기본연구 2023-11

물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구

- 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -

A Strategy for Smart Ports to Enhance Logistics Integration

: Focusing on Port Logistics Data Sharing Platforms

서정용 · 강무홍 · 김효재

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

기본연구 2023-11

물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구

– 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 –

A Strategy for Smart Ports to Enhance Logistics Integration
: Focusing on Port Logistics Data Sharing Platforms

서정용 · 강무홍 · 김효재

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	**서정용, 강무홍, 김효재**
내부연구진	연구책임자 서정용 한국해양수산개발원 물류·해사산업연구본부 부연구위원 공동연구원 강무홍 한국해양수산개발원 물류·해사산업연구본부 부연구위원 공동연구원 김효재 한국해양수산개발원 물류·해사산업연구본부 전문연구원

연구기간	2023. 1. 1. ~ 2023. 10. 31.

보고서 집필내역

연구책임자	서정용 연구총괄, 보고서 전반
내부연구진	강무홍 제1장 제3절, 제3장 제1절 일부, 제2절 김효재 제2장 제3절

산·학·연·정 연구자문위원	전용식 엔지엘(주) 홍창우 동양시스템즈(주) 배정준 한진물류연구원 원승환 군산대학교 최영재 항공안전기술원 이준명 항공안전기술원 김창묵 해양수산부

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

스마트항만은 전 세계적으로 큰 관심을 받고 있고, 우리나라뿐 아니라 국외 선진국과 항만에서는 스마트항만 구축을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 우리나라의 경우, 해양수산부와 항만공사를 중심으로 항만 자동화·스마트화 용역·사업이 추진되고 있고, 최근에는 스마트화를 위한 항만물류 정보화 사업이 병행되고 있다. 국외의 경우 네덜란드 로테르담항, 독일 함부르크항, 미국 로스앤젤레스항, 싱가포르의 싱가포르항 등에서 항만 자동화 이후의 스마트화를 위해 박차를 가하고 있다.

여러 항만물류 유관 기관이나 연구자는 스마트항만에 대한 정의를 각자 내리고 있으나, 연결성(Connectivity)을 강조한다는 측면에서 대동소이하다고 볼 수 있다. 이 연결성은 항만 내부의 컨테이너, 하역·이송 장비와 같은 물적 자원을 사물인터넷 등 4차 산업혁명 기술을 기반으로 연결해 전역최적화를 추구하는 면도 있지만, 항만과 외부, 다시 말해 해상과 육상을 항만과 유기적으로 연결하는 측면이 강하다. 이를 항만의 본질적 기능인 '물류 서비스'로 한정한다면, 해상-항만-육상물류를 원활히 하는 항만을 스마트항만으로 볼 수 있다. 세부적으로는 해상-항만물류에서는 선박 대기가 최소화되고, 항만-육상물류에서는 외부트럭의 대기가 최소화된 항만으로 여길 수 있다.

상기한 해상-항만-육상물류 연계를 성공적으로 달성하기 위해서는 시설이나 장비 등 물리적 인프라의 확충이 방법일 수 있다. 추가적인 선석을 개발해 선박이 접안할 수 있는 공간을 확보하고, 충분한 수의 하역·이송 장비를 투입해 자원의 대기를 최소화하는 것이다. 이와 같은 방법은 직관적이지만, 상당한 초기투자비용을 유발한다. 이에 반해, 스마트항만에서는 4차 산업혁명에서의 정보·통신기술을 기반으로 물리적 인프라 확충을 최소화하면서 물류 연계 효율화를 달성할 수 있다. 현장에서의 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 의사결정에 활용할 수 있는 정보로 가공하며, 적절한 이해관계자에게 공유함으로써 해상-항만-물류 영역 전체를 최적화하도록 한다.

국외에서는 이와 같은 스마트항만과 해상-항만-육상물류 연계 효율화의 관계를 이해하고, 스마트항만 구축에 정보화를 적극적으로 적용해왔다. 특히, 네덜란드 로테르담항이나 독일 함부르크항 등 상당한 수준의 항만 스마트화를 달성한 것으로 보여지고 있다. 하지만, 우리나라는 상대적으로 진정한 의미의 스마트화보다는 항만 자동화에

초점을 맞춰 연구와 사업을 추진했으며, 최근 들어서야 물류 연계와 정보화에 대해 관심을 가지기 시작했다. 많은 노력을 들이고 있으나, 현재까지 물류 연계 기반의 스마트항만에 구체적인 경제성에 대한 근거가 없고, 핵심으로 볼 수 있는 데이터 수집을 위한 실질적인 정책대안이 없어 아직까지는 가시적인 결과가 부족한 실정이다.

상기한 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 물류 연계 효율화를 위한 스마트항만에서 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼을 도입했을 때의 경제적 효과를 분석하고, 플랫폼 활성화를 저해하는 요인은 이해관계자 의견을 수집해 도출한다. 또한, 이와 같은 애로사항을 해결할 수 있는 정책대안 후보군을 선정하고, 정책협의회를 거쳐 정책대안 후보를 통폐합해 최종적인 정책대안을 제시한다. 이를 통해 해상-항만-육상물류 연계 효율화를 기반으로 한 스마트항만 구축에 더욱 실질적인 도움을 주고자 한다.

본 연구는 물류·해사산업연구본부 첨단물류·기술연구실의 서정용 실장을 비롯한 강무홍 부연구위원, 김효재 전문연구원이 참여했다. 본 연구 수행에 아낌없이 소중한 자문과 조언을 주신 엔지엘(주) 전용식 이사님과 해양수산부 스마트해운물류팀 김창묵 사무관님께도 큰 감사의 말씀을 전한다.

2024년 1월
한국해양수산개발원
원장 김 종 덕

목차

정책제안 _i

요약 _iii

Executive Summary _xix

01 서론 _1

제1절 연구 배경 및 목적 1
1. 연구 배경 1
2. 연구 목적 6

제2절 연구 내용 및 방법 7
1. 연구 내용 7
2. 연구 방법 10

제3절 선행연구 대비 본 연구 차별성 11
1. 선행연구 검토 11
2. 본 연구 차별성 15

02 해상-항만-육상물류 연계 기반 스마트항만 현황과 개선 방향 _19

제1절 스마트화 및 유사 용어 개념 정립 19
1. 자동화 19
2. 지능화 20
3. 자율화 21
4. 스마트화 21

제2절 물류 연계 기반 스마트항만 정의 23

제3절 국내외 물류 연계 스마트항만 현황 및 사례 28
1. 네덜란드 로테르담항 28
2. 싱가포르 싱가포르항 29

3. 독일 함부르크항 30
4. 미국 로스앤젤레스항 31
5. 우리나라 항만 31

제4절 물류 연계 기반 국내 스마트항만 구축 문제점 37
1. 해상-항만물류 연계 38
2. 항만-육상물류 연계 41

제5절 소결 43

03 해상-항만-육상물류 연계 효과 분석 _47

제1절 물류 연계 비용 파악 48
1. 물류 연계 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출 비용 52
2. 플랫폼 운영환경 구축 비용 55
3. 플랫폼 개발 비용 57
4. 운영 프로그램 개발 비용 71
5. 플랫폼 운영 비용 74

제2절 물류 연계 편익 파악 76
1. 선박 대기비용 절감편익 77
2. 외부트럭 대기비용 절감편익 79

제3절 비용-편익분석 80
1. 비용편익 비율 기준 81
2. 순현재가치 기준 83
3. 내부수익률 기준 83
4. 종합 84

04 스마트항만 데이터 공유 플랫폼 구축 정책 및 기대효과 _87

제1절 물류 연계 플랫폼 도입 애로사항 도출 88
1. 이해관계자 집단 정의 89
2. 애로사항 분류 90

제2절 정책 이행과제 도출 100
1. 정책 이행과제 후보군 선정 101
2. 정책협의회를 통한 이행과제 선정 및 통합 112
제3절 정책과제 수행방안 115
1. 정책대안 목적과 목표 115
2. 주요 내용 116
3. 이행 주체 127
4. 정책 평가 방안 130
제4절 기대효과 133
1. 정책적 효과 133
2. 기술적 효과 135

05 결론 _137
제1절 요약 137
제2절 한계점 및 향후 연구 139
제3절 정책제언 142

참고문헌 _145

부록 _155

표 목차

〈표 1-1〉 스마트항만 관련 물류 연계 디지털화 사례 ····· 4
〈표 1-2〉 선행연구 대비 본 연구의 차별성 ····· 17
〈표 2-1〉 자동화, 지능화, 자율화 및 스마트화 비교 ····· 22
〈표 2-2〉 스마트항만 특성 및 물류 연계와의 관련성 ····· 25
〈표 2-3〉 개발 예정 물류 연계 10대 서비스 ····· 34
〈표 2-4〉 스마트·친환경 항만 전환을 위한 세부 과업(부산항만공사) ····· 35
〈표 2-5〉 부산항 신항 5개 부두의 연도별 입항 척수(2020~2022년) ····· 39
〈표 2-6〉 해상-항만물류 연계에서의 문제 및 개선 방향 ····· 41
〈표 2-7〉 육상-항만물류 연계에서의 문제 및 개선 방향 ····· 43
〈표 3-1〉 투자평가지침 내 교통투자사업 시 비용 유형 ····· 48
〈표 3-2〉 SW사업 대가산정 가이드 내 비용 구성 ····· 49
〈표 3-3〉 항만물류 데이터·정보 공유 플랫폼 계획·개발 비용항목 ····· 51
〈표 3-4〉 항만물류 데이터·정보 공유 플랫폼 계획·개발 비용산정(부가세 포함) ····· 52
〈표 3-5〉 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출에 대한 비용산정 ····· 53
〈표 3-6〉 플랫폼 운영환경 구축에 대한 비용산정 ····· 56
〈표 3-7〉 플랫폼 개발에 대한 비용산정 ····· 58
〈표 3-8〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 데이터 자동 연계 관리(1)) ··· 59
〈표 3-9〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 데이터 자동 연계 관리(2)) ··· 60
〈표 3-10〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 신고/신청 정보) ····· 61
〈표 3-11〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 선박 제원, 기상 및 이동 정보) 62
〈표 3-12〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 작업 정보) ····· 63
〈표 3-13〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(정보 생성 – 예측 정보 생성) ····· 64
〈표 3-14〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(정보 활용 – 실시간 알림 등) ····· 65
〈표 3-15〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(관리 – 이용 현황, 팝업, SMS) ····· 67
〈표 3-16〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(관리 – 회원, 권한) ····· 68
〈표 3-17〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(관리 – 게시판, 메뉴 관리) ····· 69
〈표 3-18〉 항만물류 데이터·정보 공유 플랫폼 기능 외 인력투입 비용산정(부가세 포함) 70
〈표 3-19〉 운영프로그램 개발에 대한 비용산정 ····· 71
〈표 3-20〉 운영프로그램 세부 기능에 대한 기능점수(모니터링) ····· 72
〈표 3-21〉 운영프로그램 세부 기능에 대한 기능점수(유지관리) ····· 73

〈표 3-22〉 플랫폼 유지관리비 산정에서의 난이도 산정 ····· 74
〈표 3-23〉 플랫폼 유지관리비 산정(단위: 원) ····· 75
〈표 3-24〉 운영 프로그램 유지관리비 산정에서의 난이도 산정 ····· 75
〈표 3-25〉 운영 프로그램 유지관리비 산정(단위: 원) ····· 75
〈표 3-26〉 해상-항만-육상물류 연계 편익 항목 ····· 76
〈표 3-27〉 선박 대기비용 절감편익 계산식 ····· 77
〈표 3-28〉 선박 대기비용 절감편익 계산 ····· 78
〈표 3-29〉 선박 대기시간 감소 시나리오별 절감비용 및 편익 추정 ····· 78
〈표 3-30〉 외부트럭 대기비용 편익분석을 위한 반출입 물동량 분석 ····· 79
〈표 3-31〉 외부트럭 대기비용 계산 ····· 80
〈표 3-32〉 외부트럭 대기시간 감소 시나리오별 절감비용 및 편익 추정 ····· 80
〈표 3-33〉 경제성 분석기법 비교 ····· 81
〈표 3-34〉 비용편익 비율 계산 ····· 82
〈표 3-35〉 물류 연계 기반 스마트항만 데이터·정보공유 플랫폼 수익과 비용 현가 ····· 82
〈표 3-36〉 순현재가치 계산 ····· 83
〈표 3-37〉 내부수익률 계산 ····· 84
〈표 3-38〉 경제성분석 결과 요약(부산항 신항 5개 터미널 기준 편익) ····· 84
〈표 4-1〉 물류 정보 연계 플랫폼의 성공적 도입·활용을 위한 의견 조회 대상자 ····· 90
〈표 4-2〉 의견 조회 대상자가 제시한 애로사항 ····· 99
〈표 4-3〉 정책과제 후보와 애로사항 매칭 ····· 101
〈표 4-4〉 선정된 정책과제와 대상 애로사항 ····· 113
〈표 4-5〉 Port-MIS 중심 플랫폼 연계 시 문제 ····· 117
〈표 4-6〉 한국해양진흥공사와 항만공사의 플랫폼 운영 가능성 법적 검토 ····· 117
〈표 4-7〉 항만물류 원시데이터 관리 전담 조직 준비 과정 ····· 119
〈표 4-8〉 항만물류 원시데이터 관리 전담기관 지정 시행령 제안(안) ····· 120
〈표 4-9〉 원시데이터 관리 조직 핵심 업무 요약 ····· 121
〈표 4-10〉 물류 연계 기반 스마트항만 구축을 위한 플랫폼 홍보활동 ····· 123
〈표 4-11〉 물류 연계 기반 스마트항만 구축을 위한 플랫폼 사용자 관리기능 ····· 124
〈표 4-12〉 물류 연계 기반 스마트항만 구축을 위한 플랫폼 장애 및 복구기능 ····· 124
〈표 4-13〉 이해관계자별 플랫폼 ····· 126

〈표 4-14〉 이행 주체별 역할 ····· 128
〈표 4-15〉 원시데이터 관리 조직 설립 정책 대안 평가 ····· 131
〈표 4-16〉 고용유발계수(물류 연계 기반의 스마트항만 데이터 공유 플랫폼) 및 비율 ····· 133
〈표 4-17〉 고용유발 환산 ····· 135

그림 목차

〈그림 1-1〉 연구 흐름도 ····· 9
〈그림 2-1〉 물류 연계 기반 스마트항만 개념도 ····· 27
〈그림 2-2〉 Maritime Single Window (digitalPORT@SG) ····· 29
〈그림 2-3〉 「해운-항만-운송기업 간 물류연계 최적화 서비스 개발사업」 구조 ····· 33
〈그림 2-4〉 체인포탈 개념도 ····· 36
〈그림 4-1〉 정책대안후보 통·폐합 및 정책과제 최종 도출 ····· 114

약어 목록

- AI(인공지능): Artificial Intelligence
- AIS(선박자동식별시스템): Automatic Identification System
- API(어플리케이션 프로그래밍 인터페이스): Application Programming Interface
- B/C(비용/편익): Benefit / Cost
- CEO(최고경영자): Chief Executive Officer
- DB(데이터베이스): Database
- DBMS(데이터베이스 관리 시스템): Database Management System
- DEA(자료 포락 분석): Data Envelopment Analysis
- DID(이중차분법): Difference-in-Differences
- EI(외부입력): External Input
- EIF(외부 연계 파일): External Interface Files
- EO(외부출력): External Output
- EQ(외부조회): External Query
- ETA(예정 도착시간): Estimated Time of Arrival
- ETD(예정 출발시간): Estimated Time of Departure
- FP(기능점수): Function Point
- FIFO(선입선출): First-in-first-out
- GDPR(일반 데이터 보호 규정): General Data Protection Regulation
- GT(총톤수): Gross Tonnage
- HPA(함부르크 항만공사): Hamburg Port Authority
- ILF(내부 논리파일): Internal Logical Files
- IOIS(조직간 연계 정보시스템): Inter-organizational Information System
- IoT(사물인터넷): The Internet of Things
- IRR(내부수익률): Internal Rate of Return
- ISMP(정보시스템 마스터 플랜): Information System Master Plan

- ISP(정보전략계획): Information Strategy Planning
- JIT(적시): Just-in-time
- MCDM(다기준 의사 결정): Multi-criteria Decision Making
- ML(기계학습): Machine Learning
- MPA(싱가포르 해양항만청): Maritime and Port Authority of Singapore
- NPV(순현재가치): Net Present Value
- OS(운영시스템): Operating System
- PCS: Port Community System
- PESTLE: Political, economic, social, technological, legal and environmental
- PM(사업 책임자): Project Manager
- PoR(로테르담항만공사): Port of Rotterdam
- Port-MIS(항만운영정보시스템): Port Management Information System
- PV(현재가치): Present Value
- RTA(요구 도착시간): Required Time Arrival
- RTD(요구 출발시간): Required Time of Departure
- SD(시스템 다이내믹스): System Dynamics
- SDCPS(통합항공안전데이터수집분석시스템): Safety Data Collection and Processing Systems
- SLA(서비스 수준 협약): Service Level Agreement
- SLR(체계적 문헌검토): Systematic Literature Review
- SMS(단문 메시지 서비스): Short Message Service
- SNA(사회 연결망 분석): Social Network Analysis
- SNS(사회관계망 서비스): Social Network Service
- SWOT: Strength, weakness, ppportunity and threat
- TEU: Twenty-foot Equivalent Unit

- TMP(총 유지 관리점수): Total Maintenance Point
- TOS(터미널 운영시스템): Terminal Operating System
- TSS(환적운송 시스템): Transshipment Shuttle System
- UI/UX: User Interface / User Experience
- UNESCAP(유엔아시아태평양경제사회위원회): United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific
- USD: United States Dollar
- VBS(반출입 예약시스템): Vehicle Booking System
- YT(야드트럭): Yard Truck

정책제안

▌분석 내용 및 방법

1. 선행연구 검토를 통해 ① 해상-항만-육상물류 연계에서의 문제와 그 원인을 토대로 개선 방향을 파악하고, ② 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼 유효성을 확인 후, 플랫폼 기능을 토대로 한 비용-편익 분석을 수행하며, ③ 플랫폼의 성공적인 도입과 활용을 위해 이해관계자로부터 애로사항을 파악하고, 정책과제 후보군을 도출하며 정책협의회를 통한 정책이행과제 선정과 상세한 이행전략을 제시한 연구는 거의 수행되지 않음을 파악함

2. 연구진 브레인스토밍 및 전문가 자문회의를 통해 해상-항만-육상물류 연계에서의 주요 문제인 선박과 외부트럭의 대기 발생을 파악하고, 문제의 주요 원인이 악기상으로 인한 도착 지연, 높은 선석점유율, 높은 컨테이너 장치율, 시간대별 반출입 수요 편차 등임을 파악하고, 이를 항만물류 데이터·정보공유플랫폼을 통해 해결할 수 있음을 파악함

3. 스마트항만에서의 항만물류 데이터·정보공유플랫폼의 경제성 파악을 위해 비용(구축비, 운영비)과 대기시감 절감에 따른 편익을 각각 도출하고, 이를 기반으로 비용편익 비율, 순현재가치 및 내부수익률을 계산함으로써 플랫폼의 경제성을 입증함(대기시간 10% 감소를 기준으로, 비용편익 비율 1.86, 순현재가치 48.6억 원, 내부수익률 28%)

4. 스마트항만에서의 항만물류 데이터·정보공유플랫폼 활성화를 위해 9가지의 애로사항(외부제재, 자사역량 노출, 고객사 피해, 과부하, 비용, 데이터 공개범위, 표준화, 실효성, 불균형)을 이해관계자 기존 설문자료 분석 및 추가 인터뷰를 통해 도출·분류함

5. 이를 기반으로 2차례의 정책협의회를 통해 정책대안 후보군(데이터 보안 강화, 법적 가이드라인 및 규제 마련, 데이터 공유 실효성 검증 및 홍보, 데이터 제공과 정보 활용의 균형 지원, 유사플랫폼 사업 통합 및 연계, 원시데이터 관리 조직 설립, 실행력과 지속성을 갖춘 데이터 거버넌스 조직 발족, 데이터 제공에 대한 실질적 인센티브 제공)을 도출 후, 원시데이터 관리 조직 설립 대안을 중심으로 유사플랫폼 사업 통합 및 연계, 거버넌스 조직 발족, 인센티브 협의 대안을 통합함

▌정책제안

1. 항만물류 이해관계자로부터 발생하는 사적·원시데이터를 수집·관리하는 조직(또는 기관)을 설립해 해상-항만-육상물류 연계를 개선하고, 이를 통한 스마트항만 구축을 달성하는 정책을 제안함(한국해양진흥공사, 항만공사, 그리고 한국해양수산개발원을 대상 기관으로 검토)

2. 설립 이후, 항만공사나 한국해양진흥공사 등에서 개발·운영하는 유사플랫폼 통합 및 연계가 필요하고, 이후 거버넌스 운영과 이해관계자에 실질적 인센티브를 제공하는 방안 역시 논의해야 함

3. 정부 부처와 데이터 관리기관, 데이터 제공자와 활용자, 학계 등 이행주체별 역할을 정의하고, 단·중·장기적으로 정책대안을 평가함으로써 스마트항만을 위한 항만물류 데이터·공유플랫폼의 원활한 도입을 정책적으로 지원해야 함

요 약

물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구

- 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -

서정용 · 강무홍 · 김효재

1. 연구 배경 및 목적

1) 연구 배경

- **항만 작업의 효율성 물류에서 매우 중요하며, 항만 내에서 국한할 수 없음**
  - 물동량이 증가함에 따라 제한된 항만구역 내 많은 화물이 이동하고, 이에 따라 주어진 자원을 효율적으로 사용해야 함
  - 항만은 해상에서의 선박과 육상에서의 트럭을 연계하는 인터페이스 역할을 하기 때문임
- **현재 항만에서는 선박과 외부트럭 대기가 주요 문제로 대두되고 있음**
  - 2022년 1월-10월 기준 부산항 3.54시간, 인천항 2.78시간, 광양항 2.51시간 평균 선박 대기가 발생함

- 외부트럭의 경우, 부산항만공사 발표 기준 평균 28.23분의 대기를 겪고 있고, 때에 따라 4시간 이상을 기다리는 사례도 발생함

▪ **상기한 문제를 최신 기술을 통해 해결한 항만을 스마트항만으로 볼 수 있으며, 이는 물류 연계에 초점을 둔 항만으로 볼 수 있음**

- 데이터의 수집과 가공, 분석 및 제공 기술의 등장과 고도화에 따라 인프라나 장비의 확충 외의 문제해결 방법이 등장함
- 항만 자체가 아닌 항만이 속한 물류망을 고려하고, 해상-항만-육상물류 연계를 효율화한 항만을 스마트항만으로 볼 수 있음

▪ **우리나라의 스마트항만 구축 진척은 국외에 비해 더딘 수준이므로 정책적 의사결정 지원을 위한 연구가 시급함**

- 네덜란드나 독일, 싱가포르 등은 데이터와 디지털화 기반으로 미래 항만이 변모할 것임을 인식하고 다양한 노력을 수행해 성과를 달성했지만, 우리나라의 경우 상당 부분 항만 자동화에 초점을 두었으며, 현장에서도 스마트항만에서 기대하는 물류 연계가 달성됐다고 보기는 어려움
- 물류 연계 기반의 스마트항만 구축을 위해 정책적 의사결정을 지원하는 연구가 시급하고, 특히 물류 연계 기반 스마트항만의 정량적 효과를 파악하고, 물류 연계 기반 스마트항만 구축을 위한 정책 이행방안을 제시하는 연구가 필요함

2) 국정과제 연계성

▪ **2022년 신정부가 출범하며 제시한 120대 국정과제에는 「40. 세계를 선도하는 해상교통물류체계 구축(해수부)」이 설정되고, 과제 목표 중 하나로 스마트항만 구축을 통한 해운물류산업 경쟁력 확보가 명시됨**

▪ **이에 따라, 국가, 항만, 물류 산업적으로 물류 연계 기반의 스마트항만**

구축이 시급하고, 특히 실시간 데이터 수집과 활용 체계를 기반으로 물류 정보와 서비스가 단절되거나 파편화되지 않도록 해야 함

3) 연구 목적

- 상기한 현안을 해결하기 위해 본 연구는 해상-항만-육상물류 연계를 고려한 스마트항만 구축 효과를 정량적으로 분석하고, 스마트항만 구축을 위한 정책적 이행방안을 제시함으로써, 정책당국 및 이해관계자가 물류 연계 기반의 항만 스마트화를 원활히 수행할 수 있는 환경을 조성하는 것을 목적으로 함
- 상기한 연구 목적을 달성하기 위해, 선행연구 검토, 항만물류 데이터·정보공유플랫폼 필요성 파악, 플랫폼 경제성 분석 및 플랫폼 구축과 활용을 위한 정책대안 개발을 수행함

2. 연구 방법

1) 학술적 방법

- 선행연구의 한계점과 본 연구의 차별성을 제시하기 위해 선행연구 검토를 수행함
- 해상-항만-육상물류 연계에서의 문제와 원인, 개선 방향을 살펴보고 항만물류 데이터·정보공유플랫폼 적용 가능성을 파악하기 위해 연구진 브레인스토밍 및 항만물류 전문가 자문을 실시함
- 스마트항만에서의 항만물류 데이터·정보공유플랫폼의 경제성을 파악하기 위해 경제성 분석을 실시함

- 「공공교통시설 개발사업 투자평가지침(제7차 개정)」에서의 항만과 물류 부문, 한국소프트웨어산업협회에서 발간한 「SW사업 대가산정 가이드」, 선행연구 등을 검토함
- 비용편익 비율, 순현재가치, 내부수익률 기준 비용-편익분석을 수행함

2) 정책화 방법

- **스마트항만의 기반이 되는 항만물류 데이터·정보공유플랫폼의 원활한 운영을 지원하는 정책대안을 수립하기 위한 첫 번째 과정으로 물류 연계 플랫폼 도입의 애로사항 조사가 필요하며, 이를 위해 기존 설문자료 조사·분석 및 이해관계자 인터뷰를 실시함**
- '22년부터 '25년까지 수행 예정인 「항만물류체인 디지털 인프라 기반 기술개발」에서 항만물류 이해관계자를 대상으로 실시한 물류 연계 플랫폼 도입의 애로사항 기초 설문자료를 조사·분석함
- 추가로 이해관계자 인터뷰를 2회 실시함('23년 3월 10일, 6월 28일)
- **두 번째 과정으로 애로사항을 해결할 수 있는 정책대안(안)을 설정하기 위해 연구진 브레인스토밍을 수행함**
- **세 번째 과정으로 현실적인 정책대안을 선별하고, 여러 정책대안을 통폐합하며 상세한 이행방안을 수립하기 위해 부처 담당자와의 정책협의회와 전문가 자문회의를 수행함**
- 연구진이 이해관계자 애로사항을 기반으로 도출한 여러 정책대안(안)의 현실성을 검토하고, 유사한 안을 통폐합하기 위해 해양수산부 관계자와 정책협의회를 실시함('23년 8월 8일)
- 정제된 정책대안의 실질적 상세 이행방안을 수립하기 위해 해양수산부 관계자와 정책협의회를 실시함('23년 8월 18일)

3. 연구 결과

1) 연구 결과 요약

▪ 스마트항만 해상-항만-육상물류 연계에서의 문제와 개선 방향은 아래 표와 같으며, 이를 통해 낮은 시설·장비 성능이나 파업, 본선작업을 우선으로 하는 항만 고유의 특성을 제외하면 대부분 문제를 항만물류 데이터·정보공유플랫폼을 통해 해결할 수 있음을 알 수 있음

〈표〉 해상-항만물류 연계에서의 문제 및 개선 방향

내/외부	선박 대기 원인	개선 방향	플랫폼 적용 가능성
외부	높은 입항 선박 척수	인프라·시설 확충	낮음
	악기상으로 인한 도착 지연	동일 항로 추가 선복 예약	높음
내부	높은 선석점유율	전환배치	높음(터미널 간)
	낮은 선석 서비스시간	하역·이송 장비 추가 투입	낮음
	높은 컨테이너 장치율	운송사와 정보 공유 및 반입 제한	높음

자료: 저자 작성

〈표〉 육상-항만물류 연계에서의 문제 및 개선 방향

내/외부	외부트럭 대기 원인	개선 방향	플랫폼 적용 가능성
외부	시간대별 반출입 수요 편차	VBS 활용 및 복화운송 확대	높음
	파업 등으로 인한 반출 감소	파업 감소	낮음
		터미널 간 물량 분산	높음(터미널 간)
내부	본선작업 우선	블록 간 물량 분산 배치	낮음
	도착시간 정보 부재	VBS 활용	높음
	선입선출		

자료: 저자 작성

▪ 물류 연계 효율화를 위한 비용과 연계 편익을 파악하고, 이를 기반으로 경제성 분석을 수행했으며, 그 결과 대기시간 감소율이 5%일 때는 경제적 타당성이 확보되지 않으나, 10%와 20%를 가정했을 경우 모든 분석법에서 경제적 타당성을 보임(부산항 신항 5개 터미널 기준)

- 물류 연계 효율화를 위한 비용은 구축비와 운영비로 구분되며, 이는 소프트웨어 개발사업에서 활용되는 산정 방안(기능점수 등)을 기반으로 함

〈표〉 항만물류 데이터·정보 공유 플랫폼 계획·개발 비용산정(부가세 포함)

(단위: 백만 원)

구분		투입공수 (Man*Month)	금액	계산 방식 기준
물류 연계 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출			515.3	컨설팅업무량
플랫폼 운영환경 구축			124.1	클라우드서비스 12개월 사용료
플랫폼 개발	플랫폼 기능 개발	-	901.4	기능점수
	운영프로그램 개발	-	191.7	
	프로젝트 진행	18	1555.0	
플랫폼 운영			155.6	요율제 / 유지관리
합계			3443.0	-

자료: 저자 작성

- 편익의 경우, 대기시간 감소(해상-항만물류 연계 부문)와 외부트럭 대기시간 감소(항만-육상물류 연계 부문)으로 구분할 수 있음

〈표〉 선박 대기시간 감소 시나리오별 절감비용 및 편익 추정

(단위: 원, 환율 1,300원/달러 적용)

시나리오	선박 대기비용	절감비용(편익[1])
대기시간 0% 감소	9,177,847,900	-
대기시간 5% 감소	8,718,955,700	458,892,200(479,542,349)
대기시간 10% 감소	8,260,063,500	917,784,400(959,084,698)
대기시간 20% 감소	7,342,277,800	1,835,570,100(1,918,170,755)

자료: 저자 작성

1) 사회적 할인율 4.5% 적용

〈표〉 외부트럭 대기시간 감소 시나리오별 절감비용 및 편익 추정

(단위: 원)

시나리오	대기비용	절감비용(편익[2])
대기시간 0% 감소	652,167,983	-
대기시간 5% 감소	619,559,584	32,608,399(34,075,777)
대기시간 10% 감소	586,951,185	65,216,798(68,151,554)
대기시간 20% 감소	521,734,386	130,433,597(136,303,108)

자료: 저자 작성

- 상기한 비용과 편익을 기반으로 비용편익 비율, 순현재가치, 내부수익률을 계산해 경제성 분석을 수행함

〈표〉 경제성분석 결과 요약(부산항 신항 5개 터미널 기준 편익)

분석법	대기시간 감소율(%)	결과	경제적 타당성
비용편익 비율	5	0.56	X
	10	1.86	O
	20	4.46	O
순현재가치	5	-24.9(억 원)	X
	10	48.6(억 원)	O
	20	195.7(억 원)	O
내부수익률	5	-15.8(%)	X
	10	28(%)	O
	20	84(%)	O

자료: 저자 작성

- **물류 연계 기반 스마트항만의 경제적 타당성을 근거로 항만물류 데이터·정보공유플랫폼 구축과 운영 당위성을 확보했으며, 이를 기반으로 물류 연계 플랫폼 도입의 9가지 애로사항과 해결방안을 도출함**

- 기존 설문자료 조사·분석 및 추가 이해관계자 인터뷰를 통해 외부제재(P1), 자사역량 노출(P2), 고객사 피해(P3), 과부하(P4), 비용(P5), 데이터 공개범위(P6), 표준화(P7), 실효성(P8), 불균형(P9)으로 구성된 9가지의 애로사항을 도출함

2) 사회적 할인율 4.5% 적용

- 상기한 애로사항을 해결하기 위한 정책대안으로 데이터 보안 강화, 법적 가이드라인 및 규제 마련, 데이터 공유 실효성 검증 및 홍보, 데이터 제공과 정보 활용의 균형 지원, 유사플랫폼 사업 통합 및 연계, 원시데이터 관리 조직 설립, 실행력과 지속성을 갖춘 데이터 거버넌스 조직 발족, 데이터 제공에 대한 실질적 인센티브 제공이 1차로 제시됐으며, 각 정책과제 후보는 아래 표와 같이 매칭되는 애로사항과 관계가 있음

〈표〉 정책과제 후보와 애로사항 매칭

정책과제 후보	관련 애로사항
데이터 보안 강화	• P1, P2, P3
법적 가이드라인 및 규제 마련	• P1 – P3, P6 – P9
데이터 공유 실효성 검증 및 홍보	• P8
데이터 제공과 정보 활용의 균형 지원	• P9
유사플랫폼 사업 통합 및 연계	• P4, P8
원시데이터 관리 조직 설립	• P1, P2, P3, P4, P7, P8
실행력과 지속성을 갖춘 데이터 거버넌스 조직 발족	• P1 – P9
데이터 제공에 대한 실질적 인센티브 제공	• P5, P9

자료: 저자 작성

- 상기한 정책과제 후보에서 실질적이고 현실적인 정책과제 4개를 선정하고, 이들의 상호 연관성을 고려해 '원시데이터 관리 조직 설립' 정책과제를 중심으로 통폐합하는 과정을 거침

〈표〉 선정된 정책과제와 대상 애로사항

식별자	정책과제	정책과제별 관련 애로사항								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
S5	통합, 연계	O	O	O	O			O	O	
S6	**조직 설립**					**O**				**O**
S7	거버넌스	O	O	O	O	O	O	O	O	O
S8	인센티브					O				O

자료: 저자 작성

2) 정책화 방안

- **본 연구에서의 정책화 방안은 항만물류 이해관계자로부터 발생한 사적·원시데이터를 안전하게 수집·관리하는 조직(또는 기관)을 설립해 해상-항만-육상물류 연계를 개선하고, 이를 통한 스마트항만 구축을 달성하는 것임**

- **본 연구에서는 한국해양진흥공사, 항만공사, 그리고 한국해양수산개발원에 전담 조직을 구성하는 안을 검토**

- 한국해양진흥공사(해운법, 해양진흥공사법)와 항만공사(항만공사법)는 각 기관의 기반이 되는 법과 IT 인력 측면에서 잠재적 플랫폼 운영 기관이 될 수 있음

〈표〉 한국해양진흥공사와 항만공사의 플랫폼 운영 가능성 법적 검토

기관	관련 법
한국해양 진흥공사	• 「해운법」 제40조의 2(전문기관의 지정 등) 제2항 4. 해양수산부장관이 위탁하는 사업 • 「해양진흥공사법」 제11조(업무) 제1항 10. 국가, 지자체, 공공기관 등이 위탁하는 업무
항만공사	• 「항만공사법」 시행령 제4조(사업) 제2항 3. 항만물류정보와 관련한 인프라의 구축 및 운영

자료: 해양수산부 스마트해운물류팀(2022), p. 1.

- 또한, 한국해양수산개발원 역시 우리나라 항만 모두를 대상으로 업무를 수행할 수 있고, 전문적인 데이터 분석이 가능하다는 측면에서 좋은 대안이 될 수 있으며, 항만수요예측을 담당하는 「항만수요예측센터」의 설립 사례는 좋은 예시가 될 수 있음

▪ 항만·물류 원시데이터 관리 전담 조직 준비 과정과 전담기관 지정 시행령 제안(안)은 아래 표와 같음

〈표〉 항만·물류 원시데이터 관리 전담 조직 준비 과정

단계	주요 업무	비고
1	전담 조직 설립 및 운영계획(안) 작성	부처 발주의 연구 용역 형태
2	설립 및 운영계획(안) 담당 과/실, 국 검토	-
3	설립 및 운영계획(안) 장관 검토 및 재가	-
4	전담 기관 내 조직 신설을 위한 시행령 마련	항만법 시행령
5	전담 기관 내 조직 신설	-
6	전담 기관 내 조직 운영 위탁용역(안) 마련	용역은 매년 또는 정기 발주

자료: 저자 작성

〈표〉 항만물류 원시데이터 관리 전담기관 지정 시행령 제안(안)

항만법 시행령 [시행 202-.-.-] [대통령령 제-----호, 202-.-/-.]	
제4장	항만의 관리와 사용
제33조	항만물류통합정보체계의 구축·운영 및 이용
	① 해양수산부장관은 법 제26조제1항에 따라 항만물류통합정보체계를 항만별로 구축한다.
	② 해양수산부장관은 항만물류통합정보체계를 통한 민원사무 및 항만물류 관련 업무 처리를 위해 필요한 표준서식과 표준전자문서를 개발해야 한다.
	③ 제1항 및 제2항에서 규정한 사항 외에 항만물류통합정보체계 구축 · 운영 및 이용에 필요한 사항은 해양수산부장관이 정하여 고시한다.
제34조	전담기관의 지정 등
	① 해양수산부장관은「한국해양진흥공사법」에 따라 설립된 한국해양진흥공사를 전담기관으로 지정한다.
	② 제1항에 따른 전담기관은 다음 각 호의 업무를 수행한다.
	1. 항만·물류 원시 데이터 수집 및 암호화
	2. 수집된 항만·물류 이해관계자의 사적 데이터 보호
	3. 공유 데이터 활용성 제고를 위한 활동·분석

자료: 항만법 시행령 제33조 제1항, 제2항, 제3항, 제34조 제1항, 제2항을 참고해 저자 작성
※ 한국해양진흥공사가 전담기관으로 지정됨을 가정한 것으로, 전담기관에 따라 제34조 제1항 변경

▪ **전담기관 설립 또는 지정 이후, 유사 플랫폼 통합 및 연계가 필요하고, 현재 이해관계자별 플랫폼은 아래와 같이 정리할 수 있음**

〈표〉 이해관계자별 플랫폼

기관	플랫폼 명	주요 서비스
한국해양진흥공사	수출입 물류 플랫폼	• 수출입 물류 신고 간소화 서비스 • 위험화물 통합관리 서비스
부산항만공사	Chain-Portal (체인포탈)	• 차량반출입예약 서비스 • 환적운송 효율화 서비스 • 화물차기사 미하차 서비스
인천항만공사	싱글윈도우	• 스마트 컨테이너 운송서비스 • 전자인수도증(e-slip) 서비스 • 컨테이너 통합정보 서비스
울산항만공사	PortWise	• 통합 작업정보 제공 서비스(싱글윈도우) • 울산항 지도 기반 정보제공 서비스 • 하역작업 디지털 업무지원 서비스
한국해양수산개발원	해양수산 빅데이터 거래소	• 유실어구 위치예측 정보 제공 서비스 • 기상데이터 기반 최적항로 분석 서비스 • 맞춤형 어촌광광여행명소 서비스 • 산지 위판장 정보 제공 서비스 • 수입수산물 평균단가 제공 서비스 • 해양사고예보 서비스 • 차량 턴타임 분석 서비스 • 해양환경데이터 통계정보 제공 서비스 • 선복량 영향 정보 제공 서비스

자료: 해양수산부 스마트해운물류팀(2023.8.23)를 기반으로 저자 정리

- 항만공사별 플랫폼은 항만운영 효율화라는 목적은 동일하지만, 다른 물리적 환경에 적용되므로 통합보다는 연계하는 것이 적절할 수 있음
- 한국해양진흥공사의 플랫폼은 수출입 물류 전반의 업무 간소화를 주요 서비스로 하므로 통합보다는 다른 시스템과의 연계가 더 적절할 수 있음

- 한국해양수산개발원의 해양수산 빅데이터 거래소는 항만물류뿐 아니라 해양·수산분야를 포괄하는 서비스를 제공하고 있으므로, 통합보다는 연계를 통해 서비스를 고도화하는 방향이 더욱 적절할 수 있음

▪ **이행 주체는 정부 부처와 데이터 관리 기관(대상 기관), 그리고 데이터 제공자와 활용자, 학계로 구성된 대상 외 기관으로 구분되고, 주체별 역할을 아래 표와 같이 요약됨**

〈표〉 이행 주체별 역할

이행 주체		역할(또는 업무)
공통 (개별 또는 협의)		• '데이터 공유 플랫폼 → 물류 연계 효율화 → 스마트항만 달성'으로 연결되는 전 과정에서의 효과성·효율성 제고 방안 도출 • 사적 데이터 공유·활용에 대한 법·제도 검토 • 데이터 제공에 대한 금전적·비금전적 인센티브 협의 • 데이터 활용에 대한 비용 협의(제공에 따른 활용 또는 부수적 사용료) • 정보 활용성 제고에 대한 전반 논의
정부 부처 (해양수산부)		• 조직(또는 기관) 설립(또는 지정)계획 수립(장관 방침, 연구용역 등) • 대상 기관으로의 재정지원 방안 수립(초기 구축, 연차 사업 등) • 조직 설립에 대한 법 검토 및 필요 시 제·개정 • 항만물류 분야 데이터·정보공유 플랫폼 통합 및 연계 세부방안 논의
대상 기관		• 조직 설립에 대한 계획(안) 작성(세부 조직 형태, 인력 구성 등) 지원 • 상세 조직 운영계획 수립 • 대외 협력 체계 구축 • 관리 데이터에 대한 보안 대책 수립 • 데이터 거버넌스 협의체 운영
대상 외 기관	데이터 제공자	• 데이터 제공에 대한 사용자 인증 • 데이터 제공 범위 결정(대상 데이터, 시간적·공간적 범위 등) • 데이터 제공 방법(실시간 또는 이벤트 기반) 및 제공 주기 결정
	데이터 활용자	• 데이터 활용에 대한 사용자 인증 • 데이터 활용 범위 결정(대상 데이터, 시간적·공간적 범위 등) • 데이터 요청 방법 및 수령 주기 설정 • 활용 데이터 대상 보안 대책 수립
	학계	• 사적 데이터 활용에 대한 법·제도 연구 및 개선안 제시 • 스마트항만 – 물류 연계에서의 데이터 활용 편익, 효과분석 • 스마트항만 – 물류 연계에서의 데이터 활용 영역 확장 연구

자료: 저자 작성

▪ 상기한 정책대안은 기간, 기관설립과 설립 이후의 운영 측면, 평가대상에 따른 평가방법을 아래 표와 같이 제시함

〈표〉 원시데이터 관리 조직 설립 정책 대안 평가

기간	단계	평가대상	평가 방법
단기	조직 설립	• 조직 준비 과정에 대한 단계별 평가	• 조직 설립 단계 수립 • 단계별 이행 확인
		• 기관 구축 및 인프라	• 설립 초기 목표와 괴리 확인 • 주요 관련 기술 및 시스템 도입 여부와 진척도 확인
		• 상세 조직 및 인력 구성	• 전문가 및 관련 인력 수급 정도(공급/수요) • 담당자 교육 및 훈련 횟수, 시간 및 결과평가
		• 관련 법률 및 규정 준수	• 조직(또는 기관) 설립을 위한 법 검토 및 준수 여부 (필요 시 제·개정)
중·장기	조직 운영	• 데이터 수집 적절성	• 수집 대상(이해관계자) 적절성 • 수집 방법 및 빈도 적절성 • 수집 범위 적절성 • 정보 가공을 위한 활용성
		• 데이터 관리 및 활용성	• 저장된 데이터 규모 • 데이터 품질(무결성, 정합성 등) • 수집 데이터 활용 빈도 및 비율 • 사용자로부터 만족도 조사 • 보안 위협 빈도, 탐지 및 방어율 • 시스템 장애 빈도 및 복구 속도
		• 대외 협력 수준	• 데이터 수집·활용 대상 이해관계자 집단 수(선사, 운영사 등) • 수집·활용 대상 이해관계자 집단 내 기업 수 • 외부 이해관계자와의 협력 수준(워크샵, 세미나, 데이터 거버넌스 협의체 운영 여부 등)
		• 기관 지속성 및 확장성	• 참여 기업 수, 수집되는 데이터의 양, 서비스 활용 빈도에 따른 지속성 및 확정성 분석 • 예산 안정성에 따른 지속성

자료: 저자 작성

4. 기대효과

1) 정책적 기대효과

- 정책적 기대효과로는 고용유발이 대표적으로, 본 연구에서의 플랫폼 산업과 관련된 산업과 세부산업을 기반으로 고용유발계수를 파악하고, 이에 전체 대비 고용비 가중치를 적용해 고용유발 환산계수 9.9475를 도출함

〈표〉 고용유발계수(물류 연계 기반의 스마트항만 데이터 공유 플랫폼) 및 비율

산업	세부 산업	고용유발계수(2019년 기준)	전체 대비 고용비	환산계수
제조업	컴퓨터	2.90	0.05	9.9475
	통신기기	2.37	0.05	
서비스업	정보	6.24	0.30	
	전문·과학기술	9.15	0.30	
	사업지원	16.89	0.30	

자료: ISTANS(검색일: 2023.8.26)을 기반으로 저자 작성

- 이를 연계영역 대기시간 감소에 따라 부산항 신항, 부산항 및 우리나라 전체 항만으로 확산해 고용유발을 보수적으로 추정했으며, 연계영역 대기감소가 커질수록 고용유발이 더 큰 폭으로 상승함을 알 수 있음

〈표〉 고용유발 환산

(단위: 백만 원, 명)

연계영역 대기시간 감소율	연간 편익-비용			고용유발
	부산항 신항	부산항 전체	우리나라 전체	
5%	211.8	306.8	400.5	3.98
10%	703.3	1018.5	1329.6	13.23
20%	1686.3	2441.9	3187.9	31.71

자료: 저자 작성

- **고용효과에 힘입어 항만물류 데이터를 활용한 정보산업이 활성화되고, 이에 따라 데이터 분석 및 서비스 영역 도출을 전문으로 하는 컨설팅 업체가 늘어날 가능성이 높음**

2) 기술적 기대효과

- **스마트항만 물류 데이터·정보공유 플랫폼을 통해, 선도기술 확보 측면의 기술적 기대효과를 얻을 수 있음**
  - 센서, 사물인터넷, 통신기술을 기반으로 보안을 위한 블록체인, 데이터 분석을 위한 빅데이터 등 다양한 기술을 복합적으로 활용하게 될 것이고, 이와 같은 경험은 물류 연계와 관련된 선도기술 확보에 도움을 줄 것으로 보임
  - 또한, 국제적으로 경쟁력을 확보하고, 물류 연계 스마트항만 및 정보화 분야에서의 표준화에 기여할 수 있음
- **또한, 전산이나 통신, 데이터 분석, 보안 등 플랫폼 관련 분야에서의 전문인력 양성과 기술 역량을 중·장기적으로 강화하는 기술력 제고 측면에서의 기술적 기대효과를 얻을 수 있을 것으로 기대됨**
- **마지막으로, 물류 연계 기반의 스마트항만 구축과 관련된 다양한 기술 개발을 수행하고, 유망한 기술을 기업에 이전하는 기대효과 역시 나타날 수 있음**

EXECUTIVE SUMMARY

A Strategy for Smart Ports to Enhance Logistics Integration

: Focusing on Port Logistics Data Sharing Platforms

Jungyong Seo · Moo-Hong Kang · Hyojae Kim

1. Background and Purpose

1) Background

- The importance of efficiency in port operations extends beyond the ports themselves.
  - The increasing volume of goods moving through limited port areas necessitates the efficient utilization of available resources.
  - Ports act as interfaces connecting maritime vessels to land-based trucks.
- Key problems currently faced in ports include vessel and external truck waiting times.
  - According to data from January to October 2022, average vessel waiting times were 3.54 hours in Busan Port, 2.78 hours in Incheon Port, and 2.51 hours in Gwangyang Port.

- External trucks experience an average waiting time of 28.23 minutes according to the Busan Port, with cases where waits exceed 4 hours.

▪ Addressing these issues through modern technology categorizes ports as “Smart Ports”, focusing on logistics integration.

- Advancements in data collection, processing, analysis, and sharing technologies introduce alternative solutions beyond infrastructure or equipment expansion.
- Smart ports prioritize optimizing the maritime-land-logistics network, considering the entire logistical chain, making them smart in logistics integration.

▪ South Korea's progress in establishing Smart Ports lags behind that of other countries, necessitating research to support policy decisions.

- Nations like the Netherlands, Germany, and Singapore have recognized the future transformation of ports through data and digitalization, achieving significant advancements. However, in South Korea, emphasis has mostly been on automating ports, making it challenging to claim that logistics integration in smart ports has been achieved.
- Urgent research is required to support policy decisions for building logistics-integrated smart ports, especially in quantifying the effects and proposing policy implementation strategies.

