

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개() 발간등록번호 ()

국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 21RDPP-C165358-01

탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획 최종보고서

2022. 9. 13.

주관연구기관 / 인하대학교
공동연구기관 / (주)엔스타알앤씨

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술원장 귀하

'탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획'(연구개발 기간 : 2021. 09. 15 ~ 2022. 07. 14) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2022. 09. 13.

주관연구기관명 : 인하대학교 산학협력단 (대표자) 유 창 경 (인)



공동연구기관명 : ㈜엔스타알앤씨 (대표자) 노 재 동 (인)



주관연구기관책임자: 황 용 우

공동연구기관책임자: 이 광 원

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	21RDPP-C 165358-01	해당 단계 연구 기간	2021. 09. 15 ~ 2022. 07. 14	단계구분	1/1
연구사업명	중사업명	2021 국토교통연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획			
연구책임자	해당단계 참여연구원 수	총: 15 명 내부: 15 명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 100,000 천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 100,000 천원	
	총 연구기간 참여연구원 수	총: 15 명 내부: 15 명 외부: 명	총 연구비	정부: 100,000 천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 100,000 천원	
연구기관명 및 소속 부서명	인하대학교 산학협력단 (주)엔스타알앤씨			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반 과제
----------------------	-------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생 명 정보	생 물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

- 사업목표와 범위 제시
 - 미래 이슈와 니즈 도출 및 이슈해결 방안 제시 도출
 - 수소 활용 기술 전과정 환경성 평가 플랫폼의 정의
 - 연구개발 범위 설정

- 연구개발 전략 수립 및 연구내용 설정
 - 수소 활용 기술 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 중점분야 도출 및 전략 방향 수립
 - 연구개발 후보과제에 대한 우선순위 평가
 - 연구개발 후보과제 도출
 - 후보과제 과제카드 작성

- 연구개발과제 기획, 사전 타당성 검토 및 RFP 작성
 - 연구개발 후보과제의 세부과제 도출
 - 연차별 단계별 기술개발 로드맵 제시
 - 과제 인력투입 및 소요예산 산정
 - 세부과제의 연구목표 달성을 위한 추진방안 및 실용화 방안 제시
 - 수소 활용 기술 및 전과정평가 인프라 활용 및 연계 방안 수립
 - 정책, 기술 및 경제적 측면의 사전 타당성 검토
 - 수소 활용 기술 전과정 환경성 평가 플랫폼 과제 RFP 작성
 - 과제 연차별 평가를 위한 성과목표, 지표, 마일스톤, 평가방법, 기준 등 설정

보고서 면수 : 300

요약문

- 국토교통분야 수소 에너지에 대한 탄소중립 기반의 환경영향 평가를 위한 전과정 평가 방법론 개발, 기술의 평가, 데이터베이스 구축 등 플랫폼 구축 사업 기획
 - 국토교통부의 탄소중립 정책 및 목표 달성의 부합성을 검증할 수 있는 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론, 전과정목록 데이터베이스, 전과정평가 플랫폼 구축을 통한 탄소중립 기반 마련
 - * (정부) 수소경제·탄소중립 등 정책 효과의 정량적 평가를 위한 핵심기술 확보
 - * (민간) 수소 기술의 연구개발에 앞서 탄소중립 측면의 선별평가 및 전과정평가 기반 마련
 - * (국민) 국토교통분야 수소 기술의 탄소중립 기여에 대한 알 권리 충족

주요 성과	세부 성과	활용방안
수소 활용 기술 전과정 환경성 평가 방법론	수소 생산기술 전과정 환경성 평가	· 수소 생산기술 중장기 로드맵 설정 · 그린 및 저탄소 수소 생산 방안 활성화 · 수소 생산 기업의 기술경쟁력 확보
	수소 에너지 인프라시설 전과정 환경성 평가	· 수소 인프라 구축 시 기본자료 제공 · 수소 인프라 관련 전문가 양성 시 기본교재
	수소 활용 기술 전과정 환경성 및 탄소중립 기여도 평가	· 그린 및 저탄소 수소 수급 활성화 · 개별 및 융합 기술의 탄소중립 기여도 평가 · 수소 활용 기술의 전과정 온실가스 감축량 등 환경영향 저감효과 정당화 · 수소도시 등 국토교통분야 탄소중립 정책의 성과 평가
수소 활용 기술 전과정목록 데이터베이스	전과정목록 데이터베이스	· 수소 활용 기술의 전과정평가 및 탄소중립 평가 기반 · 국제적 객관성 확보
탄소중립평가 플랫폼	수소 활용 기술 전과정평가 생태계 구축	· 사용자의 온-오프라인 전과정평가 및 탄소중립 기여도 평가 · 기술개발, 정책입안 등의 의사결정 지원 정보로 활용
	정책, 기술 등 정보 제공	· 기술개발, 정책입안 등을 의사결정 지원
	국제적 탄소중립평가 플랫폼 네트워크 참여	· 수소 활용기술 적용에 대한 전과정평가 및 실증



