 스마트항만과 유사한 분야의 규제 현황 조사

키워드	검색 수	주요 내용	관련 법령
스마트 (전 분야)	28개	- 스마트농업관리사 자격 관련 사항 - 스마트도시건설사업자 요건 - 스마트도시 인증 - 스마트혁신사업 실증사업 신청, 승인, 책임보험 기준	- 스마트농업육성 및 지원에 관한 법률 - 스마트도시 조성 및 산업진흥에 관한 법률
자동화 (전 분야)	27개	- 자동화선박의 설비 내역 및 종류 - 역무 자동화 설비 기준 - 자동화재탐지설비 및 시각경보장치 화재 안전기준 - 항해당직 부원의 자격요건	- 선박직원법 - 철도건설법 - 소방시설 설치 및 관리에 관한 법률 - 선원법
무인장치 (전 분야)	18개	- 무인비행장치 보험 가입 확대 - 항공기대여업 등록 요건 - 무인비행장치 특별비행 안전기준 - 타워크레인 안전장치 설치 의무화 - 어선 무인 기관실용 자동 소화장치 요건, 연료유 장치, 기관 적용 범위 등 - 자율주행자동차 종류별 기술 및 안전기준 신설 - 운반구 무인작동의 제한	- 항공사업법 - 건설기계관리법(건설기계 안전기준에 관한 규칙) - 어선법 - 자동차관리법 - 산업안전보건법

자료: 규제정보포털 검색 결과(검색일: 2025.7.25.-2025.8.27.) 바탕으로 저자 작성

하지만 ‘스마트항만’ 또는 항만 분야의 ‘자동화’ 등의 개념은 아직까지 법령에서 정의되지 않아서 관련 법제를 파악하기 어려운 실정이다. ‘항만’을 키워드로 검색한 결과로는 총 415개의 규제가 등록된 것으로 파악되었다. 다만 여기에는 항만 개발사업, 항만배후단지, 마리나항만, 항만 재개발 등 다양한 내용(분야)이 포함되어 있고, 이에 따른 각종 신고, 인허가, 수수료 징수 등이 규제로 인식되어 본 연구의 목적 달성에 해당하는 제도 개선 검토 대상으로 수용하기에는 한계가 있다.

다음으로 ‘스마트항만’ 외 스마트항만에 적용되는 상세한 키워드를 통해 해당 분야 규제를 파악해 보았으며, 이때 ‘항만기술’, ‘항만장비’, ‘항만운영’

등의 키워드를 활용하였다. 그 결과 「항만법」, 「국제선박항만보안법」, 「항만 운송사업법」 등에서 개선 요소가 파악되었다.

〈표 3-3〉 스마트항만 관련 키워드별 제도 개선 요소 파악

키워드	검색 수	주요 내용	관련 법령 ⁵⁴⁾
스마트항만	-	• 없음	• 없음
항만기술 산업	2개	• 항만기술산업 전문인력 양성기관 지정	• 항만기술산업법
항만기술	6개	• 항만시설장비 검사업무 관련 검사대행 기관의 지정 • 검사 대행 기관 지정 신청 및 인력 등 보유기준 • 보안검색장비 성능평가 시험기관 지정 기준 • 중계망사업자의 지정기준 등	• 항만법(대부분 시설장비 점검, 검사는 항만법의 행정지침으로 명시) • 국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률
항만장비	26개	• 시설장비 자체점검 • 항만시설장비 검사업무 관련 검사대행 기관 지정 • 항만시설장비 검사대상 범위 • 하역장비의 배출가스허용기준 등 • 성능인증 대상 보안검색장비 • 항만운송관련사업 등록 • 경비·검색인력 및 보안시설·장비의 확보 등 • 선박보안평가 • 선박보안경보 수신 시설 또는 장비	• 항만법(대부분 시설장비 점검, 검사는 항만법의 행정지침으로 명시) • 항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법 • 국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률 • 항만운송사업법
항만운영	31개	• 항만운영정보시스템과 사용자의 전자문서 중계사업자 업무 • 부두운영화사의 선정 기준 및 절차, 계약 내용 • 항만시설 출입 불필요할 시 출입 제한 • 항만운영정보시스템의 사용 • 폐쇄회로 텔레비전의 설치·운영 • 경비·검색인력 및 보안시설·장비의 확보 등 • 교육훈련기관의 운영경비 부담 • 공항·항만에의 감시기 설치 등	• 항만운송사업법 • 국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률 • 생활주변방사선 안전관리법

자료: 규제정보포털 검색 결과(검색일: 2025.7.25.~2025.8.27.) 바탕으로 저자 작성

54) 해당 부분에는 내용이 파악되는 법률만 명시하였다. 실제로는 법률 및 하위법령(시행령, 시행규칙) 및 행정지침을 통해 관련 규제들이 명시되어 있음

(2) 법령별 법제도 쟁점 요소 검토

스마트항만 기술 도입 시 법제도의 쟁점 요소를 파악하기 위해, 앞서 살펴본 스마트항만 예측변화 및 규제가 도출된 <표 3-3>에 명시된 법령⁵⁵⁾과 그 내용을 바탕으로 보다 상세하게 개선이 필요한 요소를 파악했다. 이는 스마트항만 기술 도입, 스마트항만 구축 시 제약으로 작용할 수 있는 내용을 보다 깊이 파악하고 이를 통해 제도 개선이 필요한 분야를 도출하기 위함이다.⁵⁶⁾ 이를 위해 국가법령정보센터⁵⁷⁾에서 검색한 일곱 개 법률 및 이와 연계된 하위법령, 행정규칙을 검토하였다. 여기에서 검토한 사항은 반드시 개선되어야 하는 항목을 도출하는 것은 아니며, 본 연구 목적을 위해 개선이 필요할 수 있거나 가능성이 있는 항목을 중심으로 검토한 것이다. 또한 앞서 제1절에서 언급된 향후 국내에 도입될 스마트항만 기술을 효율적으로 반영해야 함을 고려하였다.

가. 항만법

우선 「항만법」의 경우, 항만시설장비 점검, 관리에 관한 사항을 포괄하며 이에 따라 구체적인 하위법령과 행정지침을 통해 기준을 구체화하고 있다. 「항만법」에서는 스마트항만 도입에 따라 신규 장비와 시스템이 도입될 경우 항만 설계기준 및 설비 점검·검사관리 방법이 고도화되거나 세분화되어야 하는 등 개선이 필요할 수 있다.

55) <표 3-2>에서 도출된 법령을 포함하여 스마트항만과 관련된 사항이 포함되거나 규제로 작용할 수 있는 내용이 포함된 법령을 추가로 선정함

56) 산업 환경 변화에 따른 법제도 개선 필요는 제2절에서 검토함

57) 국가법령정보센터(검색일:2025.7.1)

〈표 3-4〉 항만법 및 하위법령 제약 요소

구분	법령명	주요 내용	비고
법률	항만법	- 항만시설의 종류 - 항만에 필요하거나 도입하려는 신규 시설은 법률에 명시 필요 - 항만시설 사용료 징수 등 - 항만시설장비 검사, 시설물 안전점검 시행 등	- 제2조 - 제31~43조
대통령령	항만법 시행령	- 항만시설장비의 종류 - 항만시설 안전점검 대상 및 시기 등	별표 5, 6
부령	항만법 시행규칙	해당 사항 없음	
부령	항만시설의 기술 기준에 관한 규칙	- 계류시설(부두 등), 화물처리시설 등 각종 항만시설에 대한 기술기준을 규정 - 스마트항만과 관련한 신기술, 신개념 시설 구축 따라 기술기준의 변경이 필요할 수 있음	제9~15조
부령	항만시설장비 관리규칙	- 항만시설장비의 신고, 검사 등의 업무를 규정함 - 스마트항만기술에 대한 검사 대상 확대, 이에 따른 검사방법을 규정할 가능성이 있음 - 자체검사 시 스마트항만 관련된 요건 반영 필요	- 제6~7조 - 제11조 - 별표 1
고시	항만시설장비 검사기준	「시설장비 관리규칙」에서 따라 구체적 검사기준을 명시하고 있음 - 자동화, 무인화, 디지털 시스템 등 스마트항만 관련 장비의 경우 검사기준을 마련할 필요 있음	전체
고시	무역항 등 항만시설 사용 및 사용료에 관한 규정	- 사용료 징수대상시설 종류와 요율을 명시 - 신규시설(스마트, 친환경 등)에 대한 사용료 포함 필요성	제8조 및 별표 1
고시	항만물류정보 재해복구센터 운영 및 관리 규정	- 항만이 스마트화될수록 데이터 재해복구 필요성과 중요성은 증가할 것으로 전망 - 스마트항만 관련 사업자는 의무 입주, 비상시 대응책의 고도화가 필요할 수 있음	- 제8~11조 - 제32~37조
고시	항만시설물 안전점검 지침	- 스마트항만 또는 기술이 적용된 경우, 시설물 안전점검 계획 시 고려 사항, 점검 준비 사항, 평가방법 등을 달리 적용하거나 추가할 수 있음 - 또는 신기술(디지털트윈, 드론 등)을 안전점검에 활용하기 위해서는 이에 대한 제도화가 필요	- 제4조 - 제11조 - 제25조 등

구분	법령명	주요 내용	비고
지침	항만시설물 안전시설 설계 지침	스마트항만, 스마트 기술 적용 시 운영 방식·체계가 다르기 때문에 안전시설 설계지침의 변경, 강화, 완화 적용 등을 검토할 수 있음	전체

자료: 「항만법」 및 하위법령을 바탕으로 저자 작성

나. 항만운송사업법

「항만운송사업법」은 하역업을 비롯한 항만연관산업에 관한 사항을 다루고 있다. 스마트항만에 필요한 하역장비, 운영 시스템 도입과 운영은 터미널운영사가 주도하므로 이를 관장하는 「항만운송사업법」은 스마트항만 도입에 직접적인 영향을 미치는 법률이라고 할 수 있다. 특히 스마트화에 따라 기존 하역 방식의 고도화, 자동화로 인해 관련 절차가 변경될 경우 법령과 상충되는 경우가 발생하며, 반대로 자동화 및 디지털화에 따른 교육훈련 강화, 신규 하역 방식의 정의가 필요할 수 있다. 대표적으로 제2장에 포함된 환적화물자동운송시스템은 기존 트럭운송(국토교통부 소관)을 항만운송사업으로 전환되는 것으로 「항만운송사업법」에 따른 하역 절차와 운영이 규정되어야 한다. 또한 ‘자동화하역장비’는 검수업, ‘선박 이·접안 자동화 지원 시스템’은 항만용역업(줄잡이)에 영향을 미칠 수 있다.

〈표 3-5〉 항만운송사업법 및 하위법령 제약 요소

구분	법령명	주요 내용	비고
법률	항만운송사업법	- 항만운송사업 등록, 계약 관련 사항 - 항만운송 종사자 교육훈련 등	- 제4~26조 - 제27조의 3~4 등
대통령령	항만운송사업법 시행령	- 항만운송관련사업의 종류 - 항만운송사업 등록 조건 - 신규 장비 및 설비를 활용한 항만운송(관련)사업 추진 시 해당 내용을 반영한 등록기준 재정립 필요 - 교육기관의 훈련 대상자, 교육 과정 및 내용 - 기존 교육에 포함하여 자동화, 디지털화 시스템에 대한 교육 훈련 강화 필요	- 제2조 - 별표 1, 2, 7, 8

구분	법령명	주요 내용	비고
부령	항만운송사업법 시행규칙	• 업등록 시 필요한 하역장비 종류 - 자동화, 신개념 하역 방식에 해당하는 장비 명시 필요 • 항만운송 종사자 교육훈련 대상 및 내용 - 기존 교육에 포함하여 자동화, 디지털화 시스템에 대한 교육훈련 강화 필요	• 별표 2 • 제30조의2 및 별표 5
고시	항만운송업무 처리지침	• 항만운송사업 등록, 개별 업종별 자격, 면허, 업무 범위 등을 명시함 • 스마트화로 전환됨에 따라 업무 범위 등이 변경될 수 있으므로 그에 대한 사항을 반영 또는 고려해야 함을 명시 가능 • 또는 스마트항만 관련 기술 실증, 사업화 과정에서 항만운송사업과 관련한 면허, 자격 등 규정 완화가 필요한 사항에 대해 예외 조항 허용 가능	• 제11조

자료: 「항만운송사업법」 및 하위법령을 바탕으로 저자 작성

다. 항만안전특별법

「항만안전특별법」은 재해예방을 위한 안전점검 계획 수립 및 교육 시행을 의무화하는 내용이 주를 이루고 있으며, 특별히 안전교육 내용에 하역장비 및 하역 방식에 대한 내용이 포함되어 있다. 따라서 완전자동화, 무인화, 자율주행방식의 하역장비, 이를 지원하는 다양한 시설과 시스템에 대한 교육을 통해 안전을 강화할 필요가 있을 것으로 예상된다. 예를 들어, 자율주행방식의 무인 이송장비는 기존 화물트럭과 안전통행 방식을 규정할 필요가 있고, 무인 및 자동화 장비의 위험 요소를 사전에 식별하고 사고 발생 시 대응할 수 있도록 하는 조치를 법률에 명시할 필요가 있다.

〈표 3-6〉 항만안전특별법 및 하위법령의 제약 요소

구분	법령명	주요 내용	비고
법률	항만안전특별법	• 안전교육 및 자체안전관리계획 수립 등	• 제8~9조
대통령령	항만안전특별법 시행령	• 항만운송 종사자의 안전교육 내용/방법을 규정 • 자동화/무인/자율주행 등 신개념 방식의 하역장비 안전교육 필요(기존 S/C, 원격조종 크레인 포함) • 스마트항만의 유형, 특성에 맞도록 하역 작업, 장비의 안전점검계획 수립 필요	• 제5~6조 • 별표 1
부령	항만안전특별법 시행규칙	• 해당 사항 없음	

자료: 「항만안전특별법」 및 하위법령을 바탕으로 저자 작성

라. 항만기술산업법

「항만기술산업법」은 기술개발 활성화 및 산업 육성을 목적으로 하는 것으로 규제로 작용할 만한 요소는 거의 없는 것으로 파악된다. 다만, 스마트항만 관련 기술을 연구개발하는 과정에서 행정적, 제도적인 제약으로 작용할 수 있는 요소를 완화해 줌으로써 기술개발 상용화를 촉진할 수 있다.

〈표 3-7〉 항만기술산업법 및 하위법령의 제약 요소

구분	법령명	주요 내용	비고
법률	항만기술산업법	• 스마트항만 기술 실증, 스마트 장비 도입 시 시범운영, 기존 항만시설과의 테스트, 매칭 등의 추진이 필요하며, 이에 대한 구체적인 사항을 규정할 필요 • 법률에 기술개발 촉진, 시범사업구역 운영 등에 관한 규정이 있으며, 이 보다 더 구체적인 절차, 지원 관련 사항에 대한 규정 마련이 필요하다고 판단됨	• 제7~8조 • 제11~15조
대통령령	항만기술산업법 시행령	• 산업화 지원, 시범사업 구역에서의 지원 등의 구체화	• 제5조 • 제8~10조
부령	항만기술산업법 시행규칙	• 해당 사항 없음	

자료: 「항만기술산업법」 및 하위법령을 바탕으로 저자 작성

마. 국제선박항만보안법

스마트항만 도입에 따라 무인자동화 시스템, 정보 수집 및 분석을 통한 의사결정 시스템이 활발히 구축될 것으로 예상되는바, 이는 「국제선박항만 보안법」에 따른 보안 제도와 상충되거나 위배될 가능성이 높다. 예를 들어, 스마트항만에는 입출항 선박, 드론, 장비 내 센서, 카메라를 통해 항만 장비와 시설의 실시간 작업(위치 등) 정보, 시설물 상태 정보가 수집되고 저장, 예측이 이루어지나, 「국제선박항만보안법」에는 항만시설 및 관련 정보, 전산, 통신시스템의 영상정보는 항만시설보안책임자의 허가를 받아야 하는 등의 조치가 필요하다. 실제 해양수산부는 법 개정을 통해 항만 내 드론 비행이 금지 및 촬영이 금지하였고, 네 개 항만공사는 해양수산부와 협업을 통해 안티드론시스템 구축 사업을 추진하고 있다.⁵⁸⁾ 따라서 이러한 상황에 대한 체계적 관리제도 및 보안 유지를 위한 대책이 마련되어야 할 필요가 있을 것으로 예상된다.

〈표 3-8〉 국제선박항만보안법 및 하위법령의 제약 요소

구분	법령명	주요 내용	비고
법률	국제선박항만 보안법	- 항만시설보안 책임자, 보안평가, 보안계획서, 보안 심사 등을 규정 - 경비, 검색인력, 보안장비 등의 확충, 운영방법 등 규정 - 보안검색장비에 관한 사항은 국제항해여객선에만 해당되므로 생략	• 제23~33조의2
대통령령	국제선박항만 보안법 시행령	항만시설의 보안시설 정의, 출입제한, 드론 비행 제한 등	• 제11조의 1~5
부령	국제선박항만 보안법 시행규칙	- 항만보안심사, 보안계획서 관련 사항 규정됨 - 보안계획서 수립 및 심사 시, 드론, 자율/무인 장비에 탑재된 센서, 카메라, CCTV 등의 부품에 대한 사항 규정 및 정보 보안에 대한 제도적 장치 필요	• 제27~33조

주: 행정지침으로 다수 규정되어 있는 ‘항만보안검색장비’는 국제항해 여객선 승객을 대상으로 하는 보안검색 장비이므로 본 검토에서는 고려하지 않음

자료: 「국제선박항만보안법」 및 하위법령을 바탕으로 저자 작성

58) 해양수산부 보도자료(2024.10.28.)(검색일: 2025.8.6.)

2) 연관 분야 법령

스마트항만 기술의 도입에 따라 물리적인 시설·장비의 신기술 적용을 포함한 전환, 새로운 작업 방식의 변화 수용, 안전, 보안, 환경 등 대외적인 요구사항의 반영 등이 이루어질 것으로 예상된다. 따라서 항만 관련 법령 외 타 분야의 주요 법령을 중심으로 위와 같은 스마트항만 기술 도입에 따른 변화와 연관된 제약 및 개선이 필요한 요소를 살펴보았다.

우선 안전 측면에서 「산업안전보건법」은 항만을 포함한 모든 산업 환경에서 근로자의 안전을 보호하기 위해 사업주가 위험 요인을 사전에 파악하고 안전조치 의무를 수행할 것을 명시한다. 또한 항만에서 취급되는 위험물은 「위험물안전관리법」에 따라 보관, 하역, 이송이 이루어지며, 이와 관련한 설비와 절차도 같은 법의 적용을 받는다.⁵⁹⁾ 다만 위험물의 선박을 통한 운송, 취급 등은 「선박안전법」, 「선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률」 등에서 구체화하고 있다. 스마트항만은 자동화·디지털화에 따라 전기·전자 장비의 도입이 확대되고 있으며, 이러한 시설·장비 설치를 위해서는 그 기준과 운용에 대한 기준이 필요하다. 이를 관장하는 법률은 「전기사업법」 및 「전기안전관리법」 등이 대표적이며, 현재 항만의 전기시설 역시 해당 기준을 적용하고 있다. 항만에 새로운 기준과 지침이 마련될 필요성이 있을 경우에는 해당 법령과의 연관성, 수용 등을 고려해 볼 수 있다.

무역·행정 절차와 관련해서는 「관세법」에 따라 수출입 화물의 신고 절차를 준수하고, 컨테이너 봉인(Seal) 확인 및 필요시 컨테이너 개방검사 등이 이루어진다. 행정 디지털화의 경우 「전자무역촉진법」, 「전자문서 및 전자거래 기본법」 등에 따라 전자문서를 관리해야 한다. 또한 전자문서의 효력을 인정하고, 전자문서 활용을 촉진한다는 점에서 디지털화의 근거가 될 수 있다.

59) 다만, 법 제3조에 따라 선박을 통한 저장, 운반, 취급에는 적용되지 않음

한편 항만구역은 컨테이너의 경우 야드에서 화물트럭을 통해 운송되고 있으며, 이러한 화물트럭의 운송사업, 요율, 관리 등은 「화물자동차 운수사업법」에 규정되어 있다. 향후 트럭킹을 통한 운송 방식의 변화가 이루어질 경우 해당 법률의 적용이 배제되거나 개선이 이루어질 가능성도 있다. 또한 「항만운송사업법」에서 규정한 항만운송(관련)사업, 물류정보처리 관련 사업은 「물류정책기본법」 제3조에서 정의하는 ‘물류사업’에 포함되어 있으므로 「물류정책기본법」 역시 스마트항만 관련 제약요인 또는 제도 개선의 대상이 될 수 있다. 이 외에도 항만 장비 및 시설에 전파를 활용하여 통신할 경우 「전파법」에 따라 무선국 허가가 필요할 수 있으며,⁶⁰⁾ 무인 자율주행 장비에 주로 활용되는 GPS 장비는 교란을 일으키지 않는 적합성평가를 받은 제품을 사용해야 한다는 규정도 존재한다.

그 밖에 시스템이 고도화될수록 항만에서는 작업 효율성 및 관리를 위해 다양한 정보를 수집하여 활용할 가능성이 높는데, 그 중 하역 작업자, 항만 출입자, 트럭 운전자 등 인적정보와 촬영된 시각정보도 해당한다. 이러한 정보 수집 및 위치정보는 사전에 정보 수집 동의 및 관리 방침을 제공해야 하는 등 「개인정보보호법」 및 「위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률」 등에 저촉되지 않아야 한다. 이와 관련해서 항만에서 수집 장비로부터 정보 식별 및 처리 과정에서 해당 법령에 위배되지 않게 처리해야 하며, 예외 규정을 두기 위해서는 해당 법률의 개선도 요구될 수 있다.

친환경 측면에서는 탄소 관리를 위해 항만의 탄소 배출량을 산정하고 데이터를 관리하기 위해서는 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(이하, 탄소중립법)」에 영향을 받고 있다. 또한 「탄소중립법」에 따라 온실가스 배출허용량 설정 및 배출권 거래에 대해서 「온실가스 배출권의 할

60) 다만 「신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선기기(과학기술정보통신부 고시)」에 안전 시스템, 음성 및 음향 전송용, 차량 충돌방지용 레이더 무선기기 등이 명시되어 있어 무선국 허가가 필요한 장비는 없을 수 있음

당 및 거래에 관한 법률」이라는 별도의 법률을 운영한다. 해당 법에서는 온실가스 목표 관리제 대상 관리업체에 항만 분야의 일부 업체도 포함하고 있으며 점차 그 범위가 확대될 수 있다. 다만 현재는 항만 장비 또는 설비의 배출량 산정 방식 등은 부재한 상황이다. 이와 관련하여 배출량 산정, 목표 설정, 관리 등을 위해 해당 법령에 항만 분야 포함 또는 이를 수용한 별도의 지침 마련도 요구될 수 있다.

〈표 3-9〉 스마트항만 기술 도입 관련 주요 연관 법령

구분	법령	주요 내용
안전	• 산업안전보건법(고용노동부)	• 산업현장에서의 근로자 안전보호를 위한 조치 의무화
	• 위험물안전관리법(소방청)	• 위험화물의 이송, 보관 등을 규정화
	• 전기사업법(산업통상자원부)	• 항만의 전기 기반 장비 도입 및 운영 시 설치, 운영, 안전 등에 대해 관련 법령 준수 및 규정 충족 필요
	• 전기안전관리법(산업통상자원부)	
무역·물류·행정	• 관세법(기획재정부)	• 수출입화물 신고(하역 전후) 및 seal 확인(하역 중)
	• 전자문서 및 전자거래 기본법(과학기술정보통신부, 법무부)	• 선사/운영사, 세관 등이 다루는 각종 전자서류 효력 인정
	• 전자무역촉진법(산업통상자원부)	• 전자문서 활용 근거
	• 화물자동차 운수사업법(국토교통부)	• 항만 입출입 화물트럭(운송사업) 등록, 요율 등을 규정
	• 물류정책기본법(국토교통부)	• 항만운송사업, 물류정보처리업을 정의
기타	• 전파법(과학기술정보통신부)	• 무선국 허가 및 적합성평가 제품 사용 의무화 규정
	• 개인정보보호법(개인정보보호위원회)	• 각종 첨단장비로부터 불특정하게 수집되는 개인정보 및 위치정보의 처리, 관리에 관해 사전 동의 획득, 방침 공개 등 필요
	• 위치정보보호법(방송통신위원회)	
	• 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(환경부)	• 온실가스 목표 관리제 및 배출권 거래에 항만 포함
	• 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률(환경부)	

자료: 저자 작성

제2절 잠재적 법제도 쟁점 분석

1. 분석 개요

스마트항만 기술 도입에 따른 항만 환경 변화로 예상되는 법제도적 쟁점을 분석하기 위해 항만공사, 터미널 운영사, 장비·시스템 기업, 학계 전문가 등 총 14명을 대상으로 전문가 자문을 실시하였다. 자문에 앞서 연구진은 제2장에서 분석한 예상 환경 변화와 제3장 제1절에서 검토한 법령 현황을 토대로 문헌 검토, 관련 기사 및 인터뷰 자료를 참조하여 <표 3-10>과 같이 예상 변화에 따른 잠재적 쟁점을 도출했다.

스마트항만 기술은 복합적인 변화를 수반하는 만큼 사전 정보 없이 전반적인 쟁점을 검토하는데 한계가 있다. 이에 자문 양식에는 영역별로 도입이 예상되는 기술과⁶¹⁾ 연구진이 사전 검토를 통해 도출한 예상 변화와 쟁점을 제공하고 각 쟁점에 대한 발생 가능성을 평가하도록 구성했다. 발생 가능성은 ‘매우 높다’, ‘높다’, ‘보통이다’, ‘낮다’, ‘매우 낮다’의 5단계 척도로 평가하게 하였으며, 응답자가 관련 근거와 사례 등을 기술할 수 있도록 했다. 이를 통해 단순한 정량적 평가를 넘어 실제 항만에서의 경험과 의견이 반영될 수 있도록 하였다. 또한 제시된 쟁점 외에도 추가적인 변화와 쟁점을 제시할 수 있도록 자유 응답 항목을 별도로 제시했다. 아울러 자문 결과의 모호한 의견이나 전문가 간 의견이 상충하는 사안에 대해서는 별도의 대면 및 전화 인터뷰를 수행하여 타당성을 재검증하는 과정을 거쳤다. 전문가 자문 결과로 도출된 발생 가능성이 높은 쟁점을 중심으로 법제도

61) 본 연구는 제2장의 스마트항만 모델 설정에서 2030년 이내 도입될 스마트항만 기술을 주요 고려 대상으로 선정함. 그러나 전문가 자문 시에는 법제도 개선에 오랜 시간이 소요될 수 있다는 점을 고려하여 중장기적 대비가 필요한 쟁점도 파악할 수 있도록 향후 10년 이내 도입될 것으로 전망되는 기술을 모두 제시하였음

개선 방안을 모색하고자 한다.

〈그림 3-1〉 전문가 자문 양식(예시)

1. 하역/운송시스템			
도입기술	기술 설명		
컨테이너 자동 하역장비(크레인)	• 원격 제어 및 자동화 주행이 가능한 컨테이너 크레인 • 주변 상황을 감지하고 안전사고를 예방하기 위한 기술(센서, 카메라 등) 적용		
자동주행 이송장비	• 고도화된 센서, AI, 통신 기술 등을 적용하여 자동주행 또는 자율주행이 가능한 이송장비 • 타 장비 및 운영시스템 정보와 실시간 연계하고, 항만 환경을 인지하여 최적화된 이송을 지원		
비컨테이너 하역 자동화 시스템	• 자율주행차량 자동하역지원시스템 • 센서, 공간인지 기술 기반 비컨테이너 화물(철광석, 석탄 등) 하역 자동화 시스템		
신개념 자동 하역 시스템	• 기존 이송장비 및 야드 크레인 대신 공중 레일에 달린 셔틀 컨테이너를 선박에서 야드로 신속하게 이송/적재하는 오버헤드셔틀 시스템(OSS: Overhead Shuttle System)		
완적화물자동운송시스템	• 무인트램/셔틀 기반 완적화물의 타부두 운송 자동화 시스템		

▶ 상기 스마트항만 기술 도입에 따른 예상 변화 및 쟁점의 발생 가능성을 체크해주시고, 의견을 작성해주시요.

예상 변화	예상 쟁점	발생 가능성	의견
• 새로운 유형의 장비 도입 확대 (자동하역장비, 자동주행 이송 장비 등)	• 자동주행 이송장비의 법적 정의 부재	☐ 매우 높다 ☐ 높다 ☐ 보통 ☐ 낮다 ☐ 매우 낮다	
	• 자동화 크레인, 자동주행 이송장비 등 새로운 유형의 항만 장비에 대한 검사기준 미비 - 제래식 장비와 비교하여 물리적 검사 외 네트워크 안전성, 센서 정확도 등의 항목이 중요해짐	☐ 매우 높다 ☐ 높다 ☐ 보통 ☐ 낮다 ☐ 매우 낮다	
	• 새로운 유형의 장비 및 작업에 대한 안전기준 매뉴얼 부재	☐ 매우 높다 ☐ 높다 ☐ 보통 ☐ 낮다 ☐ 매우 낮다	

자료: 저자 작성

〈표 3-10〉 스마트항만 예상 변화 및 쟁점(안) (전문가 자문용)

구분	예상 변화		예상 쟁점	
하역 이송	• 자동화 장비 도입 증가	• 새로운 유형의 장비 도입 확대(자동하역장비, 자동이송장비 등)	1	• 자동이송장비의 법적 정의 부재
			2	• 자동화 크레인, 자율주행 이송장비 등 새로운 유형의 항만 장비에 대한 검사기준 미비
			3	• 새로운 유형의 장비 및 작업에 대한 안전기준 부재
		• 자동/자율 장비의 영상정보 수집 증가	4	• 장비의 안전한 운영을 위한 영상정보 수집 시 작업자 얼굴, 위치 등 개인정보 처리 및 활용 기준 불분명
			5	• 항만 장비가 고정된 경로를 반복 주행하여 국소적 하중 집중 심화, 지반 피해 발생 우려
	• 현장 작업 중심에서 원격 관제·모니터링 중심으로 변화	• 자동·자율 장비 도입으로 현장 작업에서 실내 원격 관제·모니터링 중심으로 변경	6	• 장비-작업자 간 거리가 멀어지며 비상시 장비 중지, 현장 진입 등의 대응 지연이 우려되나 안전 대응 가이드라인 등 부재
			7	• 항만 장비 운용이 작업자 중심의 수동 조작에서 시스템 기반 데이터 및 판단 기반으로 전환하며 자동화 장비 오작동 및 사고 발생 시 책임소재 불분명
			8	• 스마트항만 장비 전문 인력 교육체계 미비
			9	• 크레인에 부착된 카메라 기반 검수 자동화 등 연관 업무의 자동화도 가능하지만, 해당 업종 등록을 위해 최소 인원 기준을 충족해야 하는 등 실효성 저해 우려
		• 작업자가 탑승하여 운전, 조작하는 방식에 비해 작업자 휴식 및 교체시간이 단축되며 장비 가동률 증가	10	• 장비 가동률 증가로 장비 및 소모품 교체 주기 단축, 고장 증가 우려

구분	예상 변화		예상 쟁점	
		유·무인 작업 공간 분리, 출입 통제 공간 증가	11	무인 공간 출입 통제·모니터링 강화 등 관리 기준 마련 필요
	항만 장비 전기화 및 충전 인프라 설치 확대	- 전기 기반 장비 확대로 충전 인프라 및 운용 방식 변화 - 항만 내 전력 수요 증가	12	충전시설 설치 기준 부재
			13	충전시설 안전기준 부재
운영 관제	터미널 운영·관제시스템 고도화	시스템의 데이터·알고리즘 기반 자율적 의사결정 영역 확대	14	지능형 알고리즘의 편향성 평가, 오류 검증 체계 미비
			15	지능형 시스템의 판단으로 사고·손해 발생 시 책임소재 불분명
	데이터 유형 및 처리량 증가	장비-장비, 장비-시스템 간 정보 연계 및 처리량 증가	16	장비·시스템 간 데이터 및 통신 표준화 미비에 따른 호환 불가, 비효율 문제 발생
	스마트항만 기술 통합과 물류 혁신	컨테이너 상태(온도, 충격, 위치 등)의 실시간 원격 모니터링 및 관제 확대	17	컨테이너 정보의 유통·활용 범위 및 보안 규정 부재
		- 선적부터 육상운송까지 물류 흐름의 실시간 연계 추적 - 물류정보를 다양한 사업자와 블록체인 기반으로 투명하게 공유	18	데이터 정의, 수집, 보관, 유통 등에 대한 관리체계 및 표준 부재
유지 관리	항만시설물 유지관리의 첨단기술 적용 확대	- 현장 작업자 감소에 따른 작업자의 일상 점검 감소 - 디지털트윈, 드론, 무인비행체 등을 활용한 시설물 점검 확대	19	센서 및 영상 기반 점검 방식의 안전점검 인정 불분명
		드론, 무인비행체 등 비접촉 방식의 시설물 점검 활성화	20	시설물 유지관리 목적의 드론, 무인비행체 상시 활용 가능성 불분명

구분	예상 변화		예상 쟁점	
친환경	• 항만 탄소 배출 관리 강화	• 탄소 배출량 관리 및 거래 활성화	21	• 탄소 배출량 측정 기준 및 방법에 대한 표준, 가이드라인 부재 • 탄소 배출량 데이터의 공개, 검증, 인증 범위 및 절차 미비
안전 및 보안	• 사이버보안 강화의 중요성 대두	• 정보 보안 침해 시 심각한 운영 마비 위험으로 사이버보안 중요도 증가	22	• 데이터 위변조 방지 및 역추적을 위한 예방 조치 미비
			23	• 외부 유출 방지, 부적절 사용 예방 등을 위한 관리에 관한 규정 필요
			24	• 사이버위험에 대응한 항만 사이버안전 관리 관련 지침, 기준 등 부재

자료: 저자 작성

쟁점별 발생 가능성 분석 결과는 <표 3-11>과 같다. “자동화 장비 오작동 및 사고 발생 시 책임소재 불분명” 쟁점을 제외한 모든 쟁점에서 과반수 이상의 전문가가 "높다" 또는 "매우 높다"를 선택하며 발생 가능성이 높다고 평가하였다. 즉, 24개 예상 쟁점 중 23개 쟁점은 발생 가능성이 높아 쟁점 사항을 검토하고 개선 방안을 모색할 필요가 있다. 도출한 쟁점은 주제와 내용의 유사도, 전문가 자문 과정에서 수렴된 의견을 종합하여 재정리하였으며, 구체적인 쟁점 사항은 다음에서 상세히 기술한다.

<표 3-11> 쟁점별 발생 가능성 응답 결과

구분	예상 쟁점		“(매우)높음” 응답 비율(%)	평균	순위	비고
하역· 이송	1	• 자동이송장비의 법적 정의 부재	86	4.14	6	
	2	• 자동이송장비 등 새로운 유형의 항만 장비에 대한 검사기준 미비	93	4.36	2	
	3	• 새로운 유형의 장비 및 작업에 대한 안전기준 부재	79	4.21	4	
	4	• 장비의 안전한 운영을 위한 영상정보 수집 시 작업자 얼굴, 위치 등 개인정보 처리 및 활용 기준 불분명	64	4.00	9	
	5	• 항만 장비가 고정된 경로를 반복 주행하여 국소적 하중 집중 심화, 지반 피해 발생 우려	57	3.71	16	
	6	• 비상시 장비 중지, 현장 진입 등의 대응이 지연이 우려되는 반면 안전 대응 가이드라인 등 부재	50	3.43	19	3번 쟁점 연계
	7	• 자동화 장비 오작동 및 사고 발생 시 책임소재 불분명	43	3.21	23	발생가능성 낮음
	8	• 스마트항만 장비 전문 인력 교육체계 미비	86	4.00	9	
	9	• 항만 연관 산업 자동화(예. 검수)도 가능하지만, 해당 업종 등록을 위해 최소 인원 보유가 필요하여 실효성 저해	50	3.36	20	
	10	• 장비 가동률 증가로 장비 및 소모품 교체 주기 단축, 고장 증가 우려	50	3.21	23	

구분		예상 쟁점	“(매우)높음” 응답 비율(%)	평균	순위	비고
	11	• 무인 공간 출입 통제·모니터링 강화 등 관리 기준 마련 필요	86	4.14	6	3번 쟁점 연계
	12	• 충전시설 설치 기준 부재	50	3.64	17	13번 쟁점 연계
	13	• 충전시설 안전기준 부재	64	3.79	15	
운영· 관제	14	• 지능형 알고리즘의 편향성 평가, 오류 검증 체계 미비	50	3.50	18	
	15	• 지능형 시스템의 판단으로 인한 사고·손해 책임소재 불분명	50	3.36	20	14번 쟁점 연계
	16	• 장비·시스템 간 데이터 및 통신 표준화 미비에 따른 호환 불가, 비효율 문제 발생	79	4.00	9	
	17	• 컨테이너 정보의 유통·활용 범위 및 보안 규정 부재	50	3.29	22	18번 쟁점 연계
	18	• 데이터 정의, 수집, 보관, 유통 등 관리체계 및 표준 부재	71	3.93	13	
유지 관리	19	• 센서 및 영상 기반 점검 방식의 안전 점검 인정 불분명	86	4.21	4	
	20	• 시설물 유지관리 목적의 드론, 무인 비행체 상시 활용 가능성 불분명	86	4.29	3	
친환경	21	• 탄소 배출량 측정 기준 및 방법 표준, 가이드라인 부재 • 탄소 배출량 데이터 공개, 검증, 인증 범위 및 절차 미비	71	3.86	14	
안전 및 보안	22	• 데이터 위변조 방지 및 역추적을 위한 예방 조치 미비	86	4.00	9	23번 쟁점 연계
	23	• 외부 유출 방지, 부적절 사용 예방 등을 위한 관리에 관한 규정 필요	79	4.07	8	
	24	• 사이버위험에 대응한 항만 사이버안전 관리 관련 지침, 기준 등 부재	93	4.43	1	

주: 1점(매우 낮다)~5점(매우 높다)의 5점 척도 응답 결과이며, 응답 비율은 전체 응답자 중 발생 가능성이 “높다” 또는 “매우 높다”를 선택한 비율임

자료: 저자 작성

2. 하역·이송 분야 쟁점

1) 자동이송장비 법적 정의 부재

현행 항만 장비의 유형은 「항만법 시행령」 [별표 2]의 시설장비와 「항만 운송사업법 시행규칙」 [별표 2] 항만하역장비에서 규정하고 있다. 그러나 현행 법령에서 이송장비는 야드 트랙터(AGV 포함), 스트래들 캐리어, 트럭 등 기존 장비를 중심으로 정의하고 있으며, 향후 도입이 확산될 것으로 전망되는 자율주행 방식의 이송장비 등은 포함되어 있지 않다. 법령에서는 열거되지 않은 유형의 장비를 포함할 수 있도록 ‘하역 작업을 위해 관리청 또는 시·도지사가 필요하다고 인정하는 장비’라는 조항을 명시하고 있으나, 여전히 실제 적용 범위와 기준이 모호하다.