2) Relevance to National Projects

- With the inauguration of the new government in 2022, the 120 key national projects were introduced, including “No. 40 Establishing a leading global maritime transportation and logistics system (Ministry of Oceans and Fisheries).” Among the project objectives, securing competitiveness in the shipping and logistics industry through the construction of smart ports is explicitly mentioned.
- Consequently, there is an urgent need, both industrially and nationally, to establish smart ports based on logistics integration. It is particularly crucial to ensure that logistics information and services are not fragmented or disconnected, emphasizing real-time data collection and utilization systems.

3) Purpose

- To address the aforementioned concerns, this study aims to quantitatively analyze the effects of constructing smart ports considering maritime-land-logistics integration. Its objective is to propose policy implementation strategies for building smart ports, creating an environment where policy authorities and stakeholders can effectively and efficiently transform ports into smart, logistics-integrated ones.
- To achieve these purposes, the study involves reviewing previous studies, identifying the necessity of port logistics

data and information-sharing platforms, conducting an economic analysis of the platforms, and developing policy alternatives for constructing and utilizing them.

2. Methodology

1) Academic methodology

- The study involved reviewing prior research to highlight limitations and distinguish this research.
- Through brainstorming sessions and consultations with port logistics experts, the study examined problems, causes, and improvement directions in maritime-port-land logistics linkage and assessed the feasibility of implementing port logistics data and information-sharing platforms.
- Economic analysis was conducted to ascertain the viability of port logistics data and information-sharing platforms within smart ports.
  - This included referencing guidelines such as the "Public Transportation Facility Development Project Investment Evaluation Guidelines (7th Revision)" and the "SW Business Price Estimation Guide" published by the Korea Software Industry Association, among other previous research.
  - Cost-benefit ratio, net present value, and internal rate of return were used as criteria for cost-benefit analysis.

2) Policy-making methods

- The initial step in formulating policies supporting the smooth operation of port logistics data and information-sharing platforms for smart ports involved investigating the hindrances to the introduction of logistics linkage platforms. This was accomplished through surveys, analysis of existing survey data, and stakeholder interviews.
  - Surveys and analyses were based on data obtained from a logistics linkage platform introduction survey targeting port logistics stakeholders scheduled to be conducted from 2022 to 2025 under the "Port Logistics Chain Digital Infrastructure -based Technology Development" plan.
  - Additionally, two rounds of stakeholder interviews were conducted on March 10 and June 28, 2023.
- The second step involved brainstorming among the research team to establish policy alternatives capable of resolving the identified hindrances.
- The third step aimed to select practical policy alternatives, merge various alternatives, and develop detailed implementation plans. This was executed through policy consultations with departmental officials and expert advisory meetings.
  - Reviewing the feasibility of various policy alternatives derived from stakeholder concerns and merging similar alternatives involved policy discussions with officials from the Ministry of Oceans and Fisheries on August 8, 2023.

- Refined policy alternatives were discussed with Ministry of Oceans and Fisheries officials to establish substantive and detailed implementation plans on August 18, 2023.

3. Result

1) Summary

▪ The table below outlines the challenges and improvement directions in integrating maritime, port, and land logistics for smart ports. This analysis reveals that most issues, excluding the inherent characteristics of ports prioritizing low facility/equipment performance, strikes, and primary ship operations, can be addressed through the maritime-port logistics data and information-sharing platform.

〈Table〉 Issues and Improvement Directions in Maritime-Port Logistics Integration

Internal/ External	Causes of Ship Waiting	Improvement Directions	Feasibility of Platform Application
External	High number of vessels for docking	Expansion of infrastructure and facilities	Low
	Arrival delays due to adverse weather	Additional reservation on the same route	High
Internal	High berth occupancy rate	Reassignment	High (between terminals)
	Low service time for berths	Additional deployment of handling and transfer equipment	Low
	High container handling rate	Restrictions on sharing and importing information with carriers	High

Source: Prepared by the Authors

〈Table〉 Issues and Improvement Directions in Land-Port Logistics Integration

Internal/ External	Causes of External Truck Waiting	Improvement Directions	Feasibility of Platform Application
External	Time-based fluctuations in import- export demand	Utilization of VBS and expanded backhaul transportation	High
	Reduced container exports due to strikes etc.	Decrease in strikes	Low
		Distribution of loads between blocks	High (between terminals)
Internal	Prioritization of main ship operations	Distributed allocation of goods among blocks	Low
	Absence of arrival time information	Utilization of VBS	High
	First-come, First-served		

Source: Prepared by the Authors

- We identified the costs and associated benefits of logistics integration efficiency and conducted an economic analysis based on this information. The results showed that when the reduction in waiting time is at 5%, economic feasibility is not secured. However, with assumed reductions of 10% and 20% in waiting times, all applied analytical methods indicate economic viability (based on five terminals in the new Busan Port).

  - The costs for enhancing logistics integration efficiency are categorized into establishment and operational costs. These were determined based on calculation methods used in software development projects (such as function points).

〈Table〉 Estimation of Costs for Planning and Developing Port Logistics Data and Information Sharing Platform

Category		Man-hours (Man*Month)	Amount (Unit: million KRW)	Calculation Basis
Logistics Integration Platform Information Strategy and Task Derivation			515.3	Consulting Workload
Platform Operating Environment Establishment			124.1	Cloud Service 12-month Usage Fee
Platform Development	Platform Function Development	-	901.4	Function Points
	Operating Program Development	-	191.7	
	Project Progress	18	1555.0	
Platform Operation			155.6	Rate System / Maintenance
Total			3443.0	-

Source: Prepared by the Authors

- Regarding benefits, they vary depending on different scenarios of reduced waiting times. These can be categorized into decreased waiting times for ship arrivals(sea-port logistics integration sector) and reduced waiting times for external trucks(port-land logistics integration sector).

〈Table〉 Estimation of Cost Savings and Benefits by Scenario for Reducing Ship Waiting Time

(Unit: KRW, Exchange rate: 1,300 KRW/USD applied)

Scenario	Ship Waiting Cost	Cost Savings (Benefits[1)])
0% Reduction in Waiting Time	9,177,847,900	-
5% Reduction in Waiting Time	8,718,955,700	458,892,200(479,542,349)
10% Reduction in Waiting Time	8,260,063,500	917,784,400(959,084,698)
20% Reduction in Waiting Time	7,342,277,800	1,835,570,100(1,918,170,755)

Source: Prepared by the Authors

〈Table〉 Estimation of Cost Savings and Benefits by Scenario for Reducing External Truck Waiting Time

(Unit: KRW)

Scenario	Waiting Cost	Cost Savings (Benefits[2)])
0% Reduction in Waiting Time	652,167,983	-
5% Reduction in Waiting Time	619,559,584	32,608,399(34,075,777)
10% Reduction in Waiting Time	586,951,185	65,216,798(68,151,554)
20% Reduction in Waiting Time	521,734,386	130,433,597(136,303,108)

Source: Prepared by the Authors

- Based on the costs and benefits outlined above, an economic viability analysis was conducted by calculating the cost-benefit ratio, net present value and internal rate of return.

〈Table〉 Summary of Economic Viability Analysis Results(Based on 5 Terminals of the New Port at Busan Harbor)

Analysis Method	Reduction in Waiting Time (%)	Result	Economic Viability
Cost-Benefit Ratio	5	0.56	X
	10	1.86	O
	20	4.46	O
Net Present Value	5	-24.9(a hundred million KRW)	X
	10	48.6(a hundred million KRW)	O
	20	195.7(a hundred million KRW)	O
Internal Rate of Return	5	-15.8(%)	X
	10	28(%)	O
	20	84(%)	O

Source: Prepared by the Authors

1) Applied a social discount rate of 4.5%
2) Applied a social discount rate of 4.5%

- The economic viability of a logistics-integrated smart port formed the basis to justify the establishment and operation of a port logistics data and information-sharing platform. Utilizing this foundation, nine challenges and solutions regarding the introduction of a logistics-integrated platform were identified.

  - Utilizing existing survey data analysis and further stakeholder interviews, nine distinct issues, were identified, namely external sanctions (P1), exposure of internal capabilities (P2), client damages (P3), overload (P4), costs (P5), scope of data disclosure (P6), standardization (P7), effectiveness (P8), and imbalance (P9).
  - The proposed policy alternatives to address these issues include strengthening data security, establishing legal guidelines and regulations, validating and promoting the effectiveness of data sharing, maintaining a balance between data provision and information utilization, integrating and aligning similar platform initiatives, establishing an organization for managing raw data, launching a governance body for sustainable data management and execution, and offering substantial incentives for data provision. The matching of each policy initiative with the identified issues is outlined in the table below.

〈Table〉 Matching Policy Candidates with Challenges

Policy Candidates	Related Challenges
Strengthening Data Security	• P1, P2, P3
Establishing Legal Guidelines and Regulations	• P1 – P3, P6 – P9
Validation and Promotion of Effective Data Sharing	• P8
Balanced Support for Data Provision and Information Utilization	• P9
Integration and Coordination of Similar Platform Initiatives	• P4, P8
Establishment of Raw Data Management Organization	• P1, P2, P3, P4, P7, P8
Establishing Governance Organization with Execution and Sustainability	• P1 – P9
Providing Substantial Incentives for Data Provision	• P5, P9

Source: Prepared by the Authors

- Four realistic and substantial policy candidates were selected among the mentioned ones, considering their interconnections, and the process involved consolidation primarily centered around the policy initiative 'Establishment of Raw Data Management Organization.'

〈Table〉 Selected Policy Initiatives and Relevant Challenges

Identifier	Policy Initiative	Related Challenges per Policy Initiative								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
S5	Integration, Coordination	O	O	O	O			O	O	
S6	**Organization Establishment**					**O**				**O**
S7	Governance	O	O	O	O	O	O	O	O	O
S8	Incentives					O				O

Source: Prepared by the Authors

2) Policy recommendations

- The policy approach in this study aims to establish an organization or institution that securely collects and manages private or raw data generated from port logistics stakeholders, thereby improving the connectivity between maritime, port, and land logistics and achieving the construction of a smart port.
- This study considers the possibility of forming a dedicated organization within the Korea Ocean Business Corporation, Port Authorities, and the Korea Maritime Institute.
  - The Korea Ocean Business Corporation (based on the Shipping Act and Korea Marine Promotion Corporation Law) and the Port Authorities (based on the Port Authority Law) have the potential to become the operating institutions for the platforms based on their legal foundation and IT human resources.

〈Table〉 Legal Review of the Feasibility of Operating Platforms by the Korea Marine Promotion Corporation and Port Authorities

Institution	Related Law
Korea Ocean Business Corporation	• Article 40-2 of the "Shipping Act"(Designation of specialized institutions) • Paragraph 2, No. 4: Operations commissioned by the Minister of Oceans and Fisheries • Article 11 of the "Korea Ocean Business Corporation Act"(Business) • Paragraph 1, No. 10: Operations commissioned by the state, local governments, public institutions, etc.
Port Authorities	• Article 4 of the "Port Authority Act Enforcement Decree"(Business) • Paragraph 2, No. 3: Construction and operation of infrastructure related to port logistics information

Source: Smart Maritime Logistics Team at the Ministry of Oceans and Fisheries (2022), p. 1.

- Furthermore, the Korea Maritime Institute can also serve as a good alternative as it can perform tasks targeting all ports in Korea and is capable of specialized data analysis. The establishment of the "Port Demand Analysis Center", responsible for predicting port demands, can serve as a good example in this regard.

▪ The preparation process for the dedicated organization for port and logistics raw data management and the proposal for the enforcement ordinance for the designation of a dedicated institution are as follows.

〈Table〉 Preparation Process for Port and Logistics Raw Data Management Dedicated Organization

Step	Key Tasks	Remarks
1	Establishment and planning of operating procedures (Draft)	Research work commissioned by the department
2	Review by the department/division in charge of the establishment and operation plans (Draft)	–
3	Review by the Minister for the establishment and operation plans (Draft)	–
4	Preparation of enforcement ordinance for the establishment of internal organization within the dedicated institution	Harbor Act Enforcement Ordinance
5	Establishment of internal organization within the dedicated institution	–
6	Preparation of commissioning contracts for the operation of internal organization within the dedicated institution (Draft)	Contracts to be commissioned annually or regularly

Source: Prepared by the Authors

〈Table〉 Proposal for the Appointment of a Dedicated Institution for Port Logistics Raw Data Management

Harbor Act Enforcement Ordinance [Effective Date: 202-.-.-] [Presidential Decree No. -----, 202-.-/.-]	
Chapter 4	Management and Use of Ports
Article 33	Establishment, Operation, and Use of Port Logistics Integrated Information System
①	The Minister of Oceans and Fisheries shall establish a port logistics integrated information system for each port in accordance with Article 26(1) of the Act.
②	The Minister of Oceans and Fisheries must develop standard formats and standard electronic documents necessary for the handling of complaints and port logistics-related work through the port logistics integrated information system.
③	In addition to the matters specified in paragraphs 1 and 2, the Minister of Oceans and Fisheries shall designate necessary matters concerning the establishment, operation, and use of the port logistics integrated information system by decree.
Article 34	Designation of Dedicated Institutions, etc.
①	The Minister of Oceans and Fisheries shall designate the Korea Ocean Business Corporation established under the Korea Ocean Business Corporation Act as the dedicated institution.
②	The dedicated institution designated pursuant to paragraph 1 shall perform the following tasks:
	1. Collection and encryption of raw port logistics data
	2. Protection of private data of stakeholders involved in collected port logistics data
	3. Activities and analysis to improve the usability of shared data

Source: Prepared by the Authors referring to Article 33(1), (2), (3), and Article 34(1), (2) of the Harbor Act Enforcement Ordinance

* This assumes the designation of the Korea Ocean Business Corporation as the dedicated institution; subject to change based on the designated dedicated institution

- After the establishment or designation of the dedicated institution, integration and linkage of similar platforms are necessary. Currently, the platforms for stakeholders can be summarized as below.

〈Table〉 Platforms by Institutions with Relevant Services

Institution	Platform Name	Key Services
Korea Ocean Business Corporation	Export-Import Logistics Platform	• Simplified declaration services for export-import logistics • Integrated management services for hazardous materials
Busan Port Authority	Chain-Portal	• Vehicle booking services • Efficient freight transportation services • Cargo unloading services for truck drivers
Incheon Port Authority	Single Window	• Smart container transportation services • Electronic cargo receipt (e-slip) services • Integrated container information services
Ulsan Port Authority	PortWise	• Integrated operational information services (Single Window) • Map-based information services for Ulsan Port • Digital operational support services for cargo handling
Korea Maritime Institute	Marine Fisheries Big Data Exchange	• Predictive location information for lost fishing gear • Optimal route analysis based on meteorological data • Customized coastal leisure tourism information • Information on wholesale markets for the fishing industry • Average price of imported seafood • Maritime accident forecast • Vehicle turnaround time analysis • Statistics on marine environmental data • Information on shipload impact

Source: Prepared by the Authors based on the Ministry of Oceans and Fisheries' Smart Shipping and Logistics Team (August 23, 2023)

- Although the platforms of port authorities are designed to enhance port operations efficiency, the difference in physical environments suggests that integration of these platforms might be less suitable than establishing connections between these platforms.
- The Korea Ocean Business Corporation's platform focuses on simplifying overall export-import logistics operations, making integration less suitable and putting the emphasis on creating connections with other systems.
- The Marine Fisheries Big Data Exchange from the Korea Maritime Institute covers not only port logistics but also the maritime and fisheries sectors. Hence, enhancing services through connections rather than integration might be more appropriate.

▪ The Implementing Entities are divided into government agencies and data management institutions(target institutions), as well as data providers and users, and external organizations, including academia. The roles of each entity are summarized in the table below.

〈Table〉 Roles of Implementing Entities

Implementing Entity	Role (or Duties)
Common (Individual or Collaborative)	• Deriving effectiveness and efficiency improvement methods throughout the entire process connected to 'Data Sharing Platform → Logistics Integration → Smart Port Achievement' • Review of legal and institutional aspects related to sharing and utilization of private data • Negotiation on monetary and non-monetary incentives for data provision

Implementing Entity		Role (or Duties)
Common (Individual or Collaborative)		• Agreement on cost considerations for data utilization (usage or incidental fees related to provision) • Overall discussions on enhancing information utility
Government Agency (Ministry of Oceans and Fisheries)		• Formulation of plans for organizational establishment or designation (Ministerial policies, research assignments, etc.) • Development of financial support strategies towards target agencies (initial setup, annual projects, etc.) • Legal review and potential amendments concerning organizational establishment • Detailed discussions on the integration and linking of logistics data and information sharing platforms in the port logistics sector
Target Institution		• Preparation of plans (or drafts) for organizational establishment (detailed organizational structure, workforce composition, etc.) • Formulation of comprehensive operational plans for the organization • Construction of an external collaboration framework • Development of security measures for managed data • Operation of a data governance consortium
External Agencies	Data Providers	• Authentication for data provision • Determination of data provision scope (target data, temporal and spatial range, etc.) • Specification of data provision methods (real-time or event-driven) and frequency
	Data Users	• Authentication for data utilization • Determination of data usage scope (target data, temporal and spatial range, etc.) • Specification of data request methods and reception intervals • Establishment of security measures for utilized data
	Academic Community	• Research and presentation of legal and institutional improvements for the utilization of private data • Analysis of benefits and effects of data utilization in the Smart Port-Logistics Integration • Research focused on expanding the scope of data utilization in the Smart Port-Logistics Integration

Source: Prepared by the Authors

▪ The policy alternatives outlined above present the duration, aspects of institution establishment and operation after establishment, and evaluation methods based on evaluation criteria, as indicated in the table below.

〈Table〉 Evaluation of Policy Alternatives for Establishing Raw Data Management Organization

Duration	Stages	Evaluation Targets	Evaluation Methods
Short-term	Establishment of Organization	• Stepwise evaluation of the organizational preparation process	• Setting up phases for organizational establishment • Confirmation of phase-wise implementations
		• Construction of institution and infrastructure	• Alignment assessment with initial establishment objectives • Examination of the adoption and progress of key related technologies and systems
		• Detailed structuring of organization and workforce	• Evaluation of supply/demand levels for experts and related workforce • Frequency, duration, and evaluation of staff training and education
		• Compliance with relevant laws and regulations	• Review and compliance with laws for the establishment of the organization (or institution) (if necessary, revision or amendment)
Medium to Long-term	Organizational Operations	• Appropriateness of data collection	• Suitability of data collection subjects (stakeholders) • Suitability of data collection methods and frequencies • Appropriateness of data collection scope • Utilization suitability for information processing

Duration	Stages	Evaluation Targets	Evaluation Methods
Medium to Long-term	Organizational Operations	• Data management and usability	• Scale of stored data • Data quality (integrity, consistency, etc.) • Frequency and ratio of collected data utilization • User satisfaction surveys • Frequency of security threats, detection, and defense rate • Frequency of system failures and recovery speed
		• Level of external collaborations	• Number of stakeholder groups targeted for data collection and utilization (shipping companies, operators, etc.) • Number of enterprises within stakeholder groups for data collection and utilization • Level of collaboration with external stakeholders (workshops, seminars, operation of data governance consortium, etc.)
		• Institutional sustainability and scalability	• Analysis of sustainability and stability based on the number of participating companies, data collected, and service utilization frequency • Analysis of sustainability based on budget stability

Source: Prepared by the Authors

4. Expected Outcomes

1) Policy effects

- Employment generation is a representative policy effect. Based on the platform industry and its related industries identified in this study, the employment inducement coefficients were calculated. Applying the employment inducement conversion coefficient of 9.9475 based on the weighted employment ratio compared to the total.

〈Table〉 Employment Inducement Coefficients (Logistics-Integrated Smart Port Data Sharing Platform) and Ratios

Industry	Sub-Industry	Employment Inducement Coefficient (as of 2019)	Employment Ratio Compared to Total	Conversion Coefficient
Manufacturing	Computers	2.90	0.05	9.9475
	Telecommunication Devices	2.37	0.05	
Services	Information	6.24	0.30	
	Specialized and Science Technology	9.15	0.30	
	Business Support	16.89	0.30	

Source: Prepared by the Authors based on ISTANS(Search Date: 2023.8.26.)

- This was conservatively estimated, correlating the reduction in waiting time in the integrated area to employment generation, spreading it to Busan New Port, Busan Port, and all ports in Korea. As the reduction in waiting time in the integrated area increases, it can be noted that employment inducement rises significantly

〈Table〉 Employment Inducement Estimation

Reduction in Waiting Time Rate	Annual Benefits-Costs (Unit: Million KRM)			Employment Inducement (Unit: Person)
	Busan New Port	Busan Port Total	All Ports in Korea	
5%	211.8	306.8	400.5	3.98
10%	703.3	1018.5	1329.6	13.23
20%	1686.3	2441.9	3187.9	31.71

Source: Prepared by the Authors

▪ Leveraging the employment effect, the information industry utilizing port logistics data is expected to be activated. Consequently, there's a higher probability of an increase in consulting firms specializing in data analysis and service domain derivations.

2) Technological effects

▪ Through the Smart Port logistics data and information-sharing platform, it is possible to achieve technological effects in securing cutting-edge technology.

- Various technologies such as sensors, Internet of Things (IoT), and communication technology will be synergistically utilized, including blockchain for security and big data for analytics. Such an experience is anticipated to aid in securing leading-edge technology related to logistics integration.
- Additionally, it can contribute to establishing international competitiveness and standardization in the field of logistics-integrated Smart Ports and information technology.

- Moreover, there is an expectation to enhance technological capacity in the long term, fostering expertise and competence in platform-related fields like computing, telecommunications, data analysis, and security.
- Lastly, performing diverse technological developments related to the establishment of smart ports based on logistics integration may lead to the transfer of promising technologies to enterprises.

01
서론

제1절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경

항만은 고대부터 강이나 바다를 통한 무역의 관문으로 여겨졌다. 1960년대까지는 화물을 단순히 싣고 내리는 물리적인 공간(Loading & unloading ports)을 의미했다면, 1980년대까지는 원재료를 수입해 배후 공장지대로 전달하고, 이를 제품으로 가공해 수출하는 공업항(Industrial ports)의 기능을 수행했다. 이후, 물류와 공급사슬 기능을 강화한 3세대 항만(Logistics and supply chain ports)이 등장했다.[1] 3세대 항만은 기존 항만에 종합물류와 분배기능을 추가한 것으로,[2] 화물의 분리배송이나 라벨링, 조립과 포장 등 부가가치 활동을 더한 항만으로 볼 수 있다.[3]

1) Berns et al.(2017), p. 11.
2) 국토교통부(검색일: 2023.8.5.)
3) 김태원 외(2006), p. 510.

부가가치 측면을 제외한다면, 항만의 본질적 기능은 선적항과 양하항 관점에서 정의할 수 있다. 선적항에서는 선박을 통해 수출될 송화주의 화물이 육상교통을 통해 진입, 임시 보관 후 선박에 적재되며, 양하항에서는 수입 화물을 내리고 이를 임시 보관 후 육상교통을 통해 수화주에게 보내게 된다. 같은 화물의 선적[4]과 양하가 동시에 이루어지는 것이 환적이며, 이는 같은 항만에서 또는 다른 항만과 연계해서 발생할 수 있다.

항해술의 발달, 화물을 규격화해 다룰 수 있게 하는 컨테이너의 등장, 규모의 경제 등으로 인해 항만을 통한 교역량이 점차 증가하고, 이에 따라 항만 작업 효율성의 중요성이 점차 높아졌다. 제한된 구역 내 많은 화물이 오고 감에 따라 주어진 자원을 효율적으로 활용해야 했고, 이는 터미널 운영시스템(TOS: Terminal Operating System)이나 자동 이송·하역장비의 등장을 가져왔다.

하지만, 항만 작업의 효율성은 항만 내에서의 작업에 국한할 수 없다. 상기한 바와 같이, 항만은 해상교통을 대변하는 선박과 육상교통을 대변하는 트럭이나 화차를 연계하는 역할을 수행하기 때문이다. 양하 작업에서 지연이 발생하는 경우, 이는 외부트럭이 화물을 반출하는 작업의 지연을 야기하고, 반대로 트럭의 화물 반입작업이 지연되는 경우 선적 역시 지연된다. 다시 말해, 항만 작업의 효율성은 항만 외적인 작업, 즉 항만을 중심으로 한 물류 연계의 효율화에 직접적인 영향을 받는다. 선종별 차이가 존재하지만, 국내 항만 컨테이너 선박 평균 대기시간은 2022년 1월부터 10월 기준 부산항 3.54, 인천항 2.78, 광양항 2.51시간에 달하고, 외부트럭 대기의 경우 부산항만공사 발표기준 평균 28.23분이나 경우에 따라 4시간 이상 대기하는 사례도 존재한다.[5]

4) 또는 적하
5) 한국해양수산개발원(2023), pp. 419-420.

상기한 물류 연계에서의 대기는 기술적 접근 없이 해결하기 어렵다. 이는 선박 운항이나 트럭 운행, 하역 등에서 발생하는 불확실성을 사람이 파악하고, 이를 고려해 작업 관련 예측을 하기 어려우며, 설사 예측이 가능하더라도 이를 이해관계자들에게 체계적으로 전달하는 것이 어렵기 때문이다. 예를 들어, 선박의 예정 도착시간(ETA: Estimated Time of Arrival)이 변경되는 경우 이와 같은 정보를 항만에서 수집해야 하고, 변화된 환경에 맞춰 새롭고 정확한 ETA를 계산해야 하며, 이를 항만물류 이해관계자에게 공유하는 체계가 필요하다. 이와 같은 데이터 수집, 가공 및 정보 제공 작업의 필요성은 장기간 언급됐으나, 과거에는 기술적 한계로 인해 해결하기 어려운 문제로 여겨졌다.

하지만, 4차 산업혁명 기술의 등장과 고도화는 상기한 문제를 해결할 수 있는 길을 제시했다. 사물인터넷(IoT: the Internet of Things)과 센서 기술은 현장 데이터의 실시간 수집을 가능케 했고, 빅데이터와 인공지능(AI: Artificial Intelligence), 기계학습(ML: Machine Learning)은 수집된 데이터를 가공해 정보화하는 데 도움을 주며, 5G, 플랫폼 등의 통신 기술은 데이터 수집과 정보 제공의 편의성을 향상시켰다.

이와 같은 기술이 적재적소에 적용돼 관계적 측면을 고려해 항만 작업을 효율화하는 항만을 스마트항만으로 볼 수 있다. 스마트항만은 여러 학자와 기관이 정의하고 있지만, 항만 그 자체만의 생산성에 치중하는 전통적 관점을 넘어 항만과 연결된 외부 요인을 고려하고, 이와 관련된 문제를 기술적 측면에서 해결한다는 점에서 대동소이하다. 더욱 포괄적인 관점에서는 배후도시의 교통혼잡이나 친환경성 등을 고려하지만, 공급망 또는 물류 관점에서는 해상-항만-육상물류 연계에 초점을 맞추고 있다.

〈표 1-1〉 스마트항만 관련 물류 연계 디지털화 사례

추진 주체	서비스	주요 내용
(독) 항만공사	스마트포트 로지스틱스	• 사물인터넷 기반 공급망 및 물류 네트워크 개선
(네) 항만공사	Portbase PCS	• 선박 입출항, 화물 양·적하 등 데이터 연계
	AI Vessel Platform	• 사물인터넷 기반 입출항 예측
	Navigate	• 해상-항만-육상물류 연계를 위한 경로 정보 제공
(싱) 항만청	Container Port 4.0	• 물류 생태계 정보 연계 및 통합(커넥티드 커뮤니티)
	SAFER	• 항만구역 교통예측, 선박도착 예측
머스크 & IBM	Tradelens	• 공급망·운송데이터 연계 및 공유

자료: 최상희·이언경·서정용(2019), pp. 73-76.을 기반으로 저자 수정

국외의 경우, 스마트항만으로의 관심을 지속해서 보임과 동시에 미래 항만이 데이터 공유와 디지털화를 기반으로 변모할 것이라 인식하고 있고,[6] 스마트항만 구축과 함께 물류 연계를 기반으로 한 공급사슬 디지털화에도 초점을 맞추고 있다(표 1-1).[7] 네덜란드 로테르담항은 스마트 물류를 포함한 미래형 항만 인프라 등 4대 영역에 초점을 맞춰 스마트항만 구축을 위해 노력하고 있고, 이중 스마트 물류 관련 10개 이상의 프로젝트가 데이터 또는 연계 기반의 스마트화를 다루고 있다.[8] 또한, 로테르담항의 Navigate는 컨테이너 및 운송수단의 최적경로를 제안하는 시스템으로, 트럭과 철도 및 해상운송 연계를 고려하고 있으며,[9] PortXchange(이전에는 PRONTO)는 연계 물류 이해관계자의 실시간 작업 시작과 종료 시각을 공유토록 함으로써, 선박 출항 전 유휴시간 20%, 연료공급으로 인한 비계획 지연을 100% 감소시켰다(실험값).[10] 이 밖에, 스웨덴의 협업 플랫폼인 PortCDM, 미국의 XVELA, 독일 함부르크의 chainPORT 등도 이와 유사한 목적의

6) Accenture(2016), p. 11., p. 22.
7) 최상희·이언경·서정용(2019), pp. 71-76.
8) SmartPort(검색일: 2023.4.10.)
9) Port of Rotterdam(검색일: 2023.4.10.)
10) Tan(2019.1.23.), pp. 27-28.

사업으로 볼 수 있다. 독일 함부르크항만공사(HPA: Hamburg Port Authority)는 또한 스마트항만을 지능형 디지털 항만으로 여기고 항만 모니터링, 에너지 활용 개선뿐 아니라 연계 물류 개선을 달성하고자 노력하고 있다.[11]

국외에 비해, 우리나라 스마트항만 구축 및 개발 현황은 상대적으로 뒤처져있으며, 상당 부분 계획 단계에 머무르고 있다. 해양수산부는 지속해서 스마트항만 구축 관련 과제를 발주 및 수행하고 있으나, 자동화항만 관련 과제가 상당수를 차지해 국외 선진국의 스마트항만 관련 과제와는 다소 거리가 있다. 지난 '19년 6월 스마트해상물류추진단을 발족하고, 스마트화의 핵심으로 해상-항만-육상 연계운송 효율화와 이를 위한 데이터 및 디지털화 기반의 스마트 물류 환경 구축의 필요성을 언급하는 등 지속적 관심을 보이고 있으나, 연계 물류가 현장에 원활히 적용된 사례는 찾아보기 어렵다. 항만물류정보중계망 전자문서교환 기반의 물류 의뢰, 계획, 결과 정보에 대한 사전·사후 정보공유로 물류 정보의 실시간 공유 및 활용이 미흡하고, 이마저도 이원화(KL-Net, KTNET)돼 정보 활용의 단절이 발생하며, 이에 따라 교차검증의 불편함 초래, 잠재적인 정보의 불확실성이 존재하게 된다. 이외에 반출입 트럭의 도착정보를 사전에 알지 못해 트럭 도착 이후 재작업(Re-handling)을 수행하거나, 선적계획 변경사항이 항만에 전달되지 않는 등 여러 현안이 해결되지 않은 채 발생하고 있다.

이와 같은 현실에서, 지난해 윤석열 정부가 출범하며 제시한 120대 국정과제에 「40. 세계를 선도하는 해상교통물류체계 구축(해수부)」이 설정되고, 과제목표 중 하나로 스마트항만 구축을 통한 해운물류산업 경쟁력 확보가 명시됨에 따라, 국가, 항만, 물류 산업적으로 물류 연계 기반의 스마트항만 구축이 시급해졌다. 이에 따라 실시간 데이터 수집과 활용 체계를 기반으로 정보 및 서비스가 단절·파편화되지 않도록 하며, 물류 연계 최적

11) Hamburg Port Authority(검색일: 2023.4.10.)

화를 달성할 수 있는 스마트항만 구축 관련 연구가 필요하다. 특히, 정책적 의사결정을 지원하는 물류 연계 기반 스마트항만의 정량적 효과와 연계 물류 기반 스마트항만 구축을 위한 정책 이행 방안을 제시하는 연구가 시급하다.

2. 연구 목적

상기한 현안을 해결하기 위해 본 연구는 해상-항만-육상물류 연계를 고려한 스마트항만 구축 효과를 정량적으로 분석하고, 스마트항만 구축을 위한 정책적 이행방안을 제시함으로써 정책당국 및 이해관계자가 물류 연계 기반의 항만 스마트화를 원활히 수행할 수 있는 환경을 조성하는 것을 목적으로 한다.

상기한 연구 목적을 달성하기 위한 연구 목표로는 첫째, 스마트항만과 관련된 다양한 선행연구를 검토해 선행연구에서의 한계점과 본 연구의 차별성을 파악한다(제1장 제3절). 둘째, 스마트항만을 구축하는 방안으로 항만물류 데이터·정보공유플랫폼이 도출되는 과정을 소개한다(제2장). 셋째, 플랫폼 구축의 타당성을 확보하기 위해 동 플랫폼의 비용, 편익과 경제성을 제시한다(제3장). 넷째, 플랫폼 구축과 원활한 활용을 위해 필요한 정책대안을 제시한다(제4장).

제2절 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 장인 제1장에서는 스마트항만과 물류 연계와 관련된 국내외 현황과 정책 등 배경을 소개하고 이를 통한 연구 목적을 밝히며, 목적을 달성하기 위한 주요 연구 내용과 방법을 설명한다. 이어 선행연구 검토에서는 항만 스마트화·디지털화에 따른 효과분석과 정책제언 관련 기존 유사 연구를 살펴본다. 이후, 연구 목표, 연구 대상, 연구 범위 및 연구 방법 측면에서 선행연구 대비 본 연구의 차별성을 제시한다.

제2장에서는 물류 연계 기반 스마트항만 개념과 주요 개선사항을 도출하고, 국내외 물류 연계 스마트항만 현황과 사례를 살펴보며 국내 물류 연계 기반 스마트항만 구축 문제점을 진단한다. 먼저, 스마트화와 유사하면서도 다른 자동화, 지능화, 그리고 자율화의 개념을 소개하고, 이를 통해 스마트화의 개념을 정립한다. 이어 스마트항만의 특성과 물류 연계의 관련성을 살펴보고, 물류 연계와 스마트항만이 높은 연관성을 보임을 밝힌다. 다음으로, 국외 선진 스마트항만인 네덜란드 로테르담항, 싱가포르 싱가포르항, 독일 함부르크항, 미국 로스앤젤레스항의 사례를 살펴보고, 우리나라 스마트항만 구축현황과 물류 연계 관점에서의 문제점을 진단한다. 진단된 문제점을 기반으로, 해상-항만-육상물류 연계에서의 문제의 원인과 개선 방향을 살펴보고, 문제의 상당부분을 해결할 수 있는 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼의 적용 가능성을 제시한다.

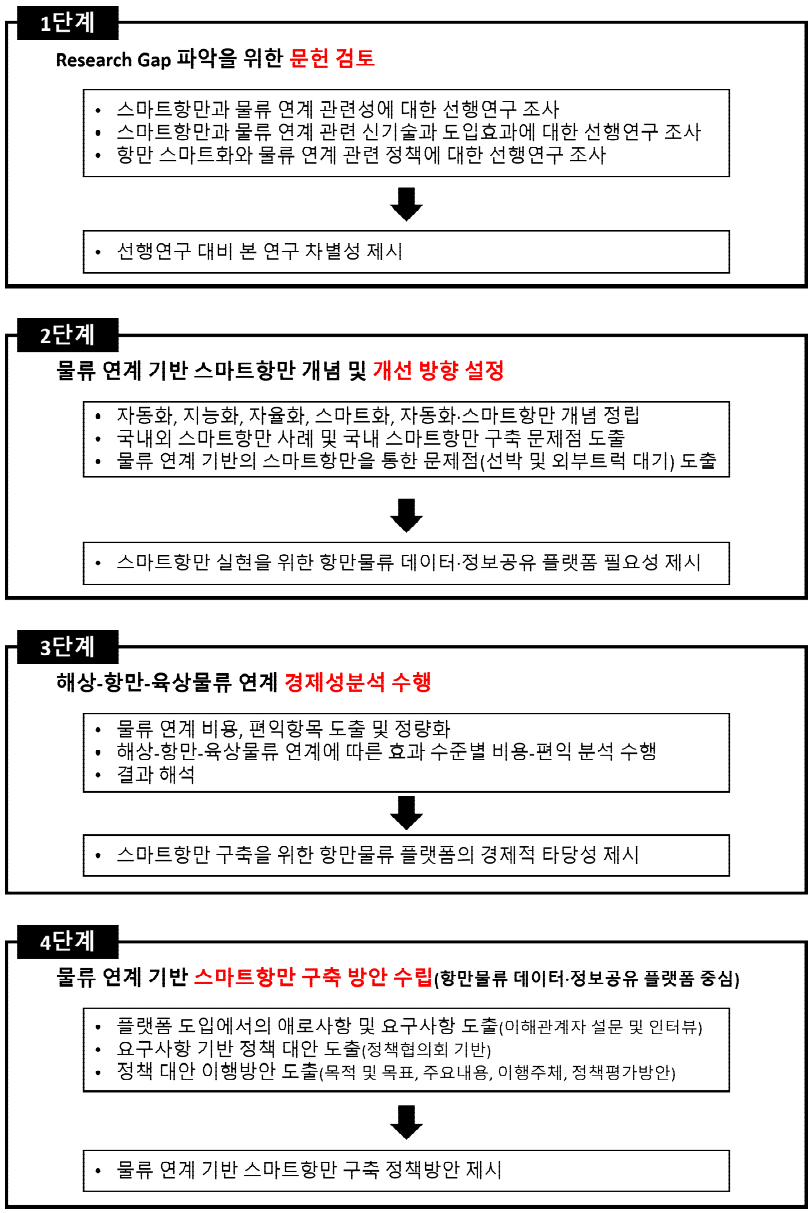
제3장에서는 상기한 개선을 실현하기 위한 플랫폼 구축·운영비용과 편익 항목을 도출하고, 그 크기를 계산한다. 먼저, 「국토교통부 고시 제2022-500호」「국가통합교통체계효율화법」 제18조에 의거한 「공공교통시설 개발

사업 투자평가지침(제7차 개정)」에서의 항만과 물류 부문, 한국소프트웨어산업협회에서 발간한 「SW사업 대가산정 가이드」, 그리고 선행연구에서 활용하는 편익, 비용항목을 검토한다. 다음으로, 물류 연계 기반의 스마트항만에 도입될 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼의 도입 효과를 비용편익 비율, 순현재가치, 내부수익률을 기준으로 확인한다(비용-편익분석).

제4장에서는 스마트항만 데이터 공유 플랫폼 구축 정책과 기대효과를 제시한다. 먼저, 항만물류 이해관계자 인터뷰를 통해 물류 연계 기반의 스마트항만을 달성하게 하는 플랫폼을 도입하는 과정에서 우려되는 애로사항을 파악한다. 다음으로, 이를 해결하기 위한 정책과제 후보군을 연구진 브레인스토밍과 전문가 자문을 통해 도출한다. 이어서 두 차례의 정책협의회를 통해 정책과제 후보를 통폐합 및 연계하고, 상세한 이행방안을 제시한다. 마지막으로, 플랫폼 구축과 정책대안의 기대효과를 정책적, 기술적으로 간략히 소개한다.

제5장은 본 연구를 요약하고, 연구의 한계점을 제시하며 정책방안 이행에서의 제언을 끝으로 본 연구를 마무리한다.

〈그림 1-1〉 연구 흐름도



자료: 저자 작성

2. 연구 방법

본 연구 수행을 위해 다섯 가지의 주요 연구 방법을 채택했다. 첫째, 연계 물류 및 스마트항만 관련 현황과 학계 동향 등을 파악하기 위해 문헌검토를 수행했다. 이는 다음절에서 소개할 선행연구 대비 본 연구의 차별성을 확인하고, 기존 지침이나 선행연구에서 활용된 비용-편익 분석을 수행하는데 이용했다.

둘째, 물류 연계 기반 스마트항만 주요 개선사항 도출, 비용, 편익항목 검토, 정책과제 도출과 과제 수행방안을 수립하기 위해 브레인스토밍을 수행했다. 충분한 문헌검토를 기반으로, 연구진의 전문지식을 활용·공유함으로써 전문적이고 합리적인 결과물을 산출하도록 했다.

셋째, 해상-항만-육상물류 연계를 위한 데이터·정보공유 플랫폼이 가져올 효과를 파악하기 위해 비용-편익 분석을 수행했다. 이와 같은 정량적 분석은 정성적 분석에 비해 객관적인 결과를 제시하며, 정책적 의사결정에 더욱 직접적인 도움을 줄 수 있다. 이에 따라 관련 지침이나 선행연구를 참고해 보편타당한 방법으로 수행했다.

넷째, 항만물류 연계 효율화를 위한 데이터·정보공유 플랫폼 기능과 비용을 산출하고 정책과제 수행방법의 신뢰성을 높이기 위해 전문가 자문회의를 수행했다. 전자의 경우 항만물류 분야 소프트웨어 개발 사업 경험이 많은 전문가를, 후자의 경우 타 분야 유사 정책 수행과정을 면밀히 파악하고 있는 전문가를 활용했다. 이를 통해, 연구진의 주관을 최대한 배제하며 전문적인 연구결과물을 도출하고자 했다. 이 외 편익분석이나 정책과제 후보군 도출 등에서도 필요에 따라 자문회의를 수행해 연구의 객관성을 확보하고 품질을 제고했다.

다섯째, 정책과제의 합리성과 수행력을 확보하기 위해 부처 담당자와 두 차례의 정책협의회를 개최했다. 물류 연계 기반의 스마트항만을 달성하기 위해 항만물류 데이터·정보공유플랫폼이 필요하지만, 이해관계자는 아직 플랫폼에 데이터를 제공할 때 얻을 수 있는 긍정적 효과에 대한 확신을 가지지 못하고 있으며, 동시에 부정적 효과에 대한 우려를 가지고 있다. 이에 대한 원인을 분석하기 위해 파악된 이해관계자의 애로사항을 기반으로, 정책대안 후보군을 추출했다. 정책협의회는 정책대안 후보군을 통폐합 및 연계해 이행과제를 단순화하고, 이행과제의 상세한 수행방안을 수립하는데 기여했다.

제3절 선행연구 대비 본 연구 차별성

1. 선행연구 검토

해상-항만-육상물류 연계 기반의 스마트항만 구축 방안을 수립하기 위해 ① 스마트항만과 물류 연계 관련성에 대한 연구, ② 스마트항만과 물류 연계에 대한 신기술(예: 인공지능) 또는 이들의 도입 효과 분석에 대한 연구, 그리고 ③ 항만스마트화와 물류 연계 관련 정책에 대한 연구를 검토했다. 이를 통해, 스마트항만의 핵심이 물류 연계임을 객관화하고, 스마트항만과 물류 연계에서의 핵심 기술이 데이터·정보공유 플랫폼임을 파악하며, 현재 항만스마트화와 물류 연계 연관성을 기반으로 한 정책연구가 부족함을 강조한다.

먼저, 스마트항만과 물류 연계 관련성에 대한 연구는 이들의 관계를 직접 증명하기보다는 두 개념의 관계를 언급한 연구가 주를 이룬다고 볼 수

있다. Makkawan & Muangpan(2021)은 스마트항만이 물류와 공급망을 개선하는 도구로 여겼다. 이와 같은 시각은 UNESCAP(2021)의 관점과 거의 같다. 본 보고서에는 항만의 단계적 발전이 정보화로부터 시작해 자동화, 디지털화, 스마트화로 간다고 보았고, 이를 통해 궁극적으로 글로벌 공급사슬을 개선할 수 있다고 여겼다. Yau et al. (2020)은 스마트항만 생태계에서는 화물이 시기적절하게 목적지에 도착할 수 있다고 언급했다. 항만은 무역 네트워크를 연결하는 물류 체인의 핵심 지점이므로,[12] 결국 인접한 물류 영역과의 연계가 스마트항만에서의 핵심으로 볼 수 있다. Jun, Lee & Choi (2018)은 독일 함부르크항 사례를 언급하며 항만 스마트화가 물류를 개선했음을 강조했다.

다음으로, 스마트항만과 물류 연계에 적용할 수 있는 신기술을 소개하고 이들의 도입 효과를 분석하거나, 스마트항만 도입 효과 분석과 평가에 대한 연구는 다수 수행됐다. Li et al. (2023)은 스마트항만이 국제 무역과 물류를 개선하는 해법으로 여기면서, 사물인터넷과 빅데이터, 인공지능 등 디지털 기술의 적용을 강조했다. 이외에 스마트항만, 연계를 포함한 물류에 적용할 수 있는 다양한 기술(인공지능, 사물인터넷, 블록체인, 클라우드 컴퓨팅 등)을 소개한 연구는 많으며(Bisogno et al., 2015; Ilin et al., 2019; 원승환·이언경, 2021; Hirata, Watanabe & Lambrou, 2022), 특정 기술에 중점을 둔 연구 역시 다수 존재한다. Min(2022)은 디지털화 기반의 정보공유가 스마트항만과 물류에서의 핵심으로 여겼다. Jun, Lee & Choi (2018)은 정보·통신기술을 스마트항만 물류를 개선하는 핵심기술로 보았고, Yang et al. (2018) 역시 정보·통신기술, 이중 사물인터넷을 핵심기술로 보았다. 서정용 외(2022)는 항만과 내륙 간 물류 연계를 지원하는 반출입 예약시스템(VBS: Vehicle Booking System)의 개념과 적용시 물류 프로세스, 그리고 효과를 수리모형과 시뮬레이션을 통해 분석했다. 동시에,

12) Xu et al. (2021), p. 9.

핵심 성과지표로 자원의 대기시간을 선정해 연계 접점의 중요성을 강조했다. Makkawan & Muangpan(2021)은 스마트항만에 대한 개념적 모형을 제시하고, 스마트항만 평가지표를 태국 사례를 통해 제시했다. 이들은 이해관계자 간 정보를 공유하는 디지털 플랫폼 가용성을 핵심 성과지표 중 하나로 제시했고, 이는 항만 및 항만과 연계되는 영역 간 물류 효율화가 스마트항만의 핵심 요인임을 나타낸다.

기술 적용보다는 분석에 초점을 맞춘 연구 역시 다수 수행됐다. Philipp (2020)은 항만 스마트화와 디지털화와 관련된 평가지표를 제시함과 동시에, 관리, 인적자원, 기능, 기술 및 정보로 구성된 다섯 개의 평가영역 내에 디지털화 전략, 정보통신 지식·기술, 운영시스템, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 등 38개 평가지표를 계층화해 제시했다. 서정용 외(2022)는 항만-육상물류 연계에 초점을 맞춰 반출입 트럭 대기시간을 고려했고, 모의실험을 통한 연계 효과를 정량적으로 제시했다. Philipp (2020)과 Paulauskas, Filina-Dawidowicz & Paulauskas (2021)는 항만 자체를 대상으로 하는 스마트화와 디지털화의 효과를 분석했다. 앞서 살펴본 바와 같이, Philipp (2020)은 항만 디지털화를 분석했으며, Paulauskas, Filina-Dawidowicz & Paulauskas (2021)는 설문조사 및 수리모형을 활용해 디지털화 수준을 분석했다.

일부 연구는 항만과 연계되는 육상이나 해상을 연구 범위에 포함시켰다. Kim, Kim & Kang (2022)은 선박자동식별시스템(AIS: Automatic Identification System) 데이터를 활용해 선박의 항만 기항 횟수와 접안시간을 파악하고, 접안시간 증가에 따른 터미널 유형별 발생하는 비용을 토대로 경제적 효과를 분석했다. 이는 해상-항만물류 연계 측면을 바라본 것으로 볼 수 있다. Inkinen, Helminen & Saarikoski (2021), 서정용 외(2021)은 해상, 항만, 육상물류의 일부 또는 연계 기반의 전반적인 디지털화 효과를 분석하고자 했다. 다만, Inkinen, Helminen & Saarikoski

(2021)은 정량적 평가가 아닌 정성적 평가를 수행했고, 서정용 외(2021)은 분석 범위를 해상-항만과 경제성까지 확대하지 않았다. 장영태·김은수(2005)도 복합운송, 즉 연계 물류를 고려했지만 경제성 측면에서 분석을 수행하지는 않았다.

항만 스마트화와 디지털화에 따른 효과분석 관련 선행연구는 분석 방법을 중심으로도 살펴볼 수 있다. 김현(2007), Guan & Liu (2009), van Asperen, Borgman & Dekker (2013), 서정용 외(2021)는 시뮬레이션을 활용해 효과분석을 수행했으나, 트럭 정보 연계에 따른 생산성 측면을 고려했다. 항만뿐 아니라, 물류 영역으로 선행연구 검토를 확장하면 다양한 분석법이 자동화나 디지털화, 스마트화 등의 효과를 평가하는 데 활용됐음을 확인할 수 있다(부록 참고).