- 국토교통분야 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가 시스템으로 활용하기 위해, 현재 추진 중인 ‘철도분야 수소기술’, ‘수소도시 시범사업’ 등과 연계하여 시범 적용 추진 (산·학·연 협동연구체계)
 - * (평가 방법론) 국토교통분야 수소 기술의 80% 이상 적용
 - * (데이터베이스) 국제 데이터베이스 플랫폼 100% 등록
 - * (플랫폼) 수요자-전문가 연계 평가 서비스 지원 가능 플랫폼 1건 개발

연구의 목적 및 내용

기관 구분	주도 분야	상세내용
산업계 (민간기업)	실증 및 사업화	<ul style="list-style-type: none"> ① 수요자 관점에서 기술 개발을 추진할 수 있어 실용화 연구의 추진력을 보유 ① 각 기술들의 개발결과를 테스트베드를 통하여 실증함으로써 현실성 있는 사업화 실현에 기여
학 (대학)	기초연구 원천기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ① 사업화 이전 단계에서 비교적 중립적, 객관적 입장에서 기술의 개발과 평가를 진행할 수 있어 원천기술 개발에 적합
연 (정부출연연구소)	기술 개발 및 통합	<ul style="list-style-type: none"> ① 개발 기술과 관련한 광범위한 연구그룹 등을 활용하여 기술의 유기적 통합이 가능하므로 대형 시스템형 프로젝트를 수행을 위한 효과적 기술통합 수행 가능


○ 기술개발 동향 및 환경 분석, 사업목표와 범위 제시

- 국내·외 수소 활용 기술 및 전과정평가 시장, 정책, 기술, 특허 분석

연구개발
성과

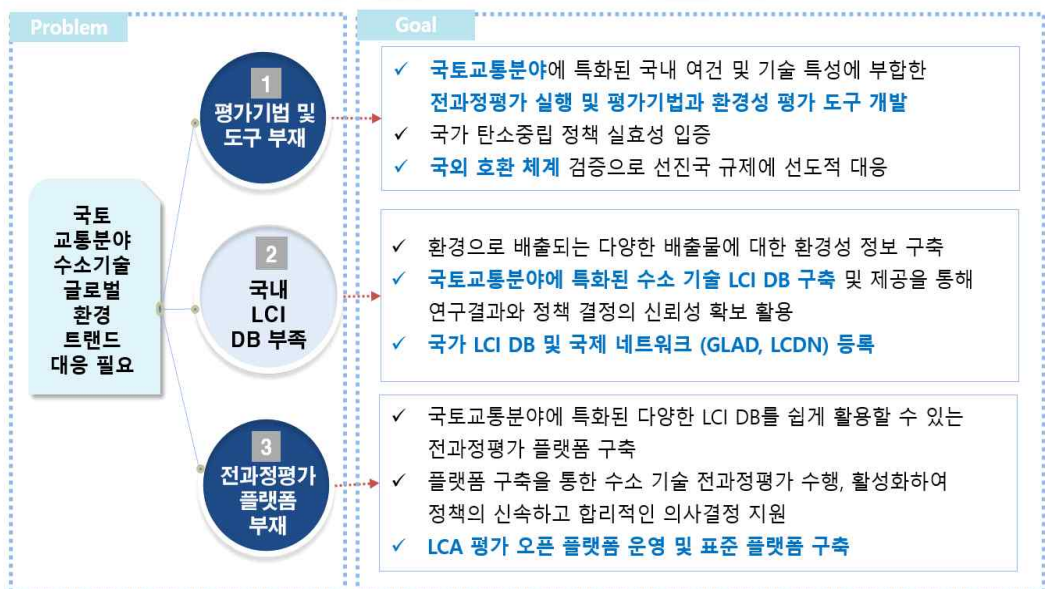
핵심 항목	현재 수준(모습)	연구개발 수행 시 개선 수준(모습)	향후 수준(모습)
전과정평가 방법론 및 시범 적용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 선도형: 비교가능성 보장형 수소 활용 기술 전과정평가 방법론 개발/적용, 지속가능성 평가로 확대 ▪ 국내: 탄소중립 기여도 평가 등 비교가능성을 보장하는 방법론 부재, 수행자 주관에 의존 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국제 수준의 환경성/경제성 방법론 확보 (시범적용을 통한 방법론 실증) ▪ 국토교통분야별 방법론 확보 (시범적용을 통한 방법론 실증) ▪ 비교가능형 개별/융합 기술의 탄소중립 기여도 평가기반 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미래 선도형인 지속가능성평가로 방법론 확장 ▪ 수소활용 기술 개발/적용 프로젝트에 방법론 적용 ▪ 국토교통분야별 방법론의 국제표준화 선도 → 수출 경쟁력 확보 지원 및 자국 기업 보호
전과정목록 데이터베이스 (LCI DB)	<p>구축 방법론</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 선도형: EU 국제 기준 선도 및 규제 (요구사항)과 연계 ▪ 국내: 국제 기준에 부합하는 방법론 개발 추진 중 <p>DB 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 선도형: 수소 기술 관련 DB 구축(마공개), Horizon 2020 과제에서 수소 기술의 LCI DB 구축 요구 ▪ 국내: 수소 활용 기술 관련하여 품질이 보장된 국제 수준의 LCI DB 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국제 기준에 부합하는 DB 구축 방법론 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수요자의 자발적 DB 구축 기반으로 활용
전과정평가 플랫폼	<p>선도형: 미국 GREET 플랫폼, 수소 등의 전과정평가 플랫폼 구축/운영, 전세계 다양한 수요자 활용, 기술간 비교 가능성 제공</p> <p>국내: 탄소자원화 사업에서 전과정평가 플랫폼 운영 (수요자의 평가수행 기능 없음)</p>	<p>수요자의 온라인 전과정평가수행 기반 마련</p> <p>기술의 탄소중립 평가를 위한 지능화된 서비스 제공 기반 마련</p>	<p>(온라인) 수요자의 기술 개발 또는 적용의 기획 단계의 의사결정 지원 도구</p> <p>(오프라인) 수요자-전문가 연계 고품질 서비스 제공</p>