〈표 3-12〉 항만법 및 항만운송사업법에 따른 항만 장비 정의

관계 법령	내용
「항만법 시행령」 별표 5(시설장비)	• 갑문본체, 갑문구동장치, 충수 설비, 취수·배수 설비, 컨테이너 크레인, 트랜스퍼 크레인, 스트래들 캐리어, 야드 트랙터, 리치 스택커, 야드 새시, 쉽 로더, 쉽 언로더, 스택커 리클레이머, 벨트 컨베이어, 다목적 크레인, 모빌 하버 크레인, 로딩 암, 탑승교 등
「항만운송사업법 시행규칙」 별표 2 (항만하역장비의 종류)	• 예인선 및 부선, 기중기 및 기중기선, 언로더 및 쉽 로더, 지게차, 페이로더, 포크레인, 불도저, 스트래들 캐리어, 컨베이어 벨트, 트럭, 트랙터 및 트레일러, 사일로, 굴착기, 스택커 리클레이머, 크레인, 야드-새시, 고무 방충재 등 해상 환적용 장비 등

자료: 「항만법 시행령」 별표 5, 「항만운송사업법 시행규칙」 별표 2

법령에 따른 항만 장비의 정의는 사업의 등록, 장비의 관리와 검사 등의 기준이 되는 중요한 사항이다. 「항만법」에 따른 시설장비의 정의는 시설장비의 관리·검사기준을 규정한 「항만시설장비 관리규칙」 및 「항만시설장비 검사기준」과 항만 설계기준을 제시하는 「항만 및 어항 설계기준」 “하역장비편”의 하역장비 정의 기준으로 활용된다. 또한 「항만운송사업법」은 항만

하역사업 등록을 위한 시설 보유 기준을 정하고 있다.⁶²⁾ 즉 「항만법」은 항만에 해당 장비를 설치할 수 있는 법적 근거를, 「항만운송사업법」은 항만 하역사업 운영을 위한 요건을 규정하는 역할을 한다.

자율주행 이송장비가 확대될 것으로 전망되나, 「항만법」과 「항만운송사업법」 등 상위법령에서 자동·자율 항만 장비를 포괄하지 못한다면, 항만시설장비의 관리·검사기준, 하역사업 등록 요건의 적용 과정에서 혼선이 불가피할 수 있으며, 제도의 실효성이 떨어질 수 있다. 이에 자동·자율 장비 확대 도입 추세를 반영하여 관계 법령에서 이를 항만 장비로 명확히 정의할 필요가 있다.

2) 자동이송장비 검사기준 미비

항만시설장비의 검사제도는 선박의 대형화 추세와 더불어 대형화, 고속화되고 있는 항만시설장비에 대한 안전성 확보 필요성이 대두됨에 따라 항만법 및 시행령 개정을 통해 1981년부터 수행되었다.⁶³⁾ 항만시설장비의 검사 종류로는 제조검사, 설치검사, 정기검사, 수시검사가 있다.

〈표 3-13〉 항만시설장비 검사 종류별 검사 대상 및 항목

현행 기준	검사 대상	검사 항목	
제조검사	• 갑문본체 • 갑문구동장치 • 충수 설비 • 취수·배수 설비 • 컨테이너 크레인 • 트랜스퍼 크레인 • 쉽 로더 및 쉽 언로더	• 안정도·강도 및 고정 장치 • 주요 구조 부분 • 보도·플랫폼·난간·계단 및 사다리 등 • 리프트 • 로프 장치 등 • 브레이크 장치	• 전기설비 • 화재 감지 및 소화기 • 전로의 절연 • 접지 • 인입 개폐기 • 케이블릴 장치 • 전동기

62) 「항만운송사업법 시행령」 [별표 1]의 항만하역사업의 등록 기준에는 시설평가액 기준이 포함되며, 이때의 하역장비는 「항만운송사업법 시행규칙」 [별표 2]의 항만하역장비의 종류를 따르도록 함

63) e나라표준인증(검색일: 2025.8.8.)

현행 기준	검사 대상	검사 항목	
	• 스택커 리클레이머 • 벨트 컨베이어 • 다목적 크레인	• 호이스팅 기구 • 차륜·축·롤러 등 • 감속기 • 운전실 • 헤드블록 및 스프레더 • 정지·완충·레일 청소 및 충돌방지장치 • 무인 자동화 크레인 • 벨트 컨베이어 장치 • 공기수송 장치 • 도장 • 유압 및 공압 장치	• 조명 장치 • 피뢰 시설 • 항공 장애 표시 등 • 누전차단기 등 • 발전기 • 갑문본체 • 갑문구동장치 • 취·배수 설비 및 충수 설비 • 조립 • 성능 및 안전 • 표시판
설치검사	• 로딩암 및 탑승교	• 성능 및 안전 • 호이스팅 기구 및 스프레더 • 와이어로프 장치	• 원동기 및 하체부 • 야드-새시 • 로딩암 • 탑승교
정기검사	• 영 별표 5(시설장비)* • 단, 리치스태커, 야드-새시, 모빌하버 크레인 등 제외	• 구조물 안전 • 장비 주행 및 트롤리 주행 • 호이스팅 장치 • 리프트 장치 • 기복 및 선회 장치 • 컨베이어 장치	• 버킷 엘리베이터 장치 • 버킷 휠 장치 • 공기수송 장치 • 야드-새시 • 전기설비 • 기타 사항
수시검사	• 고정식 시설장비 이설 시 : 제조검사 대상의 시설장비 • 주요 구조 변경 시 : 영 별표 5(시설장비)*	• 이설하는 경우 • 주요 구조를 변경하는 경우	

주: 「항만시설장비 관리규칙」에서 정기검사 및 수시검사 대상은 “영 별표 4”에 따른 시설장비로 명시되어 있으나, 현행 법령의 시설장비는 “영 별표 5”에서 다루고 있음에 따라 “영 별표 5”로 표기함
 자료: 「항만시설장비 관리규칙」 및 「항만시설장비 검사기준」을 참조하여 저자 정리

항만에 자동화 장비가 확대됨에 따라 무인 자동화 크레인은 제조검사 대상에 포함되고 있으며, 크레인 자체적인 하드웨어 요소 외에도 카메라 및 경보 장치, 유인 트럭 및 장비와 작업 시 안전 확보, 원격 제어실 장치 등을

검사기준으로 규정하고 있다.

〈표 3-14〉 「항만시설장비검사기준」 무인 자동화 크레인 검사기준

제18조의2(무인 자동화 크레인) ① 자동화 크레인은 충돌 방지를 위해 다음 각 호의 장치를 갖추어야 한다.

1. 트럭 주행로 관찰 카메라 및 경보 장치
2. 지면으로부터 $1.5\text{m} \pm 0.5\text{m}$ 높이 주행 방해물 감지 및 충돌 방지 기능
- ② 외부 트럭 컨테이너 상·하차는 수동 운전으로 전환하거나 트럭 운전기사의 안전이 확보된 상태에서 자동 운전하도록 한다.
- ③ 수평배치 장치장에서 컨테이너와 새시가 함께 권상될 경우 이를 감지하고 권상을 제한하는 트럭보호장치(TPS: Truck Protection System)를 구비해야 한다.
- ④ 자동화 크레인과 유인 이동장비가 공동으로 작업하는 구역에 유인 이동장비가 있을 경우 자동화 크레인의 진입을 제한하는 장치가 설치되어야 한다.
- ⑤ 원격 제어실에는 CCTV 모니터를 포함한 다음 각 호의 장치가 설치되어야 한다.
 1. 비상정지 스위치
 2. 하중 표시장치
 3. 풍속 표시장치
 4. 스쿠 각도(마이크로 모션) 조절 및 표시장치
 5. 스프레더 조작 장치 및 상태 표시 패널
 6. 적재된 컨테이너 표시장치
 7. 화재 경고를 포함한 각종 경고 및 고장 표시장치
 8. 장비와 접속된 경고 버저 또는 사이렌 장치, 마이크로 폰 또는 통신장치
 9. 크레인 및 트롤리 이동 위치 감지 표시장치
- ⑥ 헤드블록에는 바스켓으로부터 스프레더 케이블의 이탈을 감지하여 권상을 제한하는 장치를 구비해야 한다.

자료: 「항만시설장비검사기준」 제18조의2

한편 자동이송장비 또한 최근 새롭게 도입되고 있는 장비인 만큼 안전성 확보가 필요하나, 현행 법제도 상 제조검사 및 설치검사 대상에는 포함되지 않는다. 이에 자동이송장비 도입 시 안전성을 확보할 수 있도록 현행 검사 대상 및 기준의 보완이 필요하다.

3) 영상정보 및 개인정보 처리 기준 불분명

자동·자율 장비의 확대에 따라 영상 및 위치 데이터 수집이 급격히 증가할 것으로 예상된다. 기존 CCTV 등 영상 장비는 주로 시설 및 화물을 모니터링하는 용도였으나, 작업자 얼굴 인식, 위치 인식 등으로 데이터 수집 범위가 확장될 것으로 보인다. 또한 지능형 CCTV, AI 카메라 등을 활용하여 화재나 침입을 감지하고 경보를 제공하는 보안 시스템이 확대되면서 자동화 게이트 운영 과정에서는 트럭 운전자 정보의 자동 수집·인증 범위도 더욱 넓어질 것으로 보인다.

한편 항만 장비 등을 수집하는 영상정보 및 개인정보를 관리하기 위한 제도적 기준은 미비한 실정이다. 현행 「개인정보보호법」에 따르면 고정형 및 이동형 영상정보처리기를 통한 영상 수집에 관해 규정하고 있으며, 촬영 사실 고지와 정보 주체의 동의를 전제로 가능한 점을 명시하고 있다. 하지만 지능형 모니터링 시스템, 자율주행 이송장비 등의 특성상 영상정보 등의 수집·처리 없이는 안정적인 운영이 불가능하므로, 운영에 필수적인 정보를 활용하면서 분쟁 및 갈등을 방지할 수 있는 기반 조성이 필요하다.

〈그림 3-2〉 지능형 CCTV 예시



자료: 데이터넷(2023.9.17.)(검색일: 2025.4.18.)

4) 자동화 장비 반복 주행에 따른 지반 피해 우려

자동화 장비는 유인 장비와 달리 상대적으로 더 좁은 범위의 고정 경로를 반복적으로 주행하기 때문에 지반의 채널화(channelization)와 포장 변형 문제가 심각하게 발생할 수 있다. 이를 완화하기 위해 운영 제어를 통해 일부러 경로를 변동시키거나 주기적으로 경로를 변경하는 방법이 고려될 수 있으나, 고정 경로나 좁은 차선 등 경로 변경이 불가능한 구역에서는 이러한 대책의 실효성이 제한적이다.⁶⁴⁾

따라서 이러한 문제는 토목·건설 단계에서부터 고려해야 할 요소임에도 불구하고, 관련 지침이나 설계기준에는 반영되지 않고 있다. 전문가들에 따르면 실제로 ARMGC와 AGV 운영으로 인해 터미널에서 침하가 발생하고 있는 것으로 나타났다. 이는 지반 침하와 포장 파손 등에 따른 보수·보강을 위한 비용이 증가할 뿐 아니라 크레인 레일, 트랜스폰더, 센서 등의 변위나 오류를 발생시킬 수 있어, 자동화 장비 가동에 영향을 줄 수 있다는 문제점이 있다. 따라서 하중 집중으로 인한 지반 침하 및 포장 손상 방지를 위해 장비 경로, 지반 특성, 포장 설계가 유기적으로 연계된 건설 기준 마련이 필요하다.

5) 장비 및 작업 안전관리 기준 현행화 필요

항만의 작업 안전관리 기준 관련 국내 법제도로는 「산업안전보건법」의 하위법령인 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 항만 하역 작업에 대한 안전기준을 규정하고 있다. 또한 「항만안전특별법」 제9조는 항만하역사업자가 종사자의 안전사고 예방을 위해 ‘자체안전관리계획’을 수립·운용하도록 규정하고 있으며, 하역 작업별 작업 기준과 작업요령, 하역장비 취급 및 안전수칙, 항만하역시설에 대한 안전점검 계획과 실시 사항 등을 포함해야

64) PIANC(2021), p. 136.

하고, 관리청의 승인을 받도록 한다.⁶⁵⁾ 아울러 부산지방해양수산청은 국내 최초로 「부산항 항만하역 근로자 안전관리에 관한 지침」을 마련하였으며, 동 지침 제27조에 따라 부산항만공사는 「부산항 안전기준 매뉴얼」을 수립·배포한 바 있다.

동 지침과 매뉴얼에서는 항만 하역 작업의 사고 예방을 위해 비교적 자세한 기준을 권고하고 있지만, 수동 장비를 중심으로 개발되어 자동화 장비와 자율주행 이송장비의 운용 및 안전관리에 관한 기준은 미비하다. 특히 자율주행 이송장비의 경우 유인 이송장비와 혼재 운영 시 혼란이 발생할 수 있으므로, 안전구역 설정, 유·무인 충돌 방지 방안 등 상황별 장비 및 작업 매뉴얼이 필요하다.

〈그림 3-3〉 부산항 안전기준 매뉴얼 목차

제1장 총칙 005	제6장 작업별 안전수칙 051
1.1 목적	6.1 본선 작업
1.2 의무	6.2 야드 작업(CY 구역)
1.3 제재조치	6.3 부두 내 화물 운송 작업
제2장 안전보건관리체계 007	6.4 게이트 작업
2.1 안전관리 조직과 직무	6.5 위험물 작업
2.2 안전정책	6.6 고소작업
제3장 공통 안전수칙 011	6.7 CFS 작업
3.1 안전작업계획 수립	6.8 특수화물 작업
3.2 보호구	6.9 정비 작업
3.3 작업장과 선박의 안전	6.10 절송작업
3.4 하역장비와 도구의 사전점검	제7장 화물별 안전수칙 085
3.5 톨박스 미팅(TBM)과 체조	7.1 철재화물
3.6 작업배치와 작업조건	7.2 중량화물
3.7 터미널 내의 교통	7.3 냉동화물
3.8 폭발과 화재예방	7.4 백컨테이너화물
3.9 정리정돈	7.5 팔레트화물
제4장 담당별 안전수칙 027	7.6 벌크화물
4.1 터미널 경영자	7.7 원목화물
4.2 선박소유자 또는 선박책임자	7.8 위험물
4.3 안전관리자	제8장 항만운송 관련사업 안전수칙 101
4.4 보건관리자	8.1 컨테이너 터미널 라싱작업(화물고정 작업)
4.5 관리감독자	8.2 검수 작업
4.6 근로자	8.3 돌잡이 작업(강취방)
4.7 운영요원	제9장 비상대응 절차 113
제5장 장비별 안전수칙 037	9.1 비상조치계획
5.1 공통사항	9.2 구조와 응급처치
5.2 컨테이너 크레인(C/C, Container Crane)	9.3 비상대피
5.3 트랜스퍼 크레인(T/C, Transfer Crane)	9.4 상황별 비상대응 절차
5.4 야드 트랙터(V/T, Yard Tractor)	9.5 관계기관 비상 연락망
5.5 스트래들 캐리어(Straddle Carrier)	[부록] 부산항 항만하역 근로자 안전관리에 관한 지침 130
5.6 리치 스택커(Reach Stacker)와	
엠프티 컨테이너 핸들러(Empty Container Handler)	
5.7 지게차	

자료: 부산지방해양수산청·부산항만공사(2020), p. 2.

65) 항만안전특별법 시행령 제6조 제1항 제1호~5호

6) 스마트항만 장비 전문 인력 교육체계 미비

법률에 따른 항만 내 장비와 시스템에 대한 교육·훈련 외에도 스마트항만 장비에 특화된 전문 인력 교육체계도 보완될 필요가 있다. <표 3-15>와 같이 하역 관련 직무교육은 「항만운송사업법」, 안전 관련 교육은 「항만안전특별법」에 따라 과정, 교육시간, 방법이 상세히 규정되어 있다. 하지만 기존 장비의 조작과 운용에 한정되어 있어, 스마트 자동화 시스템 도입 확산에 대응하기에는 한계가 있다.

〈표 3-15〉 항만 관련 교육 제도

법령	내용
항만운송사업법 시행령 제16조	• 기초교육: 신규 고용자 대상 항만운송 기초, 항만 장비 등에 관한 이론 • 양성 교육: 하역장비 조작, 운전 등의 기능, 자동차 운반선 선적 및 Y/T 운전, 하역 작업 감독자 대상 필요 이론교육, 검수/감정/검량 이론과 실습 • 안전교육: 위험화물 취급 이론과 실습, 하역 작업 안전관리에 관한 교육 • 연수 교육: 항만운송사업 종사자(항운노조 포함) 대상으로 운송 관련 법령, 항만물류, 유통 등의 국제물류, 컨테이너 터미널 운영과 실무 • 정보교육: 전자문서 교환, 운영 관련 실습 • 특별교육: 외부 인력 대상 비정기 교육(하역장비 조작, 운전, 국제물류 등)
항만안전특별법 시행령 제5조	• 신규 안전교육: 일반 항만운송 종사자 대상, 항만전용하역장비 전담자 교육(원격조정 등의 자동화 장비 포함) • 정기 안전교육: 사고 예방, 안전 관련 법령 및 제도, 하역장비 운전 및 취급 • 기초 안전교육: 사고 예방, 안전수칙, 사고 발생 시 긴급 조치 등

자료: 각 법령 참고하여 저자 작성

향후 자동화 장비의 안정적 운용을 위해서는 장비 관제 및 운영 전문 인력에 대한 자격 체계와 교육훈련 제도 마련이 필수적이다. 자동화 장비는 기존 장비보다 훨씬 복잡한 센서와 시스템으로 구성되므로 단순 운용 인력만으로는 부족하며, 관제·운영·유지보수 등 분야별 전문 인력이 요구된다. 그러나 현행 교육체계는 자동화 장비에 대한 전문 인력 자격과 교육훈련

제도가 부재한 실정이다. 특히 원격조작이나 무인 방식에서는 디지털 데이터 해석, 전기설비 엔지니어링 등 전문성이 필요한 분야의 교육이 미비하다. 전문성을 갖춘 인력이 부족한 경우 스마트항만 성장을 저해할 수 있다는 우려⁶⁶⁾를 고려한다면, 교육 제도의 정비는 중요한 쟁점이다.

7) 스마트항만 전환과 항만 연관 산업 제도의 재검토 필요

스마트항만으로의 전환은 항만 내에서 이루어지는 작업의 자동화·스마트화 뿐만 아니라 항만 연관 산업 전반의 변화로 확장될 수 있다. 특히 무인화된 항만구역에서 수행되는 업무는 안전 우려가 높아 별도의 관리가 요구되므로, 기존 항만 연관 산업의 작업 방식이나 기준이 스마트항만 환경 변화에 맞게 재검토될 필요가 있다.

일례로 검수업은 「항만운송사업법」에 따른 항만운송사업으로, 검수사업을 하려는 자는 항만별로 관리청에 등록하여야 한다. 같은 법 시행령 제4조(항만운송사업의 등록 기준)에서는 검수업 등록 요건으로 일정 규모 이상의 검수사 인원을 보유하도록 규정하고 있으며, 부산항의 경우 최소 40명 이상의 검수사를 확보해야 등록이 가능하다. 다만 터미널 안벽크레인 자동화, OCR 등 영상인식 기반 지원기술 확산 등에 따라 검수업무 수행 방식도 변화할 가능성이 제기되는 만큼, 향후에는 관련 기준의 유연한 개정이 필요할 것으로 보인다.

2021년 「항만운송사업법 시행령」 별표 6(항만운송관련사업의 등록 및 신고의 기준) 개정⁶⁷⁾으로 수중청소로봇 기업도 항만용역업 등록이 가능하도록 개선되었다.⁶⁸⁾ 이처럼 스마트화 흐름에 맞춰 나타나는 항만 연관 산

66) Verified Market Reports(검색일: 2025.7.3.)

67) 개정 전 「항만운송사업법 시행령」 제2조제1항의 항만용역업 등록기준에 선박 소유기준이 포함되었으나, 2021년 1월 12일 개정에 따라 제2조제1호가목 및 제2조제1호라목을 제외한 본선 경비, 줄잡이, 선박 청소 등에 대해서는 선박 소유 없이 항만용역업 등록이 가능하도록 개선됨

업의 변화를 수용할 수 있도록 법제도적 기반 조성이 필요하다.

8) 자동화 장비의 가동률 증가와 유지관리 부담

스마트항만의 자동화·자율화 장비는 작업자가 직접 탑승하여 운전·조작하는 기존 방식에 비해 휴식 및 교체시간이 단축되며, 장비 가동률이 크게 증가한다. 또한 필요시 주야간 구분 없이 24시간 운영이 가능하다는 점에서 생산성과 효율성이 높아진다.

그러나 이러한 장점과 동시에 장비 및 소모품 교체 주기의 단축과 고장 발생 빈도 증가라는 우려도 존재한다. 야드 자동화 과정에서 크레인에 과도한 부하가 발생하는 경우 와이어로프, 주행 레일, 트롤리 레일 등 핵심 부품 사용주기가 기존 항만 장비 대비 단축되고, 유지관리 비용과 정비 부담이 증가할 수 있다는 것이다.

다만, 유지관리 체계의 고도화, 점검 주기 단축, 터미널 자체적인 정비 역량 강화 및 소모품 교체 주기 관리체계 도입을 통해 이러한 문제는 상당 부분 개선될 수 있을 것으로 전망된다. 즉, 자동화 장비의 가동률 증가는 단기적으로는 유지관리 부담을 가중시키지만, 중장기적으로는 체계적인 관리 시스템 구축과 기술적 보완을 통해 안정화될 가능성이 높다는 견해도 존재한다.

9) 항만 장비 충전 및 전력 공급설비 설치·안전기준 불분명

스마트항만으로의 전환에 따라 전기 기반 항만 장비가 확대되고 있으나, 충전시설의 설치 및 안전기준이 불분명한 실정이다. 특히 고전압 전력을

68) 관계부처 합동(2023), p.5

사용하는 장비 특성상 화재, 폭발, 감전 등 중대사고의 가능성이 상존하지만, 현재는 안전관리 체계가 모호한 상황에서 이송장비 도입과 함께 충전소 설치 및 운영이 이루어지고 있다. 현재는 각 운영사가 제조사의 기술 사양이나 일반 전기설비 규정을 참고하여 충전시설을 설치·운영하고 있으며, 과충전 방지 장치, 안전점검 절차, 긴급 상황 대응 방안 등도 자체적인 관리에 의존하고 있다. 이로 인해 사고 발생에 대한 체계적인 예방과 대응이 어려운 한계가 존재한다.

전기차 화재 사고 사례에서도 확인되듯 충전시설의 안전 문제는 다수 발생하고 있다. 이에 국토교통부와 한국토지주택공사는 「공동주택 전기자동차 화재 대응 매뉴얼」(2023)을 발표하여 충전 구역 설치 위치, 화재 대응 설비, 충전시설 점검 절차 등을 권고하고 있으며,⁶⁹⁾ 화재보험협회는 「전기차 충전설비 안전기준」(2022)을 제정하여 화재 예방과 피해 최소화를 위한 요구사항을 마련하였다.⁷⁰⁾

반면 항만은 충전시설의 안전기준과 가이드라인이 부재하여, 전기 기반 장비의 확대와 함께 안전관리 공백이 발생할 가능성이 높으며, 항만에서의 사고 발생은 치명적인 피해를 초래할 수 있다. 충전 인프라의 안전성 확보는 전기화 장비의 지속적 도입과 직결되므로, 현행 제도상의 안전기준 미비는 전기 기반 항만 장비 운용 확대의 쟁점으로 작용하고 있다. 따라서 AGV 충전소는 아직 도입 초기 단계에 머물러 있으므로, 운영 경험과 안전성 검증을 기반으로 항만의 충전소 설계·운영 기준 마련이 필요할 것으로 보인다.

69) 국토교통부·한국토지주택공사(2023)

70) 화재보험협회(2022)

3. 운영·관제 분야 쟁점

1) 지능형 알고리즘 검증 체계 미비 및 책임 소재 불분명

스마트항만 운영에서 지능형 시스템과 알고리즘의 활용이 확대됨에 따라, 알고리즘의 편향성 평가와 오류 검증의 중요성도 부상하고 있다. 지능형 시스템이 독자적으로 의사결정을 내리는 과정에서 발생할 수 있는 오류나 편향이 적절히 검증되지 않을 경우 안전사고나 물적 피해로 직결될 수 있기 때문이다. 또한 다수의 지능형 시스템이 통합 운영되는 환경에서는 시스템 간 역할과 책임이 복잡하게 얽혀 있어, 사고 발생 시 책임 규명이 어려울 것이라는 우려도 존재한다.

한편, EU는 2024년 AI Act를 채택하여 AI 시스템을 접근 불가 위험(Unacceptable Risk)", "고위험(High-Risk)", "제한적 위험(Limited Risk)", "최소 위험(Minimal Risk)"으로 구분하고, 유형별로 차등적인 규제를 적용한다.⁷¹⁾ 이 중 ‘고위험 AI 시스템’은 EU 제품 안전법에 따라 제3자 적합성 평가를 받아야 하는 제품 또는 제품의 안전 구성 요소인 AI 시스템이나, 중요 의사결정에 실질적인 영향을 미치는 AI로, 중요 인프라 관리에 사용되는 AI 시스템도 포함된다.⁷²⁾ 해당 시스템은 제3자 적합성 평가, 위험 관리체계 운영 등을 통해 보안, 투명성 및 책임성을 확보하고, 시스템 출력 해석 방식, 한계 등을 포함한 명확한 안내를 제공하여 설계 및 운영상의 투명성을 확보해야 한다.⁷³⁾ 같은 법은 2026년 전면 시행 예정으로 아직 ‘고위험 AI 시스템’의 분류가 정해지지 않았으나, 터미널 운영을 위한 AI 시스템 또한 포함될 수 있을 것으로 보인다.

전문가 자문 결과 일부 전문가들은 사전 검증과 안정화를 거쳐 효과적인

71) Krystyna Marcinek et al.(2024.11.20.)(검색일: 2025.8.1.)

72) Artificial Intelligence Act 제3장 제6조

73) Krystyna Marcinek et al.(2024.11.20.)(검색일: 2025.8.1.)

알고리즘을 선택하여 운영하므로 알고리즘 오류 위험은 크지 않을 것이며, 오히려 데이터 유출 방지 등 보안이 중요한 쟁점이라고 언급하기도 했다. 또한 지능형 시스템 고도화와 함께 오류 추적·데이터 무결성 기술이 발전하고, EU AI Act와 같은 공공 차원의 검증·투명성 제도가 보완될수록 편향·오류 검증 미비에 대한 쟁점은 점차 해소될 것으로 예상했다.

〈그림 3-4〉 유럽연합(EU) 인공지능(AI) 규제법 주요 내용

EU 인공지능(AI) 규제법 주요 내용 2024년 8월 1일(현지시간) 발효, 2026년 8월 전면 시행 예정							
위험 단계별 차등 규제 위험 정도에 따라 4단계로 분류							
허용할 수 없는 위험	인간의 기본적 권리를 침해할 가능성이 있는 AI 기술 → 원천 금지 발효 6개월 뒤부터 적용 예정 예시 · 사회적 점수 평가(소셜 스코어링) · 개인의 특성·행동 관련 데이터로 개별 점수 채점 · 인터넷·CCTV에서 얼굴 이미지 무작위로 수집 후 DB 구축 · 법 집행기관의 실시간 원격 생체인식 시스템 사용 (극히 예외적인 경우 제외)						
고위험	의료, 교육, 선거, 핵심 인프라에 활용되는 AI 기술 → 인간이 AI 사용 감독 및 위험관리 시스템 구축						
제한된 위험	챗봇 자동응답, 딥페이크 콘텐츠 등 → 사용자에게 AI 이용·조작 여부 등 알림						
최소 위험	시 기반 비디오 게임, 스팸 메일 분류 애플리케이션 등 → 자유롭게 사용						
범용 AI 관련 의무 규정 발효 12개월 뒤부터 적용 예정 · 투명성의무 부과 : 챗GPT 포함 범용 AI 대상 AI 학습과정에 사용된 콘텐츠 명시 ※ 범용 AI: 사람과 유사한 수준 또는 그 이상의 지능을 갖춘 AI							
과징금 부여	<table> <tr> <td>AI 기술 관련 잘못된 정보제공</td><td>전 세계 연 매출의 1.5%</td></tr> <tr> <td>의무규정 위반</td><td>3.0%</td></tr> <tr> <td>금지된 AI 애플리케이션 사용</td><td>최대 7.0%</td></tr> </table>	AI 기술 관련 잘못된 정보제공	전 세계 연 매출의 1.5%	의무규정 위반	3.0%	금지된 AI 애플리케이션 사용	최대 7.0%
AI 기술 관련 잘못된 정보제공	전 세계 연 매출의 1.5%						
의무규정 위반	3.0%						
금지된 AI 애플리케이션 사용	최대 7.0%						
연립뉴스 김민지 기자 20240801							
자료: 유럽연합(EU)							

자료: 한국무역협회(검색일: 2025.8.10.)

2) 장비·시스템 간 데이터 및 통신 표준화 미비

스마트항만으로의 전환에 따라 장비-장비, 장비-시스템 간 정보 연계와 데이터 처리량은 급격히 증가하고 있다. 그러나 데이터 및 통신 표준화 미비로 인해 호환성과 효율성에 문제가 발생하고 있으며, 실제로 TOS·크레

인·이송장비 간 데이터 및 통신 오류로 인해 장비 정상화에 장시간이 소요되는 사례도 나타나고 있다.

현재 장비 제조사와 시스템 공급사는 서로 다른 프로토콜과 데이터 포맷을 사용하고 있어 호환성 부족, 특정 벤더 의존도 문제가 발생할 수 있다. 이는 항만 장비와 시스템 간 상호운용성을 저해하는 주요 요인으로 작용한다. 특히 TOC-ECS-FMS 간 인터페이스 문제를 완화하기 위해, 이를 중재할 수 있는 호환·중재 시스템 마련의 필요성이 제기되고 있다.

또한 데이터 처리량 증가에 대응하기 위해서는 검증된 유·무선 통신 설비 구축이 필수적이며, 데이터 포맷, API 인터페이스, 보안 프로토콜 등 구체적인 기술 표준의 수립 논의가 병행되어야 한다. 그러나 현재 항만 장비 표준화 논의를 주도할 명확한 주체가 부재하여, 논의가 분산적으로 이루어지고 있다는 점은 중요한 한계로 지적된다.

3) 해상-육상 물류 데이터 연계 체계 부족

항만의 디지털화와 함께 선적부터 육상 운송까지 물류 흐름을 실시간으로 연계·추적하고, 다양한 사업자 간에 물류정보를 블록체인 기반으로 투명하게 공유하는 것이 가능해질 것으로 전망된다. 특히 일각에서는 해운 의존도가 높은 무역 특성을 고려하여 항만을 넘어 트라이포트(항만-공항-내륙) 차원의 물류 모니터링이 필요해질 것이라는 의견도 있다. 해상-육상 물류 흐름의 모니터링을 위해서는 다양한 이해관계자의 참여와 더불어 신뢰할 수 있는 통합 플랫폼이 필요하며, 참여하는 이해관계자의 범위와 신뢰성 및 공공성 확보가 중요함을 감안하여 정부 주도로 개발해야 한다는 의견도 나타났다. 특히 물류 데이터에는 기업의 영업기밀이 포함되어 있어, 공개 범위와 보안 설계가 중요하기 때문이다.

그러나 해상과 육상운송을 아우르는 통합 물류 플랫폼이 부재하고, 정부와 민간 간 물류정보 공유의 범위와 주체가 불명확하며, 운영자 간 시스템을 연계할 수 있는 공공 표준도 마련되지 않은 상황이다. 또한 각 물류 주체별로 다른 데이터 형식을 정제하는 과정에서 비효율이 발생하여 통합 물류 체계의 효과를 저해하는 요인으로 작용한다.

이에 우선 항만에서 발생하는 데이터 및 데이터 교환 체계를 정립한 후, 이를 해상 및 육상 영역으로 확장해 나가는 단계적 접근이 필요하다. 일부 전문가들은 통합 물류 데이터 연계 체계를 구축하기 위해서는 정부, 항만 공사, 물류 중계망 사업자 등의 이해관계자가 참여하는 협의체를 운영하여 데이터 연계와 공유 체계를 논의하는 과정이 필요함을 강조했다.

4. 유지관리 분야 쟁점

1) 신기술 기반 시설·장비 점검의 제도적 한계

스마트항만에서는 현장 작업자 감소로 인해 일상적인 육안 점검이 줄어들 것이며, 이를 보완하기 위해 디지털트윈, 드론, 무인비행체 등을 활용한 시설물 점검이 점차 확대될 것으로 보인다. 이러한 방식은 사람이 접근하기 어려운 구조물이나 위험 구역을 안전하고 효과적으로 점검할 수 있어 시설물 안전관리 효율성을 크게 높일 수 있다.

그러나 현행 법제도는 이러한 신기술 기반 점검 방식을 충분히 반영하지 못하고 있다. 현행 「항만시설물 안전점검 지침」에서는 “안전점검”을 “경험과 기술을 갖춘 자가 육안이나 점검 기구를 활용해 위험요인을 조사하는 행위”로 한정하고 74)있어, 센서나 영상 기반의 점검 방식은 지침에서 안전점검으로 인정되지 않고 있다.

74) 「항만시설물 안전점검 지침」 제3조(정의)

실제로 사람이 접근하기 어려운 시설물의 경우 적시에 점검하지 못해 발생하는 고장이 부두 운영에 상당한 문제를 야기하고 있으며, 새로운 점검 방법과 제도가 보완될 경우 항만 운영 안정성 향상에 크게 기여할 수 있다. 따라서 신기술 기반 점검 방식을 제도적으로 인정하고, 육안 점검 중심의 현행 지침을 보완하는 새로운 기준 마련이 시급하다.

2) 유지관리 목적의 드론, 무인비행체 활용 제한

스마트항만의 유지관리 분야에서는 드론과 무인비행체를 활용한 비접촉 방식의 시설물 점검이 확대될 것으로 전망된다. 이러한 방식은 사람이 접근하기 어려운 고위험 지역이나 대규모 시설물 점검을 효율적이고 안전하게 수행할 수 있다는 점에서 활용 가치가 크다.

그러나 현행 제도에서는 드론·무인비행체 활용 가능성이 불분명하다. 「국제선박항만보안법」에 따라 항만시설은 국가 보안시설로 분류되며, 항만 구역 상공에서의 드론 비행은 원칙적으로 금지되어 있다. 이로 인해 시설물 유지관리 목적의 정기적·상시적 활용은 사실상 제약받을 수밖에 없는 상황이다. 또한 관련 법령에는 유지관리 목적에 한정한 예외 조항이 마련되어 있지 않아, 제도적 활용 가능성이 불투명하다.

이처럼 드론과 무인비행체의 유지관리 수요는 증가하고 있으나, 제도적 근거 부재로 인해 실제 적용은 제한되고 있다. 이는 향후 항만시설 유지관리의 효율성 제고와 안전 확보에 장애 요인으로 작용할 수 있으며, 전문가들도 이를 발생 가능성이 높은 주요 쟁점으로 평가하였다. 따라서 항만시설의 특수성을 고려해 유지관리 목적에 한정된 예외 조항 신설 등 제도적 활용 근거 마련이 필요하며, 동시에 항만의 보안 특성을 감안하여 정부·공공기관 승인 절차를 포함한 통제 체계 확립이 요구된다.

〈표 3-16〉 항만시설 드론 비행 관련 조항

법령	내용
국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률 제33조의2(항만 시설에서의 드론 비행금지 등)	① 누구든지 「드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률」 제2조제1항제1호에 따른 드론(이하 “드론”이라 한다)을 조종하여 제33조제1항제3호에 따른 지역의 공중(空中)구역을 비행하여서는 아니 된다. ② 제1항에도 불구하고 드론을 사용하여 비행하려는 사람은 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 미리 항만시설보안책임자로부터 비행승인을 받아야 한다. 다만, 국가, 지방자치단체, 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관으로서 대통령령으로 정하는 공공기관이 소유하거나 임차한 드론을 재해·재난 등으로 인한 수색·구조, 화재의 진화, 응급환자 후송, 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 공공목적으로 운용하기 위하여 항만시설보안책임자에게 사전에 통보한 경우에는 그러하지 아니하다. ③ 국가, 지방자치단체, 「항만공사법」에 따른 항만공사(이하 “항만공사”라 한다) 또는 항만시설소유자는 제2항에 따른 비행승인을 받지 아니한 드론이 제1항에 따른 구역에 접근하거나 침입한 경우 해당 드론을 탐지·퇴치·추락·포획하는 등 항만보안에 필요한 조치를 할 수 있다. ④ 국가, 지방자치단체, 항만공사 및 항만시설소유자는 제3항에 따라 드론을 탐지하거나 퇴치하기 위하여 국가, 지방자치단체, 항만공사 및 항만시설소유자가 소유하거나 관리·운영하는 항만시설 범위 밖의 보안업무에 대하여 협력할 수 있다.
국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률 시행규칙 제40조의4(항만 시설에서의 드론 비행승인 절차 등)	① 법 제33조의2제2항 본문에 따라 항만시설보안책임자의 비행승인을 받으려는 사람은 별지 제22호의3서식의 드론 비행승인신청서에 다음 각 호의 사항을 적은 서류를 첨부하여 항만시설보안책임자에게 제출해야 한다. 1. 드론 비행에 관한 안전관리 대책 2. 드론 사고로 인하여 발생할 수 있는 손해배상 책임을 담보하기 위한 보험 또는 공제의 가입 등 피해자 보호 대책 ② 법 제33조의2제2항 단서에서 “해양수산부령으로 정하는 공공목적”이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 공공 목적을 말한다. 1. 시설물 붕괴·전도 등으로 인한 재해·재난이 발생한 경우 또는 발생할 우려가 있는 경우의 안전진단 2. 산불, 건물·선박 화재 등 화재의 예방 3. 응급환자를 위한 장기(臟器) 이송 및 구조·구급활동 4. 풍수해 및 수질오염 등이 발생하는 경우 긴급점검 5. 테러 예방 및 대응 6. 그 밖에 제1호부터 제5호까지에서 규정한 공공목적과 유사한 공공목적으로서 해양수산부장관이 정하여 고시하는 공공목적

자료: 국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률 제33조의2; 국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률 시행규칙 제40조의4

5. 친환경 분야 쟁점

1) 탄소 배출 관리 기준 및 검증 체계 미비

항만의 스마트화와 더불어 탄소 배출 관리의 중요성이 커지면서 스마트 미터, 탄소 배출 관리시스템 등 신기술 도입 논의가 확대되고 있다. 그러나 기술 도입의 선행 조건인 탄소 배출량의 측정·산정·관리 기준이 국내에서는 마련되어 있지 않은 실정이다.

현행 국내 제도는 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」이 산업 전반의 산정·보고 원칙을 제시하고 있으나, 이동 연소 산정 방법을 항공·도로·철도·선박 네 개 부문으로 한정하고 있다. 이 지침은 세부 산정 방법이 제시되지 않은 배출활동에 대해서는 할당 대상업체가 자체 방법을 개발해 산정하도록 규정하고 있으며,⁷⁵⁾ 항만 부문에 바로 적용 가능한 방법은 부재하다. 이에 항만하역장비 등은 도로 부문의 비도로 차량 방식을 준용하는 등의 한계가 있다.

이러한 기준이 정립되지 않는다면, 항만별 산정 결과의 신뢰성과 비교가능성이 떨어지고, 개선 과제 도출과 우선순위 설정이 어려워진다. 또한 장비 교체나 운영 최적화와 같은 감축 투자의 효과 검증이 불명확해지고 정책 목표와의 연계성도 약화되며, 대외 보고·공시 과정에서 검증 가능성이 낮아져 신뢰 확보와 인센티브·규제 설계 모두에서 비효율이 발생할 수 있다.

이에 항만의 탄소 배출 관리 수준을 실질적으로 향상시키기 위해서 국제 표준 및 국제기구의 지침, 주요국 사례를 참고하여 항만 상황에 맞춘 배출 유형, 대상, 산정 방식, 산정을 위한 필요 정보 등을 정립한 탄소 배출량

75) 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」 제11조제2항 및 별표 6

산정 지침과 표준화된 관리체계 마련이 필요하다. 동일한 원칙에 따라 데이터를 수집·산정·검증할 수 있어야 합리적 투자 결정과 실효적 감축 로드맵 수립이 가능할 것이다.

6. 안전 및 보안 분야 쟁점

1) 데이터 위변조 및 유출 방지 조치 미비

스마트항만에서는 데이터 기반 운영이 이루어짐에 따라 사이버보안 강화가 핵심 과제이다. 정보 보안이 침해될 경우 단순 오류에 그치지 않고 항만 전체 운영이 마비될 수 있다는 점에서, 데이터의 위변조 및 유출 방지는 필수적이다.