이언경 외(2017)는 항만물류에서의 정보연계 미비가 주요 문제 중 하나임을 강조했고, 스마트항만 관련 지능·정보화 전략이 필요하며, 이를 위한 정부 기관의 지원이 필요함을 언급했다. Chen et al. (2019)은 스마트항만 구축을 위한 구체적인 대책과 거버넌스 정책을 제안했다. 이들은 항만과 해운 부서 간 협력을 강조함과 동시에, 다양한 기술 적용을 촉구했다. 다만, 물류 연계 자체를 위한 정책보다는 녹색 항만과의 상호 통합된 발전에 초점을 두었다. Karaś (2020)는 스마트항만 구축에서는 기술혁신이 핵심이라 생각했으며, 이를 도입·구현하는 과정에서 필요한 다양한 지표와 기준을 준비하는 것이 중요하다고 언급했다. 이언경 외(2020a)는 스마트항만과 스마트도시의 연계성을 고려하는 과정에서 물류 효율성 개선 여부를 모의실험을 통해 확인했고, 물류를 포함한 스마트항만의 여러 영역을 전반적으로 모니터링하는 통합운영 플랫폼 구축을 정책대안으로 제시했다. 이태휘(2020)은 우리나라 정부 입장에서 항만 스마트화 추진 시 유의할 사항을 유럽과 싱가포르 사례를 중심으로 제시했다. 또한, 동 연구에서는 스마트항만이 단위 시설이나 시스템이 아닌 일종의 물류 생태계로 보았고, 스마트

항만 구축을 위해서는 항만공급사슬의 구축과 정보 공유가 필요하다고 주장했다. 서정용·김효재(2021)은 항만물류 이해관계자 간 데이터 연계가 물류 서비스를 개선할 수 있음을 언급했지만, 이를 달성하는 구체적인 정책 방안을 제시하지는 않았다. 이와 유사하게, 서정용 외(2022)는 항만-육상 물류 연계의 필요성과 효과를 모의실험을 통해 제시했으나, 연계효율화를 달성하기 위한 이해관계자 간 협상이나 정책적 합의점을 도출하는 방안을 제시하지는 못했다.

2. 본 연구 차별성

항만을 중심으로 하는 해상, 육상물류와의 정보 연계를 통한 스마트항만 구축의 필요성을 강조하는 연구는 다수 수행됐으나, ① 해상-항만-육상물류 연계에서의 문제와 그 원인을 토대로 개선 방향을 파악하고, ② 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼 유효성을 확인 후, 플랫폼 기능을 토대로 한 비용-편익 분석을 수행하며, ③ 플랫폼의 성공적인 도입과 활용을 위해 이해관계자로부터 애로사항을 파악하고, 정책과제 후보군을 도출하며 정책협의회를 통한 정책이행과제 선정과 상세한 이행전략을 제시한 연구는 거의 수행되지 않았다.

항만은 기본적으로 물류망에서의 거점에 해당하므로, 항만 및 인접 영역(해상과 육상)과의 물류와 공급망을 별도로 여길 수 없음을 많은 선행연구에서 확인할 수 있었다. 특히, 물류와 공급망을 개선하는 도구로 스마트화가 언급됐고, 물류 연계에서의 핵심을 스마트화로 볼 수 있기 때문에 스마트항만의 핵심 역시 물류 연계로 볼 수 있었다.

다만, 스마트항만 자체가 학계에서 많은 관심을 받고 있기 때문에, 많은 선행연구는 스마트항만의 도입 효과를 정성·정량적으로 분석하고 결과를

제시했다. 대표적으로, 사례조사, SWOT 분석[13], PESTLE 분석[14] 등을 통해 정성적으로 분석했거나 모의실험을 통한 생산성 분석이 활용됐다. 학술연구 외적으로는 「공공교통시설 개발사업 투자평가지침(제7차 개정)」이 존재하기는 하지만, 항만이나 물류부문 각각의 비용-편익분석에 초점을 두고 있으므로, 본 연구에서 다루는 항만물류 데이터·정보공유플랫폼에 적용하기에는 무리가 있다.

이에 반해, 스마트공장이나 스마트농장, 스마트물류 등 타 분야에서는 필요에 따라 경제적 효과를 파악하기도 했다. 물류 연계 기반 스마트항만의 비용-편익 분석을 항만물류 데이터·정보연계 플랫폼의 기능을 기반으로 수행한다면, 플랫폼에 의한 물류 연계 효율화가 달성된 스마트항만의 객관적 구축 효과를 면밀히 살펴볼 수 있을 것이다. 이전에 없던 스마트항만의 객관적 구축 효과를 물류 연계 측면에서 면밀히 살펴볼 수 있을 것이다.

또한, 항만물류 데이터·정보연계 플랫폼에서의 핵심을 데이터 수집으로 여기고, 이해관계자가 데이터 제공을 꺼리는 이유를 조사하고, 이를 기반으로 정책대안 후보를 도출하며, 담당부처와의 정책협의회를 통해 상세한 정책 이행방법을 제시한 연구는 거의 찾아볼 수 없었다.

〈표 1-2〉은 선행연구 대비 본 연구의 차별성을 연구 목표, 연구 대상, 연구 범위 및 연구 방법 측면으로 요약·정리한 것이다.

13) 강점(Strength), 약점(Weakness), 기회(Opportunity), 위협(Threat)을 식별해 경영 전략을 수립하기 위한 분석

14) 비즈니스 분석 방법의 하나로, 정치(Political), 경제(Economic), 사회(Sociol), 기술(Technological), 법(Legal), 환경(Environmental)을 고려

〈표 1-2〉 선행연구 대비 본 연구의 차별성

구분	선행연구		본 연구
	요약	참고문헌	
연구 목표	• 항만 스마트화 및 디지털화 기술에 대해서만 제시했거나 평가지표만을 제시 • 항만 내부만을 대상으로 스마트화 및 디지털화 효과분석 • 해상-항만-육상물류 디지털 효과를 분석한 연구 역시 정성적으로 평가했거나 생산성 측면만을 단편적으로 고려	• Bisogno et al. (2015), Ilin et al.(2019) • Philipp(2020), Paulauskas, Filina-Dawidowicz & Paulauskas(2021) • Inkinen, Helminen & Saarikoski(2021)	• 항만 중심 해상, 육상물류 디지털 정보 연계 시 비용, 편익을 기반으로 정량적 분석 수행 • 이를 기반으로 물류 연계 기반의 스마트항만 구축 방안을 정책에 초점을 맞춰 제시
연구 대상	• 항만 • 해운 • 항만-트럭 • 해상-항만-육상물류 • 타 분야	• Bisogno et al.(2015), Kim, Kim & Kang (2022) • Lee, Shin & Bae (2020), 유주영 외 (2007) • 김현(2007), Guan & Liu(2009) • (정성적 분석) 김종기 외(2014), Inkinen, Helminen & Saarikoski(2021), Ivanov(2020) / (생산성 분석) 장영태·김은수(2005), Chang(2008), 서정용 외(2021) • 최돈우·임청룡(2018), 박현준·심우중·이자연(2018), Deepu & Ravi(2021), Kao et al.(2022)	• 해상-항만-육상물류의 개별 영역 및 연계 접점
연구 범위	• 항만을 중심으로 하는 해상, 육상물류 정보 연계의 필요성을 확보하려는 연구 • 항만 스마트화·디지털화 평가지표 연구	• (필요성) Bisogno et al.(2015), Hirata, Watanabe & Lambrou(2022) • (평가지표) Guan & Liu(2009)	• 해상-항만-육상물류 연계를 위한 스마트항만 개념 및 주요 개선사항 도출 • 해상-항만-육상물류 연계 비용 및 편익 파악 및 분석

구분	선행연구		본 연구
	요약	참고문헌	
연구 범위	• 해상-항만-육상물류 디지털 효과분석 연구 • DEA, MCDM, 시뮬레이션 등 스마트·디지털화 효과분석 방법론 연구	• (연계 효과분석) Inkinen, Helminen & Saarikoski(2021) • (타 분야 효과분석) 한철환·서수완(2014), 최돈우·임청룡(2018), Ivanov(2020)	• 물류 연계를 달성하는 데이터·정보공유플랫폼의 안정적 도입과 활용을 위한 정책대안 도출 및 상세 이행방안 제시
연구 방법	• 관련 분야에 대한 문헌조사 수행 • 정책적 접근방법 활용 • 교통시설 개발에 대한 타당성 평가를 위한 BC 분석 • 스마트화·디지털화 효과분석을 위한 DEA 분석 • 스마트화·디지털화 효과분석을 위한 MCDM 분석 • 항만 생산성 분석을 위한 시뮬레이션 분석 • SD, SNA, 유전알고리즘 등 기타 방법론 활용	• (문헌조사) 전체 선행연구 • (정책) 이언경 외(2017), 이태휘(2020) • (BC 분석) 유주영 외(2007), 한철환·서수완(2014) • (DEA) 최돈우·임청룡(2018), Loske & Klumpp(2018), 강현명·홍상태·문상영(2019) • (MCDM) Deepu & Ravi(2021) • (시뮬레이션) 김현(2007), van Asperen, Borgman & Dekker(2013), 서정용 외(2021) • (기타) 장영태·김은수(2005), Chang(2008), Jiang, Li & Shen(2018), Gaulier, Sztulman & Ünal(2020), Ivanov(2020), 이해찬·박성훈·여기태(2021)	• 정책적 투자 의사결정을 지원하기 위한 비용-편익분석 • 물류 연계기반 스마트항만 구축 방안 수립을 위한 ① 이해관계자 기반 애로사항 및 정책대안 도출, ② 정책협의회를 통한 정책대안 정제 및 ③ 상세 이행방안 제시 • 시뮬레이션의 경우 기존 연구에서도 언급했다시피 단편적으로 생산성만을 실험할 수 있기 때문에 본 연구에서는 제외

자료: 저자 작성

02
해상-항만-육상물류 연계 기반 스마트항만 현황과 개선 방향

제1절 스마트화 및 유사 용어 개념 정립

본 절에서는 스마트화와 유사한 용어인 자동화, 지능화, 자율화에 대해 정의·설명하고, 이를 토대로 스마트화 정의를 정립한다. 현장에서뿐 아니라, 학계·연구계에서도 이들을 혼용하거나 잘못 활용하는 경우가 많으며, 이러한 오해는 자칫 정확한 의미를 전달하는데 장애물이 될 수 있다. 이에 따라 유사하면서도 다른 네 가지 개념을 소개하고 비교함으로써, 물류 연계 기반의 스마트항만을 정확히 파악하는데 도움을 주고자 한다.

1. 자동화

자동화(Automation)는 수십 년 동안 학계와 산업계에서 관심을 가진 영역이다. 1760년에 시작된 제1차 산업혁명에서 다양한 기계가 발명되고 관련 기술이 발전했으며, 이는 단순·반복 업무에서 인간을 제한적으로 배제하는 결과를 가져왔다. 오랜 시간에 걸쳐 항만을 포함해 공장, 창고 등 여러

영역에서 기계가 투입됐으며, 사람 작업자는 기계에 탑승하거나 직접 조작함으로써 작업 편의를 경험했다.

이후, 자동화라는 개념이 등장하면서 사람이 기계에 탑승하지 않거나, 원격으로 조종하기 시작했다. 전통적인 시각에서 자동화는 사람의 수동 조작, 계획 및 문제해결을 자동화 장치와 컴퓨터로 대체하는 것으로 여겼다.[15] 하지만, Bibby et al.(1975)는 아무리 높은 수준의 자동화 시스템이라고 할지라도 감독이나 조정, 유지, 확장 및 개선에는 인간이 개입될 수밖에 없음을 강조했다.

결국, 자동화는 제품이나 서비스를 생산·전달하는 과정에서 사람의 간섭을 최소화하는 것으로 볼 수 있으므로, 무인화와 같은 의미로 보기는 어렵다. 또한, 의사결정과 관련된 작업보다는 물리적인 사물의 움직임에 초점이 맞춰져 있다. 즉, 기계화보다는 사람의 간섭이 적지만, 무인화보다는 간섭이 많은 개념을 자동화로 볼 수 있다.

2. 지능화

지능화는 단어 자체로 보면 앞에 '인공'이라는 단어가 생략된 채로 사용되고, 일반적으로 지능화 자체보다는 지능의 고도화가 핵심으로 여겨진다. 알파고 이후 관심을 받는 기계학습은 인공지능의 세부 영역으로, 프로그래머의 추가적인 노력 없이 자동으로 경험을 통해 학습하는 알고리즘을 연구·개발하는 영역이다.[16] 즉, 지능화는 실제로 기계학습을 포함하기는 하지만, '기계학습'이라는 용어로 인해 학습 능력보다는 시설, 장비 등에 인공적인 지능을 부여하는 포괄적인 행위와 결과를 의미한다고 볼 수 있다.

15) Bainbridge(1983), p. 775.
16) Bini(2018), p. 2359.

지능화 역시 작업에서 사람의 간섭을 최소화한다는 점에서 자동화와 유사하다고 볼 수 있지만, 물리적인 사물의 움직임보다는 의사결정 작업에 초점을 맞추기 때문에 자동화와 동일시 할 수 없다. 이로 인해, 하드웨어보다는 전반적인 운영·관리체계나 소프트웨어를 중심으로 지능화가 적용되며 지능형 공항이나 항만을 대표적인 예로 볼 수 있다.

3. 자율화

최근 자율주행차량이나 자율운항선박 기술의 등장으로 인해, 자율화에 대한 관심이 높아졌다. 자율화는 보통 명사형보다는 형용사형으로 활용되며, 'Autonomous'라는 영어 단어 뒤에 특정 객체가 결합하는 형태로 사용된다. 자율화가 적용된 객체는 단독으로 의사결정을 수행할 수 있고, 물리적인 이동이 수반되는 객체인 경우 이동에 관한 의사결정을 할 수 있다.

의사결정 과정에서 사람의 간섭을 최소화하는 것은 지능화와 매우 유사한 특징이다. 하지만, 개별 객체에 초점을 맞춘다는 점에서 지능화와 차이가 존재한다. 가령, 자율화 시스템에서는 중앙 관제 장비에서 개별 장비에 명령을 주고, 개별 장비가 이를 단순히 실행하는 것이 아니라, 개별 장비가 자율적으로 의사결정을 한다.

4. 스마트화

스마트화 또는 스마트기술의 특징은 연속적인 실시간 데이터 입력값을 통해 학습하고, 이에 따라 대응을 개선할 수 있다는 점이다.[17] 학습하는 것은 배움을 통해 지식을 얻을 수 있다는 뜻으로, 스마트화는 지능화에 비해

17) Vogl et al.(2020), p. 948.

자체적 진보에 초점을 맞추며, 기계학습의 개념을 담고 있음을 알 수 있다. 또한, 사물의 물리적인 동작보다는 지능이 필요한 의사결정에 초점이 맞춰져 있으므로 자동화와 구분된다. 다시 말해, 기계 등 하드웨어보다는 운영 알고리즘이나 소프트웨어에 적용된다. 또한, 단일 장비에 초점을 맞추는 것이 아니기 때문에 자율화와 구분되기도 하며(서정용, 2020)[18], 스마트항만이나 스마트공항 등 시스템 전체로 확장해 개념을 도입하기도 한다.

위와 같은 개념적 차이에 더해, 특정 전자장비나 시스템이 '스마트하다'라는 것은 인터넷으로 연결돼 상호 활용될 수 있음을 의미한다.[19] 이는 일대일 통신에 집중된 피처폰(Feature phone)과 대비돼 카카오톡과 같은 애플리케이션, 인터넷 등을 통해 다수와 통신할 수 있게 한 스마트폰의 기능적 특성을 보여주기도 한다.

〈표 2-1〉 자동화, 지능화, 자율화 및 스마트화 비교

기술 분류	특징
자동화	• 제품이나 서비스를 생산·전달하는 과정에서 사람의 간섭을 최소화 • 기계화와 무인화의 중간 단계
지능화	• 시설이나 장비에 인공적인 지능을 부여하는 포괄적인 행위와 결과 • 기계학습을 포함하는 상위 개념 • 의사결정 과정에서 사람의 간섭을 최소화하는 데 초점을 두며, 결과를 지능적 동작 구현에 활용 가능 • 운영·관리체계나 소프트웨어에 적용
자율화	• 의사결정 과정에서 사람의 간섭을 최소화하는 데 초점을 두며(지능화와 유사), 결과를 동작 구현에 활용 가능 • 개별 장비에 초점을 맞춤
스마트화	• 의사결정 과정에서 사람의 간섭을 최소화하는 데 초점을 두며(지능화, 자율화와 유사), 결과를 동작 구현에 활용 가능 • 배움을 통해 지식을 얻는 학습 기능을 운영 알고리즘이나 소프트웨어에 적용 • 단일 장비 또는 시스템 전체로 확장 가능 • 인터넷을 통해 스마트화가 적용된 객체 간 연결성 강조

자료: 저자 작성

18) 서정용(2020.9.17.), p. 8.
19) Foroudi et al.(2018), p. 271.

앞서 언급한 자동화, 지능화, 자율화와 스마트화의 개념적 유사성과 차이를 〈표 2-1〉와 같이 요약·정리할 수 있다.

제2절 물류 연계 기반 스마트항만 정의

스마트항만에 대한 관심은 2010년대 이후 꾸준히 높아져 왔고, 네덜란드 로테르담항만공사나 독일 함부르크 항만공사 등 항만을 관리하는 기관이나 딜로이트 등 컨설팅 업체, 그리고 Port Technology 등 항만 관련 언론사에서는 스마트항만에 대한 다양한 정의를 직·간접적으로 소개했다. 로테르담항만공사는 'SmartPort'라는 지식 플랫폼을 통해 로테르담항 스마트화를 위해 노력하고 있고, 이들은 에너지와 인프라 측면에서 지속가능성을 확보하며, 디지털화와 자동화를 통해 운송체인 내 항만 물류 효율을 극대화한 항만을 스마트항만으로 보고 있다.[20]

함부르크항만공사는 항만을 이용하는 고객(선사, 육상운송사 등)에게 최상의 물류 서비스를 제공할 뿐 아니라, 항만 인근 지역 주민의 삶의 질을 높이며 지속 가능한 개발을 추구하는 항만을 스마트항만으로 정의했다.[21] 이들이 말하는 최상의 물류 서비스는 정확히 명시되지는 않았으나, 통상적인 기준에 비추어 보면 대기시간을 최소화한 하역 서비스를 의미한다고 볼 수 있다.

세계적인 컨설팅 업체인 딜로이트의 'Deloitte Port Service'는 자원과 공간 제약 아래 생산성, 보안, 안전 수준을 향상하며 지속 가능한 발전을

20) SmartPort(검색일: 2023.4.13)
21) Hamburg Port Authority(검색일: 2023.4.13)

추구하는 항만을 스마트항만으로 정의했다.[22] 항만과 터미널 산업의 현안이나 이슈 등을 제공하는 기업인 'Port Technology International'에서는 자동화, 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 블록체인 등 다양한 혁신 기술을 활용해 성능을 향상시킨 항만으로 정의하면서, 화물 흐름 최적화, 시각화 등을 위해 새로운 기술을 업계에서 채택했음을 강조했다.[23]

학계에서는 스마트항만과 관련해 많은 연구가 수행되고 있으며, 2023년에는 관련 연구를 요약·정리한 문헌 연구(Review paper)가 출판됐다. Belmoukari, Audy & Forget(2023)은 항만을 물류 연결망의 핵심으로 여기며, 체계적 문헌검토(SLR: Systematic Literature Review)를 통해 1,000편 이상의 선행연구를 확인 후, 70편의 핵심 연구를 상세히 검토했다. 이를 통해, 스마트항만의 개념을 비즈니스, 사회, 에너지, 인적자원, 안전, 보안, 운영, 환경 영역 특성을 기반으로 정의하고자 했으며, 이들은 스마트항만을 "연결되고 지속 가능하며 안전하고 자동화된 항만으로, 스마트 인프라와 장비, 숙련된 인력 및 스마트 관리 경험에 의존해 고객만족과 환경 보호, 시민 삶의 질 향상을 향상시키는 항만"으로 정의했다. 즉, 화주나 선사, 운송사 등과 같은 항만물류 이해관계자인 고객뿐 아니라, 환경이나 시민 등 항만 외적 요인의 개선을 함께 고려하는 항만으로 볼 수 있다.

동시에, 이들은 스마트항만의 특성을 〈표 2-2〉의 첫 번째 열과 같이 제시하고, 각각의 특성을 언급한 심화 검토 대상 논문의 수를 두 번째 열과 같이 정리했다. 이를 기반으로, 물류 연계 기반 스마트항만과 연관된 특성을 세 번째 열과 같이 표현할 수 있다.

먼저, 지능형·혁신 인프라, 장비와 기술, 자동화, 안전과 보안은 물류 연계 기반 스마트항만을 구축하기 위한 기술적 선행조건에 해당한다. 연계를

22) Berns et al.(2017), p. 3.
23) Port Technology International(검색일: 2023.4.13)

위한 다양한 이해관계자와의 데이터·정보공유를 위해 센서와 사물인터넷, 인공지능, 빅데이터, 플랫폼 기술 등이 필요하며 업무 프로세스에서의 자동화는 상기한 기술 실현을 더욱 쉽게 할 수 있도록 한다. 안전과 보안은 스마트항만뿐 아니라, 항만이 기본적인 물류기능을 수행하기 위해 달성해야 하는 선행 조건으로 볼 수 있다. 물류 연계에 직접적인 도움을 주기보다는 보이지 않는 영역에서 작동하는 기술이나 개념으로 볼 수 있다. 일상적이면서 일반적인 경우, 안전과 보안은 필요조건이라 생각해 항만 운영 전 이미 확보가 된 것으로 인식할 수 있으며, 스마트항만에서 안전과 보안은 관련 기술이 뒷받침되어야 하므로 본문에서는 기술적 조건으로 구분했다.

거버넌스 및 인적 자원 관리와 이해관계자 협업 및 항만 프로젝트 참여는 스마트항만을 구축하기 위해 선결해야 하는 기술 외적 조건으로 볼 수 있다. 이해관계자는 고객이나 영업 노하우와 관련된 다양한 데이터와 정보를 수집·생성·보유하고, 이를 기반으로 업무를 수행하기 때문에 이해관계자 간 긴밀한 협력이 필수이며, 이러한 협력의 발판은 주로 관련 프로젝트 참여로 마련된다. 또한, 다양한 행위자(이해관계자)가 항만·물류 개선과 같은 공동의 관심사를 다루는 협의체(거버넌스)를 구축해야 중·장기적 관점에서 협력을 이어 나갈 수 있다.

〈표 2-2〉 스마트항만 특성 및 물류 연계와의 관련성

특징	인용(수)	물류 연계 기반 스마트항만 관련성
지능형·혁신 인프라, 장비 및 기술	26	높음(선행)
운영 효율성	18	높음(후행)
친환경성(지속가능성)	16	높음(후행)
자동화	11	높음(선행)
안전과 보안	7	높음(선행)
연결성	7	높음(선행/후행)
거버넌스 및 인적 자원 관리	6	높음(선행)
이해관계자 협업 및 항만 프로젝트 참여	6	높음(선행)

특징	인용(수)	물류 연계 기반 스마트항만 관련성
삶의 질	4	높음(후행)
에너지 효율	3	높음(후행)
항만 간 데이터 교환	3	높음(선행/후행)

자료: Belmoukari, Audy & Forget(2023), p. 9.의 일부(1, 2열)를 추출해 재가공

항만 간 데이터 교환과 연결성은 자체적으로 선행조건임과 동시에, 원활한 물류 연계 이후 따라오는 후행 요소로도 볼 수 있다. 연결성이 보장되지 않은 환경에서는 항만 간 데이터 교환이 일어날 수 없으며, 반대로 성공적인 물류 연계를 달성한 스마트항만은 항만 간 원활한 데이터 교환을 토대로 항만 또는 시설 간, 이해관계자 간 연결성을 확보할 것이다.

운영 효율성, 친환경성, 삶의 질 및 에너지 효율은 물류 연계 기반 스마트항만이 구축된 후 따라오는 후행 요소로 볼 수 있다. 해상-항만-육상물류 연계가 원활할수록 해상, 항만, 육상물류 부문 각각과 이를 연계하는 영역에서 시설이나 장비 운영의 효율성이 향상될 것이다. 예를 들어, 선박 도착이 지연됨을 사전에 파악해 이해관계자들과 공유한다면 그들의 인적·물적 자원이 불필요한 대기 없이 다른 작업에 투입될 수 있고, 이는 물류 전반 운영 효율성을 높인다. 자원 운영 효율성은 에너지 소모를 줄여 궁극적으로 에너지 효율(단위 작업에 필요로 하는 에너지량) 역시 높이는 데 기여한다. 또한, 물류 연계 효율화는 해측에서의 선박이나 육측에서의 트럭 등 항만과 연계해 작업을 수행하는 교통수단의 혼잡 역시 감소시키므로, 이로 인해 배출되는 오염물질 감소와 교통체증 완화를 가져올 수 있다.

〈그림 2-1〉 물류 연계 기반 스마트항만 개념도



자료: 한국해양수산개발원(2023), p. 423.의 삽도 기반 저자 재구성

스마트화 개념과 항만물류 업계와 언론 및 선행연구에서의 스마트항만 정의를 토대로, 본 연구에서는 스마트항만을 “인간과 환경, 항만의 지속 가능한 발전을 위해 스마트화 개념과 이와 관련된 다양한 첨단 기술을 도입한 항만”으로 정의하며, 물류 연계로 그 범위를 한정한다면 “스마트화 개념과 이와 관련된 기술을 기반으로 해상-항만-육상물류의 성공적 연계를 달성하고, 이를 통해 항만과 외적 요인의 성장과 지속가능성을 달성한 항만”을 스마트항만으로 정의한다(그림 2-1).

제3절 국내외 물류 연계 스마트항만 현황 및 사례

스마트항만은 차세대, 4세대 항만으로 10년 남짓의 역사를 가지며,[24] 아직 그 역사기 길다고는 보기 어려워 일부 선진항만을 제외하고 개발계획에 머무르는 사례가 대부분이다. 네덜란드 로테르담항이나 독일 함부르크항, 싱가포르 싱가포르항 등은 선제적으로 스마트항만 구축을 위해 노력했지만, 완성형보다는 현재진행형으로 보는 경우가 많다. 본 절에서는 스마트항만이 다루는 모든 영역이 아닌, 항만 및 연계 물류 부문에 초점을 맞춰 현황과 사례를 살펴본다.

1. 네덜란드 로테르담항

네덜란드 로테르담항은 세계에서 가장 활발히 스마트항만 구축을 추진함과 동시에, 유럽에서 가장 혼잡한 항만 중 하나이며 로테르담항만공사(PoR: Port of Rotterdam)에 의해 관리되고 있다. 로테르담항만공사의 공식 홈페이지에서 'Smart'라는 키워드는 2018년에 처음 등장한 것으로 검색되지만,[25] 그 이전부터 스마트항만과 관련된 다양한 전략과 기술(에너지, 산업, 인프라, 물류 부문 등)을 연구·실증·구현하고 있다.[26]

특히, 'Smart Logistics'라는 대분류 아래 데이터 기반 물류(Data Driven Logistics), 자기 조직화(Self-organization), 스마트 물류(Smart Logistics) 및 지속가능성(Sustainability)을 중분류로 두고 10개의 관련 프로젝트를 수행했거나, 수행하고 있다.[27] 현재 IoT 센서와 인공지능 알고리즘 등을

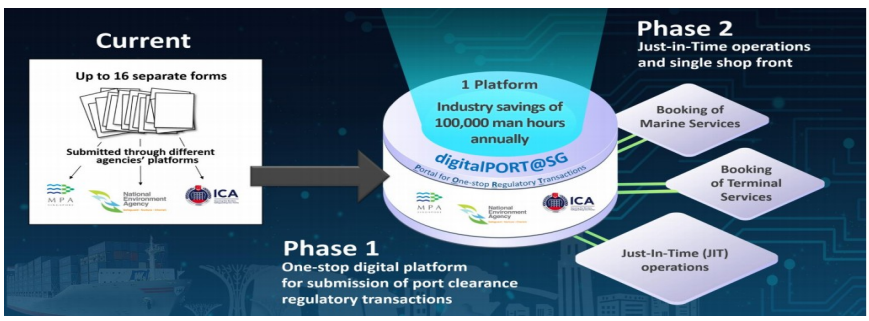
24) Berns et al.(2017), p. 11.
25) Port of Rotterdam(검색일: 2023.4.14)
26) SmartPort(검색일: 2023.4.14)

활용해 선박이나 트럭 등 해상·육상교통과 항만 및 연계 접점에서의 하역을 최적화하고, 오염물질 배출과 에너지 소비를 줄이기 위해 노력하고 있다.[28]

2. 싱가포르 싱가포르항

싱가포르의 싱가포르항은 아시아 대표 환적항으로, 세계에서 물동량이 가장 많은 항만 중 하나이다. 이들은 스마트항만 관련 연구를 활발히 지원하고 있고, 도출된 연구 결과를 "리빙랩(Living Lab)"을 통해 검증한 후, 현장에 도입하고자 한다.[29] 리빙랩은 물리적 공간뿐 아니라 디지털 공간으로 구성되고, 자율 시스템이나 로봇 공학뿐 아니라, 데이터 분석을 위한 지능형 시스템을 핵심 영역 중 하나로 선정했다.[30] 이를 통해 싱가포르항 당국은 데이터 활용을 항만물류를 개선하는 방법으로 여기고 있음을 알 수 있다. 또한, 이는 항만에 국한되지 않고 항만과 인접한 물류 영역에 적용됨을 싱가포르 해양항만청(MPA: Maritime and Port Authority of Singapore) 홈페이지를 통해 보여주고 있다.

〈그림 2-2〉 Maritime Single Window (digitalPORT@SG)



자료: Safety4sea(검색일: 2023.4.14)

27) SmartPort(검색일: 2023.4.10)
28) Port of Rotterdam(검색일: 2023.10.15)
29) MPA Singapore(검색일: 2023.4.14)
30) ibid.

또한, 항만물류 이해관계자들의 원활한 데이터 공유를 위해 “Maritime Single Window (digitalPORT@SG)”라는 플랫폼을 도입·활용하고 있고,[31] 이는 개별 이해관계자의 플랫폼에 제공되는 것을 단일 플랫폼에 제공하도록 함으로써 적시(JIT: Just-in-time) 작업·운영 달성을 지원한다(그림 2-2).

3. 독일 함부르크항

독일 함부르크항은 독일 최대 항만이자, 유럽 주요 항만 중 하나이다. 함부르크항이 언제부터 스마트항만에 관심을 가졌는지 정확한 시작 시점을 특정하기는 어렵다. 다만, 2015년 9월에 발표된 함부르크항만공사 최고경영자(CEO: Chief Executive Officer) Jens Meier의 기고문 「Port of Hamburg: smartPORT」를 토대로 짐작하면, 2010년대 중반 이전에 에너지와 물류 측면에서 스마트항만에 관해 관심을 가진 것으로 보인다.

항만 본연의 물류 측면에서는 증가하는 물동량과 이로 인해 파생되는 해상-육상 교통량, 그리고 공급망에서 중요한 연결고리 역할을 수행하는 항만의 기능적 특성을 고려해야 한다고 판단했고, 데이터·정보흐름을 최적화해 물류 전반을 효율적으로 관리해야 한다고 여겼다.[32] 또한, 항만을 첨단기술의 시험장으로 인식하며 디지털 트윈 등 다양한 기술을 시험·도입하고 있다.[33]

31) Ship Technology(검색일: 2023.4.14)
32) Meier(2015), p. 2.
33) Hamburg News(검색일: 2023.4.14)

4. 미국 로스앤젤레스항

미국 로스앤젤레스(Los Angeles)항은 미국 서부 주요 관문 항만이다. 이들의 스마트화 역시 자동화 등과 병행되고 있지만, 물류적 측면에서는 디지털 플랫폼인 "Port Optimizer"를 통해 스마트화를 진행하고 있다.[34] 이는 항만에 국한된 것이 아니라 공급망 전반으로의 화물 이동에 대해 실시간 가시성을 제공하고, 물류 연계 지점에서 발생할 수 있는 혼잡과 지연을 줄이는 데 도움을 줄 수 있다. 클라우드 기반 솔루션으로, 데이터를 통합하고 기계학습 등을 통해 데이터를 처리하며, 이를 통해 항만 성능을 극대화하도록 한다.[35]

5. 우리나라 항만

우리나라의 경우, 해양수산부와 항만공사 주도로 스마트항만 구축이 수행되고 있으나, 대부분 계획 단계에 머무르고 있다. 2018년 3월 27일, 해양수산부 항만개발과와 한국해양수산개발원은 스마트 자동화 항만 구축을 위한 논의의 장을 마련했다.[36] 비록 진정한 의미의 스마트항만이라고는 볼 수 없으나, 스마트항만이라는 키워드가 공식적으로 언급된 것에서 의의를 찾을 수 있다. 이후, 2019년부터 2020년까지 「스마트 육상-해상물류 연계 효율화 방안 연구」가 수행되며 항만을 중심으로 한 물류 연계에 대한 관심이 높아졌다. 해당 연구에서는 연계 부문별, 그리고 이해관계자 간 데이터와 정보 공유 미흡으로 인해 연계 접점에서 대기가 발생한다고 언급했고, 이를 해결하는 것이 시급함을 강조했다.[37]

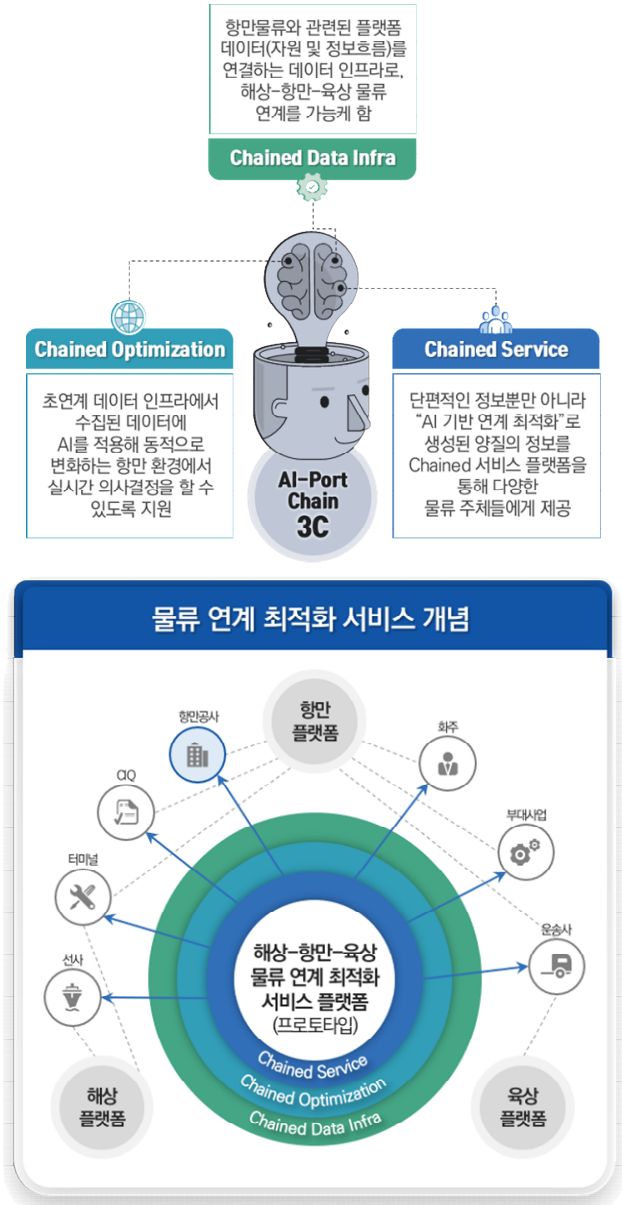
34) Port of Los Angeles(검색일: 2023.4.14)
35) ibid.
36) 해양수산부 보도자료(2018.3.27.)(검색일: 2023.4.14.)
37) 이언경 외(2020b), p. 13, 26, 72, 86, 122, 125, 126, 136, 151, 152.

해양수산부는 지난 2021년 1월 한국개발연구원에서 발간하는 경제정책 해설을 통해 2030년 한국형 스마트항만을 본격적으로 운영하겠다는 포부를 밝혔다. 2026년까지 광양항에 약 5,940억 원 규모의 자동화 테스트베드를 구축하고, 다양한 연구개발사업을 통해 항만 자동화와 관련된 핵심 기술을 국산화하며 테스트베드에서의 검증을 통해 2030년 개장 예정인 진해신항에 도입한다는 복안이다.[38] 다만, 이러한 접근은 국외에서 정의한 스마트항만에 비해 자동화에 초점을 맞추고 있다는 점에서 차이가 있다.

2022년부터 4년간 해양수산부 스마트해운물류팀과 한국해양수산개발원, 부산대학교, 선박해양플랜트연구소 등 기관이 협력해 「해운-항만-운송기업 간 물류 연계 최적화 서비스 개발사업」을 수행하고 있다.[39] 동 사업은 항만과는 연결됐지만 상호 파편화된 데이터 플랫폼 간 연계를 통해 인공지능 기반의 연계 물류 최적화 서비스를 개발하는 것을 목적으로 한다. 파편화된 플랫폼이란 기상 등 공공 플랫폼을 포함해 운영사의 터미널운영시스템, 선사 내 데이터 시스템, 항만공사의 자체 플랫폼, KL-Net 등 이해관계자별 운영하는 시스템이나 플랫폼을 의미한다.

38) 김명진(2021), pp. 50-51.
39) 기획 및 1차년도 협약 이후, 「수출입 물류 항만-내륙연계 기술개발 사업」으로 명칭 변경

〈그림 2-3〉「해운-항만-운송기업 간 물류연계 최적화 서비스 개발사업」 구조



자료: 이한진(2023), p. 5.

해당 사업은 본 연구에서 강조하는 물류 연계 기반의 스마트항만 구축을 추구하는 연구개발사업으로 세 개의 사업내역으로 구성된다. 1내역은 'Chained Data Infra'의 개념 아래 데이터 수집을 위한 항만·물류 이해관계자 거버넌스를 구축·운영하고, 이해관계자 또는 기존 플랫폼을 통해 데이터를 수집하는 플랫폼을 개발하며 물류 연계 이후 업무 프로세스 및 연계를 위한 정책을 제시한다. 2내역은 수집된 데이터를 활용해 실시간 의사결정을 지원하는 인공지능 알고리즘을 개발한다. 이는 동적으로 변화하는 항만 환경에 적합한 정보(예: 선박 도착예정시간)를 더욱 정확하게 생성해 이해관계자를 지원한다. 3내역은 수집된 데이터와 가공된 정보를 기반으로, 항만·물류 이해관계자에게 제공할 서비스를 개발한다(표 2-3).

〈표 2-3〉 개발 예정 물류 연계 10대 서비스

관련 인공지능 기술(2내역)	서비스 명(3내역)
-	작업 포트콜 정보 공유 서비스
-	스마트 언택트 입출항 서비스
딥러닝 기반 선박 ETA/RTA, ETD/RTD 예측 및 기항 최적화	선박 운항정보 서비스
	선석 운영정보 서비스
	안벽크레인 생산성 예측 서비스
인공지능 기반 항만운영 예측 최적화	수출 컨테이너 적재 위치선정 서비스
	수입 컨테이너 적재 위치선정 서비스
	YT 최적 작업할당 서비스
인공지능 기반 항만 연계운송 최적화	운송관리 지원 서비스
	운전자 지원 서비스

자료: 이한진(2023), p. 10.을 기반으로 저자 수정

상기한 연구개발사업은 해상-항만-육상물류 연계 효율화와 이에 따른 스마트항만 구축과 밀접한 관련이 있지만, 동 사업은 항만 등 인프라 개발이 아닌 연구개발사업이므로 사업이 종료되는 2025년 말에도 스마트항만 구축이 완료된다고는 보기 어렵다.

가장 적극적으로 스마트화 사업을 수행 중인 부산항은 부산항만공사 주도로 스마트화가 계획 및 진행되고 있다. 항만 내에서 활용하는 하역장비의 자동화를 시작으로,[40][41] 2022년 4월 항만 운영에 초점을 두고 디지털 트윈과 5세대(5G) 통신기술을 접목한 스마트항만 물류 플랫폼 고도화사업 협약을 체결했다. 동 사업을 통해 선박 대기시간을 35%, 연료 소모량을 27% 감소할 수 있을 것으로 기대했다.[42] 2022년 7월 강준석 사장은 부산항의 스마트·친환경 구축을 목표로 하는 세부 과업을 제시했다(표 2-4). 내용을 살펴보면 물류 연계에 대한 과업도 일부 있으나, 대부분은 자동화·친환경화에 초점을 두고 있음을 알 수 있다.[43][44]

〈표 2-4〉 스마트·친환경 항만 전환을 위한 세부 과업(부산항만공사)

세부 과업 설명	단계	구분
남컨 2-4단계 3선석 개장	완료	항만 개발
서컨 2-5단계 개장	완료	
서컨 2-6단계 개장	예정('26년)	
진해신항	예정('30년 이후)	
저속운항해역 인센티브 제공(매년 15억 원)	완료	친환경
육상전원공급설비 20개소 설치(210억 원)	완료	
야드트랙터 동력 LNG 화(216억 원)	완료	
야드크레인 배기가스 저감장치 부착	완료	
LNG-하이브리드 스트래들캐리어 2기 개발	현장 테스트 완료	
자동화 도입 및 안전관리체계 구축	계획	자동화 / 안전
복합물류항만 육성	계획	물류 연계

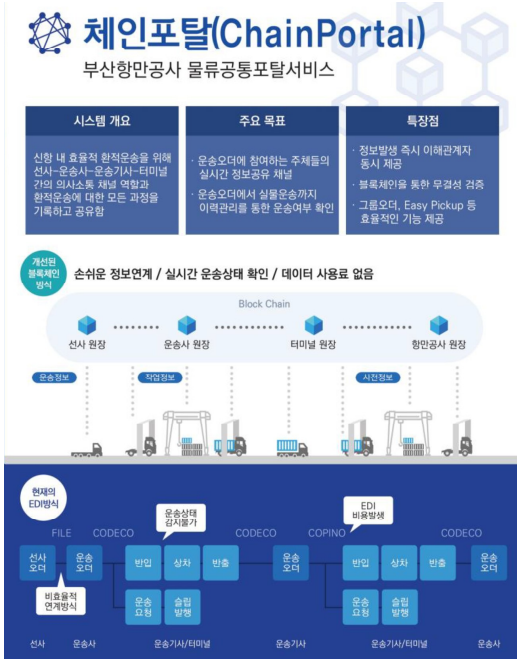
자료: 현대해양(검색일: 2023.4.15.), BBS News(검색일: 2023.4.15.)를 기반으로 저자 정리

2022년 8월에는 부산항 물류 관계기관 및 단체와 '체인포탈'이라는 항만물류 플랫폼 활성화를 위한 업무협약을 체결했다.[45] 터미널운영과 육상

40) 국제신문(검색일: 2023.4.14.)
41) 국제신문(검색일: 2023.4.15.)
42) 세이프타임즈(검색일: 2023.4.15.)
43) 현대해양(검색일: 2023.4.15.)
44) BBS News(검색일: 2023.4.15.)

운송 이해관계자가 협약에 참여했고, 본 협약을 통해 컨테이너 반출입 예약시스템과 환적운송 시스템(TSS: Transshipment Shuttle System), 통합 정보조회 등을 통해 항만·물류 업무 전반의 효율을 높이고자 한다(그림 2-5). 반출입 예약시스템은 외부트럭이 터미널에 도착하기 전 반출입할 화물과 시간대를 예약할 수 있는 시스템으로 트럭 대기시간을 줄이는데 도움을 주며,[46] 환적운송 시스템은 여러 차량과 컨테이너를 묶어 우선순위를 조정하고 배차를 자동화한다.[47] 궁극적으로 항만과 육상물류 연계, 그리고 이에 영향을 받는 항만-해상물류 연계, 부가적인 항만 간 물류 연계를 개선하기 위한 노력으로 볼 수 있다.

〈그림 2-4〉 체인포탈 개념도



자료: 부산항만공사(2020), p. 1.

45) 연합뉴스(검색일: 2023.4.15.)
46) 물류신문(검색일: 2023.4.17.)
47) 연합뉴스(검색일: 2023.4.17.)

인천항만공사의 경우, 제한적이지만 물류 연계 기반의 스마트항만 구축을 위한 사업을 2020년 착수해 2024년 12월 종료 예정이다.[48] 동 사업의 목적은 항만 주체별 개별 시스템 운영으로 인해 정보연계가 힘든 현실을 이해하고, 클라우드 기반의 이종(異種) 시스템을 연계해 물류 효율성을 향상시키는 것이다. 동시에, 자동화 기술을 터미널 운영 전반으로 확장하고자 하는 노력 또한 지속하고 있다.[49]

여수광양항만공사의 경우, 광양항 자동화항만 테스트베드 구축사업을 통해 2026년까지 약 6,915억 원을 투입할 계획을 밝혔고, 이와 함께 스마트항만 개발을 위한 노력을 지속하고 있다.[50] 물류 연계보다는 탄소중립, 그리고 국내 기술 중심의 자동화 장비와 시스템을 연구개발하는데 초점을 맞추고 있다.

제4절 물류 연계 기반 국내 스마트항만 구축 문제점

상기한 스마트항만 구축과 관련한 국내외 사례를 보면, 국내와 국외의 계획·개발 방향이 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 우리나라의 경우, 아직까지는 자동화에 초점이 맞춰져 있지만, 국외는 디지털화, 그리고 이를 기반으로 한 연계 스마트화에 초점이 맞춰져 있음을 알 수 있다. 이미 수십년 동안 자동화를 경험하며 노하우를 쌓은 국외 선진항만은 항만 자체의 생산성을 개선하기보다는 데이터·정보연계를 통한 물류 연계를 최적화하고, 이를 물류 분야에서의 스마트화로 바라보고 있음을 파악할 수 있다.

48) 인천항만공사 보도자료(2020.5.21.)(검색일: 2023.4.17.)
49) 동아일보(검색일: 2023.4.17.)
50) 여수광양항만공사 보도자료(2021.11.26.)(검색일: 2023.4.17.)

본 절에서는 국외 물류 연계 기반의 스마트항만에서 궁극적으로 개선하고자 하는 문제를 정확히 이해하고, 이를 발생시키는 원인, 그리고 해결하기 위한 개선 방향과 개선 방향 전반을 다룰 수 있는 방안을 연구진 브레인스토밍과 전문가 자문을 통해 도출한다.

1. 해상-항만물류 연계

해상-항만물류 연계에서의 핵심은 동기화(Synchronisation)이다. 동기화 수준이 높은 해상-항만물류 연계에서는 선박과 항만 내 자원이 서로를 기다리지 않고 원활히 화물을 주고받게 된다. 일반적으로, 선박이 고객의 입장이기 때문에, 선박의 대기가 최소화된 환경을 추구하게 된다.

이러한 선박이 대기하는 원인은 터미널 외부와 터미널 내부에서 찾을 수 있고, 내부와 외부 각 영역에서는 문제 원인을 보다 상세히 나타낼 수 있다. 문제 원인은 상호 연관성이 있기 때문에 완전한 독립성을 보장하지 않지만, 문제를 해결하는 관점에서는 구분하는 것이 필요하다.

먼저, 터미널 외부에서는 선박의 입항 척수가 대기를 발생시키는 주요 원인 중 하나가 될 수 있다. 부산항 신항 1, 2, 3, 4, 5부두의 선석 총 20개를 대상으로 선석점유율을 60%로 가정하면, 선석당 약 연간 286척, 일간 1.3척이 접안하므로,[51] 입항 척수 자체는 문제 원인으로 보기 어렵다.

51) 엔지엘(주) 전용식 이사(2023.7.10., 대한민국 부산)

〈표 2-5〉 부산항 신항 5개 부두의 연도별 입항 척수(2020~2022년)

연도	전체		외항				내항	
			자국선		외국선			
	척수	GT	척수	GT	척수	GT	척수	GT
2020	5,923	409,459,026	134	6,589,586	5,137	402,442,166	652	427,274
2021	5,357	363,465,658	120	8,960,160	4,535	354,034,620	702	470,878
2022	5,860	366,570,244	209	13,848,491	4,633	351,950,599	1,018	771,154
평균	5,713	379,831,643	154	9,799,412	4,768	369,475,795	791	556,435

자료: 엔지엘(주) 전용식 이사(2023.7.10., 대한민국 부산)

다만, 장래에 입항 척수가 급격히 증가하는 경우에는 물리적으로 항만시설을 확충하는 방안을 일차적으로 고려할 수 있다. 이는 매우 높은 수준의 초기투자비용을 유발하므로, 터미널에서 선석스케줄을 조정하거나, 첨단기술 도입을 통해 안벽생산성을 향상시켜 서비스시간을 단축시킬 수 있다.

다음으로, 터미널 외부에서의 또 다른 선박 대기의 원인은 기상악화로 볼 수 있다. 예를 들어, 이전 기항지의 기상 문제로 항만이 일시적으로 폐쇄되거나, 대기선박을 일정한 시간 내에 처리하기 위해 선석 혼잡이 발생하게 돼 입출항이 지연될 수 있다. 입항과 접안이 지연될 경우 화주와 계약한 시간 내에 화물을 목적지까지 전달하기 어려운 상황이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 화물 목적지까지 가는 항로에 배정된 선박의 여유공간을 확인해 예약해야 하며, 이는 데이터·정보공유 플랫폼 도입을 통해 해결할 수 있는 문제의 원인으로 볼 수 있다.

