# 국외출장 결과보고서

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="8">내 역</th></tr>
<tr><td rowspan="5">출장자</td><td rowspan="5">소속</td><td rowspan="5">항만연구본부</td><td rowspan="5">성명</td><td>신정훈</td><td rowspan="5">직급</td><td>부연구위원</td><td rowspan="5">보안교육<br>수강여부</td><td>O</td></tr>
<tr><td>최상균</td><td>전문연구원</td><td>O</td></tr>
<tr><td>이화섭</td><td>전문연구원</td><td>O</td></tr>
<tr><td>이혜령</td><td>전문연구원</td><td>O</td></tr>
<tr><td>박민정</td><td>전문연구원</td><td>O</td></tr>
<tr><td rowspan="2">출장목적<br>(중복선택<br>가능)</td><td colspan="3">■ 현지조사(현장, 전문가 회의)</td><td colspan="2">□ 국제행사 주최</td><td colspan="3">■ 국제행사 참가</td></tr>
<tr><td colspan="3">□ 국제회의(정부대표단) 참석</td><td colspan="2">□ 세미나, 교육, 훈련</td><td colspan="3">□ 기타 (　　)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="8">❍ 출장목적① : TOC Europe 2026 참석 및 항만 현지조사를 통해, 항만 디지털화·자동화·탈탄소화 및 글로벌 공급망 변화 동향을 파악하고, 이를「2026년 항만수요분석 위탁연구용역」수행에 활용하고자 함<br><br>❍ 출장자별 목적<br>- 신정훈 (컨테이너 담당): TOC Europe 2026에서는 글로벌 선사 및 터미널 운영사가 제시하는 공급망 재편 대응 전략과 물동량 전망을 청취하고, 함부르크항 현지 조사를 통해 환적 물동량 변화 추이 및 신규 항로 개설 동향을 파악<br>· 수집된 정보를 통해「2026년 항만수요분석 위탁연구용역」의 물동량 시나리오 설정 및 수요예측 모델 보정에 직접 활용<br>- 최상균 (유럽·해상풍력 담당): 유럽 항만의 재생 에너지 관련 항만기능 사례를 수집하고, 함부르크항의 에너지 전환 인프라를 현장 조사<br>· 조사 결과는 국내 항만의 탈탄소화 로드맵 및 해상풍력 연계 항만 정책 연구에 활용하며, 관련 정책 보고서 작성의 근거 자료로 사용<br>- 이화섭 (지능형 시스템 담당): TOC Europe 2026은 항만 자동화·디지털화 분야의 핵심 기술 전시 및 사례 발표가 집중되는 국제행사로, 최신 기술 트렌드와 도입 사례를 집약적으로 파악할 수 있음<br>· 세션 및 현장 조사를 통해 수집한 기술·운영 사례는 국내 지능형 항만 시스템 개발 연구 및 스마트항만 정책 수립에 반영<br><br>❍ 출장목적② : 항만 하역장비 및 핵심 부품*의 글로벌 시장, 기술 및 주요 기업 동향을 조사하여,「항만 자동하역장비 핵심부품 성능 고도화 기술개발」과제의 KMI 과업인 산업동향 보고서 작성에 활용하고자 함<br>* 디스크/휠 브레이크, 케이블 릴, 트윈 스프레더, 트위스트락 탈부착 장비<br><br>❍ 출장자별 목적<br>- 이혜령 (자동 하역장비 담당): 자동화 하역장비의 최신 기술 수준 및 주요 제조사 동향을 파악하고, 함부르크 등 현지 자동화 터미널 조사를 통해 실제 운영 환경에서의 장비 적용 사례를 수집<br>· 수집된 자료는「항만 자동하역장비 핵심부품 성능 고도화 기술개발」과제의 정책, 제도, 시장변화 분석에 활용<br>- 박민정 (크레인 핵심부품 담당): Stinis, Bromma, Stemmann, Pintsch 등 유럽 핵심 부품 제조사의 최신 제품 라인업과 기술 개발 방향을 직접 확인하고, 담당자 면담을 통해 시장 동향 및 기술 스펙 정보를 수집</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="4">· 조사 결과는 국내 핵심 부품 성능 고도화 기술 개발 방향 설정의 기초 자료로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">관련사업<br>(예산항목)</td><td colspan="4">- (신정훈, 최상균, 이화섭) 「2026년 항만수요분석 위탁연구용역」(수탁)<br>(사업기간 : 2026.02.27. ~ 2027.02.26.)<br>- (이혜령, 박민정) 「항만 자동하역장비 핵심부품 성능 고도화 기술개발(2차년도)」(수탁)<br>(사업기간 : 2026.01.01. ~ 2026.12.31.)</td></tr>
<tr><td>사업 계획 상 예산 반영 여부</td><td>□ 반영</td><td>□ 출장지 대체</td><td>■ 해당없음(수탁)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">공무<br>항공마일리지<br>활용계획</td><td>성명</td><td>보유 마일리지</td><td>활용계획</td><td>미활용 사유</td></tr>
<tr><td>신정훈</td><td>19,153</td><td>미활용</td><td rowspan="5">마일리지 사용 불가 항공</td></tr>
<tr><td>최상균</td><td>13,887</td><td>미활용</td></tr>
<tr><td>이화섭</td><td>36,361</td><td>미활용</td></tr>
<tr><td>이혜령</td><td>47,810</td><td>미활용</td></tr>
<tr><td>박민정</td><td>12,033</td><td>미활용</td></tr>
<tr><td>출장기간</td><td colspan="2">2026.05.17.(일) ~ 2025.05.22(금)<br>(4박 6일)</td><td>출장지</td><td>독일, 함부르크</td></tr>
<tr><td rowspan="11">출장일정</td><td>일자</td><td>방문지</td><td>주요업무*</td><td>항공편 / 교통수단</td></tr>
<tr><td>05.17(일)</td><td>부산(08:00) →<br>함부르크(22:10)</td><td>이동</td><td>부산-서울(국내선, 김포)<br>서울-바르샤바(LO100)<br>바르샤바-함부르크(LO397)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">05.18(월)</td><td>오전 : 함부르크 도린트 호텔 회의실</td><td>컨퍼런스 참석 및 기관 협의 사전 점검</td><td rowspan="2">대중교통</td></tr>
<tr><td>오후 : 함부르크 HHLA</td><td>HHLA Container Terminal Altenwerder 인터뷰, 현장방문</td></tr>
<tr><td rowspan="2">05.19(화)</td><td>오전 : 함부르크 Messe</td><td colspan="2" rowspan="2">TOC Europe 참석<br>Conference, CSC Live, Tech TOC</td><td rowspan="2">대중교통</td></tr>
<tr><td rowspan="2">오후 : 함부르크 Messe</td><td>Navis 인터뷰 및 현장조사</td><td>Bubenzer, Cavotec 인터뷰 및 현장조사</td></tr>
<tr><td rowspan="2">05.20(수)</td><td>오전 : 함부르크 Messe</td><td colspan="2" rowspan="2">TOC Europe 참석<br>Conference, CSC Live, Tech TOC</td><td rowspan="2">대중교통</td></tr>
<tr><td rowspan="2">오전 : 함부르크 Messe</td><td>Siemens 인터뷰 및 현장조사</td><td>ZPMC, ABB 인터뷰 및 현장조사</td></tr>
<tr><td>05.21(목)</td><td rowspan="2">함부르크(07:10) →<br>부산(10:00)</td><td rowspan="2">이동</td><td rowspan="2">함부르크-바르샤바(LO398)<br>바르샤바-서울(LO097)<br>서울-부산(국내선, 김포)</td></tr>
<tr><td>05.22(금)</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
| 출장성과 | ○ 출장목적 달성 정도<br>- TOC Europe 2026 참석 및 함부르크항 현지조사를 통해 항만 디지털화·자동화·탈탄소화 및 글로벌 공급망 변화 동향을 종합 파악<br>- 세계 최대 항만 장비·기술 박람회 참석을 통한 하역장비 및 핵심 부품 산업동향 파악<br>○ 주요 성과<br>- 터미널 운영 및 연관사 (HHLA·Navis·Siemens) 인터뷰 및 컨퍼런스 참관을 통해 지능형 항만 운영, 데이터 기반 수요예측, 에너지 전환 등 기술·시장 동향을 조사하고「2026년 항만수요분석 위탁연구」및 국내 지능형 항만 시스템 연구의 기초자료 확보<br>- 하역장비 분야 선도기업 기술·시장 동향 조사 및 국산 기술개발 방향 설정을 위한 기초자료 확보 |
| 향후계획 | ○ 출장 성과 공유 계획<br>- 항만 디지털화·자동화·탈탄소화 및 글로벌 공급망 변화 동향 자료를 정리하여「2026년 항만수요분석 위탁연구」수행에 반영<br>- 하역장비 및 핵심 부품별 산업 동향 보고서 작성<br>○ 정책화 등 활용 계획<br>- 글로벌 공급망 변화를 물동량 수요예측 연구에 반영하고, 국내 지능형 항만 시스템 개발 및 스마트항만 정책 수립의 기초자료로 활용<br>- 국내 하역장비 핵심 부품 성능 고도화 기술 개발 방향 설정의 기초 자료로 활용 |
| 참고 등 특이사항 (건의사항) | 없음 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