그러나 현재는 이를 위한 예방 조치가 전반적으로 미흡하다. 예를 들어 제조사·장비별 데이터 워터마크 생성과 같은 기본적 위변조 방지 장치가 의무화되어 있지 않으며, 크레인의 경우 PLC 데이터가 보관·변조될 가능성이 있어 별도 대책이 요구된다. 또한 위조 영상 활용 가능성이 제기됨에 따라, 블록체인과 같은 위변조 방지 기술 도입이 필요하다는 지적도 나온다. 아울러 항만 운영 과정에서 장비 관제 작업오더가 해킹으로 변조될 경우, 잘못된 지시가 장비로 전송되어 오작동으로 이어질 위험도 존재한다. 이러한 이유로 전 세계적으로는 IT 보안뿐만 아니라, 장비와 제어시스템을 직접 다루는 OT(운영 기술) 영역의 보안 중요성이 점차 부각되고 있다.

또한 외부 해킹뿐 아니라 내부로부터의 데이터 유출도 방지해야 한다. 현재 항만은 폐쇄망 구조를 기반으로 운영되어 외부 공격 위험은 상대적으로 낮다고 평가되지만, 실제로는 작업자나 제조사에 의한 내부 유출 위험이 존재한다. 특히 접근 통제, 암호화, 모니터링 체계가 미흡할 경우 데이

터의 유출과 부정 사용 위험은 더욱 커질 수 있다. 또한, 외부 유출 방지 및 부적절한 사용을 막기 위한 관리 규정 역시 부재하여, 체계적인 보안 관리 기반이 부족한 상황이다.

따라서 스마트항만 운영에서는 데이터 위변조 및 유출을 예방하기 위한 기술적·제도적 대책을 조속히 마련해야 한다. 이를 위해 보안 관리 의무 규정을 강화하고, 신뢰성 검증 체계와 추적·감사 기능을 도입하여 데이터 무결성을 보장할 필요가 있다. 현행 체계는 이러한 위험에 충분히 대응하지 못하고 있으며, 이는 스마트항만 운영 안정성을 위협하는 쟁점으로 작용한다.

2) 사이버보안 관리지침 부재

항만을 포함하여 사회 전반적으로 자동화 및 디지털화가 가속화되면서 사이버 위협 리스크가 증가하고 있으나, 항만 분야에서는 이러한 위험에 대응할 수 있는 사이버안전 관리지침이나 기준이 부재한 상황이다. 전문가 자문 결과에 따르면, 이는 발생 가능성이 가장 높은 핵심 쟁점으로 평가되었다.

해외에서는 실제로 항만 운영이 사이버 공격으로 인해 중지되는 사례가 발생하기도 하였다. 2023년 11월 호주 항만 물동량의 40%를 차지하는 DP World가 사이버테러로 항만 운영 중단하면서 멜버른, 시드니, 브리즈번 등 호주 주요 항만 물류가 마비되는 사례가 발생한 바 있다.⁷⁶⁾ 또한 2017년에는 Maersk가 사이버 공격을 받아 다수 선사·터미널 시스템이 며칠간 사용 불가능해지고 일부 터미널이 일시 중단되었으며, 최대 3억 달러에 달하는 매출 손실을 겪었다.⁷⁷⁾ 한편 미국은 2025년 6월, 보안 강화를 위해 중국산 항만 장비 및 관련 하드웨어·소프트웨어의 교체를 지원하는 ‘해상 공급망 보안법(H.R. 2390, Maritime Supply Chain Security

76) HMM오션서비스(검색일: 2025.8.6.)

77) PIANC(2021), p. 167.

Act)'을 통과시키는 등 제도적 대응을 강화하고 있다.⁷⁸⁾

국내 해사 분야에서는 2024년 4월 교통분야 최초로 정부·민간의 역할을 규정하는 「해사 사이버안전 관리지침」을 고시하였다. 동 지침은 선박 사이버 위협 대응을 위한 정부 역할과 해운선사의 관리체계 구축 사항을 권고하며, 사고 발생 시 즉시 통보·대응·복구 절차를 규정하고 있다.⁷⁹⁾ 그리고 같은 해 10월 「해사 사이버안전 관리 강화방안」을 발표하였으며, 선사·선박의 사이버 공격 대응역량 강화, 사이버안전 관리체계 구축·이행 관련 법적 기반 및 협업체계 구축, 핵심기술 개발 및 상용화 지원 등의 대책을 마련하였다.⁸⁰⁾

다만 동 지침은 선박을 중심으로 한 지침으로 항만 운영에 적용할 수 있는 규정은 존재하지 않는다. 따라서 항만의 특수성을 고려한 전문화된 사이버안전 관리지침과 보안 규정을 마련할 필요가 있다.

〈표 3-17〉 「해사 사이버안전 관리지침」 목차

제1조 (목적)	제10조 (해사 사이버안전 확보를 위한 자산관리)
제2조 (정의)	제11조 (해사 사이버안전 확보를 위한 업무분장)
제3조 (적용 범위 및 다른 규정과의 관계)	제12조 (해사 사이버안전 위험성 평가 등)
제4조 (해사 사이버안전 대책의 수립·시행 등)	제13조 (해사 사이버안전 확보를 위한 보호조치)
제5조 (해사 사이버안전 진단 및 실태평가 등)	제14조 (해사 사이버안전 확보를 위한 탐지조치)
제6조 (해사 사이버 공격·위협에 대한 예방·대응 교육 및 훈련)	제15조 (해사 사이버안전 확보를 위한 대응조치)
제7조 (기관 간 협력체계 구축)	제16조 (해사 사이버안전 확보를 위한 복구조치)
제8조 (해사 사이버안전 관리의 기능적 요소)	제17조 (사고통보 및 조사)
제9조 (해사 사이버안전 관리조직 수준)	제18조 (국제표준 및 산업표준의 활용)
	제19조 (재검토기한)

자료: 해사 사이버안전 관리지침

78) 해사신문(2025.06.15.)(검색일: 2025.8.6.)

79) 해사 사이버안전 관리지침

80) 해양수산부 보도자료(2024.10.31.)(검색일: 2025.8.6.)

제3절 국내외 법제도 개선 사례

1. 국외 항만 분야 사례

1) 중국

(1) 컨테이너항만 하역 서비스 규범 제정(2024)⁸¹⁾

중국 항해학회에서 발간된 단체표준으로 컨테이너 하역 서비스의 기본적인 요구사항, 절차 및 평가지표 등을 담고 있다. 스마트항만 관련 내용을 살펴보면, 우선 시설·장비 측면에서 친환경·저탄소 장비를 우선적으로 사용하고 자동화 및 스마트화 수준을 높여 효율성을 높이도록 권고하고 있다. 특히 정보화스마트 기술에 대한 내용을 별도의 장(chapter)으로 구분하여 지침을 마련하였는데, 자동화 하역시스템 권장 및 이 경우 국가산업표준을 준수, 웹·모바일 플랫폼 활용을 통한 정보연계, 무서류(paperless) 서비스 실현을 위한 전자서류 활용, 고객에게 실시간 화물정보 제공이 이루어지도록 하는 내용이 포함되어 있다. 그 외 컨테이너 항만 평가지표 내 정보시스템 제공의 신속성 및 정확성, 자동화 및 스마트화 수준을 평가하는 항목을 포함한다. 이와 같은 중국의 항만 하역 서비스 규범은 표준화된 자동화 기술 도입, 기존 하역 서비스의 정보화, 스마트화로의 전환을 권장하고 있다.

(2) 스마트 기술을 적용한 장비 표준 제정

중국 정부는 정책적으로 스마트항만 및 스마트의 표준 구축을 위해 기술 지침, 표준 제정을 지원하고, 지방 정부, 학회, 기업이 관련 표준 발표를 시범적으로 추진하고 탐색하도록 장려하고 있다.⁸²⁾

81) 중국항해학회(검색일: 2025.8.28.) 참조하여 정리

중국의 대표적인 조치는 스마트 기술을 적용한 항만 장비에 대한 산업표준, 단체표준 형태로 제정이 다수 이루어진 점이다.⁸³⁾ 컨테이너 크레인의 원격제어 과정에서의 안전 요건, AGV 기술 요건 및 시험, 검사방법, 무인 자율주행 컨테이너 트럭의 기술 요건 및 검사, 시험 방법 등이 대표적이다. 이러한 스마트 장비에 대한 표준은 산업표준 형태로 운용되며, 강제력은 없는 반면 기술 가이드를 제공하는 역할을 하고 정부 조달 및 인증 시 활용 되는 경우가 많다.

〈표 3-18〉 중국 스마트 기술 적용 장비 표준 제정 사례

기준명	내용
자동화 크레인 원격조작 안전규정 산업표준 ⁸⁴⁾ (JT/T 1485.2-2023)	• 자동 컨테이너 크레인 원격제어를 위한 안전 운영 절차(2부: 컨테이너 갠트리 크레인) • 자동 컨테이너 갠트리 크레인의 원격제어 작업에 대한 일반 요건과 작업 전, 작업 중, 작업 후의 안전 요건을 명시 • 자동 레일 장착형 컨테이너 갠트리 크레인 및 자동 고무 타이어 컨테이너 갠트리 크레인을 포함한 자동 컨테이너 갠트리 크레인의 원격제어 작업에 적용
AGV 산업표준 ⁸⁵⁾ (JT/T 1377-2021)	• 내연 기관, 배터리 및 하이브리드 전원을 사용하고 전적 적재 용량이 61t을 초과하지 않는 AGV에 적용 • 제품 분류, 모델 및 표시, 기본 매개변수, 기술 요건, 안전 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 그리고 제품 명판, 첨부 문서, 포장, 운송 및 보관에 대한 요건을 명시
지능형 컨테이너 트레일러 단체표준 ⁸⁶⁾ (T/CIN 009-2023)	• 스마트 컨테이너 트레일러의 운영 시나리오와 미래 기술 개발 동향을 반영하여 그 활용을 촉진하고 자율주행 구현 발전을 목표로 제정 • 스마트 컨테이너 트레일러의 제품 분류, 구성, 기술 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 표시, 포장, 운송 및 보관 요건을 명시

자료: 중국 표준화 홈페이지, 국가표준화관리국 홈페이지, Westwell 홈페이지 참조(모든 자료의 검색일: 2025.8.28.)

82) 스마트 항만·스마트 수로 건설 가속화에 관한 의견(검색일: 2025.8.28.)

83) 표준화 코드에 “JT/T”는 산업표준(교통운수부 소관), “T”는 민간 단체표준을 의미함

84) 중국 표준화 홈페이지(검색일: 2025.8.28.)

85) 국가표준화관리국 홈페이지(검색일: 2025.8.28.)

86) Westwell 홈페이지(검색일: 2025.8.28.)

디지털화 관련하여 지능화, 정보화와 관련된 국가표준⁸⁷⁾도 제정된 사례를 찾아볼 수 있다. 주로 데이터 교환 및 해당 시스템에 대한 기술적 요구사항들을 주요 내용으로 하며 강제성을 띄고 있어 기술 도입 시 준수해야 한다. 해당 표준 역시 대부분 최근인 2023년 전후로 제정된 특징이 있다. 그 외 항만 에너지 관련 통계분석, 자동화 컨테이너 터미널 평가 방법에 관한 사항도 표준으로 제정하여 운영 중이다.

〈표 3-19〉 중국 스마트 정보기술 표준 제정 사례

기준명		내용
정보화 기술 및 사양	항만 물류 운영을 위한 데이터 교환 일반 사양 (GB/T 38567-2020)	• 항만 물류 운영에서 관련 기관 간 데이터 교환의 유형, 원칙, 기본 요건, 규칙 및 절차를 명시
	항만 기본 지리 정보 교환 서비스를 위한 기술 요구사항 (GB/T 42807-2023)	• 항만 기본 지리 정보의 교환 요소, 서비스 및 응용 분야에 대한 기술 요건을 명시(항만 기본 지리 정보 시스템의 계획, 설계, 개발, 구축 등)
	항만 내 해상 및 철도 복합 운송을 위한 전자 데이터 교환에 대한 기술 요구사항 (GB/T 42808-2023)	• 전자 데이터 교환을 위한 기본 요건, 데이터 교환 규칙, 전자 데이터 교환 시스템 요건 및 보안 기술 요건 명시(위험률 제외)
	자동 컨테이너 터미널 운영 시스템에 대한 기술적 요구사항 (GB/T 42809-2023)	• 터미널 운영 시스템의 시스템 아키텍처, 전반적인 요건, 하위 시스템, 인터페이스 및 보안 요건 명시
	항만 컨테이너 운영 시스템에 대한 기술 요구사항 (GB/T 42811-2023)	• 항만 컨테이너 처리 시스템의 구조 및 구성, 전반적인 요건, 기능 요건, 그리고 기본적인 환경 요건 명시
표준 지 침 및 방법론	항만 에너지 소비 통계 및 분석 방법 (GB/T 21339-2020)	• 항만 에너지 소비에 대한 통계 지표, 계산 방법, 통계 요건 및 분석 요건 명시(내륙항만 및 연안의 에너지 소비 통계 및 분석에 활용 중)
	자동 컨테이너 터미널 평가 가이드 (T/CIN 045-2024)	• 자동화 수준 측정을 위한 정량적, 정성적 기준 제시, 저탄소 운영 지표(에너지 절감, 탄소 배출 등) 통제 기준 제시

자료: 중국 표준화 홈페이지(검색일: 2025.8.28.)

87) 표준화 코드의 “GB/T”는 국가표준을 의미함

(3) 스마트항만 시범사업 추진 지침 마련

스마트항만 구축 관련, 신기술 적용 및 기술개발 촉진을 위한 시범사업을 정부 주도로 추진하고, 이를 위한 지침을 제정한 사례가 대표적이다. 「자율운전과 스마트 해운 선도 응용 시범점 관련 통지(交通运输部办公厅, 2021)」⁸⁸⁾에 따르면, 항만·수로·물류 분야에서 자율주행과 스마트 해운 기술을 시험·확산하기 위한 공식 지침으로 명시하고, 스마트 해운항만 분야 시범사업에 지방 정부 및 기업, 연구기관이 참여할 수 있도록 하였다. 여기에는 시범사업 추진 분야, 운영 방식, 추진 일정 및 신청 방법 등이 상세히 명시되어 있으며, 구체적 시범사업 분야로 컨테이너 자율주행 트럭, 무인 장비 운영, 전기 및 수소 동력 차량 운송 등이 포함된다.

이러한 지침에 따라 실제 광저우항에서 중국 최초로 항만 자율주행 시범 구역이 지정되기도 하였다. 난사 3기 터미널 내 16번 선석과 야드 구간을 포함하며, 자율주행 장비와 수동 장비의 안전한 혼합 운영을 목표로 한다.

〈그림 3-5〉 스마트항만 시범사업 정책에 따른 자율주행 시범 구역 운영 사례



주: 붉은색으로 표시된 구역이 자율주행 시범 구역(1단계)임
자료: 상하이해운거래소(2025.8.20.)(검색일: 2025.8.28.)

88) 중국 교통운수부(검색일: 2025.8.28.)

2) 미국

미국에서는 연방(Federal), 주(State), 그리고 지방 정부(시·군 또는 향만 당국 Authority 등) 차원에서 각각의 법·제도를 규정하고 있고, 항만 분야의 경우 연방법은 안전, 보안, 관세 등의 규제, 주정부는 환경규제, 노동 등에 대한 규제를 관리한다. 미국은 전체 항만에 적용될 수 있는 단일법이 부재하며, 개별 항만마다 관리·운영 거버넌스가 상이하여 적용되는 규제가 다르다. 또한 스마트항만 도입 관련해서는 법제도적인 한계보다는 노조와 항만당국 간 협상의 어려움으로 인해 스마트항만 관련 기술 도입에 제약이 존재한다.

최근 미국의 법제도 동향을 살펴보면, 기존 법령의 개정보다는 신규 법안을 발의하거나 항만의 스마트화 도입과 전환을 인프라 업그레이드의 일환인 자금 지원 형태로 제도화하고 있다. 그 대상은 대부분 친환경, 디지털화 등의 프로젝트에 집중되어 있다. 최근 5년간 추진된 미국의 스마트항만 관련 법 제·개정은 항만 인프라 활성화, 스마트항만 기술 통합, 디지털화 전환을 촉진하고 지원하기 위한 내용이 주를 이룬다.

〈표 3-20〉 미국 스마트항만 도입 촉진을 위한 법령 제·개정 사례

법령	내용	비고
Bipartisan Infrastructure Law (BIL, 2021): Infrastructure Investment and Jobs Act (IIJA) ⁸⁹⁾	• 항만 및 수로에 170억 달러 지원, 자동화, 전기화, 사이버보안 및 교통 인프라 복원력을 위한 자금 지원, MARAD에 따른 항만 인프라 개발 프로그램(PIDP) 확대 • 해양청(MARAD) 산하 항만 인프라 개발 프로그램(PIDP)에 대한 자금 지원을 확대 • 항만시설의 자동화, 전기화 및 탄력성에 대한 투자를 장려	승인 및 시행
항만자동화개선법 2022(H.R. 8564) ⁹⁰⁾ Port Automation Improvement Act	• 항만 자동화 및 복합 업그레이드에 자금을 투입하기 위해 국방 수권(National Defense Authorization) 프레임워크를 개정 • 항만의 효율성, 안전성, 경쟁력 향상을 위한 항만 인프라 투자 지원을 목적 • 인프라 개선을 위한 유연한 자금 활용이 가능	발의

법령	내용	비고
해상운송개혁법 Ocean Shipping Reform Act of 2022 (OSRA 2022) ⁹¹⁾	• FMC(Federal Maritime Commission)가 데이터 투명성 및 항만 성능을 모니터링하도록 의무화, 디지털 도구 및 자동화의 채택을 장려 • FMS에 투명하고 공정한 데이터 접근이 가능하도록 조치할 수 있는 권한을 부여해 항구 운영의 디지털 혁신을 간접적으로 지원	승인 및 시행

자료: Congress.gov 홈페이지(검색일: 2025.8.8.) 참조하여 저자 작성

미국의 법령은 스마트항만 촉진을 위한 지원에 초점이 맞추어져 있지만, 안전, 보안, 환경에 대해서는 규제를 설정하거나 스마트화될수록 해당 규제를 강화하고 있는 사례도 있다. 예를 들어, 해상운송 분야의 사이버보안을 강화하기 위해 2024년 행정명령⁹²⁾을 발표하였으며, 이에 따라 각 항만당국에 선박 및 항만, 해안 시설의 안전과 보안을 보장하기 위한 조치를 취할 수 있는 권한을 부여했다. 특히 미국 해안경비대(Coast Guard) 권한을 확대하여 선박 및 항만시설의 접근은 금지하거나 검사 및 제거할 권한을 보유할 수 있도록 하고, 외국인 STS 크레인 소유주는 해안경비대로부터 해양 보안지침을 전달받아야 하는 등의 조치를 취하였다.

3) 유럽연합(EU)⁹³⁾

유럽은 스마트 기술 및 스마트항만 도입과 적용을 위해 제도 개선 사례를 뚜렷하게 찾아보기는 어렵다. 유럽 국가들은 EU 차원의 규제를 적용받는 경우가 많으나, 일반적인 항만 서비스에 관한 공통 규칙 수준이다. 항만 분야는 민간 중심으로 기술개발 및 도입, 항만 인프라 구축이 추진되므로

89) GOV INFO(검색일: 2025.8.8)

90) Congress.gov 홈페이지(검색일: 2025.8.8.)

91) Congress.gov 홈페이지(검색일: 2025.8.8.)

92) United States Coast Guard News(검색일: 2025.8.8.)

93) 이탈리아 제노바 대학 서면 자문 결과 참조(2025.8.)

스마트항만 도입 촉진 또는 규제를 별도로 적용하지는 않는다. 다만 최근 이러한 제도적 격차를 해소하기 위해 2025년 7월 EU 집행위원회는 공공 의견 수렴 절차(public process)를 시작하여 관련 변화를 제안하고 있다.⁹⁴⁾ 이 과정은 상향식(Bottom-up)과 하향식(Top-down) 접근이 혼합된 방식으로 향후 구체적 규제 조치 마련을 위한 기초를 형성할 것으로 보인다. 주로 에너지 전환, 기술 및 안전, 투자, 사이버보안 등과 관련한 주제를 다룰 것으로 예상되며, EU 차원의 우선순위 식별, 이해관계자 대상 지침 또는 권고사항 마련 등이 포함될 것으로 보인다.

EU는 앞서 살펴본 미국과 유사하게 스마트 기술 촉진을 위한 재정지원 수단을 마련하거나, 공동 시범사업 추진을 위한 제도화를 통해 신기술 개발 및 항만에서 실증, 상용화하는 방식이 보다 활성화되어 있다. 국가 차원에서도 이러한 재정지원 프로그램을 통해 스마트 기술 도입이 이루어지고, 이 과정에서 민간-공공 파트너십 형태로 추진되는 특징이 있다. 유럽의 대부분 주요 항만 즉, 로테르담항, 앤트워프항, 함부르크항, 바르셀로나항, 제노바항 등이 이러한 지원 프로그램에 다양하게 참여하고 있다.

4) 기타 단체

(1) PEMA, 컨테이너 야드 장비 최소 안전기준 마련⁹⁵⁾

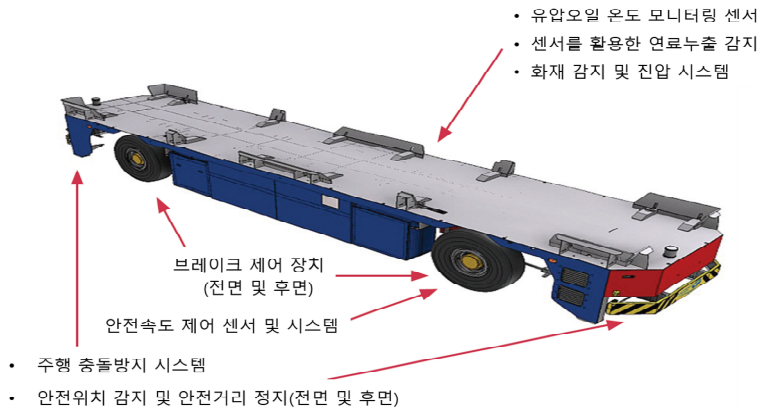
항만장비제조협회(PEMA)는 컨테이너 야드 장비의 최소 안전기준에 대한 권고사항을 마련했다. 터미널과 장비 제조업체가 사고 예방과 장비 손상 최소화를 목표로 개발된 가이드라인으로, 대상이 되는 장비는 야드크레인, 리치스태커, 리프트 트럭뿐만 아니라 AGV를 포함하고 있다. 권고에 따르면, AGV의 안전기준은 장비 간 또는 장비와 인력 간 충돌 방지 시스템이 핵심

94) European Union 홈페이지(검색일: 2025.9.1)

95) PEMA(2012), pp. 27-28.

적으로 강조되고, 이를 위해 위치 감지, 안전 정지거리 설정, 속도제어 등의 기능이 포함되도록 권고된다. 또한 화재 감지 및 진압, 경고음 및 표시등 기능이 포함된다. 이러한 감지를 위해 카메라 및 센서 등 부착, 그 외 모든 안전 기능은 터미널 운영 시스템(TOS)과 연계하여 설계되도록 권고된다.

〈그림 3-6〉 AGV 최소안전기준(예시)



자료: PEMA(2012), p. 27을 바탕으로 저자 작성

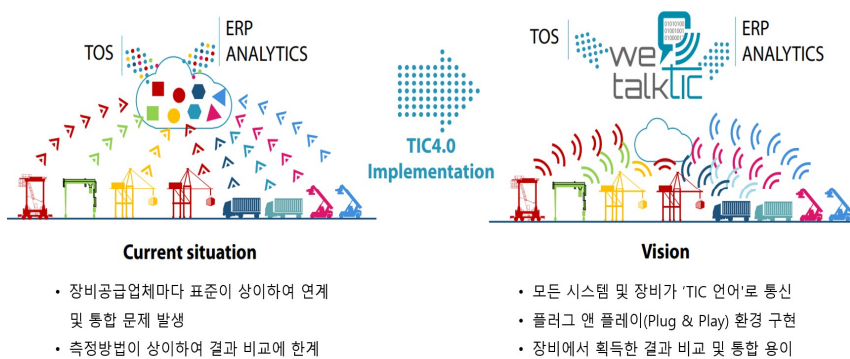
(2) TIC 4.0, 데이터 표준화

TIC(Terminal Industry Committee) 4.0은 터미널과 장비제조사를 중심으로 항만 데이터의 공통 용어, 언어를 정의하고 공통 프로세스, 운영체제를 데이터로 구현하도록 표준을 제정하는 국제 협의체이다. 최근 항만 분야 자동화, 디지털화가 촉진되면서 장비와 시스템 간 효율적 연계, 연동 및 정보 호환 필요성이 높아지고 있어 데이터 표준화에 대한 요구도 증대되었다. TIC 4.0은 유럽 내 터미널운영사, 항만 장비 및 S/W 기업 등 60여 개 기관이 참여하여 항만 데이터 표준을 제정하고 관련 산업에 확산하고 있다.⁹⁶⁾

96) TIC 4.0(검색일: 2025.8.26.)

2021년 TIC는 White Paper를 발표하고, Semantics, Data Model, Dataset Roadmap 등 다양한 버전의 표준화 관련 문서를 제공하고 있다.⁹⁷⁾ 궁극적으로는 개발된 표준에 대해 국제적인 활용도를 제고하기 위해 ISO 표준으로 등록을 추진하고 있다.

〈그림 3-7〉 TIC 4.0 데이터 표준 효과



자료: Boris W.(2023)

(2) IAPH, 사이버보안 지침 발간⁹⁸⁾

2025년 6월 IAPH(국제항만협회)는 “Cyber Resilience Guidelines”을 발표하였다. 회원사가 참여하여 제작된 가이드라인은 AI, 양자 컴퓨팅, 드론, IoT, 5G 등 신기술 도입에 따라 항만의 사이버위험을 사전에 대비하기 위한 목적으로 제작되었다. 주요 내용으로는 항만의 설계 초기부터 사이버 보안 대응이 이루어져야 함을 강조하고 있으며, 기술별 위험 식별 및 대응, 보호를 위한 조치 사항 등이 포함된다. 또한 신기술과 관련한 사이버보안 대응 교육 및 훈련, 참여 및 채택이 필요한 규제도 포함되어 있다.

97) 위의 자료

98) WPSP 홈페이지(검색일: 2025.8.27)

2. 국내 타 분야 사례

1) 사례 검토 개요

앞서 살펴본 해외사례에서는 기술 도입 유연화를 위한 특례조항 신설, 안전·보안 가이드라인 제정, 자동화·디지털화 촉진 지원 등의 제도 개선이 이루어진 점을 확인하였다. 그럼에도 불구하고 항만운영 방식, 거버넌스가 국가마다 다르기 때문에 유사한 형태의 제도나 개선 방식이 도출되지 않을 수 있다. 이는 스마트, 디지털화를 위한 기술 개념은 동일할지라도 기술 도입과 활용, 도입 주체, 적용받는 법률과 규제는 국가마다 상이할 것이고, 실제 기술에 대한 규제는 목적, 방법, 대상을 고려하여 국가마다 그 방식을 달리 선택하게 된다.⁹⁹⁾ 특히 미국, 유럽은 민간 중심의 자율적 기술 도입이 이루어짐에 따라 제도적 상충이나 개선점이 발생할 수 없는 경우라고 할 수 있다.

따라서 해외사례는 제도 개선의 필요성, 개선 움직임에 대한 동향을 파악하는데 의의를 두고, 국내 타 분야의 제도 개선 사례를 통해 개정이 필요한 분야 파악, 개정의 구체적인 내용을 좀 더 상세히 살펴보고자 한다. 항만과 마찬가지로 모든 산업 분야에서도 첨단기술을 기반으로 한 자동화·디지털화가 진행되면서 관련 제도 개선이 이루어졌거나 진행되고 있다. 이러한 제도 개선은 비효율적인 제도의 정비 또는 폐지, 개선 및 완화 등의 방식으로 이루어지고, 또한 신산업·신기술에 대해 임시적 규제를 유예하거나 적용을 제외하는 규제샌드박스, 우선 적용 허용 후 사후 제도화하는 방식인 포괄적 네거티브 규제 등의 형식으로도 진행된다.¹⁰⁰⁾ 이와 유사하게 ‘선제적 규제혁신’을 위한 로드맵에는 30개 산업 분야에 대해 필요한 제도 개선 사항을 1) 기존 규제 완화, 2) 규율 공백 해소, 3) 해석 유연화, 4)

99) 김근혜(2017), p. 69.

100) 규제정보포털(검색일: 2025.7.25.-2025.8.27.)

지원 근거 마련 등 네 가지로 유형화하기도 하였다.¹⁰¹⁾ 본 검토에서는 스마트항만 기술 도입과 유사하게 각 산업 분야에서 신기술 도입, 자동화, 디지털화 등으로의 전환 과정에서 제도 개선이 이루어진 사례를 유형별로 검토하고, 이를 통해 본 연구에서 도출하고자 하는 제도 개선의 방향성을 정립하고 내용의 타당성을 확보하고자 한다.

산업별 제도 개선 사례는 ‘규제정보포털 홈페이지’¹⁰²⁾에서 다루고 있는 ‘선제적 규제 합리화’ 및 ‘신산업 현장애로 규제 합리화’에서 언급된 분야를 통해 구체적인 개선 내용을 도출하였고, 국무조정실(2024) 및 각종 신산업 분야 규제혁신 로드맵¹⁰³⁾을 통해 구체적인 내용을 살펴보았다. 아울러 실제 제도 개선이 이루어졌는지의 여부는 국가법령정보센터에서 개별 법률검색을 통해 함께 검토하였다. 모든 제도 개선 사항을 조사하기에는 한계가 있으므로 최근 5년으로 기간을 한정하여 검토하였다. 검토한 내용을 바탕으로 개선 방식에 따라 여섯 가지 개선 유형으로 구분하여 유형별로 분류하였다. 이러한 유형을 구분하기 위해서 앞서 살펴본 1절 법령별 제약 요소, 제2절 쟁점의 내용을 중심으로 하여 해당 내용이 포함되도록 분류하였으며, 이후 제4장에서 개선 방안을 도출할 때 이러한 유형에 근거하여 방향성을 설정할 수 있다.

101) 주민규(2025), p. 75.

102) 규제정보포털(검색일: 2025.7.25.-2025.8.27.)

103) 국토교통부 보도자료(2021.12.22.)(검색일: 2025.8.6.); 관계부처 합동(2020); 관계부처 합동(2021a); 관계부처 합동(2023); 산업통상자원부 보도자료(2020.4.23.)(검색일: 2025.8.27.)

〈표 3-21〉 6가지 법제도 개선 유형

유형	내용
법제도 정비	법령, 행정지침 개정 및 신설을 통해 법적 정의, 자격, 요건 등을 정비
검사 및 인증 체계 정립	신기술, 검사 및 점검 기준 신설, 인증제도 마련, 표준화 도입 등
안전 및 리스크 관리	안전, 보안 등에 대비한 기준 수립, 매뉴얼, 지침 등을 마련
운영 및 절차 효율화	행정 절차 간소화, 절차 및 기준 완화 등
교육 및 인프라 지원	교육 훈련, 전문인력 양성, 관련 지원 인프라 구축 등

자료: 저자 작성

2) 유형별 사례

(1) 법제도 정비

‘법제도 정비’는 법률 및 하위법령, 관련 행정지침 개정 및 신설을 통해 법적 정의, 자격, 요건 등을 재정비하는 사례를 의미한다. 타 분야 사례를 살펴본 결과, 과거 대비 활용도가 높아지고 중요성이 높아진 데이터 분야 산업 발전과 활용을 위해 관련 법령을 제정하는 사례가 대표적이다. 이와 관련하여 「데이터기본법」, 「산업 디지털 전환 촉진법」 및 「중소기업 스마트 제조혁신법」 등이 제정되기도 하였다. 또한 농업용 로봇의 새로운 등장으로 「농업기계화 촉진법」에 ‘농업용 지능형 로봇’의 개념을 신설하고 이를 기본계획 수립에 포함하였으며, 활용 촉진을 위한 시책을 수립 및 지원 제도를 신설하기도 하였다.

다양한 종류의 무인 비행장치, 새로운 형태의 자동차 등장으로 인해 생산 및 상용화, 각종 인증과 지침을 마련하기 위해 그 분류체계를 개선하거나 개념을 재정립한 사례도 주목할 만하다. 이는 항만 분야에서도 새로운 자동화 장비가 도입됨에 따라, 장비의 기준과 관리체계를 마련하기 위한 제도 정비를 통해 개념정립이 먼저 이루어져야 할 것으로 판단된다.

〈표 3-22〉 법제도 정비 관련 제도 개선 사례

개선 사항	목적	내용	비고
데이터 산업진흥 및 이용촉진에 관한 기본법 제정	데이터 산업진흥 및 이용 활성화를 위해 데이터로부터 다양한 경제적 가치를 창출하고 데이터 산업 발전 기반 조성	데이터 정의, 진흥계획 수립, 데이터의 적법 사용, 데이터 기반 사업, 데이터 거래 사업자 및 분석 제공 사업자 등 지원, 데이터 전문가 육성, 전문기관 지정 등	「데이터 산업진흥 및 이용촉진에 관한 기본법」 2021.10 제정 (하위법령 제정 포함)
산업 분야의 데이터 활용 지원을 위한 법률 제정 ¹⁰⁴⁾	- 기업의 산업 데이터 지원 규정 미비, 법적 불확실성 등의 애로사항 해소 - 중소기업 데이터의 체계적 지원 기반 마련으로 디지털 전환 지원 필요	- 산업 데이터 활용·보호 원칙 제시 및 활용지원 전문회사 등 거래·활용 촉진 - 선도기업 선정·지원 사항 - 제조데이터의 공정한 거래 환경 조성 및 권리 보호 등	「산업 디지털 전환 촉진법」 2022.1 제정 「중소기업 스마트 제조회신법」 2023.1 제정
자율운항선박 상용화 촉진을 위한 법률 제정	자율운항선박의 기술 및 핵심 기자재 개발을 촉진하고, 안전 운항을 위한 기반 조성 및 상용화 촉진	- 기본계획 및 시행계획 수립 - 성능실증센터 지정 및 운영 - 자율운항선박 및 기자재 안전성 평가 시행 - 기존 선박검사, 시설기준, 승무 정원 기준 특례조건	「자율운항선박 개발 및 상용화 촉진에 관한 법률」 2024.1 제정 (하위법령 제정 포함)
농업용 지능형 로봇 보급 촉진을 위한 조항 신설 ¹⁰⁵⁾	농업용 지능형 로봇 사업의 체계적 추진을 통한 농업의 생산성 향상과 경영 개선	- 농업용 지능형 로봇의 연구·개발 및 보급에 관한 사항을 기본계획 수립 시 반영하도록 신설 - 농업용 지능형 로봇의 연구·개발 및 보급 촉진에 필요한 시책을 수립·시행·지원 가능 명시	「농업기계화 촉진법」 2021.6 개정
무인비행장치 개발 활성화를 위한 드론 분류체계 개선	기존 드론 분류체계(무인비행장치)는 4종으로, 새로운 형태 드론은 안전성 인정이 곤란	새로운 형태로 개발되는 자체 중량 150kg 이하의 초경량비행장치를 "새로운 형태의 비행장치"로 정의	「초경량비행장치의 비행안전을 확보하기 위한 기술상의 기준」 2018.12 개정
신 모빌리티 반영을 위한 차종 분류체계 개편 ¹⁰⁶⁾	다양한 종류의 자율주행 모빌리티를 법령에 반영하여 생산 및 상용화가 가능하도록 개정 필요	소형 무인 배송차, PBV(목적 기반 차량, 여객, 화물 병용 자동차 등을 반영한 분류체계 개정 예정	「자동차관리법 시행규칙」 (2026년 이내 개정 추진)

개선 사항	목적	내용	비고
자율주행 자동차 운전자 개념 재정 립 ¹⁰⁷⁾	• 사람의 개입이 필요 없는 Lv. 4 자율 차의 경우 운전자의 개념 및 의무 사항에 대해 개정	• 사람 대신 기계(시스템)가 주행(주차 포함)은 상황에 따라 운전자 개념 재정립 및 운전자 의무 사항 완화 등 체계 개선 예정	「도로교통법」 (2025년 이내 개정 추진)

자료: 각 법령 참조하여 저자 작성

(2) 검사 및 인증 체계 정립

‘검사 및 인증 체계 정립’은 신기술, 신규 시스템 도입에 따른 검사 및 점검 기준 신설, 인증제도 마련, 표준화 도입 등을 의미하며, 다양한 분야에 걸쳐 가장 많은 개선 사례가 파악된 분야이다. 특히 새로운 형태의 기술 또는 장비(설비)가 도입됨에 따라 해당 장비의 법적 검사기준 또는 인증제도를 신설하여 활용 자격을 부여하는 사례를 다수 확인했다. 개선이 이루어진 대상은 자율주행 농업기계, 농업용 로봇, 지능형 로봇, 전기자동차, 친환경자동차, 실내 배달로봇, 주차로봇, 전기추진 동력수상레저기구 등 통상적으로 스마트 기술이 접목된 분야라고 할 수 있다. 이러한 제도를 도입하는 목적은 대부분 안전한 운행 및 사용, 사고 예방을 도모하기 위함이다. 그 외에도 농업용 기계의 통신 인터페이스에 대한 국제표준의 국내 표준 제정, 농업용 로봇의 용어, 분류에 대한 산업표준을 제정한 사례도 있다.

앞서 살펴본 항만 분야에서도 자동화, 자율주행 등의 새로운 방식이 도입되고 안전한 운영을 위해 검사 필요성이 도출된 점을 고려할 때, 점검 등이 제도적으로 규정화되어 최소한의 안전 보장이 이루어져야 한다. 또한 표준화는 장비의 통신, 장비 간 호환에 중요한 사항으로 농업용 기계 등의 사례 분석에서와 같이 안전기준 마련, 상용화 및 범용적 사용을 위해 중요

104) 관계부처 합동(2020), p. 15.

105) 국가법령정보센터, 농업기계화 촉진법 제정·개정 이유 참조(2021.6.15.)

106) 국토교통부 보도자료(2021.12.22.)(검색일: 2025.8.6.)

107) 위의 자료

하게 추진될 필요가 있다.

