

국외출장 결과보고서

구 분	내 역					
출장자	소속	항만연구본부	성명	김세원	직급	연구위원
			성명	신정훈	직급	전문연구원
			성명	이지원	직급	전문연구원
			성명	박민정	직급	연구원
출장목적 (중복선택 가능)	<input checked="" type="checkbox"/> 현지조사(현장, 전문가 회의) <input type="checkbox"/> 국제행사 주최 <input checked="" type="checkbox"/> 국제행사 참가 <input type="checkbox"/> 국제회의(정부대표단) 참석 <input type="checkbox"/> 세미나, 교육, 훈련 <input type="checkbox"/> 기타 ()					
관련사업 (예산항목)	「도전적 자율연구 활성화 사업 - 수소운송대작전」(일반) (사업기간 : 2024.01.01. ~ 2024.12.31.)					
출장기간	2024. 9. 9.(월) ~ 2024. 9. 10.(화) (1박 2일)			출장지	일본(고베)	
출장일정	일자	방문지		주요업무*		항공편
	9.9(월)	[오전] 출국		김해→나리타		BX0124 (김해-칸사이, 08:30)
		[오전] 일본 내 지역이동		나리타→고베		차량 이동
		[오후] 고베대학교		탄소중립항만 세미나 발표 및 참석		
	9.10(화)	[오전] 고베항		액화 수소 하역 실증 터미널 방문		
		[오후] 일본 내 지역이동		고베→나리타		
		[오후] 귀국		나리타→김해		LJ0254 (칸사이-김해, 17:20)
출장성과	○ 출장목적 달성 정도 - 고베항의 액화수소 하역 실증사업 추진 실태 및 관련 정부·지자체 정책 현황 파악 ○ 주요 성과 - 대표적인 수소 공급망 구축 사례 조사 및 벤치마킹 요소 확보 - 고베항과 한국의 탄소중립 항만 정책 공동 논의 및 협력 가능성 모색					
향후계획	○ 출장 성과 공유 계획 - 조사 내용 및 수집 자료는 연구 보고서에 반영 예정 ○ 정책화 등 활용 계획 - 국내 수소 운송 체계 구축을 위한 정책 제언 도출 시 주요 해외 사례로 활용					
참고 등 특이사항 (건의사항)	없음					

* 주요업무 수행 결과 별지 작성 후 첨부

주요 업무내용 (계획(√), 결과())

업무유형	<input checked="" type="checkbox"/> 현지조사(현장, 전문가 회의) <input type="checkbox"/> 국제행사 주최 <input checked="" type="checkbox"/> 국제행사 참가 <input type="checkbox"/> 국제회의(정부대표단) 참석 <input type="checkbox"/> 세미나, 교육, 훈련 <input type="checkbox"/> 기타 ()	
업무①	탄소중립항만 세미나 발표 및 참석, 일본의 수소 기술 및 정책 관련 정보 수집 등	
수행계획	<div> <div>□ 세미나 개요</div> <ul style="list-style-type: none"> - 목적 : 한-일 항만물류 정책과 탄소중립 연구자들의 의견 교환 - 주제 : 수소와 탄소중립항만의 당면 과제 - 장소 : 포토 아일랜드 회의실 - 일시 : 2024년 9월 9일 오후 3시부터 5시까지 </div> <div> <div>□ KMI 참석자별 담당업무</div> <ul style="list-style-type: none"> - 김세원 : 세미나 발표 (한국의 탄소중립항만 구축 방향성) - 신정훈 : 세미나 발표자료 준비 및 토론, 일본의 수소 전용 항만 동향 및 이슈 파악 - 이지원 : 세미나 발표자료 준비 및 토론, 일본의 수소 저장운송 기술 개발 현황 및 계획 정보 수집 - 박민정 : 세미나 발표자료 준비 및 토론, 회의록 작성 </div> <div> <div>□ 워크숍 프로그램(안)</div> <div>(사회: 최나영환 실장)</div> </div>	
	시간	내용
	15:00 - 15:10	환영사(Welcome Address) - 미래물류기술포럼 김성진 의장(전, 해양수산부 장관)
	15:10 - 15:30	주제발표 1: 고베항 탄소중립항만 정책 방향성 - 고베시 항만국 담당자 발표 (확정)
	15:30 - 15:50	주제발표 2: 컨테이너터미널 수소에너지 활용 현황 및 전망 - ‘컨’ 터미널 담당자 (예정)
	15:50 - 16:10	주제발표 3: 한국의 탄소중립항만(수소항만 등) 구축 방향성 - 한국해양수산개발원 항만정책·운영연구실 김세원 실장 (확정)
	16:10 - 16:30	주제발표 4: 한국의 탄소중립항만(수소항만 등) 구축 방향성 - 김세원 실장 (확정)
	16:30 - 17:00	종합토론
수행결과	※ 결과보고 시 작성	
업무②	고베 액화수소하역실증터미널 방문 - (오전) 고베 액화수소하역실증터미널 설명 및 컨테이너 터미널 방문	
수행계획	<div>□ 개요</div> <ul style="list-style-type: none"> - 목적 : 세계 최초 액화수소하역실증터미널 설명 및 컨테이너 터미널 방문 	