<table>
<tr><td>업무유형</td><td>■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 □ 국제행사 참가<br>□ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( )</td></tr>
<tr><td>업무</td><td>05.18.(월) 컨퍼런스 참석 및 기관 협의 사전 점검</td></tr>
<tr><td>수행계획</td><td>□ (오전) 사전 내부회의<br>- 참 석 자<br>· 신정훈 부연구위원, 최상균 전문연구원, 이화섭 전문연구원, 이혜령 전문연구원, 박민정 전문연구원<br>- 회의 목적<br>· TOC Europe 2026 참석 및 함부르크 현지 조사 과정에서 수행 예정인 터미널 운영사(HHLA 등) 인터뷰의 실효성을 높이기 위해, 출발 전 연구진 간 질문 체계와 조사 방향을 사전에 공유·조율하고 출장자별 역할을 명확히 분담<br>- 인터뷰 질문 체계 검토<br>
<table>
<tr><th>구분</th><th>주요내용</th></tr>
<tr><td>① 운영 및 생산성</td><td>자동화 도입 후 처리능력·비용 구조 변화</td></tr>
<tr><td>② 자동화·디지털 기술</td><td>AGV 운영 방식, AI 기반 의사결정 시스템 활용</td></tr>
<tr><td>③ 공급망·수요 변화 대응</td><td>물동량 변동·선사 전략 변화 대응, 고객 요구 변화</td></tr>
<tr><td>④ 탈탄소화·에너지 전환</td><td>전동화 장비·OPS 도입 현황 및 애로사항</td></tr>
<tr><td>⑤ 향후 전략</td><td>자동화·디지털화 투자계획, 경쟁 차별화 전략</td></tr>
<tr><td>⑥ 부품·기술 동향</td><td>부품 공급업체 선정 기준, STS 크레인 핵심 부품 전망</td></tr>
</table>
- 출장자별 사전 자료 준비 확인<br>· 각 질문 영역별 배경 자료 및 선행 연구 검토 현황 공유<br>· HHLA 등 인터뷰 대상 기관 기본 현황 사전 파악 (연간 물동량, 자동화 수준, 주요 장비 현황 등)<br>· 부품 관련 주요 제조사(Stinis, Bromma, Stemmann, Pintsch) 제품 스펙 사전 검토<br>- 기타 현장 조사 항목 조율<br>· TOC 세션 참관 분담 계획 (세션별 담당자 지정)<br>· 전시 부스 방문 우선순위 및 자료 수집 방식<br>· 현지 조사 결과의 보고서 반영 방식 사전 합의</td></tr>
<tr><td>수행결과</td><td>□ (오전) 사전 내부회의<br>- 참 석 자<br>· 신정훈 부연구위원, 최상균 전문연구원, 이화섭 전문연구원, 이혜령 전문연구원, 박민정 전문연구원<br>- 주요 회의 내용<br>① 인터뷰 질문 체계 확정<br>· 운영·생산성, 자동화·디지털, 공급망·수요 대응, 탈탄소화·에너지 전환, 향후 전략, 부품·기술 등 8개 영역별 핵심 질의 항목을 확정<br>· 운영사(HHLA·Navis·Siemens)는 운영·자동화·탈탄소 중심, 장비·부품 제조사는 부품·기술 동향</td></tr>
</table>

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

중심으로 질문을 차별 배분하고, 공통 질의와 기관별 특화 질의를 구분하여 면담 시간 효율화

② 출장자별 사전 자료 준비 확인

· 질문 영역별 배경 자료 및 선행연구 검토 현황을 공유하고 영역 간 중복을 최소화

· HHLA 등 인터뷰 대상 기관의 연간 물동량·자동화 수준·주요 장비 현황 등 기본 현황을 사전 파악

· 부품 주요 제조사(Stinis, Bromma, Stemmann, Pintsch)의 제품 스펙을 사전 검토하여 면담 시 확인 항목을 정리

③ 현장 조사 항목 조율

· TOC Europe 세션을 Conference(전원)·CSC Live(신정훈·최상균)·Tech TOC(이혜령·박민정)로 분담 지정

· 전시 부스 방문 우선순위 및 자료 수집 방식(명함·브로슈어·현장 사진) 논의

· 현지 조사 결과의 보고서 반영 방식과 담당자별 작성 범위를 사전 협의

④ 이후 일정별 조사 방향 확정

· 출장 기간 중 방문처별 담당과 주요 조사 방향을 아래와 같이 확정하고, 운영사 인터뷰와 TOC Europe 세션 참관을 병행하기로 논의

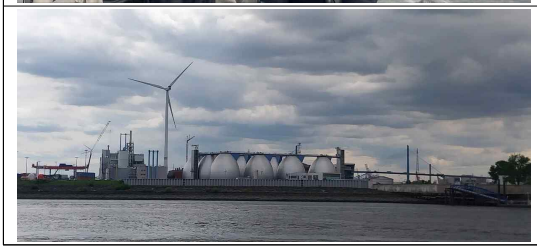
| 방문처/세션 | 담당 | 주요 조사 방향 |
|---|---|---|
| ① HHLA CTA | 전원 | • 완전자동화 터미널 운영 현황<br>• 생산성·효율성 요소<br>• 자율운송·장비 자동화·데이터 기반 운영<br>• 탈탄소화·전동화 |
| ② TOC Europe(Conference) | 전원 | • 항만 디지털화 가치<br>• AI 활용 등 지능형 항만 기술 트렌드 |
| ③ TOC Europe(CSC Live) | 신정훈·최상균 | • 글로벌 무역·공급망 동향<br>• 글로벌 물동량 시나리오 |
| ④ TOC Europe(Tech TOC) | 이혜령·박민정 | • 자동화 도입 전략<br>• 하역장비 핵심부품 시장·기술 동향 |
| ⑤ Navis | 이화섭·신정훈·최상균 | • TOS 기반 자동화 운영<br>• 데이터 기반 수요예측·AI 의사결정 |
| ⑥ Bubenzer·Cavotec | 이혜령·박민정 | • 브레이크·케이블 릴 등 크레인 핵심부품 기술 동향 |
| ⑦ Siemens | 최상균·이화섭·신정훈 | • Shore Power·전기화·수소 등 탈탄소·에너지 전환 |
| ⑧ ZPMC·ABB | 이혜령·박민정 | • 트윈 스프레더·트위스트락 자동 탈부착 등 자동화 제어·부품 |

| | |
|---|---|
| 업무유형 | ■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 □ 국제행사 참가<br>□ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( ) |
| **업무①** | **05.18.(월) HHLA Container Terminal Altenwerder 인터뷰, 현장방문** |
| 수행계획 | □ **(오후) HHLA 인터뷰 및 현지조사**<br>**- 참 석 자**<br>· KMI: 신정훈 부연구위원, 최상균 전문연구원, 이화섭 전문연구원, 이혜령 전문연구원, 박민정 전문연구원 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