〈표 3-23〉 검사 및 인증 체계 정립 관련 제도 개선 사례

개선 사항	목적	내용	비고
농업기계 자율주행 검정기준 및 공통 안전 기준 신설	- 자율주행 방식이 농업기계에도 도입됨에 따라 관련 검사기준과 안전기준을 마련¹⁰⁸⁾ - 트랙터, 콤팩트, 이앙기 등 대상	- 자율주행 농업기계 농작업 시 자율주행 경로 오차 기준(오차 범위, 자동 선회 가능 횟수 및 선회 폭 등)을 신설 - 자율주행장치가 갖추어야 할 최소한의 기준을 제시	「농업기계화 촉진법」의 「농업기계 검정기준」 2023.1 개정
지능형 로봇 안전 운행 기준 신설	실외를 운행하는 로봇의 운행 안전을 위한 인증이 필요함에 따라, 평가를 위한 기준 신설	질량, 크기, 운행속도, 겔모양, 동적 안전성, 방수, 원격조작 등 16가지 인증 항목을 제시	「실외이동로봇 운행 안전 인증 절차 및 기준 등에 관한 고시」 2023.11 제정
자율협력주행 시스템 보안 강화를 위한 인증 체계 신설	- 차세대 지능형 교통체계(C-ITS)를 통한 통신 시 해킹, 개인정보 유출 등의 우려 제거 - 도로의 노변기기와 차량에서 생성하는 통신 메시지의 신뢰성과 익명성을 보장하고 자율주행자동차의 안전한 운행 기반을 조성	- 인증서를 발급받은 차량, 인프라만이 통신할 수 있는 인증 관리체계에 대한 세부 기준 마련 - 자율협력주행 인증관리센터 설치 및 운영, 인증 및 검증기관 지정, 인증관리 기준 마련, 인증 업무 준칙 등을 명시	「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」 개정(2021.7) 및 「자율협력주행 인증 관리 기준」 제정(2023.7)
전기자동차 안전성 인증 제도 신설	전기자동차의 배터리 등 핵심 장치 등의 안전성 인증 절차를 마련하여 전기자동차 안전한 관리와 운영 도모	- 구동축전지(배터리) 정의, 배터리 식별번호 기재의무 - 배터리 등 핵심 장치의 안전성 인증 및 그 절차 규정	「자동차관리법」 및 하위법령 2023.8 개정
친환경 자동차 검사기준 및 항목 내실화	배터리 사고 발생에 따라 전기자동차 · 수소전기자동차 · 하이브리드자동차의 고전원배터리 등에 대한 검사기준을 내실화	- 고전원전기장치의 작동불량 상태 구체화 및 전자장치 진단 검사시 부적합 고장진단 코드 마련 - 전기자동차 · 수소전기자동차 등의 진단을 위한 전자장치 진단기 사양 구체적 명시 - 배터리 상태 검사 항목을 검사 항목에 추가	「자동차관리법 시행규칙」 2024.4 개정

개선 사항	목적	내용	비고
실내 배달로봇의 승강기 탑승을 위한 안전기준 신설	로봇 탑승용 엘리베이터에 설치하는 무선통신장치에 대한 기준 등의 규정을 마련하여 경사형 엘리베이터 안전성 강화 필요	- 별표 23의 부속서 XⅢ 로봇 탑승용 엘리베이터 무선 통신장치 기준 신설 - 비접촉 방식의 승강기 조작 허용, 비상 통화 장치 버튼 높이 규정 등이 포함	「승강기 안전관리법」 내 「승강기안전부품 안전기준 및 승강기 안전기준」 2022.3 개정
주차로봇을 활용한 기계식 주차장의 안전기준 신설	신기술이 적용된 주차로봇을 활용한 지능형 주차장의 안전기준 및 검사기준을 마련하여 안전도 확보 및 국내 보급 확대 촉진	- 지능형 주차장치의 안전장치 기준 신설 - 기계식주차장치의 주차로봇과 주제어반과의 통신 연결상태 기준 및 주차 로봇의 바닥면의 종단경사도에 대한 주행능력 유지 등을 포함	「기계식주차장치의 안전기준 및 검사기준 등에 관한 규정」 2022.9 개정
전기추진 동력수상레저기구에 설비 기준 신설	전기추진의 동력수상레저기구에 대한 설비 기준을 제정하여 친환경 수상레저기구의 제도권 수용과 안전한 운항 및 레저활동을 도모	전기 추진설비, 배터리, 배선설비 등 일반적 설비 사항, 에너지관리시스템 등의 안전장치, 소화기 비치 수량, 충전설비 등에 관한 규정	「전기추진 동력수상레저기구 설비기준」 2024.3 제정
농업용 기계 및 로봇 표준 마련 ¹⁰⁹⁾	- 국산 트랙터와 작업기의 통신 인터페이스가 - 국제표준과 달라 수출이 제한적	- 트랙터와 작업기 간 통신 인터페이스를 국제표준 부합하도록 표준 마련 - ISO 11783 국제표준에 부합하는 표준 제정	한국산업표준(KS) KS B ISO 11783-1 (2020.8)
	비정형적인 농업 분야의 특성을 고려한 농업로봇의 표준 부재로 인한 안전기준 미비 및 호완성 결여 등 해소	농업에서 사용되는 로봇 중 스마트온실에서 인간 및 설비에 서비스를 제공하는 로봇에 대하여 분류하고 관련한 용어를 정의	「스마트온실 - 농업용 로봇 - 제1부: 용어와 분류」 산업표준(단체표준) 제정 (2024.2.29.)

자료: 각 법령 및 표준 참조하여 저자 작성

108) 국가법령정보센터, 농업기계 검정기준 제정·개정 이유 참조(2023.1.5.)

109) 국무조정실(2024), p. 478-479.

(3) 안전 및 리스크 관리

해당 유형은 안전, 보안, 효율적 활용 등에 대비해 기준 수립, 매뉴얼, 지침 등을 마련하는 것을 의미한다. 안전 및 리스크 예방 목적을 위한 제도 개선 사례는 자율주행차량 운행과 관련한 사례를 다수 찾아볼 수 있다. 자율주행자동차는 「자동차관리법」 및 하위법령, 「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」에서 관련 규정을 명시하고 있으며, 이와 더불어 자율주행차량의 안전 확보, 운행 효율성 제고를 위해 각종 지침을 마련하여 권고사항으로 제시하고 있다. 그 외 드론, 선박(어선) 분야에서도 안전 및 기술 규정을 신설한 사례를 확인할 수 있다. 드론의 경우 드론 사고에 대한 조치 사항 및 이와 관련한 정보 제공, 불법 드론 무력화를 위한 전파 차단 허용을 허가하는 예외 조항 규정이 포함된다. 특히 「어선법」에 의한 어선에 신기술을 활용할 시 적용되는 설비 기준이 없을 경우, 별도로 마련하여 신속 허가가 가능하도록 별도의 지침을 제정한 사례도 주목할 만하다.

〈표 3-24〉 안전 및 리스크 관련 제도 개선 사례

개선 사항	목적	내용	비고
이동형 영상정보 처리기기의 개인정보보호 기준 신설	• 자율주행 시 개발을 위해 이동형 기기에서 촬영된 영상을 통해 수집된 정보 활용이 필수	• 촬영 사실의 표시, 촬영 시 부당한 권리침해 우려에 관한 판단 기준, 촬영된 영상의 처리 단계 별 개인정보 보호 준수 사항 등을 신설 • 이동형 영상정보처리기기의 개인정보 보호와 안전한 활용을 위한 규율체계 신설¹¹⁰⁾	「개인정보보호법」 2023.9 개정, 「이동형 영상정보 처리기기를 위한 개인영상정보 보호 활용 안내서」 마련 (2024.9)
자율주행차량 관련 각종 가이드라인 마련	• 자율주행자동차의 상용화 시 사고 발생에 대비하여 행위 주체들이 참고, 활용할 수 있는 지침 필요성 대두 ¹¹¹⁾	• 설계자, 제작자, 관리자, 서비스 제공자, 이용자 등 행위주체에 대해 28기 항목으로 구성	국토교통부 「자율주행자동차 윤리가이드라인」 2020.12 제정
	• 도로교통법 체계에서 자율주행자동차 관련 다양한 이해관계자의	• 통행규칙(속도제한, 진로양보, 신호 등), 고속도로 통행규칙, 사고 발생시 조치사항으로 구성	경찰청 「자율주행자동차 통행규칙 가이드라인」 제정

개선 사항	목적	내용	비고
	교통안전을 담보하는데 기여 ¹¹²⁾		
자동차의 사이버보안 관리체계 수립	자동차 사이버보안 관리체계 인증제도를 마련하여 안전성·신뢰성 확보	- 자동차의 사이버 공격 및 보안 관리체계를 정의 - 자동차자기인증을 하려는 경우 자동차 사이버보안 관리체계를 수립하여 국토교통부장관의 인증 - 자동차제조사 등이 소프트웨어 업데이트 시 준수사항을 규정	「자동차관리법」 2024.2 개정
신기술을 적용한 어선의 검사기준 적용을 위한 잠정기준 신설	친환경 엔진, 새로운 선박재질 등 기술 발전 및 개발에 따른 새로운 어선설비에 대한 신속하고 탄력적인 어선 검사기준을 마련	기존 어선법의 설비 기준 적용이 불가능한 어선 설비 기준을 마련하기 위한 자문단 구성, 잠정기준 마련을 어선 검사에 적용할 수 있으며, 이를 행정규칙으로 발령할 수 있는 사항 등	「새로운 형식의 어선의 설비에 대한 잠정기준 마련에 관한 고시」 2024.6 제정
드론 정보체계 구축을 위한 규정 마련	드론 사고 증가에 따라 종합적인 안전 관리체계 구축 필요성 증대	드론 관련 사고 및 보험 정보, 드론의 기체 신고, 종사자 자격, 보험 가입 및 청구, 사업체 등록·변경 정보 등을 포함하는 정보체계를 구축 운영, 필요한 정보 제공 요청	「드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률」 2022.11 개정
전파 차단에 의한 드론 무력화 기술(안티드론) 사용 허용	불법 드론 무력화를 위한 유용한 수단으로 인정받고 있는 드론 제어 주파수에 대해 전파 차단 등의 예외적 허용이 필요	- 공공안전을 위해 불가피한 경우에는 드론 및 폭발물 등 공공안전 위협 수단을 대상으로 전파 이용을 방해 또는 차단하는 전파 차단장치 사용 - 대통령 경호, 군사기지 보호, 공항시설 보호, 테러 방지, 원자력 시설 방호 등에 해당	「전파법」 2020.6 개정

자료: 각 법령 및 지침 참조하여 저자 작성

110) 개인정보보호위원회(2024), p. 2.

111) 국토교통부(2020), p. 1.

112) 경찰청(2022), p. 4.

(4) 운영 및 절차 효율화

‘운영 및 절차 효율화’는 행정 절차 간소화, 절차 및 기준 완화에 관한 내용이 포함된다. 기존 제도와 상충하는 사항을 제거하거나 포함시킴으로써 신기술 도입 및 활용을 촉진할 수 있다. 대표적 사례로 자동차의 S/W 원격 업데이트를 허용하여 정비소에서 정비가 불필요하게 이루어지지 않도록 하고, 항만용역업 서비스 제공에 사용되지 않는 선박을 사업 등록 요건에서 제거하여 사업자의 부담을 완화한 경우이다. 그 외 도시공원 내 전기차 충전소 입지, 산업단지 내에 발전업이 입주할 수 있도록 허용 대상을 추가한 사례도 있다.

〈표 3-25〉 운영 및 절차 효율화 관련 제도 개선 사례

개선 사항	목적	내용	비고
자동차 전자제어장치 무선 업데이트 허용	정비업체 방문 없이 OTA를 통한 전자·제어장치 등에 대한 업데이트 또는 정비가 가능토록 개선 필요	자동차 정비는 원칙적으로 정비업체에서 실시하여야 함에도 불구하고, 정비업체에 소프트웨어 업데이트(무선 업데이트에 한정)를 제외함으로써 특례 부여	「자동차관리법 시행규칙」 2025.4 개정
수중 청소 로봇을 활용한 서비스 도입을 위한 항만용역업 등록 요건 완화 ¹¹³⁾	선박을 활용하지 않는 항만용역업종(청소, 경비, 화물 고정업 등)도 등록 요건에 선박을 요구하고 있어 이를 완화하는 제도 필요	항만용역업에 선박이 필요한 업종을 통선업, 급수업으로 한정하고, 그 외 용역업은 선박을 보유하지 않아도 등록하여 사업 수행 가능	「항만운송사업법 시행령」 2021.1 개정
자율주행자동차 사고의 보험금 지급 청구 허용	자율주행자동차 상용화에 대비하여 사고 발생 시 신속하게 피해자를 구제할 수 있도록 손해배상 원칙을 선제적으로 정립	- 자율주행자동차와 자율주행 자동차 사고의 용어 정의 - 자율주행자동차의 결함으로 발생한 사고로 사망 또는 부상, 재물 멸실 또는 훼손으로 보험회사 등이 피해자에게 보험금 등을 지급한 경우, 손해배상책임이 있는 자에게 그 금액을 구상	「자동차손해배상 보장법」 2020.4 개정
도시공원 내 환경친화적 차	공원시설 내 전기자동차 충전시설을 규정하고 있	친환경 자동차 기술개발에 따른 시설 설치 및 관리 등을 위	「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시

개선 사항	목적	내용	비고
동차 충전시설 설치 규정 신설	지 않아 설치 불가능한 사항을 개선 ¹¹⁴⁾	해 전기자동차 충전시설을 점 용허가 대상으로 허용	행령」 2024.9 개정
산업단지 내 신·재생에너 지 발전업 입 주 조건 완화	• 산업 내 신재생에너지 발 전사업자가 관련 설비를 설치하기 위해 기본계획 반영 필요	• 관리권자 및 관리기관은 신재 생에너지 발전사업자가 산업 내 신재생에너지 발전설비를 설치할 수 있도록 허용 • 산자부장관은 신재생에너지 활성화가 필요한 경우 발전사 업자가 설치하도록 권고	「산업단지 관리 지침」 2024.2 개정

자료: 각 법령 참조하여 저자 작성

(5) 교육 및 인프라 지원

교육·훈련, 전문인력 양성, 관련 인프라 구축 등에 관한 사항은 타 분야에서도 제도 개선 사례가 많이 도출되지는 않았다. 특히 앞서 언급한 바와 같이 스마트항만 분야에서는 교육·훈련 필요성이 높게 도출되었고 인력 양성에 대한 시책 수립도 중요한 것으로 파악된 점에 반해 법제화를 통해 이를 규정하고 있는 사례는 미미하다. 인공지능 분야 또는 로봇 등은 법제화를 통한 교육·훈련의 의무화보다는 정책과 교육·훈련 프로그램 운영(사업)을 통해 추진되고 있는 사례가 많다.¹¹⁵⁾

한가지 제도화 사례를 살펴보면, 드론 조종에 있어 기존 사업을 영위하는 사업자만 자격대상이 되었으나, 이를 확대하여 드론을 비행하고자 하는 사람도 조종자 증명을 발급받도록 의무화하였고, 이와 관련한 조종자 자격을 세분화하였다. 이는 안전 강화를 목적으로 시행된 제도 개선 사례이다.

113) 관계부처 합동(2021a)

114) 국무조정실(2024), p. 464.

115) 과학기술정보통신부(2021)

〈표 3-26〉 교육 및 인프라 지원 관련 제도 개선 사례

개선 사항	목적	내용	비고
드론(무인비행장치) 사용자 자격제도 신설	무인비행장치의 안전관리 강화	- 초경량비행장치 사용 사업자가 아닌 사람도 초경량비행장치 조종자 증명 의무화 - 자격기준, 응시조건, 시험 실시 방법 및 절차 등의 기준을 종류별로 달리 정하도록 함	「항공안전법 시행규칙」 2020.5 개정, 「무인비행장치 조종자 증명 운영세칙」 2023.10 개정
지능형 농기계 실증단지 구축 ¹¹⁶⁾	농기계 기업이 개발하는 농기계의 실증부지 및 실증 장비 인프라 제공을 통해 개발 농기계의 성능 및 품질 제고	- 미래 신기술 기반으로 개발된 제품을 상용화 전에 검정 - 농기계 성능 및 품질 시험, 검인증, 데이터 수집 - 새만금 농생명융지 5공구 첨단농업시험단지 내 100만㎡ 규모로 조성(~2027년)	「농업기계화 촉진법」에 시행 근거 마련, 「지능형 농기계 실증단지 기본계획」 고시 (2025.1)
드론특별자유화구역 지정 및 규제 면제	국토교통부장관은 드론 시스템의 실용화 및 사업화 등을 촉진	‘드론특별자유화구역’을 지정하여 상용화 및 사업화에 필요한 다양한 규제 특례 「항공안전법」에 따른 비행승인, 적합성 평가, 특별감항증명 등 면제	「드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률」 2019.4 제정
드론 활용 수요 증가에 따라 안전관리 업무 전담 인력 부족 문제 해결	지방항공청에서 실시하는 초경량비행장치 사용 사업체 안전관리 업무에 대한 전담 인력 부족 문제 해결	초경량비행장치 사용 사업자에 대한 안전 개선명령 업무 및 항공 안전 활동을 한국교통안전공단 등에 위탁	「항공안전법」 2021.12 개정

자료: 농림축산식품부(2024, 2025)

116) 농림축산식품부(2024) 및 농림축산식품부(2025) 참조

제4절 시사점

항만 관련 법령으로는 「항만법」, 「항만안전특별법」, 「항만운송사업법」 등 다양한 법률과 하위법령을 포함하며, 스마트 기술, 스마트항만 도입을 위해서는 이러한 법령의 규정하에 이행되어야 한다. 또한 항만과 직접적으로 연관된 법령뿐만 아니라 산업안전, 개인정보보호, 통신, 환경 등 다양한 연관 분야의 법령이 맞물려 있음을 확인할 수 있다. 이와 같은 법령에는 기존의 유인 기반 산업 환경을 기준으로 수립된 규정이 포함되어 있어, 일부 법령은 새로운 기술에 따른 환경 변화를 수용하기에 제약요인으로 작용할 수 있다. 특히 스마트항만 기술이 항만을 무인화, 자동화, 디지털화, 지능화하는 방향으로 개발되고 있음을 고려한다면 기존 법령의 재정비 필요성이 존재할 것으로 예상된다. 따라서 향후 스마트항만 기술의 원활한 도입을 위해서는 기술개발의 방향성과 일치하는 법제도적 기반 조성이 핵심적인 과제이다.

스마트항만 기술 도입에 따른 항만 환경 변화로 발생이 예상되는 법제도적 쟁점을 분석하기 위해 전문가 14명을 대상으로 자문을 실시했다. 자문 결과 23개의 쟁점을 식별했으며, “사이버안전 관리지침 및 기준 부재”, “자동화 장비 검사기준 미비”, “시설물 유지관리 목적의 드론, 무인비행체 상시 활용 가능성 불분명” 등 쟁점의 발생 가능성이 높은 것으로 예상되었다. 제3장에서 파악한 쟁점은 이후 제4장의 법제도 개선 방안 도출을 위한 기초자료로 활용된다.

해외 제도 개선 사례는 기술 도입 유연화를 위한 특례조항 신설, 안전/보안 가이드라인 제정, 자동화/디지털화 촉진 지원, 표준화 등으로 파악되었다. 다만 유럽이나 미국은 민간 중심의 자율적 기술 도입이 일반적이므로 규제 개선의 필요성은 낮다고 할 수 있으며, 주로 제도적인 지원을 통해

스마트 기술 도입을 촉진한다. 중국은 장비, 시스템에 대한 표준화를 통해 안전 확보, 효율적 운용을 도모하고 있으며, 정부 지침 형태로 기술개발 및 도입을 장려하기도 한다. 다만, 국가별 제도 및 규제 형태가 상이함에 따라 많은 종류의 사례를 찾기는 어려운 한계점이 있다.

반면 국내 타 분야의 제도 개선 사례는 유형별로 다양한 분야에서 도출된다. 안전기준 및 지침 마련, 검사 및 인증 기준 관련 내용을 다수 살펴볼 수 있으며, 주로 로봇, 드론, 자율주행차량 등을 대상으로 하고 있다. 이러한 검사기준, 운용 지침 마련과 같은 제도 개선을 통해 운용 및 도입 과정에서 안전성을 확보하고 사고 예방, 원활한 상용화, 사업화를 제고하기 위한 목적이 대부분이다. 따라서 이러한 목적에 부합하도록 항만 분야의 제도 개선도 이루어져야 할 필요성이 있다. 특히 농업기계, 자율주행차량, 로봇 등은 스마트항만에서의 자동화 장비, 디지털 시스템 도입과 유사한 특징이 있기 때문이다. 해당 분야의 제도 개선 사례를 통해 어떤 방식 또는 내용으로 제개정이 이루어졌는지를 살펴봄으로써 개선방향 설정에 유의미하게 활용할 수 있다. 특히 여섯 가지 제도 개선 유형 역시 제4장에서의 개선 방안 도출에 유사하게 적용될 수 있을 것으로 보인다.

04

스마트항만 기술 법제도 개선 방안

제3장에서는 현행 항만 관련 법제도 현황과 스마트항만 기술 도입에 따른 잠재적 쟁점을 검토했다. 또한 국외 항만 분야 및 국내 타 분야 사례를 통해 신기술 도입에 따른 법제도 개선 사례를 살펴보았다. 본 장에서는 제3장의 분석 결과를 바탕으로 스마트항만 기술 도입에 따른 잠재적 쟁점을 해소하기 위한 개선 방향을 설정하고, 개선 방안을 제시하고자 한다.

제1절 스마트항만 법제도 개선 방향

1. 법제도 개선 개요

장기간 유지된 법제도는 시대 변화, 기술 발전, 사회적 요구 변화에 따라 점차 간극이 발생한다. 환경 변화는 급격하게 나타나는 반면 법률의 제정·개정에 긴 시간이 소요되기 때문이다.¹¹⁷⁾ 법제도 개선은 변화하는 사회, 경제, 기술 여건에 따라 기존 제도와 현실과 맞지 않거나 과도한 부담으로

117) 법제처(2025), p. 8.

작용할 때 이를 보완하고 현실에 맞게 정비하는 과정이라 할 수 있다. 국내에서는 정책적으로 ‘규제정비’와 ‘적극행정’을 주요 법제도 개선 수단으로 활용하고 있다. 규제정비는 변화하는 환경에 맞춰 불합리하거나 과도한 규제를 정비하여 제도의 실효성을 높이는 접근이며, 적극행정은 법제도의 경직성을 완화하여 변화에 탄력적으로 대응하려는 노력이다.

「행정규제기본법」에서는 대외 여건 변화에 따라 정기적으로 법제도 환경을 정비하기 위한 계획을 마련하고 시행할 것을 규정한다.¹¹⁸⁾ 특히 매년 규제로 작용할 수 있는 법제도 환경을 전반적으로 검토하는 ‘규제정비 종합계획’ 외에도 신산업 분야 육성을 위한 ‘신산업 규제정비 기본계획’을 별도로 수립하고 시행하도록 한다.

〈표 4-1〉 「행정규제기본법」에 따른 규제정비 계획 주요 내용

구분	주요 내용
규제정비 종합계획	• 매년 중점적으로 추진할 규제 분야나 특정한 기존 규제를 선정하여 기존 규제의 정비 지침을 작성 • 규제혁신 성과 및 평가 • 규제혁신 추진 방향(목표, 전략, 중점분야, 중점과제 등)
신산업 규제정비 기본계획	• 신산업을 육성하고 촉진하기 위하여 3년마다 수립되는 기본계획 • 신산업 분야의 규제정비 목표와 기본 방향 • 신산업 분야 육성을 위한 규제정비에 관한 사항 • 신산업 분야 규제의 우선 허용·사후 규제 방식으로의 전환에 관한 사항 • 신산업 분야 규제정비와 관련하여 관계 중앙행정기관 간 정책 및 업무 협력에 관한 사항 • 그 밖에 신산업 분야 규제정비에 필요한 사항

자료: 「행정규제기본법」 및 관계부처 합동(2025)을 바탕으로 저자 정리

「2025년 규제정비 종합계획」에서는 경제 역동성 강화를 위한 주요 중점 과제 중 하나로 신산업 분야 규제혁신을 설정했다. 신산업 분야 규제혁신을 위한 중점과제로는 신산업 분야 로드맵의 수립 및 개편, 국가 전략적

118) 행정규제기본법 제19조의 4, 제20조, 제21조

추진이 필요한 신기술·신산업 분야의 규제샌드박스 확대, 12대 전략기술의 맞춤형 규제 개선, 새로운 기업 및 서비스의 시장 진입규제 개선 등을 포함 하며, 신산업의 신속한 육성과 시장 진입을 지원할 계획이다.

〈표 4-2〉 「2025년 규제정비 종합계획」 중점과제

경제역동성 강화	민생활력 제고	기존체계 운영 내실화
1. 경제단체 핵심규제 혁파 ① 킬러규제혁파 ② 경쟁제한규제개선	1. 그림자규제¹¹⁹⁾ 정비 ① 고시·조례 등 정비 ② 행정조사 정비 ③ 공공기관 인증·평가	1. 네거티브 전환 촉진
2. 양극화완화 규제 ① 경제분야 규제 ② 행정사회분야 규제	2. 지역별 덩어리규제¹²⁰⁾ 혁파 ① 지역맞춤 덩어리규제 개선 ② 인구감소지역 규제개선	
3. 신산업규제혁신 ① 신산업 로드맵 정비 ② 기획형 규제샌드박스 ③ 12대 전략기술 규제혁신 ④ 진입규제 실태조사	3. 생활불편규제 개선 ① 국민불편 개선 ② 횡단규제 개선	2. 재검토규제 정비율 제고

자료: 관계부처 합동(2025)을 바탕으로 저자 정리

신산업 분야에 초점이 맞춰진 「제1차 신산업 규제정비 기본계획 (2019~2023)」¹²¹⁾에서는 선허용-후규제 및 네거티브화를 실천하는 도전 적 규제정비, 사회적 공감대를 형성하는 상생형 규제정비, 미래 신기술 발 전을 준비하는 선제적 규제정비의 세 가지 기본 방향을 설정하고, 이에 따 른 발전 방향을 제시했다. 종합적으로 정부의 신산업 분야 규제정비 계획 은 기존 규제가 신산업의 성장을 저해하지 않도록 변화하는 사회·기술적 환경 에 대응한 유연한 체계로 조정하려는 목적을 가지고 있다.

119) 법령 근거 없이 관행·지침 등으로 과도하게 적용되어 불편을 초래하는 규제

120) 여러 부처에서 시행하는 다수의 규제가 얹혀있는 규제망

121) 2024년 산업연구원 주관 경제·인문사회연구회 협동 연구로 “제2차 신산업 규제정비 기본계획 수립을 위한 기획연구”가 수행되었으며, 아직 ‘제2차 신산업 규제정비 기본계획’은 발표되지 않음

〈표 4-3〉 「제1차 신산업 규제정비 기본계획」 기본 방향 및 발전 방향

도전적 규제정비	상생형 규제정비	선제적 규제정비
1. 규제 샌드박스 확대 2. 포괄적 네거티브 정착	1. 갈등 조정체계 강화 2. 현장소통 채널 활용	1. 규제혁신 로드맵 확대 2. 로드맵 주기적 재설계

자료: 국무조정실 보도자료(2020.12.9.)(검색일: 2025.9.1.)

이 외에도 「적극행정 운영규정」에서는 새로운 법령을 도입하는 ‘법령입안’, 기존의 법령을 고치는 ‘법령정비’, 법령을 적극적으로 해석하는 ‘법령해석’의 적극행정 법제 체계를 정의하고 있다. 특히 기술 또는 환경 변화로 법령의 개선이 필요한 경우 적극 검토하고 신속한 정비를 추진해야 하며, 입법 조치가 필요한 경우 법률로 정하지 않아도 되는 사항은 대통령령, 총리령, 부령 등을 검토하여 신속히 대응할 것을 규정하고 있다.

〈표 4-4〉 「적극행정 운영규정」에 따른 적극행정 법제 원칙

「적극행정 운영규정」 제9조(적극행정 법제)
① 중앙행정기관의 장은 정책이나 제도를 시행하기 위해 입법조치가 필요한 경우로서 그 내용이 법률로 정하지 않아도 될 사항인 경우에는 대통령령, 총리령 및 부령을 제정 또는 개정해야 한다. ② 중앙행정기관의 장은 소관 법령이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 이를 적극 검토하여 신속하게 정비를 추진해야 한다. 1. 「법제업무 운영규정」 제24조제1항 각 호의 어느 하나에 해당하여 같은 조 제2항에 따라 법제처장이 통보한 법령정비안을 검토한 결과 정비가 필요하다고 인정되는 경우 2. 그 밖에 기술 또는 환경의 변화로 법령의 개선이 필요하거나 공공의 이익을 실현하기 위해 신속한 정비가 필요하다고 인정되는 경우 ③ 중앙행정기관의 장은 정책을 집행하는 과정에서 법령을 해석할 때에는 법령의 범위에서 적극적으로 공공의 이익을 실현할 수 있도록 해야 하며, 법령의 취지를 벗어나 국민의 권리를 제한하거나 새로운 의무를 부과해서는 안 된다.

자료: 적극행정 운영규정 제9조

규정에 따른 적극행정 법제의 체계와 원칙을 바탕으로 「2025년 적극행정 법제 가이드라인」에서는 구체적인 추진방안과 사례를 제시한다. 법령입안에 있어서는 사회 변화에 탄력적으로 대응할 수 있도록 포괄적 개념 정의, 분류체계 유연화, 원칙허용·예외 금지, 사후 평가·관리 등의 유연한 입

법방식을 채택하고, 신속하고 지역 특성에 맞는 입법을 위해 하위법령 및 자치법규의 활용을 권고한다. 또한 법령이 불명확하거나 불합리한 경우, 획일적인 규제 완화 또는 신기술에 대한 특례가 요구되는 경우 등에는 법령을 정비해야 하며, 법령을 해석할 때는 국민의 편익, 침익 요건, 수익요건을 고려해야 함을 명시하고 있다.

〈표 4-5〉 「2025년 적극행정 법제 가이드라인」에 따른 적극행정 법제 개요

적극행정 법제 원칙		
• 법령을 입안할 때는 효율적이고 탄력적인 법제 기준을 적용하고, 법률의 제정·개정 없이 하위법령으로 정책이나 제도를 시행할 수 있다면 신속하게 하위법령을 제정·개정하는 한편, 지방자치단체 소관 사무에 대한 자치입법권과 자율성이 보장될 수 있도록 해야 함 • 기존 법령이 행정환경 변화에 대응하지 못하고 공공의 이익과 어긋나거나, 획일적이고 불합리한 규제로 작용하는 경우 신속하게 법령을 정비하여 적극행정의 입법 기반을 구축해야 함 • 법령 해석 시 법령의 범위에서 공공의 이익이 실현될 수 있도록 하고, 법령의 취지에서 벗어나 국민의 권리를 제한하거나 새로운 의무를 부과해서는 안됨		
법령입안	법령정비	법령해석
1. 유연한 입법방식 활용 : 특히 신산업·신기술 관련 분야 등에서 급격한 사회 변화나 다양한 행정수요에 법령이 탄력적으로 대응하도록 유연한 입법방식 활용 ①포괄적 개념 정의 ②분류체계의 유연화 ③원칙허용·예외금지 방식 전환 ④사후 평가·관리	1. 국민의 삶에 도움 : 명확하지 않거나 불합리한 규정을 개선, 동등한 조건에 대한 불합리한 차별 또는 일률적인 기준으로 진입장벽이 되는 규정을 정비	1. 입법 공백 시 국민 편익을 확대하는 방향으로 해석 : 관련 규정이 부재하거나 애매하게 규정된 경우 법령 취지, 제3자 피해 가능성, 공익상 필요성 및 형평성 등을 고려해 합리적인 범위에서 편익을 확대하는 방향으로 해석
2. 하위법령 활용 : 법률 입안 시에는 향후 발생할 수 있는 환경 변화에 대비해 하위법령으로 위임할 수 있는 부분은 없는지 검토하고, 법률 시행에 필요한 세부적·기술적 사항뿐만 아니라 입법 취지 달성을 위해 필요한 집행적 사항은 하위법령을 제정·개정하여 신속한 추진 필요	2. 경제 활성화 및 규제혁신을 촉진 : 획일적 영업규제 등을 완화하고 신기술에 대한 규제 특례를 도입하는 등의 정비	2. 규제 등 침익 요건에 대한 불필요한 확대 적용 금지 : 규제 또는 의무 부과 규정이 명확하게 존재하는 경우 문언, 법령의 정의 규정 및 사전적 의미, 헌법적 가치, 입법 취지 등을 종합적으로 고려하여 반드시 규제가 필요한 경우로 한정 해석 3. 허가 등 수익요건에 대한 축소 해석 금지

법령입안	법령정비	법령해석
3. 자치법규 대폭 위임 : 지방자치단체가 주도적으로 지역 특성에 맞는 정책 추진을 통해 지역발전을 이끌어낼 수 있도록 법령 입안 과정에서의 노력 필요		: 요건 해당 여부를 문언보다 과도하게 축소 또는 사실상 요건을 추가하는 식으로 해석하여 국민의 권익을 침해하지 않도록 함

자료: 법제처(2025), p. 7, p. 13, p. 42, p. 68을 바탕으로 저자 정리

지금까지 살펴본 정부의 신산업 분야 규제정비와 적극행정 법제 체제는 신산업에 대한 법제도 개선은 변화하는 환경에 유연하게 대응하여 국민의 편익과 호의적인 산업환경을 조성하는 것을 목적으로 추진되어야 함을 알 수 있다. 또한 법제도 개선 방안을 마련할 때는 신산업 분야 특성에 맞춘 종합적이고 체계적인 검토가 필요하며, 법령의 입법·정비·해석 전반에 걸쳐 불명확하거나 불합리한 사항을 해결할 수 있도록 신속하고 실질적인 방안을 마련해야 한다. 결과적으로 법제도 개선은 낡은 법제도와 현실과의 간극을 완화함으로써 국민과 기업의 편익을 제고할 수 있는 방향으로 추진되어야 함을 알 수 있다.

2. 스마트항만 분야 법제도 개선 방향 설정

앞서 살펴본 법제도 개선의 궁극적인 목적과 기본 원칙을 바탕으로 하여 스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법제도 개선 방향은 다음과 같이 설정한다.

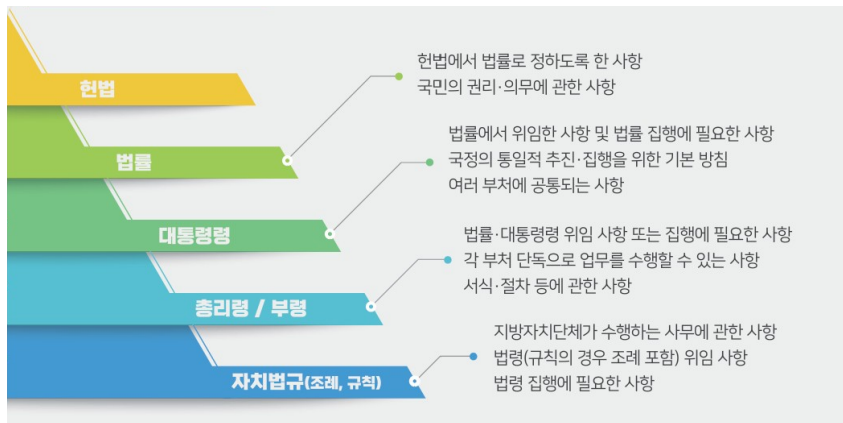
1) 법제도 개선의 목적과 성격에 따른 제·개정 대상 검토

법령 체계는 크게 법률, 대통령령, 총리령 및 부령, 자치법규 등의 위계

로 형성된다. 헌법은 국민의 권리와 의무, 국가 운영의 기본 질서 등을 규정하는 최상위 규범이며, 법률은 헌법에서 위임한 사항이나 국민의 권리·의무와 밀접한 사항을 규정한다. 구체적이거나 세부적인 사항은 국정의 통일적 추진이 필요하거나 여러 부처에 공통으로 적용되는 경우 대통령령, 각 부처의 단독 업무 수행이 가능하거나 서식 및 절차에 관한 사항은 총리령 및 부령, 그 외 지방자치단체가 수행하는 등의 사항은 자치법규에서 정한다.

즉, 중대한 권리나 의무와 관련한 사항은 법률에 근거해야 하지만, 세부적인 내용이나 집행적 성격의 사항까지는 모두 법률에서 규정하지는 않는다. 또한 법률은 제정·개정에 많은 시간과 절차가 소요되는 한편 하위 법령은 상대적으로 간결한 절차로 신속한 개선이 가능하다는 점을 고려하면, 신속한 대응을 위해서는 하위 법령의 제·개정이 적합할 수 있다. 이에 하위 법령 제·개정만으로 개선의 목적을 달성할 수 있는 경우에는 하위 법령의 개선 방안을 우선 고려한다.

〈그림 4-1〉 법령 체계도



자료: 법제처(2025), p. 13.

2) 유연한 법제도 체계 구축

스마트항만 기술은 빠르게 발전하는 첨단기술을 접목하여 자동화 항만 장비, 실시간 데이터 공유, 지능형 운영 등 다양한 제품 및 서비스 형태로 구현되고 있다. 이러한 기술들은 지속적으로 발전하고 있으며, 이미 도입되고 있는 기술뿐만 아니라 개발 중인 신기술까지 고려한다면 그 형태와 범위를 명확히 예측하는 것은 불가능하다. 때문에 법제도적 틀에서 스마트항만 기술을 명확하게 정의하거나 제한적으로 유형하는 방식에는 근본적인 한계가 있다.

따라서 법제도는 급속한 기술의 발전 속도와 정확한 예측이 불가능함을 감안하여, 불명확한 규정으로 인한 혼란은 방지하되 포괄적 정의와 유연한 분류체계를 갖추도록 하는 방향으로 설계되어야 한다. 현재 가시적인 스마트항만 기술뿐만 아니라 미래의 신기술까지 수용할 수 있는 여지를 갖추어야 예측 불가능한 변화 속에서도 기술 발전에 따른 지속 가능한 정책 운용이 가능할 것이다.

또한 신기술 도입 초기부터 과도한 규제가 발전을 저해하지 않도록 초기의 기술 도입과 활용을 유연하게 허용하고, 이후 실제 운용 과정에서 필요한 사항을 보완·관리할 수 있는 기반을 조성하도록 유도해야 한다.

3) 순조로운 스마트항만 전환 유도

스마트항만으로의 전환 과정은 단순히 기존 항만에 첨단기술을 도입하는 것을 넘어, 운영체계의 전환, 안전·환경 등의 가치 실현, 데이터·알고리즘 의존도 증가 등의 복합적인 변화를 수반한다. 이 과정에서 법제도가 변화를 수용하지 못한다면 기술의 적용이 지연되어 항만 경쟁력 강화를 저해할 우려가 있다. 따라서 스마트항만 전환을 제약하지 않고 촉진할 수 있도록

법제도 기반을 조성하는 것이 중요하다.

원활한 스마트항만 전환을 뒷받침하기 위해서는 기술 도입을 저해하는 제약요인을 완화하고, 변화의 과정에서 발생할 수 있는 새로운 위험을 최소화할 수 있도록 제반 사항을 정비해야 한다. 이를 위해 관련 이해관계자와의 소통을 통해 개선 방안의 적합성을 검증하고 실효성 있는 법제도 개선이 이루어져야 한다. 또한 궁극적으로 스마트항만 기술 도입이 경제 발전과 경쟁력 확보를 이루면서도 안전하고 안정적으로 운영될 수 있도록 새로운 안전·보안 기준 등이 검토되어야 한다.

제2절 스마트항만 기술 법제도 개선 방안

제3장에서는 법제도 개선 방안 마련이 필요한 23개의 쟁점을 도출했다. 하지만 각각 개별적인 개선 방안을 제시하는 경우 중복과 실효성 저하의 우려가 있다. 따라서 본 연구는 중점 내용과 개선 방향이 유사하거나 상호 연계된 쟁점을 통합하여 10개의 개선 방안을 제시하였다. 한편, 스마트항만 전문 인력 양성 및 연관 산업의 고도화 필요성과 관련한 2개 쟁점에 대해서는 단편적인 법제도 개선보다 중장기적인 관점에서 사회적 수용성 제고, 산업 생태계 전반의 구조적 전환, 교육체계 강화 등 복합적인 관점의 접근이 요구되는 과제로 판단되어 직접적인 법제도 개선 방안을 제시하지 않았다.