- 수소 활용 기술 및 전과정평가 국내외 인프라 현황 분석
- 기술수요조사 및 시장 요구사항 분석

조사 목적	수소기술의 전과정 환경성 평가에 대한 이해관계자(학계, 산업계) 의견 취합
조사 대상	전과정평가 학회, 기업, 연구기관 등 전과정 환경성 평가 이해관계자 총 100명
조사 기간	'21년 12월 30일 ~ '22년 2월 2일
응답자 특성	 <p>■ 산(産) ■ 학(學) ■ 연(硏) ■ 관(官) ■ 기타</p>

- 미래 이슈와 니즈 도출 및 이슈해결 방안 제시도출
- 수소 활용 기술 전과정 환경성 평가 플랫폼의 정의 연구개발 범위 설정

국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발, 데이터베이스(LCI DB) 구축 및 플랫폼 시범 적용



○ 연구개발 전략수립 및 연구내용 설정

- SWOT 분석을 통한 수소 활용 기술 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 중점분야 도출 및 전략방향 수립

	강점(S)	약점(W)
기회 (O)	<ul style="list-style-type: none"> 환경성적표지 등 방법론 개발 및 운영 경험 확보 CCU 방법론 개발 등 저탄소 기술의 LCA 방법 개발 기술 확보 LCIDB 개발 및 운영 기술 확보 LCA 플랫폼 구축 및 운영 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 수소기술 관련 일관된 LCA 방법론 부재 수소기술 관련 LCIDB 부족 국제수준의 DB 품질평가 기술 부족 및 국내 DB의 국제 기준 미달 국제수준의 LCA 수행 경험 부족
위협 (T)	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화대응을 위한 국제적 움직임에 따른 저탄소 수소 시장의 확대 정부의 수소기술개발 로드맵에 전과정평가 적용 포함 수소 활용을 통한 탄소중립에 대한 국가정책 목표 달성 수소 활용 기술 환경성평가 방법 국제 표준화 선도 국내 기업의 글로벌 시장 진출을 위한 환경경쟁력 제고 	<ul style="list-style-type: none"> 수소기술에 대한 탄소중립평가 규제 강화 국토교통분야(수소도시 등)에 대한 탄소중립 기여도 정량화 요구 수소 활용 기술 LCA 방법론의 국제표준 주도권 상실로 평가 기술 종속 해외 LCA DB/SW 이용에 따른 국부 유출
	SO전략 <ul style="list-style-type: none"> 수소 활용 기술 LCA 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발 및 국제표준화 선도 수소 활용 기술에 대한 LCA 적용으로 저탄소 수소 기술 확대 LCA 기반의 저탄소 수소 활용 기술 인증제도 마련 및 국제화 	WO전략 <ul style="list-style-type: none"> EU의 수소 활용 기술 LCA 방법론 벤치마킹 및 국내 방법론 개발 LCA 방법론 실증 국제수준의 품질평가 및 LCIDB 구축 방법론 개발 국가 LCIDB 개발 및 국제 플랫폼(LCDN 등) 등록
	ST전략 <ul style="list-style-type: none"> 탄소배출량 산정능력을 강화하여 탄소중립 규제 대응 국토교통분야(수소도시 등)에 대한 탄소중립 인증제도 마련 및 국제 상호인증 체계 구축 수요자의 접근이 용이한 LCA 플랫폼 구축 	WT전략 <ul style="list-style-type: none"> 국제기준의 LCA 방법론 개발 및 실증을 통한 규제대응 능력 강화 탄소중립 기여도 정량화를 위한 국토교통분야 수소 활용 기술 LCIDB 구축