| | |
|---|---|
| | · HHLA: Oliver Boldt(Container Development Strategy)<br>**- 방문 목적**<br>· HHLA Container Terminal Altenwerder의 자동화·디지털 기반 터미널 운영 현황을 파악하고, 생산성 및 효율성 향상 요소를 조사<br>· 자율운송, 장비 자동화, 데이터 기반 운영 등 스마트 항만 기술 적용 사례를 조사<br>· 유럽 항만의 탈탄소화 및 전동화 추진 현황을 확인하여 국내 항만 적용 가능성 검토 |
| 수행결과 | □ **(오후) HHLA 인터뷰 및 현지조사***<br>*** 방문 일정 취소로 투어로 대체**<br>**- 참 석 자**<br>· KMI: 신정훈 부연구위원, 최상균 전문연구원, 이화섭 전문연구원, 이혜령 전문연구원, 박민정 전문연구원<br>**- 터미널 개요**<br>· 함부르크항 소재 컨테이너 터미널(2002년 개장)로, 현재 완전 자동화 체계로 운영 중이며 친환경화를 지속 추진<br>· 수평형 레이아웃 기반 26개 블록(장치용량 약 20,000TEU) 구성, 52대 RMGC 및 80대 배터리식 AGV 운영<br>· 유럽 최대 규모 컨테이너 철도터미널 KTH(Kombi-Transeuropa Terminal Hamburg)와 직접 연결<br>**- 주요 조사 내용**<br>① 터미널 자동화 운영 체계 및 생산성<br>· CTA의 전체 자동화 운영 체계와 생산성·효율성 향상의 핵심 요소<br>· 안벽–장치장–게이트 전 구간 자동화로 24시간 무중단 운영 및 인력 의존도 최소화, 수평형 레이아웃과 RMGC·AGV 연계 운영을 통한 장비 가동률 및 처리효율 확보<br>② 안벽하역 장비 자동화 및 원격제어(DTQC)<br>· STS 크레인 자동화·원격제어 도입 현황 및 향후 교체 계획<br>· 2026.2월 함부르크항 최초로 원격제어 기반 DTQC(Liebherr社) 도입(최대높이 120m·리프팅 42.5m·하중 80톤, 16,000TEU급 처리), OCR 기반 디지털 컨테이너 등록 시스템 탑재, 2030년까지 14대 STS 크레인 전량 단계적 교체 예정<br>③ 자율운송 및 AGV 운영<br>· AGV 운영 방식, 동력원 전환 현황 및 운영상 효과 검토<br>· 80대 배터리식 AGV 운영으로 디젤 대비 배출 저감 및 정온성 확보, 배차·충전 운영 최적화를 통한 수평운송 효율 유지<br>④ 데이터 기반 운영 및 디지털 인프라(OCR 게이트)<br>· 데이터 기반 운영 체계 및 컨테이너 자동 인식 방식 여부 확인<br>· 트럭·철도 반입 전 컨테이너에 대한 OCR 게이트 자동 인식 운영, 디지털 컨테이너 등록 시스템과 연계하여 반·출입 처리 자동화 및 데이터 정합성 제고 중<br>⑤ 탈탄소화 및 전동화 추진 현황 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

<table>
<tr><td></td><td>· 터미널 탈탄소화·전동화 추진 방향 및 친환경 물류 연계 체계 검토<br>· STS 크레인·RMGC·AGV 등 모든 자동화 장비를 재생에너지 기반 전력으로 구동, KTH 직접 연결을 통한 철도 모달 시프트로 친환경 물류 체계 강화<br><br>- 시사점 및 활용방안<br>· (지능형 항만 수요예측) CTA의 장비 구성·장치용량·처리효율 등 자동화 터미널 운영 데이터 연계를 통한 빅데이터 기반 지능형 항만 수요예측 시스템 고도화의 해외 참조 사례로 활용<br>· (탈탄소화 정책) 재생에너지 기반 장비 구동 및 철도 연계 모달 시프트는 국내 항만 탈탄소화·전동화 설계의 정책적 함의 제공<br><br> <br>  </td></tr>
<tr><td>업무유형</td><td>□ 현지조사(현장, 전문가 회의) | □ 국제행사 주최 | ■ 국제행사 참가<br>□ 국제회의(정부대표단) 참석 | □ 세미나, 교육, 훈련 | □ 기타 ( )</td></tr>
<tr><td>업무②</td><td>05.19.(화) TOC Europe 참석</td></tr>
<tr><td>수행계획</td><td>□ 방문 목적<br>- TOC Europe 참석, Conference(이화섭), CSC Live(신정훈, 최상균), Tech TOC(이혜령, 박민정) 구분해서 참여<br><br>□ (오전) Conference: 이화섭<br>- The port & terminal leadership forum: Understanding the real value of port digitalisation benchmark: 항만 디지털화 수준 평가와 생산성 격차 분석, 디지털 전환의 실질적 가치 논의 → 글로벌 항만 디지털화 수준 비교 지표 및 생산성 연계 분석 자료 확보, 국내 지능형 항만 시스템 개발 연구의 벤치마크 기준 설정에 활용<br><br>□ (오전) CSC Live: 신정훈, 최상균<br>- Market update: A trade overview for 2026–27: 글로벌 무역 동향, 관세 및 공급망 불확실성 확대 전망 → 미-중 관세 갈등·홍해 우회 등 리스크 요인이 물동량에 미치는 영향 파악, 항만수요분석 위탁연구의 물동량 시나리오 설정 및 탈탄소 정책 환경 분석에 활용<br><br>□ (오전) TECH TOC: 이혜령, 박민정<br>- Considerations for automation: What, where and how?: 항만 자동화 도입 전략, 적용 대상 및 단계별 실행 방안 논의 → 자동화 장비 도입 우선순위 및 단계별 실행 전략 파악,</td></tr>
</table>

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

| | |
|---|---|
| | 자동하역장비 핵심부품 성능 고도화 과제의 시장·정책 동향 분석 자료로 활용<br>□ **(오후) Conference: 이화섭**<br>- **The other side of AI: Navigating opportunities, risks, and reality**: 항만 운영에서 AI 활용 확대에 따른 기회와 리스크, 실제 적용 한계 분석 → AI 기반 항만 운영 시스템의 현실적 적용 범위와 한계 파악, 국내 스마트항만 AI 기술 도입 정책 수립 시 리스크 관리 방안 마련에 활용<br>□ **(오후) CSC Live: 신정훈, 최상균**<br>- **Considerations for ocean freight purchasing**: 해상운임 구매 전략과 스케줄 신뢰성 저하 대응 방안 → 운임 변동성 확대 환경에서의 선사·화주 전략 변화 파악, 항만 물동량 수요 예측 모델의 운임 변수 반영에 활용<br>- **What makes a supply chain successful?**: 공급망 운영 성공요인 및 리스크 대응 역량 분석 → 글로벌 공급망 복원력 강화 전략 및 항만의 역할 변화 파악, 항만 수요분석 위탁연구의 공급망 시나리오 구성에 활용<br>- **Supply chain & fulfilment: What are the nuances for each cargo sector?**: 화물 유형별 공급망 및 풀필먼트 운영 특성 비교 → 컨테이너·벌크 등 화물 유형별 항만 수요 특성 차별화 근거 확보, 품목별 물동량 수요예측 모델 정밀화에 활용<br>- **Strategic supply chain management & cargo fulfilment**: 전략적 공급망 설계 및 화물 처리 최적화 방안 종합 논의 → 글로벌 선사·터미널 운영사의 중장기 공급망 전략 파악, 국내 항만의 기능 재편 및 경쟁력 강화 정책 방향 도출에 활용<br>□ **(오후) TECH TOC: 이혜령, 박민정**<br>- **The other side of AI: Navigating opportunities, risks, and reality**: 항만 운영에서 AI 활용 확대에 따른 기회와 리스크, 실제 적용 한계 분석 → 자동화 하역장비에 AI 기술 접목 시의 기술적 과제 및 현실적 제약 파악, 핵심부품 성능 고도화 기술개발 과제의 AI 연계 방향 설정에 활용 |
| 수행결과 | □ **(오전) TECH TOC: 이혜령, 박민정**<br>- **Considerations for automation: What, where and how?**<br>· 터미널 자동화에서는 해결하고자 하는 운영상 문제점이 무엇인지에 따라 자동화 범위가 달라지기 때문에 운영상 문제점을 정확히 정의하는 것이 매우 중요<br>· 인력 부족(숙련 인력 확보 한계), 성과 변동성(안정적·예측 가능한 생산성 확보 곤란), 안전 요구(안전사고 저감), 자동화 터미널 대비 경쟁력 약화 우려) 등이 자동화의 범위를 결정하는 주요 요인<br>· 자동화는 장비·하드웨어 도입만으로 끝나는 것이 아니라, 후방 작업(IT 아키텍처, 프로세스 재설계, 테스트·시운전, 교육 등)이 제대로 이루어지는 것이 중요<br>· 자동화는 투명성, 데이터 품질, 신뢰성, 예측 가능성, 안전성, 회복력 차원에서 이점을 보유하나, 이러한 이점은 안정화 단계 이후에 나타나는 것이므로 자동화 추진 시 고려 필요<br>· 자동화 시스템을 운영할 인력의 양성과 변화 관리 역시 중요한 요소, 독일 HHLA는 Portskill 4.0, DigiRemote 2030 등 프로그램을 통해 운영 인력 양성과 변화 대응 교육 실 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