〈표 4-6〉 스마트항만 기술 도입 관련 법제도 개선 방안

개선 방안			쟁점 사항
1	자동화 항만 장비 정의 정립	자동화 항만 장비 정의 정립	자동안송장비의 법적 정의 부재
2	자동화 터미널 설계 기준 개선	자동화 '컨'터미널 설계 기준 마련	항만 장비가 고정된 경로를 반복 주행하여 국소적 하중 집중 심화, 지반 피해 발생 우려
3		이송장비 전원공급설비 기준 마련	충전시설 설치 기준 부재 충전시설 안전기준 부재
4	항만 시설·장비 검사 및 관리 기준 현대화	자동안송장비 검사기준 마련	자동화 크레인, 자율주행 이송장비 등 새로운 유형의 항만 장비에 대한 검사기준 미비
5		첨단기술의 항만시설물 안전점검 활용 기반 조성	장비 가동률 증가로 장비 및 소모품 교체 주기 단축, 고장 증가 우려
			센서 및 영상 기반 점검 방식의 안전점검 인정 불분명 시설물 유지관리 목적의 드론, 무인비행체 상시 활용 가능성 불분명
6	데이터 활용 및 관리 기반 조성	개인정보 및 위치정보 활용 근거 마련	장비의 안전한 운영을 위한 영상정보 수집 시 작업자 얼굴, 위치 등 개인정보 처리 및 활용 기준 불분명
7		항만 데이터 표준화	장비·시스템 간 데이터 및 통신 표준화 미비에 따른 호환 불가, 비효율 문제 발생
8			컨테이너 정보의 유통·활용 범위 및 보안 규정 부재 데이터 정의, 수집, 보관, 유통 등 관리체계 및 표준 부재
9		탄소 배출량 관리를 위한 배출량 산정 지침 개발	탄소 배출량 측정 기준 및 방법 표준, 가이드라인 부재 탄소 배출량 데이터의 공개, 검증, 인증 범위 및 절차 미비
9	스마트항만 안전 및 보안 체계 고도화	스마트항만 안전관리 지침 마련	새로운 유형의 장비 및 작업에 대한 안전기준 부재 비상시 장비 중지, 현장 진입 등의 대응 지연이 우려되는 반면 안전 대응 가이드라인 등 부재 무인 공간 출입 통제·모니터링 강화 등 관리 기준 마련 필요
10		사이버보안 관리 기반 조성	지능형 알고리즘의 편향성 평가, 오류 검증 체계 미비

개선 방안			쟁점 사항
			지능형 시스템의 판단으로 인한 사고·손해 책임소재 불분명
			데이터 위변조 방지 및 역추적을 위한 예방 조치 미비
			외부 유출 방지, 부적절 사용 예방 등을 위한 관리에 관한 규정 필요
			사이버위험에 대응한 항만 사이버안전 관리 관련 지침, 기준 등 부재

자료: 저자 작성

1. 자동화 항만 장비 정의 정립

「항만법 시행령」 별표 5에서는 항만 갑문, 운하, 하역장비 등 시설장비의 범위를 정하고, 작업 위치와 역할, 구조적 형태를 중심으로 장비의 정의를 제시한다. 크레인의 경우 부두에 설치되는 컨테이너 크레인과 야드에 설치되는 트랜스퍼 크레인 등으로, 이송장비의 경우 자체적으로 컨테이너를 들어 올리고 적재가 가능한 스트래들 캐리어, 컨테이너를 적재할 수 있는 새시를 견인하는 야드 트랙터, 야드 트랙터에 조합되어 컨테이너를 운반하는 야드 새시 등으로 구분되어 있다.

별표 5에 따른 시설장비 정의 중 자동·자율 방식으로 운영되는 장비에 대한 정의는 제8호 야드 트랙터에 포함된 ‘무인 트랜스포터(Automatic Guided Vehicle, Transporter)’가 유일하다. 현재 국내 항만에는 무인 자동화 컨테이너 크레인 및 트랜스퍼 크레인이 도입되어 운영되고 있음에도 자동화 시설장비에 대한 정의는 무인 트랜스포터만을 규정하고 있어 정의 체계의 일관성이 부족하다. 또한 국내외에서 자율주행 야드 트럭, 자동 스트래들 캐리어(Auto S/C) 등 다양한 구조적 형태의 자동이송장비가 개발·도입되고 있음을 고려하면, 향후 국내 항만에 도입될 자동화 장비 유형

을 특정 형태로 사전에 한정하기는 어렵다. 이에 시설장비를 정의함에 있어 구조적 형태뿐만 아니라 수동·자동·자율 등의 운영 방식에 대한 분류를 함께 고려할 필요가 있다.

종합적으로 정의 체계의 일관성을 확보하면서도 다변화되는 운영 방식을 반영할 수 있도록 포괄적인 정의가 필요하다. 자동화 장비는 기존 재래식 장비와 구조적 측면에서는 일부 유사하나, 운영 방식에 있어 본질적인 차이를 보인다. 따라서 장비를 정의할 때, 기존 장비의 정의에 자동화 장비의 특성을 반영한 확장된 형태로 정의하는 방향을 고려할 수 있다. 특히 항만 시설장비의 정의가 등록이나 검사 등 각종 행정적 절차의 기준으로 활용되는 점을 상기하면, 일반적인 절차는 재래식 시설장비의 기준을 준용하되 자동화 장비의 특수한 운영 방식이나 기술적 특성을 반영한 절차를 차별적으로 적용할 수 있도록 별도의 정의를 마련하는 것이 적합하다. 이와 같은 개선 방향을 바탕으로 시설장비 정의 개정안은 다음 표와 같이 제시할 수 있다.

〈표 4-7〉 「항만법 시행령」 별표 5(시설장비) 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
[별표5] 시설장비(제38조 관련) 1.~7. (생략)	[별표5] 시설장비(제38조 관련) 1.~7. (현행과 같음)
8. 야드 트랙터(Yard Tractor): 안벽과 야드 사이에서 야드 새시를 견인하여 컨테이너를 운반하는 장비를 말하며, 무인 트랜스포터(Automatic Guided Vehicle, Transporter: 수백 톤의 화물을 운반하는 무인 특수 장비)를 포함한다.	8. 야드 트랙터(Yard Tractor): 안벽과 야드 사이에서 야드 새시를 견인하여 컨테이너를 운반하는 장비를 말한다.
9.~17. (생략)	9.~17. (현행과 같음)
	〈신설〉 18. 자동화 크레인: 제5호부터 제6호까지의 시설장비와 유사한 구조 및 기능을 가진 장비로서 운전자 탑승 없이 원격조작 및 스스로 운행이 가능하도록 자동 또는 자율주행 기능이 탑재

현행 기준	개정 기준(안)
18. 로딩암(생략)	재된 장비를 말한다. 〈신설〉 19. 자동이송장비: 제7호부터 제10호까지의 시설장비와 유사한 구조 및 기능을 가진 장비로서 운전자 탑승 없이 원격조작 및 스스로 운행이 가능하도록 자동 또는 자율주행 기능이 탑재된 장비를 말한다. 20. 로딩암(생략) 21. 그 밖의 시설장비: 제1호부터 제20호까지의 시설장비와 유사한 구조 및 기능을 가진 장비로서 항만에서의 하역작업을 위해 시설장비관리자가 필요에 따라 신고한 시설장비 중 지방해양수산청장 또는 시·도지사가 인정하는 시설장비를 말한다.

자료: 저자 작성

「항만법 시행령」 별표 5의 개정과 함께 「항만운송사업법 시행규칙」에 따른 항만하역장비의 종류도 개정해야 한다. 「항만운송사업법 시행령」 별표 1에서는 항만하역사업 등록 기준의 일환으로 하역장비 평가액에 관한 기준을 명시하고 있다. 이때 ‘하역장비’란 「항만운송사업법 시행규칙」 별표 2에 명시된 장비를 의미한다. 현행 하역장비 목록에는 장비의 명칭만을 나열할 뿐 별도의 설명이 기술되어 있지 않기 때문에 명시된 장비가 자동화 장비를 포함하는 범주인지 해석이 불명확하다. 따라서 이러한 불명확성을 해소하고 「항만법 시행령」의 시설장비 정의와의 정합성을 확보하기 위해 「항만운송사업법 시행규칙」에도 자동화 크레인, 자동이송장비 등의 정의를 추가하는 것이 필요하다.

〈표 4-8〉 「항만운송사업법 시행규칙」 별표 2(항만하역장비의 종류) 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
1. ~17. (생략)	1.~17. (현행과 같음) 18. 자동화 크레인 19. 자동이송장비
18. 그 밖에 항만에서 하역 작업을 위하여 관리 청이 필요하다고 인정하는 장비	20. 그 밖에 항만에서 하역 작업을 위하여 관리 청이 필요하다고 인정하는 장비

자료: 저자 작성

개정(안)을 통해 자동화 장비의 법령상 정의를 명확히 함으로써 터미널 운영사, 장비 제조사, 검사기관 등 이해관계자의 해석상 차이를 줄이고, 등록 및 검사를 비롯한 행정의 일관성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 다만 「항만법 시행령」 및 「항만운송사업법 시행규칙」에 따른 정의를 준용하는 관계 법령 및 규칙과의 충돌 여부에 대한 충분한 사전 검토가 선행되어야 한다.

〈표 4-9〉 자동화 항만 장비 정의 개선 방안

구분	개선 방안		
쟁점	• 자동화 항만 장비의 법적 정의 부재 - 자동화 장비의 정의가 모호하여 장비 등록, 점검 등의 기준 적용 애로 - 무인 원격조정 크레인, 새시형 자동 및 자율 이송장비, 트럭형 자율주행 이송 장비 등 다양한 형태의 자동화 장비 정의 정립 필요		
개선 방향	• 특정 유형의 시설장비 정의에만 자동화 장비의 개념이 포함되어 정의 체계의 일관성을 저해하지 않도록 개선 • 다양한 형태의 자동화 장비를 포함하도록 포괄적 정의 정립		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
	√		
	• 「항만법 시행령」 별표 5(시설장비) 개정 • 「항만운송사업법 시행규칙」 별표 2(항만하역장비) 개정		
기대효과	• 자동화 장비 도입 및 운영의 법적 명확성 확보 • 장비 등록, 검사 등 행정 절차의 일관성 확보		
고려 사항 및 지원 사항	• 「항만법 시행령」 및 「항만운송사업법 시행규칙」에 따른 정의를 준용하는 관계 법령 및 규칙과의 충돌 여부 사전 검토 필요		

자료: 저자 작성

2. 자동화 터미널 설계기준 개선

1) 자동화 컨테이너터미널 설계기준 마련

최근 국내 자동화 컨테이너터미널 운영 과정에서 지반 침하와 같은 구조적 문제가 발생하면서, 자동화 터미널의 특성을 반영한 새로운 설계기준이 필요하다는 지적이 나타났다. 자동화 터미널은 기존 터미널과 장비의 하중, 경로 반복 주행 등의 운용 특성에 차이가 존재하기 때문에 기존 설계기준을 완전히 적용하기에는 한계가 있다는 것이다. 특히 AGV가 지반에 매설된 센서(Transponder)를 따라 주행하는 경우 센서의 위치 변화가 자동화 시스템의 장애 요인으로 작용할 수 있어, 지반을 침하 등으로부터 보호하는 것이 중요한 쟁점이다. 이에 AGV를 도입할 예정인 인천 신항 1-2단계는 허용 잔류 침하량을 그동안 항만 및 공항에 통상적으로 적용되는 허용 침하량인 10cm보다 훨씬 엄격한 2.5cm로 적용하기도 했다.¹²²⁾ 또한 신규 터미널의 개발 외에도 기존 터미널의 자동화 전환이 논의됨에 따라, 터미널 개조 시의 설계기준에 대한 검토도 필요하다.

〈표 4-10〉 자동화 컨테이너터미널 설계 시 쟁점 사항(예시)

설계 요소	쟁점 사항
지반 침하 허용 기준	자동화 장비 주행 안전·안정을 위한 침하 허용 기준 강화
자동이송장비 주행 경로 설계기준	반복 주행 환경을 고려한 포장 구조, 균열 방지, 하중 분산 설계
장비 대형화·중량화 대응 하중 기준	장비의 대형화 및 중량 증가를 고려하여 구조물 설계 시 강화된 하중 적용
혼재 구간 설계기준	자동화 장비와 수동 장비 간의 간섭 방지를 위한 구역 구분, 완충 공간, 충돌 방지 시스템 등 설계
기존 터미널의 자동화 개조 설계기준	기존 터미널 개조 시 지반 평가 및 보강 기준 마련
안전 및 유지보수 기준	지반 안전성 평가 및 모니터링 체계 마련

자료: 저자 작성

122) 연합뉴스(검색일: 2025.9.1.)

중국 교통운수부는 일찍이 자동화 컨테이너터미널의 특성을 반영하여, 2019년 「자동화 컨테이너터미널 설계기준」을 제정하고, 2021년에는 「자동화 컨테이너터미널 건설 지침」을 발표했다.¹²³⁾ 설계기준은 자동화 컨테이너터미널 설계 시 고려해야 할 개념적 원칙과 요구사항을 제시하며, 가이드라인에서는 설계기준을 실무적으로 적용할 수 있도록 레이아웃, 하중, 침하, 도로폭 등의 구체적인 수치와 방법을 다루고 있다. 두 문서는 자동화 컨테이너터미널의 건설 및 개조에 중요한 기준으로 활용되고 있다.

〈표 4-11〉 중국 자동화 터미널 설계 관련 지침 구성

자동화 컨테이너 터미널 설계기준 (JTS/T 174-2019)	자동화 컨테이너 터미널 건설 가이드라인 (JTS/T 199-2021)
1. 총칙	1. 총칙
2. 용어	2. 용어
3. 기본 원칙	3. 기본 규정
4. 레이아웃	4. 하역시스템 및 레이아웃
5. 하역 공정	5. 도로 및 야드
6. 자동화 제어·관제 시스템	6. 통신 및 네트워크
7. 도로 및 야드	7. 부대시설
8. 부대설비	8. 안전 및 보안시설
9. 안전 및 항만 보안	9. 개별 장비 제어시스템
	10. 관리시스템
부록 A. 자동화 컨테이너 터미널 일반 레이아웃	11. 통합 및 테스트
부록 B. 용어 정의	12. 운영 및 유지보수

자료: 중국 교통운수부(2019); 중국 교통운수부(2021a)를 바탕으로 저자 작성

국내 항만시설의 신설, 개량, 보강, 확장 등에 관한 설계기준은 「항만 및 어항 설계기준」에서 정하고 있다. 이 중 ‘항만하역시설’편에서는 하역장비의 범위에 무인 트랜스포터(AGV)를 포함하고 있으나, 자동화 장비 특성을 반영한 기준은 제시되지 않고 있다. ‘컨테이너시설’편에서도 자동화 장비의 도입, 자동화 터미널 레이아웃 등에 관한 기준은 다루지 않는다. 설계기준

123) 중국 교통운수부(2019); 중국 교통운수부(2021a)

의 항만시설장비 구매 및 발주를 위한 설계, 제작, 설치 등에 필요한 사항을 정하는 「항만 및 어항공사 전문시방서」 ‘항만시설장비’편에서도 자동화 시스템에 대한 내용을 일부 포함하고 있다. 시방서에는 레일형 자동화 크레인(ARMGC)의 제어시스템, 운전조건, 제어 항목 등에 관한 사항을 일부 다루고 있다. 하지만 시방서에서 역시 안벽크레인, 자동이송장비 등은 다루지 않으며, 특히 자동화 터미널의 핵심이라 할 수 있는 제어시스템에 대한 요건은 명시하지 않는다. 시방서 부록에 포함된 장비 제원도 일반적인 물리적 사양 중심의 기준만을 제시하고 있다. 이에 국내에도 자동화 터미널에 적용할 수 있는 설계기준 검토가 필요하다.

자동화 컨테이너터미널 설계기준 개선을 위해서는 터미널 레이아웃, 지반 및 포장, 영역별 설계기준, 장비 제어시스템, 부대시설, 유지보수 등의 항목을 종합적으로 고려해야 한다. 안전하고 효율적인 터미널 레이아웃을 계획하고 장비의 하중과 운영 특성에 맞는 지반 및 포장 설계가 필요하다. 또한 안벽, 이송, 야드 영역별 장비에 따른 구조와 제어시스템 구성 및 기능 요건을 정하여 안정적 운영이 가능하도록 해야 한다. 이에 더해 부대시설과 유지보수 체계를 갖추어 적정 인프라를 조성 및 유지할 수 있도록 해야 한다. 이와 같은 설계기준은 신규 개발뿐만 아니라 기존 터미널의 개조 시에도 일관되게 적용될 수 있도록 해야 한다.

〈표 4-12〉 자동화 컨테이너터미널 설계기준 주요 내용(안)

항목	주요 내용
터미널 레이아웃	• 자동화 장비 기반의 평면 배치 • 자동화 작업구역, 비자동화 작업구역, 혼재 구역 구분 • 이송장비 주요 통행 구역 및 보조 통행 구역 구분 • 리퍼·위험물 등 특수 화물 구역 배치 (예시) 자동화 하역장비를 사용하는 구역은 자동화 장비의 동선과 야드 구역을 함께 계획해야 하며, 안벽의 하역과 야드 간 연결이 원활하게 이루어져야 함 (예시) 자동화 컨테이너터미널 안벽 구역은 자동이송장비 운행 구역으로 활용될 수 있으며, 적절한 조명, 표지, 소방 등 설비를 설치해야 함

항목	주요 내용
	(예시) 자동화 야드는 작업자 통로 등을 별도로 구획하고, 작업자와 장비 간 동선이 교차하지 않도록 배치해야 함 (예시) 자동이송장비 동선 및 작동 방식에 따라 충전 및 에너지 보급설비를 적절히 배치해야 함
지반 및 포장	- 장비 하중에 따른 지반 침하량, 스프링계수, 시료의 최소 CBR 기준 등 (예시) 지반 완공 후 침하량은 0.3m 이하를 권장하고 침하 차이는 0.2% 이하, 자동이송장비 주행 구역 지반 스프링계수는 60MPa 이상 - 자동이송장비 통행 구역 포장 구조 설계기준 (예시) 자동이송장비 주요 통행 구역과 보조 통행 구역의 포장 구조 기준 (예시) 일정 하중 등급 이상의 이송장비 통행 구역은 콘크리트 포장 구조 적용 (예시) 트랜스폰더 설치 구역의 포장 구조 구축물 설계는 금속, 전기케이블 축위 정확도에 주는 영향을 고려
안벽 영역	- 크레인 및 이송장비 유형에 따른 하역 구역 차선평 - 이송장비 유형에 따른 (예시) AGV 차선평은 4m 이상 권장, S/C 차선평은 싱글 스프레더의 경우 6m 이상, 트윈 스프레더 시 스프레더 분리 상태의 최대 간격을 고려 (예시) AGV 주행차선 폭 4m 이상, S/C 6.5m 이상 주행차선 폭
이송 영역	자동이송장비 주행 특성을 반영한 경로 설계기준 (예시) 트랜스폰더 설치 구역의 포장 구조 구축물 설계는 금속, 전기케이블 축위 정확도에 주는 영향을 고려 (예시) 비전시스템 등 융합 축위 방식을 적용하는 도로 및 야드는 지면 표시선과 표지판을 설치하고 정기적 유지보수 수행
야드 영역	- 대형 고정형 자동화 크레인(Auto RMG 등) 기반 구조 하중 기준 - 자동화 크레인 운영을 위한 지반, 레일시스템 등 기준 (예시) ARMG 레일 기초 연선의 침하차이는 0.1% 이하여야 하며, 지반 시공 후 침하가 심할 경우 레일 침하와 야드 침하 차이를 완화하는 조치 수행 (예시) ARMG 레일시스템은 이음새가 없는 레일 적용을 권장 (예시) 동일한 배치(Batch)의 레일은 용접 전 테스트를 통해 접합부 굽힘, 피로, 경도, 강도, 초음파 파손탐지 등의 테스트를 수행 (예시) 레일 설치 전 설치 표준의 허용 직선도에 따라 레일을 교정해야 함
장비 제어시스템	자동화 장비별 제어시스템 구성 요소

항목	주요 내용
	(예시) 안벽크레인의 자동화 제어시스템은 자동운전 및 측위, 스프레더 자세, 안전, 컨테이너 및 선박 식별, 원격작업 제어 등 하위 시스템을 포함해야 함 (예시) 자동이송장비 제어시스템은 진입신호 식별, 작업 정보, 컨테이너 적재 상태, 차선 번호 등을 파악하는 기능을 갖추어야 함 (예시) 야드크레인의 자동화 제어시스템은 자동운전 및 측위, 안전, 스마트 식별, 원격작업 제어 등 하위 시스템을 포함해야 함 • 자동화 장비별 정밀 제어 기준 (예시) 안벽 크레인 트롤리 측위 허용 오차 $\pm 30\text{mm}$, 스프레더 흔들림 폭 100mm 이하 및 비틀림 $\pm 1.5^\circ$ 이하 (예시) AGV 측위 허용 오차 $\pm 25\text{mm}$, 정차 측위 허용 오차 $\pm 50\text{mm}$, 차량 각도 허용 오차 $\pm 0.3^\circ$ 이하 (예시) 자율주행 트럭 측위 허용 오차 $\pm 100\text{mm}$, 정차 측위 허용 오차 $\pm 50\text{mm}$, 야드 내 측위 허용 오차 $\pm 50\text{mm}$
부대시설	• 자동화 컨테이너터미널 전력 시스템, 조명 시스템, 데이터 센터, 소방설비 등 기준 (예시) 자동화 컨테이너터미널의 데이터센터는 관련 규범을 준수하며 재해 복구 서버실을 갖추어야 함
유지보수	• 도로, 야드, 레일 등 부지 요건과 침하, 변위 등에 대한 운영·관리 체계 (예시) 자동화 컨테이너터미널의 운영 및 유지보수를 위한 자동 모니터링 시스템을 구축해야 함
자동화 개조 시설 계기준	• 일반 컨테이너터미널의 자동화 개조 시의 지반 강도 평가 및 보강 • 일반 컨테이너터미널의 자동화 개조 시 도로 및 야드 설계는 기존 표준 구조, 배수 경사도 등을 평가

자료: 전문가 조사; 중국 교통운수부(2019); 중국 교통운수부(2021a)를 바탕으로 저자 작성

자동화 컨테이너터미널의 설계기준을 마련하는 방안으로는 「항만 및 어항 설계기준」의 각 편을 개정하여 관련 내용을 분산 반영하는 방안과, ‘자동화 컨테이너터미널’편을 별도로 신설하는 방식을 고려할 수 있다. 각 편을 개정하는 경우 이해관계자에 익숙한 기존 체계에 연결될 수 있다는 장점이 있지만, 관련 기준이 각 편에 흩어져 있어 일관성과 이용 편의가 떨어질 수 있다. 반면, 별도 기준을 신설하는 경우에는 자동화 터미널의 특수성을 종합적으로 반영하여 이해도를 제고하고, 관련 정보를 체계적으로 활용할 수 있다는 장점이 있다.

또한 자동화 기술이 지속적으로 발전하고 있다는 점을 고려하면, 개별 편마다 개정이 필요한 분산 방식보다 독립된 기준을 마련하는 것이 유연한 개정 방안이다. 행정적 측면에서도 개별 편마다 위원회를 조직하고 개정 절차를 거치는 것보다, 단일 기준을 중심으로 일원화하는 것이 효율적이다. 이러한 방안별 장단점을 고려하면 자동화 컨테이너터미널에 적용할 수 있는 설계기준을 신설하는 방안이 더욱 적합할 것으로 보인다.

설계기준 개발 및 개정을 위해서는 관계 분야 산·학·연·정 전문가의 참여가 필요하다. ‘컨테이너부두’편 설계기준의 경우 항만 및 해안, 선박, 항만기술기준전문기관, 선박제원, 재료, 항만전기설비 등의 분야에 걸친 산·학·연·정 전문가가 집필위원, 심의위원, 중앙항만정책심의회, 중앙 부처(해양수산부)의 자격으로 참여했다. 추후 ‘자동화 컨테이너터미널’편의 개발 시에도 관계 분야의 전문가가 참여하여 체계적인 구성과 내용을 수립할 수 있도록 해야 한다.

〈표 4-13〉 자동화 터미널 설계기준 개선 방안

구분	개선 방안		
쟁점	- 현행 항만 설계기준은 자동화터미널 특성 반영이 미흡 - 자동화 장비 하중, 반복 주행, 유·무인 구간 등 설계요소 미반영		
개선 방향	- 자동화 터미널에 특화된 설계 요소를 체계적으로 반영할 수 있는 설계기준 마련 - 기존 설계기준과 연계하되, 해석·적용의 혼란 방지와 사용자 편의를 고려하여 구조화		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
		√	
	「항만 및 여항 설계기준」 ‘자동화 컨테이너터미널’편 신설		
기대효과	- 자동화터미널 개발 시 설계·시공 기준 명확화 - 기술 변화에 따른 항만 안정적 개발 및 운영		
고려 사항 및 지원 사항	설계기준 제정 시 해양수산부, 한국항만협회, 항만공사, 항만 설계·시공·운영 관계 전문가 등 협의체 운영 필요		

자료: 저자 작성

2) 이송장비 전력공급설비 기준 마련

최근 자동이송장비의 도입과 함께 이송장비용 전력공급설비가 도입되고 있으나 이에 대한 관리 기준은 불명확한 상황이다. 향후 더 많은 항만에 자동이송장비가 도입되고 친환경화 기조에 따라 기존 장비의 전동화도 확대될 것을 고려하면, 이송장비 전력공급설비에 대한 규정을 명확히 할 필요가 있다.

일반적으로 전기설비의 설계 및 안전에 관한 사항은 「전기안전관리법」, 「전기사업법」 등에서 정하고 있으며, 항만 내 이송장비 전력공급시설 역시 해당 법령의 적용을 받는다고 해석할 수 있다. 하지만 항만의 전기 시설에 관한 설계·관리·안전에 관한 사항을 정하는 「항만안전특별법」, 「항만 및 어항 설계기준」 등에 명시되어 있지 않아, 항만사업자가 항만 관계 법령만을 근거로 계획·관리할 경우 필요한 조치가 누락될 우려가 존재한다.

이러한 문제를 해소하기 위해 항만 분야 법령에 관련 개별법과의 연계 규정을 신설할 필요가 있다. 「항만안전특별법」에서는 항만사업자가 특정 내용을 포함한 자체안전관리계획을 수립하도록 하고 있다. 해당 조항에 항만 하역장비의 충전 및 전력공급을 위한 전기설비에 대한 안전관리계획과 「전기안전관리법」 제22조에 따라 지정된 전기안전관리자의 안전관리 업무에 대한 사항을 포함하도록 한다면, 개별법과의 연계로 필요한 조치의 누락을 방지하는 동시에 항만에서의 안전관리 의무를 상기할 수 있다.

〈표 4-14〉 「항만안전특별법 시행령」 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
제6조(자체안전관리계획의 승인 등) ① 법 제9조제1항 전단에 따른 자체안전관리계획(이하 “자체안전관리계획”이라 한다)에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.	제6조(자체안전관리계획의 승인 등) ① 법 제9조제1항 전단에 따른 자체안전관리계획(이하 “자체안전관리계획”이라 한다)에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

현행 기준	개정 기준(안)
1. 안전관리 전담조직의 운영 등 자체안전관리 체계의 운영 및 관리에 관한 사항 2. 하역작업별 작업기준 및 안전작업 요령에 관한 사항 3. 하역장비 취급 시 안전수칙에 관한 사항 4. 항만하역시설 등에 대한 안전점검계획 및 안전점검의 실시에 관한 사항 5. 그 밖에 관리청이 항만안전사고 예방을 위하여 필요하다고 인정하는 사항	1. 안전관리 전담조직의 운영 등 자체안전관리 체계의 운영 및 관리에 관한 사항 2. 하역작업별 작업기준 및 안전작업 요령에 관한 사항 3. 하역장비 취급 시 안전수칙에 관한 사항 4. 항만하역시설 등에 대한 안전점검계획 및 안전점검의 실시에 관한 사항 5. 항만하역장비 충전 및 전력공급을 위한 전기설비에 대한 안전관리계획 및 전기안전관리법 제22조에 따른 전기안전관리자의 안전관리업무에 관한 사항 6. 그 밖에 관리청이 항만안전사고 예방을 위하여 필요하다고 인정하는 사항

자료: 저자 작성

현행 「항만 및 어항 설계기준」은 전통적인 항만하역장비, 냉동컨테이너, 조명 등의 운영에 필요한 전력 공급설비를 중심으로 하고, 2023년 선박 육상전원공급설비(AMP)에 관한 사항을 포함하도록 개정되었다. 향후 이송장비 전력 공급설비의 정의 신설, 시설물 구성 항목 개정 등을 통해 항만전기설비의 범주에 포함됨을 명확히 하도록 정비할 필요가 있다. 또한 이송장비 전력 공급설비의 충전 시간대 집중, 피크 부하 관리, 급속충전 여부 등 기술적 특성을 항만 전체 전력사용량 계획과 함께 검토하여 안정적인 운영 기반을 확립해야 한다.

〈표 4-15〉 「항만 및 어항 설계기준」 항만전기설비편 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
1.4 용어의 정의 (신설)	1.4 용어의 정의 이송장비 전력공급설비: 자동화 또는 전동화 이송장비에 필요한 전기를 항만 내에서 공급·충전하기 위한 전원 설비를 말한다.
1.6 시설물의 구성 항만전기설비에는 전력 및 통신회사로부터의 인입설비 이외에 수변전설비, 예비전원설비, 전	1.6 시설물의 구성 항만전기설비에는 전력 및 통신회사로부터의 인입설비 이외에 수변전설비, 예비전원설비, 전

현행 기준	개정 기준(안)
력간선 및 배선설비, 피뢰 및 접지설비, 조명설비, 감시제어설비, 통신 및 약전설비, 전기음향설비, 소방전기설비, 신전원설비 그리고 컨테이너부두 육상전기 및 통신설비, 선박 육상전원공급설비 등으로 이루어진다.	력간선 및 배선설비, 피뢰 및 접지설비, 조명설비, 감시제어설비, 통신 및 약전설비, 전기음향설비, 소방전기설비, 신전원설비 그리고 컨테이너부두 육상전기 및 통신설비, 선박 육상전원공급설비, 이송장비 전력공급설비 등으로 이루어진다.
2.1 조사 및 계획 일반 (1) 전기인입 및 전력공급용량 등의 관련 사항은 전기공급약관 등에서 정하고 있는 사항을 참조하여 한국전력공사와 협의 결정하여야 한다. (2) 통신인입 관련 사항은 정보통신 관련 법령에 준하여 관련 기관과 협의 결정하여야 한다. (3) 부두에 정박 중인 선박에 육상전력공급을 위한 사항은 항만 전체의 전력사용량 계획과 함께 검토하여 결정하여야 한다.	2.1 조사 및 계획 일반 (1) ~ (3) (현행과 동일) (4) 이송장비 전력 공급·충전을 위한 사항은 장비 운영계획을 고려하여 항만의 전체 전력 사용량 계획과 함께 검토하여 결정하여야 한다.
4.6.4. 조명설비(생략) 4.6.5. 전기통신 및 방법설비(생략)	4.6.4. (신설)이송장비 전력공급설비 (1) 이송장비 전력공급설비는 항만 내 장비 운영계획과 충전부하 특성을 고려하여 설계하여야 한다. (2) 이송장비에 대한 안정적 전원 공급이 가능하도록 변전설비 및 배전계통을 계획하여야 한다. (3) 설비의 배치와 위치는 항만 하역 및 물류 활동과 장비 운영에 지장을 초래하지 않는 곳으로 하며, 변전설비, 전력변환장치, 충전구역 등 공간 소요를 고려하여 계획하여야 한다. 4.6.5. 조명설비(현행과 같음) 4.6.6. 전기통신 및 방법설비(현행과 같음)

자료: 저자 작성

〈표 4-16〉 이송장비 전력공급시설 관련 법제도 개선 방안

구분	개선 방안		
쟁점	• 자동이송장비 전력공급설비의 설치 및 안전관리 기준 제도적 공백 존재 • 「전기안전관리법」 등의 적용은 가능하나, 항만 관련 법령과의 연계성 부족		
개선 방향	• 항만 관련 법령에 자동이송장비 전력공급설비를 규정하고 안전관리 체계 마련		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
	√	√	
	• 「항만안전특별법」 개정 • 「항만 및 여항 설계기준」 ‘항만전기설비’편 개정		
기대효과	• 항만 내 자동이송장비 전력공급설비 안전관리 공백 해소		
고려 사항 및 지원 사항	• 「전기안전관리법」 등 타법과의 충돌 및 중복 규제를 최소화하도록 개선 • 충전 부하 특성을 반영한 기술기준 수요 등 이해관계자 의견 수렴		

자료: 저자 작성

3. 항만 시설·장비 검사 및 관리 기준 현대화

1) 자동이송장비 검사기준 마련

항만시설장비는 「항만법」 제33조(시설장비의 검사 등)에 따라 제조검사, 설치검사, 정기검사, 수시검사 등을 수행해야 한다. 이때 검사 종류별 검사 대상 시설장비는 「항만시설장비 관리규칙」 별표 1에서 정하며, 검사방법은 「항만시설장비 검사기준」을 따른다. 현재 자동이송장비는 제조검사 또는 설치검사 대상에는 포함되지 않고, 정기검사 대상에 무인 트랜스포터(AGV)가 포함되어 있다. 자동이송장비는 기존의 유인 장비와 달리 모니터링, 정밀 제어, 서스펜션 등의 기능이 적용되어, 도입 초기의 안전성과 성능을 검증할 필요가 있다.

현행 검사체계는 물리적 구조나 주요 부품과 같은 하드웨어 중심의 항목에 초점을 맞추고 있어, 자동이송장비의 특징을 충분히 검증하기는 어렵다.

이에 자동이송장비를 도입하는 경우 검사를 수행할 수 있도록 검사 대상에 포함하고, 자동이송장비 특성에 맞는 검사기준을 마련해야 한다. 통상적으로 제조검사는 크레인과 같이 제작에 장기간이 소요되며, 수많은 부품이 결합되는 주문 제작 방식이 주를 이루는 대형 장비를 도입할 때 수행한다. 자동이송장비는 비교적 제작 기간이 짧고, 부품 구성이 복잡하지 않으며, 표준화된 양산이 가능하다는 점에서 설치검사 대상으로 포함하는 것이 타당하다. 과거 야드 트랙터 등의 이송장비도 제조검사가 아닌 설치검사 대상이었던 점도 참고할 만한 선례이다.

이에 따라 「항만시설장비 관리규칙」 별표 1의 설치검사 항목으로 자동이송장비를 포함하고, 「항만시설장비 검사기준」 제3장(설치검사)에 자동이송장비 관련 검사 항목 및 방법에 관한 조항을 마련해야 한다.

〈표 4-17〉 「항만시설장비 관리규칙」 별표 1 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
2. 설치검사 대상: 로딩암>Loading Arm) 및 탑승교>Passenger Boarding Bridge)	2. 설치검사 대상: 로딩암>Loading Arm) 및 탑승교>Passenger Boarding Bridge), 자동이송장비

자료: 저자 작성

〈표 4-18〉 「항만시설장비 검사기준」 제3장 구성 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
제3장 설치기준	제3장 설치기준
제40조 일반사항	제40조 일반사항
제41조 성능 및 안전	제41조 성능 및 안전
제42조 호이스팅 기구 및 스프레더	제42조 호이스팅 기구 및 스프레더
제43조 와이어로프 장치	제43조 와이어로프 장치
제44조 원동기 및 하체부	제44조 원동기 및 하체부
제45조 야드새시	제45조 야드새시
제45조의2 로딩암	제45조의2 로딩암
제45조의3 탑승교	제45조의3 탑승교
	제45조의4 자동이송장비
제46조 기타장치	제46조 기타장치

자료: 저자 작성

자동이송장비의 구성은 크게 동력 시스템, 유압 시스템, 전기 시스템 등 일반적인 이송장비에 공통적으로 적용되는 항목과 자동이송장비의 특성상 요구되는 기능으로 구분할 수 있다. 특히 서스펜션, 모니터링 디스플레이, 내비게이션, 제어시스템 등 자동이송장비 등에 신기술이 적용되므로 이에 대한 별도의 검사기준이 필요하다. 예를 들어 모니터링 디스플레이 및 제어시스템에 탑재되어야 하는 정보와 기능을 제시하거나 구동·조향·측위·제동 허용 오차 수준을 규정하여, 자동이송장비가 항만에 도입되기 위해 최소한 제시된 요건을 갖추었는지 검사하도록 하는 것이다.

또한 앞서 제시한 「항만 및 어항 설계기준」 ‘자동화 컨테이너터미널’ 편에서 자동이송장비 도입을 위한 지반, 포장 등 설계기준에 관한 사항은 정하고, 「항만시설장비 검사기준」에서 장비의 성능과 안전성을 검증하는 검사방법을 구체화한다면, 항만의 개발 단계와 운영 단계를 아우르는 체계를 정비할 수 있을 것이다.

〈표 4-19〉 자동이송장비 검사 항목(예시)

구분	내용
서스펜션	- AGV는 서스펜션을 설치하는 것이 바람직하며, 주행 및 하중 적재 중 발생하는 충격을 효과적으로 흡수 또는 감소시켜야 한다. - 서스펜션은 AGV의 운행 및 하중 적재 중 발생하는 수직력, 종력, 측력을 견딜 수 있어야 한다.
주행 구동 및 조향 시스템	- 구동 및 조향 구성은 최소 회전 반경 요건을 만족해야 한다. - 정전 시 브레이크는 자동 작동 상태여야 한다. - 조향 명령에 대한 반응 시간은 0.5초 이내여야 한다.
컨테이너 가이드 및 고정장치	- AGV에는 컨테이너 가이드 및 고정장치를 설치하여 컨테이너 위치 이탈을 방지하고, AGV와 하역장비 간 컨테이너 연계가 원활하게 이루어지도록 해야 한다. - AGV 상의 컨테이너 이동 허용 오차는 종방향: 100mm 이하, 횡방향: 15mm 이하, 수평면 내 회전: 0.5° 이하여야 한다. - 가이드 및 고정장치의 횡·종 방향 설치 위치 허용 오차는 5mm 이하여야 한다.
모니터링 디스플레이	AGV는 각 부품의 작동 상태 및 고장 정보를 표시하는 모니터링 유닛을 갖추어야 하며, 다음 정보를 포함해야 한다.

구분	내용
	- a) 발전기(해당 시): 엔진 RPM, 연료 잔량, 발전기 속도, 출력 전압 및 전류 - b) 배터리: 용량, 전체 전압 및 전류, 셀 전압 및 온도 - c) 주행 및 조향 시스템: 모터 속도, 토크, 전류, 전압, 바퀴 속도, 조향각도 - d) 유압 시스템: 압력, 오일 온도, 오일 레벨, 비레 밸브, 솔레노이드 밸브
내비게이션 및 주차 정밀도 시스템	• 측위 시스템: 자기 유도, 무선 거리 측정 등 원리에 기반하며, 위치 오차는 15mm 이하여야 한다. • 주차 정밀도: 위치 오차는 30mm 이하, 각도 오차는 0.4° 이하여야 한다.
제어시스템	• 현장 제어 및 원격제어의 두 가지 모드 적용이 가능해야 한다. • 현장 조작 스테이션 및 무선 리모컨이 있어야 하며, 조작이 용이하고 오작동 방지 설계가 되어야 한다. • 원격제어 요건: - a) 전진, 조향, 정지, 비상정지 등의 기능 포함 - b) 제어 거리는 최소 150m 이상, 제어 불능 시 비상정지 기능 발동 - c) 통신 오류 감지 기능을 갖추고, 오류 발생 시 1초 이내 비상정지 - d) AGV와 제어기 간 인증 기능 필수, 제어기 1대는 동시에 1대의 AGV만 제어 가능

자료: 중국 교통운수부(2021b)를 바탕으로 저자 작성

현재 국내 항만은 자동이송장비 도입 초기 단계로 검사 항목, 방법, 기준을 체계적으로 정립하기 위한 정보가 충분히 축적되지 않은 실정이다. 따라서 장비 제조사의 매뉴얼과 해외 선도국 사례를 조사하여 기초자료를 분석하는 과정이 선행되어야 한다. 또한 기술 도입 초기 단계임을 고려하여 세계 선도국 수준의 엄격한 기준을 마련하기보다는 터미널 운영사, 장비 제작사, 검사기관 등 이해관계자의 의견을 수렴하여 현실적이고 적용 가능한 검사체계를 구축한 후 기술 발전에 따라 보완·강화해 가는 것이 바람직하다.