터미널 내부에서는 선석점유율이 선박 대기를 발생시키는 원인이 될 수 있다. 다시 말해, 터미널이 가진 선석 및 안벽 생산성 이상으로 선박이 입출항할 경우 선석점유율이 증가해 대기가 발생할 확률이 높아지게 된다. 대기행렬이론에 따라 선박의 도착 분포와 안벽(또는 부두)에서의 서비스시간을 고려하면 선석점유율을 계산할 수 있다. 선박 대기가 심화되는 상황에 직면하면 추가 시설 도입을 검토해야 한다.

선석점유율에 의한 선박 대기를 감소시키기 위해서는 데이터·정보공유에 따른 전환배치가 고려될 수 있다. 가령, A터미널로 입항하기로 한 선박이 A터미널의 높은 선석점유율로 인해 대기 또는 체선이 발생할 수 있는 경우 A터미널 내 타 선석 또는 필요에 따라 타 터미널로 전환배치 할 수 있다. 전자의 경우, 같은 터미널 내에서 일어나므로 별도의 데이터·정보공유 체계가 필요하지 않지만, 후자의 경우 데이터·정보공유의 효율성을 위해 플랫폼 도입이 검토될 수 있다.

선석 서비스시간 역시 터미널 내부로부터 발생하는 선박 대기 원인 중 하나로 볼 수 있다. 선석 서비스시간은 선박이 하역작업을 수행하기 위해 터미널에 접안한 시간으로, 안벽생산성과 관련이 깊다. 안벽생산성은 투입되는 장비와 사양, 수량에 영향을 받게 된다. 즉, 이미 장비를 준비한 터미널 입장에서는 안벽크레인 등 양하·적하 장비를 추가로 투입하거나, 양하·적하 물량을 후방에서 처리하는 이송 장비를 추가 투입함으로써 선박 대기의 원인을 제거할 수 있다.

터미널 내부에서 기인하는 선박 대기의 또 다른 원인은 컨테이너 장치율이다. 컨테이너 장치율이 높은 경우, 장치장에서 컨테이너를 반출할 때 재작업(Re-handling) 횟수가 늘어나고, 양하·적하 또는 반입·반출 작업을 위한 계획적인 장치작업을 수행하기 어렵게 된다. 이를 해결하기 위해 장치율이 일정 수준으로 올라가면 운송사에 관련 정보를 전달하며 반입을 제한하거나 공공장치장에 공 컨테이너를 반입하게 함으로써 적 컨테이너 장치능력을 확대해 장치율을 적정 수준으로 조율할 수 있다. 데이터·정보공유 플랫폼은 첫 번째 해결방안에 이바지할 수 있다.

이를 요약하면 〈표 2-6〉와 같이 나타낼 수 있다.

〈표 2-6〉 해상-항만물류 연계에서의 문제 및 개선 방향

내/외부	선박 대기 원인	개선 방향	플랫폼 적용 가능성
외부	높은 입항 선박 척수	인프라·시설 확충	낮음
	악기상으로 인한 도착 지연	동일 항로 추가 선복 예약	높음
내부	높은 선석점유율	전환배치	높음(터미널 간)
	낮은 선석 서비스시간	하역·이송 장비 추가 투입	낮음
	높은 컨테이너 장치율	운송사와 정보 공유 및 반입 제한	높음

자료: 저자 작성

2. 항만-육상물류 연계

육상-항만물류 연계에서의 핵심 역시 동기화로 볼 수 있다. 외부트럭과 같은 외부교통수단과 항만 내 자원이 서로를 기다리지 않고 원활히 화물을 주고받는 상태를 항만-육상물류 동기화가 원활하다고 한다. 외부트럭 입장에서는 항만에 컨테이너를 반입하거나, 항만으로부터 컨테이너를 반출하기 때문에, 반출입작업에서의 외부트럭 대기를 최소화하는 것이 핵심이다.

터미널 외부에서는 특정 시간대에 반출입 물량이 집중되는 수요집중 현상이 외부트럭 대기를 발생시키는 주요 원인 중 하나가 될 수 있다. 운송사는 화주의 요청에 따라 공장 운영시간에 맞춰 터미널에서 공장으로, 또는 공장에서 터미널로 화물을 운반한다. 때문에, 일반적인 업무시간인 오전 9시부터 오후 6시까지 반출입 운송이 집중되며, 이러한 물량 처리로 인해 터미널은 오후 9시에서 10시까지 내부 정체가 유발된다.

이를 개선하기 위해 반출입 시간대를 예약하는 반출입 예약시스템 등을 통해 특정 시간대에 집중되는 반출입 물량을 적절히 분산할 필요가 있다. 예약제가 활성화되면 항만과 인접한 배후단지의 반출입 물량은 혼잡하지 않은 시간대에 작업을 요청할 수 있다. 또한, 복화운송을 확대함으로써 공차상태를 방지해 반출입을 위한 교통량을 줄여야 한다. 이와 같은 해법은 데이터·정보공유 플랫폼과 맞물려 적용될 수 있다.

또한, 터미널 외부에서의 또 다른 외부트럭 대기 원인은 화물연대 파업 등으로 인한 반출량 감소이다. 화물연대 파업 시, 게이트를 통한 반출입 작업이 어렵고 선박을 통해서 양하·적하되는 물량과 터미널 간 환적 물량만이 터미널 장치율에 영향을 주게 된다. 게이트를 통해서 화물이 적절히 반출되지 않으면, 양하된 물량이 점차 누적되기 때문에, 장치율이 높아지게 된다. 이를 개선하기 위한 근본적인 해법은 화물연대의 파업 발생을 줄이거나, 파업기간을 단축하는 것이다. 동시에, 터미널 내부 게이트를 활용해 환적물량을 이송하거나, 혼잡한 터미널의 물량을 분산함으로써 해결할 수 있다. 후자의 경우, 터미널 간 데이터·정보를 공유해 적용될 수 있다.

터미널 내부에서는 본선작업의 우선권이 외부트럭 대기를 발생시키는 원인으로 볼 수 있다. 터미널 장치장의 작업 우선순위는 일반적으로 본선작업, 세관작업, 적 컨테이너 상차 및 하차작업, 이적작업, 공 컨테이너 상차 및 하차작업 순으로 진행된다. 본선작업이 진행되는 경우 상대적으로 순위가 낮은 적 컨테이너 상차 및 하차작업에 투입되는 외부트럭 대기시간은 길어지게 된다. 이를 개선하기 위해서는 외부트럭을 통해 반입되는 물량에 대해 본선작업이 적거나 대기하는 차량의 수가 적은 야드블록으로 차량을 분산 배치해야 한다.

외부트럭 도착시간을 미리 알 수 없을 뿐 아니라, 선입선출(FIFO: First-in-first-out)로 인한 재작업 발생 역시 터미널 내부로부터 발생하는 외부트럭 대기의 원인 중 하나로 볼 수 있다. 외부트럭은 블록별 선입선출 방식으로 상차와 하차 작업이 진행되므로, 반출 컨테이너의 적재 위치에 따라 재작업이 발생할 수 있다.

만약, 차량의 도착시간이나 순서를 알 수 있다면 터미널에서는 반출 대상 컨테이너의 상단 적재를 회피하거나, 목적 컨테이너의 차량도착 시점 전에 상단 컨테이너를 재작업할 수 있다. 냉동 컨테이너의 경우 플러그 아웃

작업까지 사전에 수행할 수 있다. 이 작업은 터미널에 따라 차이가 있으나, 보통 작업 주기가 1~2시간 소요되며, 때에 따라 외부트럭이 1시간 이상 대기할 수 있다.[52] 즉, 외부트럭 도착시간이나 순서를 데이터·정보공유플랫폼을 통해 확인할 수 있다면, 외부트럭 대기를 감소시킬 수 있을 것이다.

이를 요약하면 〈표 2-7〉와 같이 나타낼 수 있다.

〈표 2-7〉 육상-항만물류 연계에서의 문제 및 개선 방향

내/외부	외부트럭 대기 원인	개선 방향	플랫폼 적용 가능성
외부	시간대별 반출입 수요 편차	VBS 활용 및 복화운송 확대	높음
	파업 등으로 인한 반출 감소	파업 감소	낮음
		터미널 간 물량 분산	높음(터미널 간)
내부	본선작업 우선	블록 간 물량 분산 배치	낮음
	도착시간 정보 부재	VBS 활용	높음
	선입선출		

자료: 저자 작성

제5절 소결

스마트화 자체는 의사결정 과정에서 사람의 간섭을 최소화하고 시스템적 관점에서 스스로를 개선할 수 있는, 동시에 객체 간 연결성을 강조하는 개념으로 볼 수 있다. 이에 따라 스마트항만은 첨단기술을 활용해 스스로를 발전시키고, 인간이나 환경과 같은 외적 요소를 고려하는 항만으로 정의될 수 있다. 물류 연계에 한정한다면, "상기한 스마트화 개념, 그리고 스마트화 관련 기술을 활용해 항만을 중심으로 한 해상과 육상물류와의 연계를 원활히 하고, 이를 통해 항만 자체적인 생산성뿐 아니라, 외부 환경과의 지속 가능한 성장을 추구하는 항만"을 스마트항만으로 정의할 수 있다.

52) 엔지엘(주) 전용식 이사(2023.7.10., 대한민국 부산)

앞서 살펴본 국외 스마트항만 계획과 구축 사례를 종합하면, 물류 측면에서 공통점을 발견할 수 있다. 이들은 다양한 첨단기술을 기반으로 과거에 비해 데이터를 더욱 적극적으로 활용하고, 이를 통해 운영 최적화를 달성하고자 한다. 센서와 이를 기반으로 한 사물인터넷 기술을 활용해 기존에는 수집이 불가능했던 실시간·상세 데이터를 수집하고, 빅데이터와 인공지능 기술을 활용해 이를 가공·정보화한다. 또한, 플랫폼과 통신기술을 통해 이해관계자 간 정보를 공유함으로써 원활한 물류 연계를 위한 협업이 가능하도록 업무 환경을 구축하고 있다. 데이터·정보·물류 연계 부문에서는 선박과 트럭대기시간[53], 그리고 항만에서의 화물처리를 위한 대기시간 등이 감소함으로써 스마트화로의 편익을 누릴 수 있음을 강조했다.[54]

이에 반해, 국내 스마트항만 구축 계획이나 사례를 보면, 우리나라에서 추진된 항만 스마트화 사업이 대부분 자동화 사업에 가깝고 진정한 의미의 스마트화 사업은 최근들어 수행되고 있음을 알 수 있다. 특히, 스마트항만의 핵심 요소로 볼 수 있는 물류 연계 부문에서는 2019년 해양수산부에서 발주한 「스마트 육상-해상물류 연계 효율화 방안 연구」를 시작으로 관련 용역과 연구개발사업이 추진돼 항만·물류 데이터·정보공유 플랫폼이 연구되고 있고, 부산항만공사의 체인포탈 사업이 추진되며 물류 및 연계 물류 정보화와 플랫폼의 중요성이 강조된 것으로 보인다.

이와 같은 데이터·정보공유 플랫폼은 결국 정보화(정보공유)를 통해 항만 물류 이해관계자이자 주요 고객(선사, 운송사)이 직접적으로 얽혀있는 해상-항만-육상물류 현안을 해결하기 위함이며, 현안은 해상-항만물류 연계에서의 선박 대기, 그리고 항만-육상물류 연계에서의 외부트럭 대기로 볼 수 있다. 각 운송수단의 대기 원인은 내부와 외부로 구성되며, 모든 원인을 해결할 수는 없으나 동 플랫폼 도입은 상당수의 문제를 해결하는데 도움을

53) 턴타임(Turnaround time)으로도 볼 수 있음
54) UNESCAP(2021), p. 25, 30, 71.

줄 것으로 보인다(표 2-6, 표 2-7).

상기한 두 개의 표는 항만으로 화물을 운송하는 교통수단의 대기가 어떤 이유로 발생하고, 그 해법과 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼의 유효성을 제시하지만, 어느 정도의 비용과 편익을 가져올지 분석된 예가 거의 없다. 또한, 플랫폼을 안정적으로 항만물류 현장에 도입·활용하는 과정에서 어떤 애로사항이 존재하고, 이를 해결하기 위한 정책대안과 상세한 이행방안이 소개된 연구 또한 찾아보기 어렵다. 이에 따라, 본 연구의 제3장에서는 해상-항만-육상물류 연계 효과를 정량적으로 분석하고, 제4장에서는 애로사항을 기반으로 정책과제 후보군을 도출하고, 이들을 통폐합 및 연계해 최종적인 정책과제와 상세 이행방안을 도출하며, 이에 따른 기대효과를 분석·제시한다.

03
해상-항만-육상물류 연계 효과 분석

본 장에서는 해상-항만-육상물류 연계 효과를 파악하기 위해 비용-편익분석을 수행한다. 비용은 어떤 행위를 위해 수반되는 사업비용으로, 일반적으로 초기투자비와 유지관리비로 구분된다. 효과는 어떤 행위의 결과로 도출된 양적 요인이며, 이를 계량화·화폐가치화 한 것을 편익이라 한다. 모든 효과를 계량화할 수 없기 때문에, 「공공교통시설 개발사업 투자평가지침(제7차 개정)」에서도 계량화가 가능한 편익만을 고려해 비용-편익분석에 활용하고 있다.

앞선 절에서 물류 연계 기반 스마트항만 구축을 위해서는 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼 도입이 해법임을 설명했다. 이는 해상-항만물류 연계에서 발생하는 선박 대기와 항만-육상물류 연계에서 발생하는 외부트럭 대기를 해결하는데 직·간접적 도움을 주기 때문이다. 플랫폼 관련 비용항목은 「공공교통시설 개발사업 투자평가지침(제7차 개정)」에 자세히 언급되지 않지만, 한국소프트웨어산업협회에서 발간한 「SW사업 대가산정 가이드」를 통해 파악이 가능하다.

본 절에서는 물류 연계 기반의 스마트항만 구축을 위해 필요한 데이터·정보공유 플랫폼의 비용-편익를 분석하고, 분석 결과를 소개한다. 비용의 경우, 실제 플랫폼 개발을 전제로 물류시스템 개발 전문가 자문을 통해 항목과 수치를 검증받았다. 편익의 경우, 선행연구를 기반으로 편익항목과 크기를 도출한 후, 이를 전문가 자문을 통해 객관성을 확보했다.

제1절 물류 연계 비용 파악

본 연구에서의 물류 연계 비용은 스마트항만을 달성하기 위해 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼을 구축하기 위한 비용이다. 비용항목 선정의 객관성을 위해 「공공교통시설 개발사업 투자평가지침(제7차 개정)」과 「SW사업 대가산정 가이드」를 참고했다. 먼저, 「공공교통시설 개발사업 투자평가지침(제7차 개정)」에는 공항이나 항만, 물류 관련 시설 등을 건설할 때 고려되는 토목, 시설 등 비용을 소개하므로, 물류 연계 기반의 스마트항만 구축과 관련된 비용항목을 찾기 어렵다(표 3-1).

〈표 3-1〉 투자평가지침 내 교통투자사업 시 비용 유형

사업비 항목				사업비 내용
총사업비	건설비	직접공사비	토목	• 교통시설의 기초 토목공사 및 구조물
			건축	• 정거장, 휴게소, 영업소 등 교통관련 건축시설
			시설, 설비	• 부문별 교통시설의 설비 구입 및 설치비
			시스템	• 교통시설 운영 및 관리를 위한 시스템
		간접공사비		• 설계비, 감리비, 조사비, 측량비
				• 간접노무비 및 보험료, 예비비
		보상비	용지매입비	• 사업구간 용지매입에 소요되는 비용
			주요보상비	• 지장물 보상비, 지하보상비, 어업보상비 • 기타 관계법령에 의한 보상항목
	유지관리비	시설운영비		• 시설운영 인건비 및 경비 • 운영시설(차량, 시스템) 대체비
		유지보수비		• 관련시설 유지보수비 및 개량비 • 시스템 보수 및 교체비

자료: 국토교통부(2022), p. 321.

〈표 3-2〉 SW사업 대가산정 가이드 내 비용 구성

구분	핵심요소	비용 구성
정보전략계획 (ISP: Information Strategy Planning) 수립비	컨설팅업무량	• 컨설팅대가 = 컨설팅업무량 x 단가 • 직접경비
	투입공수	• 직접인건비 • 직접경비
		• 제경비 = 직접인건비의 140%~150%
		• 기술료 = (직접인건비 + 제경비)의 20%~40%
ISP 및 업무재설계 / 전사적아키텍처 / ISMP / 정보보안컨설팅 수립비	컨설팅업무량	• 컨설팅대가 = 컨설팅업무량 * 단가 • 직접경비
	투입공수	• 직접인건비 • 직접경비
		• 제경비 = 직접인건비의 140%~150%
		• 기술료 = (직접인건비 + 제경비)의 20%~40%
SW 개발비	기능점수	• 개발원가 • 이윤 = 개발원가 x 25% 이내
		• 직접경비: 시스템사용료, 개발도구 사용료 등
요율제 유지관리비	유지관리 총점수	• 소프트웨어 개발비 재산정가 x 유지관리 난이도(%)
		• 직접경비
상용SW 유지관리비	등급별 요율	• 최초 Licence 구매 계약 금액 x 등급별 유지관리요율
공개SW 유지관리비	정액제	• 대상 공개SW 유지관리 유사거래 실례가격, 견적가 순으로 우선 적용 및 산정
보안성 지속 서비스비	서비스 항목, 요율	• 최초 제품 구매 계약 금액 x 서비스 요율(%)
투입공수방식 운영비	투입공수	• 직접인건비 • 제경비 = 직접인건비의 140%~150%
		• 기술료 = (직접인건비 + 제경비)의 20%~40%
		• 직접경비
보안관제 서비스비	투입공수	• 직접인건비 • 제경비 = 직접인건비의 140%~150%
		• 기술료 = (직접인건비 + 제경비)의 20%~40%
		• 직접경비
고정비/변동비 방식의 유지관리 및 운영비	기능점수, 투입공수	• 변동비 산정(재개발대가) • 직접경비
		• 고정비 산정(투입공수방식 운영비)
SLA[55] 기반 유지관리 및 운영비 정산법	서비스 항목. 보상/제재 비율	• 서비스 측정 • 서비스 평가
		• 보상/제재 비율에 따른 사후정산
소프트웨어 재개발비	재개발 기능점수	• 재개발원가 • 이윤 = 재개발원가 x 25% 이내
		• 직접경비: 시스템사용료, 개발도구 사용료 등

자료: 한국소프트웨어산업협회(2022), p. 15.

투자평가지침 내 교통투자사업 시 비용 유형에서, 건설비에서의 직접공사비 내 시스템 항목, 유지관리비의 유지보수비 내 시스템 보수 및 교체비 등을 고려할 수는 있으나, 건설 사업을 중점적으로 분석하는 동 지침의 특성상 관련 내용은 매우 간략히 언급된다. 예를 들어, "유지관리비는 공사비의 2%를 적용한다." 등 간단한 수치를 적용한다.[56] 즉, 동 지침을 본 연구에 활용하는 것은 적절하지 않다고 판단했다.

이에 반해, 「SW사업 대가산정 가이드」는 소프트웨어사업을 대상으로 한 가이드라인이기 때문에, 본 가이드에 설명된 비용항목을 참고하는 것이 플랫폼 사업에서는 더 바람직하며, 동 가이드에서 언급한 주요 비용구성은 〈표 3-2〉와 같다. 총 15개의 비용 항목 아래 37개의 세부 비용이 존재한다. 이 중, 적절한 항목과 세부 비용항목을 선정해 분석을 진행해야 한다. 비용 상당수가 직접인건비와 제경비 일정 비율을 기준으로 책정되며, 이는 현실에서 여러 요인에 따라 달라질 수 있다. 하지만, 본 연구에서는 한국소프트웨어산업협회에서 제시한 비율을 참고한다.

본 연구에서는 연구진 브레인스토밍을 통해 비용 및 세부 비용항목을 1차로 도출하고, 항만·물류 정보시스템 및 소프트웨어 전문가 자문 및 검토 회의를 거쳐 최종적인 비용항목을 도출했다(표 3-3).

55) 서비스 수준 협약(SLA: Service Level Agreement)
56) 국토교통부(2022), p. 390.

〈표 3-3〉 항만물류 데이터·정보 공유 플랫폼 계획·개발 비용항목

구분	핵심 요소	비용 구성
물류 연계 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출	• 물류 정보원 분석 및 정의 • 물류 이벤트 정의 • 물류 정보 표준화 • 물류 정보시스템 이행과제 정의	• 컨설팅대가 = 컨설팅업무량 x 단가 • 직접경비
플랫폼 운영환경	• 네트워크 접속환경 구축 • 통합 DB 시스템 구축 • 물류 플랫폼 운영서버 구축	• 클라우드 운영비
플랫폼 개발	• 물류 메타정보 정의 • 물류 DB 스키마 정의 • 물류 정보 표준화 • 물류 정보 인터페이스 설계 • 물류 정보 연계 모듈 개발 • 물류 정보 수집 모듈 개발 • 물류 정보 입력 모듈 개발	• 개발원가 • 이윤 = 개발원가 x 25% 이내 • 직접경비: 시스템사용료, 개발도구 사용료 등
운영프로그램 개발	• 물류 정보 상태 감지 프로그램 개발 • 물류 정보 로그 분석 모듈 개발 • 물류 정보 통계 프로그램 개발	
플랫폼 운영	• 안정적인 운영 및 유지관리 • 장애/오류 등에 긴급 대응 • 사용자 요청에 즉시 대응	• 소프트웨어 개발비 재산정가 x 유지관리 난이도(%) • 직접경비

자료: 저자 작성

도출된 비용항목에 대해서 비용을 산정한 결과 아래와 같다(표 3-4). 물류 연계 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출은 컨설팅업무량에 의한 방식, 플랫폼 개발 중 기능 개발은 기능점수에 의한 방식, 나머지 부분은 투입인력에 의한 방식, 운영프로그램 개발은 기능점수에 의한 방식, 플랫폼 운영은 요율제 방식을 각각 적용하여 산정하였다.

〈표 3-4〉 항만물류 데이터·정보 공유 플랫폼 계획·개발 비용산정(부가세 포함)

구분		투입공수 (Man*Month)	금액 (단위: 백만 원)	계산 방식 기준
물류 연계 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출			515.3	컨설팅업무량
플랫폼 운영환경 구축			124.1	클라우드서비스 12개월 사용료
플랫폼 개발	플랫폼 기능 개발	-	901.4	기능점수
	운영프로그램 개발	-	191.7	
	프로젝트 진행	18	1555.0	
플랫폼 운영			155.6	요율제 / 유지관리
합계			3443.0	-

자료: 저자 작성

1. 물류 연계 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출 비용

물류 연계 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출은 플랫폼 체계를 수립하는 기반 작업으로 볼 수 있으며, 이는 플랫폼 활용자의 만족도를 결정하는 핵심 요소이기도 하다. 정보 전략 및 과제 도출이 적절히 수행된다면, 플랫폼 활용 과정에서 발생할 수 있는 오류가 최소화되고, 신속한 의사결정을 지원할 수 있으며, 적절한 서비스를 제공할 수 있다. 때문에, 이와 관련된 개발 비용은 제안되는 물류정보시스템, 즉 플랫폼의 효율성 향상과 비용 절감을 위한 필수적인 투자로 볼 수 있다.

〈표 3-5〉 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출에 대한 비용산정

업무		업무별 가중치	해당 여부 (O, X)	총업무 가중치	업무 요소	난이도	해당 여부 (O, X)	난이도 계산
소요 제기	경영환경 분석	3.5	X	46.8	업무 규모(단순)	0.7	X	1.00
	정보기술 환경분석	3.7	O		업무 규모(보통)	1.0	O	
	제도/규정 분석	2.0	O		업무 규모(복잡)	1.3	X	
현황 분석	경영전략 분석	2.8	X		업무의 특성(단순)	0.6	X	
	업무분석	6.1	O		업무의 특성(보통)	1.0	O	
	정보시스템 분석	6.1	O		업무의 특성(복잡)	1.4	X	
	벤치마킹	2.5	O		기존시스템(단순)	0.7	X	
	차이분석	2.0	O		기존시스템(보통)	1.0	O	
목표 모델 수립	정보화 전략 수립	3.3	O		기존시스템(복잡)	1.3	X	
	정보시스템 구조 설계	5.0	O		ISP 유형(보통)	1.0	O	
	정보관리 체계 수립	3.8	O		ISP 유형(복잡)	1.4	X	
	제도/규정 개선안 수립	2.5	O		정보자원 규모 (단순)	0.6	X	
이행 계획 수립	정보시스템 구축계획 수립	3.8	O		정보자원 규모 (보통)	1.0	O	
세부 계획 작성	소요예산 산출	3.5	O		정보자원 규모 (복잡)	1.4	X	
	기대효과 산정	2.5	O					
	제안요청서 작성	4.0	X					
컨설팅업무량 계산(가중치 x 난이도)								46.800
ISP 단가(단위: 원; 2023년)								10,010,006
부가세 제외 정보전략계획 수립비(단위: 원)								468,468,281
부가세 포함 정보전략계획 수립비(단위: 원)								515,315,109

자료: 저자 작성

물류 연계 플랫폼 정보 전략 및 과제 도출은 컨설팅업무량에 의한 방식으로 비용을 산정한다. 플랫폼 구축을 위한 소요제기와 현황분석을 통해서 문제점을 진단하고 개선 방향을 도출한다. 이를 해결하기 위한 목표 모델과 이행계획을 수립하고 소요 예산 산출, 기대효과 산정 등의 세부 계획을 작성한다.

첫 번째 업무인 소요제기의 경우, 플랫폼 개발에 필요한 요구사항과 기대를 확인·정리하는 단계로, 플랫폼 개발의 방향과 주요 목표를 설정하는 기준이 된다. 상세 업무로는 경영환경 분석, 정보기술 환경분석, 제도 및 규정 분석이 존재한다. 본 연구에서 다루는 스마트항만을 위한 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼의 특성(운영환경 및 형태)을 고려해, 경영환경 분석은 제외했다.

두 번째 업무인 현황분석은 현재 시스템과 프로세스, 문제점 등을 파악·분석하는 단계이며, 문제점과 개선 방향을 파악해 향후 목표 수립 시 이를 반영하고, 개발 방향을 더욱 정확하게 설정할 수 있도록 한다. 상세 업무로는 업무분석, 정보시스템 분석, 벤치마킹 및 차이분석이 있으며, 앞서 설명한 소요제기와 같이 경영전략 분석은 고려하지 않았다.

세 번째 업무인 목표모델수립은 현황분석을 기반으로 모델을 수립하는 단계로, 원하는 결과와 방향성을 명확히 하기 위해 필요한 과정으로 볼 수 있다. 상세 업무로는 정보화 전략 수립, 정보시스템 구조 설계, 정보관리 체계 수립, 제도 및 규정 개선안 수립이 있다.

네 번째 업무인 이행계획수립은 목표모델을 실제로 구현하기 위해 단계별 실행계획을 수립하는 과정으로, 상세한 방안과 일정을 결정하고, 이에 따른 자원할당 등을 수행할 수 있도록 한다. 상세 업무인 정보시스템 구축 계획 수립과 같은 개념으로 볼 수 있다.

다섯 번째 업무인 세부계획작성은 이행계획을 더욱 구체화하는 단계로, 구체적인 작업과 이에 따른 자원할당, 상세 일정 수립, 책임자 등을 결정한다. 플랫폼 구축 사업을 수행하는 참여자 간의 협업과 의사소통을 원활하기 위한 핵심 가이드라인 역할을 수행하는 단계로도 볼 수 있다. 상세 업무로는 소요예산 산출, 기대효과 산정이 있다. 제안요청서의 경우, 발주처에서 작성하므로 고려하지 않았다.

총 업무 가중치는 상세업무별 가중치를 각 상세업무의 해당 여부를 고려해 계산될 수 있고, 업무요소별 난이도는 1.0을 기준으로 정성적 판단을 정량화해 나타낼 수 있다. 본 연구에서는 스마트항만을 위한 항만물류 데이터·정보연계플랫폼 자체에 초점을 맞추기 위해 상세 업무의 해당 여부 등에 대한 결정과정을 상세히 언급하지 않는다. 이는 실제 현장에 맞는 플랫폼을 개발하는 시기에 업무협의를 통해 도출하는 것이 더욱 적절하기 때문이다.

2. 플랫폼 운영환경 구축 비용

플랫폼 운영환경 구축 비용은 플랫폼이 원활히 운영될 수 있도록 필수적인 환경을 구축하고, 이를 유지하기 위해 필요한 전반적인 비용을 의미한다. 워크스테이션이나 서버와 같은 하드웨어 구매비용, 서버 및 네트워크 설정 비용, 상용 스프트웨어 라이센스 구매비용, 물리적 및 사이버 보안 인프라 구축을 위한 비용 등이 포함된다.

플랫폼 운영환경 구축 비용산정을 통해, 플랫폼 구축과 관련한 전반적인 예산을 정확히 설정하고 관리할 수 있으며, 이에 따라 예산이나 자원의 부족과 같은 잠재적 위험을 적절히 회피할 수 있도록 한다. 또한, 플랫폼의 안정성이나 보안성 등 핵심적인 요소를 고려해 중·장기적 운영의 효율성 또한 높일 수 있다.

본 연구에서의 플랫폼 운영환경 도출은 클라우드 운영에 의한 방식으로 비용을 산정한다. 클라우드 서비스를 통해서 서버, 네트워크, 상용 소프트웨어, 보안 등 필요한 인프라의 사용료를 지불하고 구축한다.

〈표 3-6〉 플랫폼 운영환경 구축에 대한 비용산정

(단위: 원)

구분	항목	월 사용료
서버	운영 Web 서버	2,000,000
	운영 Web Application 서버	
	운영 DB 서버	
	백업 관리서버	
	개인정보보호 관리서버	
	모니터링 관리서버	
	접근제어 관리서버	
	DB암호화 관리서버	
네트워크	Network	1,000,000
상용 소프트웨어	OS	1,700,000
	DBMS	
	Storage	
	Monitoring	
보안	물리 보안	4,700,000
	네트워크	
	백업	
	이중화	
	방화벽	
	백신	
	개인정보보호	
	모니터링 툴	
	접근제어 / 암호화	
	기술 지원	
합계		9,400,000
클라우드 1년 사용료(부가세 별도)		112,800,000
클라우드 1년 사용료(부가세 포함)		124,080,000

자료: 저자 작성

플랫폼 운영환경 구축에 대한 비용은 서버와 네트워크, 상용 소프트웨어와 보안 비용으로 구성된다. 서버 비용은 운영 웹서버와 데이터베이스(DB: Database), 백업, 개인정보보호, 모니터링, 접근제어 및 암호화 서버와 관련된 비용으로 나눠진다. 계약형태에 따라 서버 사용료는 달라질 수 있지만, 핵심적인 기능을 구현하기 위한 서버 비용은 월 2,000,000원이 소요됨을 가정했다.

네트워크 비용은 이름 그대로 네트워크와 관련된 통신비용이며, 상용 소프트웨어 비용은 운영시스템(OS: Operating System), 데이터베이스 관리시스템(DBMS: Database Management System), 저장 및 모니터링 비용으로 상세화된다. 각 비용은 1,000,000원과 1,700,000원으로 원활한 플랫폼 운영이 가능한 비용을 제시한다.

보안 비용은 물리적 보안과 사이버보안 비용으로 구분되고, 후자는 네트워크와 백업, 이중화, 방화벽, 백신, 개인정보보호, 모니터링 도구, 접근제어 및 암호화, 그리고 기술 지원 비용으로 구분된다. 보안에 대한 중요성이 더욱 높아짐에 따라, 보안 관련 비용은 총 플랫폼 운영환경 구축의 절반에 달한다.

3. 플랫폼 개발 비용

플랫폼 개발 비용(표 3-7)은 플랫폼을 개발하는데 소요되는 실질적인 비용을 의미하고, 기능 부분과 개발 이외의 과업 진행을 위한 영역으로 구분할 수 있다. 물류 연계 플랫폼 기능 개발은 기능점수 의한 방식으로 비용을 산정하고, 이는 데이터 수집에서의 데이터 자동 연계 관리 기능(표 3-8, 표 3-9), 데이터 수집에서의 신고와 신청 정보 기능(표 3-10), 데이터 수집에서의 선박 제원과 기상 및 이동 정보 관련 기능(표 3-11), 데이터 수집에서

의 작업 정보 관련 기능(표 3-12), 정보 생성에서의 예측정보 생성 기능(표 3-13), 정보활용 기능에서의 실시간 알림 등 기능(표 3-14), 관리에서의 이용현황과 팝업 및 SMS 기능(표 3-15), 관리에서의 회원과 권한 관련 기능(표 3-16), 그리고 게시판 및 메뉴 관리 기능(표 3-17)으로 구성된다.

〈표 3-7〉 플랫폼 개발에 대한 비용산정

총 기능 점수	기능점수당 단가	보정계수					개발원가 (단위: 원)
		규모	연계 복잡성	성능	운영 환경	보안성	
1,037.0	553,114	0.9139	1.06	1.05	1.060	1.06	655,550,419
합계(보정 후 개발원가)							655,550,419
이윤						25%	163,887,605
직접경비							0
소프트웨어 개발비(부가세 별도)							819,438,024
소프트웨어 개발비(부가세 포함)							901,381,826

자료: 저자 작성

상기한 비용에 대한 기능점수는 플랫폼에 필요한 기능과 관련된다. 업무(어플리케이션)는 데이터 수집, 정보 생성, 정보 활용으로 구분한다. 데이터 수집 모듈은 데이터 자동 연계에 대한 관리와 물류 데이터 관리체계를 구축하고, 각종 신고와 신청, 선박 제원, 기상, 이동 등에 대한 정보를 수집한다. 정보 생성 모듈에서는 수집된 정보를 기반으로 예측정보를 생성한다. 정보 활용 모듈은 실시간 알림이나 공개 서비스, 정보연계 제공을 통해서 사용자가 요청한 정보를 즉시 알릴 수 있도록 한다.

데이터 수집에서의 데이터 자동 연계 관리 기능은 다양한 이해관계자로부터 수집되는 데이터를 자동으로 연계·관리하는 기능을 의미한다. 플랫폼이 실시간, 주기적 또는 이벤트를 기반으로 데이터를 수집할 수 있도록 하고, 데이터와 정보를 조회하는데 유용한 기능을 제공한다. 또한, 사용자가 필요한 정보에 신속하게 접근할 수 있도록 지원하기도 한다(표 3-8).

플랫폼의 데이터 수집 모듈은 수집 규칙, 데이터 추출 프로젝트, 데이터 수집 태스크, 데이터 수집 스케줄링으로 구성된다. 필요한 데이터와 연결하기 위하여 다양한 데이터 수집 규칙을 생성하고 필요 과업(프로젝트)을 생성한다. 과업은 세부과업(태스크) 단위로 구성되며, 스케줄링을 통해서 실행된다.

〈표 3-8〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 데이터 자동 연계 관리(1))

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
데이터 수집	데이터 자동 연계 관리	데이터 수집 규칙 정보	ILF	7.5
		데이터 수집 규칙 생성	EI	4.0
		데이터 수집 규칙 조회	EQ	3.9
		데이터 수집 규칙 수정	EI	4.0
		데이터 수집 규칙 삭제	EI	4.0
		데이터 추출 프로젝트 정보	ILF	7.5
		데이터 추출 프로젝트 생성	EI	4.0
		데이터 추출 프로젝트 조회	EQ	3.9
		데이터 추출 프로젝트 수정	EI	4.0
		데이터 추출 프로젝트 삭제	EI	4.0
		데이터 수집 태스크 정보	ILF	7.5
		데이터 수집 태스크 생성	EI	4.0
		데이터 수집 태스크 조회	EQ	3.9
		데이터 수집 태스크 수정	EI	4.0
		데이터 수집 태스크 삭제	EI	4.0
		데이터 수집 스케줄링 정보	ILF	7.5
		데이터 수집 스케줄링 생성	EI	4.0
		데이터 수집 스케줄링 조회	EQ	3.9
		데이터 수집 스케줄링 삭제	EI	4.0

자료: 저자 작성

데이터 자동 연계 관리 기능은 상기한 데이터 수집 규칙이나 과업 생성, 데이터 수집 세부과업, 수집 스케줄링 외에도 어플리케이션 프로그래밍 인터

페이스(API: Application Programming Interface) 및 크롤링 수집 정보 등 다양한 데이터 수집 관련 기능을 포함한다. 관련 리스트나 데이터, 정보를 정의, 생성, 조회 및 삭제하는 기능은 같으나, 대상이 데이터베이스 대상 리스트, 데이터베이스 모니터링 리스트, 일자별 데이터 수집 통계, 운영 유형별 상세 데이터 통계로 구분된다(표 3-9).

〈표 3-9〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 데이터 자동 연계 관리(2))

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
데이터 수집	데이터 자동 연계 관리	API 수집 정보	EIF	5.4
		크롤링 수집 정보	EIF	5.4
		데이터베이스 대상 리스트 정보	ILF	7.5
		데이터베이스 대상 리스트 생성	EI	4.0
		데이터베이스 대상 리스트 조회	EQ	3.9
		데이터베이스 대상 리스트 삭제	EI	4.0
		데이터베이스 모니터링 리스트 정보	ILF	7.5
		데이터베이스 모니터링 리스트 생성	EI	4.0
		데이터베이스 모니터링 리스트 조회	EQ	3.9
		데이터베이스 모니터링 리스트 삭제	EI	4.0
		일자 별 데이터 수집 통계 정보	ILF	7.5
		일자 별 데이터 수집 통계 생성	EI	4.0
		일자 별 데이터 수집 통계 조회	EQ	3.9
		일자 별 데이터 수집 통계 삭제	EI	4.0
		러닝타입별 상세 데이터 수집 통계 정보	ILF	7.5
		러닝타입별 상세 데이터 수집 통계 생성	EI	4.0
		러닝타입별 상세 데이터 수집 통계 조회	EQ	3.9
		러닝타입별 상세 데이터 수집 통계 삭제	EI	4.0

자료: 저자 작성

앞선 두 개의 단위 프로세스인 API 수집 정보와 크롤링 수집 정보는 데이터를 수집하는 방식을 나타낸다. API 수집은 시스템이나 플랫폼에서 정해진 방법과 형식으로 데이터에 접근·수집하는 방식으로 구조화된 경우가

많다. 이에 반해, 크롤링 수집 방식은 특정 웹사이트를 방문해 해당 페이지의 내용을 추출하는 방식으로 구조화되지 않은 온라인 데이터를 수집하는 데 활용된다.

데이터 수집 기능을 통해 수집된 정보는 데이터베이스를 구성하며, 실시간 데이터 수집현황을 모니터링하고 통계자료를 조회할 수 있어야 한다.

〈표 3-10〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 신고/신청 정보)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
데이터 수집	신고/신청 정보	선박입출항보고서 연계	EIF	5.4
		항만시설신청지정실적 연계	EIF	5.4
		통합화물신고 연계	EIF	5.4
		통합화물컨테이너 정보 연계	EIF	5.4
		내항화물반출입 연계	EIF	5.4
		내항컨테이너반출입 연계	EIF	5.4
		부킹 정보 연계	EIF	5.4
		환적BL 정보 연계	EIF	5.4
		컨테이너 장치 정보 연계	EIF	5.4
		사전반출입 정보 연계	EIF	5.4
		양하신청 정보 연계	EIF	5.4
		적하신청 정보 연계	EIF	5.4
		위험물반입신고 정보 연계	EIF	5.4
		보세운송 정보 연계	EIF	5.4
		수입신고 정보 연계	EIF	5.4
		수출신고 정보 연계	EIF	5.4
		선박 입출항신고 정보	ILF	7.5
		외부트럭 반출입신청 정보	ILF	7.5
		컨테이너 작업신청 정보	ILF	7.5

자료: 저자 작성

또한, 데이터 수집 기능을 통해 선박 입출항과 화물 수출입에 대한 신고·신청 정보를 연계한다. 신고 관련 정보는 대부분 공공 영역과 관련이 있지만,

민간 영역에서의 물류 정보 역시 확보·연계할 수 있다. 신고와 신청 관련 정보는 선박입출항보고를 포함한 항만시설신청지정실적이나 통합화물신고, 예약 정보, 컨테이너 장치 정보, 사전반출입 정보, 보세운송 정보, 수입 및 수출신고 정보, 컨테이너 작업신청 정보 등이 있다(표 3-10).

항만물류에서의 이해관계자인 해양수산부, 항만공사 등과 실시간 데이터 연계를 통해서 위험물, 컨테이너, 외부트럭 등의 운송과 작업 정보를 제공하며 행정적 절차에 대한 가시성을 높인다.

〈표 3-11〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 선박 제원, 기상 및 이동 정보)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
데이터 수집	선박 제원 정보	선박 제원 정보 연계	EIF	5.4
		선박 제원 정보	ILF	7.5
		선박 제원 생성	EI	4.0
		선박 제원 조회	EO	5.2
		선박 제원 수정	EI	4.0
		선박 제원 삭제	EI	4.0
	기상 정보	선박운항지수 연계	EIF	5.4
		해양사고지수 연계	EIF	5.4
		파고 정보 연계	EIF	5.4
		바람 정보 연계	EIF	5.4
		태풍 정보 연계	EIF	5.4
		지진 정보 연계	EIF	5.4
		기상 정보 조회	EO	5.2
	이동 정보	선박경로 연계	EIF	5.4
		선박경로 정보	ILF	7.5
		선박경로 생성	EI	4.0
		선박경로 조회	EO	5.2
		차량경로 연계	EIF	5.4
		차량경로 정보	ILF	7.5
		차량경로 생성	EI	4.0
		차량경로 조회	EO	5.2
		반출입예약정보 연계	EIF	5.4
		ATA 통계 조회	EIF	5.4

자료: 저자 작성

행정적 절차에 대한 가시성뿐 아니라, 물류 자원이나 환경에 대한 가시성을 확보하는 것 역시 매우 중요하다. 특히, 물류에서는 선박이나 트럭, 화물의 움직임을 파악하는 것이 핵심이며, 선박 입항은 항만물류에서 매우 중요한 시점이자 이벤트로, 이에 대해 사용자가 예상할 수 있도록 선박 제원, 기상, 이동 정보 등을 연계하여 제공해야 한다(표 3-11).

기상 정보는 기본적으로 무료로 수집이 가능하며, 파고와 바람, 태풍, 지진 등 선박 및 항만 운영에 영향을 줄 수 있는 데이터를 수집한다. 또한, 해상-항만물류 연계를 담당하는 운송자원인 선박과 항만-육상물류 연계를 담당하는 운송자원인 외부트럭(차량)의 기본정보와 운송정보를 플랫폼에서 수집하고, 이를 필요 시 이해관계자에게 제공할 수 있도록 한다.

〈표 3-12〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(데이터 수집 – 작업 정보)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
데이터 수집	작업 정보	본선작업결과 정보 연계	EIF	5.4
		장치완료결과 정보 연계	EIF	5.4
		게이트반출입 정보 연계	EIF	5.4
		선박작업 정보	ILF	7.5
		선박작업 생성	EI	4.0
		선박작업 조회	EO	5.2
		컨테이너작업 정보	ILF	7.5
		컨테이너작업 생성	EI	4.0
		컨테이너작업 조회	EO	5.2
		선석현황 연계	EIF	5.4
		선석현황 조회	EO	5.2
		항만혼잡도 정보 연계	EIF	5.4
		해측혼잡도 조회	EO	5.2
		육측혼잡도 조회	EO	5.2
		포트콜 소요시간 정보	ILF	7.5
		포트콜 소요시간 조회	EO	5.2

자료: 저자 작성

외부 운송자원뿐 아니라, 항만물류의 거점인 항만에서의 작업 정보 역시 수집 대상이 되며, 이에 따른 기능이 정의돼야 한다. 항만 작업은 크게 해측(또는 본선)과 육측, 그리고 야드에서의 작업으로 구분되므로, 단위 프로세스 역시 해당 작업과 연계되어 구성된다(표 3-12).

크게는 화물(컨테이너)의 움직임을 파악하기 위해서 컨테이너터미널의 각 작업 단계에 대한 정보를 수집한다. 이는 본선작업결과 정보, 장치완료결과 정보, 그리고 게이트반출입 정보 연계에 해당한다. 다음으로, 해측에서의 선박작업 정보를 생성하고 조회하며, 이와 같은 작업이 행해지는 선석현황 데이터를 수집하고 제공하는 기능 또한 포함한다. 또한, 해측과 육측의 혼잡도로 표현되는 항만혼잡도 데이터를 수집해 작업 지연을 판단할 수 있는 근거로 활용한다.

〈표 3-13〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(정보 생성 – 예측 정보 생성)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
정보 생성	예측 정보 생성	선박 ETA 예측 정보	EIF	5.4
		선박 ETA 예측 생성	EI	4.0
		선박 ETA 예측 조회	EO	5.2
		외부트럭 ETA 예측 정보	EIF	5.4
		외부트럭 ETA 예측 생성	EI	4.0
		외부트럭 ETA 예측 조회	EO	5.2
		컨테이너 반출 예측 정보	EIF	5.4
		컨테이너 ETA 예측 생성	EI	4.0
		컨테이너 ETA 예측 조회	EO	5.2
		컨테이너 반입 예측 정보	EIF	5.4
		포트콜 소요시간 예측	EI	4.0
		기상특보 정보	ILF	7.5
		기상특보 생성	EI	4.0
		기상특보 조회	EO	5.2

자료: 저자 작성

현장에서 발생하는 실시간 또는 상태 데이터 외에 예측 정보를 생성해 제공하는 기능이 필요하다(표 3-13). 대표적으로 터미널 운영사나 부대사업자 등은 작업을 사전에 준비할 수 있도록 선박의 도착예정시간 정보가 필요하고, 터미널 운영사는 외부트럭의 도착예정시간을 기반으로 사전 작업(예: 리핸들링)을 수행할 수 있을 것이다. 이는 운송자원뿐 아니라 개별 화물(컨테이너)에도 적용될 수 있다. 이 외에 기상특보 관련 데이터는 선박이 우회로를 결정하거나 운항 속도를 조절하는 등 운항 업무에 활용될 수 있을 것이다.

상기한 예측정보는 원출처에서 제공하는 경우도 많지만, 일부는 플랫폼 내에서 데이터 분석과 다양한 알고리즘을 활용해 제공돼야 한다. 이 과정에서 고도화된 인공지능 알고리즘이 적용될 수 있고, 기계학습을 통해 점차 개선된 수치를 사용자에게 제공할 수도 있다.

〈표 3-14〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(정보 활용 – 실시간 알림 등)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
정보 활용	실시간 알림	선박위치 연계	EIF	5.4
		선박위치 정보	ILF	7.5
		선박위치 생성	EI	4.0
		선박위치 조회	EO	5.2
		차량위치 연계	EIF	5.4
		차량위치 정보	ILF	7.5
		차량위치 생성	EI	4.0
		차량위치 조회	EO	5.2
		선박ETA 알림	ILF	7.5
		기상특보 알림	ILF	7.5
	게시서비스	게시 지정	EI	4.0
		특보 게시	EI	4.0
		특보 내용 조회	EO	5.2
		게시 수신 요청	EI	4.0

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
	정보 연계 제공	선박위치 연계	EO	5.2
		차량위치 연계	EIF	5.4
		선박ETA 연계	EIF	5.4
		기상특보 연계	EIF	5.4
		본선작업결과 연계	EIF	5.4
		장치완료결과 연계	EIF	5.4
		게이트반출입결과 연계	EIF	5.4
		컨테이너위치 연계	EIF	5.4
		터미널 해측혼잡도 연계	EIF	5.4
		터미널 육측혼잡도 연계	EIF	5.4
		포트콜 소요시간 연계	EIF	5.4

자료: 저자 작성

〈표 3-14〉에 요약된 정보활용 기능은 항만물류 이해관계자가 플랫폼에 수집된 정보를 원활히 활용할 수 있도록 실시간 알림이나 게시 등의 기능을 의미한다. 게시와 실시간 알림은 데이터와 정보를 이해관계자에게 제공하는 가장 기본적인 방식이고, 사용자의 정보화 수준이나 환경에 따라 데이터를 사용자의 정보, 관리 및 운영 시스템에 직접 연계 사용할 수 있도록 정보 연계 기능을 제공할 수도 있다. 동 플랫폼은 기본적으로 연계기능을 포함한다.

단위 프로세스에서는 선박이나 차량, 기상 등에 대한 정보를 전달하는 방식에 따라 차이를 보이며, 게시서비스의 경우 게시를 지정하거나 특보 게시, 특보 내용 조회, 게시 수신 요청 등 게시와 관련된 일반적인 기능을 단위 프로세스로 포함한다.