| | |
|---|---|
| | 시<br>· 자동화 추진에 있어 터미널 가동 전 에뮬레이션을 통한 가동 리스크 완화가 매우 중요<br>· 최근 트랜스퍼 크레인도 자율화 추진 중으로, 자율화 ARTG는 AI 기반 주행과 작동 중 실시간 학습·적용 등을 통해 지속적 최적화 실현에 기여<br><br>□ **(오후) Conference: 이화섭**<br>**- The other side of AI: Navigating opportunities, risks, and reality**<br>· AI는 선석·장비 배차, 수요예측, 이상탐지 등에서 운영 효율을 높이나, 데이터 품질·편향·설명가능성 부족이 실제 적용의 핵심 제약으로 작용<br>· 완전 자동화된 의사결정보다 사람의 판단을 보조하는 human-in-the-loop 방식이 현실적이며, 모델 성능을 과신하지 않는 단계적 도입이 중요<br>· AI 효과는 양질의 통합 데이터와 명확한 운영 목표가 전제될 때 발현되므로, 데이터 거버넌스와 리스크 관리 체계 구축이 선결 과제<br><br>□ **(오후) CSC Live: 신정훈, 최상균**<br>**- Considerations for ocean freight purchasing**<br>· 운임 변동성과 스케줄 신뢰성 저하가 심화되며, 화주는 장기계약·스팟 혼합 등 조달 포트폴리오 다변화와 정시성·회복력을 함께 고려하는 방향으로 구매 전략을 전환하고 있음을 확인<br>· 운임 변동이 항로·항만별 물동량 배분에 미치는 영향을「항만수요분석 위탁연구」수요예측 모델의 운임 변수 설정에 반영할 수 있는 연구 주제 검토<br>**- What makes a supply chain successful?**<br>· 가시성·유연성·파트너 간 신뢰가 공급망 성공의 핵심 요소로 제시되었으며, 단일 효율보다 충격 대응력(복원력)을 중시하는 방향으로 전환되는 추세를 확인<br>· 글로벌 공급망 재편이 항만 물동량의 변동성·집중도에 미치는 영향을 항만수요 및 공급망 시나리오 분석에 활용<br>**- Supply chain & fulfilment: What are the nuances for each cargo sector?**<br>· 컨테이너·벌크·콜드체인 등 화물 유형별로 리드타임·보관·처리 요건이 상이하여 항만의 수요 특성과 기능도 차별화가 필요함을 확인<br>· 품목별 물동량 수요예측 모델을 화물 유형 특성에 맞춰 정밀화하기 위한 검토 필요<br>**- Strategic supply chain management & cargo fulfilment**<br>· 선사·터미널 운영사가 수직 통합과 디지털 연계를 통해 end-to-end 물류 서비스로 확장 중이며, 항만은 단순 하역을 넘어 물류 거점으로서의 기능 강화가 요구됨을 확인<br>· 국내 항만의 기능 재편 방향 도출 및 항만 경쟁력 변수 설정에 활용 가능성 검토<br><br>□ **(오후) TECH TOC: 이혜령, 박민정**<br>**- How to enhance performance through data and digital tools while strenghtening cybersecurity**<br>· 터미널 지능화를 위해서는 현장에서 발생하는 신호(데이터)를 운영적 맥락의 정보로 전환하는 데이터 백본이 중요<br>· 분산된 정보를 신뢰할 수 있는 단일 데이터 소스로 정리하는 것이 핵심, 데이터 통합이 조화롭게 이루어지지 않으면 지능형 자동화나 AI의 원활한 통합도 기대 불가 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

<table>
<tr><td></td><td colspan="3">· 디지털트윈이 운영 상황을 정확하게 재현하기 위해서는 구조화·표준화된 입력 데이터 필요<br>· 사이버보안은 디지털 시스템·데이터·운영을 보호하고 운영 탄력성을 보장하기 위한 조직적·인적·기술적 조치를 포괄하는 것으로, 곧 거버넌스 차원의 문제<br>· AI 도입은 피싱 자동화, 취약점 스캔 가속화, 악성코드 변종의 신속한 생성, 공격 도구에 대한 접근성 확대 등 사이버 위협을 가속화하는 위험 요인 존재<br>· NIS2(Network and Information Systems 2) Directive는 해킹·사이버 테러로부터 핵심 기반 시설을 보호하기 위해 EU가 제정한 사이버 보안 지침으로, '해상 운송 및 항만'을 보안 강화가 필수적인 핵심 부문으로 지정<br>· FEPORT, Federazione del Mare, France Cyber Maritime 등은 이탈리아 해운사와 항만이 NIS2 보안 기준을 충족할 수 있도록 대응 가이드라인 수립과 교육을 지원하는 SAFEDIGIMAR 프로젝트를 주도 중<br> </td></tr>
<tr><td rowspan="2">업무유형</td><td>■ 현지조사(현장, 전문가 회의)</td><td>□ 국제행사 주최</td><td>□ 국제행사 참가</td></tr>
<tr><td>□ 국제회의(정부대표단) 참석</td><td>□ 세미나, 교육, 훈련</td><td>□ 기타 ( )</td></tr>
<tr><td>**업무③**</td><td colspan="3">**05.19.(화) Navis 인터뷰 및 현지조사**</td></tr>
<tr><td>수행계획</td><td colspan="3">□ **(오후) Navis 인터뷰 및 현지조사**<br>**- 참 석 자**<br>· KMI: 이화섭 전문연구원, 신정훈 부연구위원, 최상균 전문연구원<br>· Navis: Chin Guan Tan(Solution Sales Director), Stephen Lee(Senior Sale Manager)<br>**- 방문 목적**<br>· ① TOS 기반 자동화 운영 구조(AGV·크레인 연계 방식, 자동화 수준) 파악을 통해 항만 디지털화 기술 동향 확인<br>· ② TOS 운영 데이터를 활용한 물동량 분석·수요예측 적용 사례 조사를 통해 데이터 기반 분석 활용 가능성 검토<br>· ③ 선석 배정·장비 배차 등 터미널 운영 전반에 적용된 AI 기능과 실제 성과 확인을 통해 의사결정 지원 시스템 현황 파악<br>· ④ 국가 항만 시스템 등 외부 시스템과의 데이터 연계 방식 및 표준화 수준 논의를 통해 국내 항만 시스템 연계 가능성 검토<br>· ⑤ 중소형 항만 적용 가능성 및 향후 디지털 전환 기술 방향성 논의를 통해 지능형 항만 수요예측 시스템 구축 방향 도출</td></tr>
<tr><td>수행결과</td><td colspan="3">□ **(오후) Navis 인터뷰 및 현지조사**<br>**- 참 석 자**</td></tr>
</table>

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

· KMI: 이화섭 전문연구원, 신정훈 부연구위원, 최상균 전문연구원
· Navis: Ben Flanagan(Solution Account Manager)

**- 주요 면담 내용**

① TOS 기반 자동화 운영 구조 및 자동화 수준
· 주요 질의 사항: AGV·자동화 크레인과 TOS의 연계 방식, 장비 제어·스케줄링 구조 및 자동화 단계
· 확인 사항: N4가 장비제어시스템(ECS)과 동적 인터페이스로 연계되어 자동화 장비의 스케줄링·배차 최적화 및 분석 기능을 제공하며, 원격제어 STS·자동화 적치크레인(ASC)·AGV·OCR 등과 연동해 완전자동화 터미널까지 지원함을 확인

② TOS 운영 데이터 기반 물동량 분석·수요예측 적용 사례
· 주요 질의 사항: TOS 축적 데이터의 분석 활용 범위, 물동량 분석·수요예측 기능 및 BI 모듈 탑재 여부
· 확인 사항: Smart Suite 등 클라우드 기반 애플리케이션을 통해 TOS 데이터를 분석에 활용하며, 분석 기능으로 피크 시기를 예측해 선제적 자원 배분과 스케줄링에 반영하는 구조임을 확인

③ 선석 배정·장비 배차 등 AI 기능 및 실제 성과
· 질의 사항: 선석 배정·장비 배차·야드 계획에 적용된 AI/최적화 알고리즘 현황 및 정량 성과
· 확인 사항: 실시간 라우팅·배차 모듈(PrimeRoute), 적부계획 자동화(Autostow), 수초 내 수백 대 장비를 대상으로 실시간 의사결정하는 AHT Scheduler 등을 보유하며, 선석 윈도우 최적화로 본선 회항시간 단축, 장치장 체류시간 감소·야드 밀도 개선 효과를 제시

④ 외부 시스템 연계 방식 및 데이터 표준화 수준
· 주요 질의 사항: 국가 항만 시스템·관세·선사 등 외부 시스템 연계 방식(API/EDI) 및 데이터 표준화 수준
· 확인 사항: N4가 시스템 간 교환을 가능케 하는 API 스위트를 공개해 게이트·철도·야드 데이터를 준실시간 연계하며, OCR과 제3자 적하목록 데이터를 결합하고 국가 단일창구(single-window) 시스템과의 연계도 지원함을 확인

⑤ 중소형 항만 적용 가능성 및 디지털 전환 방향성
· 주요 질의 사항: 중소형 항만 적용 가능 모델·도입 구조, 단계적 디지털 전환 접근법 및 향후 기술 로드맵
· 확인 사항: N4는 대형·고물동량 터미널에 최적화된 엔터프라이즈 솔루션으로 포지셔닝되며, 수동·반자동·완전자동을 아우르는 단계적 전환과 수동 RTG의 자동화 단계적 전환(retrofit) 지원 등 점진적 도입 경로를 제시