- 연구개발 후보과제에 대한 우선순위 평가



번호	내용
1	국내 수소 기술 수준
2	수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가의 필요성
3	국내 수소 기술 관련 전과정 환경성평가 방법론의 수준
4	수소 기술 전과정 환경성평가 방법론 개발 필요 여부
5	세부 기술별 전과정 환경성평가 지침 개발 필요 여부
6	수소 기술 전과정 환경성평가 방법론 개발시 가장 중요하게 고려해야 할 항목 (2종)
7	국내 수소 기술 관련 전과정목록 데이터베이스(LCI DB)의 수준
8	수소 기술의 환경성평가를 위한 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축 필요 여부
9	전과정목록 데이터베이스 구축이 필요한 수소 기술의 종류
10	국내 수소 기술 관련 전과정 환경성평가 플랫폼의 수준
11	수소 기술 전과정 환경성평가를 위한 고유 플랫폼 구축 필요 여부
12	수소 기술 전과정평가 플랫폼에 갖춰야 기능별 중요도

- 연구개발 후보과제 도출 (기획위원회 참여)

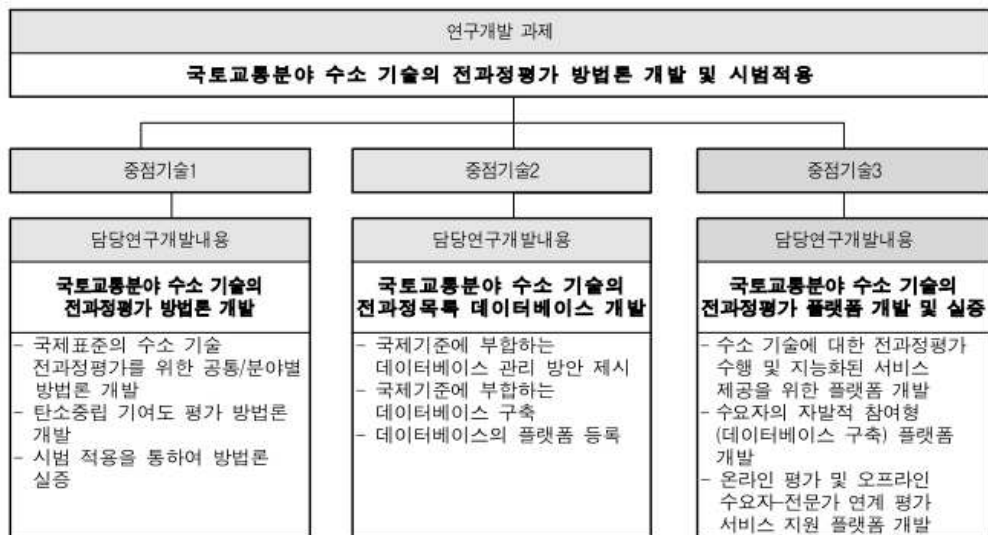
우선순위	대분류 이슈
1	A. 탄소중립 (수소기술의 환경성)
2	D. 수소기술의 환경성평가 인프라
3	B. 수소기술의 경제성 평가
4	E. 수소기술의 환경성 커뮤니케이션