주요 업무내용 (계획(✓), 결과())

	<ul style="list-style-type: none"> - 주소 : 고베시 포토 아일랜드 - 일시 : 2024년 9월 10일 오전 10시부터 12시까지 <p>□ 참석자 : KMI 김세원, 신정훈, 이지원, 박민정 외 물류해사본부 참석자, 가와사키중공업 수소실증센터 담당자 카노오 쿠기미야(변경 가능) 등</p> <p>□ 고베 액화수소하역실증터미널 소개</p> <ul style="list-style-type: none"> - (시작) 2020년 6월 (액화수소의 양하·적하·저장 실증실험 수행으로 위해 고베 액화수소하역실증터미널을 건조) - (주요 설비) 로딩암* 2개, 수소 저장 탱크 1기(19m, 2,500m³**) * 선박의 액화수소를 탱크에 이송하는 장비 ** 수소탱크 용량은 150만 톤, 전기차 1대 평균 5kg의 수요가 소요되므로 3만대 분 - (수소 공급망) 호주 라트로브 밸리에서 갈탄 가스화·수소 정제 → 헤이스팅스항에서 수소 액화·액화 수소 저장 → 호주에서 일본으로 액화 수소 해상 수송 → 일본 액화 수소 하역 * 수소는 -253℃의 극저온에서 액화되어 체적이 800분의 1로 감소. 부피를 줄이는 것으로 운반 및 유통 효율성을 확보 - (수소 공급망) 액화수소 운반선을 통해 약 9,000km의 해상수송을 실시, 로딩암 시스템을 활용해 수소를 액화수송 저장탱크에 충전(-253℃ 유지)  <p>The Port of Kobe 실증사업의 장소는 고베시 포토 아일랜드에 위치한 '고베항항도'이다. 면적은 3,000㎡에 달하며 '액화수소 저장·하역 시설'을 갖추고 있다.</p> <p>液状水素貯蔵タンク 1,900m 直径12m 容積 2,500m³ 液相水素貯蔵</p> <p>ローディングアームシステム 口径 6m 長さ 20m 液相水素貯蔵</p> <p>船隻ラック BGCホールド ローリー積込設備 BGC庄橋 ドック</p> <p>□ 고베 컨테이너 터미널 방문</p> <ul style="list-style-type: none"> - 일본의 탄소중립항만 구축 정책에 따른 컨테이너 터미널 내 수소 활용 계획 책정 - 컨테이너 터미널에서의 시설 및 장비에 대한 수소 에너지 활용 방안 및 전망 소개 및 논의
수행결과	※ 결과보고 시 작성