**- 시사점 및 활용방안**

· (데이터 수집·연계) 개방형 API 기반 시스템 간 데이터 연계 구조는 전국 항만 TOS 데이터를 표준화 수집하는 국가 단위 데이터 파이프라인 구축 가능성을 시사하나, 국내 항만 시

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

스템(Port-MIS 등)과의 데이터 표준 정합성 확보가 선결 과제

· (예측 방법론) Navis가 운영 데이터 분석으로 피크 시기를 예측해 선제적 자원 배분에 연결하는 방식은 운영 데이터 기반 단기 수요예측의 실증 사례로, KMI 예측 모델 및 하역능력 산정 모형 설계 시 참조 활용 가능

· (적용 범위) 대형 터미널은 풍부한 TOS 데이터 확보가 가능하나 중소형 항만은 데이터 성숙도 격차가 존재하므로, 지능형 수요예측 시스템은 항만별 데이터 가용성 차이를 반영한 모델 설계와 단계적 터미널 운영 데이터 확충 병행 필요

| 업무유형 | ■ 현지조사(현장, 전문가 회의) | □ 국제행사 주최 | □ 국제행사 참가 |
|---|---|---|---|
| | □ 국제회의(정부대표단) 참석 | □ 세미나, 교육, 훈련 | □ 기타 ( ) |

| 업무④ | 05.19.(화) Bubenzer, Cavotec 인터뷰 및 현지조사 |
|---|---|

**수행계획**

□ **(오후) Bubenzer, Cavotec 인터뷰 및 현지조사**

**- 참 석 자**

· KMI: 이혜령 전문연구원, 박민정 전문연구원

· Bubenzer : Luca Duglio(Sales Director)

· Cavotec : Steven Cheong(Service Sales Manager)

**- 방문 목적**

· ① 디스크 브레이크 및 크레인·호이스트용 고하중·고속 제동 솔루션의 핵심 기술 동향과 경쟁사 대비 기술적 차별성 파악

· ② 스프레더 케이블 릴·전력/신호 공급 릴 시스템의 최신 기술 수준 및 향후 발전 방향 조사

· ③ 자동화·친환경·유지보수 편의성 등 글로벌 항만 운영사들의 장비·부품 수요 변화 트렌드 및 시장 요구사항 파악

· ④ 주요 제품의 글로벌 항만 납품 현황 및 향후 공급 계획 확인을 통해 시장 규모 및 경쟁 구도 파악

· ⑤ 브레이크·케이블 릴 분야 핵심 경쟁 요인 분석을 통해 국내 핵심부품 성능 고도화 기술개발 방향 설정에 활용

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

수행결과

□ **(오후) 휠 브레이크/디스크 브레이크 관련 기업 방문 조사**

**- 참 석 자**

· KMI: 이혜령 전문연구원, 박민정 전문연구원

· (조사 대상 기업) Dellener Bubenzer, Karl Georg, RFT, RegalRexnord

**- 방문 목적**

· 휠브레이크/디스크 브레이크 주요 공급사의 최신 제품 기술 수준과 기술 개발 방향 파악

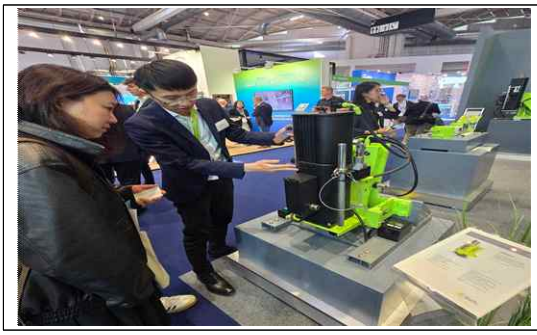
**- 주요 조사 내용**

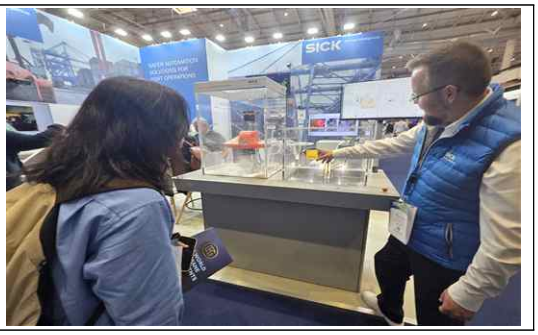
· 디스크 브레이크는 대형 호이스트 등 고하중 구동부에 대응하기 위한 고용량화, 유지관리 부담 저감, 제동 안정성 확보 기능이 강조

· 휠브레이크는 주행휠 직접 가압을 통한 풍하중에 따른 이동을 방지하는 기능을 기본으로 하고, 비상시 동적 제동장치로 활용까지 고려

| 구분 | 제품 특징 | |
|---|---|---|
| | 디스크 브레이크 | 휠 브레이크 |
| Dellner Bubenzer | • (SB 28.5) 23,400Nm의 제동토크, 65,000N의 접촉력을 가진 신세대 고성능 모델<br>• (SB 30) 최대용량 모델로 제동토크 28,800Nm, 제동력 80,000N 제공<br>• 두 제품 모두 자동 마모보정 기능, 셀프 센터링 시스템, 평행 정렬 시스템 등 기능 보유 | • (DBRB/DBRBe) 비상시 동적 브레이크로도 작동 가능하며 스프링 체결 방식, heavy-duty 구조<br>• DBRB는 유압식 해제 방식 적용 모델로 기본 고정력은 91kN급(최대 160kN)<br>• DBRBe는 전기유압식 해제 방식 적용 모델로 기본 고정력은 91kN급(고하중 사양은 별도 요청) |
| Karl Georg | • 고객 맞춤형 산업용 브레이크 솔루션을 공급<br>• 장치 수명 극대화를 위해 heavy-duty 설계 적용, 주요 산업표준과의 호환성 보장 | - |
| RFT | • (RSTN) 최대 200~23,800Nm 범위의 제동토크(요청시 상향 가능)에 대응 가능<br>• 스프링 제동 및 전기유압식 해제 방식 적용<br>• SLM 동기식 해제장치를 통해 브레이크 해제 시 마찰재-디스크 간 간극을 균일하게 확보하고, 회전방향과 관계없이 일정한 제동토크를 확보할 수 있도록 설계 | - |
| Regal Rexnord | • (Svendborg Brakes FAV Thruster Disc Brakes) 250~21,800Nm 범위의 제동토크 대응 가능<br>• 전기유압식 해제 방식을 적용하며 전원 차단시 체결되는 방식<br>• 자동 마모보정 기능, 센서 장착을 통한 상태 확인 기능 제공 | • (Svendborg Brakes EWB/HWB) 비상시 동적 브레이크로 작동 가능, 두 제품 모두 스프링 체결 방식으로 휠 양측을 가압하는 방식으로 구동, 50~120kN급 제동력 보유<br>• EWB는 전기식 해제 방식 적용 모델<br>• HWB는 유압식 해제 방식 적용 모델 |

# 주요 업무내용 (계획(  ), 결과( √ ))






□ **(오후) 스프레더 케이블 릴 관련 기업 방문 조사**

**- 참 석 자**

· KMI: 이혜령 전문연구원, 박민정 전문연구원

· (조사 대상 기업) Cavotec, Wabtec, Conductix-Wampfler

**- 방문 목적**

· 스프레더 케이블 릴 주요 공급사의 최신 제품 기술 수준과 기술 개발 방향 파악

**- 주요 조사 내용**

· 스프레더 케이블 릴 글로벌 공급사들의 주요 기술 경쟁요소는 고속 스프레더 운전 대응, 케이블 장력 제어, 광섬유 기반 데이터 통신, 케이블 수명 관리 등