〈표 3-15〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(관리 – 이용 현황, 팝업, SMS)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
관리	이용현황	로그인 정보	ILF	7.5
		회원가입 및 로그인 현황	EQ	3.9
		시스템이용 현황	EQ	3.9
		화면별 서비스이용 현황	EQ	3.9
		회원가입 및 로그인 통계	EO	5.2
		프로그램별 서비스이용 통계	EO	5.2
		화면별 서비스 이용통계	EO	5.2
		로그인 이력 조회	EQ	3.9
		프로그램 사용이력 조회	EQ	3.9
		프로그램 서버오류 조회	EQ	3.9
		개인정보 접근이력 조회	EQ	3.9
		개인정보 폐기이력 조회	EQ	3.9
		메일발송 이력 조회	EQ	3.9
	팝업	팝업 정보	ILF	7.5
		팝업 생성	EI	4.0
		팝업 조회	EO	5.2
		팝업 삭제	EI	4.0
		팝업 수정	EI	4.0
	SMS	SMS발송 정보	ILF	7.5
		SMS발송 연계	EIF	5.4
		SMS발송 조회	EI	4.0

자료: 저자 작성

다음으로, 〈표 3-15〉에 요약된 바와 같이 이용 현황이나 팝업, 단문 메시지 서비스(SMS: Short Message Service) 등에 대한 기능이 필요하다. 플랫폼 사용자의 개별 이용현황 관리를 위해 회원가입이나 로그인, 시스템 이용 현황을 파악해야 하며, 개인정보 관리 역시 필요하다. 또한, 이에 따른 기능이 이용 현황에 포함된다. 상기한 이력 데이터는 추가적인 분석을 통해 맞춤형 서비스 제작에 활용될 수 있다.

추가로, 사용자를 위해 팝업 정보를 생성하거나 조회, 삭제 및 수정 기능이 요구되고, 필요에 따라 정보 수신에 동의한 사용자에 한해 SMS를 발송하거나 시스템을 통한 연계 기능이 추가될 필요가 있다. 이들은 긴급한 정보를 즉시 알리는 기능에 해당한다.

〈표 3-16〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(관리 – 회원, 권한)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
관리	회원	사용자 정보	ILF	7.5
		사용자 등록	EI	4.0
		사용자 조회	EO	5.2
		사용자 삭제	EI	4.0
		사용자 수정	EI	4.0
		업체 정보	ILF	7.5
		업체 등록	EI	4.0
		업체 조회	EO	5.2
		업체 삭제	EI	4.0
		업체 수정	EI	4.0
		휴면계정 등록	EI	4.0
		휴면계정 제외	EI	4.0
		신규회원 현황 상세	EO	5.2
	권한	권한 정보	ILF	7.5
		권한 등록	EI	4.0
		권한 조회	EO	5.2
		권한 삭제	EI	4.0
		권한 수정	EI	4.0
		권한별 메뉴 생성	EI	4.0
		권한별 메뉴 조회	EO	5.2
		권한별 메뉴 수정	EI	4.0
		권한별 사용자 생성	EI	4.0
		권한별 사용자 조회	EO	5.2
		권한별 사용자 수정	EI	4.0

자료: 저자 작성

다른 관리기능에는 사용자(관리자, 회원 등)를 관리하고, 사용자별 플랫폼 활용이나 접근 권한을 설정하는 기능이 있다(표 3-16). 회원을 관리하는 대부분의 웹사이트나 플랫폼이 가진 기능으로, 본 연구에서 다루는 플랫폼의 관련 단위 프로세스 역시 특별한 기능을 포함하지는 않는다.

개인사용자와 업체를 등록하고, 각 사용자와 관리자에게 사전에 협의된 수준의 권한을 부여하며, 권한의 차등을 통해 플랫폼의 보안성과 활용성을 향상한다.

〈표 3-17〉 플랫폼 세부 기능에 대한 기능점수(관리 – 게시판, 메뉴 관리)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
관리	게시판	게시판 정보	ILF	7.5
		게시판 생성	EI	4.0
		게시판 조회	EO	5.2
		게시판 수정	EI	4.0
		게시판 삭제	EI	4.0
		게시물 정보	ILF	7.5
		게시물 생성	EI	4.0
		게시물 상세보기	EO	5.2
		게시물 삭제	EI	4.0
		게시물 수정	EI	4.0
		게시판관리자 등록	EI	4.0
		게시판관리자 삭제	EI	4.0
	메뉴 관리	메뉴 관리 정보	ILF	7.5
		메뉴 관리 생성	EI	4.0
		메뉴 관리 조회	EQ	3.9
		메뉴 관리 삭제	EI	4.0
		메뉴 관리 수정	EI	4.0
		화면 관리 정보	ILF	7.5
		화면 관리 생성	EI	4.0
		화면 관리 조회	EO	5.2

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
		화면 관리 삭제	EI	4.0
		화면 관리 수정	EI	4.0
		바로가기 메뉴 관리 정보	ILF	7.5
		바로가기 메뉴 관리 생성	EI	4.0
		바로가기 메뉴 관리 조회	EQ	3.9
		바로가기 메뉴 관리 삭제	EI	4.0

자료: 저자 작성

회원을 관리하고, 이들에게 플랫폼 활용에 대한 권한을 설정하는 기능 외에도, 게시판이나 시스템 내 메뉴를 관리하는 기능 또한 개발될 필요가 있다(표 3-17). 해당 기능 역시 대부분의 웹사이트와 플랫폼이 가진 기능이며, 게시판을 생성하고 조회, 수정, 삭제하는 기능과 메뉴 및 화면을 생성, 조회 및 삭제하는 기능 등으로 구성된다.

〈표 3-18〉 항만물류 데이터·정보 공유 플랫폼 기능 외 인력투입 비용산정(부가세 포함)

구분		투입공수 (Man*Month)	금액 (단위: 백만 원)	계산 방식 기준
플랫폼 개발	IT PM	18	171.8	투입인력
	데이터분석가	12	85.9	
	IT아키텍트	6	64.0	
	시스템SW개발자	6	30.6	
	IT품질관리자	6	49.8	
	IT테스터	6	25.8	
	UI/UX기획/개발자	6	36.0	
	UI/UX디자이너	6	26.9	
	제경비 (140%)	-	687.2	
	기술료 (20%)	-	235.6	
	직접인건비 소계(부가세 별도)	-	1413.6	
	직접인건비 소계(부가세 포함)	-	1554.96	

자료: 저자 작성

상기한 플랫폼의 기능을 구현하기 위해 필요한 투입인력은 플랫폼 구축 사업을 위한 책임자(PM: Project Manager), 데이터분석가, 아키텍트 등으로 구성한다. 18개월 사업기간 동안 책임자는 100% 투입되며, 나머지 인력은 시기에 맞게 적절히 역할을 수행한다.

4. 운영 프로그램 개발 비용

운영 프로그램 개발 비용은 플랫폼을 운영하기 위해 필요한 프로그램을 개발하는 비용으로, 플랫폼 개발 비용과는 구분되며, 크게는 모니터링과 유지관리 업무로 구성된다. 물류 연계 플랫폼 운영 프로그램 개발 역시 기능점수 의한 방식으로 비용을 산정한다.

〈표 3-19〉 운영프로그램 개발에 대한 비용산정

총기능 점수	기능점수당 단가	보정계수					개발원가 (단위: 원)
		규모	연계 복잡성	성능	운영 환경	보안성	
217.6	553,114	1.2800	0.88	1.00	1.060	0.97	139,393,905
합계(보정 후 개발원가)							139,393,905
이윤						25%	34,848,476
직접경비							0
소프트웨어 개발비(부가세 별도)							174,242,381
소프트웨어 개발비(부가세 포함)							191,666,619

자료: 저자 작성

운영프로그램 개발에 필요한 기능은 상기한 업무 구분에서와 같이 모니터링과 유지관리로 구성된다. 모니터링 모듈은 플랫폼의 구성요소인 네트워크, 데이터베이스, 연계 서비스 상태와 성능을 수집하고 정상동작 여부를 확인한다. 유지관리 모듈에서는 사용자 요청을 관리하고, 담당자 처리결과를 확인하고, 지연되는 요청에 대해서는 담당자가 확인할 수 있도록 알림을 제공한다.

〈표 3-20〉 운영프로그램 세부 기능에 대한 기능점수(모니터링)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
모니터링	네트워크	대상 정보	ILF	7.5
		대상 등록	EI	4.0
		대상 조회	EQ	3.9
		대상 수정	EI	4.0
		대상 삭제	EI	4.0
		헬스 체크	EI	4.0
		성능 체크	EI	4.0
	데이터베이스	대상 정보	ILF	7.5
		대상 등록	EI	4.0
		대상 조회	EQ	3.9
		대상 수정	EI	4.0
		대상 삭제	EI	4.0
		데이터 입력 체크	EI	4.0
	연계서비스	대상 정보	ILF	7.5
		대상 등록	EI	4.0
		대상 조회	EQ	3.9
		대상 수정	EI	4.0
		대상 삭제	EI	4.0
		API 전송 상태 체크	EI	4.0
		API 데이터 유효성 체크	EI	4.0
	공통	점검로그 정보	ILF	7.5
		점검로그 생성	EI	4.0
		점검로그 조회	EQ	3.9
		점검로그 통계	EO	5.2
		결과 리포팅 정보	ILF	7.5
		결과 리포팅 생성	EI	4.0
		결과 리포팅 조회	EQ	3.9
		장애 알림 대상 지정	EI	4.0
		장애 알림	EI	4.0
		장애 조치 결과 정보	ILF	7.5
		장애 조치 결과 등록	EI	4.0
		장애 조치 결과 조회	EQ	3.9
		장애 조치 결과 수정	EI	4.0
		장애 조치 결과 삭제	EI	4.0

자료: 저자 작성

모니터링 기능을 더욱 상세히 살펴보면, 플랫폼을 구성하는 네트워크, 데이터베이스, 연계서비스의 상태를 확인하는 기능을 포함한다. 네트워크는 상태(헬스)와 성능을 확인하고, 데이터베이스는 용량이나 입력 여부를 확인하며, 연계서비스는 실시간 전송 상태와 데이터 유효성을 확인한다(표 3-20).

〈표 3-21〉 운영프로그램 세부 기능에 대한 기능점수(유지관리)

기능명			데이터 및 트랜잭션	FP 산출
업무	세부 업무	단위 프로세스	FP유형	가중치
유지관리	사용자 요청	사용자 요청 정보	ILF	7.5
		사용자 요청 등록	EI	4.0
		사용자 요청 조회	EQ	3.9
		사용자 요청 수정	EI	4.0
		사용자 요청 삭제	EI	4.0
	담당자 처리	담당자 업무 처리 정보	ILF	7.5
		담당자 업무 처리 등록	EI	4.0
		담당자 업무 처리결과 등록	EI	4.0
		담당자 업무 처리 조회	EQ	3.9
		담당자 업무 처리 수정	EI	4.0
		담당자 업무 처리 삭제	EI	4.0
		담당자 업무 미처리 내역 조회	EO	5.2
		담당자 업무 지연 알림	EI	4.0

자료: 저자 작성

유지관리 업무는 플랫폼에 대한 사용자의 요청을 기록하고 담당자 배정과 처리결과를 확인한다. 중복된 민원이나 지연이 있는 경우는 알림을 통해서 담당자가 인지할 수 있도록 한다(표 3-21).

5. 플랫폼 운영 비용

플랫폼 운영 비용은 항만물류 데이터·정보공유 서비스를 원활하고 지속적으로 제공하기 위해 필요한 비용을 의미한다. 이와 같은 운영 비용을 플랫폼의 규모나 복잡성, 전담 운영 조직, 상세 적용 기술 등에 따라 다를 수 있다. 본 연구에서는 앞서 정의한 플랫폼과 운영 프로그램을 기반으로 운영 비용을 산정했으며, 이 과정에서 요율제 방식에 의한 소프트웨어 유지관리 방식으로 비용을 산정했다.

〈표 3-22〉 플랫폼 유지관리비 산정에서의 난이도 산정

시스템 특성	판단기준	복잡도	점수
유지관리 횟수	연 12회 초과	복잡	27
시스템 사용자 수	내부 50% 이하 또는 대국민 10만 명 이하	보통	8
시스템 중요도	업무중요도 - 보통	보통	17
타 시스템 연계	3개 이상	복잡	11
오류복구 신속성	6시간 이내	복잡	13
총 유지관리 점수(TMP)			76

자료: 저자 작성

플랫폼의 365일 24시간 안정적인 서비스 제공을 위해 월 1회 이상 유지관리를 수행한다고 가정했다. 시스템 목표 사용자 수는 1만 명 이상 10만 명 이하로 설정하고, 시스템 중요도는 보통 규모를 대상으로 제공한다. 이는 항만물류라는 일상적인 업무를 대상으로 하기 때문이다. 또한, 해수부, 항만공사, 선사 등 세 개 이상의 이해관계자 시스템을 연계한다고 가정했다. 실제로 플랫폼이 안정기에 접어들면, 타 시스템과의 연계가 증가하겠으나, 축적된 노하우를 기반으로 추가적으로 연계하는 것은 과중한 업무가 수반된다고 보지 않았다. 오류 발생 시 6시간 이내의 신속한 복구를 수행하도록 난이도를 산정했다.

〈표 3-23〉 플랫폼 유지관리비 산정(단위: 원)

S/W 개발비 재산정	난이도(TMP)	유지관리 요율	직접경비	합계(부가세 별도)
852,215,545	76	13.80%	117,605,745	129,366,320

자료: 저자 작성

유지관리 난이도, 규모, 복잡도 등의 보정계수를 통해 난이도 76, 유지관리 요율 13.80%로 산정된다.

다음으로, 물류 연계 플랫폼 운영 역시 요율제 방식에 의한 소프트웨어 유지관리에 의한 방식으로 비용을 산정한다.

〈표 3-24〉 운영 프로그램 유지관리비 산정에서의 난이도 산정

시스템 특성	판단기준	복잡도	점수
유지관리 횟수	연 12회 초과	복잡	27
시스템 사용자 수	내부 25% 이하 또는 대국민 1만 명 이하	단순	0
시스템 중요도	업무중요도 - 보통	보통	17
타 시스템 연계	1~2개	복잡	6
오류복구 신속성	6시간 이내	복잡	13
총 유지관리 점수(TMP)			63

자료: 저자 작성

운영 프로그램은 안정적인 모니터링을 위해 월 1회 이상 유지관리를 수행함을 가정했다. 시스템 목표 사용자 수는 1만 명 이하와 시스템 중요도는 보통 규모를 대상으로 제공한다. 타 시스템은 플랫폼 1~2개를 연결하고, 오류 발생 시 6시간 이내의 신속한 복구를 수행하도록 난이도를 산정했다.

〈표 3-25〉 운영 프로그램 유지관리비 산정(단위: 원)

S/W 개발비 재산정	난이도(TMP)	유지관리 요율	직접경비	합계(부가세 별도)
181,212,076	63	13.15%	23,829,388	26,212,327

자료: 저자 작성

유지관리 난이도, 규모, 복잡도 등의 보정계수를 통해 난이도 63, 유지관리 요율 13.15%로 산정된다.

제2절 물류 연계 편익 파악

본 연구에서는 스마트항만의 핵심인 해상-항만-육상물류 연계 시 편익을 추정하기 위해 「공공교통시설 개발사업 투자평가지침(제7차 개정)」과 2019년 12월 발간된 '고생산성 자동화컨테이너 터미널 구축 추진 전략 연구[57]'의 편익 추정 방식을 참고했다. 후자에서는 「공공교통시설 개발사업 투자평가지침(제7차 개정)」을 참고해 〈표 3-26〉에 정리된 바와 같이 총 8개의 편익 항목에 대해 분석했다.

〈표 3-26〉 해상-항만-육상물류 연계 편익 항목

구분	편익 항목	본 연구 적용
물류비 절감	**선박 대기비용 절감편익**	O
	선박 재항비용 절감편익	-
	외부트럭 대기비용 절감편익	O
항만 안전성 향상	항만 안전사고 감소편익	-
환경비용 절감	온실가스 절감편익	-
운영비용 절감	인건비 절감편익	-
	동력비 절감편익	-
항만 생산성 향상	항만 수익증가 편익	-

자료: 한국해양수산개발원·한국항만운송노동연구원(2019.12), p. 247. 기반 저자 수정

57) 한국해양수산개발원·한국항만운송노동연구원(2019), pp. 242-263.

본 연구에서는 이 중 해상-항만-육상물류 연계와 관련된 '선박 대기비용 절감편익', '외부트럭 대기비용 절감편익' 등 정보 연계와 직접적으로 연관 있는 두 가지 편익에 대해 분석했다. 이와 같은 보수적인 접근은 데이터·정보공유 플랫폼 가치의 과대평가와 명확하지 않은 편익에 대한 오산(誤算)을 방지하도록 한다.

1. 선박 대기비용 절감편익

한국해양수산개발원·한국항만운송노동연구원(2019)의 연구에 따르면 항만에서의 선박 입출항 형태는 일반적으로 대기행렬 시스템과 거의 흡사하므로, 대기행렬이론을 이용하여 선박의 대기비용[58]을 추정하는 것을 원칙으로 한다.[59] 이를 위해 다음과 같은 식을 사용하였으며, 평균 대기시간(WT_t), 도착 선박 수(V_t), 항만 대기비용(PC)을 구해 총 선박 대기비용 절감편익을 계산하였다. 대상 항만은 부산항 신항이며, 총 5개의 터미널에 대해 분석했다.

〈표 3-27〉 선박 대기비용 절감편익 계산식

기호	산식 또는 설명
WTC_t	$WT_t \times V_t \times PC$
	t년도 컨테이너터미널 대기비용
WT_t	t년도 컨테이너터미널 선박당 평균 대기시간
V_t	t년도 컨테이너터미널 도착 선박 수
PC	표준선박의 단위 시간당 항만 대기비용

자료: 국토교통부(2022), pp. 285-286.

58) 대기비용 산출을 위해 우선 평균 대기시간을 구해야 하며, 이후 선박당 평균 대기시간과 평균 선박 수를 곱해 대기비용을 산출

59) 한국해양수산개발원·한국항만운송노동연구원(2019), p. 248.

2018년 항만운영정보시스템(Port-MIS: Port Management Information System) 데이터에 따르면,[60] 부산항 신항 5개 터미널의 평균 대기시간은 45분 32초(0.76시간)였으며, 도착 선박 수는 7,960척인 것으로 조사되었다.[61] 항만 대기비용은 9,000TEU급 선박을 기준으로 1일 용선료를 활용했으며, 2018년 기준으로 USD 28,000/일[62][63], 이를 시간으로 환산하여 USD 1,167/시간을 항만 대기비용으로 활용했다. 따라서, 부산항 신항 5개 터미널의 2018년도 컨테이너 대기비용은 7,059,883달러인 것으로 분석됐다.

〈표 3-28〉 선박 대기비용 절감편익 계산

항목	항목별 값
선박 대기비용 절감편익	USD 7,059,883
평균 대기시간	45분 32초(0.76시간)
도착 선박 수	7,960척
항만 대기비용(용선료)	USD 1,167/시간

자료: 저자 작성

앞서 계산된 선박 대기비용을 기준으로 해상-항만물류 연계 시 효과에 대해 시나리오(민감도) 분석을 한다면 다음 표와 같으며, 5% 대기시간 감소 시 약 4.6억 원, 10% 대기시간 감소 시 약 9.2억 원, 20% 대기시간 감소 시 약 18.4억 원의 대기비용 절감 효과가 발생할 것으로 예상된다.

〈표 3-29〉 선박 대기시간 감소 시나리오별 절감비용 및 편익 추정

(단위: 원, 환율 1,300원/달러 적용)

시나리오	선박 대기비용	절감비용(편익[64])
대기시간 0% 감소	9,177,847,900	-
대기시간 5% 감소	8,718,955,700	458,892,200(479,542,349)
대기시간 10% 감소	8,260,063,500	917,784,400(959,084,698)
대기시간 20% 감소	7,342,277,800	1,835,570,100(1,918,170,755)

자료: 저자 작성

60) Port-MIS 최신 데이터 획득이 어려워 2018년 데이터 활용
61) Port-MIS(2019)
62) Shipping Intelligence Network (검색일: 2023.8.11.)
63) 일반적으로 용선료에는 항비가 포함되므로, 항만시설사용료가 포함된 것으로 가정
64) 사회적 할인율 4.5% 적용

2. 외부트럭 대기비용 절감편익

한국해양수산개발원·한국항만운송노동연구원(2019.12)의 연구에 따르면 야드 장비 생산성과 연간 처리능력을 활용하여 처리 일수가 산정되면 처리 일수의 차이가 편익이 되기 때문에,[65] 본 연구에서는 이를 계산하여 외부트럭 대기비용 절감편익으로 사용했다.

이를 위해 먼저 전체 반출입 물동량을 계산하였다. 반출입 물동량은 부산항 신항 5개 터미널의 2022년 물동량인 14,876,000TEU[66]를 기준으로 했으며, TEU-move(개) 환산율인 1.6을 나누고 수출입 컨테이너 비율인 45%를 곱하여 연간 4,183,875개의 컨테이너가 반출입된다고 추정했다.

〈표 3-30〉 외부트럭 대기비용 편익분석을 위한 반출입 물동량 분석

항목	항목별 값
전체 물동량(TEU)	14,876,000
TEU-개 환산율	1.6
전체 물동량(개)	9,297,500
수출입 컨테이너 비율(%)	45
반출입 물동량(개)	4,183,875

자료: 저자 작성

다음으로 외부트럭 대기비용을 계산했다. 야드장비의 생산성은 한국해양수산개발원·한국항만운송노동연구원(2019)의 연구에서 기준 대안으로 계산한 192.46개/시간[67]을 적용하였으며, 이를 통해 야드장비 처리시간은 총 21,739시간인 것으로 분석되었다. 또한 화물차량 체류 시간당 기회비용으로 30,000원[68]을 야드장비 처리시간에 곱해 총 652,167,983원의 외부트럭 대기비용을 산출하였다.

65) 한국해양수산개발원·한국항만운송노동연구원(2019), p. 261.
66) Port-MIS(2023)
67) 한국해양수산개발원·한국항만운송노동연구원(2019), p. 262.
68) ibid, p. 263.

〈표 3-31〉 외부트럭 대기비용 계산

항목	항목별 값
반출입 물동량(개)	4,183,875
야드장비 생산성(개/시간)	192.46
야드장비 처리시간(시간)	21,739
화물차량 체류 시간당 기회비용(원)	30,000
외부트럭 대기비용(원)	652,167,983

자료: 저자 작성

이러한 외부트럭 대기비용을 기준으로 항만-내륙물류 연계 시 효과에 대해 시나리오(민감도) 분석을 한다면 다음 표와 같으며, 5% 대기시간 감소 시 약 3,260만 원, 10% 대기시간 감소 시 약 6,522만 원, 20% 대기시간 감소 시 약 1억 3천만 원의 대기비용 절감 효과가 발생할 것으로 예상된다.

〈표 3-32〉 외부트럭 대기시간 감소 시나리오별 절감비용 및 편익 추정

(단위: 원)

시나리오	대기비용	절감비용(편익[69])
대기시간 0% 감소	652,167,983	-
대기시간 5% 감소	619,559,584	32,608,399(34,075,777)
대기시간 10% 감소	586,951,185	65,216,798(68,151,554)
대기시간 20% 감소	521,734,386	130,433,597(136,303,108)

자료: 저자 작성

제3절 비용-편익분석

본 절에서는 앞선 두 절에서 도출한 물류 연계 효율화를 위한 항만물류 데이터·정보연계 플랫폼이 야기할 비용과 편익을 비용편익 비율(B/C Ratio:

69) 사회적 할인율 4.5% 적용

Benefit / Cost Ratio), 순현재가치(NPV: Net Present Value) 그리고 내부수익률(IRR: Internal Rate of Return) 관점에서 분석한다. 본문에서 소개하는 각 분석 방법의 정의와 방법은 한국개발연구원 공공투자관리센터에서 발간한 「2022년도 예비타당성조사 연구보고서 – 예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 정보화부문 연구」를 참고했다.

〈표 3-33〉 경제성 분석기법 비교

분석기법	판단	장점
비용편익 비율	≥ 1	직관적이고, 사업 규모 고려 가능
순현재가치	≥ 0	사업 규모 고려 가능
내부수익률	$\geq r$	사업 수익성 측정 가능

자료: 조숙진 외(2022), p. 175.를 기반으로 저자 수정

각 분석 방법은 강점을 가지고 있으므로, 의사결정자의 판단에 따라 유연하게 활용할 수 있다. 〈표 3-33〉는 세 가지 방법을 비교한 것이다.

1. 비용편익 비율 기준

비용편익 비율은 편익과 비용을 현재가치(PV: Present Value)로 환산 후, 편익을 비용으로 나눈 값이다. 예비타당성조사 단계에서 1.10 ~ 1.15 의 값을 최소 비용편익 비율로 활용하는 경우도 있으나, 실질적으로 편익이 비용보다 더 큰 기준인 1.0 이상이면 최소한의 투자가치가 있다고 판단할 수 있으며, 이는 〈표 3-34〉과 같이 계산된다.[70]

70) 조숙진 외(2022), pp. 172-173.

〈표 3-34〉 비용편익 비율 계산

기호	산식 또는 설명
편익/비용비율(B/C)	$\sum_{t=0}^{n}\frac{B_t}{(1+r)^t}/\sum_{t=0}^{n}\frac{C_t}{(1+r)^t}$
B_t	시점의 편익
C_t	시점의 비용
r	할인율
n	시설사업 내구 연도(분석시간)

자료: 조숙진 외(2022), p. 173.

앞선 두 절의 분석을 기준으로, 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼의 수익, 초기투자비, 운영비의 현재가치는 〈표 3-35〉과 같이 정리할 수 있다(대기시간 10% 감소 기준).

〈표 3-35〉 물류 연계 기반 스마트항만 데이터·정보공유 플랫폼 수익과 비용 현가

(단위: 백만 원)

년도	초기투자비	운영비	수입	현재가치(비용)	현재가치(수익)
0	-3,443	-	-	-5,656	10,521
1	-	-280	1,330		
...	-	-280	1,330		
9	-	-280	1,330		
10	-	-280	1,330		

자료: 저자 작성

이에 따라, 비용편익 비율은 1.86으로 도출되며, 물류 연계 효율화 기반의 스마트항만을 위한 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼은 경제적 타당성을 확보했다고 여겨진다. 대기시간이 5% 감소하면, 이 비율은 0.56, 대기시간 20% 감소를 가정하는 경우 4.46의 비율이 도출된다.

2. 순현재가치 기준

순현재가치는 투자사업에 따른 초기투자비, 운영비, 그리고 편익을 기준년도(현재가치)로 할인한 후, 편익의 합에서 비용의 합을 뺀 값이다. 일반적으로, 순현재가치가 0보다 크거나 같으면, 경제성을 확보한 사업으로 해석될 수 있다. 이는 〈표 3-36〉과 같이 계산된다.[71]

〈표 3-36〉 순현재가치 계산

기호	산식 또는 설명
순현재가치(NPV)	$\sum_{t=0}^{n}\frac{B_t}{(1+r)^t}-\sum_{t=0}^{n}\frac{C_t}{(1+r)^t}$

자료: 조숙진 외(2022), p. 173.

〈표 3-35〉, 〈표 3-36〉을 기반으로, 순현재가치는 대기시간 5% 감소 기준 -24.9억 원, 10% 감소 기준 약 48.6억 원, 20% 감소 기준 약 195.7억 원이 도출된다. 본 연구에서 다루는 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼은 비용편익 비율에서와 같이 경제적 타당성을 확보한 것으로 보인다.

3. 내부수익률 기준

내부수익률은 현재가치로 환산된 비용과 편익이 같아지는 할인율(R)로, 사업에 따른 순현재가치를 0으로 만든다. 즉, 내부수익률이 사회적할인율에 비해 크면, 경제성이 있는 사업으로 판단할 수 있다. 이는 〈표 3-37〉과 같이 계산된다.[72]

71) 조숙진 외(2022), p. 173.
72) ibid, p. 173.

〈표 3-37〉 내부수익률 계산

기호	산식 또는 설명
내부수익률(IRR)	$\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+R)^t} = \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+R)^t}$

자료: 조숙진 외(2022), p. 173.

이에 따라, 내부수익률은 대기시간 5%, 10%, 20% 감소 기준 -15.58%, 28%, 84%로 도출되며, 물류 연계 효율화 기반 스마트항만을 위한 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼은 경제적 타당성을 확보했다고 여겨진다. 앞서 살펴본 비용편익 비율, 순현재가치에 따른 분석에서도 경제적 타당성을 확보했다고 분석됐으므로, 동 사업은 경제적 타당성이 충분하다고 판단된다.

4. 종합

상기한 세 가지의 경제성분석 방법을 활용한 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼의 경제성은 〈표 3-38〉과 같이 요약·정리할 수 있다.

〈표 3-38〉 경제성분석 결과 요약(부산항 신항 5개 터미널 기준 편익)

분석법	대기시간 감소율(%)	결과	경제적 타당성
비용편익 비율	5	0.56	X
	10	1.86	O
	20	4.46	O
순현재가치	5	-24.9(억 원)	X
	10	48.6(억 원)	O
	20	195.7(억 원)	O
내부수익률	5	-15.8(%)	X
	10	28(%)	O
	20	84(%)	O

자료: 저자 작성

분석결과, 대기시간 감소율이 5%일 때는 경제적 타당성이 확보되지 않으나, 10%와 20%를 가정했을 경우 모든 분석법에서 경제적 타당성을 보임을 확인할 수 있다. 동 분석은 부산항 신항 5개 터미널에서의 편익값을 기준으로 도출한 것이기 때문에, 분석 대상을 확장하거나, 보수적으로 선정한 편익항목을 추가로 고려한다면 비용편익분석의 결과가 달라질 수 있다.

04
스마트항만 데이터 공유 플랫폼 구축 정책 및 기대효과

제2장에서 물류 연계 기반의 스마트항만 개념을 파악하고, 이를 성공적으로 구축하기 위해 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼 도입이 필요함을 확인했다. 이에 대한 경제적 투자 가치를 판단하기 위해, 물류 연계를 위한 플랫폼의 비용-편익 분석을 제3장에서 수행했으며, 그 결과 투입 비용 대비 편익이 유의미한 것으로 분석됐다.

물류 연계를 위한 데이터·정보공유 플랫폼 구축이 경제적 타당성을 확보하더라도, 이를 성공적으로 구축하기까지는 많은 과제와 난관이 있다고 여겨진다. 이와 같은 인식을 보여주는 단적인 예는 해양수산부, 해양수산과학기술진흥원이 발주, 한국해양수산개발원 주관으로 지난 2022년 4월에 시작해 2025년 12월까지 수행 예정인 『항만물류체인 디지털 인프라 기반 기술개발』 과제다.[73] 동 과제는 연구개발 과제임에도 불구하고 항만·물류 이해관계자 거버넌스 협의체를 구축·운영하고, 데이터 수집과 활용 관련 정책을 제언하는 비(非)개발적 내용을 포함한다. 이는 데이터·정보공유 플랫폼 구축을 위한 정보시스템, 인공지능 기술도 중요하지만, 플랫폼에 수집·저장될 양질의 데이터를 이해관계자로부터 확보하고 관련 정책을 정비하는 것이

73) 동 과제의 연구책임자는 본 연구의 책임자(한국해양수산개발원 서정용 부연구위원)와 동일

물류 연계 플랫폼 사업의 핵심으로 인식하기 때문이다.

원활한 데이터 수집은 물류 연계 데이터·정보공유 플랫폼의 성공적 도입을 위한 선행 조건임과 동시에, 안정적 운영을 위한 후행 조건이기도 하다. 즉, 원활하고 안정적인 데이터·정보 공유 및 활용 환경을 조성하기 위해 어떤 이행과제가 필요하고, 이를 성공적으로 수행하기 위한 전략이 무엇인지 확인할 필요가 있다.

이에 대응하기 위해, 본 장의 제1절에서는 항만물류 이해관계자가 제시한 물류 연계 기반의 스마트항만에 활용할 플랫폼을 도입하는 과정에서 우려되는 애로사항을 제시한다. 제2절에서는 도출된 애로사항을 기반으로 연구진 브레인스토밍과 전문가 및 이해관계자 인터뷰를 통해 고안한 정책과제 후보군을 설명하고, 해양수산부 담당과 사무관과 두 차례의 정책협의회를 통해 정제된 이행 대상 정책과제를 소개한다. 제3절에서는 이행된 도출과제를 성공적으로 수행하는 상세 이행방안을 소개하고, 제4절에서는 본 연구에서 제시하는 플랫폼 구축과 정책대안을 통해 얻을 수 있는 정책적, 기술적 기대효과에 대해 설명한다.

제1절 물류 연계 플랫폼 도입 애로사항 도출

앞서 소개한『항만물류체인 디지털 인프라 기반 기술개발』연구개발 과제는 스마트항만에 도입될 물류 연계 플랫폼의 원활한 도입을 위해 항만·물류 이해관계자의 데이터·정보공유와 활용을 독려하는 거버넌스 협의체를 운영하는 내용과 데이터 수집을 위한 정책연구를 포함한다. 거버넌스 협의체 역할은 물류 데이터 수집과 정보 공유·활용에서의 애로사항을 수집하고 해결

방안을 모색하는 토론의 장을 제공하는 것이다. 이는 본 연구과제에서 물류 연계 플랫폼 도입을 위한 정책과제(해결방안) 도출과 일맥상통한다고 볼 수 있다.

본 절에서는 이해관계자의 데이터 수집과 정보 활용에 대한 애로사항을 도출하고, 이들을 분류해 정책적 접근이 필요함을 확인한다. 애로사항은 상기한 선행 연구개발 과제에서 수집한 설문과 본 연구에서 추가로 수행한 인터뷰 내용을 취합하고, 유사 의견을 통폐합하는 과정을 거친 후, 전문가 검토를 받아 최종적으로 도출됐다.

1. 이해관계자 집단 정의

애로사항 수집을 위한 이해관계자 집단을 선정하기 위해서는 의견 조회의 목적성과 집단에 대한 대표성을 고려해야 한다. 의견 조회의 목적은 항만·물류 데이터·정보공유 플랫폼의 원활한 관리와 운영에 있다. 더욱 상세히 언급하면 데이터 제공·수집을 위해 어떤 애로사항이 있고, 해결방안이 무엇인지 청취하기 위함이다. 정보 활용보다는 수집에서의 애로사항과 해결방안이 핵심인 이유는 플랫폼에 유의미한 정보가 쌓이면 이에 대한 활용을 마다하지는 않기 때문이다. 전수조사가 현실적으로 불가능하므로 적어도 해당 업계를 대표할 수 있는 기업 관계자를 대상으로 인터뷰를 수행해야 대표성을 확보할 수 있다.

상기한 기준에 따라 선정된 이해관계자 집단은 선사와 운영사, 운송사, 그리고 포워더이다. 이는 데이터 전달에 있어 중간자(예: 정보중계사업자)는 데이터에 대한 소유권이 낮아 현시점에서는 데이터 제공 여부를 자체적으로 결정할 권한이 없기 때문이다. 이에 따라 제1선에서 데이터를 제공하는 집단으로 의견 조회 대상을 제한했다.

〈표 4-1〉 물류 정보 연계 플랫폼의 성공적 도입·활용을 위한 의견 조회 대상자

영역	업종	업체	상세업무	직급
해상	선사	고려해운(주)	경영관리	상무
		HMM	전략기획	부장
		HMM	IT 운영	팀장
		HMM	IT 솔루션개발	팀장
항만	운영사	PNC(부산)	IT 전반	이사
		HJNC	운영 전반	팀장
		PNIT	IT 전반	팀장
		동원글로벌터미널	IT 전반	과장
		HJNC	기획	대리
육상	운송사	베스트 인터내셔널	경영관리	상무이사
		효진상운(주)	운영 전반	과장
전반	포워더	맥스피드	운영 전반	소장

자료: 저자 작성

『항만물류체인 디지털 인프라 기반 기술개발』 연구개발 과제의 거버넌스 협의체의 목적은 상기한 바와 같이 본 연구에서의 의견 수렴 목적을 포함한다. 이에 따라, 같은 대상에게 같은 질문을 반복적으로 해야 하는 상황에 노출됐으며, 응답자의 피로를 줄이기 위해 거버넌스 협의체에서 도출한 설문자료[74]를 정리·가공하고, 이를 기반으로 추가 의견조회(인터뷰)[75]를 수행했다. 의견조회 대상은 각 기업의 의사결정권자(임원급)이거나 실무 책임을 담당하는 전문가에 해당한다(표 4-1).

2. 애로사항 분류

『항만물류체인 디지털 인프라 기반 기술개발』 과제에서의 항만물류 이해관계자 인터뷰와 설문 결과는 ① 정제되지 않은 원문의 형태로 기록되어

74) '22년 10월부터 11월까지 이해관계자 의견 수렴
75) '23년 3월 10일, 6월 28일

있고, ② 유사한 답변이 통합되지 않아 중복성이 있으며, ③ 의견이 애로사항으로 명확히 구분되지 않아 연구진의 수정 및 보완이 필요했다. 이에 따라, 추가로 수행한 의견조회 결과를 취합해 의견 조회 대상자가 제시한 애로사항을 정리하고, 각각에 애로사항 항목에 대해 식별자를 부여했다. 식별자는 향후 도출된 정책대안과 애로사항 사이 가시성을 확보하기 위해 부여했다.

1) 외부제재

먼저, 외부제재 측면에서는 자사 상위 공급망으로부터의 간섭과 법에 따른 제재를 우려하고 있다. 항만물류 분야는 복잡한 공급망 아래 다양한 이해관계자가 연결돼 있고, 각 이해관계자는 자신의 데이터 또는 정보를 경쟁력 유지를 위한 핵심 자산으로 여기는 경우가 대부분이다. 이에 따라, 데이터를 제공하는 기관보다 상위 공급망에 있는 기업, 즉 계약에 따라 갑의 입장에 놓인 기업은 하위 공급망에 있는 기업이 자사의 데이터를 제공하는 행위를 통제하려고 할 수 있다. 특히, 중소기업은 이와 같은 상황에서 자유롭지 않은 경우가 많다.

또한, 데이터 제공 및 공유와 정보 가공 과정에서 개인정보나 기업의 사적 데이터를 다룰 수 있으므로, 법률적 제약과 규제로부터 자유롭지 않다. 예를 들어, 『개인정보 보호법』과 같은 데이터 보호법은 개인정보의 유출이나 오용, 남용으로부터 개인의 비밀을 보호하기 위한 사항을 포함한다. 만약, 항만물류 이해관계자들이 데이터를 제공하거나 공유할 때 이러한 법률을 위반하면, 금전·비금전적 제재나 처벌을 받을 수 있으므로 법에 따른 제재에 대한 우려가 생기게 된다.

2) 자사역량 노출

둘째로 자사 역량 노출에 대해, 데이터 제공이 제공자의 이익에 반하는 결과를 가져올 수 있음을 우려하고 있고, 이는 핵심정보와 노하우가 유출될 수 있기 때문이다. 기업의 경쟁우위는 이들의 핵심 정보와 노하우에 의해 결정되는 경우가 대부분이며, 잠재적 고객사에 자사의 강점을 표현하고, 이를 통해 고객사를 확보, 영업이익을 창출하는 과정에서 핵심정보와 노하우가 중요한 역할을 한다. 만약 핵심정보와 노하우가 외부로 유출될 경우, 기업은 중·장기적으로 경쟁력을 잃거나 이에 따라 영업이익이 악화될 수 있다. 플랫폼이 해킹을 당해 민감한 정보가 유출되는 경우, 이에 대한 파장은 매우 치명적일 수 있으며, 데이터 관리에 대한 규정이나 통제가 명확하지 않거나 부족하다면 이해관계자의 이러한 우려는 당연한 것으로 볼 수 있다.

또한 데이터를 제공하게 되면 동종 업계에 서비스 수준이 노출될 수 있고, 이에 따라 영업 측면에서도 피해가 발생할 수 있어 데이터 제공에 호의적이지 않을 수 있다. 기업이 제공하는 데이터에 의해 해당 기업의 서비스 수준[76]이 노출될 수 있고, 이는 작업의 신뢰성이나 가격, 비용, 서비스 속도 등 핵심적인 역량이 포함될 가능성이 높다, 이와 같은 정보가 공개되면 경쟁 기업은 이를 참고해 자사의 서비스를 개선할 수 있고, 이에 따라 기존에 경쟁우위를 가진 기업은 그 우위를 상실해 영업 측면에서 피해를 입을 수 있다.

또한, 유출된 정보가 자사와 고객과의 계약 정보(예: 서비스 수준, 가격)에 해당한다면, 고객과의 신뢰가 위협받을 수 있다. 이에 따라 고객사는 더 나은 서비스 수준 또는 더 낮은 가격을 요구하거나, 극단적인 경우 경쟁 업체로 이동할 가능성도 있다. 고객사의 데이터를 안전하게 관리하는 것은 계약 관계에서 필수조건에 해당하므로, 상호 신뢰가 무너지면 현재 고객사

76) 핵심 정보 중 일부일 수 있으나, 고객과의 접점에 존재하는 핵심 정보로 구분

뿐 아니라, 향후 고객사를 확보하고 사업을 확장하는 데 어려움을 겪게 할 것으로 예상된다.

3) 고객사 피해

자사 역량 노출에 따른 자사의 피해 외에, 고객사 피해를 우려하는 목소리도 크다. 먼저, 고객 데이터 유출에 따른 고객사로의 직·간접적인 피해를 걱정하고 있다. 고객 데이터 대부분은 민감한 정보로 간주되고, 그들과 데이터 제공업체 간 업무 계약 내용이나 금액, 거래와 관련한 세부 사항이 포함될 수 있다. 이러한 데이터와 정보가 외부나 경쟁사로 유출된다면, 고객사 역시 경쟁력을 잃거나 상업적 손실이 발생할 가능성이 높다.

또한, 고객 정보가 유출되지 않더라도 제공하는 행위 자체가 고객사 입장에서는 호의적인 행위로 볼 수 없다는 의견이 있다. 이는 상기한 바와 같이, 잠재적인 데이터와 정보 유출이 고객사 입장에서 매우 치명적일 수 있기 때문이며 고객사는 자신의 민감한 정보가 제3자와 공유되지 않도록 엄격하게 관리하고 싶을 것이다.

4) 과부하

네 번째 항목인 과부하 측면에서는 작업 또는 노동 측면에서의 과부하와 데이터·정보 통신과 전산 측면(시스템)의 과부하를 우려하고 있다. 같은 데이터를 여러 기업과 기관에 중복해 제공하는 것은 단순한 업무 중복일 수도 있으나, 이 외에 다양한 업무 부하를 가져올 수 있다. 먼저, 데이터 수집과 처리에 관한 복잡성으로 인해 작업 측면에서 부하가 발생할 수 있다. 공유 플랫폼으로 데이터를 제공하기 위해서는 각 기업이나 기관이 보유한 원시데이터를 정제하고 변환하는 과정이 추가로 요구될 수 있다. 이는 기존 전산 담당 직원에 의해 수동으로 수행될 수 있으며, 데이터가 정형화되지

않거나[77] 복잡한 형식으로 관리되는 경우 많은 인적 자원이 장기간 투입돼야 하므로 기업에 큰 부담이 될 수 있다.

더욱 자세히 언급하면, 데이터 공유를 위한 전처리 작업은 전산과 보안 관련 전문 지식과 기술이 필요하다. 기존 시스템과 호환되는 형식의 데이터를 준비하고, 데이터 품질을 제고하며, 서비스와 보안 요구 사항을 충족시키는 등의 작업은 전문인력의 지속적인 관리가 필요할 수 있으며, 이는 인력 부족 문제를 초래할 수 있다. 또한, 데이터를 지속해서 공유하려면 중·장기적인 유지보수와 모니터링이 필요하다. 변화하는 환경에 유연하게 대처하는 데이터 구조와 시스템 업데이트, 오류 관리 등 끊임없는 작업을 필요로 하게 되며, 이에 따른 인력 요구가 계속될 가능성이 높다. 특히, 중소기업의 경우 전산이나 데이터 관리 부서, 인력이 제한적일 수 있으므로 기존 직원들에게 추가 업무 부하가 가해질 수 있다.

상기한 우려는 결국 데이터·정보 공유 플랫폼이 상당한 양의 데이터를 수집, 가공 및 처리, 정보 전송을 해야 하기 때문으로 볼 수 있다. 다양한 이해관계자가 상당한 양의 데이터와 정보를 주고받는 과정에서, 시스템 자원이 과도하게 사용되고, 이에 따라 응답에 지연이 생기며 극단적인 경우 서비스가 일시적으로 중단될 수 있다. 이와 같은 과부하는 기업의 일상적인 업무에 지장을 줄 수 있으며, 업무의 정시성이나 신뢰성, 고객 만족도 등에 악영향을 줄 수 있다.

5) 비용

다섯 번째로, 데이터 제공을 위한 시스템이나 네트워크 등 초기 투자비용과 데이터·정보공유 플랫폼의 잠재적 사용료에 대한 부담을 느끼고 있다.

77) 비정형 데이터

먼저, 이해관계자 입장에서 데이터 제공을 위한 초기 투자비용은 다양한 측면에서 발생한다. 기본적인 시스템 구축을 위한 서버와 워크스테이션 등의 하드웨어, 이에 활용되는 소프트웨어와 통신 인프라가 필요하며, 이는 엄청난 비용을 유발할 수 있다. 또한, 데이터와 인프라 관리에 필요한 지식과 기술을 갖춘 전문 인력의 고용이나 교육 비용 역시 초기 투자 비용의 일부가 될 수 있다. 더불어, 데이터 유출을 방지하기 위해 행해지는 여러 가지 보안 조치와 관련한 투자가 요구될 수 있다.

이해관계자들이 데이터를 제공·공유하기 위한 투자비용 외에, 플랫폼 구축 이후 정보의 가격, 즉 플랫폼 사용료 역시 데이터 제공을 꺼리는 이유 중 하나로 조사됐다. 아직 항만물류 분야의 데이터·정보공유 플랫폼이 어떤 가격정책으로 서비스를 제공할지 일관적·가시적이지 않으므로, 이해관계자는 플랫폼 사용과 관련된 구독 비용, 정보 구매 건당 비용 등이 발생할 것을 우려하고 있다. 특히, 활용할 데이터가 많은 기업이나 기관에서는 이와 같은 걱정이 두드러질 것이다. 결국 획득하는 정보에 따른 기업의 잠재적 이익을 파악해야 하지만, 무형의 정보가 기업에 가져올 이익을 추정하는 것은 중소기업뿐 아니라, 대기업이나 기관에서도 매우 어려운 일이다. 이와 같은 우려는 자칫하면 데이터 제공뿐 아니라 플랫폼의 필요성에 대해서도 의문을 불러일으킬 수 있다.

6) 데이터 공개범위

여섯 번째로, 각 이해관계자가 다른 이해관계자별로 어느 정도 범위의 데이터를 공개할지 협의가 이루어지지 않은 채 데이터와 정보를 공유하는 데 동의하는 것은 쉽지 않다는 의견이 있다. 이는 앞서 설명한 바와 같이, 기업이 소유한 데이터는 경쟁력과 직결되는 정보(예: 경영 전략, 가격 정책, 노하우)이므로 사전에 데이터 공개범위를 명확히 하지 않는다면 기업이 데이터를 제공하는 것은 어려운 일이다.

또한, 공개범위 협의 없는 데이터 제공·공유는 기업이나 기관 간 신뢰를 저해할 수 있고, 향후 중·장기적인 데이터·정보공유 플랫폼 운영의 성공 가능성을 낮출 위험이 있다. 그리고, 기관별 제공이 가능한 데이터와 수요자가 원하는 데이터의 범위와 세부 사항 수준이 다를 수 있다. 이에 대해 충분한 논의와 조율이 없다면, 이해관계자들의 데이터 제공과 공유 활성도, 플랫폼 효율성과 만족도가 낮아져 물류 연계 기반 스마트항만 구축이 어려워질 수 있다.

7) 표준화

일곱 번째로, 표준화와 관련한 우려가 있다. 현재 기업 간 내부 관리 및 운영 시스템, 데이터 항목별 코드와 용어 등을 표준화하거나 통일하지 않아 데이터를 제공한다고 해도 이를 활용하는 것이 쉽지 않으리라는 것이다. 만약 항만물류 분야의 다양한 기관과 기업이 데이터를 표준화하거나 통일하고자 한다면, 수많은 논의와 인적자원, 자본이 투입돼야 한다. 표준화가 되지 않은 상태에서 데이터를 수집·처리하고자 한다면 시스템 간 호환 문제가 발생할 수 있고, 이로 따라 데이터 전송과 분석이 어려울 수 있다. 예를 들어, 선박 식별자의 경우 터미널 운영사와 항만공사 간 다른 형식으로 관리되고 있고, 이를 변환하는 과정에서 오류(예: 데이터 정합성 오류)가 발생할 수 있으며, 결과적으로 물류 전반의 효율성과 정확성이 낮아질 수 있다.