〈표 4-20〉 자동이송장비 검사기준 개선 방안

현행 기준	개정 기준(안)
쟁점	• 도입 초기 단계인 자동이송장비의 검사기준 관련 제도 부재 - 자동이송장비는 도입 시 제조검사 및 설치검사 대상이 아니며, 현행 검사기준은 하드웨어 중심으로 구성

현행 기준	개정 기준(안)		
개선 방향	• 현행 제도의 공백을 보완하도록 자동이송장비를 검사 대상에 포함하고, 자동이송장비 핵심 구성 요소에 대한 검사 항목 및 기준을 마련 • 항만 설계기준에도 자동이송장비 도입을 위한 관련 사항을 반영하여 제도 간 유기적 체계 구성		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
		√	
	• 「항만시설장비 관리규칙」 별표 1 개정 • 「항만시설장비 검사기준」 제3장(설치 기준) 개정		
기대효과	• 자동이송장비 도입에 따른 제도적 공백 완화 • 자동이송장비의 안전성 검사로 안전사고 발생 가능성 완화		
고려 사항 및 지원 사항	• 자동이송장비 검사 항목, 방법, 기준을 수립하기 위한 국내의 축적된 정보가 부족한 실정으로, 해외 선도국 사례 및 제조사 매뉴얼 등의 조사 필요 • 국내 항만은 자동이송장비 도입 초기 단계임을 고려하여 터미널운영사, 장비 제작사, 검사기관 등 이해관계자의 의견을 반영해 현실적이고 적용 가능한 기준 마련 필요		

자료: 저자 작성

2) 첨단기술의 항만시설물 안전점검 활용 기반 조성

항만시설물의 안전점검 및 유지관리 영역에도 센서, 영상인식, 드론, 디지털 트윈 등 첨단기술이 접목될 것으로 전망된다. 이에 따라 기존의 ‘사람에 의한 육안 관찰 중심’의 점검 방식을 보완하여 객관적 데이터 기반의 점검을 수행할 수 있다. 특히 인력의 접근이 어려운 장소에 설치되거나 크기가 거대하여 작업자의 육안 관찰이 어려운 항만 환경의 특성을 고려하면 비접촉식·자동화 안전점검 및 유지관리 기술의 도입 필요성은 더욱 높아질 것으로 예상된다.

「항만시설물 안전점검 지침」 제3조(정의) 및 제13조(정기안전점검 수행 방법)에서는 안전점검을 육안이나 점검 기구를 활용한 조사 행위로 규정하고, 점검방식을 외관조사 수준의 관찰로 정하고 있다. 이러한 정의는 첨단기술의 발전과 활용 가능성을 충분히 반영하지 못하여, 안전점검 및 유지

보수에 첨단기술을 적극 활용하기 어렵게 한다.

이에 신기술을 보조적 수단으로 활용할 수 있도록 허용하고, 사람의 접근이 곤란하거나 위험한 경우에 대해서는 기존 제도에 따른 외관 조사 수준에 상응하는 신기술 기반 조사로 안전점검을 갈음할 수 있도록 개정하는 방안을 검토할 수 있다. 기존의 안전점검 체계에 신기술 활용 가능성을 열어둠으로써 점검의 정확도·객관성을 높이고, 위험한 경우에 한하여 신기술 기반 안전점검을 우선 적용함으로써 안전성을 강화할 수 있다.

〈표 4-21〉 항만시설물 안전점검 지침 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
제3조(정의) 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 1. “안전점검”이란 경험과 기술을 갖춘 자가 육안(맨눈)이나 점검기구 등으로 검사하여 위험요인을 조사하는 행위로 정기안전점검, 정밀안전점검, 긴급안전점검을 말한다.	제3조(정의) 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 1. “안전점검”이란 경험과 기술을 갖춘 자가 육안(맨눈), 점검기구, 영상장비, 데이터 수집 장치 등을 활용하여 위험요인을 조사하는 행위로서 정기안전점검, 정밀안전점검, 긴급안전점검을 말한다.
제13조(정기안전점검 수행방법) ① 정기안전점검은 자격을 갖춘 사람에 의한 외관조사 수준의 점검으로서 시설물의 기능적 상태를 판단하고 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위한 관찰로 이루어진다.	제13조(정기안전점검 수행방법) ① 정기안전점검은 자격을 갖춘 사람에 의한 외관조사 수준의 점검으로서 시설물의 기능적 상태를 판단하고 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위한 관찰로 이루어진다.
② 제1항에 따라 점검을 실시하는 사람은 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 중대한 결함을 발견할 수 있도록 주의를 기울여야 한다.	② 점검을 실시하는 사람은 신기술을 보조적 수단으로 활용할 수 있다. 다만, 사람의 접근이 곤란하거나 안전상 중대한 위험이 있는 시설물에 대해서는 책임기술자의 책임 하에 사람에 의한 외관조사 수준에 준하는 신기술 기반의 조사로 정기안전점검을 갈음할 수 있다.
	③ 제1항 및 제2항에 따라 점검을 실시하는 사람은 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 중대한 결함을 발견할 수 있도록 주의를 기울여야 한다.

자료: 저자 작성

안전점검에 드론을 활용하는 경우에는 추가적으로 검토해야 할 사항이 있다. 「국제선박항만보안법」에서는 보안상의 목적으로 항만시설에서의 드론 비행을 원칙적으로 금지하고, 예외적으로 비행 승인을 받거나 공공기관이 소유하거나 임차한 드론을 재난·재해 등의 해양수산부령으로 정한 공공 목적으로 활용하는 경우에만 허용한다. 여기서 ‘해양수산부령으로 정한 공공목적’이란 「국제선박항만보안법 시행규칙」 제40조의4에 따라 재해·재난 발생 시, 화재 예방, 응급환자 구조·구급, 테러 예방 등의 긴급 상황에만 국한되어있으며, 일상 시의 안전점검은 해당하지 않는다. 따라서 현행 체계에서는 사전 비행 승인 없이는 드론을 활용한 안전점검이 불가능함을 의미한다.

안전점검 및 유지관리를 목적으로 드론을 활용하기 위해서는 현행 법령 개정을 통해 드론 활용의 법적 근거를 마련해야 한다. 개정 방향은, 항만시설물의 안전점검과 유지관리를 목적으로 한 드론은 비행이 가능하도록 하는 조항을 신설하는 것이다. 개정 시에는 「국제선박항만보안법」의 목적인 항만의 보안을 해치지 않기 위해서 무분별한 민간 드론 비행을 허용하는 것이 아니라, 항만시설물의 관리 주체인 항만공사 및 항만시설소유자에 한해 시설물 점검 목적의 드론 운용이 가능하도록 제한하여 보안상 위험을 최소화하는 것이 중요하다.

〈표 4-22〉 「국제선박항만보안법」 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
제33조의2(항만시설에서의 드론 비행금지 등) ① 누구든지 「드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률」 제2조제1항제1호에 따른 드론(이하 “드론”이라 한다)을 조종하여 제33조 제1항제3호에 따른 지역의 공중(空中)구역을 비행하여서는 아니 된다. ② 제1항에도 불구하고 드론을 사용하여 비행하려는 사람은 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 미리 항만시설보안책임자로부터 비	제33조의2(항만시설에서의 드론 비행금지 등) ① (현행과 같음) ② 제1항에도 불구하고 드론을 사용하여 비행하려는 사람은 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 미리 항만시설보안책임자로부터 비

현행 기준	개정 기준(안)
행승인을 받아야 한다. 다만, 국가, 지방자치단체, 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관으로서 대통령령으로 정하는 공공기관이 소유하거나 임차한 드론을 재해·재난 등으로 인한 수색·구조, 화재의 진화, 응급환자 후송, 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 공공목적으로 운용하기 위하여 항만시설보안책임자에게 사전에 통보한 경우에는 그러하지 아니하다. ③ 국가, 지방자치단체, 「항만공사법」에 따른 항만공사(이하 “항만공사”라 한다) 또는 항만시설소유자는 제2항에 따른 비행승인을 받지 아니한 드론이 제1항에 따른 구역에 접근하거나 침입한 경우 해당 드론을 탐지·퇴치·추락·포획하는 등 항만보안에 필요한 조치를 할 수 있다. ④ 국가, 지방자치단체, 항만공사 및 항만시설소유자는 제3항에 따라 드론을 탐지하거나 퇴치하기 위하여 국가, 지방자치단체, 항만공사 및 항만시설소유자가 소유하거나 관리·운영하는 항만시설 범위 밖의 보안업무에 대하여 협력할 수 있다.	행승인을 받아야 한다. 다만, 국가, 지방자치단체, 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관으로서 대통령령으로 정하는 공공기관, 「항만공사법」에 따른 항만공사(이하 “항만공사”라 한다) 또는 항만시설소유자가 소유하거나 임차한 드론을 재해·재난 등으로 인한 수색·구조, 화재의 진화, 응급환자 후송, 항만시설물의 정기 안전점검 및 유지관리, 그 밖에 해양수산부령으로 정하는 공공목적으로 운용하기 위하여 항만시설보안책임자에게 사전에 통보한 경우에는 그러하지 아니하다. ③ 국가, 지방자치단체, 「항만공사법」에 따른 항만공사 또는 항만시설소유자는 제2항에 따른 비행승인을 받지 아니한 드론이 제1항에 따른 구역에 접근하거나 침입한 경우 해당 드론을 탐지·퇴치·추락·포획하는 등 항만보안에 필요한 조치를 할 수 있다. ④ (현행과 같음)

자료: 저자 작성

〈표 4-23〉 「국제선박항만보안법 시행규칙」 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
제40조의4(항만시설에서의 드론 비행승인 절차 등) ② 법 제33조의2제2항 단서에서 “해양수산부령으로 정하는 공공목적”이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 공공목적을 말한다. 1. 시설물 붕괴·전도 등으로 인한 재해·재난이 발생한 경우 또는 발생할 우려가 있는 경우의 안전진단 2. 산불, 건물·선박 화재 등 화재의 예방 3. 응급환자를 위한 장기(臟器) 이송 및 구조·구급활동	제40조의4(항만시설에서의 드론 비행승인 절차 등) ② (현행과 같음) 1.~5.(현행과 같음)

현행 기준	개정 기준(안)
4. 풍수해 및 수질오염 등이 발생하는 경우 긴급 점검 5. 테러 예방 및 대응	6. 「항만공사법」에 따른 항만공사 또는 항만시설소유자가 소유하거나 임차한 드론을 활용해 수행하는 항만시설물 정기 안전점검 및 유지관리
6. 그 밖에 제1호부터 제5호까지에서 규정한 공공목적과 유사한 공공목적으로서 해양수산부장관이 정하여 고시하는 공공목적	7. 그 밖에 제1호부터 제5호까지에서 규정한 공공목적과 유사한 공공목적으로서 해양수산부장관이 정하여 고시하는 공공목적

자료: 저자 작성

이러한 개정은 단순히 기술을 수용 가능성을 확보하는 것을 넘어 장기적으로 센서 데이터, 영상인식, 디지털 트윈 등의 기술을 연계한 스마트항만 유지관리 체계로 나아가는 제도적 기반 조성의 초석을 마련할 것으로 기대된다.

〈표 4-24〉 첨단기술의 항만시설물 안전점검 적용 개선 방안

구분	개선 방안		
쟁점	• 현행 항만시설물 안전점검 체계는 첨단기술의 수용도가 낮은 유인 수동 기반 • 특히 드론 비행의 활용 가능성이 제한적		
개선 방향	• 항만시설물 안전점검에 신기술 활용할 수 있다는 근거 조항 마련 • 안전점검 주체의 안전점검 목적의 드론 활용이 가능하도록 개선		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
	√	√	
	• 「항만시설물 안전점검 지침」 개정 • 「국제선박항만보안법」 개정 • 「국제선박항만보안법 시행규칙」 개정		
기대효과	• 첨단기술 기반 항만 유지관리 체계 고도화 촉진		
고려 사항 및 지원 사항	• 유지관리 목적으로 드론 비행을 허용하는 조항을 신설할 때 항만 보안상 위험을 최소화하도록 고려		

자료: 저자 작성

4. 데이터 활용 및 관리 기반 조성

1) 개인정보 및 위치정보 활용 근거 마련

원격제어 및 자율주행 항만 장비는 안전한 운행과 사고 방지를 위해 영상·위치정보 수집이 불가피하나, 현행 체계에서는 이러한 정보의 처리와 활용에 관한 근거가 모호하다. 「자율주행자동차법」과 「개인정보보호법」 등에서 자율주행 장비의 개인정보 수집 및 활용에 대한 특례 조항을 두고 있지만 항만 장비에 명확히 적용되지는 않는다. 「자율주행자동차법」의 적용 대상인 자율주행차는 「자동차관리법」에 따른 운전자 또는 승객의 조작 없이 스스로 운행이 가능한 자동차이다. 하지만 항만 내 원격제어 및 자율주행 장비의 법적 지위는 자동차가 아닌 항만 장비이기 때문에 「자율주행자동차법」에 따른 개인정보 활용 특례 조항은 적용되지 않는다. 「개인정보 보호법」 제25조의 2에서 정하는 이동형 영상정보처리기기로는 해석될 수 있으며, 촬영 사실을 고지하고 정보 주체가 거부하지 않는 경우 영상의 수집과 활용이 허용될 수 있다. 그러나 여전히 정보 주체의 거부권에 따라 정보 수집·활용 가능 여부가 불확실하다는 점에서 개선이 필요하다.

향후에는 장비의 주행을 위해서뿐만 아니라 지능형 CCTV 기반 항만 안전 모니터링 등 다양한 영역에서 개인정보 및 위치정보를 활용하는 스마트항만 기술 도입이 확대될 것으로 전망된다. 따라서 필수적인 정보를 수집·활용할 수 있도록 하는 제도적 근거 마련이 필요하다. 항만 장비의 정보 수집·활용에 대한 근거 조항을 마련하기 위해서는 「개인정보보호법」, 「위치정보법」 등의 개별법을 개정하는 방법과 항만 관계 법령을 개정하는 방법을 고려할 수 있다. 하지만 포괄적인 일반법에 항만 산업만을 위한 조항을 신설하는 것은 적합하지 않기 때문에, 항만 관계 법령에서 개별법에 우선적용하는 조항을 신설하는 방안 검토가 필요하다.

「자율주행자동차법」의 사례에서는 자율주행자동차 이용환경 조성을 위한 장에 개인정보 활용에 대한 조항을 포함하고 있다. 항만에서의 정보 수집 목적 역시 신기술의 적용 기반을 조성하기 위함임을 감안하면 「항만기술산업법」에 관련 조항을 신설하는 방안을 고려할 수 있다. 이에 더해 「항만안전특별법」에서 사업자의 개인정보 및 위치정보 보호조치 의무 준수를 상기하는 조항을 함께 마련하여, 정보의 활용 가능성은 제고하되 정보 보호를 준수하는 구조적 체계를 갖추어야 한다.

〈표 4-25〉 「항만기술산업 육성법」 개정(안)

제2장(항만기술산업의 기반 조성)
(신설)
제0조(익명처리된 개인정보 등의 활용에 대한 다른 법률의 배제) 항만 내 원격 조정, 자동 및 자율주행 기술이 적용된 장비를 운행하거나 안전관리 목적의 모니터링 시스템을 운영하는 과정에서 수집한 다음 각 호의 정보의 전부 또는 일부를 삭제하거나 대체하여 다른 정보와 결합하는 경우에도 더 이상 특정 개인을 알아볼 수 없도록 익명처리하여 정보를 활용하는 경우에는 「개인정보 보호법」, 「위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률」 및 「정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률」의 적용을 받지 아니한다.
1. 「개인정보 보호법」 제2조제1호에 따른 개인정보
2. 「위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률」 제2조제2호에 따른 개인위치정보
3. 제1호 및 제2호에 준하는 정보로서 대통령령으로 정하는 정보

자료: 저자 작성

〈표 4-26〉 「항만안전특별법」 및 「항만안전특별법 시행령」 개정(안)

항만안전특별법	
현행 기준	개정 기준(안)
제9조(자체안전관리계획의 수립·승인 등) ① 항만운송 참여자 중 「항만운송사업법」 제4조에 따라 항만하역사업을 관리청에 등록한 자(이하 “항만하역사업자”라 한다)는 항만운송 종사자의 안전사고 예방을 위하여 항만 내 출입통제, 시설 안전확보 및 안전장비 지급 등 대통령령으로 정하는 바에 따라 자체안전관리계획(이하 “자체안전관리계획”이라 한다)을 수립하여 관리청의 승인을 받아야 한다. 승인받은 내용을 변경하려는 경우에도 또한 같다.	제9조(자체안전관리계획의 수립·승인 등) ① 항만운송 참여자 중 「항만운송사업법」 제4조에 따라 항만하역사업을 관리청에 등록한 자(이하 “항만하역사업자”라 한다)는 항만운송 종사자의 안전사고 예방을 위하여 항만 내 출입통제, 시설 안전확보 및 안전장비 지급, 개인정보 및 위치정보 보호조치 등 대통령령으로 정하는 바에 따라 자체안전관리계획(이하 “자체안전관리계획”이라 한다)을 수립하여 관리청의 승인을 받아야 한다. 승인받은 내용을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

항만안전특별법 시행령	
현행 기준	개정 기준(안)
제6조(자체안전관리계획의 승인 등) ① 법 제9조제1항 전단에 따른 자체안전관리계획(이하 “자체안전관리계획”이라 한다)에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. 1. 안전관리 전담조직의 운영 등 자체안전관리 체계의 운영 및 관리에 관한 사항 2. 하역작업별 작업기준 및 안전작업 요령에 관한 사항 3. 하역장비 취급 시 안전수칙에 관한 사항 4. 항만하역시설 등에 대한 안전점검계획 및 안전점검의 실시에 관한 사항 5. 그 밖에 관리청이 항만안전사고 예방을 위하여 필요하다고 인정하는 사항	제6조(자체안전관리계획의 승인 등) ① 법 제9조제1항 전단에 따른 자체안전관리계획(이하 “자체안전관리계획”이라 한다)에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. 1.~4. (현행과 동일) 5. 장비의 개인정보 수집·이용 및 안전한 보호 조치에 관한 사항 6. 그 밖에 관리청이 항만안전사고 예방을 위하여 필요하다고 인정하는 사항

자료: 저자 작성

제도 개선과 함께 실무 현장에서 정보 활용을 위한 구체적 조치와 문화 조성이 병행되어야 한다. 예를 들어 정보 주체를 식별할 수 없도록 작업자 얼굴 등을 실시간으로 가명 처리 및 비식별화(블러, 모자이크 등)하는 조치를 취하고, 작업자에게 장비 및 시스템의 안정적 운영과 작업자 안전 확보를 위해 영상정보 수집이 필수 절차임을 사전에 고시하는 것이다.

〈표 4-27〉 스마트항만 기술의 개인정보 및 위치정보 활용 제도 개선 방안

현행 기준	개정 기준(안)		
쟁점	• 개인정보 및 위치정보의 활용 가능성이 불분명하며, 정보 활용이 불가능할 경우 스마트항만 기술 운영 불가능		
개선 방향	• 신기술 발전과 적용을 저해하지 않도록 규제 완화(원칙적 허용으로 전환) • 단, 그로 인한 사회적 부작용을 최소화하도록 안전조치를 병행		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
	√		
	• 「항만기술산업 육성법」 개정 • 「항만안전특별법」 및 「항만안전특별법 시행령」 개정		

현행 기준	개정 기준(안)
기대효과	• 개인정보 및 위치정보를 활용하는 신기술 개발·적용 촉진
고려 사항 및 지원 사항	• 정보 주체 식별 방식을 위한 가명 처리 및 비식별화 조치 도입 • 정보 활용의 목적 명확화 및 사전 고지를 통한 현장 근로자의 인식 제고

자료: 저자 작성

2) 항만 데이터 표준화

스마트항만은 다양한 장비와 시스템이 실시간으로 상호 연계하여 운영되며, 그 과정에서 장비 상태, 작업계획, 작업 상황, 컨테이너 처리 현황 등 다양한 형태의 정보가 발생한다. 만약 데이터가 표준화되지 않는다면 수많은 장비와 시스템 사이에서 교환되는 데이터를 변환하고 해석하는 과정에서 처리 용량 증가, 속도 지연 등의 비효율 문제가 발생한다. 데이터 연계 과정에서의 효율성은 전체 스마트항만 운영 효율성과 직결되는 중요한 사항으로, 상이한 데이터 체계를 일관되고 간결한 기준으로 표준화하는 것은 매우 중대한 쟁점이다.

〈그림 4-2〉 데이터 표준화에 따른 데이터 교환 비교

데이터 표준화 전	
The Problem  1- Hey! I'm listen to you 3- Sorry I don't understand you, Who are you? 5-When do you move? 7- What part of the process? Beginning or end? 9- "2" is a forecast or confirmed value? 11- What is the measurement unit of "2"? 13- Fantastic! I "move" "2" -2 I am STS01 from London-4 Today From 12:00 to 12:10 -6 I already finished -8 It is done!-10 2 are units, it is the number of "Boxes" -12	
데이터 표준화 후	
 14- Hi guys, why don't you use TIC 4.0? It is easier: Today At 12:00-12:10 London-ST501 move out result "2" boxes	

자료: TIC 4.0(검색일: 2025.9.1.)

데이터 표준화를 추진하는 대표적 사례로는 민간 중심으로 운영되는 TIC 4.0과 정부 주도의 중국 국가표준(GB/T 38567-2020)이 있다. TIC 4.0은 글로벌 운영사, 장비사, 소프트웨어 공급사가 참여하여 국제적인 상호운용성을 목적으로 한 데이터 표준화를 추진하고, 중국 표준에서는 중국 항만에서 교환되는 데이터 유형을 정의하고, 교환 원칙과 절차를 제시한다.

향후 국내 스마트항만 장비와 시스템의 해외시장 진출을 염두한다면, 결국 국외 표준화 사례를 바탕으로 세계 시장과 호환되는 표준화 체계를 갖추는 것이 유리하다. 이에 대표적인 국외 사례를 참고하여 국내 항만 데이터 표준화 작업 시 포함되어야 할 주요 내용은 <표 4-28>과 같다.

〈표 4-28〉 항만 데이터 표준화 작업 시 주요 내용(예시)

구분	주요 내용
일반사항	• 데이터 및 데이터 교환 기본 원칙 • 데이터 표준의 적용 범위 및 계층 정의 - Level 1: 항만 장비-데이터 중계 시스템 간 데이터 교환 - Level 2: 데이터 중계시스템-운영 시스템 간 데이터 교환
용어와 정의	• 데이터 수집 항목 식별, 용어 및 명명 규칙 정의 - 컨테이너 입출항 및 처리 과정 - 선박, 철도, 트럭 입출항 및 처리 과정 - 장비별 작업 사이클 - 컨테이너 하역 장비(크레인, 이송장비 등) - 특정 행위 및 상태 데이터
데이터 모델	• 모든 데이터가 준용하는 공통 구조 정의 - Header(식별자, 송신자, 발생 시간) - Subject(주체: 장비, 컨테이너, 작업 등) - Concept(상태: 작업 할당, 등) - Observed Property(측정 속성: 거리, 중량, 속도, 부피, 좌표 등) - Point of Measurement(측정 기준: 시간, 데이터 발생지 등) - Value(측정값)
데이터 세트	• 실제 운영 시나리오별 교환되는 데이터 집합 정의 - 하역 사이클 - 장비 상태 보고 - 게이트 처리

구분	주요 내용
	- 컨테이너 모니터링
데이터 스키마	• 데이터 세트를 시스템이 이해할 수 있는 구조 및 형식(JSON, XML 등)으로 정의
데이터 교환	• 데이터 교환 절차 및 규칙

자료: TIC 4.0(2025.8.26.); 중국 교통운수부(2020c)를 바탕으로 저자 작성

표준화 방법으로는 단체표준, 국가표준 등을 고려할 수 있다. 단체표준은 민간 표준으로서 제도적 구속력은 없지만 빠른 합의와 제정이 가능하다. 반면, 국가표준은 국내 향만에 일관되게 적용할 수 있지만 제정 절차가 상대적으로 오랜 시간이 소요되며 복잡하다는 한계가 있다.

국내 향만 데이터 표준화에는 단계적인 접근이 바람직하다. 초기에는 향만공사, 연구기관, 산업계 등이 참여하여 단체표준을 신속하게 제정하고, 실제 향만에 시범적용을 통해 범용성과 정합성을 개선해야 한다. 이후 검증된 결과를 바탕으로 국내 향만에 폭넓게 적용할 수 있는 국가표준으로 격상하는 것이 적절하다.

〈표 4-29〉 향만 데이터 표준화 개선 방안

구분	개선 방안		
쟁점	• 향만 데이터 표준 부재로 장비 및 시스템 간 연계 미비, 향만 운영 비효율 발생		
개선 방향	• 향만 데이터 표준 제정으로 제도적 공백 완화		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
			√
	• 향만 데이터 표준(가칭) 제정		
기대효과	• 장비 및 시스템 간 연계성 강화로 터미널 운영 효율성 향상 • 국제 동향을 고려한 표준화로 국제 경쟁력 및 해외시장 진출 기반 확보		
고려 사항 및 지원 사항	• 단체표준으로 신속한 제정 후 시범운영을 거쳐 범용적인 국가표준으로 격상하는 단계적 추진 필요		

자료: 저자 작성

3) 탄소 배출량 관리를 위한 배출량 산정 지침 개발

항만의 탈탄소화 요구가 강화됨에 따라 탄소 배출량을 실시간으로 측정·예측·관리하기 위한 기술개발도 논의되고 있다. 그러나 기술을 개발하고 적용하기 위해서는 배출량 산정을 위한 필수 데이터의 유형, 수집 방식 및 경로, 산정 방식에 대한 체계적인 기준이 선제적으로 마련되어야 한다.

국제기구와 미국, 일본, 중국 등 주요국 정부에서는 이미 항만 부문에 특화된 온실가스 배출량 산정 기준을 마련하고 있다. 일례로 미국 환경보호국(EPA)은 ‘항만 배출 인벤토리 지침’을 통해 장비 유형, 유형별 배출량 산정을 위한 필요 정보, 정보를 수집할 수 있는 자료, 산정 방식을 제시했다. 반면 국내에서는 항만 부문에 적용할 수 있는 기준이 부재하여 신기술 개발과 도입을 위한 기준점이 마련되지 못한 상황이다.

〈표 4-30〉 해외 항만 온실가스 배출량 산정 지침 현황

법령	항만 분야 배출량 산정 지침
국제	• (ISO) ISO 14083: 2023 공급망 온실가스 산정 및 보고 • (GEF·UNDP·IMO·IAPH) 항만 배출량 도구
미국	• (환경보호국) 항만 배출 인벤토리 지침
일본	• (환경성·경제산업성) 온실가스 배출량 산정 및 보고 지침 • (국토교통성) 항만 온실가스 배출량 산정 매뉴얼(안)
중국	• (교통운수부) 녹색 항만 등급 평가 지침 • (국가표준) 항만 에너지 소비 통계 및 분석 방법

자료: 각 자료를 참고하여 저자 정리

〈표 4-31〉 미국 환경보호국(EPA) 항만 배출 인벤토리 지침(예시)

장비 유형	필요 정보	정보원
• 외항 선박 - 벌크선, 케미컬선, 컨테이너선, 크루즈, 페리/여객선, 어	• 선박 활동(입출항 시간, 접안 위치, 선종 등) • 선박 특성(엔진, 마력, 연료)	• AIS • 선박 이동 로그 • 엔진 사양

장비 유형	필요 정보	정보원
선, 유조선, 가스선 등	- 종류 등) • 운항 단계별 시간(항해, 조종, 정박 등) • 연료 사용량(연료 종류, 주/보조기관, 보일러 포함)	• 연료 소비/병커인수도증
• 항내 선박 - 바지선, 통선, 준설, 관공선, 예인선 등	• 선박 대수 및 유형 • 엔진 특성 • 연간 연료 사용량 또는 운항 시간 • 작업 사이클(공회전, 조종, 예인 등)	• 선박 등록 DB • 운전자 설문, 운항일지 • 연료 구매/판매 기록 • 항만당국 등 데이터
• 레저 선박 - 모터보트, 크루즈, 요트, 개인 수상 선박 등	• 선박 수량 및 유형 • 엔진 특성 • 활동 자료 • 연료 소비량	• 선박 등록 DB • 마리나 및 요트 클럽 회원 등록 자료 • 연료 판매 데이터 • 설문조사
• 하역장비 - 크레인, 포크리프트, 리치스 태커, 트랙터, 발전기, 조명탑 등	• 장비 목록 • 엔진 특성 • 활동자료(사용 시간, 부하율 등) • 연료 소비량 또는 전력 사용량	• 운역사 장비 인벤토리 • 유지보수 및 주유·충전 기록 • 장비 소유주/운역사 대상 설문 • 전기 장비 전력 사용 요금서
• 육상 교통 - 화물 트럭, 셔틀 버스, 여객용 차량, 유지보수 차량, 급유 트럭 등	• 트럭 대수 및 차량 구성 • 게이트 활동(출입 횟수, 운행 빈도, 대기시간 등) • 주행거리 • 연료 사용량 또는 평균 연비	• 게이트 기록 • 차량 등록 DB • GPS 데이터 및 운역사 설문 • 연료 판매 기록 또는 회사 차량 기록
• 철도 - 기관차 등	• 기관차 수 및 유형 • 엔진 특성 • 활동 자료(주행거리, 공회전 시간, 연료 사용량 등)	• 철도 회사 기록 • 운항일지

자료: US EPA(2022)를 바탕으로 저자 작성

국내에도 항만 배출량 산정 및 관리지침(가칭)을 개발하여 신기술 개발 및 적용의 기준점을 확립하고, 궁극적으로 탄소중립 항만 달성을 지원해야 한다. 한편, 지침이 마련되고 이를 기반으로 한 탄소 배출 관리 기술이 개발되었을 때 항만의 자발적 참여를 유도할 수 있는 기반 조성도 필요하다. 국내의 경우 「탄소중립기본법」 제27조에 따라 일정 규모 이상의 관리업체에 온실가스 감축 목표 설정·관리 의무를 부여하며, 항만 분야는 부산항 신항 1-5부두만이 온실가스 배출권 할당 대상업체로 편입되어 있다. 즉, 대부분의 항만 및 터미널에 대해서는 배출량 관리 의무가 없음을 의미한다. 이에 자발적인 참여를 유도하기 위해 기술적·정책적 지원이 함께 고려되어야 한다.

예를 들어 관련 시스템의 정보를 통합·연계하거나, 스마트미터 등 에너지 사용량을 실시간으로 측정하는 장비 도입을 지원하는 등의 기술적 지원으로 항만 및 터미널의 업무 부담을 완화할 수 있다. 또한 시범사업 및 지원사업, 항만 탄소중립 관련 정책 개발 등의 정책적 지원을 통한 자발적 참여 촉진 방안에 대한 검토도 필요하다.

〈표 4-32〉 주요국 항만 탈탄소화 관련 지원 정책

법령	탈탄소화 계획
미국	• (환경보호국)탈탄소화 촉진을 위해 장비 및 인프라, 기후 및 대기질 분야에 보조금을 지원하는 'Clean Ports' 프로그램 운영. 프로그램 참여를 위해 탄소 인벤토리 및 탈탄소화 계획 수립을 요구
일본	• (국토교통성) 탄소중립 항만(CNP) 인증 제도 도입 • (국토교통성) 항만 탈탄소화 계획 수립 위한 지침서(「Port Decarbonization Promotion Plan」 Development Manual) 배포, 항만별 탈탄소화 목표 설정·이행 지원
중국	• (교통운수부) 도로·수로 교통 및 시설의 무탄소 시범사업 계획에 따라 4개 분야 20개 시범사업 추진. 시범사업 항만을 중심으로 탈탄소 계획 수립 및 이행

자료: 저자 정리

〈표 4-33〉 탄소중립 관련 기술개발 촉진을 위한 개선 방안

구분	개선 방안		
쟁점	• 탄소중립 관련 신기술 개발의 기준점이 되는 통일된 항만 탄소 배출량 관리 기준(필요 정보, 산정 방식 등) 부재		
개선 방향	• 정형화된 기준 마련으로 기술개발 기반 조성		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
			√
	• 「항만 배출량 산정 및 관리지침(가칭)」 개발		
기대효과	• 항만 탄소 배출 관리 기준 정립으로 관련 기술개발 기반 조성		
고려 사항 및 지원 사항	• 항만 및 터미널의 자발적 참여 활성화를 위한 기술적·행정적 지원 필요		

자료: 저자 작성

5. 스마트항만 안전 및 보안 체계 고도화

1) 스마트항만 안전관리 지침 마련

항만에서 증대한 안전사고가 반복적으로 발생하면서 항만에서의 체계적인 안전관리 대책 마련 필요성이 점차 증대되었다. 이에 부산지방해양수산청은 2020년 7월 「부산항 항만하역 근로자 안전관리 지침」을 제정했다. 지침에서는 항만 하역 작업의 안전관리 기준을 하역 작업 공통 사항, 컨테이너화물 하역, 일반화물 하역으로 구분하여 제시하고, 부산항만공사는 지침에 따른 「부산항 안전기준 매뉴얼」을 제정할 것을 규정했다. 이에 부산항만공사는 2020년 10월 지침을 기반으로 한 「부산항 안전기준 매뉴얼」을 최초 배포하였으며, 이후 안전수칙을 보완하며 2021년, 2024년 두 차례의 개정안을 발표했다.

〈표 4-34〉 「부산항 항만하역 근로자 안전관리 지침」 주요 내용

구분	주요 내용
부산항 항만 하역 근로자 안전관리에 관한 지침	[항만 하역 작업 안전관리 기준] • 하역 작업 공통: 보호구, 출입 금지 지역, 조도, 훈증 작업, 제3자의 출입, 사전점검, 인원 확인, 선내작업, 장비 운전, 화물 붕괴 방지 • 컨테이너화물 하역: 에이프런 안전조치, 컨테이너 하역 작업, 컨테이너 고박작업, 하역장비 안전관리, 스트래들캐리어 운전 • 일반화물 하역: 하역 설비 점검, 양화 장치 운전, 감판 상태 점검, 혼재·근접 작업의 조정, 화물 위 장비 운전, 자동 화물 선적, 매몰 등의 방지 • 안전매뉴얼: 안전매뉴얼, 이행 평가
부산항 안전 기준 매뉴얼	• 담당자별 안전수칙: 터미널 경영자, 선박소유자 또는 선박 책임자, 안전관리자, 보건관리자, 관리감독자, 근로자, 운영요원 • 장비별 안전수칙: 컨테이너 크레인, 트랜스퍼 크레인, 야드 트랙터, 스트래들 캐리어, 리치 스택커 및 엠프티 컨테이너 핸들러, 지게차, 쉘 언로더 • 작업별 안전수칙: 본선, 야드, 부두 내 화물 운송, 게이트, 위험물, 고소, CFS, 특수화물, 정비, 철승 • 화물별 안전수칙: 철재, 중량, 냉동, 백컨테이너, 팔레트, 벌크, 원목, 위험물 • 비상 대응 절차: 비상조치 계획, 구조와 응급조치, 비상대피, 상황별 비상 대응

자료: 각 자료를 바탕으로 저자 정리

해양수산부는 항만에서 지속적으로 발생하는 중대재해 사고를 방지하기 위해 2021년 고용노동부와 「항만사업장 특별안전대책」을 공동으로 발표하고, 2022년 「항만안전특별법」 시행으로 항만하역사업자의 안전관리계획 수립이 의무화됨에 따라 사업장의 시행착오를 최소화하기 위해 「총괄안전관리 계획 표준(안)」을 개발·배포했다. 표준(안)은 모든 사업장에 적용되는 공통 사항과 취급 화물 유형에 따라 컨테이너, 일반화물, 공용부두, 액체부두 등 4종의 표준으로 구성되어 작업 시 안전관리 수칙과 이행 방법 등을 제시했다.

〈표 4-35〉 총괄 안전관리계획 표준(안) 주요 내용

구분	주요 내용
공통 사항	• (안전보건 방침) 책임과 권한, 준수 의무, 안전관리 목표와 방침 • (회사정보) 회사개요, 회사 면적 및 정보, 안전관리계획서 담당자, 주요 장비, 근로자 정보 • (조직의 역할, 책임·권한) 안전보건관리 조직, 안전보건관리 책임자, 안전관리자, 보건관리자, 도급·임대계약자 사업주 및 관리자, 근로자 등, 근로자 참여 및 협의 등 • (안전수칙 준수 참여 서약서) 도급·임대계약자의 안전수칙 참여 서약서, 항만사업장 출입자의 안전수칙 참여 서약서 등 • (현장 안전 점검 등) 현안점검 계획, 점검표, 잠재 요인 발굴 체계 등 • (비상 대응 절차) 비상 대응 훈련계획, 구조와 응급처치, 비상상황별 대응 절차 등
컨테이너 전용부두	• (본선 작업) 작업 전/중/후 안전수칙, 특수화물 양/적하 안전수칙, 라싱케이지 안전수칙, 본선 하역 작업 외 근로자 출입 안전수칙 등 • (야드작업) 야드 구역 개요, 야드 구역 안전수칙, 크레인 안전수칙 등 • (위험물 취급) 위험물 분류, 위험물 장치장 현황 및 안전수칙 등 • (그 외) 게이트 작업, 외부 차량, CFS, 정비 작업, 임대 구역, 컨수리장·세척장 등의 안전수칙

자료: 해양수산부 보도자료(2022.6.27.)(검색일: 2025.9.1.)

「부산항 항만하역 근로자 안전관리 지침」 및 「부산항 안전기준 매뉴얼」, 「총괄안전관리계획 표준(안)」은 공통적으로 그동안 항만 현장에서 발생한 위험 상황과 사고 사례를 예방하기 위해 개발되어 전통적인 항만의 장비 운영 방식과 작업 방식에 관한 사항만을 다룬다. 그러나 스마트항만 기술이 도입되면서 나타나는 자동화 장비 도입, 작업 방식 변화, 무인 장비와 유인장비 및 작업자의 교차 지점 발생, 배터리 및 전기설비 등 위험시설 확대 등 환경 변화에 대응한 안전관리 방안은 다루어지지 않고 있다.

이에 스마트항만 환경에 맞는 안전관리 지침을 마련해야 한다. 지침에는 〈표4-36〉과 같이 기존 항만과 달리 스마트항만 환경에서 새롭게 나타나는 위험 요소와 주의 사항이 반영되어야 한다. 구체적인 항목과 내용 개발을 위해서는 터미널운영사, 항만 작업자, 관리청, 항만공사 등의 이해관계자로

구성된 협의체를 중심으로 해외 선도국 사례와 장비·시스템 제작사가 제공하는 안전 매뉴얼, 국내 항만 현장 특성을 종합적으로 고려해야 한다.

〈표 4-36〉 스마트항만 환경에 대응한 안전관리 항목(예시)

구분	주요 내용
공통 사항	• 무인·유인 작업구역의 분리 및 진입 통제 • 무인·유인 혼재 구역의 안전 규정 • 배터리, 충전시설 등 안전관리 및 화재 예방 기준
장비별 안전수칙	• 자동화 장비 및 관제 시스템 사전점검 • 모니터링 시스템 및 원격제어 이상 여부 확인 • 작업 할당, 계획 준수 여부 감독
작업별 안전수칙	• 원격 조정 시 유의 사항 • 자동화 장비 모니터링 시 유의 사항
비상 대응 수칙	• 무인 자동화 장비 비상시 대처요령

자료: 저자 작성

국내 스마트항만 기술 도입은 아직 초기 단계에 있으며 장비·시스템마다 매뉴얼과 적용 조건이 상이하다는 점을 고려하면, 사업자가 자체적으로 종합적인 안전관리계획을 수립하기는 제한적인 실정이다. 따라서 해양수산부가 이해관계자 및 관계 전문가의 의견을 수렴하여 총괄적으로 스마트항만 안전관리 지침(가칭)을 마련하고, 이를 지방해양수산청 및 항만공사가 항만별 특성에 맞게 보완·적용하고, 최종적으로 사업자가 참조하도록 하는 다층적 구조로 구축하는 것이 바람직하다.