· Cavotec은 헤드블록부 장력 제어장치 등 기계적 장력 안정화 구조, Wabtec은 FCM 방식의 주파수 제어 모터 기반 릴 구동, Conductix-Wampfler는 SMART Drive 기반 VFD·실시간 예측제어 알고리즘이 특징적

| 구분 | 제품 특징 |
|---|---|
| Cavotec | • 최대 200m/min 수준의 고속 스프레더 작업 지원<br>• 스프레더 제어·통신을 위해 선택적 광섬유 통신 연결 지원<br>• 헤드블록부 장력 제어장치(spreader bollard damper)를 통해 케이블 장력 제어<br>• 모노스파이럴(나선형) 또는 와이드 스파이럴(넓은 나선형) 방식의 권취 드럼* 적용 가능<br>*케이블 릴 내부에서 실제로 케이블이 감기는 원형 드럼부를 의미 |
| Wabtec | • 최대 180m/min 수준의 고속 스프레더 작업 지원<br>• 저전압 전력 공급 및 데이터 전송용 광섬유 통신 지원<br>• FCM 방식의 주파수 제어 모터 기반 릴 구동 기술 적용<br>• 원통형 또는 스파이럴 타입 가능<br>• 케이블 길이 최대 80m, 릴 직경 최대 2.8m까지 대응 |
| Conductix -Wampfler | • High Dynamics/SMART Drive 제품군 기준 기준 최대 300m/min급 고속 운전 대응<br>• 저전압·고전압 전력, 제어신호, Ethernet 및 광섬유 통신 지원을 위한 슬립링 구성 지원<br>• SMART Drive 기반 VFD 제어를 통해 릴 모터의 속도·토크 정밀 제어*<br>*실시간 모델 기반 예측 제어 알고리즘을 적용하여 고속·급가감속 조건에서도 케이블 장력 안정화<br>• 저관성 스풀과 고동적 기어박스를 적용하여 케이블 충격과 마모를 저감<br>• 모노스파이럴, 단층 드럼, 특수 스풀 등 다양한 릴/드럼 구조 적용 가능 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

| 업무⑤ | 05.20.(수) TOC Europe 참석 |
|---|---|
| 수행계획 | □ **방문 목적**<br>- TOC Europe 참석, Conference(이화섭), CSC Live(신정훈, 최상균), Tech TOC(이혜령, 박민정) 구분해서 참여<br><br>□ **(오전) Conference: 이화섭**<br>- **High throughput, small footprint: Boosting terminal efficiency when space is limited**: 제한된 공간에서 처리능력 극대화를 위한 터미널 운영 전략 → 공간 제약 항만의 효율화 운영 전략 및 기술 사례 파악, 국내 중소형 항만의 지능형 운영 시스템 설계 방향 도출에 활용<br><br>□ **(오전) CSC Live: 신정훈 최상균**<br>- **Port growth & supply chain agility**: 항만 성장과 공급망 민첩성 확보 전략 → 불확실성 확대 환경에서 항만 성장 전략 및 공급망 대응 역량 파악, 항만수요분석 위탁연구의 항만 경쟁력 변수 설정에 활용<br>- **Investing in port service diversification**: What are the benefits for the customer?: 항만 서비스 다각화 투자 효과 및 고객 가치 창출 → 유럽 항만의 서비스 다각화 전략과 고객(선사·화주) 수요 변화 파악, 국내 항만 기능 다양화 정책 방향 수립에 활용<br><br>□ **(오전) TECH TOC: 이혜령, 박민정**<br>- **Horizontal container transport: Improvements and tools**: 자율 수평운송 기술 도입을 통한 안전성·효율성 개선 방안 → AGV 등 자율 수평운송 장비의 최신 기술 수준 및 안전성 개선 동향 파악, 자동하역장비 핵심부품 성능 고도화 기술개발 방향 설정에 활용<br><br>□ **(오후) Conference: 이화섭**<br>- **Breaking down electrification: What's achievable and what's not?**: 항만 전동화 추진의 현실적 한계와 실현 가능한 기술 수준 분석 → 전동화 장비 도입의 기술적·경제적 실현 가능성 파악, 국내 스마트항만 전동화 정책 수립 시 현실적 로드맵 도출에 활용<br><br>□ **(오후) CSC Live: 신정훈**<br>- **Bridging the gap between profitable and sustainable supply chains**: 수익성과 친환경성 간 균형을 위한 공급망 전략 → 탄소 저감과 경제성을 동시에 추구하는 글로벌 공급망 전략 사례 수집, 항만 탈탄소화 정책의 경제적 타당성 분석에 활용<br>- **Green corridors: How feasible are they beyond all the MoUs?**: 그린해운항로 구축의 실현 가능성과 정책적 과제 → MoU 이후 실제 그린해운항로 추진 현황 및 정책적 장애요인 파악, 국내 그린해운항로 연계 항만 정책 연구에 활용<br><br>□ **(오후) TECH TOC: 이혜령, 박민정**<br>- **Plugging in: Shore power's critical role in decarbonising European ports**: 항만 탈탄소화를 위한 육상전원공급(OPS)의 역할과 도입 과제 → 유럽 항만 OPS 도입 현황 및 주요 기술·제도적 과제 파악, 자동화 하역장비 전동화 연계 부품 기술 개발 방향 설정에 활용 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

| | |
|---|---|
| 수행결과 | □ **(오전) Conference: 이화섭**<br>- **High throughput, small footprint: Boosting terminal efficiency when space is limited**<br>· 제한된 부지에서 처리능력을 극대화하기 위해 고단적·고밀도 야드 운영, 자동화 적치크레인(ASC)·셔틀캐리어 등 수직·자동화 기반의 공간 효율화 기술이 핵심으로 제시<br>· 부지 규모보다 운영 알고리즘(야드 배치 최적화, 실시간 작업순서 조정)이 처리능력을 좌우하는 추세이며, 부지 확장이 어려운 국내 중소형·도심 항만의 지능형 운영 시스템 설계 방향 도출에 활용<br>· 제한된 공간에서 처리능력 극대화를 위한 터미널 운영 전략 → 공간 제약 항만의 효율화 운영 전략 및 기술 사례 파악, 국내 중소형 항만의 지능형 운영 시스템 설계 방향 도출에 활용<br><br>□ **(오전) CSC Live: 신정훈 최상균**<br>- **Port growth & supply chain agility**<br>· 수요 불확실성이 확대되는 환경에서 항만의 성장은 물리적 확장보다 공급망 변동에 신속히 대응하는 민첩성(유연한 선석·장비 운용, 데이터 기반 의사결정)에 좌우됨을 확인<br>· 환적·기항 패턴 변화에 대한 대응 역량이 항만 경쟁력의 핵심 변수로 부상하고 있어, 항만 경쟁력 변수 설정 및 시나리오 구성에 고려 필요<br>- **Investing in port service diversification: What are the benefits for the customer?**<br>· 항만이 단순 하역을 넘어 부가물류·콜드체인·에너지 공급 등으로 서비스를 다각화할수록 선사·화주 고객의 충성도와 항만 부가가치가 높아짐을 확인<br>· 서비스 다각화가 신규 물동량 창출과 안정적 수요 기반 확보로 이어진다는 점에서, 국내 항만의 기능 다양화 정책 방향 수립에 활용<br><br>□ **(오전) TECH TOC: 이혜령, 박민정**<br>- **Horizontal container transport: Improvements and tools**<br>· 컨테이너터미널의 수평운송을 안벽·야드·게이트·철도를 연계하는 핵심 실행체계로 전환하기 위한 기술 및 운영방안 논의<br>· 자율주행차량 도입뿐 아니라 TOS, ECS, 차량관리시스템 및 운영정보를 연계한 실시간 배차·통제가 중요하며, 통합 데이터, AI 기반 예측·배차, 프로세스 모니터링 및 이상상황 관리 체계를 구축하고, 높은 투자비와 통합 복잡성을 고려해 시범사업 후 단계적으로 확대 필요<br>· (WESTWELL) TOS, 차량관리시스템 및 장비제어시스템 간 데이터와 작업주기의 불일치가 안벽·야드·철도 운영의 혼잡과 차량 대기를 유발함. 개별 차량의 운행시간보다 터미널 전체의 처리 안정성, 일정 신뢰성, 에너지 사용량 등을 종합적으로 관리해야 하며, 통합 데이터를 기반으로 디지털 트윈과 AI를 활용해 병목을 예측하고 배차와 작업순서를 조정하는 체계가 필요<br>· (Freightliner) TOS, 차량예약시스템, 자동화 게이트 및 운영 규칙(Business rule) 엔진을 통합한 철도 복합운송터미널 운영 사례 소개. 수작업 중심의 계획과 야드 가시성 부족, 컨테이너 쉬프팅 및 장비 간 작업 불균형을 개선하기 위해 운영 규칙과 AI를 활용하여 혼잡을 예측하고 작업 우선순위와 차량 경로를 실시간으로 조정 필요 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