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

업무유형	<input checked="" type="checkbox"/> 현지조사(현장, 전문가 회의) <input type="checkbox"/> 국제행사 주최 <input checked="" type="checkbox"/> 국제행사 참가 <input type="checkbox"/> 국제회의(정부대표단) 참석 <input type="checkbox"/> 세미나, 교육, 훈련 <input type="checkbox"/> 기타 ()
업무①	9.9.(월) (오후) 탄소중립항만 세미나 발표 및 참석, 일본의 수소 기술 및 정책 관련 정보 수집
수행결과	<p>□ 참석자 : KMI 김세원, 신정훈, 이지원, 박민정, 물류해사본부 참석자, 고베시 항만국 Masuda Hajime, Hamabata Yasunari 등</p> <p>□ 고베항 탄소중립 정책 및 추진 현황 발표 (고베시 항만국)</p> <ul style="list-style-type: none"> - (고베항 개요) 고베항은 컨테이너 및 재래 화물 등 다양한 화물을 처리하는 종합 항만으로, 항만 내부에 다양한 항만 관련 기업들이 밀집해 있음. 시내와 항만이 인접해 있어 도시와의 연계성이 높은 것이 특징이며, 현재 워터프론트 개발을 적극적으로 추진 중임. 크루즈 선박 유치를 통해 관광산업과의 연계도 강화하고 있으며, 인근에 위치한 고베 공항은 현재 국내선 위주로 운영되고 있으나, 2025년부터는 국제선 취항이 예정되어 있어 항만과 공항의 시너지 효과가 기대됨. - (탄소중립 목표 및 전략) 고베항은 2050년까지 탄소중립 달성을 최종 목표로 설정하고, 중간 목표로 2030년까지 46% 감축을 설정. 중장기 정책으로는 모달 시프트 추진, 물류의 생산성 향상, LED와 열에너지를 이용한 에너지 절감, 장비의 전동화, 그리고 재생가능 에너지의 이용 촉진 등을 적극적으로 추진하고 있음. 장기적으로는 선박 연료의 탈탄소화를 위해 LNG, 수소, 암모니아 등을 이용한 벙커링 기능 도입을 계획하고 있으며, 항만 프로세스 전반의 탈탄소화를 위해 수소, e-메탄 등의 도입을 촉진할 예정임. - (수소 관련 실증 사업) 고베시는 '수소 스마트시티 고베' 구상을 통해 수소 사회 실현을 위한 다양한 시책을 추진 중임. 대표적인 사업으로는 해외에서 액화수소를 선박으로 운송하는 수소 공급망 구축 실증 사업이 있으며, 이 사업은 호주에서 생산된 액화수소를 전용 선박인 '수소 프론티어'로 운송하여 고베공항 섬 내 액화수소 하역 거점에서 하역 및 저장하는 과정을 실증하였음. 또한, 포트아일랜드 내에서는 1메가와트급 가스터빈을 설치하여 100% 수소 또는 천연가스와의 혼합으로 발전하여 시민병원, 스포츠센터 등 공공시설에 전기와 열을 공급하는 실증 사업을 진행하고 있음. - (친환경 에너지 도입) 고베항은 정박 중인 선박의 온실가스 감축을 위해 육상 전력 공급 시설을 도입하고 있으며, 현재 2개소에서 전력 공급을 실시하고 있음. 이를 통해 정박 중 선박의 온실가스 배출 감소, 주변 환경 개선, 선원들의 노동 환경 개선 등의 효과를 얻고 있음. 또한, CO2 흡수원으로서 블루카본 추진에도 힘쓰고 있으며, 고베 공항섬과 포트아일랜드 서쪽 해안에 미역과 같은 해초를 형성하는 공간을 만들어 CO2 흡수 능력을 강화하고 있음. <p>□ 한국 탄소중립 항만 추진 방향 발표 (KMI 김세원 실장)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해양수산 탄소중립 로드맵 : 2021년 12월 발표된 해양수산 탄소중립 로드맵은 2050년까지 해양수산 전 분야에서 탄소 네거티브 달성을 목표로 설정. 해운, 수산 및 어촌, 해양 에너지, 블루카본, 항만 등 5개 부문에서 총 320만 톤의 탄소 감축 및 흡수원 강화 목표. 항만 분야는 2050년까지 탄소 중립 실현 계획. - 항만 분야 온실가스 배출 관리 체계: 국가 탄소중립기본법에 따라 관리되며, 환경부가 총괄 관리함. 해양수산부가 항만 분야 관장기관, 한국해양환경공단(KOEM)이 실무 담당. 자료 수집 미흡으로 정확한 측정에 어려움이 있어 방법론 표준화 필요. - 인천항은 2021년 3월 2050 탄소중립 선언, AMP 도입, 선박 감속 프로그램 등 추진. 부산항은 2050 탄소중립 계획 내부 수립 중.