〈표 4-37〉 스마트항만 안전관리 지침 개선 방안

구분	개선 방안		
쟁점	• 스마트항만 환경을 반영한 안전관리 수칙 미비로 제도적 공백 존재		
개선 방향	• 국내 모든 항만에 적용 가능한 포괄적 기준을 제시하되, 지역별 및 항만별 특성을 반영한 세부 사항을 정할 수 있도록 유도		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
		√	√
	• 해양수산부 ‘스마트항만 안전관리 지침(가칭)’ 개발 및 배포 • 「부산항 항만하역 근로자 안전관리 지침」 및 「부산항 안전관리 매뉴얼」 등 관계 항만 안전관리 지침 개정		
기대효과	• 스마트항만 환경에 부합하는 실효성 있는 안전관리 체계 구축		
고려 사항 및 지원 사항	• 구체적인 안전관리 지침 개발을 위한 전문가 협의체 운영 필요 • 정부 주도의 지침 개발·배포를 바탕으로 실제 현장에 활용될 수 있도록 유도		

자료: 저자 작성

2) 사이버보안 강화 기반 조성

항만은 국가안보의 핵심 기반시설로 주요국에서는 법제화를 통해 항만 사이버보안의 최소 요구조건과 의무를 부과하고 있다. 미국은 2025년 1월 해양경비대(USCG)가 「해상운송 사이버보안(Cybersecurity in the Marine Transportation System)」 규칙을 공표하고, 2025년 7월부터 시행했다.¹²⁴⁾ 적용 대상은 미국적 선박, 항만시설을 포함한 「해상교통안전법(Maritime Transportation Security Act of 2002)」¹²⁵⁾ 적용 대상 시설로, 사이버보안의 최소 요건과 보안 계획 수립 및 책임자 지정을 규정한다.

싱가포르의 2018년 국가 사이버보안법(Cybersecurity Act 2018)¹²⁶⁾을 제정했으며, 하위 규칙으로 항만을 비롯한 국가핵심인프라(CII, Critical Information Infrastructure)에 적용되는 사이버보안을 규정한 ‘CII 사이

124) USCG(검색일: 2025.9.8.)

125) Gov INFO(검색일: 2025.9.8.)

126) SSO(검색일: 2025.9.8.)

버보안 실무규범(CII Cybersecurity Code of Practice, CCoP)¹²⁷⁾을 발표했다. 법령에 따라 국가 핵심인프라 소유자는 싱가포르 사이버보안청에 등록되어야 하며, 실무규범에 따라 최소 보안 기준을 충족하고 정기 감사를 받아야 한다.

EU는 2019년 EU 차원의 사이버 복원력 강화를 위해 「사이버보안법(The EU Cybersecurity Act)」¹²⁸⁾을 제정하고, 법에 따라 사이버보안 관련 행정 권한을 위임받은 EU 사이버보안국(ENISA)은 2023년 항공, 해상, 철도, 도로 운송 주요 인프라에 적용되는 ‘운송 부문 사이버보안 지침(NIS2 Directory)’을 발표했다.¹²⁹⁾ 지침에서는 사이버보안 관리 조치 및 사고 보고 의무 등을 다루고 있다. 지침은 구속력이 있는 문서는 아니지만 일부 국가에서 개별법으로 채택하여 강제성을 부과하고 있다.

국내에서는 「국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법」에 따라 항만 보안과 정기 점검 체계를 운영하고 있다. 다만 주요국처럼 IT 및 OT 시스템에 대한 사이버보안 최소 요건이나 사이버위험 보고 등의 사항은 다루고 있지 않다. 국가 및 범정부 차원에서도 「국가정보원법」에 따른 「사이버안보 업무규정」, 「정보통신기반 보호법」, 과학기술정보통신부·국가정보원·디지털플랫폼정부위원회가 합동으로 개발한 ‘SW 공급망 보안 가이드라인’ 등에서 사이버보안과 관련한 사항을 다루지만 항만의 운영 시스템까지 포괄하는 체계는 미비하다.

국내에서도 항만을 국가안보의 중요한 시설로 인식하고 사이버보안에 대한 최소한의 요구조건과 관리 의무를 법제화하는 방안을 마련할 필요가 있다. 해외 주요국은 공통적으로 사이버보안 최소 요구조건, IT 및 OT 시스템의 보안 계획 수립 의무, 사이버보안 책임자 지정, 사고 발생 시 신속한

127) CSA(검색일: 2025.9.8.)

128) EUR-Lex(검색일: 2025.9.8.)

129) ENISA(검색일: 2025.9.8.)

보고 의무를 제도화하고 있다.

〈표 4-38〉 미국 해양경비대 ‘해상운송 사이버보안 규칙’ 주요 구성

구분	주요 내용
계정 보안 기준	• (1) 암호로 보호된 모든 IT 시스템에서 반복 로그인 실패 시 자동 계정 잠금 • (2) IT 또는 OT 시스템 사용 전 기본 암호는 반드시 변경 • (3) 기술적 암호 보호가 가능한 모든 IT 및 OT 시스템에서 최소 암호 보안 수준 유지 • (4) 암호로 보호된 IT 및 원격 접근 가능한 OT 시스템에 다중 인증(MFA) 적용 • (5) IT 및 OT 시스템 관리자 또는 기타 권한이 있는 계정에 최소 권한 원칙 적용 • (6) 중요한 시스템에 대한 사용자 자격 분리 관리 • (7) 퇴사자 계정 제거 또는 권한 회수
장치 보안 조치 요구사항	• (1) IT 및 OT 시스템에 설치할 수 있는 소유자 및 운영자 승인을 받은 모든 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 목록 관리 • (2) 코드를 실행하는 애플리케이션이 중요 IT 및 OT 시스템에서 비활성화되도록 관리 • (3) 중요 IT 및 OT 시스템을 포함한 네트워크 연결 시스템 인벤토리 유지 • (4) 네트워크 맵과 OT 장치 구성 정보를 개발하고 문서화
정보 보안 조치 요구사항	• (1) 로그가 안전하게 저장 및 보호되는 권한 있는 사용자만 접근 가능 • (2) 기술적으로 가능한 경우 민감한 데이터의 기밀성과 IT 및 OT 트래픽 무결성 유지를 위해 효과적 암호화 구축
사이버보안 계획 수립 및 책임자 지정	• 미국적 선박, 시설 등의 소유자 및 운영자는 사이버사고 대응 계획을 문서화해야 함 • 직원들이 사이버보안 및 사고대응 계획을 이행하도록 감독하는 사이버보안 책임자를 지정해야 함 • 사이버보안 책임자는 매년 사이버보안 계획을 최신화하여 감사를 받음

자료: Federal Register(검색일: 2025.9.8.)을 바탕으로 저자 정리

현재 항만의 보안에 관한 사항을 다루는 「국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법」에는 항만시설보안책임자 지정, 항만시설 보안 평가 실시, 항만시설보안 계획서 시행 등의 사항을 정하고 있다. 이와 유사한 체계로 항만사이버보안책임자 지정, 항만사이버보안 평가 실시, 항만사이버보안 계획서 시행 등의 사항을 정할 수 있다. 적극행정 법제 원칙을 준용하여 법률에서는 기본 원칙만을 제시하되, 사이버보안책임자 지정 요건, 사이버보안 계획서에 포함되어야 하는 내용 등의 세부 사항은 하위법령에 두어 필요에 따라 점진적 고도화가 가능하도록 해야 한다.

〈표 4-39〉 「국제선박항만보안법칙」 개정(안)

현행 기준	개정 기준(안)
제3장 항만시설의 보안확보를 위한 조치 제23조 항만시설보안책임자 제24조 항만시설보안평가 제25조 항만시설보안계획서 제26조 항만시설보안심사 등 (신설)	제3장 항만시설의 보안확보를 위한 조치 제23조~제26조 (현행과 같음) 제0조 항만사이버보안책임자 제0조 항만사이버보안평가 제0조 항만사이버보안계획서 제0조 항만사이버보안감사 등

자료: 저자 작성

제도 개선 초기 단계에서는 산업계의 수용성을 고려하여 최소한의 의무만을 부여하는 것이 바람직하다. 항만 운영자 및 관련 산업계가 과도한 부담 없이 제도에 적응할 수 있도록 하고, 이후 필요시 점진적으로 의무 또는 권고 수준을 강화하고 체계화하는 방안을 논의해야 한다.

〈표 4-40〉 항만 사이버보안 제도적 기반 조성 방안

구분	개선 방안		
쟁점	- 항만 보안 관련 법령은 물리적 보안 중심으로 구성 - 항만 IT 및 OT 사이버 위협 관리 및 대응체계 미비		
개선 방향	- 법률에 사이버보안책임자 지정, 보안 계획 수립, 사고 보고 의무 등의 기본 원칙을 두고, 최소 요구조건 등의 세부 사항은 시행령 및 시행규칙에 위임 - 항만 사이버위험에 대응하고 보안을 강화하기 위한 관리지침 마련 및 배포		
개선 방안	법령	행정규칙	기타
	√		√
	• 「국제선박항만보안법」 및 하위법령 개정		
기대효과	- 항만 사이버위험 대응 및 복원력 강화 - 항만 사이버보안 관리지침(가칭) 마련		
고려 사항 및 지원 사항	- 규제정비 초기 단계에는 최소 요구조건에 대한 최소한의 의무를 부여하되 점진적 의무 강화 및 체계화 논의 필요 - 항만 IT 및 OT 책임자, 관련 산업계 등이 참여하는 협의체를 통해 사이버보안 최소 요구조건 및 점진적 기준 강화 논의 필요		

자료: 저자 작성

05

결론 및 정책제언

제1절 결론

본 연구는 국내 항만 스마트화를 체계적으로 지원하기 위해 필요한 법제도 개선 방안을 제시하는데 목적이 있다. 연구의 목적을 달성하기 위해 스마트항만 기술개발 현황 검토 및 도입 전망, 스마트항만 환경 변화 분석, 법제도 쟁점 도출, 개선 방안 제안 등을 수행했다. 연구의 주요 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 원활한 스마트항만 개발을 지원하기 위해 제도적 정비가 필요하다. 그동안 국내 스마트항만 육성 관련 주요 정책은 주로 항만 인프라 확충이나 자동화 장비 도입, 신기술 개발 및 실증과 같은 개발 중심 과제에 초점을 맞추고 있다. 주요 정책의 목표가 신기술 도입, 산업 육성, 기술 내재화, 시장 확대 등을 위한 방향으로 설정되어 있는 것이다. 그러나 신기술을 항만 현장에 실제 적용하고 그에 따른 효과를 얻기 위해 필요한 법제도적 기반에 대한 관심은 상대적으로 부족하다. 기술 발전에 대응한 법제도 개선이 이루어지지 않는다면, 스마트항만 전환 과정에서 제도적 미비로 인해 기술 도입이 지연되거나, 기술에 따른 효과가 저해되고, 오히려 부작용이

나타날 우려가 있다. 이에 스마트항만 기술을 수용하기 위한 환경 조성이 필요하다.

둘째, 친환경화 및 안전과 같은 사회적 가치를 추구하기 위해서도 스마트항만으로의 전환은 중요하다. 스마트항만 기술개발은 단순히 하역·이송 장비 자동화나 운영 시스템 최적화에 국한되지 않는다. 국내 개발 중인 기술은 항만의 전통적 핵심 구성 요소인 장비 및 운영 시스템을 스마트화하는 기술뿐만 아니라 사회적 요구에 대응하여 환경·에너지 관리, 안전·보안 강화를 위한 측면에서도 개발되고 있다. 이는 스마트항만으로의 전환이 단순히 물류 활동을 효율화하는 목적이 아니라 지속 가능한 산업으로 나아가는 과정임을 의미한다.

셋째, 스마트항만 기술 도입은 항만에서의 작업 방식과 운영 체계 전반의 패러다임 변화를 의미한다. 기존 항만에서는 현장 작업자의 경험과 직관에 의존하여 운영하던 방식이었으나, 자동화 장비 및 고도화된 운영 시스템의 도입으로 객관적 데이터 기반의 의사결정으로 전환되고 있다. 또한 작업계획, 안전, 에너지 관리 등 항만 전반에서 사후 대응 중심 체계가 사전 예측과 대응체제로 변화하고 있다. 따라서 스마트항만으로의 전환 과정은 항만 환경의 근본적 혁신을 수반하기 때문에 관련 제도의 정비도 필수적이다.

넷째, 항만은 복합적 다기능 공간으로 스마트항만 전환에 따른 법제도 검토는 「항만법」, 「항만운송사업법」, 「항만안전특별법」과 같이 항만에 직접적으로 관련된 법령에만 국한될 수 없다. 이 외에도 산업안전, 물류 및 관세, 환경·에너지 규제, 개인정보·사이버보안 등 다양한 분야에 걸친 포괄적인 검토가 필요하다. 스마트항만으로의 전환이 미치는 영향이 항만을 넘어 여러 산업 전반에까지 퍼지는 국가 기간산업이라는 점을 고려하여 법제도 개선 논의의 범위를 점차 확장해 가야 한다.

다섯째, 스마트항만 전환 과정에서 핵심적이고 시급한 우선순위 과제를 먼저 추진해야 한다. 본 연구에서 최종 도출한 개선 방안 쟁점은 기술별 도입 전망, 예상되는 환경 변화와 쟁점 발생 가능성, 제도 개선 수요 등에 대해 관계 분야 전문가의 의견을 종합적으로 분석한 결과로, 시급한 개선이 필요하다. 특히 2030년 이전 상용화가 전망되는 기술들과 연관되어 있다는 점에서 시급한 개선이 필요하다. 또한 자동이송장비 검사기준 미비, 항만 데이터 표준화 부재, 탄소 배출 관리지침 부재 등의 쟁점은 신기술 도입 초기의 기준점을 수립하는 중요한 과제다.

여섯째, 스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법제도 개선은 당면한 저해 요인을 완화하고, 제도적 공백을 해소하며, 지원 체계를 구축한다는 세 가지 축을 중심으로 추진할 수 있다. 앞서 도출한 쟁점은 크게 현행 제도와 충돌하여 신기술 적용을 제약할 경우, 관련 제도가 부재하여 제도적 기반이 조성되지 않은 경우, 그리고 기술의 원활한 개발과 수용을 뒷받침하기 위한 제도가 필요한 경우로 구분할 수 있다. 따라서 법제도 개선은 이 세 가지 차원을 고려하여 안정적인 스마트항만 기반을 확립해야 한다.

〈그림 5-1〉 스마트항만 기술 도입에 따른 예상 변화·쟁점 및 법제도 개선 과제



자료: 저자 작성

〈그림 5-2〉 스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법제도 개선 방안

개선 과제	개선 방안		
	법령	행정규칙	기타
1. 자동화 항만 장비 정의 정립			
1-1 자동화 항만 장비 정의 정립	• 「항만법 시행령」 별표5(시설장비) 개정 • 「항만운송사업법 시행규칙」 별표2(항만하역장비) 개정		
2. 자동화 터미널 설계기준 개선			
2-1 자동화 '컨' 터미널 설계기준 마련		• 「항만 및 어항 설계기준」 「자동화 컨테이너터미널(가칭)편 산설	
2-2 이송장비 전원공급설비 기준 마련	• 「항만안전특별법」 개정	• 「항만 및 어항 설계기준」, 「항만터미널설비」편 개정	
3. 항만 시설·장비 검사 및 관리 기준 현대화			
3-1 자동이송장비 검사기준 마련		• 「항만시설장비 관리규칙」 별표 1 개정 • 「항만시설장비 검사기준」 제3장(설치기준) 개정 • 「항만 및 어항 설계기준」, 항만하역시설편 개정	
3-2 첨단기술의 항만시설물 안전점검 활용 기반 조성	• 「국제선박항만보안법」 개정 • 「국제선박항만보안법 시행규칙」 개정	• 「항만시설물 안전점검 지침」 개정	
4. 데이터 활용 및 관리 기반 조성			
4-1 개인정보 및 위치정보 활용 근거 마련	• 「항만기술산업 육성법」 개정 • 「항만안전특별법」 개정 • 「항만안전특별법 시행령」 개정		
4-2 항만 데이터 표준화			• 「항만 데이터 표준(가칭)」 개발
4-3 탄소 배출량 관리를 위한 배출량 산정 지침 개발			• 「항만 배출량 산정 및 관리 지침(가칭)」 개발
5. 스마트항만 안전 및 보안 체계 고도화			
5-1 스마트항만 안전관리 지침 마련		• 「부산항 항만하역 근로자 안전관리 지침」 개정	• 해양수산부 「스마트항만 안전관리 지침(가칭)」 개발
5-2 사이버보안 관리 기반 조성	• 「국제선박항만보안법」 개정		

자료: 저자 작성

제2절 정책제언

1. 스마트항만 법제도 정비 로드맵 수립

스마트항만으로의 전환은 단순히 첨단기술을 도입하는 것뿐만 아니라 모든 기술이 항만에 안정적으로 적용됨으로써 효율성과 함께 지속가능성 또한 확보할 수 있어야 하고, 이를 위해서는 모두가 수용 가능한 제도적 기반이 마련되어야 한다. 하지만 우리나라 스마트항만 관련 정책은 자동화, 지능화를 위한 기술개발과 하드웨어 중심으로 수립되어 있다. 반면 관련 법제도는 이를 따라가지 못함으로써 법령 간 충돌, 규제 공백, 안전 및 데이터 활용 기준 미비 등 여러 한계를 가지고 있다. 이러한 제도적 한계는 스마트항만 기술의 현장 수용성 및 확산을 저해하는 주요 요인으로 이를 해결하기 위한 방안 마련이 필요하다.

따라서, 안정적인 스마트항만의 도입을 위한 법제도 정비 로드맵 수립이 시급하다. 이러한 로드맵은 기술 정책과 함께 관련된 법제도의 수용성을 체계적으로 확보하기 위한 전략적 도구로서 활용되어야 하며, 기술과 제도 간의 선순환 구조를 유지할 수 있도록 통합 관리 체계 또한 제시해야 할 것이다. 특히 자율주행이송장비, 원격조정하역시스템, 항만 IoT 플랫폼, 사이버보안 기술 등 최근 다양한 신기술들이 항만 현장에 도입됨에 따라 기존 항만법과 관련 법령의 체계와 규범 전반의 개선 또한 필요할 것이다.

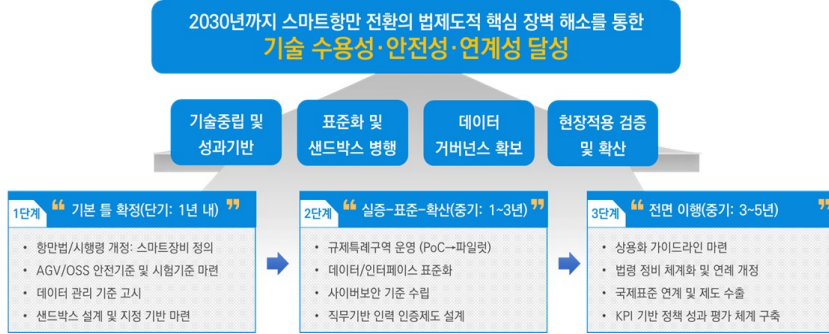
그리고 스마트항만 관련 법제도 정비 로드맵은 기술 도입 시기와 우선순위를 고려하여 단계적으로 접근해야 할 것이다. 이를 위해서는 추가적인 전문가 자문, 설문 등을 통해 주요 과제를 도출하고 우선순위를 검토해야 하겠지만, 본 연구에서는 간략한 방향을 제시하고자 한다.

우선 단기적으로는 항만법 및 시행령 등에서 스마트항만 장비의 정의를 명확히 하고 이와 관련된 검사기준, 데이터 관리지침 등과 같은 고시나 지침을 정비하는 것이 선행되어야 할 것이다. 동시에, 기술 실증을 위한 규제특례구역(샌드박스)을 도입하고 항만 내에서 활용되고 있는 데이터의 투명성을 확보하며, 사이버보안 기준을 마련하는 등 도입 초기의 법제도 정비 방안이 제시되어야 할 것이다.

중기적으로는 스마트항만 관련 기술 표준화를 추진하여 장비 및 소프트웨어 간 표준 인터페이스를 구축하고, 또한 직무 기반 스마트항만 인력 양성 제도를 마련하는 등 스마트항만 관련 법제도가 연차룩할 수 있도록 지원해야 할 것이다. 장기적으로는 개념증명(PoC: Proof of Concept)부터 상용화에 이르기까지 스마트항만 기술의 단계별 평가 체계 수립과 국제표준 연계 또한 함께 고려되어야 할 것이다.

다음 <그림 5-1>는 스마트항만 법제도 정비 로드맵 수립의 예로, 2030년까지 스마트항만 전환과 관련된 법령 충돌, 규제 공백, 기준 미비 등의 문제를 해소하여 스마트항만 수용성과 안전성을 동시에 달성하기 위한 단계별 로드맵을 예시로 제시하였다. 세부적으로는 단계별 이행 과제들의 선후관계나 추진 시기 등 또한 정의되어야 할 것이며, 이는 전문가 자문과 설문 등을 통해 추진되어야 한다.

〈그림 5-3〉 스마트항만 법제도 정비 로드맵(예)



자료: 저자 작성

특히 수립된 로드맵은 해양수산부, 항만공사, 터미널 운영사, 장비 제작 업체·검사기관, 그리고 학계·연구계 전문가로 구성된 민관 협력체와 함께 수립·검토해야 하고, 또한 글로벌 환경 변화에 적응하기 위해 주기적으로 보완·수정할 수 있도록 유연한 구조로 설계되어야 한다. 아울러 스마트항만 안전성, 효율성 등을 종합적으로 평가할 수 있는 핵심 성과지표(KPI)를 설정하고 추진 전략별로 성과를 평가함으로써 로드맵을 개선할 수 있는 순환구조로 구축되어야 할 것이다.

2. 관계 부처 및 이해관계자 간 협업 플랫폼 구축

스마트항만으로의 전환을 위해서는 항만 인프라와 운영 시스템의 고도화를 비롯하여 인공지능, 클라우드, 사물인터넷 등 4차 산업혁명 신기술의 융합이 필요하다. 이러한 기술들은 항만뿐만 아니라 교통, 환경, 산업, 정보통신 등 다양한 부처의 정책, 규제와 연계되어야 하며, 해양수산부 단일 부처의 정책 접근만으로는 스마트항만 기술의 수용성을 제고하기에는 어려움이 따른다. 현재 우리나라의 스마트항만 정책과 연구개발은 해양수산부 중

심으로 추진되고는 있으나 5G, 데이터와 관련해서는 과학기술정보통신부, 에너지 및 표준과 관련해서는 산업통상자원부, 안전관리와 관련해서는 고용노동부 등 다양한 부처들과의 긴밀한 정책 연계와 협조가 필수적이다.

또한 스마트항만 기술은 기존 항만 산업의 구조와 시스템을 근본적으로 변화시키기 때문에 터미널 운영사, 항만공사, 항만기술사업자, 연구계, 학계, 노조 등 다양한 이해관계자들과의 사회적 합의와 함께 공동참여 또한 필요하다. 그렇지 않을 경우, 스마트항만 관련 제도 설계 및 정책 실행의 정당성과 수용성을 확보할 수 없게 되어 관련된 법제도의 운영 자체가 어려울 수도 있다.

따라서, 정부와 항만공사, 산업계, 학계, 시민사회 등이 함께 참여하는 ‘스마트항만 협업 플랫폼(가칭)’ 또는 ‘스마트항만 민관 정책조정기구(가칭)’와 같은 협의체의 구성이 필요하다. 동 협의체들은 스마트항만과 관련 되어 도출된 법제도들이 항만 현장에 연착륙할 수 있도록 소통과 조율의 창구로 활용되어야 하며, 다음 <표 5-2>와 같은 기능을 수행한다. 이와 같은 협업 플랫폼은 단발성 자문기구가 아니라 정례화된 정책 거버넌스 형태로 운영되어야 하며, 주기적인 회의 및 연간 정책 보고 체계를 갖추어야 한다.

〈표 5-1〉 협의체의 주요 기능(안)

기능	주요 내용
정책 조율	- 스마트항만 관련 기술 도입 및 제도 개선 관련 부처 간 정책 조율 - 스마트항만 관련 제도 개선과 공동과제 발굴
제도 설계	- 항만별 상황에 적합한 현장 기반 제도 설계 - 항만별 의견 수렴 및 반영을 위한 피드백 채널 운영
표준 및 기준 수립	- 스마트항만 장비 및 운영 시스템 관련 기술 표준 추진 - 스마트항만 장비에 대한 안전기준 공동 수립
데이터 활용	- 데이터 활용 및 공유 체계에 대한 이해관계자 간 합의 - 민감정보에 대한 보호조치 마련

기능	주요 내용
소통 강화	• 직무 전환 및 인력 양성 관련 노동계와의 지속적인 소통 강화
기술 실증 및 안전관리	• 스마트항만 기술에 대한 실증(PoC)과 파일럿 단계에서의 법적 책임·안전관리 시스템 협의

자료: 저자 작성

안정적으로 스마트항만을 도입하기 위해서는 기술 도입만으로는 불가능하고, 다양한 이해관계자들과의 정책 신뢰 구축 및 동반자 관계 형성 없이는 지속할 수 없다. 따라서 협업 플랫폼은 이러한 스마트 전환의 기반으로 활용되어야 하며, 향후 항만뿐만 아니라 다른 사회기반시설(SOC)과의 디지털 협업 시에도 활용될 수 있는 조직으로 발전해야 할 것이다.

3. 법제도 개선 과제의 항만기술산업 육성계획 반영 및 추진

본 연구에서 제안한 개선 방안은 스마트항만으로의 전환을 촉진하기 위해 자동화 장비, 지능형 시스템 등의 신기술 개발과 적용을 지원하는 방안이다. 특히 자동화 장비의 정의 정립, 검사기준 마련, 데이터 표준 마련 등과 같이 스마트항만의 개발과 운영 기반을 조성하는 핵심적으로 추진되어야 할 사항이다.

「항만기술산업법」에서는 항만기술산업의 발전을 위해 5년 주기의 육성계획을 수립하도록 규정하고 있으며, 육성계획에 포함되어야 하는 사항으로 ‘항만기술산업의 육성을 위한 법과 제도의 정비 및 개선에 관한 사항’을 명시하고 있다. 따라서 본 연구에서 제시한 법제도 개선 방안이 항만기술산업육성계획에 반영된다면 법정계획의 틀 안에서 제도 개선을 추진할 수 있는 실행력을 갖출 것으로 보인다.

〈표 5-2〉 항만기술산업 육성계획 주요 내용

제5조(항만기술산업육성계획 등의 수립)

- ③ 육성계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
1. 항만기술산업의 육성에 관한 기본목표와 추진 방향에 관한 사항
 2. 항만기술산업 관련 기술의 개발 및 보급 등에 관한 사항
 3. 항만기술산업사업자에 대한 지원에 관한 사항
 4. 항만기술산업 분야의 산·학·연 협력을 통한 기술 인력 양성에 관한 사항
 - 5. 항만기술산업의 육성을 위한 법과 제도의 정비 및 개선에 관한 사항**
 6. 항만기술산업의 육성을 위한 국제교류·협력 및 수출시장 확대 지원에 관한 사항
 7. 항만장비의 품질향상 및 관리에 관한 사항
 8. 그 밖에 항만기술산업의 육성을 위하여 필요하다고 인정되는 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

자료: 항만기술산업의 육성 및 지원에 관한 법률 제5조

이에 더해 육성계획은 정부의 예산 편성과 정책 추진의 근거로 작용할 수 있고, 육성계획에 따른 지원 정책 추진이 가능하여 연구에서 제안한 개선 방안의 실행력을 더욱 높일 수 있다. 예를 들어 검사기준 마련, 데이터 표준 등은 단순한 개발에서 그치지 않고, 육성계획에 반영되어 실증사업, 표준화, 전문 인력 양성 등의 후속 활동으로 이어질 수 있다.

4. 스마트항만 기술의 실증-제도화-환류 선순환 체계 구축

스마트항만 구축 과정의 근본적인 쟁점은 새로운 기술의 안전성·신뢰성을 확보하면서도 제도적 공백을 최소화하는 것이다. 자율주행 이송장비, 드론 및 무인비행체 등과 같이 전통적 항만에 존재하지 않던 새로운 기술이 도입됨에 따라 기존 제도 체계와 상충되거나 적용 기준이 불명확한 경우가 많다. 때문에 현장 적용 이전에 충분한 실증에 대한 요구가 존재하며, 실증을 통해 기술의 안전성을 검증하고 사회적인 수용성을 검증하는 과정이 필요하다.

실증 과정에서 도출된 결과를 근거로 법령 및 지침 제·개정이 이어진다면, 기술과 제도가 유기적으로 연계되어 기술 변화 속도를 제도가 따라오지 못하는 간극을 완화할 수 있을 것이다. 또한 도입된 제도가 실제 항만에서 어떻게 작용하는지 점검하고 지속적으로 보완하여 실증-제도화-환류의 과정이 이어지는 선순환 구조로 작동할 수 있다.

이러한 체계를 정립하기 위해서는 정부 주도로 기술개발 과제의 실증사업 관리, 제도 개선으로 연계, 성과평가 결과의 환류 과정을 유도하고 관리할 수 있는 체계가 필요하다.

5. 스마트항만 전환 과정에서의 사회적 수용성 제고

스마트항만은 단순히 기술 도입을 넘어 사람, 제도, 데이터, 환경 등 다양한 인자들이 함께 유기적으로 결합해 나가는 하나의 사회적 전환 과정으로 볼 수 있다. 자동화 시스템이 확산되면서 현장 근로자가 감소하고 일부 직무는 재편되거나 축소될 가능성이 있다. 이러한 변화는 노동계 및 연관 산업계에서 일자리 상실에 대한 우려로 이어져 스마트항만 기술 도입의 사회적 수용성이 낮아지는 요인으로 작용한다. 따라서 기술적인 준비와 더불어 사회적 수용성을 제고하기 위한 준비를 병행해야 한다.

먼저, 스마트항만 직무 구조 변화에 대응한 전문 인력 양성 체계를 정비해야 한다. 원격조종 크레인, AGV 등과 같은 스마트항만 장비의 도입과 데이터 기반 관제 업무의 확대에 의해 항만의 직무 구조는 점차 인공지능과 빅데이터 기반 의사결정 중심으로 변경될 것이다. 따라서 정부와 항만공사, 항만연수원 등 관련 기관에서는 이러한 변화에 맞게 원격장비 오퍼레이터, 항만 빅데이터 관리자 등과 같이 핵심 업무의 표준역량 모델을 제시하고 관련된 인증제도를 신설해야 할 것이다. 이를 위해 특성화 대학이나

지역대학 중심의 직무 훈련 커리큘럼을 개발하고 나아가 운영사, 장비 제조사와 연계한 교육체계를 구축함으로써 신규 인력에 대한 교육 기반 확보 뿐만 아니라 기존 인력에 대한 직무 전환도 지원할 수 있도록 해야 한다.

또한 안정적인 스마트항만 인력 확보 및 원활한 직무 전환을 위해서는 앞에서 언급한 협업 플랫폼과 함께 노·사·정이 참여하는 현장협의체를 상설화하여 직무 안전, 인력 재배치, 근무 개편에 대한 사회적 합의를 이루어야 한다. 특히 안정적인 제도 활성화를 위해서는 실증, 시범 적용, 상용화 등 단계별 로드맵과의 연동도 함께 추진되어야 한다.

제3절 향후 연구과제

1. 스마트항만 기술 수용을 위한 검사·설계·안전 기준 체계 구축

본 연구에서는 스마트항만 기술의 원활한 도입을 위해 필요한 법적, 제도적 개선 방안을 제시하였다. 하지만 제시된 개선 방안이 현실적으로 작동하기 위해서는 법령 개정을 넘어 구체적으로 실현할 수 있는 검사기준, 설계기준, 안전가이드라인 등 세부 기술기준이 마련되어야 한다. 특히 스마트항만은 자율주행, IoT, AI 기반의 제어시스템 등 기존 항만시설장비 기준에서는 다루지 않았던 새로운 기술들이 포함되어 있어, 현행 항만법, 항만시설 안전점검 지침만으로는 충분한 대응이 어렵다. 따라서, 향후 연구에서는 이러한 기술적 특성을 반영하여 ‘기술-법-운영’이 연계되어 통합 실행될 수 있는 후속 연구 추진이 필요할 것이다.

이를 위해 우선 한국해양수산개발원(KMI)을 중심으로 한국해양교통안

전공단(KOMSA), 항만공사, 법제연구원, 한국산업표준원(KATS), 항만시설장비 검사기관 등 관련 기관이 공동으로 참여하는 협의체 구성이 필요할 것이다. KMI는 법제 및 정책 프레임워크를 설계하고, KOMSA와 항만시설장비 검사기관은 항만 장비의 성능시험 및 검사 절차를 수립하며, 항만공사는 현장 실증을 위한 프로세스 및 수립된 기준에 대해 검증하여야 한다.

세부 연구 과제로는 첫째 자동화 크레인, AGV 등과 같은 스마트항만 핵심 장비에 대한 검사 항목 및 절차 표준화 연구가 필요할 것이다. 둘째 전기·통신·데이터 연계를 포함하는 스마트항만 설계기준 고도화가 필요하고, 마지막으로 자율 운행 및 원격조작 장비의 안전성 확보를 위한 안전 가이드라인 개발과 함께 이를 검토하기 위한 개념증명(PoC) 등이 필요할 것이다.

스마트항만 기술 수용을 위한 기준 체계 구축은 중장기적 관점에서 추진이 필요하다. 세부 기준 항목 수립 및 적용 대상의 조사, 시범 항만 선정, 실증 테스트 수행 등의 과정이 필요하며, 이를 바탕으로 종합적인 기준 체계를 마련해야 할 것이다.

2. 스마트항만 관련 법제도 통합 연구

본 연구는 스마트항만 기술의 수용성을 높이기 위해 현행 항만 법령의 제정 또는 개정이 필요한 조항과 절차를 중심으로 개선 방안을 제시하였다. 하지만 이러한 미시적 접근만으로는 급변하고 있는 항만 환경과 기술혁신을 제도적으로 뒷받침하기에는 한계가 따를 것이다. 최근 항만이 더 이상 물리적 개발 중심의 공간이 아닌 운영·서비스·디지털·환경·에너지 등 다양한 요소를 종합적으로 고려해야 하는 복합 운영 플랫폼으로 변화하고 있기 때문에 현행 ‘항만법’ 중심의 체계가 미래 항만의 기능과 역할을 충분히 포괄할 수 있는지 근본적인 검토가 필요하다.

지금의 항만 관련 법령은 항만 개발 및 관리, 운영을 규정하고 있는 ‘항만법’이 있고, 항만 사업의 등록 및 영업활동을 규율하는 ‘항만운송사업법’, 그리고 기술산업의 육성과 지원 방안을 규정하고 있는 ‘항만기술산업의 육성 및 지원에 관한 법률’ 등으로 구분되어 있다. 이러한 다층적 구조는 제도의 세분화를 통해 법률별 전문성을 확보할 수 있다는 장점이 있는 데 반해, 스마트항만 운영의 융합적 특징을 반영하지 못하고 부처별, 법령별로 분절되어 있는 지금의 행정 체계를 고착화시키는 요인이 되고 있다.

따라서, 향후 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 항만법 체계의 거시적 재구조화와 통합적 법제도 개편 방향을 모색하는 연구가 필요하다. 이를 위해서는 먼저 현행 항만법의 기능 확장 가능성에 대해 검토가 필요하다. 항만의 물리적 개발 중심 조항에 더해 운영 효율성, 스마트 기술 등 신기술 기반의 운영 기능을 반영할 수 있는 항만법의 목적, 적용 범위 등을 확장하는 방안 연구가 필요하다.

두 번째로 항만 운영을 포괄하는 신규 기본법 제정의 타당성 검토 또한 필요하다. 기존 ‘항만법’을 보완하는 수준을 넘어서 항만의 개발이나 운영, 산업육성, 안전 등을 통합 관리하는 ‘(가칭) 항만운영기본법’ 또는 ‘(가칭) 스마트항만기본법’ 등의 제정 필요성에 대한 연구가 필요하다. 동 연구는 단순히 법률 신설의 필요성에 대한 판단뿐만 아니라 기존 관련 법과의 관계 정립, 주체별 권한 재조정, 법적 중복 또는 공백 식별 등 법제 간 구조적 조정 방안 또한 포함해야 한다.

이러한 법령 체계 재정비는 단기적 과제가 아니라 중장기적인 관점의 접근이 필요하다. 현행 법령 체계와 타분야 법령 체계 사례를 비교·분석하고, 항만 관련 법령 체계 재정비 방향을 검토할 필요가 있다.

3. 스마트항만 전환에 따른 사회적 수용성 제고

본 보고서는 스마트항만 기술의 도입과 확산을 위한 법적 기반과 제도적 정비 과제를 중심으로 작성되었다. 하지만 기술의 도입이 실제로 성공하기 위해서는 제도적 기반만큼이나 인간 중심의 사회적 수용성 확보 또한 중요하다. 항만은 노동자, 운영사, 항만공사, 정부 등 다수의 이해관계자가 복합적으로 얽혀 있기 때문에 첨단기술 도입 과정에서 노동환경 변화, 일자리 구조 전환, 고용 불안 등 다양한 사회적 갈등이 발생할 수 있다.

특히 스마트항만으로의 전환은 단순한 기술 교체가 아니라 노동의 방식, 의사결정 구조, 조직문화의 급변이 예상된다. 자칫 자동화, 지능화 기술이 현장 근로자의 역할을 대체하거나 축소시키는 것으로 인식될 경우, 제도적 정비가 아무리 잘 되어도 실제 현장에서는 도입 지연 또는 실패할 수도 있다. 따라서 향후 연구에서는 스마트항만 기술 도입의 사회적 수용성 확보를 위한 정책적, 제도적 장치와 갈등관리 메커니즘을 종합적으로 검토할 필요가 있다.

이를 위해 먼저 노동자 및 이해관계자에 대한 인식 조사가 필요할 것이다. 항만 자동화 및 디지털화가 현장 근로자의 일자리, 업무 강도, 안전, 보상 체계 등에 미치는 영향을 실증적으로 분석하고, 이해관계자 간의 갈등 요인을 체계적으로 도출할 필요가 있다.

두 번째로 직무 전환과 역량 강화 지원 체계 구축 방안 연구가 필요하다. 이를 통해 스마트항만 전환에 따른 직무 재편을 전제로, 기존 항만 근로자를 대상으로 하는 신기술 기반의 교육훈련 모델을 개발해야 할 것이다.

마지막으로 사회적 대화 및 갈등관리 모형 구축 연구 또한 필요할 것이다. 기술 도입 초기 단계에서부터 노·사·정이 함께 참여하는 ‘(가칭) 스마트항만 사회적 수용협의체’를 구성하여 자동화 전환 속도, 안전기준, 고용 안

정화 방안 등을 사전에 논의하는 제도적 절차를 마련하고, 다양한 주체들이 참여해 항만별 협의 모델을 시범적으로 운영한 후 전국 항만으로 확대하는 방안을 연구해야 할 것이다.

이러한 사회적 수용성 연구는 단기적으로는 현장 갈등 완화 및 교육체계 마련을 지원할 수 있을 것이다. 중장기적으로는 스마트항만 전환의 지속가능성을 담보할 수 있는 정책 연구가 될 것이다. 기술적 혁신이 제도적 수용성 위에서 잘 작동하고, 제도적 수용성이 다시 사회적 합의 위에 뿌리내릴 때, 비로소 스마트항만은 ‘가장 큰 항만이 아니라 가장 스마트한 항만’으로 자리 잡을 수 있을 것이다.

참고문헌

국내 문헌

개인정보보호위원회(2024), 이동형 영상정보 처리기기를 위한 개인영상 정보 보호활동 안내서.

경찰청(2022), 자율주행자동차 통행규칙 가이드라인 연구.

과학기술정보통신부(2021), 제4차 과학기술인재육성·지원 기본계획('21-'25).

과학기술정보통신부·국가정보원·디지털플랫폼정부위원회(2024), SW 공급망 보안 가이드라인.

관계부처 합동(2019), 선제적 규제 혁파 로드맵 -드론 분야-.

관계부처 합동(2020), 인공지능 법제도·규제 정비 로드맵.