| | |
|---|---|
| | · (SIEMENS) 수평 자동 이송장비의 안정적 운영을 위해서는 TOS와 현장 장비 사이에서 배차, 동적 경로계획, 교통관리 및 크레인 연계를 담당하는 ECS 또는 장비물류시스템 필요. 차량의 자율주행 성능뿐 아니라 안벽크레인, 야드크레인 및 차량군을 통합하는 제어계층이 중요하며, 운영환경에 따라 자동화와 자율주행 방식을 구분하여 적용 필요<br>· (Camco) 자동화 계획과 실제 실행 간의 실행 격차와 정상조건만을 전제로 한 시스템은 한계가 있음. 장비고장과 작업지연 등 이상상황에 대응하기 위해 OCR, 위치 및 장비정보를 통합하여 운영상황을 지속적으로 모니터링하고, AI를 통해 담당자별 경보와 시정조치 제공 필요<br>□ **(오후) Conference: 이화섭**<br>**- Breaking down electrification: What's achievable and what's not?**<br>· 안벽크레인·야드장비는 전동화가 빠르게 진전되고 있으나, 대형 수평운송 장비와 OPS는 전력망 용량·충전 인프라·초기 투자비 등으로 단계적 접근이 현실적임을 확인<br>· 전동화 효과는 장비 교체만으로는 제한적이며 전력 인프라·재생에너지 조달과 병행되어야 함이 강조되어, 국내 스마트항만 전동화 정책의 현실적 로드맵 및 도입 우선순위 설정에 활용<br>□ **(오후) CSC Live: 신정훈**<br>**- Bridging the gap between profitable and sustainable supply chains**<br>· 탈탄소 전환이 비용 부담이자 동시에 경쟁력 요소로 작용하며, 친환경성과 수익성의 균형을 위해 연료 전환·효율화·규제 대응을 단계적으로 병행하는 전략이 제시<br>· 탄소 규제·고객 요구가 강해질수록 친환경 전환이 비용에서 차별화 요소로 전환된다는 점에서, 항만 탈탄소화 정책의 경제적 타당성 분석에 고려 검토 필요<br>**- Green corridors: How feasible are they beyond all the MoUs?**<br>· 그린해운항로는 다수 MoU가 체결되었으나 친환경연료 공급·인프라·비용 분담 등 실행 단계의 과제가 상당함을 확인<br>· 항만 간 협력과 친환경연료 공급 인프라의 선제적 확보가 실현의 관건으로 지적되어, MoU 이후 추진 현황과 장애요인을 국내 그린해운항로 연계 항만 정책 연구에 활용<br>□ **(오후) TECH TOC: 이혜령, 박민정**<br>**- Plugging in: Shore power's critical role in decarbonising European ports**<br>· 유럽 항만의 탈탄소화를 위한 육상전원공급설비(Onshore Power Supply)의 역할과 보급 확대 과정에서 발생하는 기술적·재정적·운영상의 과제 논의<br>· 선박, 터미널 및 내륙 운송 운영이 전력망 기반의 에너지 시스템과 점차 긴밀하게 연계되고 있으며, 특히 항만의 전기화가 단순한 설비 도입을 넘어 항만 운영계획, 투자 방식 및 인프라 설계를 전반적으로 변화시키고 있음<br>· OPS 확대를 저해하는 주요 요인으로는 높은 초기 투자비용, 제한된 항만 공간과 전력망 용량, 전력가격 및 조달 여건의 불확실성, 선박과 육상설비 간 전기시스템의 호환성 문제 등이 제시됨<br>· 운영 중인 터미널에 OPS를 설치할 경우 기존 하역작업과 장비 이동을 방해하지 않아야 하므로, 터미널별 배치와 운영 특성을 반영한 맞춤형 케이블 관리시스템 및 엔 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

| | |
|---|---|
| | 지니어링 솔루션 필요<br>· 함부르크항은 비교적 초기부터 OPS 구축을 추진해 왔으나, 높은 자본비용과 설비 이용률 및 전력 공급의 불확실성 등으로 인해 사업성 확보에 어려움<br>· 향후 관련 규제가 강화되고 유럽 항만 전반으로 OPS 보급이 확대될 경우 설비 활용도와 경제성이 점차 개선될 것으로 전망<br> |
| 업무유형 | ■ 현지조사(현장, 전문가 회의) / □ 국제행사 주최 / □ 국제행사 참가<br>□ 국제회의(정부대표단) 참석 / □ 세미나, 교육, 훈련 / □ 기타 ( ) |
| **업무⑥** | **05.20.(수) Siemens 인터뷰 및 현지조사** |
| 수행계획 | □ **(오후) Siemens 인터뷰 및 현지조사**<br>**- 참 석 자**<br>· KMI: 최상균 전문연구원, 이화섭 전문연구원, 신정훈 부연구위원<br>· Siemens: Jodeson Chou(Director), Kenneth Hoo(Vertical Sales Manager)<br><br>**- 방문 목적**<br>· ① Shore Power·전기화·수소 등 항만 탈탄소 기술 적용 현황 및 효과 조사를 통해 유럽 항만의 에너지 전환 기술 동향 파악<br>· ② 항만 내 전력 수요관리·ESS·재생에너지 연계 운영 방식 확인을 통해 항만 전력화 설비 도입 효과 및 운영 구조 검토<br>· ③ 해상풍력 등과 연계한 항만의 에너지 허브 역할 수행 사례 조사를 통해 항만-에너지 복합 기능 실현 가능성 분석<br>· ④ 유럽 항만 탈탄소 추진을 위한 정책·재원 조달·PPP 구조 파악을 통해 민관협력 기반 투자 모델 및 정책 방향 분석<br>· ⑤ 국내 항만 적용 시 고려사항 및 향후 에너지 전환 기술 방향성 논의를 통해 국내 항만 에너지 전환 정책 적용 가능성 도출 |
| 수행결과 | □ **(오후) Siemens 인터뷰 및 현지조사**<br>**- 참 석 자**<br>· KMI: 최상균 전문연구원, 이화섭 전문연구원, 신정훈 부연구위원<br>· Siemens: Dhanaji Gholap(Business Development Professorial) |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

| | |
|---|---|
| | **- 주요 조사 내용**<br>① Shore Power·전기화·수소 등 탈탄소 기술 적용 현황 및 효과<br>· 주요 질의 사항: 항만 탈탄소화를 위한 Shore Power(OPS)·장비 전동화·수소 기술의 적용 현황과 실제 도입 효과<br>· 확인 사항: SIHARBOR 등 표준화된 육상전력공급(OPS) 솔루션과 주파수 변환·중압 배전 패키지를 공급하여 정박 중 보조엔진 가동을 대체함으로써 배출·소음을 저감하며, 안벽·야드 장비의 전동화 및 충전 인프라, 그린수소(전해조·연료전지) 연계를 함께 제시하나 수소는 공급단가·인프라 측면에서 상용화 초기 단계임을 확인<br>② 항만 내 전력 수요관리·ESS·재생에너지 연계 운영<br>· 주요 질의 사항: 전력 수요 변동 관리 방식, ESS 활용 및 현장 재생에너지 연계 운영 구조<br>· 확인 사항: OPS·크레인 동시 가동에 따른 피크 부하에 대응하기 위해 ESS와 에너지 관리시스템(EMS)으로 피크 셰이빙·부하 분산을 수행하고, 옥상 태양광 등 현장 재생에너지와 계통을 통합 제어하는 마이크로그리드를 구성하며, 디지털 기반 실시간 모니터링으로 전력 품질과 안정성을 확보함을 확인<br>③ 해상풍력 등과 연계한 항만의 에너지 허브 역할<br>· 주요 질의 사항: 해상풍력 등 재생에너지와 연계한 항만의 에너지 허브 기능 수행 사례<br>· 확인 사항: 항만이 해상풍력 발전을 수전·저장·재분배하는 에너지 허브로 기능할 수 있으며, 변전·배전 설비와 ESS·수소 생산을 결합해 잉여전력을 그린수소·암모니아로 전환하는 모델을 제시하되, 계통 연계 용량 확보와 인허가, 대규모 초기 투자가 전제되어야 함을 확인<br>④ 유럽 항만 탈탄소 추진을 위한 정책·재원 조달·PPP 구조<br>· 주요 질의 사항: 유럽 항만 탈탄소 추진의 정책·재원 조달 방식 및 민관협력(PPP) 구조<br>· 확인 사항: FuelEU Maritime·AFIR 등 EU 규제가 OPS·전동화 도입을 견인하며, EU 기금·국가 보조와 항만공사·전력사·기술기업이 참여하는 PPP 및 장기 전력구매계약(PPA) 구조로 초기 투자 부담을 분담함을 확인. 규제와 인센티브의 병행이 사업성 확보의 핵심 요인으로 제시<br>⑤ 국내 항만 적용 시 고려사항 및 향후 기술 방향성<br>· 주요 질의 사항: 국내 항만 적용 시 고려사항 및 향후 에너지 전환 기술 방향성<br>· 확인 사항: 국내 적용 시 항만별 전력 수요·계통 여건에 맞춘 단계적 도입과 표준화된 설비·인터페이스 확보가 필요하며, OPS → 장비 전동화 → 재생에너지·수소 연계의 순차적 확대가 현실적. 향후 디지털 EMS 기반 통합 운영과 규제·인센티브 설계가 관건임을 확인<br>**- 시사점 및 활용방안**<br>· (탈탄소화 로드맵) OPS·전동화·재생에너지·수소로 이어지는 단계적 전환 모델은 국내 항만 탈탄소화 로드맵의 기술 도입 순서 및 우선순위 설정에 참조 활용 가능<br>· (에너지 허브) 해상풍력 연계 수전·저장·재분배 및 그린수소 전환 모델은 국내 해상풍력 연계 항만의 에너지 허브 기능 설계 연구에 활용<br>· (전력 인프라) ESS·EMS 기반 피크 관리와 마이크로그리드 구성은 OPS·전동장비 동시 |