또한, 표준화하는 과정에서 각 이해관계자의 특성과 필요에 맞게 데이터를 가공하는 추가 작업이 발생할 수 있고, 작업 실수나 지연이 발생하면 영업피해가 발생할 가능성 또한 내포하고 있다. 이와 같은 이유로, 표준화를 거치지 않은 시점에 이해관계자로부터 데이터를 제공받는 것은 쉽지 않을 수 있다.

8) 실효성

여덟 번째로는 데이터를 공유한다고 해도, 실효성 있는 정보를 생성해 제공할 수 있을지 우려를 표하고 있다. 일부 이해관계자는 현재도 각 기업이 충분한 정보를 획득하고 있다고 판단하고 있었고, 플랫폼에 의한 정보 활용에 대한 실효성이 검증된 바 없음을 지적했다. 여러 기관과 기업이 데이터를 제공한다고 하더라도, 이를 유의미한 정보로 변환해 활용하기 위해서는 별도의 작업이 소요될 수 있다. 특히, 이해관계자별 관리·활용·요구하는 데이터는 형식(숫자, 문자열 등), 범위, 품질 수준이 다를 수 있으므로, 충분한 계획과 협의 없이 유의미한 정보가 도출된다고 보기 어렵다.

또한, 이해관계자 인터뷰 내용과 같이, 그들은 업무 처리를 위해 다양한 방법으로 충분한 정보를 획득하고 있다고 판단할 수 있다. 이러한 인식으로 인해, 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼에서 이해관계자의 생산성이나 경쟁력을 획기적으로 개선할 수 있는 정보가 공유되지 않는다면, 기업이 정보 유출 등의 위험을 안고 데이터를 제공할 이유가 없을 것이다. 즉, 객관적이면서도 명확한 편익 없이는 데이터 제공에 대해 부정적 태도를 가지는 것이 당연할 수 있다.

또한, 플랫폼 구축사업이 난립하고 있는 현실에서, 플랫폼별 데이터 활용률이 높지 않다는 우려가 존재한다. 이에 대해서는 지난해부터 이해관계자뿐 아니라 해양수산부 스마트해운물류팀에서도 『수출입 물류 항만-내륙연계 기술개발』[78] 연구개발과제 연구진에 여러 차례 전달한 바 있다. 다양한 부처와 공공기관에서 추진하고 있는 플랫폼 사업은 사전에 긴밀한 협의가 다소 부족한 상황에서 발주·진행된 바 있고, 이에 따라 데이터 수집 행위나 플랫폼에서 제시하는 서비스가 일부 중복된다는 것이다. 또한, 상호

78) (前) 『해운-항만-운송기업간 물류연계 최적화』 과제로, 『항만물류체인 디지털 인프라 기반 기술개발』의 모(母)과제

연계 서비스를 고려하지 않고 독립적으로 플랫폼 사업이 진행되다 보니 항만물류 분야 플랫폼 전반의 시너지와 이를 통한 효율성을 제고하기 어렵다고 볼 수 있다. 이는 곧 데이터 활용률 저하로 이어질 가능성이 높다.

추가적으로, 다양한 플랫폼에서 제공하는 정보나 서비스를 비교하며 선택하는 과정은 사용자 입장에서 매우 복잡하고 시간 소모적일 수 있으며, 결국 실질적인 데이터 활용률이 저하될 가능성이 있다. 이에 대한 우려로 인해 이해관계자는 데이터를 제공하는데 회의적일 수 있다.

9) 불균형

아홉 번째, 데이터 제공과 정보 활용에 대한 불균형, 그리고 대기업과 중소기업 간 불균형에 대한 우려가 있다. 전자의 경우, 특정 기업이 자사가 보유한 데이터 상당수를 제공하는 반면 플랫폼으로부터 유의미한 정보를 거의 얻지 못한다면, 이 기업은 데이터 제공에 대한 필요성을 인식하지 못한다는 것이다. 또한, 해당 기업이 자사가 보유한 데이터 가치를 매우 높게 평가하는 경우, 플랫폼으로부터 받는 대부분의 정보와 서비스에 대해 만족하지 못할 가능성이 높다. 게다가, 공유한 데이터를 제3의 기업이 활용해 상업적 이익을 창출하게 되는 경우, 데이터 제공 기업이 박탈감을 느낄 수 있다.

후자의 경우, 대기업이 중소기업에 비해 데이터 처리 관련 자원과 인력이 풍부하므로, 플랫폼 도입으로 인한 항만물류 업계의 변화에 더욱 적절히 대처할 수 있고, 이에 따라 대기업과 중소기업의 격차가 더 벌어질 것을 우려하고 있다. 또한, 중소기업이 제시하는 데이터는 몇 안 되는 자사의 핵심 데이터 중 하나일 수 있어 제공에 더욱 큰 부담을 느끼고, 이러한 데이터가 유출되는 경우 대응하는 능력 또한 대기업에 비해 제한되므로 데이터 제공에 호의적이지 않을 수 있다.

그리고, 중소기업은 데이터와 정보공유의 혜택을 상대적으로 누리기 어려울 수 있다. 정보를 효과적으로 활용하기 위해서는 업계와 외부 환경 등 다양한 측면에서의 분석과 시장 파악, 정보활용 전략 수립 등 복잡한 업무를 수행해야 하는데, 중소기업에게 이와 같은 업무는 큰 부담이 될 수 있으며, 결과적으로 데이터 제공에 따른 정보공유로부터 얻는 이익이 대기업에 비해 상대적으로 적을 수 있다.

10) 종합

상기한 아홉 가지 애로사항을 요약하면 〈표 4-2〉와 같다.

〈표 4-2〉 의견 조회 대상자가 제시한 애로사항

식별자	항목	응답내용
P1	외부제재	• 자사 상위 공급망으로부터의 간섭과 법적 제재가 우려됨
P2	자사역량 노출	• 핵심 정보, 노하우 등이 유출될 수 있음 • 동종 업계에 서비스 수준이 노출되므로, 영업 피해 발생이 우려됨
P3	고객사 피해	• 고객 데이터 유출에 따라 고객사로의 피해가 우려됨 • 실제로 고객 정보 유출이 없어도, 제공 자체만으로 고객사가 불만을 표현할 수 있음
P4	과부하	• 같은 데이터를 다른 사업이나 기관에 중복 제공하고 있어 업무 부하가 생김 • 데이터 제공에 따른 정보시스템 과부하가 우려됨
P5	비용	• 데이터 제공을 위한 시스템, 네트워크 등 구축비용과 사용료에 대한 부담을 느낌
P6	데이터 공개범위	• 데이터 공개 범위에 따라 정보유출과 활용성이 상충되는데, 적절한 데이터·정보공유 범위가 명확하지 않음 • 유용한 데이터는 공개하기가 꺼려질 것임
P7	표준화	• 기업마다 다른 시스템, 코드나 용어 통일이 되지 않아 혼란이 예상됨
P8	실효성	• 플랫폼에 의한 데이터 제공, 정보 활용 등에 대한 실효성이 검증된 바 없음
		• 현재도 개별적으로 충분한 정보를 획득하고 있음

식별자	항목	응답내용
P8	실효성	• 플랫폼 구축사업이 난립해 플랫폼별 데이터 활용률이 높다고 볼 수 없음
P9	불균형	• 이러한 환경변화가 대기업 대비 중소기업에 불리할 것으로 예상됨
		• 데이터 제공이 정보 활용에 비해 많은 기업은 데이터 제공에 소극적일 수밖에 없음

자료: 홍창우·배정준(2023.5.17.) 자문자료 및 고려해운(주) 등 9개 기업 관계자(2023.3.10., 2023.6.28.; 대한민국 부산) 기반 저자 작성

애로사항은 다른 수준에 있는 항목이 혼재하고, 연관·의존성이 있는 애로사항 역시 존재한다. 가령, 과부하는 결국 인적·물적자원 소요를 가져오므로, 비용에 포함되는 애로사항으로 볼 수 있음과 동시에 연관·의존성이 있는 것으로도 볼 수 있다. 다만, 애로사항 수준과 포함관계 등을 고려 시 이해관계자가 전하는 의견을 의도 그대로 담기 어렵다고 판단했으므로, 본 연구에서는 이해관계자가 제시하는 의견을 군집화하는데 초점을 두었다.

제2절 정책 이행과제 도출

제1절에서는 『항만물류체인 디지털 인프라 기반 기술개발』 연구개발 과제에서 2022년 10월부터 11월까지 수집한 항만물류 이해관계자 인터뷰 및 설문 기초조사 자료, 그리고 '23년 2회에 걸친 거버넌스 협의회에서의 인터뷰 내용을 바탕으로 항만물류 데이터를 생성·제공할 수 있는 이해관계자가 느끼는 애로사항을 요약·제시했다. 본 절에서는 상기한 거버넌스 협의회에서 정부·공공기관·기업 관계자가 언급한 애로사항 해결방안을 기반으로 정책 이행과제 후보군을 브레인스토밍 및 전문가 자문을 통해 도출한다. 이후, 정책협의회를 거쳐 선별된 정책 이행과제를 상세하게 소개한다.

1. 정책 이행과제 후보군 선정

상기한 애로사항을 기반으로 연구진 브레인스토밍, 전문가 자문을 통해 도출한 정책 이행과제는 〈표 4-3〉과 같이 정리할 수 있다. 본 세부 절에서는 각 정책과제 후보가 선정된 이유와 주요 내용을 간략히 소개한다. 애로사항을 해결 자체에 집중했기 때문에, 정책 이행과제 후보 간 연관성과 중복성이 있을 수 있으며 후보의 구체성(수준)이 다를 수 있다.

〈표 4-3〉 정책과제 후보와 애로사항 매칭

식별자	정책과제 후보	관련 애로사항
S1	데이터 보안 강화	• P1, P2, P3
S2	법적 가이드라인 및 규제 마련	• P1 – P3, P6 – P9
S3	데이터 공유 실효성 검증 및 홍보	• P8
S4	데이터 제공과 정보 활용의 균형 지원	• P9
S5	유사플랫폼 사업 통합 및 연계	• P4, P8
S6	원시데이터 관리 조직 설립	• P1, P2, P3, P4, P7, P8
S7	실행력과 지속성을 갖춘 데이터 거버넌스 조직 발족	• P1 – P9
S8	데이터 제공에 대한 실질적 인센티브 제공	• P5, P9

자료: 저자 작성

1) 데이터 보안 강화

데이터 보안 강화는 이해관계자가 데이터 제공을 꺼리는 대표적 이유인 '핵심 정보 유출'에 대한 직접적인 해법으로 볼 수 있다. ① 상위 공급망에 있는 기업이 데이터 제공 업무를 행하는 하위 공급망에 있는 기업에 대해 간섭하는 정도를 일정 수준 해소하는데 도움을 줄 뿐 아니라, ② 자사의 핵심 정보와 노하우, 서비스 수준이 노출됨을 방지하고 ③ 고객사의 불안을 해소하는데 기여할 수 있다.

동 정책대안의 핵심은 크게 세 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 민감한 데이터와 정보가 전송이나 저장, 공유 과정에서 필요한 시점에 암호화되도록 하고, 이들이 유출되지 않도록 접근 제어 시스템을 요구하는 지침이 마련돼야 한다. 대칭키 또는 비대칭키 암호화를 통해 변환된 데이터를 해독하기 어렵게 만들고, 웹 통신을 암호화하는 프로토콜을 적용하도록 한다. 또한, 접근에 대해 사용자의 신원을 확인(인증)하고, 인증된 사용자가 어떤 데이터와 정보에 접근할지 결정(인가)한다. 민감한 데이터를 조회하거나 다운로드하는 사용자의 모든 활동을 모니터링하고 이력을 기록해 문제가 발생하는 순간 즉각적인 대응을 가능하게 하고, 문제 발생 이후에도 이를 해결할 수 있는 체계를 갖춰야 한다.

둘째, 상기한 데이터 관리 및 보안 체계를 이행할 수 있는 전문인력 채용과 변화하는 보안 위협 환경에 대응할 수 있도록 지속적인 교육 프로그램을 제공해야 한다. 기술적 측면뿐 아니라, 도덕적 해이를 방지하기 위한 윤리교육 체계를 마련해 이해관계자의 신뢰를 지속해서 확보하는 전략 수립이 필수적이다.

셋째, 사적 데이터를 수집, 관리 및 활용하는 기관이나 기업에 대해 법률과 규정이 엄격히 준수될 수 있도록 지속해서 관리해야 한다. 항만·물류 산업에서는 장기간 영업을 지속해온 이해관계자 간 계약 관계에서 이미 데이터 보안에 대한 서약이 존재하고, 이는 상호 신뢰를 기반으로 한다. 이에 반해, 데이터·정보공유 플랫폼 사업을 수행하는 기관, 업체의 경우 업계 경력이 길지 않을 수 있고 이에 따라 이해관계자로부터 신뢰성 확보가 필요할 수 있다. 법률과 규정이 엄격히 준수될 수 있도록 정책 차원에서 관리하는 행위는 이와 같은 신뢰성을 확보하는 데 큰 도움이 될 것이다.

2) 법적 가이드라인 및 규제 마련

법적 가이드라인 및 규제 마련은 정부 부처와 공공기관, 그리고 항만·물류 이해관계자가 경험이나 감이 아닌 명문화된, 그리고 공인된 가이드라인과 규제에 따라 데이터를 공유하고 활용케 하는 정책대안 후보이다. 이는 제공 데이터 유출 방지에 대해 신뢰성을 높인다는 측면에서 앞서 언급한 데이터 보안 강화 정책대안과 매우 유사하지만, 어떤 내용을 가이드라인과 규제에 담는지에 따라 매우 포괄적인 대안이 될 수 있다. 본문에서는 〈표 4-2〉에서 요약된 애로사항 중 과부하(P4)와 비용(P5) 항목을 제외한 애로사항을 해결하기 위한 것으로 정의했다.

이에 따라, 동 정책대안 후보의 주요 내용은 크게 세 가지로 구성될 수 있다. 첫째, 데이터 공유와 활용에 관한 표준화된 업무 가이드라인을 마련함으로써 이해관계자의 규모나 계약 관계에 상관없이 같은 규정에 따라 데이터를 공유하고 활용할 수 있도록 한다. 이는 데이터 제공자뿐 아니라 상위 공급망에 위치한 기업, 고객사에 데이터 활용 전반의 신뢰성을 제고하도록 한다. 또한, 중소기업을 보호하는 일종의 장치로 활용될 수 있다(P1, P2, P3, P9 대응).

둘째, 제공된 데이터에 대한 소유권과 정보의 저작권, 그리고 활용에 대한 책임과 의무, 사적 데이터 보호 등에 대한 법적 가이드라인과 규제를 마련하고, 이를 부처, 기관과 이해관계자에 적극적으로 알린다. 이는 데이터 활용과 이해관계자에 대한 신뢰성을 제고해 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼을 활성화하도록 하고, 이를 통해 궁극적인 스마트항만 달성을 지원할 것이다(P1, P2, P3, P6 대응).

셋째, 이해관계자의 의견이 좁혀지기 어려우며 공공부문이 지원할 수 있는 영역인 표준화, 플랫폼 통합·연계와 관련해 정부주도의 가이드라인을 제시한다. 특정 기업이 활용하는 시스템이나 용어, 코드로 통일할지 아니면

신규 기준을 마련할지 정하고, 플랫폼별 구축 담당자와의 협의를 통해 플랫폼 신규 발주나 기존 사업을 통합, 연계하는 가이드라인을 제시한다(P7, P8 대응).

3) 데이터 공유 실효성 검증 및 홍보

데이터 공유 실효성 검증과 홍보는 항만·물류 데이터 제공에 따른 정보 공유의 편익과 효과를 객관적으로 파악·검증하고, 이를 홍보하는 정책 대안으로, 앞서 도출된 애로사항 중 실효성(P8)에 대응한다. 동 대안의 핵심 내용은 다음 세 가지로 요약할 수 있다.

첫째, 데이터 공유의 실효성과 이를 통한 스마트항만에서의 물류 연계 효율화를 객관적으로 분석한다. 관련 분야의 전문성이 있으며, 공공성을 가진 국책 연구기관이나 이해관계로부터 상대적으로 자유로운 학계 전문가를 통해 깊이 있는 분석을 수행한다. 데이터 공유에 드는 비용과 금전적 편익, 비금전적 효과를 파악해 실효성을 객관화한다.

둘째, 향후 특정 플랫폼에 관한 성공 사례가 발견된다면, 이를 모범 사례로 지정하고, 적극적인 홍보를 수행한다. 이는 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼의 실효성에 대한 우려를 낮추는 데 도움을 주고, 지속해서 이해관계자가 데이터를 제공하게 하는 동인이 될 수 있을 것이다. 이와 같은 활동은 데이터 공유에 대한 긍정적인 이미지를 구축하고, 실제 업무에 어떻게 활용되고 있는지 보여주는 역할을 하게 될 것이다.

셋째, 홍보 대상을 선정하고, 대상별 적절한 홍보전략을 수립한다. 공유된 데이터를 직접적으로 활용할 수 있는 정부와 공공기관, 그리고 기업의 특성을 파악하고, 그 조직의 비전과 목적에 부합하는 홍보전략을 수립한다. 예를 들어, 정부 부처의 경우 공유된 정보를 활용해 객관적이고 신뢰도 높

은 정책을 수립할 수 있고, 이와 같은 정책적 개선 방향을 중심으로 홍보를 수행할 수 있다. 민간의 경우, 이들이 창출할 수 있는 부가가치와 그 규모를 객관적 분석을 토대로 소개함으로써 데이터·정보공유 생태계로의 참여를 유도해 물류 연계 효율화, 스마트항만 구축에 이바지하도록 한다.

4) 데이터 제공과 정보 활용의 균형 지원

데이터 제공과 정보 활용의 균형을 지원하는 정책대안은 특정 이해관계자가 일방적으로 데이터를 제공 또는 정보를 공유받아 기여자와 수혜자가 극단적으로 구분되는 것을 방지하기 위한 대책이다. 이는 앞서 언급한 애로사항 중 불균형(P4)을 해소하기 위해 도출됐다.

동 정책대안을 실현하기 위한 주요 내용은 다음 세 가지로 요약된다. 첫째, 데이터 제공자를 우대하는 정책을 제시한다. 이는 후술할 '데이터 제공에 대한 실질적 인센티브 제공'에 해당한다. 간략히 언급하면, 스마트항만 물류 연계 플랫폼으로 데이터를 제공하는 이해관계자에게 금전적 또는 비금전적 혜택을 제시하는 것이다. 대표적으로 서버나 통신 등 플랫폼과 연계하기 위해 드는 비용을 지원하거나, 각종 세금 인하와 저금리 대출이 이에 해당할 수 있다. 동시에, 각종 기업 인증(예: 우수물류기업 인증) 시 가점을 부여하는 방안이나 규제 완화 등이 비금전적 우대 정책에 해당할 수 있다.

둘째, 상기한 혜택을 받기 위해 행해질 수 있는 무분별한 데이터 제공을 방지하기 위해 데이터 품질을 관리한다. 일부 이해관계자가 인센티브 획득을 위해 데이터 제공 행위에만 초점을 두고, 소량의 데이터 또는 활용성이 낮은 데이터를 제공할 여지가 있다. 이를 방지하기 위해, 제공되는 데이터에 대한 품질 관리 체계를 수립하고, 유의미하고 신뢰성 높은 데이터가 풍부하게 수집·관리될 수 있도록 한다.

셋째, 수집된 데이터를 활용하는 이해관계자의 조건을 명확히 수립한다. 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼의 가격 정책이 수립되지는 않았으나, 만약 사용료를 부과한다면 데이터 제공 여부에 따라 차별화된 가격 정책을 활용할 수 있다. 또한, 데이터 활용을 요청한 기관의 설립 목적이나 특성, 데이터 요청 목적 등을 기반으로 요청자를 검증하는 체계를 수립해 데이터 제공자가 피해를 받지 않도록 한다.

상기한 내용은 결국 데이터 제공과 활용에 대한 가치 분배 매커니즘을 설정하는 것으로, 데이터 제공자가 상대적 박탈감에 빠지지 않도록, 그리고 데이터 활용자가 일방적인 혜택을 보지 않도록 양자의 균형을 유지하는 것이 핵심이라 볼 수 있다.

5) 유사 플랫폼 사업 통합 및 연계

유사 플랫폼 사업 통합 및 연계는 항만물류분야에 구축되고 있는 여러 플랫폼의 유사성과 차별성, 연계 효과를 파악하고, 이를 기반으로 사업을 연계하거나 통합, 폐합, 연계하는 정책대안이다. 이는 ① 유사사업에 데이터를 제공하는 과정에서 생기는 업무 과부하와 ② 실효성 측면에서 관련 플랫폼 사업의 난립으로 인한 데이터 활용률 감소에 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다. 이는 플랫폼을 통합하는 과정에서 서비스 경쟁이 감소하고, 연계 과정에서 서비스의 고도화가 일어나기 때문이다.

동 정책대안의 핵심은 크게 세 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 플랫폼별 목적, 핵심 기능 등을 파악해 유사성, 연계 가능성을 평가하고, 필요 시 이들을 통합할 수 있도록 통합 기준 마련이 필요하다. 정부 부처와 공공기관에서 발주했거나, 발주 예정인 항만물류 플랫폼 사업 전반을 파악하고, 이들의 목적과 기능, 서비스 대상 이해관계자 등을 조사한다. 이와 같은 기준은 플랫폼의 유사성과 중복성, 연계 가능성(호환성)을 평가하는 기준이 될

것이다. 또한, 기준을 마련하는 과정에서 기술적, 법적, 경제적 측면을 종합적으로 고려해 통합 및 연계 자체가 목적이 되는 것은 방지해야 한다.

둘째, 플랫폼 통합 및 연계과정에서 필요한 지원을 확인하고, 발생할 수 있는 문제를 관리 및 해결하는 방안을 마련해야 한다. 플랫폼은 서로 다른 개발 환경에서 구축됐으므로, 이를 기술적으로 통합하는 과정에서 기존 플랫폼 관리자와 이해관계자 모두에게 혼란을 줄 수 있다. 즉, 통합 및 연계를 안정적으로 수행하기 위해서는 이를 주도하는 정부 부처 또는 공공기관에서 표준화와 프로토콜에 대한 지침을 마련하고, 데이터 손실과 중복과 같은 문제가 발생하지 않도록 관리가 필요하다.

셋째, 통합 및 연계 완료 후, 데이터 수집·활용과 관련한 요소(예: 사용자 인터페이스, 서비스 품질)를 실험할 수 있도록 환경을 조성해야 한다. 특히, 이해관계자의 업무에 지장을 주지 않도록 체계적인 시범운영 계획이 필요하고, 이를 통해 안정적인 플랫폼 융합이 가능하도록 정책적으로 지원할 필요가 있다.

6) 원시데이터 관리 조직 설립

원시데이터 관리 조직(또는 기관) 설립은 항만물류 이해관계자가 생성하는 데이터를 수집·관리하는 별도의 관리 조직을 신설하는 정책대안이다. 이는 ① 하위 공급망에 위치한 기업이 인증되지 않은 플랫폼 사업관리자에게 데이터를 전달할 때 받을 수 있는 외부제재를 완화하는 역할을 하고, ② 플랫폼 사업자가 이해관계자에게 데이터를 요청할 필요가 없어지므로 과부하가 완화되며, ③ 각 기업이 고려해야 했던 표준화(또는 통일화) 업무를 관리 조직에 이전 및 위임할 수 있고, 마지막으로 ④ 인증된 기관이 데이터를 관리해 신뢰성을 확보함으로써 데이터 유출에 의한 자사 또는 고객사 피해 우려를 상당 부분 해소할 수 있다.

별도의 데이터 가공을 담당하지 않더라도, 원시데이터를 효과적으로 수집하고, 이를 관리하는 업무는 전문성이 필요하다. 또한, 민감한 데이터를 관리하는 조직을 신설하고, 이를 전담·전문 조직으로 인증하는 과정은 복잡할 수 있다. 항공분야에서는 항공 데이터를 수집해 관리하는 통합항공안전데이터수집분석시스템(SDCPS: Safety Data Collection and Processing Systems)를 구축해 운영하고 있다. 담당 기관과 조직은 항공안전기술원[79] 항공데이터실이며, 이들은 항공안전법 제61조의2, 항공안전법 시행령 제8조의3에 따라 SDCPS를 관리·운영하고 있다. 항공 데이터 중, 민감한 데이터 역시 수집하고 있으므로, 동 정책대안을 이행할 시 참고할 수 있다.

원시데이터 관리 조직을 설립하는 데 핵심 내용은 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 조직 설립의 목적과 주요 기능을 정의해야 한다. 원시데이터 관리기관은 항만물류분야 이해관계자로부터 발생한 원시데이터를 수집, 안전하게 관리하고, 이를 정보로 직접 가공하거나 가공할 수 있는 발판을 마련한다. 이는 항만물류 업무 효율성 제고를 목적으로 하고, 이에 대한 기능(세부 목표)을 정의해 기능별 조직화가 필요할 것이다. 또한, 관련 전문인력의 채용과 양성 계획을 수립하고, 조직의 의무와 책임 영역을 명확히 하며, 이를 법적으로 명시하는 작업도 병행해야 한다.

둘째, 조직이 관리하는 원시데이터에 대한 보안과 접근 정책을 마련해야 한다. 간단하게는 데이터에 대한 접근 권한을 세분화하고, 이를 관리하기 위한 절차와 최신 보안 기술 등이 도입돼야 한다. 상세하게는 데이터 분류, 접근 권한 설정, 물리 및 사이버 보안 관리 체계 마련, 데이터 접근 모니터링, 백업 및 복구 계획 수립 등이 포함될 것이다. 만약 공공성에 초점을 두고 데이터를 공개한다면, 데이터 제공자가 노출되지 않도록 가명화와 익명화 등 비식별화와 보안에 특히 역량을 집중해야 한다.

79) 기타 공공기관으로 분류

셋째, 조직을 중심으로 다양한 항만물류 이해관계자와의 협력 체계 구축이 필요하다. 동 조직은 이해관계자와 지속적인 협력체계를 기반으로 데이터를 수집함과 동시에 필요 시 이들이 활용할 데이터를 공개·전송해야 한다. 그뿐만 아니라, 정부 부처와 공공기관, 국책 연구원에서 공익을 위한 목적으로 데이터를 활용하고자 할 때, 이를 지원해야 한다. 이와 같은 협력 체계는 국제적으로 확장될 수 있으며, 국내 항만과 연결된 세계 항만의 데이터를 활용할 발판이 될 수 있다. 이 과정에서 정부 부처의 지원이 필수적이라 할 수 있다.

7) 실행력과 지속성을 갖춘 데이터 거버넌스 조직 발족

실행력과 지속성을 갖춘 데이터 거버넌스 조직은 정부 부처, 공공기관, 이해관계자가 한자리에 모여 현안을 논의하고, 정부 부처와 공공기관의 행정 능력을 바탕으로 한 실행력을 통해 논의된 현안을 해결하는 조직으로 볼 수 있다. 이는 정부 부처의 특정 과나 팀이 될 수도 있지만, 공공기관의 부서 또는 공공기관 그 자체가 될 수도 있다. 동 대안은 앞서 설명한 모든 애로사항을 전반적으로 관리하기 위한 것이다. 예를 들어, 거버넌스 협의회에서 데이터 공개범위(P6)를 장기간 논의할 수 있다. 이와 같은 조직이 필요한 이유는 대부분의 애로사항이 정부 부처·공공기관·이해관계자의 중·장기적 협의를 기반으로 해결돼야 하기 때문이다.

동 대안의 핵심은 크게 세 가지로 요약될 수 있다. 첫째, 거버넌스 조직의 목적과 목표를 명확히 설정하고, 이에 따른 세부 조직(부서)과 업무체계를 마련한다. 거버넌스 조직은 스마트항만의 성공적 구축과 운영을 대승적인 목적으로 항만물류 데이터·정보공유를 원활히 할 수 있도록 이해관계자의 애로사항을 수렴하고, 이를 적극적으로 해결하는 조직이어야 한다. 상기한 목적과 목표를 달성하기 위한 단·중·장기 세부 목표를 세우고, 이에 대응하는

세부 조직을 만들어 유기적으로 업무를 수행할 수 있는 체계를 만든다.

둘째, 거버넌스 조직을 운영하는 형태와 이에 따른 재원 확보 전략을 마련한다. 현존하는 기관 내 특정 부서에 해당 업무를 위임한다면, 해당 부서에서 관련 인력을 채용하고 예산을 사용할 수 있도록 보조금 사업을 발주해야 한다. 해당 사업을 통해 장기적으로 전문인력을 양성하고, 외부 기관과의 협업을 도모하도록 하며, 중·장기적인 재정 안정성을 유지할 수 있도록 모니터링이 수반돼야 한다.

셋째, 거버넌스 조직 성과를 객관적으로 평가하는 방안을 마련한다. 상업적 이익을 기반으로 하는 집단이 아니므로, 이익적 측면보다는 이해관계자의 애로사항을 처리한 과정과 결과의 효과를 기반으로 거버넌스 운영을 평가해야 한다. 또한, 객관성 확보를 위해 내·외부 감사 체계를 마련하고, 외부 전문가를 초빙해 거버넌스 조직이 업무를 원활히 수행할 수 있도록 한다.

8) 데이터 제공에 대한 실질적 인센티브 제공

데이터 제공에 대한 실질적 인센티브 제공은 데이터를 직접적으로 제공하는 이해관계자 또는 자사의 데이터를 정당한 절차에 의해 보유한 기관이나 기업에게 데이터 제공을 허락한 이해관계자를 대상으로 금전적 또는 비금전적인 보상을 제시하는 대안이다. 이해관계자에게는 가장 직접적인 데이터 제공의 동기가 될 수 있고, 이는 조사된 애로사항 중 비용(P5)에 대응한다. 만약, 중소기업 위주로 인센티브가 확대된다면, 이는 불균형(P9) 애로사항을 해소하는 대안으로도 볼 수 있다.

금전적 혜택의 경우, 스마트항만의 핵심축인 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼을 구축하기 위해 소요되는 초기 투자비용 또는 플랫폼 구축 이후 지속적인 데이터 제공을 위해 소요되는 운영비용을 대상으로 한다. 법인세 인하나 저금리 대출 지원 등의 혜택 역시 고려 대상이 된다. 비금전적 혜택

의 경우 이해관계자의 업무를 지원하거나 규제를 완화하는 제도적 접근방안을 의미한다.

더욱 상세히 언급하면, 첫째로 정부와 이해관계자의 협력을 통해 초기 투자비용 지원 프로그램을 마련한다. 기업의 규모와 데이터 제공 분량과 범위, 기간 등을 종합적으로 고려해 적극적으로 데이터를 제공하는 기업에게 서버와 통신에 필요한 네트워크 구축 비용을 지원한다. 이는 보조금 지급이나 저금리 대출과 같은 지원이 될 수도 있지만, 구축 비용에 대한 세금 감면이 될 수 있다. 이는 이해관계자가 데이터 공유 생태계로의 진입 부담을 경감시키는 역할을 할 수 있다.

둘째, 플랫폼 구축 이후 사용료 지원이나 할인 제도를 제시한다. 각 이해관계자가 제공하는 데이터와 이들이 공유받는 정보의 가치는 같을 수 없고, 플랫폼 운영에 필요한 재원을 조달하기 위해 필요 시 정보 활용에 대한 요금이 부과될 수 있다. 이러한 경우, 데이터를 적극적으로 제공하는 기업 또는 중소기업에게는 데이터 조회와 활용에 대한 요금을 할인해 접근성과 활용성을 제고할 필요가 있다.

셋째, 직접적인 금전 혜택 이외에 우수선화주 인증이나 우수물류기업 인증을 받을 때 가점을 부여하는 등의 간접적인 지원 역시 병행한다. 이는 기본적으로는 비금전적 혜택에 해당하지만, 이와 같은 인증제도 내에는 금전적 지원 역시 포함하므로 간접적으로는 금전 지원을 포함할 수 있다. 데이터를 적극적으로 제공하는 기업에 대해 각 인증을 받을 때 가점을 부여하거나, 유효기간을 늘려 갱신에 대한 부담을 경감시키는 등의 정책적 지원이 필요하다. 이와 동시에, 각 인증제도의 혜택을 제고해 기업이 상기한 인증제도에 매력을 느낄 수 있도록 한다.

2. 정책협의회를 통한 이행과제 선정 및 통합

본 세부 절에서는 이전 세부 절에서 도출한 정책 이행과제 후보군에서 실제 정책화 대상이 될 이행과제를 선정·조정한다. 이행과제 선정은 해양수산부 스마트해운물류팀 담당 사무관과의 정책협의회[80]를 통해 도출했으며, 이행과제는 부처 담당자가 체감하는 필요성과 실현 가능성을 기준으로 선정했다. 또한, 모든 애로사항을 다룰 수 있도록 정책대안을 선정했다.

첫 번째 이행과제로 『원시데이터 관리 조직 설립(S6)』을 선정했다, 동 이행과제는 스마트항만 물류 연계를 위한 애로사항 P1, P2, P3, P4, P7, P8』에 대응한다. 선정 근거는 정부 부처로부터 일정 수준의 독립성을 가지면서, 신뢰성 있는 기관이 데이터를 수집한다면 사적 데이터 수집에 대한 부담이 경감하고, 책임 소재가 분명해지며 순수한 시장 원리 대비 데이터 수집이 쉬워지기 때문이다. 이는 조직을 설립하기 위해 관련 법을 명문화하는 과정에서 데이터 수집 역할 역시 법적으로 부여할 수 있기 때문이다. 부처 담당자가 체감하는 필요성이 매우 높은 대안이며, 항공분야의 항공안전기술원-SDCPS 사례를 참고했을 때 실현 가능성 또한 높은 것으로 판단된다.

두 번째 이행과제로 『유사사업 통합 및 연계(S5)』를 선정했다. 동 이행과제는 애로사항 P4, P8을 해결하는데 도움을 줄 수 있다. 현재 해양수산부 뿐 아니라, 여러 부처와 공공기관에서 항만·물류 효율화 관련 플랫폼 사업이 진행되고 있고, 이와 같은 현황을 해양수산부 담당자 역시 파악하고 있다. 플랫폼 난립은 예산의 중복성과 업계의 과부하를 야기하고, 개별 플랫폼의 실효성을 저하시킬 것이다. 이에 따라 해양수산부 스마트해운물류팀에서는 상기한 정책대안과 함께 유사 플랫폼 연계를 내부적으로 검토하고 있다.

80) '23년 8월 8일(화)

세 번째 이행과제로 『데이터 제공에 대한 실질적 인센티브 제공(S8)』을 선정했다. 이는 애로사항 P5, P9에 대응하는 정책과제로, 데이터 제공을 독려하기 위함이다. 첫 번째 이행과제를 통해 데이터 제공이 법적 근거를 가지더라도, 자발적 참여를 유도하기 위해서는 병행이 필요한 과제로 볼 수 있다. 다만, 정부에서 금전적인 혜택을 주는 것은 사실상 어렵기 때문에, 정책적 인센티브를 현실적인 대안으로 생각하고 있다.

네 번째 이행과제로 『실행력과 지속성을 갖춘 조직 발족(S7)』을 선정했다. 이는 조직에서 논의되는 안건에 따라 모든 애로사항을 다룰 수 있는 포괄적 정책대안이다. 하지만, 포괄적인 만큼 구체성이 부족한 대안으로 실질적인 애로사항 해결이 어려울 수 있다. 〈표 4-4〉는 선정된 정책과제와 각 과제에 대응하는 애로사항을 정리한 것이다. 이를 통해, 선정된 정책과제가 모든 애로사항에 대응함을 볼 수 있다.

〈표 4-4〉 선정된 정책과제와 대상 애로사항

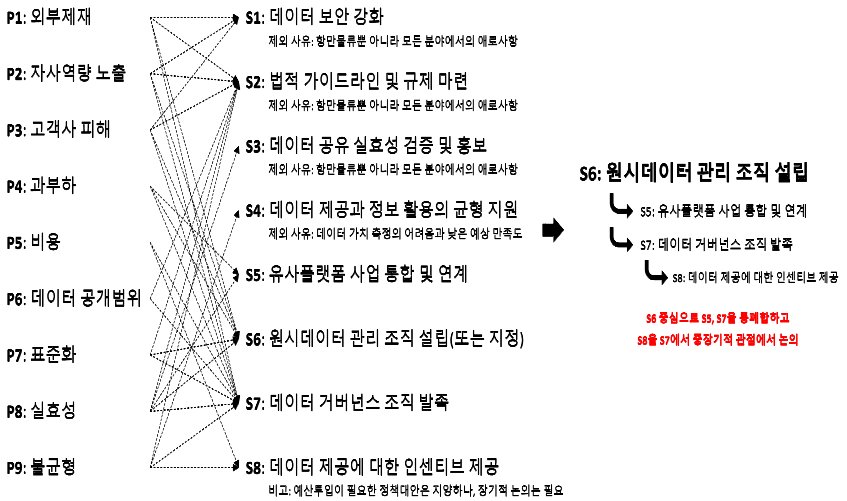
식별자	정책과제	정책과제별 관련 애로사항								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
S5	통합, 연계	O	O	O	O			O	O	
S6	조직 설립					O				O
S7	거버넌스	O	O	O	O	O	O	O	O	O
S8	인센티브					O				O

자료: 저자 작성

이처럼 선정된 정책과제는 담당 사무관과의 2차 정책협의회[81]를 통해 조정(통폐합)되는 과정을 거쳤다. 이는 정책과제가 상호 연관성이 있어 독립적으로 진행되는 것이 효율적이지 않을 수 있고, 특정 정책과제는 타 정책과제에 종속성이 높아 통합·연계하는 것이 더 효율적이기 때문이다.

81) '23년 8월 18일(금)

〈그림 4-1〉 정책대안후보 통·폐합 및 정책과제 최종 도출



자료: 저자 작성

본 연구에서는 상기한 네 가지 정책과제를 『원시데이터 관리 조직 설립(S6)』를 중심으로 통폐합해 제시한다. 이는 ① 전담 조직이 관리·운영하는 데이터·정보 수집·공유 플랫폼 역시 플랫폼에 해당하므로 기존 플랫폼과의 통합 및 연계에 대한 논의가 병행돼야 하고(S5), ② 해당 기관을 중심으로 『거버넌스 협의체를 구축·운영(S7)』 시 지속성과 실행력이 보장되며, ③ 법적 근거를 기반으로 데이터를 수집하는 경우 상대적으로 데이터 제공에 대한 인센티브(S8)로부터 자유롭고, 필요 시 이에 대해 상기한 거버넌스 협의체(S7)에서 논의 가능하기 때문이다.

즉, 최종적으로 선정된 정책대안의 구성은 〈그림 4-1〉과 같다.

제3절 정책과제 수행방안

제2절에서는 정책과제 후보군을 1차로 도출한 후, 정책협의회를 통해 네 가지의 정책과제를 선정하고 이들의 유사성, 종속성을 고려해 과제를 통폐합 및 연계했다. 제3절에서는 『원시데이터 관리 조직 설립(S6)』을 중심으로 통폐합 및 연계된 정책대안의 수행방안을 상세히 소개한다. 수행방안은 연구진이 작성한 초안을 활용한 정책협의회[82]를 통해 완성됐고, 일부 상세한 내용은 부처 담당과의 기존 검토자료를 재구성해 작성했다.

1. 정책대안 목적과 목표

동 정책대안의 목적은 앞선 절에서 언급한 바와 같이, 항만물류 이해관계자로부터 발생한 사적·원시데이터를 안전하게 수집·관리하는 조직(또는 기관)을 설립해 해상-항만-육상물류 연계를 개선하고, 이를 통한 스마트항만 구축을 달성하는 것이다. 목적을 달성하는 과정에서 조직의 기능과 업무 범위 설정, 인력 계획 등이 다뤄진다. 상기한 목적을 달성하기 위한 세부 목표(주요 내용)는 조직 자체를 설립하는 것과 설립된 조직의 역할을 정의하고 원활히 운영하는 것이다.

82) '23년 8월 18일(금)

2. 주요 내용

1) 전담 조직 설립과 지정

본 연구에서는 한국해양진흥공사, 항만공사, 그리고 한국해양수산개발원에 전담 조직을 구성하는 안을 검토했다. 이를 소개하기에 앞서, 앞선 절에서 언급한 항공안전기술원 항공데이터실과 이들이 관리·운영하는 통합항공안전데이터수집분석시스템(SDCPS)의 사례를 참고하기 위해 설명한다. 항공안전기술원과 항공데이터실이 SDCPS를 관리·운영하기 위해 탄생한 조직은 아니다. 다만, 앞서 설명한 항공법 제61조의2, 항공안전법 시행령 제8조의3에 따라서 정부 부처(국토교통부)가 전문기관에 정보시스템(플랫폼)을 위탁해 구축·운영하고, 항공안전기술원이라는 별도의 조직에 지정위탁을 할 수 있다는 점을 참고할 수 있다. 이는 해양수산부 역시 외부 조직에 물류 연계 기반의 스마트항만 구축을 위한 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼을 위탁해 관리·운영할 수 있다는 것을 의미한다.

해양수산부 스마트해운물류팀은 '23년 8월 8일 『수출입 물류 플랫폼과 타 플랫폼 연계를 통한 활성화 방안 등 보고』를 통해 한국해양진흥공사가 운영하는 '수출입 물류 플랫폼'의 활성화를 위해 Port-MIS, 항만 공사 플랫폼 등과의 연계 필요성과 쟁점, 추진계획을 정리·보고했다. 본문에서는 '수출입 물류 플랫폼'의 미흡한 활용성을 지적하면서, 해운·항만물류 분야의 가장 큰 정보시스템으로 알려진 Port-MIS를 중심으로 플랫폼을 연계했을 때 발생할 수 있는 문제점을 밝히고, 수출입 물류 플랫폼의 활성화를 위한 기존 플랫폼과의 연계 방안을 제시했다.

먼저, '22년 운영 결과 기준 수출입 물류 플랫폼의 회원 가입자 수는 3개, 접속 건수는 1,000건 이하로 상임위원회 결산 검토보고서(안)에서 운영 활성화 방안 마련이 촉구됐고, 이에 따라 해양수산부의 Port-MIS, 부산

항만공사의 ChainPortal, 한국해양진흥공사의 수출입 물류 플랫폼 간 어느 시스템 또는 플랫폼을 중심으로 연계를 수행할지 검토했다.[83] 먼저, Port-MIS 중심으로 연계 시 발생할 수 있는 문제점을 밝혔으며, 이는 〈표 4-5〉와 같이 정리될 수 있다.

〈표 4-5〉 Port-MIS 중심 플랫폼 연계 시 문제

문제 유형	상세
목적성	Port-MIS는 입출항 신고와 같은 항만 관련 법적 업무 처리 효율화를 위해 구축된 시스템이므로, 신고 외 서비스와 민-관 정보 공유 기능을 탑재하기에는 부적합함
확장성	Port-MIS는 항만에서 발생하는 여러 민원 처리를 담당하므로, 향후 육상을 포함해 수출입 물류·무역 전반으로 서비스를 확장할 경우 대응에 한계가 있음
사업성	Port-MIS는 중개망 사업자가 신고를 대행하거나 간접적으로 신고하는 방식으로 운영되고 있으므로, 플랫폼화(化) 하는 경우 중개망 사업자의 반발이 있을 수 있고, 이로 인해 연계를 위한 활동에 영향을 받을 우려가 있음

자료: 해양수산부 스마트해운물류팀(2023.8.8.), p. 2.를 기반으로 저자 재구성·정리

이에 따라, 한국해양진흥공사 또는 항만공사가 잠재적인 플랫폼 사업자로 고려될 수 있으며, 어느 기관이 적절한지 장기간 검토가 필요하다. 먼저, 법적으로는 양 기관 모두 정보시스템, 즉 플랫폼 운영이 가능하다(표 4-6).

〈표 4-6〉 한국해양진흥공사와 항만공사의 플랫폼 운영 가능성 법적 검토

기관	관련 법
한국해양진흥공사	• 「해운법」 제40조의 2(전문기관의 지정 등) 제2항 4. 해양수산부장관이 위탁하는 사업 • 「해양진흥공사법」 제11조(업무) 제1항 10. 국가, 지자체, 공공기관 등이 위탁하는 업무
항만공사	• 「항만공사법」 시행령 제4조(사업) 제2항 3. 항만물류정보와 관련한 인프라의 구축 및 운영

자료: 해양수산부 스마트해운물류팀(2022), p. 1.

해운법 제40조의 2(전문기관의 지정 등)에 따라 해양수산부 장관은 해운시장과 관련된 데이터와 정보 제공 등을 담당하는 해운산업 지원 전문기관을

83) 해양수산부 스마트해운물류팀(2023.8.8.), p. 1.

지정할 수 있도록 돼 있고, 해양진흥공사법 제11조(업무)의 제1항 10에 따르면 한국해양진흥공사은 국가나 지방자치단체, 그리고 공공기관이 위탁하는 업무를 수행할 수 있다. 즉, 해양수산부에서 해운시장과 관련된 데이터가 항만물류 데이터와 정보를 포함하는 것으로 보고 데이터와 정보 제공을 담당하는 전문기관으로 한국해양진흥공사를 지정한다면, 이들은 본문에서 언급한 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼 관리·운영이 가능하다.

항만공사의 경우, 항만공사법 시행령 제4조(사업) 제2항에서는 공사의 설립 목적을 달성하기 위해 필요한 것으로서 대통령령으로 정하는 사업에 대해 수행할 수 있고, 제2항 3에서 항만물류 정보와 관련된 인프라 구축 및 운영 업무를 명시하고 있다. 즉, 항만공사 역시 플랫폼 관리·운영이 가능하다.

다음으로, 운영 적합성을 IT 인력 측면에서 살펴보면, 한국해양진흥공사의 경우 해운산업 정보센터에 13명을 보유하고 있고, 부산항만공사의 경우 정보융합부에 8명, 울산항만공사는 디지털뉴딜팀에 6명을 보유하고 있어 플랫폼 관리·운영을 할 역량을 모두 갖추고 있다.[84]

장기계획 측면에서 한국해양진흥공사는 『해운산업 디지털 전환지원 계획』의 일환으로 블록체인기반의 해운물류 플랫폼 구축과 더불어 해운항만물류 데이터 경제 활성화를 하고자 한다. 항만공사의 경우, 각자의 시스템을 고도화하는 움직임이 있고, 부산항만공사의 경우 Chain-Portal을 중심으로 다양한 서비스를 개발하며 시스템을 확장하고 있다. 다만, 항만공사의 경우 지역 간 항만공사가 독립적으로 운영되므로 특정 항만공사를 중심으로 항만공사 간 데이터 연계가 쉽지 않을 수 있으며, 특히 항만-항만 연계로의 확장성이 크지 않을 수 있다.

실질적인 운영 주체를 결정하기 위해서는 장기간 추가 논의가 필요하겠으나, 해운·항만물류 전반을 다루며 우리나라 항만 모두를 대상으로 하기

84) 해양수산부 스마트해운물류팀(2022.3.14.), p. 2.

위해서는 한국해양진흥공사 또는 한국해양수산개발원과 같은 국책연구기관 역시 현실적 대안으로 볼 수 있다.

한국해양수산개발원이 담당한다는 가정하에 항만수요예측을 담당하는 항만수요예측센터의 설립 사례를 참고하면, 항만수요예측센터 설립 및 운영계획에 대한 장관의 재가('06년 6월)를 시작으로 센터가 설립('06년 7월)됐고,[85] 그리고 운영 위탁용역이 발주됐다. 이 과정에서 항만법 시행령에 따라 개발원을 항만수요예측 전담기관으로 지정하고, 수행 업무를 시행령을 통해 명문화했다.[86]

연구기관이 전담 조직으로 지정되는 경우 더욱 전문적인 데이터 분석을 수행할 수 있으며, 연구기관 내 전담 조직 외의 다른 부서와 연계해 다양한 연구분야에 데이터를 활용하고 공공을 위한 정책을 수립할 수 있다는 장점이 있다.

〈표 4-7〉 항만물류 원시데이터 관리 전담 조직 준비 과정

단계	주요 업무	비고
1	전담 조직 설립 및 운영계획(안) 작성	부처 발주의 연구 용역 형태
2	설립 및 운영계획(안) 담당 과/실, 국 검토	-
3	설립 및 운영계획(안) 장관 검토 및 재가	-
4	전담기관 내 조직 신설을 위한 시행령 마련	항만법 시행령
5	전담기관 내 조직 신설	-
6	전담기관 내 조직 운영 위탁용역(안) 마련	용역은 매년 또는 정기 발주

자료: 저자 작성

85) 국토교통부(검색일: 2023.8.19)
86) 항만법 시행령 제11조 제1항, 제2항

이를 기반으로, 항만·물류 데이터·정보공유 플랫폼을 관리 및 운영하는 조직에 대한 설립·운영계획을 상세히 작성하고, 이에 대한 장관의 재가를 득하며, 이후 조직의 설립과 동시에 특정 공공기관을 항만·물류 플랫폼 관리 및 운영 전담기관으로 하는 시행령을 제안해야 한다. 〈표 4-8〉는 시행령 제안(안)으로, 표 내의 제34조는 공공기관인 한국해양진흥공사를 전담기관으로 지정하는 것을 가정했을 때의 본 정책과제를 통한 제안이고, 제33조는 제34조의 영역을 더욱 자세히 보여주기 위해 기재한 것이다.