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

- 하역 장비 친환경화 및 동력 전환, 풍력, 태양광, 연료전지 발전 등 친환경 에너지 다변화, 주요 항만 중심 친환경 선박 연료 벙커링 인프라 구축, 수소 및 암모니아 인수기지 구축하여 친환경 에너지 허브 터미널 조성, 탄소 포집·저장(CCS) 허브 터미널 구축, 해상풍력 지원 부두 개발 등 추진
- 2050년 탄소중립 항만 구축 기본계획 수립 중이며 2030년까지 40% 감축, 2050년 탄소 중립 실현 목표. 제4차 전국 항만 기본계획 수정계획에 탄소중립 관련 내용 반영 예정
- 고베항 탄소중립 및 수소 정책 질의응답
 - (질문) 수소 실증 사업을 도심에서 진행할 때 시민들의 반발 유무 및 대응
 - (답변) 특별한 반발은 없었으며, 일본 사회에서는 시민들의 수소 에너지 활용에 대한 인식과 이해도가 상당히 높은 편임
 - (질문) 에너지 의존도가 높은 일본에서 수소 도입으로 인한 에너지 안보 문제에 대한 대응책
 - (답변) 에너지 안보 문제는 여러 관점에서 접근해야 하는 복잡한 문제임. 수소 에너지는 화력 발전 등에 비해 활용이 용이하고 환경 문제도 적다고 인식하고 있음. 탄소 중립을 위해 수소 활용은 국가적으로 중요한 전략으로 여겨지고 있음. 재생 가능 에너지(태양광, 풍력, 수력 등)도 병행하여 추진 중임. 지방자치단체 차원에서는 대규모 에너지 안보 대책을 수립하기 어려우나, 할 수 있는 분야에서 노력하고 있음.
 - (질문) 액화수소 운송 실증 사업에서 저장 이후의 활용 계획
 - (답변) 현재 진행된 실증 사업은 기술적 검증을 위한 것이었음. 수송, 저장, 발전소 사용의 기술적 문제가 없음을 확인하는 것이 목적이었음. 실제 상업적 활용을 위한 다음 단계 실험은 도쿄 인근의 가와사키시에서 진행될 예정.
 - (질문) 액화수소 대신 암모니아를 선택하지 않은 이유는?
 - (답변) 고베항은 다양한 하역 기술을 보유하고 있어 액화수소 취급에 유리함. 지역 내 액화수소 관련 산업 기반이 이미 존재하며, 암모니아 관련 산업이 지역에 없어 굳이 선택할 이유가 없었음.
 - (질문) 액화수소 관련 규제에 대한 대응
 - (답변) 일본은 항만이나 공항에서 액화수소 활용에 대한 특별한 규제가 없음. 기존의 고압가스 관련 법규에 따라 절차를 진행하였으며, 항만에서 위험 화물을 다루는 것은 기존 기술 중 하나이기 때문에 큰 문제가 없었음.
 - (질문) 수소 활용 확대를 위한 기업들의 참여 현황
 - (답변) 고베시는 '수소 스마트시티 고베' 구상을 통해 도시 에너지 소비의 수소 전환을 추진 중임. 제조업 분야에서 수소 기술 도입을 통한 새로운 고용 창출을 기대하고 있으며 구체적인 사항은 기업 기밀이라 자세히 알기 어려움



주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
업무②	9.10.(화) (오전) 고베 액화수소하역 실증터미널 방문
수행결과	<ul style="list-style-type: none"> □ 참석자 : KMI 김세원, 신정훈, 이지원, 박민정, 물류해사본부 참석자, 고베시 항만국 Masuda Hajime, Hamabata Yasunari 등 □ 액화수소하역 실증터미널 방문 및 고베시 항만국 담당자 실증사업 소개 <ul style="list-style-type: none"> - 고베시에서 돌핀 사용 지원, 또한 넓은 암벽 시설을 만드는 데 고베시 자금과 민간 자금이 함께 투입. 탱크를 설치한 부지는 고베시 소유로, 고베시가 임대료를 받고 제공하고 있음. - 일본의 고압가스 보안법에 따라 액화수소 탱크와 주변 시설과의 안전거리가 설정되어 있으며, 보행 구역도 제한되어 있음 - LNG와 비교했을 때 액화수소의 안전 관리에 있어 주요 차이점은 보관 온도임. LNG는 -162℃, 액화수소는 -253℃로 유지해야 하며, 이로 인해 장시간 보관 능력에서 차이가 있음. - 향후 수소 연료 선박을 만들 계획이 있으며, 일본 지자체 최초로 쓰레기 수거용 순찰선을 수소 동력으로 만들 예정임. 공용차량을 수소차나 전기차로 운행 중이며, 쓰레기에서 수소를 만드는 작업도 진행하고 있음 - 액화수소 운송 시 보일오프 가스로 인한 손실률은 민간 운영으로 인해 구체적으로 알 수 없지만 거의 없었던 것으로 알고 있음. - 프로젝트의 CAPEX와 OPEX의 경우, 고베시에서 실제 시험을 하고 있지만 여러 민간 업체가 투자하여 진행하고 있어 고베시에서는 비용 대비 효과를 구체적으로 따지지 않고 있음. 가와사키에서 진행하는 상업용 프로젝트에서는 비용 대비 효과를 고려하고 있지만, 아직 자세한 부분까지는 알 수 없음 - 실증 실험은 2018년부터 10년 동안 계획되어 있으며 부지는 유상으로 대여하고 있음. 10년 이후에 실증 시험이 계속되면 그때마다 프로젝트로 갱신하게 되며, 이후 시설의 활용 가능성에 대해서는 검토 필요한 실정 <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>