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="3">운용 시 전력 안정성 확보 방안 검토에 활용<br>· (정책·재원) EU 규제·기금·PPP·PPA 결합 구조는 국내 항만 에너지 전환의 재원 조달 및 민관협력 정책 모델 설계의 시사점 제공<br>
</td></tr>
<tr><td>업무유형</td><td>■ 현지조사(현장, 전문가 회의)<br>□ 국제회의(정부대표단) 참석</td><td>□ 국제행사 주최<br>□ 세미나, 교육, 훈련</td><td>□ 국제행사 참가<br>□ 기타 ( )</td></tr>
<tr><td>업무⑦</td><td colspan="3">05.20.(수) ZPMC, ABB 인터뷰 및 현지조사</td></tr>
<tr><td>수행계획</td><td colspan="3">□ (오후) ZPMC, ABB 인터뷰 및 현지조사<br>- 참 석 자<br>· KMI: 박민정 전문연구원, 이혜령 전문연구원<br>· ZPMC : Bin Xie(Business Manager)<br>· ABB : Kenneth Joseph(Tech Sales Manager)<br><br>- 방문 목적<br>· ① 야드·안벽 크레인 및 트윈 스프레더의 핵심 기술 동향과 경쟁사 대비 기술적 차별성 파악을 통해 구조물·액추에이터 분야 시장 동향 조사<br>· ② 산업용 로봇·제어기·자동화 제어 시스템의 항만 분야 도입 현황 및 향후 기술 발전 방향 확인을 통해 자동화 제어 시스템 기술 동향 파악<br>· ③ 자동화·친환경·유지보수 편의성 등 글로벌 항만 운영사들의 장비·부품 수요 변화 트렌드 및 시장 요구사항 파악<br>· ④ 주요 제품의 글로벌 항만 납품 현황 및 향후 공급 계획 확인을 통해 시장 규모 및 경쟁 구도 분석<br>· ⑤ 스프레더·항만 로봇 분야 핵심 경쟁 요인 분석을 통해 국내 자동하역장비 핵심 부품 성능 고도화 기술개발 방향 설정에 활용</td></tr>
<tr><td>수행결과</td><td colspan="3">□ (오후) 트윈 스프레더, 트위스트락 자동 탈부착 기술 관련 기업 방문 조사<br>- 참 석 자</td></tr>
</table>

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

· KMI: 이혜령 전문연구원, 박민정 전문연구원

· (조사 대상 기업) BROMMA, RAM, ZPMC, STINIS, ABB, SIEMENS

**- 방문 목적**

· 트윈 스프레더 주요 공급사, 트위스트락 자동 탈부착 기술 주요 기업의 최신 제품 기술 수준과 기술 개발 방향 파악

**- 주요 면담 내용**

· BROMMA는 MPS(Memory Postitioning System), TTDS(Twin-Twenty Detection System), HIS(Height Indication System) 등 정밀 위치·상태 감지 시스템을 통해 생산성 및 안전성 향상

· RAM은 센서 기반의 정밀한 트윈 간격 제어와 통신·진단·안전 기능을 통합한 지능형 제어 솔루션 제공

· ZPMC는 가격 경쟁력을 주요 강점으로 내세우며, 유럽 사무소를 거점으로 현지 유지보수 수요에 신속하게 대응하고 관련 서비스를 제공하는 것이 특징

· STINIS는 모노빔 구조·더블 칼라 트위스트락·충격 흡수 시스템을 통해 시야, 내구성 및 유지관리 편의성을 강화

| 구분 | 제품 특징 |
|---|---|
| BROMMA (STS45) | • SCS-Modular 제어시스템 적용, 고속 크레인 운용을 위한 위치·상태 감지 기능 지원(MPS, TTDS, HIS)<br>• 20ft 셀 걸림 시 19ft 6in까지 수축 가능, 45ft 전환 약 30초, 트윈 확장·수축 약 20초 |
| RAM (2900 Series) | • CenterSpread 기능을 통해 두 20ft 컨테이너 간 간격을 정밀 조정, 위치센서와 선형 변환기로 정밀 제어<br>• 유압식 플리퍼와 플로팅 트위스트락을 적용해 컨테이너 정렬·체결을 지원하며, 잠금·해제 상태를 근접센서로 확인<br>• AS-i 통신, 온보드 PLC, 트윈 20ft 감지 및 높이 모니터링 기능을 통해 제어·진단 편의성과 작업 안전성 향상 |
| ZPMC | • 트윈 작업 시 중앙 승강장치를 통해 두 컨테이너 간 높이 차 보정<br>• 트위스트락 90도 회전 약 1초, 20→40ft 텔레스코픽 약 28초 등 신속한 동작 성능 확보<br>• 메인빔과 엔드빔에 다수의 리프팅 러그를 적용하여 손상 컨테이너 및 비정형 화물 취급에 활용 가능 |
| STINIS | • 모노빔* 구조로 작업 시야와 정비 접근성을 높이고, 충격 흡수장치를 통해 엔드빔 손상과 유지보수 부담을 줄임<br>* 하나의 주된 빔 중심으로 슬림하게 설계<br>• 자동 그리스 공급과 더블 칼라 트위스트락*을 적용하여 마모를 줄이고 부품 수명과 정비 편의성 향상<br>* 트위스트록 축에 두 개의 칼라(받침부)를 둔 구조로, 하중과, 마모를 분산<br>• TTDS와 메모리 위치 시스템을 통해 오체결 방지<br>• 가변출력 유압펌프와 터치스크린 기반 상태·오류 모니터링 및 수동 제어 기능으로 에너지 효율과 유지관리 편의성 강화 |

· RAM사의 PinSmart Ⅱ는 지능형 로봇 팔이 트위스트락을 10초 이내에 제거·교체, 선박-육상 하역 구간 및 드라이브스루 작업에서 모든 유형의 트위스트락 자동 처리

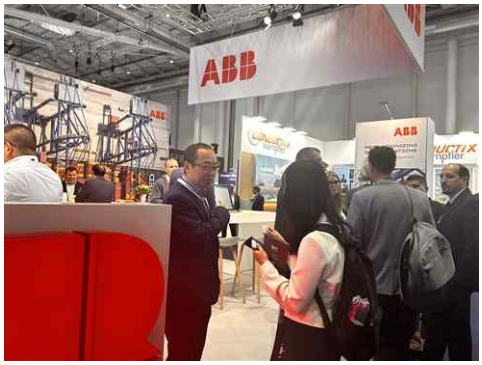
· SIEMENS사는 스프레더에 매달린 컨테이너의 트위스트락 자동 탈부착 기술을 개발하였으

# 주요 업무내용 (계획( ), 결과( √ ))

나, 상용화는 추진되지 않음

· ABB는 산업용 로봇 분야의 선도 기업이며, 트위스트락 자동 탈부착 기술개발을 검토한 바 있으나 상용화 어려움 등을 이유로 본격 기술개발 및 실제 사업화는 추진하지 않음

| 구분 | 제품 특징 |
|---|---|
| RAM (PinSmart Ⅱ) | • 최대 4개의 로봇 팔 적용을 통해 작업속도 향상, 최대 80톤 하중지지<br>• 충격 흡수장치를 적용해 장비 충격과 소음 저감<br>• 컨테이너 위치 유도용 가이드와 교체형 엔드툴을 통해 다양한 트위스트락 유형 처리<br>• 최대 2,000개의 트위스트록을 보관할 수 있으며, 로봇이 유형별 보관 위치를 학습·기억하여 자동 분류<br>• 싱글·트윈 크래들 및 드라이브스루형 피닝 스테이션 구성 지원 |
| SIEMENS (Container Tracking) | • 컨테이너의 횡·종 방향 흔들림을 실시간 추적하고, 로봇이 이를 따라 움직이도록 보정하여 트위스트록 자동 탈·부착의 정밀도 향상<br>• RGB-D 카메라와 YOLOv5 기반 영상인식을 통해 코너캐스팅의 X·Y·Z 좌표를 산출하고 로봇 이동 제어<br>• 일광, 눈부심, 저조도 및 오염된 렌즈 등 열악한 환경에서의 인식 성능을 검증하고, RoboDK 디지털 트윈으로 로봇 제어를 시뮬레이션 |



* 업무별 수행 결과는 각 700자 이내로 작성(관련 사진, 도표 필요시 추가)

* 보고서 총 분량은 10페이지 내외로 작성(필요시 조정)