〈표 4-8〉 항만물류 원시데이터 관리 전담기관 지정 시행령 제안(안)

항만법 시행령 [시행 202-.-.-] [대통령령 제-----호, 202-.-/-.]	
제4장	항만의 관리와 사용
제33조	항만물류통합정보체계의 구축·운영 및 이용
	① 해양수산부장관은 법 제26조제1항에 따라 항만물류통합정보체계를 항만별로 구축한다.
	② 해양수산부장관은 항만물류통합정보체계를 통한 민원사무 및 항만물류 관련 업무의 처리를 위해 필요한 표준서식과 표준전자문서를 개발해야 한다.
	③ 제1항 및 제2항에서 규정한 사항 외에 항만물류통합정보체계의 구축 · 운영 및 이용에 필요한 사항은 해양수산부장관이 정하여 고시한다.
제34조	전담기관의 지정 등
	① 해양수산부장관은 「한국해양진흥공사법」에 따라 설립된 한국해양진흥공사를 전담기관으로 지정한다.
	② 제1항에 따른 전담기관은 다음 각 호의 업무를 수행한다.
	1. 항만·물류 원시 데이터 수집 및 암호화
	2. 수집된 항만·물류 이해관계자의 사적 데이터 보호
	3. 공유 데이터 활용성 제고를 위한 활동·분석

자료: 항만법 시행령 제33조 제1항, 제2항, 제3항, 제34조 제1항, 제2항을 참고해 저자 작성

한국해양진흥공사, 항만공사, 한국해양수산개발원 모두 각각의 강점이 존재하므로, 향후 해양수산부 및 각 기관 담당자와의 협의를 거쳐 최종적인 플랫폼 관리·운영 조직을 선정해야 한다.

2) 조직의 역할 및 기능 정립

상기한 바와 같이 원시데이터를 관리하는 조직이 설립·지정된다면, 이 조직의 역할 정의와 원활한 운영이 필요하며, 역할은 크게 세 가지로 구성된다. ① 항만·물류 이해관계자로부터 수집한 사적 데이터를 식별이 불가능하도록 비식별화해 공유하고, ② 데이터와 정보를 물리적·비물리적으로 안전하게 관리해 유출을 방지하며 ③ 데이터 공유와 활용의 효율성을 제고하는 것이다. 이를 성공적으로 수행하기 위한 조직의 상세한 업무는 〈표 4-9〉와 같이 정리할 수 있다.

〈표 4-9〉 원시데이터 관리 조직 핵심 업무 요약

업무	요약 설명	비고
데이터 수집·저장	다양한 출처로부터 원시데이터 수집 및 저장	표준화 필수
데이터·정보 제공	데이터를 적절한 형태로 수요자에 제공	비식별화, 폐기지침 필수
보안 관리	데이터·정보와 관련한 물리적·비물리적 보안	-
표준화	상이한 기준으로 수집된 데이터 표준화	-
데이터 활용 촉진	접근성 향상, 효과 분석, 홍보 등 활동 수행	-
사용자 관리	데이터 제공자 및 정보 이용자 관리	-
장애관리 및 복구	장애 발생 사전 관리 및 사후 복구와 안정화	-
거버넌스 운영	이해관계자 협의체를 통한 소통 강화	-
인센티브 도출	데이터 제공을 독려하기 위한 인센티브 도출	-

자료: 저자 작성

먼저, 다양한 이해관계자와 정보시스템으로부터 발생하는 원시데이터를 수집하고 저장하는 기능이 필요하다. 원시데이터를 전담하는 기관의 플랫폼으로 모든 항만물류 데이터가 모인다고 할지라도, 각 이해관계자가 활용하는 자체 정보시스템을 폐기할 수 없으며, 이와 같은 시스템으로부터 상당량의 데이터를 수집해야 한다. 가령, 실시간 선박 위치 데이터를 직접 수집할 수도 있으나, 기존 특정 시스템을 통해 수집하고 있는 데이터라면 해당 시스템을 통해 데이터를 수집하는 것이 더 효율적이다. 즉, 다양한 출처에서

발생하는 원시데이터를 수집하고 저장하는 기능이 필요하고, 데이터 발생자 또는 이전 시스템에서 데이터를 표준화하지 않았다면, 이와 관련된 기능 역시 확보해야 한다.

이렇게 수집·저장되는 데이터는 홈페이지 등을 통해 정기·비정기적으로 공개하거나 수요자의 요청이 있는 경우 제공돼야 한다. 수요자가 소속된 조직과 수요자 신원 등을 확인하고, 데이터·정보 요청이 합당한 경우 이를 적절한 형태로 수요자에게 제공한다. 데이터 원출처를 보호하기 위해, 데이터는 가명화·익명화 후 제공해야 하며, 설사 가명화·익명화하더라도 유추를 통해 원출처를 알 수 있다면 제공하지 않는 등 상세한 데이터 제공에 대한 가이드라인이 필요하다. 또한, 제공된 데이터의 폐기 관련 조항 등도 명시해 무분별하게 데이터가 유출되는 것을 방지해야 한다.

다음으로, 데이터 보안과 관련된 상세 업무가 수반돼야 한다. 앞서 설명한 비식별화 처리뿐 아니라, 물리적·비물리적 보안 전반에 대한 업무가 정의되고, 이에 대한 기능을 조직이 갖춰야 한다. 사람의 침입으로 인해 발생하는 물리적 보안 위협, 해킹 등으로 인한 사이버 보안 위협에 대해 국가정보시설에 준하는 관리가 필요하다. 필요시, 가장 강력한 데이터 보호 표준으로 알려진 유럽연합의 일반 데이터 보호 규정(GDPR: General Data Protection Regulation)을 면밀히 검토해 해당 기관에 적용할 수 있다.

데이터의 원활한 활용, 즉 활성화를 위한 전처리 작업에 해당하는 표준화와 통합관리 역시 핵심 기능으로 볼 수 있다. 이해관계자별 다른 데이터 명이나 형식, 구조 아래 수집·관리되는 데이터를 표준화해 데이터 활용을 더욱 용이하게 한다. 이는 향후 이해관계자 간 합의 여부에 따라, 이해관계자가 데이터를 발생시켜 기존의 시스템에 전달하기 전이나 기존 시스템에서 데이터를 저장하는 시점에 표준화하는 방안도 검토할 수 있다.

추가로, 데이터 활용을 통해 얻을 수 있는 편익이나 효과를 분석하고, 이를 적극적으로 외부에 알리는 홍보 활동을 수행하는 기능을 갖춰야 한다. 아무리 잠재력이 있는 데이터를 수집해 정보화한다고 해도, 결국 수요자가 없으면 정보뿐 아니라, 플랫폼의 활용성도 떨어져 물류 연계 기반의 스마트항만 구축도 어려워진다. 편익이나 효과분석의 경우, 데이터 활용·연계 사례에 따라 연구용역 또는 자체분석을 통해 객관적인 정보를 준비하고, 이를 외부에 알려야 한다. 홍보 방안의 경우, 〈표 4-10〉에서 요약한 바와 같이 내·외부적 활동으로 구성되고, 이는 다양한 세부활동으로 구분된다.

〈표 4-10〉 물류 연계 기반 스마트항만 구축을 위한 플랫폼 홍보활동

활동 분류	상세 내용
내부 활동	• 대시보드, 인포그래픽 등 데이터와 정보의 가시성 확보를 위한 정보의 시각화 • 데이터·정보 공유에 관한 편익 및 효과의 객관화
외부 활동	• 다양한 기관과 기업을 대상으로 파트너십을 구축하고, 이를 기반으로 한 네트워크 확장 • 성공적인 사례와 프로젝트를 정리해 공유(발표회 개최 또는 홈페이지, 유튜브 등 SNS를 통한 공유) • 데이터 활용 방법, 분석 도구 및 기술 등에 대한 교육 프로그램이나 워크샵 개최·제공

자료: 저자 작성

다음으로, 상기한 기능을 안정적으로 제공하기 위해서는 사용자 관리 기능과 장애관리, 시스템 복구 기능이 필수적이다. 먼저, 사용자 관리 기능의 경우 사용자 등록에서부터 접근 제어, 모니터링, 피드백 등의 상세 업무를 포함한다. 조직 내에서는 기관과 데이터 공급자 및 수요자 사이에서 인터페이스 역할을 담당한다고 볼 수 있다. 사용자 관리기능의 경우 대부분의 정보시스템 또는 이를 관리하는 부서의 사례에서도 찾아볼 수 있으며, 일반적인 기능은 〈표 4-11〉과 같이 정리할 수 있다.

〈표 4-11〉 물류 연계 기반 스마트항만 구축을 위한 플랫폼 사용자 관리기능

활동 분류	상세 내용
사용자 등록·인증	• 데이터 제공자 또는 정보 활용자를 플랫폼에 등록하도록 하고, 이에 대한 전반 지원 • 로그인 시 인증 절차 도입(2단계 인증, 생체인증 등) • 데이터 제공 여부 등에 따라 사용자 회원 등급제 도입 고려 • 사용자 관련 사적 데이터·정보 보호
접근 제어	• 데이터 제공 여부, 사용료, 회원등급 등에 따라 사용자(또는 이해관계자)별 데이터 접근 권한 차별화 • 사용자의 데이터·정보 요청 목적과 기관(또는 기업)의 속성 등을 기반으로 접근 가능 여부 판단 및 제어 • 정보의 유효기간 등을 필요 시 적용해 정보 생명주기 관리
모니터링	• 플랫폼 사용자(데이터 제공자 및 정보 활용자)의 이력 기록(로그) • 로그 분석을 통한 부적절 활용 사례 파악, 오류 개선 등
피드백	• 데이터 품질(신뢰성, 일관성, 적시·정시성 등), 사용자 인터페이스 등에 관한 의견 수집 • 사용자 의견에 따른 플랫폼 개선
사용자 교육	• 플랫폼 사용자를 대상으로 한 데이터 활용, 정보보안 등 교육 제공 • 온라인 매뉴얼 및 시청각 교육, 이해관계자 대상 대면 세미나 등 개최

자료: 저자 작성

장애관리와 시스템 복구 기능 역시 일반적인 플랫폼과 크게 다르지 않다. 전산적 문제가 발생하기 전 예방하는 기능부터 장애 모니터링과 자료 백업 및 복구, 장애 대응 매뉴얼 준비 등이 핵심 세부 기능에 포함된다. 〈표 4-12〉는 이를 요약해 보여준다.

〈표 4-12〉 물류 연계 기반 스마트항만 구축을 위한 플랫폼 장애 및 복구기능

활동 분류	상세 내용
모니터링	• 사용자 활동을 포함한 플랫폼 관련 상태(전력 공급, 전산 리소스 활용 등) 실시간 진단 • 이상 상태 알림(이상징후 포착에 따른 사전 알림 포함)
사전 예방	• 이상징후 포착에 따른 사전 알림에 근거해 문제 발생 사전 차단(예: 비정상적 접근과 이에 따른 시스템 에러, 리소스 과부하) • 사전 예방이 가능한 문제 사전 파악

활동 분류	상세 내용
백업 및 복구	• 정기적인 데이터, 정보 및 시스템 백업 • 문제 발생으로 인해 시스템이 정상적으로 작동하지 못하는 경우, 신속하게 복구할 수 있도록 절차 마련
대응 조직	• 전산·보안 관련 전문 인력 확보 • 상태 진단 및 문제 유형에 따른 대응 활동 수행
매뉴얼 및 훈련	• 각 활동에 대한 매뉴얼 작성(예: 이상 상태 진단에 따른 대응 체계, 문제 유형에 따른 복구 절차) • 사전 예방, 백업 및 복구 등 실질적 활동에 대한 모의상황 대응 훈련

자료: 저자 작성

이어서, 거버넌스 운영은 제2절에서 언급된 바와 같이 정부 부처와 공공기관, 이해관계자가 모여 데이터 제공과 정보 활용, 플랫폼 활성화, 스마트항만 구축 등 전반적인 사안을 논의하고, 현장에서의 애로사항을 공유해 현실적인 해결방안을 논의하는 업무를 의미한다. 원시데이터 전담 조직에서 업무를 담당하므로 동 조직의 목적과 목표를 중복해서 설정할 필요는 없으며, 재원확보 역시 플랫폼 관리·운영을 위탁받는 과정에서 확보될 수 있으므로 별도 논의는 필수사항으로 볼 수 없다.

전담 조직은 데이터 제공에 대한 인센티브 제공 방안 역시 고민할 필요가 있다. 법적 근거로 전담 조직이 플랫폼 사업을 위탁받는다고 해도, 이해관계자로부터 데이터를 얻는 것은 강제화되기 어렵기 때문이다. 이는 상기한 데이터 거버넌스 협의체에서 상세한 논의를 할 수 있으며, 제2절에서 언급한 금전적·비금전적 지원방안을 수립할 필요가 있다.

상기한 기능별 설명에 일부 언급하긴 했지만, 궁극적으로 이와 같은 조직을 원활히 운영하기 위해서는 적절한 인력이 초기뿐 아니라, 지속해서 수급돼야 하고 필요한 데이터 관련 분석이나 법, 전산, 보안 등 분야의 교육을 제공해 조직의 역량을 유지·제고해야 한다. 또한, 데이터를 제공하고 활용하는 부처, 기관이나 기업뿐 아니라, 연구기관이나 대학 등과의 네트워크를 구축해 조직의 역량을 제고하고 확장할 필요가 있다.

3) 플랫폼 통합 및 연계방안 논의

유사사업의 통합 및 연계는 제2절에서의 정책대안 중 하나이지만, 전담 조직을 설립하는 과정에서 논의할 수 있는 핵심 주제로 볼 수 있다. 이는 제한된 자원을 효율적으로 활용하고, 플랫폼의 활용률을 제고하는데 도움을 준다.

먼저, 유사사업을 파악하고 이들의 통합 또는 연계 가능성을 분석해야 한다. 지난 '23년 8월 23일 해양수산부 스마트해운물류팀 주최로 열린 『제6차 스마트 해운물류 민관 거버넌스 회의』에서는 부산항만공사, 인천항만공사, 울산항만공사, 한국해양수산개발원, 한국해양진흥공사 등이 참석해 각자가 개발하는 플랫폼을 소개하고, 연계방안을 논의했다. 각 사가 구축·운영하고 있는 플랫폼은 〈표 4-13〉과 같이 정리할 수 있다.

〈표 4-13〉 이해관계자별 플랫폼

기관	플랫폼 명	주요 서비스
한국해양진흥공사	수출입 물류 플랫폼	• 수출입 물류 신고 간소화 서비스 • 위험화물 통합관리 서비스
부산항만공사	Chain-Portal(체인포탈)	• 차량반출입예약 서비스 • 환적운송 효율화 서비스 • 화물차기사 미하차 서비스
인천항만공사	싱글윈도우	• 스마트 컨테이너 운송서비스 • 전자인수도증(e-slip) 서비스 • 컨테이너 통합정보 서비스
울산항만공사	PortWise	• 통합 작업정보 제공 서비스(싱글윈도우) • 울산항 지도 기반 정보 제공 서비스 • 하역작업 디지털 업무지원 서비스
한국해양수산개발원	해양수산 빅데이터 거래소	• 유실어구 위치예측 정보 제공 서비스 • 기상데이터 기반 최적항로 분석 서비스 • 맞춤형 어촌광광여행명소 서비스 • 산지 위판장 정보 제공 서비스 • 수입수산물 평균단가 제공 서비스 • 해양사고예보 서비스 • 차량 턴타임 분석 서비스 • 해양환경데이터 통계정보 제공 서비스 • 선복량 영향 정보 제공 서비스

자료: 해양수산부 스마트해운물류팀(2023.8.23)를 기반으로 저자 정리

표를 통해 알 수 있듯이, 항만공사별 플랫폼은 항만운영 효율화라는 목적은 동일하지만, 다른 물리적 환경에 적용되므로 통합보다는 연계하는 것이 적절하다. 또한, 한국해양진흥공사 플랫폼은 수출입 물류 전반의 업무 간소화를 주요 서비스로 하므로 통합보다는 다른 시스템과의 연계가 더 적절할 수 있다. 한국해양수산개발원 해양수산 빅데이터 거래소는 항만물류뿐 아니라 해양·수산분야를 포괄하는 서비스를 제공하고 있으므로, 통합보다는 연계를 통해 서비스를 고도화하는 방향이 더욱 적절할 것으로 보인다.

실질적 연계를 위해서는 향후 사업 간 연계 시 효과성을 정량적으로 분석해야 하고, 이를 통해 필요한 인적·물적자원을 배분하며 연계 체계를 구축해야 한다. 또한, 연계하는 과정에서 진행상황을 모니터링하며 부가가치를 창출할 수 있는 서비스를 지속적으로 도출해야 한다.

3. 이행 주체

항만물류 데이터·정보공유 플랫폼에 활용될 원시데이터 관리·운영 조직을 설립하기 위한 이행 주체는 정부 부처(해양수산부)와 대상 기관, 그리고 협력 기관으로 구분할 수 있다. 대상 기관은 앞서 언급한 한국해양진흥공사나 항만공사, 또는 한국해양수산개발원이 될 수 있으며, 협력기관은 대상 기관을 제외한 이해관계자와 학계(연구기관 포함) 등 전문가 집단을 의미한다. 다만, 일부 이행 주체별 업무는 공통되거나 전체 협의를 기반으로 수행될 필요가 있으므로, 공통 항목을 추가했다. 각 이행 주체의 역할(또는 업무)은 〈표 4-14〉과 같이 요약할 수 있다.

〈표 4-14〉 이행 주체별 역할

이행 주체		역할(또는 업무)
공통 (개별 또는 협의)		• '데이터 공유 플랫폼 → 물류 연계 효율화 → 스마트항만 달성'으로 연결되는 전 과정에서의 효과성·효율성 제고 방안 도출 • 사적 데이터 공유·활용에 대한 법·제도 검토 • 데이터 제공에 대한 금전적·비금전적 인센티브 협의 • 데이터 활용에 대한 비용 협의(제공에 따른 활용 또는 부수적 사용료) • 정보 활용성 제고에 대한 전반 논의
정부 부처 (해양수산부)		• 조직(또는 기관) 설립(또는 지정)계획 수립(장관 방침, 연구용역 등) • 대상 기관으로의 재정지원 방안 수립(초기 구축, 연차 사업 등) • 조직 설립에 대한 법 검토 및 필요 시 제·개정 • 항만물류 분야 데이터·정보공유 플랫폼 통합 및 연계 세부방안 논의
대상 기관		• 조직 설립에 대한 계획(안) 작성(세부 조직 형태, 인력 구성 등) 지원 • 상세 조직 운영계획 수립 • 대외 협력 체계 구축 • 관리 데이터에 대한 보안 대책 수립 • 데이터 거버넌스 협의체 운영
대상 외 기관	데이터 제공자	• 데이터 제공에 대한 사용자 인증 • 데이터 제공 범위 결정(대상 데이터, 시간적·공간적 범위 등) • 데이터 제공 방법(실시간 또는 이벤트 기반) 및 제공 주기 결정
	데이터 활용자	• 데이터 활용에 대한 사용자 인증 • 데이터 활용 범위 결정(대상 데이터, 시간적·공간적 범위 등) • 데이터 요청 방법 및 수령 주기 설정 • 활용 데이터 대상 보안 대책 수립
	학계	• 사적 데이터 활용에 대한 법·제도 연구 및 개선안 제시 • 스마트항만 – 물류 연계에서의 데이터 활용 편익, 효과분석 • 스마트항만 – 물류 연계에서의 데이터 활용 영역 확장 연구

자료: 저자 작성

핵심적인 역할에 대해서만 간략히 설명하면, 정부 부처와 기관 등 모든 이해관계자는 '데이터 공유 플랫폼 → 물류 연계 효율화 → 스마트항만 달성'으로 연결되는 전 과정에서의 효과성과 효율성을 제고할 수 있는 방안을 지속적으로 도출해야 한다. 이는 개별적으로 수행될 수도 있고, 이해관계자들의 협의를 기반으로 수행될 수도 있다. 또한, 데이터 활용에 대한 비용

협의 등 개별 이해관계자의 판단이나 권한으로 해결하기 어려운 안건의 경우, 기관, 기업의 협의를 기반으로 접근할 필요가 있다.

정부 부처(해양수산부)의 경우, 행정력을 기반으로 플랫폼 관련 사업을 위탁하고 관리 조직을 신설 또는 지정하는 역할을 담당한다. 장관 방침을 통해 전담 조직의 필요성을 강조하거나, 자체적인 연구용역을 통해 전담 조직에 대한 정당성, 합리성, 구체성 등을 마련해야 한다. 이후, 대상 기관으로의 재정지원 방안을 초기와 중·장기적 관점에서 마련해야 한다. 다른 사례를 기반으로 보면, 시행령에서 전담기관으로 지정된 조직이 연차사업을 통해 예산을 받는 것이 현실적인 대안 중 하나로 보인다. 또한, 정부 부처는 기존 관련 플랫폼 사업을 통합 및 연계해 물류 연계 기반 스마트항만 구축이라는 큰 틀 안에서 여러 플랫폼이 유기적으로 활용될 수 있도록 세부 방안을 도출해야 할 것이다.

대상 기관의 경우, 정부 부처와 협업해 조직 설립에 대한 구체적인 계획을 수립(또는 지원)하고, 상세 조직 운영계획이나 대외 협력 네크워크 구상(안) 마련 등 조직관리와 운영에 관한 기초를 마련한다. 또한, 전담 조직의 신뢰성을 확보하기 위해 관리 데이터에 대한 보안 대책을 수립하고, 필요시 외부 전문가에 의한 감사나 평가를 받아 조직의 역량을 제고해야 한다.

대상 기관이 아닌 이해관계자들은 데이터 제공자와 활용자, 그리고 학계(연구계 포함)로 구분할 수 있다. 제공자와 활용자의 경우, 데이터 제공(수령)에 대한 인증이나 범위, 방법과 주기를 결정해야 한다. 반면에, 학계의 경우 사적 데이터 활용에 대한 법·제도를 면밀히 검토해 부처와 기업, 기관에 공유하고 플랫폼 활용을 통해 스마트항만이 어떻게 구축되는지, 그리고 어떤 분야에서 편익과 효과가 나타나는지 객관적으로 분석해 결과를 발표해야 한다. 또한, 부가가치가 창출될 수 있는 서비스 영역을 도출하고, 이를 스마트항만과 연계하는 방안을 지속해서 발굴해야 할 것이다.

4. 정책 평가 방안

상기한 정책대안은 단기, 그리고 중·장기로 구분해 평가할 수 있으며, 기관의 설립 자체와 설립 이후의 운영 측면으로 대변된다(표 4-15). 먼저, 단기적으로는 기관설립에 관한 평가가 이루어져야 한다. 이에 대해, 전반적으로는 조직을 준비하는 과정에 대한 단계별 평가가 수반돼야 한다. 조직 설립이나 지정에 대한 필요성을 강조하는 것을 시작으로 법·제도적 준비 등 단계에 따른 이행여부를 확인해 평가해야 한다. 다음으로 기관 구축과 인프라 역시 핵심 기술을 비롯한 시스템 도입 여부와 진척도를 평가해야 하며, 목표와 실제 구축과의 괴리를 최소화하도록 한다.

이와 같은 조직에 적정한 수의 전문가가 배치됐는지 여부와 전문성 유지를 위한 교육과 훈련 부문의 평가 역시 필수적이다. 물류 연계, 스마트항만 등 항만물류에 관한 폭넓은 지식이나 통신, 전산, 보안 등 플랫폼 운영 관련 지식을 갖춘 전문가가 필요하다. 또한, 다양한 이해관계자의 계약관계와 데이터 제공과 공유에 대한 법을 검토하고, 필요 시 제·개정안을 제시할 수 있는 인력이 수급될 필요가 있다.

그리고, 조직을 설립하는 과정에서 법을 적절하게 검토하고 준수했는지 여부도 적법성과 정당성을 확보하는데 중요한 평가대상이 된다. 또한, 필요 시 중앙행정기관(해양수산부)이 관련 업무를 위탁하는 법, 그리고 특정 기관이 이를 전담해 수행하는 법 등을 제·개정해야 하고, 이와 같은 업무가 적절히 수행됐는지 평가해야 한다.

중·장기적 관점에서는 조직운영에 관한 평가가 이루어져야 한다. 데이터 수집의 적절성, 데이터 관리와 활용성, 대외 협력 수준 및 기관의 지속성과 확장성 측면에서 접근할 수 있다. 먼저, 데이터 수집의 적절성은 수집 대상과 방법, 빈도, 범위의 적절성에 기반해 평가한다. 인증되지 않은 제3자로

부터 데이터를 수집해서는 안 되며, 인증된 데이터 생성자 또는 관리자로부터 데이터를 받아야 한다. 또한, 보안 통신망 등을 통해 합의된, 적법한 방법으로 데이터를 제공해야 하며, 그 빈도와 범위 또한 사전 협의를 기반으로 결정됐는지 여부에 따라 적절성을 판단해야 한다. 추가로, 무분별하게 불필요한 데이터가 수집되는 것을 방지하기 위해 수집된 데이터가 정보 가공을 위한 활용성이 높은지 평가해야 한다.

데이터 관리와 활용성 측면에서는 양질의 데이터가 충분하게 수집됐는지 평가해야 함과 동시에, 수집된 데이터가 무결성이나 정합성 등을 통해 품질을 보장할 수 있는지 여부를 확인해야 한다. 다양한 이해관계자로부터 유사한 데이터를 수집하는 경우, 데이터 간 일치하는지 여부 등을 확인해야 하고, 필요한 데이터가 특정 항목의 누락 없이 수집됐는지 등을 평가할 필요가 있다. 또한, 수집된 데이터의 활용 빈도와 비율, 사용자 만족도를 조사해 데이터 활용성을 제고할 필요가 있다. 이외에 보안 위협 빈도와 탐지, 방어율과 시스템 장애 빈도, 복구 속도에 대한 평가지표를 만들어 신뢰성 있고 안정적인 서비스를 제공하도록 평가체계를 구축해야 한다.

〈표 4-15〉 원시데이터 관리 조직 설립 정책 대안 평가

기간	단계	평가대상	평가 방법
단기	조직 설립	• 조직 준비 과정에 대한 단계별 평가	• 조직 설립 단계 수립 • 단계별 이행 확인
		• 기관 구축 및 인프라	• 설립 초기 목표와 괴리 확인 • 주요 관련 기술 및 시스템 도입 여부와 진척도 확인
		• 상세 조직 및 인력 구성	• 전문가 및 관련 인력 수급 정도(공급/수요) • 담당자 교육 및 훈련 횟수, 시간 및 결과평가
		• 관련 법률 및 규정 준수	• 조직(또는 기관) 설립을 위한 법 검토 및 준수 여부(필요 시 제·개정)
중·장기	조직 운영	• 데이터 수집의 적절성	• 수집 대상(이해관계자)의 적절성 • 수집 방법 및 빈도의 적절성 • 수집 범위의 적절성 • 정보 가공을 위한 활용성

기간	단계	평가대상	평가 방법
중·장기	조직 운영	• 데이터 관리 및 활용성	• 저장된 데이터 규모 • 데이터 품질(무결성, 정합성 등) • 수집 데이터 활용 빈도 및 비율 • 사용자로부터 만족도 조사 • 보안 위협 빈도, 탐지 및 방어율 • 시스템 장애 빈도 및 복구 속도
		• 대외 협력 수준	• 데이터 수집·활용 대상 이해관계자 집단 수 (선사, 운영사 등) • 수집·활용 대상 이해관계자 집단 내 기업 수 • 외부 이해관계자와의 협력 수준(워크샵, 세미나, 데이터 거버넌스 협의체 운영 여부 등)
		• 기관 지속성 및 확장성	• 참여 기업 수, 수집되는 데이터의 양, 서비스 활용 빈도에 따른 지속성 및 확정성 분석 • 예산 안정성에 따른 지속성

자료: 저자 작성

데이터·정보공유 플랫폼은 다양한 이해관계자와 유기적으로 연계해야 하므로, 중요한 평가항목 중 하나로 볼 수 있다. 데이터 수집 또는 활용 대상이 되는 이해관계자 집단의 수나 각 집단에서의 이해관계자 기업 수는 대외 협력 수준을 정량적으로 알 수 있는 대표적 지표로 볼 수 있다. 또한, 이들이 대외적으로 개최하는 워크샵이나 세미나, 데이터 거버넌스 협의회 개최 여부는 부처나 기관, 기업과의 소통 수준을 알 수 있는 지표가 될 수 있다. 특히, 데이터 거버넌스 협의회는 이해관계자들의 애로사항을 청취하고, 이를 실질적으로 해결하는 방안을 논의하는 도구로 활용해야 한다.

마지막으로, 기관의 지속성과 확장성 역시 평가대상이 될 수 있다. 앞서 언급한 참여 기업 수와 데이터 양, 서비스 활용 빈도를 고려해 환경·시장분석을 수행하고, 플랫폼이 물류 연계 기반의 스마트항만 구축에 도움이 되는지 확인하며, 이를 통해 기관이 지속해서 서비스를 제공하고, 다른 항만, 국가 및 사업영역으로의 확장성이 있는지 평가할 필요가 있다. 동시에, 예산이

안정적으로 확보될 수 있는지 여부도 지속해서 모니터링해 필요 시 예산확보를 위한 노력을 할 수 있도록 한다.

제4절 기대효과

본 연구 대상이 되는 물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축의 핵심인 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼 구축을 통한 기대효과는 정책적, 경제적, 기술적 효과로 구분될 수 있다. 제3장에서 이미 경제적 효과를 분석했기 때문에, 본 절에서는 정책과 기술적 효과를 위주로 간략히 설명한다.

1. 정책적 효과

정책적 효과는 크게 일자리 창출과 창업 관련 효과로 구분할 수 있다. 일자리 창출 효과의 경우, 취업유발계수와 산업에서의 수요를 활용해 취업유발 정도를 어느 정도 파악할 수 있다. 〈표 4-16〉은 물류 연계 기반의 스마트항만 구축에 활용할 플랫폼 산업과 관련된 산업, 세부 산업에서의 고용유발계수를 최신값인 2019년 기준으로 정리해 제시한다.

〈표 4-16〉 고용유발계수(물류 연계 기반의 스마트항만 데이터 공유 플랫폼) 및 비율

산업	세부 산업	고용유발계수(2019년 기준)	전체 대비 고용비	환산계수
제조업	컴퓨터	2.90	0.05	9.9475
	통신기기	2.37	0.05	
서비스업	정보	6.24	0.30	
	전문·과학기술	9.15	0.30	
	사업지원	16.89	0.30	

자료: ISTANS(검색일: 2023.8.26)을 기반으로 저자 작성

제조업에서는 하드웨어와 인프라 구축, 데이터 수집을 위한 센서나 사물인터넷 장비, 통신 인프라가 플랫폼 사업에 필요하므로, 이와 관련된 세부 산업에서의 고용이 증가할 수 있다. 서비스업에서는 정보활용, 데이터 분석이나 부가가치 서비스 도출 등 전문지식 영역, 그리고 관련 사업을 지원·확장하는 산업에서 고용이 유발될 것으로 예상된다. 다만, 제조업과 서비스업, 그리고 세부 산업 간 비중을 파악하는 것은 매우 어려운 일이므로, 정보지식 산업으로 볼 수 있는 플랫폼 사업의 특성상 제조업과 서비스업에서의 고용유발 비율을 1:9로, 각각의 내부 비율을 1:1로 설정한다. 이에 따라, 동 사업의 고용유발환산계수는 9.9475가 도출됐다.

다양한 산업에서의 물류 연계 기반의 스마트항만 구축에 활용할 플랫폼 산업에서의 수요를 정확히 파악하기는 매우 어렵다. 이는 ① 이해관계자의 종류와 수가 많아 각각이 얻을 수 있는 편익의 크기를 계산하는 것과 ② 플랫폼으로부터 생성하는 데이터를 활용해 새로운 서비스를 제공하는 업체가 발생했을 때, 이들이 유발할 신규 시장 수요를 계산하는 것은 전문적이고 장기적인 분석을 필요로 하기 때문이다. 이에 따라, 본 연구에서는 고용유발계수의 단위값인 10억 원을 기준으로 간략히 고용유발을 파악했다.

앞서 분석한 비용-편익분석을 근거로 최소한의 고용유발을 파악한다면 다음과 같은 절차를 따를 수 있다. 먼저, 부산항 신항을 대상으로 분석한 편익-비용을 물동량 기준으로 부산항 전체로 확대하고,[87] 이를 다시 우리나라 항만 전체에 동일한 기준으로 확장한다.[88] 이때 보이는 편익과 비용의 차에 고용유발환산계수를 곱하면 예상 고용자 수가 도출된다(표 4-17).

87) 부산항만공사(2023), pp. 17-18.
88) e-나라지표(검색일: 2023.8.29.), Port-MIS(검색일: 2023.8.29.)

〈표 4-17〉 고용유발 환산

연계영역 대기시간 감소율	연간 편익-비용(단위: 백만 원)			고용유발 (단위: 명)
	부산항 신항	부산항 전체	우리나라 전체	
5%	211.8	306.8	400.5	3.98
10%	703.3	1018.5	1329.6	13.23
20%	1686.3	2441.9	3187.9	31.71

자료: 저자 작성

이와 같은 고용효과는 항만, 그 중에서도 물류 연계에 직접적으로 관련된 대기시간 감소와 이에 따른 수익에 한정해 도출한 것으로 매우 보수적으로 도출된 것으로 볼 수 있다. 즉, 데이터 플랫폼에 따른 스마트항만 이해관계자가 각자의 부가가치를 창출하기 위한 비즈니스 모델을 도출하고 영업이익을 창출할 수 있다면, 고용유발은 큰 폭으로 상승할 가능성이 있다. 또한, 고용효과에 힘입어 항만물류 데이터를 활용한 정보산업이 활성화되고, 이에 따라 데이터 분석 및 서비스 영역 도출을 전문으로 하는 컨설팅 업체가 늘어날 가능성이 높다.

2. 기술적 효과

기술적 효과로는 크게 선도기술 확보, 기술력 제고 및 기술이전 측면에서의 효과를 기대할 수 있다. 선도기술 확보 측면에서는 항만·물류 데이터·정보공유 플랫폼은 데이터 수집을 위한 최신 센서와 사물인터넷, 통신기술을 기반으로 보안을 위한 블록체인, 그리고 데이터 분석을 위한 빅데이터 기술 등을 복합적으로 활용하게 된다. 이와 같은 다양한 기술의 활용은 각 기술의 개별 영역뿐 아니라, 연계 영역에서도 선도성을 확보하는 발판을 마련해줄 것이다. 또한, 이를 기반으로 국제적 경쟁력을 제고하고, 나아가 물류 연계 스마트항만과 이와 연계된 정보화 분야에서의 표준화에 기여할 수 있을 것이다.

기술력 제고 측면에서는, 전산, 통신, 데이터 분석, 보안 등 플랫폼 관련 분야에서의 전문 인력 양성과 기술 역량을 중·장기적으로 강화할 것으로 보인다. 데이터 수집과 분석, 블록체인 적용, 전산·통신 인프라 관리 등 다양한 분야의 전문가가 필요하기 때문에, 해당 분야에서의 교육과 훈련이 체계적으로 갖춰질 것이다. 또한, 관련 분야의 발전을 위한 다양한 연구사업과 활동은 기술력을 높이는 원동력이 될 것이다. 이와 같은 발전은 스마트항만에 국한되지 않고, 해상운송과 내륙물류, 그리고 일반 창고업 등 다양한 관련 산업으로 확산할 수 있을 것이다.

또한, 연구기관이나 기업이 연구개발 사업을 발굴·참여하고, 이를 통해 물류 연계 기반의 스마트항만 구축과 관련된 다양한 기술을 개발해 이를 필요로 하는 기업에 이전할 수 있다(기술 이전). 본문에서 다루는 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼은 기술적 적용 범위가 넓다. 앞서 언급한 해상, 육상운송 분야나 창고 관리 등 다양한 분야와 기업에서는 플랫폼 활용에 도움이 되는 첨단 기술을 필요로 할 것이다. 이러한 기술은 기획 당시 협력을 통해 제안하거나, 개발 당시 컨소시엄을 이루어 공동개발 또는 개발 전·후 수요처와의 기술교류 등을 통해 기술의 활용성을 제고할 수 있다. 이는 궁극적으로 기술이전을 가능케 하는 발판이 되며, 기술 분야에서의 파급을 가져올 것이다.

05
결론

제1절 요약

본 연구는 해상-항만-육상물류 연계 문제로 여겨지는 항만에서의 선박과 외부트럭 대기에 초점을 두고, 이를 물류 연계 기반 스마트항만 구축으로 해결하고자 했다. 이 과정에서 스마트항만의 국외 사례를 살펴보고, 스마트항만이 물류 연계에 초점을 맞추고 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼을 도입해 활용하고 있음을 확인했다. 우리나라에서도 관련 플랫폼을 통해 물류 연계 효율화를 달성한 스마트항만을 구축하는 것과 이를 지원하는 정책과제가 필요함을 확인했으나, 현재까지 관련 연구가 충분히, 그리고 깊이 있게 수행되지 않음을 파악했다.

상기한 연구의 한계점을 해결하기 위해, 본 연구는 다음과 같이 수행됐다. 먼저, 제1장에서는 상기한 연구 배경을 소개하고 연구의 목적과 필요성을 설명했다. 또한, 선행연구 검토를 통해 스마트항만을 물류 연계 관점에서 바라보며 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼의 비용-편익과 안정적인 플랫폼 도입을 위한 정책과제를 제시한 연구는 아직까지 수행되지 않았음을 확인했다.

제2장에서는 스마트화 개념을 유사한 기술 용어인 자동화와 지능화, 자율화와 비교하며 정립했다. 이를 통해, 스마트화가 객체 간 연결성을 중요시 함을 파악했으며, 이를 기반으로 물류 연계 기반의 스마트항만을 "스마트화 개념과 이와 관련된 기술을 기반으로 해상-항만-육상물류의 성공적 연계를 달성하고, 이를 통해 항만과 외적 요인의 성장과 지속가능성을 달성한 항만"으로 정의했다. 다음으로, 국외 선진 스마트항만에서는 물류 연계를 스마트항만의 핵심으로 보고, 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼을 적극적으로 도입해 활용하고 있음을 확인했다. 이에 비해, 우리나라의 경우 스마트화에 대한 인식이 장기간 자동화에 머물렀고, 최근 들어 스마트항만 관련 연구와 용역이 수행됐으나, 국외 선진사례에 비해 미흡함을 확인했다. 이러한 현황과 맞물려, 해상-항만-육상물류 연계에서의 문제와 발생원인, 개선 방향을 파악하고 플랫폼 적용 가능성을 확인했다. 부족한 인프라나 파업 등으로 인한 문제를 해결해주지는 못하지만, 정보화를 통해 해결할 수 있는 문제는 플랫폼이 상당 부분 도움을 줄 것으로 판단했다.

제3장에서는 해상-항만-육상물류 연계 효과를 경제성 관점에서 분석했다. 선행연구와 플랫폼 관련 가이드라인을 통해 비용과 편익항목을 파악하고, 플랫폼 기능을 기반으로 구축·운영비용을 도출했으며 단계별 편익 수준을 선박과 외부트럭 대기시간 관점에서 산출했다. 이를 통해 비용편익 비율, 순현재가치, 내부수익률 관점에서 동 사업이 경제적 타당성을 가졌음을 보였다. 참고로, 본 연구에서는 과대추정을 우려해 간접적인 편익 항목을 고려하지 않았으므로, 매우 보수적인 접근에도 경제적으로 타당함을 보인 것이다.

제4장에서는 경제적 타당성을 확보했다고 여겨진 '물류 연계 기반의 스마트항만을 달성하기 위한 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼'을 구축하기 위한 정책과제와 기대효과를 제시했다. 먼저, 플랫폼 도입과 활성화가 어려운 이유의 핵심을 원시데이터 확보의 어려움으로 판단했다. 이와 같은 이해관계자의 애로사항을 구체화하기 위해 『항만물류체인 디지털 인프라 기반 기술

개발』 과제에서 수행한 데이터 거버넌스 협의회의 조사결과와 추가적인 이해관계자 의견조회를 수행했다. 그 결과, 외부제재, 자사역량 노출, 고객사 피해, 과부하, 비용, 데이터 공개범위, 표준화, 실효성 및 불균형으로 애로사항이 구분됐다. 이와 같이 정리된 애로사항을 해결하는 여덟 개의 정책 이행과제 후보를 도출했다. 그 내용을 살펴보면 데이터 보안 강화, 법적 가이드라인 및 규제 마련, 데이터 공유 실효성 검증 및 홍보, 데이터 제공과 정보 활용의 균형 지원, 유사플랫폼 사업 통합 및 연계, 원시데이터 관리조직 설립, 실행력과 지속성을 갖춘 데이터 거버넌스 조직 발족, 데이터 제공에 대한 실질적 인센티브 제공으로 나뉜다. 각 이행과제가 어떤 애로사항에 대응하는지 확인하고, 정책협의회를 통해 원시데이터 관리조직 설립 대안에 플랫폼 통합 및 연계, 거버넌스, 인센티브 정책대안을 적절한 형태로 통폐합시켜 최종 정책 이행과제를 도출했다. 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼 사업을 부처에서 위탁하는 법령과 특정 기관이 이를 전담 위탁받는 법령이 필요할 수 있음을 확인했으며, 이후, 일자리 창출, 창업 분야 확대, 기술 선도 등 정책과 기술 측면에서의 기대효과를 제시했다.

제2절 한계점 및 향후 연구

본 연구는 물류 연계 효율화를 위한 스마트항만을 구축하는데 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼이 핵심임을 확인하고, 이에 대한 비용-편익 분석을 수행해 경제적 기대효과를 보였다. 또한, 이를 실현하기 위한 정책대안 후보를 연구진 브레인스토밍과 이해관계자 의견조회를 통해 도출하고, 두 차례의 정책협의회를 통해 이행대상 정책대안을 선정, 통폐합 및 조정했으며 최종적인 정책 이행과제를 제시했다.

이 같은 과정에서 예산과 시간 제약으로 인해 더욱 깊은 검토와 연구를 수행하지 못한 영역이 존재한다. 첫째, 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼 구축과 운영에 소요되는 비용은 현업에서 활용하는 정보전략계획, 업무 및 가중치, 세부 업무요소, 기능점수, 난이도 등을 고려해 누락되는 항목이 없도록 산출했지만, 편익의 경우 물류 연계 효율화에 직접적으로 영향을 주는 선박과 외부트럭 대기시간만을 고려했다. 이는 본 연구를 통해 제시되는 물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축 대안인 플랫폼 도입의 비용-편익분석에서 매우 보수적인 결과값을 제시하지만, 편익이 다소 과소추정되는 단점이 있다. 본 연구에서는 간접적 효과 영역과 효과의 크기에 대한 불확실성, 그리고 이에 따른 편익의 과대추정을 우려해 보수적 접근방법을 채택했다. 상기한 연구의 한계점을 극복하기 위해, 향후 물류 연계 플랫폼이 스마트항만과 이해관계자에 기여하는 간접적인 요소를 파악하고, 이를 정량화해 편익과 비용-편익분석에 반영할 필요가 있다.

둘째, 편익분석에서 스마트항만 물류 연계 효율화를 위한 데이터·정보공유 플랫폼이 구체적으로 대기시간 개선효과를 어느 정도 가져올지 분석하지 못했다. 상기한 효과를 파악하기 위해서는 연관성 분석과 이에 따른 모의실험 등 산업공학적 접근을 기반으로 해야 하지만, 본 연구에서는 시간·예산제약으로 인해 개선효과를 단계별로 가정해 비용-편익분석에 활용했다. 향후 연구에서는 모의실험을 통해 대기시간 감소 등 편익항목에 대한 구체적이고 객관적인 수치를 제공할 필요가 있다.

셋째, 본 연구에서 경제적, 정책적, 기술적 기대효과를 일부 제시했지만, 더욱 폭 넓은 영역, 상세한 분석을 수행하지 못했다. 정책적 효과의 경우, 일자리 창출뿐 아니라 창업, 생활여건 개선, 환경 및 안전성 개선, 만족도 등 다양한 세부 효과영역이 존재하지만, 본 연구와 관련된 영역을 검토하지 못했다. 경제적 효과에서도 생산유발과 부가가치 유발, 예산 절감 효과, 수출이나 후생 증대 등을 고려하지 못했다. 기술적 측면은 선도기술 확보

와 기술력 제고, 기술이전과 사업화를 제한적으로 언급하긴 했으나, 정량적인 효과를 제시하지는 못했다. 향후 연구에서는 더욱 폭 넓고 깊이 있는 기대효과 분석을 통해 물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 데이터·정보공유 플랫폼의 객관적이고 정량적인 기대효과를 제시할 필요가 있다.

넷째, 연계 효과를 분석할 수 있는 다양한 방법을 충분히 고려하지 못했다. 대표적으로 경제학 분야에서 활용하는 이중차분법(DID: Difference-in-Differences)이 있다. 동 방법에서 정책 대안 적용 전후에 따라 플랫폼을 통해 물류 연계가 달성된 스마트항만과 그렇지 않은 항만으로 측정 대상을 구분하고, 정책 또는 물류 연계 효과를 분석할 수 있을 것이다.

다섯째, 항만을 통한 수출입 물류에서는 내륙 물류 주체와 관세청 역시 중요한 역할을 담당하지만, 본 연구에서는 컨테이너 단위의 물류만을 고려해 배송을 담당하는 내륙 물류 주체를 분석 대상에서 제외했고, 관세나 화물 신고업무를 주로 담당하는 관세청 역시 고려하지 않았다. 향후 수·배송을 아우르는 물류 연계를 위해서는 수출입 물류와 관련된 모든 이해관계자를 고려해 연구를 수행할 필요가 있다.

마지막으로, 스마트항만 구축을 위한 방안으로 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼을 제시하고 이에 대한 경제적 편익과 정책과제를 도출했으나, 건설 인프라나 센서 등 물리적 인프라에 대한 준비 과정과 이에 대한 비용-편익분석, 그리고 정책제안은 본 연구에서 다루지 않았다. 이는 해양수산부가 2020년부터 수행한 『스마트 항만 구축전략 수립 연구』와의 중복성을 피함과 동시에 물류 연계라는 스마트항만의 핵심 가치에 집중하기 위함이었다. 하지만, 플랫폼 외의 인프라와 기술 분야 역시 통합해 고려하는 연구가 후행돼야 할 것으로 보인다.

제3절 정책제언

물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축에 필요한 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼을 원활히 도입, 운영하기 위해 본 연구에서는 원시데이터 관리 조직을 설립(또는 지정)하고, 해당 조직을 중심으로 기존 플랫폼을 통합하고 거버넌스 협의체를 구축·운영하는 정책대안을 제시했다. 거버넌스 협의체에서는 중·장기적인 관점에서 데이터 제공에 따른 인센티브 등을 논의해 자발적인 항만물류 데이터 공유 생태계가 구축되는 것을 추구한다.

정책 이행방안을 상세히 소개한 제4장 제3절에서는 크게 한국해양진흥공사, 항만공사, 그리고 한국해양수산개발원을 원시데이터를 관리하는 전담 조직으로 제안했다. 각 기관은 별도로 운영하는 데이터·정보공유 플랫폼 또는 데이터를 자체적으로 관리·분석하는 역량을 가지고 있다. 때문에, 본 연구에서 제안한 정책 이행방안에서의 핵심은 어떤 기관을 전담 조직으로 지정하는지로 요약된다.

정책당국은 다음과 같은 기준으로 기관 선정을 고민해야 한다. 첫째, 신뢰성이다. 항만물류 데이터·정보공유 플랫폼은 이해관계자의 사적 데이터를 수집·관리하므로, 이해관계자는 자신이 제공한 데이터가 사전에 동의되지 않는 수준에서 유용되는 것을 꺼려할 것이다. 이와 같은 우려는 이해관계자가 데이터 제공을 주저하는 주요 요인이 된다. 만약, 전담 조직이 충분한 신뢰성을 가지고 있다면, 이해관계자는 데이터 제공에 더욱 적극적으로 참여할 수 있을 것이다. 즉, 신뢰성은 데이터 제공을 활성화하는 데 중요하므로, 전담 기관 선정 시 고려해야 하는 핵심 요인으로 볼 수 있다. 신뢰성은 상대적으로 공공성이 높은 정부 부처나 공공기관이 민간기업에 비해 높은 경향이 있고, 후술할 조직의 내적 역량과 깊은 관련이 있다.