관계부처 합동(2021a), 2021년 로봇산업 선제적 규제혁신 로드맵 실행계획.

관계부처 합동(2021b), 스마트 해운물류 확산전략.

관계부처 합동(2023), 첨단로봇 규제혁신 방안.

관계부처 합동(2024), 글로벌 거점항만 구축전략.

관계부처 합동(2025), 2025년 규제정비 종합계획.

국무조정실(2024), 규제개혁백서.

국토교통부(2020), 자율주행자동차 윤리가이드라인.

국토교통부·한국토지주택공사(2023), 공동주택 전기자동차 화재 대응 매뉴얼.

권구보(2023), 미래기술 예측 프레임워크를 통한 스마트물류 유망기술 발굴 및 기술 로드맵 개발(박사학위, 고려대학교 대학원).

-
- 김근혜(2017), 제4차 산업혁명기술 도입을 위한 규제 방식 전환에 대한 탐색적 연구, 한국지역정보화학회지, Vol.23, No. 3, pp. 59-88.
- 김수현(2025), 인공지능 기술의 제조업 분야 활용 현황과 일자리에 미치는 영향 분석: FGI 결과를 중심으로, 지역산업과 고용, 한국고용정보원·(사)한국지역고용학회, 15.
- 김영준(2020), 대중 데이터를 활용한 탐색적 기술 예측: 텍스트 분석과 시나리오 기획 (박사학위, 서울대학교 대학원).
- 김주혜·김울성(2021), 부산항 스마트기술의 도입 우선순위 분석-항만터미널과 항만 배후단지를 중심으로, 한국해운물류학회, 37(3), pp. 601-621.
- 농림축산식품부(2024), 2024년 농업기계화 시행계획.
- 농림축산식품부(2025), 「지능형 농기계 실증단지」 기본계획 고시, 농림축산식품부 고시 제2025-8호.
- 대한민국정부(2025), 이재명정부 123대 국정과제.
- 류원형·남형식(2024), 국내 스마트 항만 도입 우선순위 도출 연구, 한국항만경제학회지, 제40집 제1호, pp. 31-59.
- 민보경 외(2018), 미래결정 정책의제 연구, 국회미래연구원.
- 박세운(2023), 미래 모빌리티 환경에 대응하기 위한 도로교통법제 개선방안 연구, 한국법제연구원.
- 박창현 외(2021), 제6회 과학기술예측조사 연구(2차년도), 한국과학기술기획평가원.
- 법제처(2025), 2025 적극행정 법제 가이드라인.
- 부산지방해양수산청(2020), 부산항 항만하역 근로자 안전관리에 관한 지침.
- 부산지방해양수산청·부산항만공사(2020), 부산항 안전기준 매뉴얼.
- 서정용·강무홍·김효재(2023), 물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구 - 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -, 한국해양수산개발원.
- 송호신(2021), 지능형 교통체계의 구축을 위한 교통관련 법제도의 개선 방안, 한국법정책학회, 21(3), pp. 249-289.
- 신동원 외(2022), 기술수요자 중심의 탄소중립 기술 시나리오 분석, 한국환경연구원.
- 심동녘·고동환(2022), 인공지능(AI) 기술도입에 따른 산업별 노동수요변화 탐색, 한국혁신학회지, 17(1), pp. 85-103.

- 심우현·원소연·이종한(2021), 언택트 디지털경제의 규제 개선방안, 한국행정연구원
- 안수현 외(2022), 디지털 금융시대 금융법 현대화, 한국금융연구원.
- 안승현 외(2022), 항만분야 탄소중립 관리체계 개선방안 연구, 한국해양수산개발원.
- 안승현 외(2023), 항만기술산업 육성을 위한 법제도 마련 연구, 한국해양수산개발원.
- 양천수(2024), 포지티브 규제와 네거티브 규제, 법학논총, 31(1), pp.89-126.
- 여민주(2020), 기후변화 증장기정책 우선순위 분석, 국회미래연구원.
- 이상규 외(2013), 신산업 부문의 스마트규제 도입 방안, 산업연구원.
- 이재삼(2019), 자율주행자동차의 상용화를 위한 법적 개선방안 연구, 과학기술법연구, 25(4), pp. 117-160.
- 이종한 외(2020), 규제지체 해소를 위한 유연성 제고방안, 신산업 중심으로, 한국행정연구원.
- 이준성(2016), AHP 기법을 적용한 스마트그리드 기술사업화 촉진요인 간 중요도 분석, 신재생에너지, 12(3), pp. 95-103.
- 이진형(2020), 컨테이너터미널 자동화 이송장비 도입에 관한 연구, 박사학위, 한국해양대학교 글로벌물류대학원).
- 임현 외(2020), 디지털기술 발전이 초래하는 지속가능성장의 미래예측 연구 II -헬스케어 데이터경제의 미래-, 한국과학기술기획평가원.
- 장혜정 외(2022), 디지털 전환에 따른 신기술 분야 인력양성 및 경력전환 체계 개발 연구, 한국직업능력연구원.
- 전수진·정종홍(2021), 스마트 건설기술 촉진을 위한 정책적 지원 방향과 전략, CEM Focus, 22(3), pp. 34-40.
- 조규성(2025), 항만 시설물 스마트 유지관리 기술 동향에 관한 연구, 사물인터넷융복합논문지, 11(4), pp. 21-27.
- 조성우·이언경·원승환(2023), 항만 시설물 스마트 유지관리 기술 동향에 관한 연구, 전자무역연구, 21(2), pp. 1-20.
- 조용혁 외(2020), 친환경차(수소전기차) 분야 선제적 규제혁파 로드맵 구축 경과와 성과, 한국법제연구원.
- 주민규(2025), 규제혁신을 통한 신산업 혁신생태계 구축 방안, 국무조정실 2025.1.

-
- 최상희·하태영·원승환(2009), 국내 컨테이너 항만기술 개발 로드맵 수립 연구, 한국
항해항만학회지, 33(3), pp. 199-206.
- 최훈도·유장호(2020), 컨테이너 터미널의 디지털 트윈 기술 적용에 관한 연구, 한국항
해항만학회지, 44(6), pp. 557-563.
- 한국농업기술진흥원(2024), SPS B KOAT 0031-7595 스마트온실 — 농업용 로봇 —
제1부: 용어와 분류.
- 한국표준협회(2020), KS B ISO 11783-1 농림업용 트랙터 및 기계류 —직렬 제어 및
통신 데이터 네트워크 —제1부: 모바일 데이터 통신표준.
- 한승훈·안승현·이혜령(2024), AHP 분석을 활용한 스마트항만 기술 도입 우선순위
도출, 한국항만경제학회지, 40(2), pp. 79-90.
- 해양수산부(2018), KPCS 64 50 10 : 2018 「항만 및 어항 전문시방서」 항만시설장비
해양수산부(2020), 2030 항만정책 방향과 추진전략.
- 해양수산부(2020), 제4차(’21-’30) 전국 항만기본계획(해양수산부 고시 제2020-231
호, 2020.12.30.).
- 해양수산부(2023), 제2차 해양수산물과학기술 육성 기본계획.
- 해양수산부(2023), KDS 64 31 10:2023 「항만 및 어항 설계기준」 항만전기설비
화재보험협회(2022), 전기차 충전설비 안전기준.
- Oh, Sooyoung, Choi, Changyong, & Lee, Ju-Ho(2020), Regulatory Reform for Foster
ing an Innovation Ecosystem, KDI School of Pub Policy & Management Pape
r Forthcoming, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4054295>.

국외 문헌

- Almeida, F.(2023), Challenges in the Digital Transformation of Ports, Businesses,
3(4), pp. 548-568.
- APM Terminals & DP World(2023), Reaching a tipping point in Battery-Electric Con
tainer Handling Equipment.
- Belmoukari, B., Audy, JF, & Forget, P.(2023). Smart port: a systematic literature revie

- w. *European Transport Research Review*, 15(4). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00581-6>.
- Boris W.(2023), Enhancing Port Operations through TIC 4.0 Standards: A Path to Smart Ports, ASEAN Ports & Shipping Conference 2023.
- Boullauazan. Y., Sys. C. & Vanelslander. T.(2023), Developing and demonstrating a maturity model for smart ports, *Maritime Policy Manage*, 50(4), pp. 447-465.
- Brunila, OP., Kunnaala-Hyrkki, V. & Inkinen, T.(2021), Hindrances in port digitalization Identifying problems in adoption and implementation, *European Transport Research Review*, Volume13, <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00523-0>.
- Carolina R. Haddad et al.(2022), Transformative innovation policy: A systematic review, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Volume 43, pp. 14-40.
- Deloitte(2017), Smart Ports Point of View.
- de la Peña Zarzuelo, I., Freire Soeane, M. J., & López Bermúdez, B.(2020), Industry 4.0 in the port and maritime industry: A literature review, *Journal of Industrial Information Integration*, Volume 20, <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100173>.
- Gao, Y., Chang, D., & Chen, CH.(2023), A digital twin-based approach for optimizing operation energy consumption at automated container terminals, *Journal of Cleaner Production*, 385, pp. 1-13.
- GEF-UNDP-IMO GloMEEP Project and IAPH, 2018: Port Emissions Toolkit, Guide No.1, Assessment of port emissions.
- Heikkilä, M., Saarni, J. & Saurama, A.(2022), Innovation in Smart Ports: Future Directions of Digitalization in Container Ports, *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), <https://doi.org/10.3390/jmse10121925>
- IDB(2020), Smart Ports Manual
- ISO(2023), ISO 14083: 2023 Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations.
- Jorm, A. (2025), Steps in Carrying out a Delphi Study. In: *Using the Delphi Method to Establish Expert Consensus. Advancing Methods for Interdisciplinarity*

-
- in the Social Sciences. Palgrave Macmillan, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-8357-4_4.
- Kevin X. Li et al.(2023), Smart port: A bibliometric review and future research directions, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 174,pp. 1-15.
- Liu, C., Zhan, S. & Heng, L.(2022), Evaluation of smart port development level based on entropy weight TOPSIS method, *Proceedings Volume 12340, International Conference on Frontiers of Traffic and Transportation Engineering (FTTE 2022)*, <https://doi.org/10.1117/12.2652585>.
- Mazzucato, M., Kattel, R., & Ryan-Collins, J.(2020), Challenge-Driven Innovation Policy: Towards a New Policy Toolkit, *Journal of Industry, Competition and Trade*, Volume 20,, pp. 421-437.
- Musarat, M. A. et al.(2023), Review on the Way Forward in Construction through Industrial Revolution 5.0, *Sustainability*, 15(18), 13682.
- OECD(2021), Case Studies on the Regulatory Challenges Raised by Innovation and the Regulatory Responses.
- Othman A., Gazzar S.E., & Knez M.(2022), Investigating the influences of smart port practices and technology employment on port sustainable performance The Egypt case, *Sustainability*, 14(21), <https://doi.org/10.3390/su142114014>
- Pacific Northwest National Laboratory(2024), PORT ELECTRIFICATION HANDBOOK.
- Paraskevas, A. et al.(2024), Smart Ports in Industry 4.0: A Systematic Literature Review, *Logistics*, 8(1), <https://doi.org/10.3390/logistics8010028>.
- PEMA(2012), Recommended Minimum Safety Features for Container Yard Equipment
- PIANC(2021), PLANNING FOR AUTOMATION OF CONTAINER TERMINALS.
- Porter, A., Wang, Y. & Naim, M.(2024), Scaling-up 5G adoption in smart ports: barriers and enablers, *Maritime Policy & Management*, 52(4), pp.517-534.
- Schedler, K., Guenduez, A. A., & Frischknecht, R. (2019). How smart can government be? Exploring barriers to the adoption of smart government. *Information Polity*, 24(1), pp. 3-20.

- STOUGH, Roger R.(2005), INSTITUTIONAL BARRIERS TO PORT INFRASTRUCTURE AND HARBOR DEVELOPMENT, IATSS Research, 29(2), pp. 30-40.
- Thi Yen Pham(2023), A smart port development: Systematic literature and bibliometric analysis, The Asian Journal of Shipping and Logistics, 39(3), pp.57-62.
- US EPA(2022), Port Emission Inventory Guidance: Methodologies for Estimating Port-Related and Goods Movement Mobile Source Emissions.
- Vaggelas, George & Leotta, Camille. (2019). Port labour in the era of automation and digitalization. What's next?, DOI:10.15167/1824-3576/IPEJM2019.3.1232.
- World Bank Group(2020), Accelerating Digitalization: Critical Actions to Strengthen the Resilience of the Maritime Supply Chain, Mobility and Transport Connectivity.
- 중국 교통운수부(2019), JTS/T 174-2019 自动化集装箱码头设计规范.
- 중국 교통운수부(2020a), GB/T 21339-2020 港口能源消耗统计及分析方法.
- 중국 교통운수부(2020b), JTS/T 105-4-2020 绿色港口等级评价指南.
- 중국 교통운수부(2020c), GB/T 38567-2020 港口物流作业数据交换通用技术规范.
- 중국 교통운수부(2021a), JTS/T 199-2021 自动化集装箱码头建设指南.
- 중국 교통운수부(2021b), JT/T 1377-2021 集装箱自动导引车.
- 일본 환경성(2025), 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver6.0)
- 일본 국토교통성(2009), 港湾からの温室効果ガス排出量算定マニュアル (案) (Ver 1.0)

인터넷 자료

- 건설기술신문(2016.11.22.), <https://www.ctman.kr/11650>(검색일: 2025.5.2.)
- 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), <https://www.ntis.go.kr/ThMain.do>(검색일: 2025.4.28-2025.5.9.)
- 국가법령정보센터, <https://www.law.go.kr/main.html>(검색일:2025.7.1.)

-
- 국가법령정보센터, 농업기계 점검기준 제정·개정이유 참조(2023.1.5.), <https://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?chrClsCd=&admRulSeq=2100000218104> (검색일: 2025.8.27.)
- 국가법령정보센터, 농업기계화 촉진법 제정·개정이유 참조(2021.6.15.), <https://www.law.go.kr/lInfoP.do?lsiSeq=232877&ancYd=20210615&ancNo=18259&efYd=20220616&nwJoYnInfo=N&efGubun=Y&chrClsCd=010202&ancYnChk=0#0000>(검색일: 2025.8.27.)
- 국무조정실 보도자료(2020.12.9.), 정 총리, 규제 빗장 열어 신산업에 활력을 더하다, <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156426154> (검색일: 2025.9.1.)
- 국토교통부 보도자료(2021.12.22.), 선제적 규제정비로 자율주행차 상용화 앞당긴다, https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=28&id=95086354(검색일: 2025.8.6.)
- 규제정보포털, <https://www.better.go.kr/zz.main.PortalMain>(검색일: 2025.7.25.-2025.8.27.)
- 기후에너지환경부, 온실가스 배출권거래제 할당대상업체, https://www.mcee.go.kr/home/web/public_info/read.do;jsessionid=UI1UgvirjKZz0MlyHNaloeoc8rdVDSS8O0qH_n8n.mehome1?pagerOffset=550&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10123&orgCd=&condition.deleteYn=N&publicInfold=337&menuId=10123(검색일: 2025.7.3.)
- 네이버 국어사전, 총소유비용, <https://ko.dict.naver.com/#/entry/koko/68db63d2988941889ac76b91d0afa381>(검색일: 2025.8.1.)
- 데이터넷(2023.9.17.), 국가기술표준원, 글로벌 AI·사이버 보안 기술규제 대응 지원 (검색일: 2025.4.18.)
- 부산일보(2024.5.2.), [기고] 국내 최초 완전자동화 부두 개장의 의미, <https://www.busan.com/view/busan/view.php?code=2024050217492029174>(검색일: 2025.8.1.)
- 부산항만공사 보도자료(2025.8.12.), BPA, 항만시설물 점검에 디지털신기술 적용, <https://www.busanpa.com/kor/Board.do?mode=view&mCode=MN1445&idx=34024>(검색일: 2025.10.3.)

- 산업통상자원부 보도자료(2020.4.23.), 개인형 이동수단 안전하게 이용하도록 법 제정한다, https://www.korea.kr/docViewer/iframe_skin/doc.html?fn=d2aa8768c82ebca77a12fdb6556d272&rs=/docViewer/result/2022.10/26/d2aaa8768c82ebca77a12fdb6556d272(검색일: 2025.8.27.)
- 상하이해운거래소(2025.8.20.), 广州港设立首个混行模式“港口自动驾驶示范区”, https://www.sse.net.cn/cninfo/HotInfo/202508/t20250820_1407885.jsp(검색일: 2025.8.28.)
- 연합뉴스(2024.9.2.), 경남도, '고중량물 이송 자율이동체' 국내 최초 개발 추진, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20240902040500052>(검색일: 2025.6.26.)
- 연합뉴스(2025.5.29.), [인천신항 10주년] ②'완전 자동화 부두' 미래 첨단 항만 꿈꾼다, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20250526048500065>(검색일: 2025.9.1.)
- 중국 교통운수부(2023.11.24.), 스마트 항만·스마트 수로 건설 가속화에 관한 의견(关于加快智慧港口和智慧航道建设的意见), https://xxgk.mot.gov.cn/2020/jigou/syj/202312/t20231204_3961959.html(검색일: 2025.8.28.)
- 중국 교통운수부(2021), 자동운전과 스마트 해운 선도 응용 시범점 관련 통지(交通运输部办公厅, 2021), <https://zjhy.mot.gov.cn/zzhxxgk/jigou/kjxxc/202112/P020211207516078560554.pdf>(검색일: 2025.8.28.)
- 중국 국가표준화관리국, <https://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/e7bfb191e9961862f9700a60e623be797bed336db3e3baf64de6a6b91ce1f22f?>(검색일: 2025.8.28.)
- 중국 표준화, <https://www.biaozhun.org/>(검색일: 2025.8.28.)
- 중국항해학회, 《港口装卸服务规范 第1部分：集装箱》, Service requirements for port handling — Part 1 : Container(T/CIN 055.1—2024)(검색일: 2025.8.28.)
- 한국무역협회(2024.8.2.), '세계 최초' EU AI규제법 2일 발효...전면 시행은 2년 뒤, <https://www.kita.net/board/totalTradeNews/totalTradeNewsDetail.do?no=85448&siteId=2>(검색일: 2025.08.10.)
- 한국해운신문(2024.4.5.), 국내 항만 완전 자동화 시대 본격 개막, <http://www.maritimepress.co.kr/news/articleView.html?idxno=320018>(검색일: 2025. 6.26.)
- 해사신문(2022.7.27.), 부산항신항 타부두 환적물량 자동운송시스템 개발 나선다, <http://www.haesanews.com/news/articleView.html?idxno=106063>(검색일:

2025.5.2.)

해사신문(2025.6.15.), 미국, 항만 보안 강화 위해 중국산 장비 교체 지원...‘해상 공급망 보안법’ 하원 통과, <http://www.haesanews.com/news/articleView.html?idxno=138719>(검색일: 2025.8.6.)

해양수산부 보도자료(2022.6.27.), 항만 사업장별 총괄 안전관리 계획, 이렇게 준비하세요, <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=46508&menuSeq=971&bbsSeq=10>(검색일: 2025.9.1.)

해양수산부 보도자료(2022.9.1.), 자동안벽크레인을 갖춘 부산항 신항 컨테이너 6부두 개장, <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=47188&searchDeptName=&menuSeq=971&searchEndDate=&searchEtc1=&searchEtc2=&searchEtc3=&searchEtc4=&searchEtc5=¤tPageNo=1&searchSelect=title&searchStartDate=&recordCountPerPage=&bbsSeq=10&searchValu=>(검색일: 2025.8.6.)

해양수산부 보도자료(2023.1.19.), 우리 기업·기술로 글로벌 스마트항만 만든다, <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=48733&menuSeq=971&bbsSeq=10>(검색일: 2025.8.6.)

해양수산부 보도자료(2024.10.28.), 드론을 활용한 불법 침입 막기 위해 항만에 안티 드론 시스템 도입 추진, <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=59048&listUpdtDt=2025-02-21++10%3A00&menuSeq=971&bbsSeq=10>(검색일: 2025.8.6.)

해양수산부 보도자료(2024.10.31.), 선박 ‘사이버안전’으로 해상 물류 공급망 지킨다, <https://www.nlic.go.kr/nlic/logpolDt.action?fldLogpolRefSeq=1403&command=VIEW>(검색일: 2025.8.6.)

APM Terminals, <https://www.apmterminals.com/en/maasvlakte/about/our-terminal>(검색일: 2025.4.23.)

CAYT, https://www.cayt.ai/bbs/board.php?bo_table=activity_news&wr_id=23&sca=%EC%96%B8%EB%A1%A0%EB%B3%B4%EB%8F%84 (검색일: 2025.9.1.)

Congress.gov, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/3580> (검색일: 2025.8.8.)

CSA, <https://www.csa.gov.sg/legislation/codes-of-practice/>(검색일: 2025.9.8.)

- ECT Rotterdam, <https://www.ect.nl/en/news/fast-forward/30-years-ago-ect-opened-very-first-automated-terminal-world>(검색일: 2025.4.23.)
- ENISA, <https://www.enisa.europa.eu/publications/nis-investments-2024>(검색일: 2025.9.8.)
- Escola Europea, <https://escolaeuropea.eu/did-you-know/back-to-basics-what-is-a-smart-port/> (검색일: 2025.2.12.)
- EUR-Lex, <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/the-eu-cybersecurity-act.html>(검색일: 2025.9.8.)
- European Union, https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14659-EU-Ports-Strategy_en(검색일: 2025.9.1.)
- 나라표준인증, <https://www.standard.go.kr/KSCI/crtfcSystem/searchCrtfcSystemView.do?crtfcstId=0000000622&crtfcstReformNo=0000&viewPage=system&firstChk=ok&menuId=60373&topMenuId=536&upperMenuId=537>(검색일: 2025.8.8.)
- Federal Register, <https://www.federalregister.gov/documents/2025/01/17/2025-00708/cybersecurity-in-the-marine-transportation-system?>(검색일: 2025.9.8.)
- Gov INFO, <https://www.govinfo.gov/app/details/PLAW-107publ295>(검색일: 2025.9.8.)
- Gov INFO, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2021-title46/html/USCODE-2021-title46-subtitleV-partC-chap543-sec54301.htm>(검색일: 2025.8.8.)
- Hapag-Lloyd, The Smartest Ports in the World: From Smart Ideas to Global Leaders, https://www.hapag-lloyd.com/en/online-business/digital-insights-dock/insights/2025/06/the-smartest-ports-in-the-world-from-smart-ideas-to-global-leade.html?utm_source=chatgpt.com(검색일: 2025.9.1.)
- HMM오션서비스, Cybersecurity Newsletter 2023.11, <https://hos21.com/WebzineDtl/Nov2023.aspx>(검색일: 2025.8.6.)
- KONECRANES, Automated container transport for performance-orientated terminals, <https://www.konecranes.com/port-equipment-services/container->

-
- handling-equipment/automated-guided-vehicles/agv(검색일: 2025.6.26.)
- Krystyna Marcinek et al., Risk-Based AI Regulation, https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA3243-3.html(2024.11.20.)(검색일: 2025.8.1.)
- Lloyd's List, Ningbo-Zhoushan rolls out intelligent guided vehicles in automation drive, <https://www.lloydslist.com/LL1147905/Ningbo-Zhoushan-rolls-out-intelligent-guided-vehicles-in-automation-drive>(검색일: 2025.6.26.)
- Market Research Intellect(2024.12.7.), 해상 물류의 미래 주도 - 충전을 이끄는 자동 컨테이너 터미널 시스템, <https://www.marketresearchintellect.com/ko/blog/driving-the-future-of-maritime-logistics-automated-container-terminal-systems-leading-the-charge/>(검색일: 2025.7.3.)
- PierNext(2019.2.7.), The Smart Port model at the Port of Barcelona, <https://piernext.portdebarcelona.cat/en/technology/the-smart-port-model-at-the-port-of-barcelona/>(검색일: 2025.4.25.)
- Port Technology(2016.2.26.), What is a Smart Port?, https://www.porttechnology.org/news/what_is_a_smart_port/(검색일: 2025.4.25.)
- Port Technology(2022.12.13.), Port of Felixstowe becomes first in Europe to launch autonomous trucks into ops, <https://www.porttechnology.org/news/port-of-felixstowe-becomes-first-in-europe-to-launch-autonomous-trucks-into-ops/>(검색일: 2025.6.26.)
- Precedence Research, <https://www.precedenceresearch.com/port-electrification-market>(검색일: 2025.8.1.)
- SSO, <https://sso.agc.gov.sg/Acts-Supp/9-2018/>(검색일: 2025.9.8.)
- TIC 4.0, <https://tic40.atlassian.net/wiki/spaces/TIC40Definitions/pages/8618041/TIC+4.0+Semantic>(검색일: 2025.9.1.)
- TIC 4.0, <https://tic40.org/>(검색일: 2025.8.26.)
- United States Coast Guard News, <https://www.news.uscg.mil/maritime-commons/Article/3683564/executive-order-expands-coast-guard-authorities-to-address-maritime-cyber-threat/>(검색일: 2025.8.8.)
- USCG, <https://www.news.uscg.mil/maritime-commons/Article/4033732/final-rule-cybersecurity-in-the-marine-transportation-system/>(검색일: 2025.9.8.)

- Verified Market Reports, Terminal Management System Market Insights, <https://www.verifiedmarketreports.com/product/terminal-management-system-market-size-and-forecast/>(검색일: 2025.7.3.)
- Westwell, <https://www.westwell-lab.com/article/177.html>(검색일: 2025.8.28.)
- WPSP, <https://sustainableworldports.org/launch-by-the-iaph-data-collaboration-committee-of-its-cyber-resilience-guidelines-for-emerging-technologies-in-the-maritime-supply-chain>(검색일: 2025.8.27.)

법령

- 2023년도 해양·수산·해운·항만 부문 온실가스 관리업체(해양수산부 고시 제 2033-103호, 2023.6.26.).
- 개인정보 보호법(법률 제20897호, 2025. 4. 1.).
- 과학기술기본법(법률 제21065호, 2025. 10. 1.).
- 관세법(법률 제21134호, 2025. 11. 11.).
- 국가정보원법(법률 제17646호, 2020. 12. 15.).
- 국제항해선박 및 항만시설의 보안에 관한 법률(법률 제20125호, 2024. 1. 23.).
- 기계식주차장치의 안전기준 및 검사기준 등에 관한 규정(국토교통부고시 제2024-680호, 2024. 11. 27.).
- 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(법률 제21122호, 2025. 11. 11.).
- 농업기계 검정기준(농림축산식품부고시 제2025-72호, 2025. 7. 11.).
- 농업기계화 촉진법(법률 제19485호, 2023. 6. 20.).
- 데이터 산업진흥 및 이용촉진에 관한 기본법(법률 제21066호, 2025. 10. 1.).
- 도로교통법(법률 제20677호, 2025. 1. 21.).
- 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행령(대통령령 제34881호, 2024. 9. 10.).
- 드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률(법률 제21065호, 2025. 10. 1.).
- 무인비행장치 조종자의 자격 및 전문교육기관 지정기준(국토교통부고시 제2025-18

5호, 2025. 5. 14.).

물류정책기본법(법률 제21065호, 2025. 10. 1.).

사이버안보 업무규정(대통령령 제34287호, 2024. 3. 5.).

산업단지 관리지침(산업통상자원부고시 제2024-29호, 2024. 2. 14.).

산업 디지털 전환 촉진법(법률 제21065호, 2025. 10. 1.).

산업안전보건법(법률 제21065호, 2025. 10. 1.).

선박안전법(법률 제19134호, 2022. 12. 27.).

선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률(법률 제20524호, 2024. 10. 22.).

승강기 안전관리법(법률 제20159호, 2024. 1. 30.).

승강기안전부품 안전기준 및 승강기 안전기준(행정안전부고시 제2022-18호, 2022. 3. 2.).

신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선기기(과학기술정보통신부 고시 제2025-14호, 2025. 3. 27.).

실외이동로봇 운행안전인증 절차 및 기준 등에 관한 고시(산업통상자원부고시 제2023-211호, 2023. 11. 17.).

새로운 형식의 어선의 설비에 대한 잠정기준 마련에 관한 고시(해양수산부고시 제2024-61호, 2024. 6. 14.).

위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률(법률 제21066호, 2025. 10. 1.).

위험물안전관리법(법률 제20231호, 2024. 2. 6.).

자동차관리법(법률 제21065호, 2025. 10. 1.).

자동차관리법 시행규칙(국토교통부령 제1519호, 2025. 8. 14.).

자동차손해배상 보장법(법률 제21065호, 2025. 10. 1.).

자율운행선박 개발 및 상용화 촉진에 관한 법률(법률 제21065호, 2025. 10. 1.).

자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률(법률 제20391호, 2024. 3. 19.).

적극행정 운영규정(대통령령 제35845호, 2025. 11. 11.).

전기추진 동력수상레저기구 설비기준(해양경찰청고시 제2024-2호, 2024. 3. 11.).

전자무역 촉진에 관한 법률(법률 제21065호, 2025. 10. 1.).

전자문서 및 전자거래 기본법(법률 제18478호, 2021. 10. 19.).

- 전파법(법률 제21066호, 2025. 10. 1.).
- 정보통신기반 보호법(법률 제20068호, 2024. 1. 23.).
- 중소기업 스마트제조혁신 촉진에 관한 법률(법률 제19181호, 2023. 1. 3.).
- 지능형 농기계 실증단지 기본계획 고시(농림축산식품부 제 2025-631호, 2025.1.6.).
- 자율협력주행 인증관리기준(국토교통부고시 제2023-433호, 2023. 7. 20.).
- 초경량비행장치 기술기준(국토교통부고시 제2024-387호, 2024. 7. 17.).
- 항공안전법(법률 제20981호, 2025. 5. 27.).
- 항공안전법 시행규칙(국토교통부령 제1262호, 2023. 10. 19.).
- 항만기술산업의 육성 및 지원에 관한 법률(법률 제20135호, 2024. 1. 23.).
- 항만법(법률 제20231호, 2024. 2. 6.).
- 항만법 시행령(대통령령 제35811호, 2025. 10. 1.).
- 항만안전특별법(법률 제18369호, 2021. 8. 3.).
- 항만운송사업법(법률 제19501호, 2023. 6. 20.).
- 항만운송사업법 시행령(대통령령 제33954호, 2023. 12. 12.).
- 항만운송사업법 시행규칙(해양수산부령 제735호, 2025. 5. 28.).
- 항만시설장비 관리규칙(해양수산부령 제592호, 2023. 3. 10.).
- 항만시설물 안전점검 지침(해양수산부고시 제2023-191호, 2023.12.29.).
- 항만시설장비검사기준(해양수산부고시 제2021-187호, 2021. 9. 29.).
- 해사 사이버안전 관리지침(해양수산부 고시 제2023-74호, 2023.4.21.).
- 행정규제기본법(법률 제19213호, 2023. 1. 17.).
- 화물자동차 운수사업법(법률 제21025호, 2025. 8. 14.).
- Artificial Intelligence Act(Regulation (EU) 2024/1689, 2024.6.13.).

기타

이탈리아 제노바 대학 서면 자문, Identify institutional and regulatory challenges associated with the adoption of smart port technologies and to propose legal and policy improvement(2025.8.)

기본연구보고서 발간목록

Ⅰ 2025년

01	청색경제 이행지표 개발 및 투자효과 분석	김주현
02	해양문화산업의 지역 경쟁력 진단과 발전전략 연구	이슬기
03	유해·교란 해양생물 지정 제도 개선방안 연구	정여진
04	해양보호구역의 효과적 관리 방안 연구	김미주
05	해양 복합위험의 실효적 대응 방안 연구	민영훈
06	해양 위성정보 활용 방안 연구	조성진
07	수산업 정책 전주기 연계성 강화 방안 연구	안지은
08	소비자 맞춤형 식품시장 성장에 따른 수산식품산업 대응 방안 연구	임경희
09	외국인 어선원 확보를 위한 제도 개선 연구	정명화
10	수산식품 물가 안정화 방안 연구	박혜진
11	수산물 업사이클링 생태계 조성 방안 연구	이남수
12	어촌과 연안의 통합적 발전을 위한 바다생활권 도입방안 연구	박상우
13	해운 얼라이언스 재편에 따른 영향분석과 대응방안 연구	김병주
14	연안대중교통의 운영 효율성 제고를 위한 정책 연구	류희영
15	그린 암모니아 선박 연료 전환 대응 방안 연구	전서연
16	스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법·제도 개선 방안 연구	이다예
17	탄소중립항만 전환을 위한 항만하역장비 관리체계 개선 방안 연구	이혜령
18	부산항 중장기 발전전략 연구	김근섭
19	재난·재해 대비 항만 위험물 컨테이너 물류공급망 대응 방안 연구	최나영환
20	국제물류시장 공정경쟁질서 확립 방안 연구	김동환

2024년

01	섬·바다·강 연계 관광 네트워크 구축방안 연구	최일선
02	해양 스타트업 실패 자산화 방안 연구	좌미라
03	시민친화적 바닷가 공간 조성에 관한 연구	정치호
04	연안이용 관리 법제 정비방안 연구	최석문
05	특별관리해역 관리제도 재편 방안 연구	최수빈
06	해양관할구역 과세권한의 체계적 배분방안 연구	이혜영
07	어업인의 디지털 전환 수용성 제고방안 연구	오서연
08	수산물 무역(수출입) 단기 전망모형 구축 연구	한기욱
09	어촌소멸에 따른 사회경제적 영향분석과 대응전략 연구	이상규
10	어촌다움에 기반한 어촌공간관리 방안 연구	이승혜
11	파생상품을 이용한 해운선사의 위험관리에 관한 연구 - 운임선도거래(FFA)를 중심으로 -	김한나
12	내항상선 해양사고 경감방안 연구	허성례
13	항만재개발사업 공공성 강화 방안 연구	김세원
14	해외 항만터미널 확보 전략 연구	김근섭
15	항만 하역능력의 서비스 수준 개선 연구	이화섭
16	국내 무역항 거버넌스 체계 개편방안 연구	김근섭
17	선박의 원격운항을 위한 제도 개선방안 연구	박혜리
18	국제물류기업 육성을 위한 법제 개선방안 연구	최나영환
19	글로벌 공급망 리스크 대응 정책효과 분석 모형 개발 연구	강무홍
20	한-북미 무역구조 분석 및 물류공급망 변화 대응방안 연구	이성우

수시연구보고서 발간목록

Ⅰ 2025년

01	해양치유시설 조성·운영 제도 개선 연구	이정아
02	국제 해양질서 전환 대응 해양대외전략 기반 연구	박수진
03	유기수산물품 국제 동등성 확보 방안	오서연
04	선원 복지 개선방안 연구 - 선내 급식을 중심으로	허성례
05	항만재개발사업 추진 체계 재정립 연구 - 항만재개발사업 업무 매뉴얼 개선을 중심으로	김세원
06	군소도서국 해양수산 국제협력 방안 수립	전혜은
07	어촌발전특구 도입을 위한 법·제도 연구	박상우
08	해양생태계서비스 활용 방안 연구	정세미
09	해양에너지 산업 활성화 방안 연구	육근형
10	비관리청항만개발사업 정보화 정책 방향 연구	이종필
11	해양안보 위협지수 개발 및 활용방안 연구 - 선박 이상 행위를 중심으로	민영훈
12	지방관리무역항 보안관리체계 재정립 연구	김가현
13	부산항 터미널 위험물 컨테이너 장치 효율 개선 방안 연구 - 법·제도 측면 -	김우선
14	새만금호 수질관리 강화 방안 연구	장원근
15	미 상호주의 대응 수산분야 비관세장벽 영향 연구	이정미
16	수중레저 안전관리 체계 정비를 위한 제도개선 연구	이정아

2024년

01	해양정보산업 진흥을 위한 제도 개선 방안 연구	김찬웅
02	한-아프리카 국제수산협력 체계 개선 연구	이채령
03	해양안보 MDA 체계 구축·활용 방안 연구	민영훈
04	인천항 자유무역지역의 효과적 운영을 위한 전략 방안	한장협
05	해양문화자원을 활용한 연안도시활력 증진 방안 연구	이슬기
06	부산항 물동량 유치방안 연구	김은우
07	국제사회의 대북제재 동향과 우리의 대응:해양수산분야를 중심으로	채수란
08	국내 연안여객선 관광·이용 활성화 방안 연구	이정아
09	내수면어업 허가·신고 제도 개선방안 연구	최순
10	어업선진화를 위한 어업관리체계 개편방안	심성현
11	글로벌 공급망 변동에 따른 해운물류 지원방안	황수진
12	연안 중소선사의 탄소중립 달성을 위한 친환경정책 지원방안	류희영
13	항만기술산업 활성화를 위한 법제도 정비 방안 연구	김보경
14	해양모태펀드 투자활성화 방안 연구	한기원
15	특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화방안	장원근
16	중대재해처벌법 대응 양식장 안전성 개선 방안 연구	윤미경
17	국가관리연안항 발전전략 수립체계 연구	신정훈
18	글로벌 공급망 대응 해운항만물류 전문인력 양성 발전방안 연구	권보배
19	해양수산 국제개발협력 중장기 전략 연구	전혜은

일반연구보고서 발간목록

Ⅰ 2025년

01	해양수산 공공데이터 플랫폼 활용 제고 방안 연구	김성은
02	동아시아 해양플라스틱 오염 대응 자원 조성 방안	이윤정
03	한-아세안 해양협력 전략적 강화방안 연구	최지연
04	수산업 강제노동 규범화 대응체계 구축연구	박찬엽
05	해조류 활용 신산업 생태계 조성 방안 연구	조현주
06	미국 무역환경 변화와 해운·조선산업의 영향 분석 연구	김한나
07	해상운임에 대한 지정학적 리스크의 전이효과 분석	최영재
08	스마트항만 개발 효과 산정 방법론 연구	안승현
09	항만 수급분석 체계화 및 지침 마련 연구	신정훈
10	비컨테이너 부두 하역능력 산정을 위한 적정 점유율 기준 연구	이화섭
11	국가 스마트 콜드체인 물류거점센터 구축연구	조지성
12	해운항만물류 전문인력 중개 플랫폼 모델 개발	권보배
13	미국 이력 추적 의무화에 따른 수산물 수출기업 대응실태 분석 연구	박혜진
14	AI 활용 글로벌 수산인수 및 무역전망체계 고도화 연구	한기욱
15	섬어촌 디지털 정보격차 해소를 위한 정책연구	이상규

Ⅰ 2024년

01	한-북극권 청색경제 협력사업 추진 방안	김엄지
02	전환기 글로벌 해양환경규범의 대응력 강화 연구	박수진
03	해양 지속가능성 시범 평가 연구	최희정
04	Scope 3 기준 원양산업 탄소배출추정 및 대응방안 연구 - 원양저연승어업을중심으로	조현주
05	수산물 공급망 관리 개선방안 연구(한태 무역을 중심으로)	한기욱
06	신통상규범 확대에 따른 수산분야 영향 및 대응방안	박혜진
07	탄소배출 규제 대응을 위한 컨테이너 선대 교체 수요 추정 연구	최건우
08	연안항개발사업의 경제적 편익에 관한 연구	김성아
09	한국과 미동부 항만 간 녹색해운항로 구축방안 연구	김가현
10	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅲ) - 철광석, 화학공업생산물, 기타광석, 잡화를중심으로	이나영
11	점안 대기시간 감소에 따른 탄소집약도지수(CII) 변화 분석	김보람

기본연구 2025-16

**스마트항만 기술 수용성 제고를 위한
법·제도 개선 방안 연구**

인쇄 2025년 12월 29일

발행 2025년 12월 31일

발행인 조정희

발행처 한국해양수산개발원

주소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연락처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 ㈜디자인월드 (051-916-1533)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 15,000원

스마트항만 기술 수용성 제고를 위한 법·제도 개선 방안 연구

A Study on Legal and Institutional Improvement Measures
to Promote the Adoption of Smart Port Technologies



49111 부산광역시 영도구 해양로301번길 26 (동삼동)

TEL. 051-797-4800

FAX. 051-797-4810