둘째, 조직이 〈표 4-9〉에 정리된 원시데이터 관리 조직의 업무를 원활히 수행할 수 있는 내적 역량을 갖추었는지 확인해야 한다. 먼저, 전담 조직은 사적 데이터를 관리하는 만큼 높은 수준의 물리적·사이버 보안역량을 가져야 한다. 수집된 데이터는 물리적인 서버가 존재한다면 기관 내 안전한 장소에 보관돼야 하며, 서버의 형태와는 관계없이 외부로부터의 해킹을 사전에 차단하고, 보안이 뚫릴 경우 이를 즉각적으로 탐지하고 네트워크를 차단해야 한다. 또한, 수집된 데이터를 암호화해 이해관계자에게 전송할 수 있는 역량 또한 필요하다. 즉, 전담 조직은 상기한 보안 인프라를 갖춤과 동시에, 데이터를 실질적으로 관리·운영하는 보안 전문 인력을 확보하고, 이들을 지속해서 교육·훈련시킬 수 있어야 한다.

또한, 수집된 데이터를 공공성을 가진 정보로 가공해 이를 항만물류 이해관계자뿐 아니라, 국가나 지역사회 및 분석·연구기관에 공유할 수 있어야 한다. 제4장 제3절에 언급한 항공안전기술원의 사례를 통해 알 수 있듯이, 데이터 관리 전담 조직은 단순히 원시데이터를 수집하는 조직이 아니라, 수집된 데이터를 유의미한 정보로 가공하고 이를 적절히 배포·공유할 수 있어야 한다.

셋째, 외적 역량이 확보된 조직인지 충분한 검토가 필요하다. 플랫폼 특성상 다양한 영역에서의 여러 이해관계자가 참여하므로, 조직이 확보한 네트워크가 전담 조직을 통한 플랫폼 관리·운영의 성공을 좌우할 수 있다. 본 연구에서 제시한 항만물류 데이터·정보공유플랫폼은 선사, 터미널 운영사, 육상운송사, 포워더, 부대사업자 등 항만물류 이해관계자뿐 아니라, 한국해양진흥공사, 항만공사와 같은 공공기관 역시 참여자가 될 수 있다. 항만물류 생태계에 참여하는 모든 이해관계자와 적절한 네트워크를 확보하고, 이들로부터 신뢰를 기반으로 한 데이터 수집이 가능해야 플랫폼의 원활한 도입과 활성화가 이루어질 것이다.

전담 조직에 대한 컨센서스가 가시화되면, 〈표 4-7〉에 요약된 전담 조직 준비 과정과 〈표 4-8〉에 제시된 항만물류 원시데이터 관리 전담기관 지정 시행령 제안(안)을 기반으로 전담 조직 지정 또는 신설을 위한 업무를 수행할 수 있을 것이다. 이를 통해, 물류 연계 기반 스마트항만 구축이 현실화될 것으로 보인다.

참고문헌

국내 문헌

국토교통부(2022), 공공교통시설 개발사업 투자평가지침(제7차 개정).

강현명·홍상태·문상영(2019), 항만 자동화 터미널의 효율성 분석 연구, 한국물류학회지, 29(5), pp. 11-22.

김명진(2021), 2030년 한국형 스마트항만 본격 운영 – 2030 항만정책 방향과 추진전략, 한국개발연구원 경제정보센터, 경제정책해설 2021년 1월호.

김종기·서동혁·주대영·최동원·김재덕. (2014). ICT 산업의 글로벌 가치사슬 구조변화와 발전과제. 산업연구원.

김태원 외(2006), 항만 경쟁구조 분석, 한국항해항만학회지, 제30권, 제6호, pp. 509-515.

김현(2007), 터미널 게이트의 유비쿼터스 연계효과에 대한 연구. 한국항해항만학회 학술대회논문집, 2007(2), pp. 309-310.

박현준·심우중·이자연(2018), DEA 와 Malmquist 를 이용한 스마트공장 공급기업의 효율성과 생산성분석: 시스템· 응용 소프트웨어 개발 및 공급업을 중심으로. 산업혁신연구, 34(4), pp. 101-130.

부산항만공사(2020), 체인포탈(ChainPortal).

부산항만공사(2023), 2022 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계.

서정용(2020.9.17.), 스마트 선박 연계 항만 기술개발, 스마트 선박 분야 ISO/IEC 표준개발 활성화를 위한 세미나, 한국조선해양기자재연구원.

서정용 외(2021), 디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구 (Ⅲ), 한국해양수산개발원.

서정용 외(2022), 항만 컨테이너 반출입 예약시스템 가격결정 모형 연구, 한국해양수산개발원.

서정용·김효재(2021). 항만 컨테이너 물류 프로세스 디지털화 모형 연구. 한국해양수산개발원.

유주영 외(2007), 극동-북미간 운송비용 분석에 관한 연구-파나마운하 확장과 북미 랜드 브릿지를 중심으로. 한국항해항만학회지, 31(1), pp. 81-87.

이성우·김은우·김세원(2015), 국제물류경로 변화가 동아시아 물류시장에 미치는 영향 연구. 한국해양수산개발원.

이언경 외(2017), 4차 산업혁명시대 항만물류산업 고도화 방안 연구, 한국해양수산개발원.

이언경 외(2020a). 스마트항만과 스마트도시 연계 발전 방안 연구. 한국해양수산개발원.

이언경 외(2020b), 스마트 육상-해상물류 연계 효율화 방안 연구, 해양수산부.

이태휘(2020). 스마트항만의 해외사례 분석과 정책 시사점: 유럽과 싱가포르를 중심으로. 한국항만경제학회지, 36(1), pp. 77-89.

이해찬·박성훈·여기태(2021), SNA를 활용한 연안해운 중심성 평가에 관한 연구, Journal of Digital Convergence, 19(2), pp. 69-81.

이한진(2023), 수출입 물류 항만-내륙연계 기술개발 사업, 사업설명 자료(내부자료).

임병학·김삼문·홍한국(2011), 선사 국적을 기반으로 한 아시아 주요 항만 네트워크 비교: 사회네트워크분석 (SNA) 접근법을 중심으로. 한국지식정보기술학회 논문지, 6(5), pp. 45-56.

원승환·이언경(2021), 항만 연계물류를 위한 스마트 기술에 관한 연구. 전자무역연구, 19(2), pp. 1-25.

엔지엘(주) 전용식 이사(인터뷰 날짜 및 장소: 2023.7.10., 대한민국 부산)

조숙진 외(2022), 2022년도 예비타당성조사 연구보고서 – 예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 정보화부문 연구, 한국개발연구원 공공투자관리센터.

장영태·김은수(2005), 유전알고리즘을 이용한 복합운송최적화모형에 관한 연구. 해운물류연구, (45), pp. 75-98.

최돈우·임청룡(2018), 스마트팜 도입 딸기농가의 생산효율성 통계분석. 품질경영학회지, 46(3), pp. 707-716.

최병권(2019), 글로벌가치사슬상 무역정책의 변화와 시사점에 관한 연구. 지역산업연구, 42(3), pp. 281-307.

최상희·이언경·서정용(2019), 디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅰ), 한국해양수산개발원.

해양수산부 스마트해운물류팀(2022), 수출입 물류 공공·민간데이터 공유 플랫폼(이하, 플랫폼) 운영기관 선정(안)(내부자료).

해양수산부 스마트해운물류팀(2022.3.14.), 수출입 물류 공공·민간 데이터 공유플랫폼(이하, 플랫폼) 운영계획 보고(내부자료).

해양수산부 스마트해운물류팀(2023.8.8.), 수출입 물류 플랫폼과 타 플랫폼 연계를 통한 활성화 방안 등 보고(내부자료).

해양수산부 스마트해운물류팀(2023.8.23.), 2023년 제6차 스마트 해운물류 민관 거버넌스 회의 결과(내부자료).

한국소프트웨어산업협회(2022), SW사업 대가산정 가이드.

한국해양수산개발원(2023), 2023 해양수산전략리포트.

한국해양수산개발원·한국항만운송노동연구원(2019), 고생산성 자동화컨테이너 터미널 구축 추진 전략 연구, 해양수산부.

한철환·서수완. (2014). 파나마운하 확장에 따른 글로벌 운송경로 경쟁력 분석. 해운물류연구, 30(3), 719-740.

홍창우·배정준(2023.5.17.), 자문회의 결과(내부자료).

고려해운(주) 등 9개 기업 관계자(2023.3.10., 2023.6.28.; 대한민국 부산)

Port-MIS, 2018년도 부산항 신항 입출항 자료, 2019.

_____, 2022년도 부산항 신항 물동량 자료, 2023.

법률자료

해운법(2023.5.16., 법률 제19415호).

한국해양진흥공사법(2021.6.9., 법률 제17619호).

항공안전법 시행령(2023.10.19., 대통령령 제33793호).

항만공사법 시행령(2021. 9. 14., 대통령령 제31986호).

항만법 시행령(2023.6.7., 대통령령 제33515호).

국외 문헌

Accenture(2016), Connected Ports Driving Future Trade.

Bainbridge, L.(1983), Ironies of automation, Automatica, 19(6), pp. 775-779.

Belmoukari, B., Audy, J. F., & Forget, P.(2023). Smart port: a systematic literature review. European Transport Research Review, 15(1), pp. 1-12.

Berns, S. et al.(2017), Smart Ports – Point of View, Deloitte.

Bibby, K.S. et al.(1975), Man's Role in Control Systems, IFAC Proceedings Volumes, 8(1), pp. 664-683.

Bini, S. A.(2018). Artificial intelligence, machine learning, deep learning, and cognit ive computing: what do these terms mean and how will they impact health care?. The Journal of arthroplasty, 33(8), pp. 2358-2361.

Bisogno, M. et al.(2015). Improving the efficiency of Port Community Systems throu gh integrated information flows of logistic processes. International Journal of Digital Accounting Research, 15. pp. 1-31. (doi: 10.4192/1577-8517-v15_1)

Chakraborty, S., Bhattacharya, S., & Dobrzykowski, D. D.(2014), Impact of supply chain collaboration on value co-creation and firm performance: a healthca re service sector perspective. Procedia Economics and Finance, 11, pp. 676 -694.

Chang, T. S.(2008). Best routes selection in international intermodal networks. Com puters & operations research, 35(9), pp. 2877-2891.

Chen, J. et al.(2019). Constructing governance framework of a green and smart port. Journal of Marine Science and Engineering, 7(4), pp. 1-17. (doi: 10.3390/jms e7040083)

Deepu, T. S., & Ravi, V.(2021). Supply chain digitalization: An integrated MCDM approach for inter-organizational information systems selection in an elect ronic supply chain. International Journal of Information Management Data Insights, 1(2), pp. 1-15. (doi: 10.1016/j.jjimei.2021.100038).

Foroudi, P. et al.(2018), Investigating the effects of smart technology on customer dynamics and customer experience. Computers in Human Behavior, 80, pp. 271-282.

Gaulier, G., Sztulman, A., & Ünal, D.(2020). Are global value chains receding? The jury is still out. Key findings from the analysis of deflated world trade in parts and components. International Economics, 161, pp. 219-236.

Guan, C., & Liu, R.(2009). Container terminal gate appointment system optimizatio n. Maritime Economics & Logistics, 11, pp. 378-398.

Hirata, E., Watanabe, D., & Lambrou, M.(2022). Shipping Digitalization and Automa tion for the Smart Port. In Supply Chain-Recent Advances and New Perspect ives in the Industry 4.0 Era. IntechOpen.

Ilin, I. et al.(2019). Digital technology implementation for smart city and smart port cooperation. In International Conference on Digital Technologies in Logist ics and Infrastructure, pp. 493-496.

Inkinen, T., Helminen, R., & Saarikoski, J.(2021). Technological trajectories and sce narios in seaport digitalization. Research in Transportation Business & Man agement, 41, pp. 1-11.(doi: 10.1016/j.rtbm.2021.100633).

Ivanov, D.(2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-1 9/SARS-CoV-2) case. Transportation Research Part E: Logistics and Transp ortation Review, 136, pp. 1-14. (doi: 10.1016/j.tre.2020.101922).

Jiang, B., Li, J., & Shen, S.(2018). Supply chain risk assessment and control of port enterprises: Qingdao port as case study. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 34(3), pp. 198-208.

Jun, W. K., Lee, M. K., & Choi, J. Y.(2018). Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis. Transportation Res earch Part A: Policy and Practice, 118, pp. 480-493.

Kao, L. J. et al.(2022). Evaluating the Digital Transformation Performance of Retail by the DEA Approach. Axioms, 11(6), pp. 1-14. (doi: 10.3390/axioms11060 284).

Karaś, A.(2020). Smart port as a key to the future development of modern ports. TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Tra nsportation, 14(1), pp. 27-31.

Kim, B., Kim, G., & Kang, M.(2022). Study on Comparing the Performance of Fully Automated Container Terminals during the COVID-19 Pandemic. Sustaina bility, 14(15), pp. 1-13. (doi: 10.3390/su14159415).

Lee, S. W., Shin, S. H., & Bae, H. S.(2020). Short sea shipping on the west coast of Korea: Keys to activating the shipping industry in preparation for Korea unification era. Journal of International Logistics and Trade, 18(2), pp. 91-105.

Li, L., Gong, Y., Wang, Z., & Liu, S.(2023). Big data and big disaster: a mechanism of supply chain risk management in global logistics industry. International Journal of Operations & Production Management, 43(2), pp. 274-307.

Loske, D., & Klumpp, M.(2018). Efficiency analysis for digitalised working systems of truck drivers. In The Road to a Digitalized Supply Chain Management: Smart and Digital Solutions for Supply Chain Management. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), 25, pp. 99-119.

Makkawan, K. & Muangpan, T.(2021). A conceptual model of smart port performan ce and smart port indicators in Thailand. Journal of International Logistics and Trade, 19(3), pp. 133-146.

Meier, J.(2015), Port of Hamburg: smartPORT, Port Technology, 67.

Min, H.(2022). Developing a smart port architecture and essential elements in the era of Industry 4.0. Maritime Economics & Logistics, 24(2), pp. 189-207.

Paulauskas, V., Filina-Dawidowicz, L., & Paulauskas, D.(2021). Ports digitalization level evaluation. Sensors, 21(18), pp. 1-21. (doi: 10.3390/s21186134).

Philipp, R.(2020), Digital readiness index assessment towards smart port developm ent. In Sustainability Management Forum, 28(1-2), pp. 49-60.

Tan, R.(2019.1.23), Innovating Together, Port of Rotterdam International.

UNESCAP(2021), Smart Ports Development Policies in Asia and the Pacific, United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific.

van Asperen, E., Borgman, B., & Dekker, R.(2013). Evaluating impact of truck annou ncements on container stacking efficiency. Flexible Services and Manufact uring Journal, 25, pp. 543-556.

Vogl, T. M. et al.(2020). Smart technology and the emergence of algorithmic bureau cracy: Artificial intelligence in UK local authorities. Public Administration Review, 80(6), pp. 946-961.

Xu, Q. et al.(2021), Port rank-size rule evolution: Case study of Chinese coastal port s, Ocean & Coastal Management, 211(1). (doi: 10.1016/j.ocecoaman.2021. 105803).

Yang, Y. et al.(2018). Internet of things for smart ports: Technologies and challenge s. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 21(1), pp. 34-43.

Yau, K. L. A. et al.(2020). Towards smart port infrastructures: Enhancing port activiti es using information and communications technology. Ieee Access, 8, pp. 83387-83404.

인터넷 자료

국제신문, 신선대·감만부두 스마트항 새옷 입는다, http://www.kookje.co.kr/news2011 /asp/newsbody.asp?code=&key=20220208.22013001137(검색일: 2023.4.14.)

국제신문, 부산신항 스마트부두 하역장비 국산으로 채운다, http://www.kookje.co. kr/news2011/asp/newsbody.asp?code=&key=20220318.22010004588 (검색일: 2023.4.15.)

국토교통부, 항만수요예측센터 개요, https://www.molit.go.kr/USR/policyData/m_34681/dtl?id=309(검색일: 2023.8.19.)

국토교통부, 항만의 정의 및 종류, http://www.molit.go.kr/USR/policyData/m_34681/dtl.jsp?search=&srch_dept_nm=&srch_dept_id=&srch_usr_nm=&srch_usr_titl=Y&srch_usr_ctnt=&search_regdate_s=&search_regdate_e=&psize=10&s_category=&p_category=&lcmspage=207&id=258(검색일: 2023.8.5.)

동아일보, 첨단기술 활용해 '스마트 항만'으로 변신하는 인천항, https://www.donga.com/news/Society/article/all/20220530/113705750/1(검색일: 2023.4.17.)

물류신문, BPA, 차량 반출입예약시스템 2차 시범운영 추진, https://www.klnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=302811(검색일: 2023.4.17.)

세이프타임즈, 부산항만공사, 스마트 항만물류 플랫폼 고도화사업 착수, http://www.safetimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=109694(검색일: 2023.4.15.)

여수광양항만공사 보도자료(2021.11.26.), 여수광양항만공사, 광양항 자동화항만 테스트베드 구축사업 예비타당성조사 통과, https://www.ygpa.or.kr/kr/ygpa/public_corporation_news/public_corporation_news/?boardId=bbs_0000000000000213&mode=view&cntId=1047&category=(검색일: 2023.4.17.)

연합뉴스, 부산항 디지털플랫폼 '체인포틸' 활성화 협약, https://www.yna.co.kr/view/AKR20220811139100051(검색일: 2023.4.15.)

연합뉴스, 부산항 환적운송시스템 내년 본격 운영…효율 증대 기대, https://www.klnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=302811(검색일: 2023.4.17.)

인천항만공사 보도자료(2020.5.21.), IPA, 스마트항만 실현을 위한 항만 컨테이너 통합검색플랫폼 개발 착수, https://www.icpa.or.kr/article/view.do?menuKey=400&boardKey=217&articleKey=16566(검색일: 2023.4.17.)

해양수산부 보도자료(2018.3.27.), 해수부, 스마트 자동화 항만 구축을 위한 논의의 장 마련, https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=19374&searchDeptName=&menuSeq=971&searchEndDate=&searchEtc1=&searchEtc2=&searchEtc3=&searchEtc4=&searchEtc5=&currentPageNo=1&searchSelect=title&searchStartDate=&recordCountPerPage=&bbsSeq=10&searchValue=%EC%8A%A4%EB%A7%88%ED%8A%B8(검색일: 2023.4.14.)

현대해양, 부산항만공사-최고 친환경·스마트 항만 구축 목표로, http://www.hdhy.co.kr/news/articleView.html?idxno=17312(검색일: 2023.4.15.)

BBS News, [BBS경제토크] 강준석 사장, "부산항을 스마트.친환경.복합물류 항만으로...세계적 물류허브항 육성", http://news.bbsi.co.kr/news/articleView.html?idxno=3075374(검색일: 2023.4.15.)

e-나라지표, 컨테이너 화물 처리현황, https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1267(검색일: 2023.8.29.)

Hamburg Port Authority, In Hamburg We are Smart, https://www.hamburg-port-authority.de/en/hpa-360/smartport(검색일: 2023.4.10.)

Hamburg Port Authority, SmartPort – the Intelligent Port, https://www.hamburg-port-authority.de/en/hpa-360/smartport(검색일: 2023.4.13)

Hamburg News, Port of Hamburg proving logistics hub and real innovation lab, https://www.hamburg-news.hamburg/en/location/port-hamburg-proving-logistics-hub-and-real-innovation-lab(검색일: 2023.4.14)

ISTANS, 고용유발계수(산업별), https://www.istans.or.kr/mobile/suResult.do?scode=S311&pName=%EC%82%B0%EC%97%85%EC%97%B0%EA%B4%80%EA%B4%80%EA%B3%84(검색일: 2023.8.26)

MPA Singapore, MPA Living Lab, https://www.mpa.gov.sg/maritime-singapore/innovation-and-r-d/milestones-key-projects/mpa-living-lab(검색일: 2023.4.14.)

Port-MIS, 항만물류통계, https://new.portmis.go.kr/portmis/websquare/websquare.jsp?w2xPath=/portmis/w2/main/index.xml&page=/portmis/w2/cm/sys/UI-PM-MT-001-021.xml&menuId=0045&menuCd=M4735&menuNm=%EC%82%AC%EC%9D%B4%ED%8A%B8%EB%A7%B5(검색일: 2023.8.29.)

Port Technology International, What is a Smart Port?, https://www.porttechnology.org/news/what-is-a-smart-port/(검색일: 2023.4.13)

Port of Los Angeles, Port Optimizer, https://www.portoflosangeles.org/business/supply-chain/port-optimizer%E2%84%A2(검색일: 2023.4.14)

Port of Rotterdam, Intermodal online route planner Navigate now operational in 2 continents, https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/intermodal-online-route-planner-navigate-now-operational-2-continents(검색일: 2023.4.10)

Port of Rotterdam, https://www.portofrotterdam.com/en(검색일: 2023.4.14.)

Port of Rotterdam, The Digital Port, https://www.portofrotterdam.com/en/to-do-port/futureland/the-digital-port(검색일: 2023.10.15)

Safety4sea, Singapore's maritime single window system launched, https://safety4sea.com/singapores-maritime-single-window-system-launched/(검색일: 2023.4.14)

Ship Technology, MPA of Singapore launches new maritime single-window system, https://www.ship-technology.com/news/singapore-maritime-single-window-system/(검색일: 2023.4.14.)

Shipping Intelligence Network, https://sin.clarksons.net(검색일: 2023.8.11.)

SmartPort, Smart Logistics, https://smartport.nl/en/roadmaps-projects/smart-logistics/(검색일: 2023.4.10.)

SmartPort, Roadmaps & projects, https://smartport.nl/en/roadmaps-projects/(검색일: 2023.4.13)

SmartPort, Connecting knowledge, https://smartport.nl/en/(검색일: 2023.4.14)

부 록

1. 관련 선행연구 현황

〈표〉 관련 선행연구 현황

구 분		선행연구 현황		
		연구 목적	연구 방법	주요내용
주요선행연구	1	• ICT 산업의 글로벌 가치사슬 구조변화와 발전과제(2014) • ICT산업의 글로벌 가치사슬에 대한 개념과 의미를 살펴보고, 글로벌 가치사슬 구조와 역량 평가를 위한 지표를 구성하고 분석 방법을 수립함	• 문헌조사 • 현지조사 • 전문가 인터뷰 • 설문조사 • 통계데이터	• ICT산업 글로벌 가치사슬 개념과 분석 방법 • ICT산업의 글로벌 가치사슬 구조 및 변화 분석 • 한국 ICT산업의 글로벌 가치사슬 현황 및 역량 평가 • ICT산업 GVC 구조변화에 따른 발전 과제 → 디지털화 후 정량적 효과분석 부재
	2	• Improving the Efficiency of Port Community Systems through Integrated Information Flows of Logistic Processes (2015) • 기존 PCS에 물류 전반의 정보를 통합함으로써 항만 운영 효율화를 달성하기 위한 플랫폼 구축	• 문헌조사 • 사례조사 • 전문가 인터뷰 • GAP 분석	• 이탈리아 살레르노항 PCS(Port Community System) 분석 • 정보 통합을 위한 XML 기반의 메타 모형 개발 • 살레르노항 PCS의 AS-IS, TO-BE 분석 및 인터뷰를 통한 GAP 분석 → 디지털화 후 정량적 효과분석 부재

구 분		선행연구 현황		
		연구 목적	연구 방법	주요내용
	3	• Digital Technology Implementation for Smart City and Smart Port Cooperation(2019) • 스마트시티의 한 축인 스마트항만을 위한 기존 디지털 기술 분석 및 운영 문제점 해결을 위한 기술개발 방향 검토	• 문헌조사 • 사례조사	• 스마트항만을 위한 기존 디지털 기술 및 글로벌 적용 사례 분석 • 스마트항만 운영을 위한 문제점 정의 및 이를 해결하기 위한 기술적 접근방안 검토 → 세부적인 연계 기술 및 효과에 대한 언급 부재
	4	• 글로벌가치사슬상 무역정책의 변화와 시사점에 관한 연구(2019) • 우리 기업의 해외투자 · 생산 활동에서 발생하는 애로사항 해결	• 문헌연구 • 사례분석	• GVC의 현황 및 약화 배경 분석 • 물품 및 서비스분양에 대한 무역정책 변화 분석 • GVC 활성화를 위한 무역정책 고찰 → 디지털화 효과분석 부재
	5	• Short sea shipping on the west coast of Korea: Keys to activating the shipping industry in preparation for Korea unification era(2020) • 운송 루트 및 운송횟수 분석을 통한 남-북 해운산업 협력 방안 제시	• Traffic visualization • Simulation	• 해상운송 루트 시각화 (Geographic layout) • 조건별 Simulation 분석 실시 • 남-북 해상운송량 추정을 통한 향후 해운산업 협력 방안 제시 → 해운 디지털화 중심
	6	• Digital readiness index assessment towards smart port development(2020) • 항만의 디지털 전환에 대한 평가를 위한 지표 개발	• 문헌조사 • 설문조사 • 전문가 인터뷰	• 문헌조사를 통한 기존 항만효율 측정 지표 분석 • 항만효율 측정 지표를 확장한 디지털 항만 평가지표 개발 • 유럽 5개 항만에 대한 사례 분석 → 항만 내부의 디지털화에 초점
	7	• 항만 연계 물류를 위한 스마트 기술에 관한 연구(2021) • 항만을 중심으로 하는 공급사슬의 디지털 전환을 가능하게 하는 핵심 스마트 기술 제안	• 문헌조사 • 전문가 인터뷰 • 국외 사례 조사	• 항만 관련 물류 프로세스 조사 및 주요 문제점 도출 • 항만 연계 물류를 위한 주요 스마트 기술의 개념 및 국외 사례 조사 • 국내 도입이 필요한 항만 물류 스마트 기술 제안 → 연계 기술에 대해 일부 제시되어 있으나 효과분석 부재

구 분		선행연구 현황		
		연구 목적	연구 방법	주요내용
	8	• Ports Digitalization Level Evaluation(2021) • 유럽 내 30개 항만의 디지털화 수준 분석을 위한 평가 지표 및 방법론 개발	• 문헌조사 • 설문조사 • 전문가 인터뷰 • SWOT 분석 • 수리모형	• 항만 디지털화 수준 분석을 위한 지표 및 수리모형 개발 • 유럽 내 30개 항만*에 대한 설문·전문가 인터뷰를 통한 데이터 조사 및 분석 * 소형 항 10개, 중형 항 13개, 대형 항 7개 → 항만 내부의 디지털화에 초점
	9	• Technological trajectories and scenarios in seaport digitalization(2021) • 항만 디지털화에 영향을 미치는 중요한 기술 동인 및 시나리오 도출	• 문헌조사 • FGI • SWOT 및 PESTLE 분석	• 항만 디지털화와 관련된 정책 이슈 및 기술적 현황 조사 • 항만 디지털화의 주요 기술 동인 및 적용 시나리오 도출 • 시나리오별 SWOT 및 PESTLE 분석을 통한 정성적 평가 → 디지털화에 대한 정성적 평가만 존재
	10	• Shipping Digitalization and Automation for the Smart Port(2022) • 해운 디지털 및 항만 자동화 관련 기술 분석 및 사업화 모형 제시	• 문헌조사	• AI, IoT, 물리적 인터넷, 블록체인, 클라우드 컴퓨팅 등 Industry 4.0 관련 기술 분석 • 해운 디지털 및 항만 자동화 관련 글로벌 사례 분석 • 물리적 인터넷 및 블록체인 기술 기반 스마트 항만 사업화 모형 제시 → 해상-항만 연계 기술에 대해 소개는 있으나 효과분석 부재
	11	• Study on Comparing the Performance of Fully Automated Container Terminals During the COVID-19 Pandemic (2022) • 코로나19 전후의 자동화터미널과 비자동화터미널의 운영 성과 비교	• 문헌조사 • AIS 데이터 분석 • 경제적 효과 분석	• LA/LB항, 로테르담항, 상하이항, 칭다오항 등 4개 항만의 15개 터미널을 선정 • AIS 데이터를 기반으로 터미널별 선박 기항 횟수 및 접안시간 측정 • 접안시간 증가에 따른 터미널 유형별 비용 분석 • 연간처리 물동량에 따른 터미널 유형별 경제적 효과 분석 → 터미널 자동화에 따른 효과분석 연구로, 연계에 의한 효과분석 부재

구 분		선행연구 현황		
		연구 목적	연구 방법	주요내용
	12	• (유전알고리즘) 유전알고리즘을 이용한 복합운송최적화모형에 관한 연구(2005) • 수도권 지역의 수출입 컨테이너 화물에 대한 최적 복합운송 네트워크 선택	• 문헌조사 • 유전알고리즘 • 목적계획법	• 최적 수송수단과 거점을 활용할 경우 국내 컨테이너 물류비용이 연간 수천억 원 이상 절감 가능한 것으로 나타남 → 거리 감소에 따른 비용 최적화만을 고려
	13	• (시뮬레이션) 터미널 게이트의 유비쿼터스 연계효과에 대한 연구(2007) • RFID 기반 게이트 자동화에 대한 시뮬레이션을 수행함으로써 정량적 생산성 검증	• 시뮬레이션 분석	• 컨테이너터미널 게이트 인식방식 * 현황 조사 및 분석 • * 수작업, 바코드, OCR, RFID 등 4가지 방식 • RFID에 의한 정보 전송 시점에 따른 7가지 시나리오 설정 • 7가지 시나리오별 생산성 분석 → 트럭 정보 연계에 따른 생산성 측면만 고려
	14	• (수리 모델) Best routes selection in international intermodal networks (2008) • 대만-미국 간 국제 복합운송에서 최적 경로 도출	• 수리 모델 설계 (multiobjective multimodal multicommodity flow problem (MMMFP))	• 대만에서 미국으로 이동되는 물류 모드(항공/철도/해운/도로) 별 비용과 시간을 계산해 최적의 경로 선택 - 총 112개 노드, 407개의 경로 도출 • 시간과 비용을 고려한 최적화를 위해 두 변수 간 대체관계를 설정함 → 디지털화에 따른 효과 부재
	15	• (시뮬레이션) Container terminal gate appointment system optimization (2009) • 터미널 운영사의 게이트 운영비용과 육상운송사의 비용 간 트레이드오프(trade-off) 관계에서, 총 비용을 최소화하는 모형개발	• 문헌조사 • 인터뷰 및 현장조사 • 다중서버 대기행렬이론 • 비선형계획법 및 최적화 모델 • 시뮬레이션 분석	• 게이트 혼잡 분석 및 트럭 대기 비용 산출 • 트럭의 초과대기시간과 관련한 게이트 운영비용과 육상운송사의 비용 균형화 • 게이트 레인(Lanes) 산출 • 약간의 게이트 레인 숫자나 수요 변동에도 대기 시간이 획기적으로 감소함을 보임 → 트럭 정보 연계에 따른 생산성 측면만 고려

구 분		선행연구 현황		
		연구 목적	연구 방법	주요내용
	16	• (BC 분석) 극동-북미간 운송비용 분석에 관한 연구-파나마운하 확장과 북미 랜드브릿지를 중심으로(2007) • 파나마운하 확장에 따른 글로벌 운송경로 경쟁력 분석(2014)	• 선행연구 • 비용분석	• 북미지역 운송 네트워크 검토 • 운송 시나리오에 따른 비용자료 산출 • 운송 시나리오별 총비용 분석 → 디지털화에 따른 효과 부재
	17	• (시뮬레이션) Evaluating impact of truck announ cements on container stacking efficiency(2013) • 컨테이너 적재 효율화에 대한 반출 트럭 예약제 효과 분석	• 문헌조사 • 이산 사건 모의실험	• 적재규칙 또는 알고리즘 파악 • Gate-out 시간, 크레인 작업로드 등 반출 트럭 예약제-적재규칙 평가지표 선정 → 트럭 정보 연계에 따른 생산성 측면만 고려
	18	• (SNA 분석) 선사 국적을 기반으로 한 아시아 주요 항만 네트워크 비교: 사회네트워크분석(SNA) 접근법을 중심으로(2011) • 4개국(한국, 중국, 일본, 대만) 국적 선사들이 기항하는 항만 네트워크 구조 분석	• 사회연결망 분석	• 사회연결망 분석 방법론을 활용하여 항만의 중심성 및 네트워크 응집성 지표 도출 → 디지털화에 따른 효과 부재
	19	• (SD 분석) Impact of Supply Chain Collaboration on Value Co-creation and Firm Performance: a health care service sector perspective (2014) • 공급사슬 측면에서 관계 복잡성 수준의 개념적 구성을 소개하고 프레임워크 관계에 미치는 영향을 조사	• 문헌조사 • SD logic	• 공급사슬 차원에서 Supply Chain Collaboration, Incentive alignment, Information access, Collaborative communication orientation, Goal congruence, Relationship Transparency, Value Co-creation 차원에서의 관계 규명 → 디지털화에 따른 효과 부재
	20	• (BC 분석) 파나마운하 확장에 따른 글로벌 운송경로 경쟁력 분석(2014) • 파나마 운하 확장 이후 아시아-북미 운송경로 간 경쟁력 분석	• 문헌연구 • 비용구조 분석 • 민감도 분석	• 선사 비용구조 분석 • 아시아-북미(파나마 운하 경유, 수에즈 운하 경유, 미국 복합운송) 경로별 경쟁력 분석 → 해운 중심의 효과 분석

구 분		선행연구 현황		
		연구 목적	연구 방법	주요내용
	21	• (OLS) 국제물류경로 변화가 동아시아 물류시장에 미치는 영향(2015) • 국제물류환경 변화에 따른 우리나라 물류기업의 최적 물류경로를 모색과 대응방안 제시	• 문헌연구 • 워크숍 및 전문가 인터뷰 • OLS 분석	• 국제물류시장 환경변화 검토 • 신규 물류인프라 및 항로 개발 추진현황 검토 • 항로별 경쟁우위 분석 • 국제물류경로 변화에 따른 동아시아 물동량 변화 분석 • 동아시아 물류시장 변화 전망과 대응방안 → 디지털화에 따른 효과 부재
	22	• (AHP) Supply Chain Risk Assessment and Control of Port Enterprises: Qingdao port as case study(2018) • 공급사슬 리스크 강화를 위한 항만의 경쟁력 요인 분석	• 문헌연구 • 설문조사 • 요인분석 (Fuzzy AHP) • 사례분석	• 항만 내 공급사슬 리스크 관련 요인 도출 및 분석 • 요인분석을 통한 항만 공급사슬 리스크 평가 모델 구현 • 청도항 사례 공급망 리스크 평가 및 경쟁력 강화 방안 제시 → 항만 중심의 효과 분석
	23	• (BC 분석) 교통시설 투자평가지침(제7차 개정, 2022) • 교통시설개발사업의 경제적·재무적 종합적 타당성 평가를 위해 필요한 기준 및 방법 등을 제시	• 수요예측 • 경제성 분석 • 재무성 분석	• 항만뿐만 아니라 교통시설과 관련된 수요예측 및 편익/비용산정, 경제성·재무적 타당성 분석 등의 지침 제시 → 비용 및 편익 내 디지털 연계와 관련된 항목이 부재하여 스마트 항만 추진 저하
	24	• (DEA) 스마트팜 도입 딸기 농가의 생산효율성 통계분석(2018) • 대표적인 농업부문 4차 산업혁명 사례인 스마트팜을 도입한 딸기 농가 대상 생산효율성 분석	• 설문조사 및 방문조사 • DEA 분석	• 스마트팜 조사 대상 지역 설정 및 설문 조사 실시 • DEA 분석을 통한 딸기 스마트팜 농가들의 기술효율성 및 순수기술효율성 분석 → 항만 외 타 분야
	25	• (DEA) DEA와 Malmquist를 이용한 스마트공장 공급기업의 효율성과 생산성분석: 시스템·응용 소프트웨어 개발 및 공급업을 중심으로(2018)	• 문헌조사 • DEA 분석 • Malmquist 분석	• 분석 대상 산업 개요 및 주요 분석 모형 분석 • DEA 분석을 통한 최근 5년간 스마트공장 공급기업의 효율성 분석 • Malmquist 분석을 통한 기간별 생산성 변화 분석

구 분		선행연구 현황		
		연구 목적	연구 방법	주요내용
		• 스마트공장 솔루션을 제공하는 스마트공장 공급기업의 경영효율성과 생산성 변화 분석		→ 항만 외 타 분야
	26	• (DEA) Efficiency analysis for digitalised working systems of truck drivers(2018) • DEA 분석을 통한 트럭 운전사용 작업시스템의 디지털화 효과분석	• 문헌조사 • 키워드맵 분석 • DEA 분석	• DEA 분석 대상 작업 및 투입변수, 산출변수 설정 • DEA 분석을 통한 디지털 도입 전후 효과 분석 → 항만 외 타 분야
	27	• (산업연관분석) Are global value chains receding? The jury is still out. Key findings from the analysis of deflated world trade in parts and components(2020) • 글로벌 무역시장 내 가치사슬 추정 및 측정방법 제시	• 문헌연구 • 산업연관분석 • 사례분석	• 글로벌 가치사슬의 정의 및 측정지표 분석 • 산업연관분석을 활용한 산업별 글로벌 밸류체인 현황 분석 • IT제조업의 부품 및 중간재 대상 글로벌 무역구조 내 밸류체인 규모 추정 사례 분석 → 디지털화에 따른 효과 부재
	28	• (DEA) 항만 자동화 터미널의 효율성 분석 연구(2019) • DEA 모형을 이용하여 전 세계 자동화터미널 효율성 분석 및 원인 규명	• 문헌조사 • DEA 분석	• 자동화 컨테이너 터미널 개요 및 주요 특징 분석 • DEA 분석을 위한 투입*·산출변수** 정의 * 면적, 길이, 장비 수 등 ** 컨테이너 처리량, 하역능력 • DEA 분석을 통한 효율성 분석 → 자동화 컨테이너터미널만 대상
	29	• (시뮬레이션) 디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅲ)(2021) • 항만 컨테이너 수출입 공급사슬 디지털화의 정량적 편익과 물류정보통합 단계별 구축전략을 제시함으로써 공급사슬 디지털화 가속	• 문헌조사 • 전문가 인터뷰 • 시뮬레이션 분석	• 공급사슬 디지털화 전반에 대한 문헌조사 • 항만 중심 수출입 컨테이너 공급사슬 현황 파악 및 디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 수립 • 시뮬레이션 기반 컨테이너 반출 프로세스 디지털화 평가 → 생산성 측면만을 고려했으며, 비용 등 경제적 측면은 배제

구 분		선행연구 현황		
		연구 목적	연구 방법	주요내용
	30	• (SD 분석) Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case(2020) • SD를 활용해 코로나19 확산이 SCM에 미치는 영향 분석	• 시스템 다이나믹스의 Discrete event simulation • 문헌연구를 통해 시뮬레이션 모델 설계	• 문헌연구를 통해 SCM에 영향을 미치는 변수 선정 • 시나리오를 설계하고, 개별 시뮬레이션 모델을 구축한 후, 문헌 연구 결과를 토대로 모듈을 구성함 • SCM에 미치는 영향을 정량화하기 위해 물류 성과를 평가하는 데에 사용하는 KPI를 이용함 • KPI는 리드타임, 서비스 수준, 재고 등에 따라 계산됨 → 디지털화에 따른 효과 부재
	31	• (MCDM) Supply chain digitalization: An integrated MCDM approach for inter-organizational information systems selection in an electronic supply chain (2021) • 공급망 관련 조직간 연계 정보시스템 선정과 관련된 MCDM 모형 개발	• 문헌조사 • AHP-TOPSIS 분석	• 조직간 연계 정보시스템(IOIS: Inter-organizational Information System) 대안 선정 • 전문가 컨설팅을 통한 평가항목 도출 및 AHP 분석을 통한 항목별 가중치 도출 • TOPSIS 분석을 통한 대안별 우선순위 도출 → 항만 외 타 분야
	32	• (SNA 분석) SNA를 활용한 연안해운 중심성 평가에 관한 연구(2021) • 국내 연안해운 항로 네트워크의 특징 및 변화 분석	• 사회연결망 분석	• 중심성 분석을 통해 아시아-미주 항로에서 부산항 지리적 입지 요건의 우수성 도출 → 디지털화에 따른 효과 부재
	33	• (DEA) Evaluating the Digital Transformation Performance of Retail by the DEA Approach (2022) • DEA 분석을 통한 소매업계의 디지털화 효과 분석	• 문헌조사 • FGI • DEA 분석	• 평가항목* 및 규모 설정을 위한 문헌조사 및 FGI 수행 * RDTT, RIFDT, RTHDT 등 • 소매업계의 디지털화 효과분석을 위한 DEA 분석(62개 소매상 대상) → 항만 외 타 분야

자료: 저자 작성

기본연구보고서 발간목록

2023

01	자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구	박상원
02	인공지능(AI)을 활용한 무역규범의 해양수산분야 영향 분석 연구	임병호
03	공급망 안정화를 위한 항만의 대응방안 연구	이나영
04	연안재해 정보 활용 개선 방안 연구	김찬웅
05	항만의 생활물류 기능 활성화 방안 연구	최석우
06	마을어장 이용·관리 개선방안 연구	마창모
07	해양생태계 복원정책 개선방안 연구 - 사회·생태복원 중심으로 -	최석문
08	주민행태기반 해양정책 수용성 제고 설계 방안 연구	이슬기
09	항만연관산업 고도화 방안 연구	김세원
10	탄소배출권 거래제가 해운선사에 미치는 영향 분석 연구	조아현
11	물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구 - 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -	서정용
12	어업분야 중대재해처벌법 대응방안 연구	고동훈
13	수산물의 디지털 수출 활성화 방안 연구	이상건
14	항만개발사업의 정책영향평가 연구	이수영
15	해운산업의 미래 변화 예측과 국내 대응 전략 연구	이호춘
16	어선현대화 촉진을 위한 금융제도 개선방안 연구	엄선희
17	연안도시의 쇠퇴와 대응방안 연구	강창우
18	해양범죄 실태 진단을 통한 대응체계 개선방안 연구	민영훈
19	민간기업의 해양환경분야 ESG 활성화 방안 연구	김지윤
20	식량안보를 고려한 수산물 수급관리 방안 연구	허수진
21	지방분권시대의 수산업·어촌분야 대응전략 연구	이호림
22	해운산업 고도화를 위한 선박투자 활성화 방안 연구	김한나
23	글로벌 공급망 리스크 대응 물류망 최적화 방안 연구 : 한국-북미 물류공급망 중심	이성우

2022년

01	선박투자 가치평가 및 위험관리 모형 연구	박성화
02	항만 컨테이너 반출입 예약시스템 가격결정 모형 연구	서정용
03	연안재해 대응을 위한 그린인프라 구축방안 연구	정지호
04	탄소중립이 해양수산업에 미치는 경제적 영향분석 연구	권장한
05	수산물 안전성 관리체계 개선방안 연구	조헌주
06	준해양사고 통보제도 개선방안 연구	박상원
07	MZ세대 소비트렌드를 반영한 해양관광 추진방안 연구	최일선
08	연근해 어종별 어획쿼터제도 도입방안 연구	심성현
09	행위자기반 해양공간계획 시뮬레이션 개발 연구	조성진
10	항만분야 탄소중립 관리체계 개선방안 연구	안승현
11	탄소중립 시대 양식산업 대응전략 연구 - 육상 어류양식을 중심으로 -	마창모
12	수산식품산업의 탄소중립 대응방안 연구 - 가공업을 중심으로 -	김지연
13	해양환경보건정책 도입방안 연구	박수진
14	포스트 코로나 시대의 컨테이너 해운산업 대응방안 연구 - 디지털 플랫폼을 중심으로 -	최건우
15	항만분야 공공갈등 관리방안 연구	김세원
16	글로벌 가치사슬 변화와 국제물류 분야 대응방안 연구 - 전기자동차 산업을 중심으로 -	권보배
17	항만개발제도 개선방안 연구	이수영
18	클러스터 혁신을 통한 선박관리업 발전방안 연구	허성례
19	수입수산물 예방적 관리체계 도입방안 연구 - IUU 수산물을 중심으로 -	안지은
20	양식수산물 유통 빅데이터 구축방안 연구	이기영
21	글로벌 혁신성장을 위한 신남방·신북방 정책 연구 - 신남방 지역 ICT산업 가치사슬 변화에 따른 물류 공급사슬 대응방안	최나영환

수시연구보고서 발간목록

2023년

01	양식어업 비과세 합리화 방안 연구	이정필
02	복합해양레저관광도시 개념정립 및 추진방안에 관한 연구	최일선
03	항만기술산업 육성을 위한 법제도 마련 연구	안승현
04	블루푸드테크 전문기관의 도입 필요성에 대한 연구	이동림
05	지방자치단체의 해양관할구역 설정 요인 연구	이혜영
06	양식장 내 어류 복지 기준 마련을 위한 연구	오서연
07	해양플라스틱 재활용산업 공급사슬 기반 조성 연구	이윤정
08	중소·중견 물류기업의 ESG경영 가이드라인 구축 연구	이재호
09	신항만건설사업의 민간투자 확대를 위한 제도개선 연구	김보경
10	해수욕장 이용객 집계·관리체계 개선방안 연구	이정아
11	유엔 플라스틱 협약의 주요쟁점 분석 및 대응방향 연구	박수진
12	어촌 활력 제고를 위한 제도 개선방안 연구	문지원
13	어선의 친환경에너지 전환방안 연구	고동훈

2022년

01	항만의 탄소중립 이행·관리 표준안 연구	안용성
02	매립지 소유권 분리 제도화의 이해관계 분석과 관리방안	윤성순
03	글로벌 공급망 리스크별 영향분석 및 대응방안 연구 - 에너지·곡물을 중심으로	조지성
04	대북제재 강화와 코로나 팬데믹 이후 북한 해양수산 이슈와 대응 방안	윤인주
05	남극환경보호의정서 제6부속서의 국내 이행을 위한 법제 정비방안 연구	박예나
06	해양바이오산업 육성을 위한 해양생명자원법 정비 방안 연구	좌미라
07	우리나라 수산종자 관리체계 개선방안 연구	조헌주
08	2050 신해양강국 미래비전 수립 연구	김민수

일반연구보고서 발간목록

2023년

01	해양수산업 조기경보지수 개발 - 컨테이너 해운시장을 중심으로	권장한
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구(II) - 우리나라 주요 항만을 중심으로	강무홍
03	우리나라 수산식품 소비 활성화 방안 마련 연구	한기욱
04	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅱ) - 유류, 철재, 모래, 목재, 양곡을 중심으로	이화섭
05	대기행렬모형을 활용한 선박대기비용 절감 편익 산정 연구	조아현
06	항만개발사업 정책효과 세부항목별 효과산정 방법 연구	이종필
07	해양 지속가능성 평가체계 구축 연구	최희정
08	국내 해운기업의 ESG 경영 확산 방안 연구	황진회
09	해운 경기순환 분석 및 예측 연구	황수진
10	수산물 공급 안정을 위한 수입수산물 전략품목 관리 방안 연구	박혜진
11	항만산업 여성인력 확대방안 연구	이지원
12	선사공동행위의 규제 및 행동 변화에 따른 영향 분석과 정책방안 연구	류희영

2022년

01	건화물선 시장 비용분석을 통한 해운시장 위험관리지표체계 구축	류희영
02	해상운임 예측모형 고도화 연구(Ⅰ)	황수진
03	IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향	김한나
04	연안지역발전지수(CoDI) 개발 연구	황재희
05	CGE 기반 국제통상환경 변화의 해양수산부문 파급효과 분석	임병호
06	글로벌 수산부문 이머징 이슈 분석 모델 개발 연구	한기욱
07	양식 수산물 중장기 수급전망모형 구축 연구 - 굴을 중심으로 -	김철현
08	Network DEA를 이용한 물류기업 경쟁력 비교 분석 연구	황선일
09	해양수산 사업체 성과 및 효율성 분석 연구	김주현
10	베이지안 방법을 이용한 양식 멍게 단수 추정방안 연구	천성훈
11	수입수산물과 국산 간의 대체관계 분석 연구 - 활·신선냉장품을 중심으로 -	박혜진
12	국내 컨테이너 해운기업의 디지털 전환 활성화 방안 연구	전서연
13	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅰ) - 자동차, 석탄, 고철, 시멘트를 중심으로 -	최석우
14	해양수산 분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구(Ⅱ)	김찬호
15	항만개발사업의 정책효과 적용방안 연구	이종필
16	국가 해양전략 기본구상 연구	정현욱
17	선박대기시간 예측모형 개발을 위한 방법론 연구	조아현
18	안전항만 구축을 위한 비용 산정 및 지원체계 마련을 위한 연구	최상균

기본연구 2023-11

물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구
- 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -

인 쇄 2024년 1월 29일

발 행 2024년 1월 31일

발 행 인 김 종 덕

발 행 처 한국해양수산개발원

주 소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 공감 Tel: 051-903-9909

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 15,000원

물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구

- 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -

A Strategy for Smart Ports to Enhance Logistics Integration

: Focusing on Port Logistics Data Sharing Platforms

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

49111 부산광역시 영도구 해양로 301번길 26 (동삼동)
TEL. 051-797-4800 FAX. 051-797-4810

값 15,000원
93300
ISBN 979-11-6866-173-8