- 후보과제 과제카드 작성

○ 연구개발과제 기획, 사전 타당성 검토 및 RFP 작성

- 연구개발 후보과제의 세부과제 도출

이슈 (대분류)	핵심과제	세부과제	
A. 탄소중립	A-a. 국제표준에 부합하는 전과정평가 방법론 개발	A-a-2. 국토교통분야전과정평가공통 방법론 개발	
		A-a-1. 전과정평가를위한 국제표준 조사	
		A-a-3. 철도분야 전과정평가방법론 개발	
A-a-4. 건물분야전과정평가방법론 개발			
A-b. 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	A-b-1. 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발		
A-c. 환경성평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증	A-c-1. 환경성평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증		
D.환경성평가 인프라	D-a. 국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발	D-a-1. 국제표준에 부합하는 전과정목록(LCI) DB 구축 가이드라인 개발	
		D-a-2. 개발된 DB의 GLAD 또는 LCDN 등록	
		D-a-3. 환경성평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 구축 기술	
		D-b. 국제표준에 부합하는 전과정목록(LCI) DB 구축	D-b-1. 연구개발자,기업, 전과정평가전문가 대상 필요한 DB 수요조사
			D-b-3. 국토교통분야 수소 기술(운송)의 LCI DB 구축
			D-b-4. 국토교통분야 수소 기술(저장)의 LCI DB 구축
			D-b-5. 국토교통분야 수소 기술(공급)의 LCI DB 구축
			D-b-6. 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축
			D-b-7. 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기 관련 LCI DB 구축
			D-b-8. 철도분야 수소기술의 LCI DB 구축
			D-b-9. 건물분야 수소기술의 LCI DB 구축
			D-b-10. 수소버스/물류분야 수소기술의 LCI DB 구축
	D-b-11. 드론/항공분야 수소기술의 LCI DB 구축		
	D-b-12. 수소도시를 위한 수소기술의 LCI DB 구축		
	D-d. 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축	D-d-1. 전과정평가국내외 동향 조사 및 공유 체계	
		D-d-2. 소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 구축 기술	
		D-d-3. 탄소중립 기여도 예측을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현	
		D-d-4. 탄소중립 기여도 확인을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현	
		D-d-5. 온라인 전과정평가 결과의 검증 체계 구축	
		D-d-6. 오프라인 전과정평가 지원 체계 구축	
D-d-7. 국제표준 형식의 DB 관리도구 구축			
D-d-8. 형식이 다른 타부처및 해외 DB 맵핑프로그램 개발 및 적용			



- 연차별 단계별 기술개발 로드맵 제시

구분	탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획(R&D)				
	1차년도('23)	2차년도('24)	3차년도('25)	4차년도('26)	5차년도('27)
목표	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발	국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 구축	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 개발	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 시범적용	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 보완·운영
중점 기술 ①	<ul style="list-style-type: none"> 수소연료전지 등 공통 수소기술 관련 전과정평가 방법론 개발 국토교통분야 수소 기술의 기술성숙도별 전과정평가 적용방안 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발 공통 수소기술 관련 전과정평가 방법론 보완 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 관련 전과정평가 방법론 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수소도시 내 상업·공업시설별 전과정평가 방법론 개발 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 테스트베드에 대한 전과정평가 방법론 시범적용 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 보완 수소도시 테스트베드에 대한 상업·공업시설별 전과정평가 방법론 시범적용
중점 기술 ②	<ul style="list-style-type: none"> 국제 기준에 부합하는 전과정목록 데이터베이스 관리방안 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 공통 수소기술 관련 전과정목록 데이터셋 구축 공통 수소기술 전과정목록 데이터셋의 국제 플랫폼 등록 이해관계자 피드백에 따른 관리방안 보완 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 관련 전과정목록 데이터셋 구축 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 관련 전과정목록 데이터셋의 국제 플랫폼 등록 	<ul style="list-style-type: none"> 수소도시 내 상업·공업시설별 전과정목록 데이터셋의 국제 플랫폼 등록 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 보완
중점 기술 ③	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 개념 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술에 대한 전과정평가 수행 및 기능화된 서비스 제공을 위한 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수요자의 자발적 참여형(데이터베이스 구축) 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 온라인 평가 및 오프라인 수요자-전문가 연계 평가 서비스 지원 플랫폼 개발 플랫폼 시범운영 	<ul style="list-style-type: none"> 전과정평가 플랫폼 보완 및 운영

- 과제 인력투입 및 소요예산 산정

- 세부과제의 연구목표 달성을 위한 추진방안 및 실용화 방안 제시

- 수소 활용 기술 및 전과정평가 인프라 활용 및 연계 방안 수립

사전 확보기술		본 핵심 R&D 필요 기술명	후속/연계 활용기술	
선행 기술명	건설 시설물별 탄소배출량 산정 기술	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발 및 실증 기술	기술명	•국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 구축 및 실증 기술
연계 대상물	도로, 철도, 항만 등 주요 건설 인프라		대상 성과물	•수소 기술의 탄소중립 기여도 평가
활용 방안	저탄소 인프라 설계		활용 방안	•탄소중립 기여도 평가시스템으로 활용

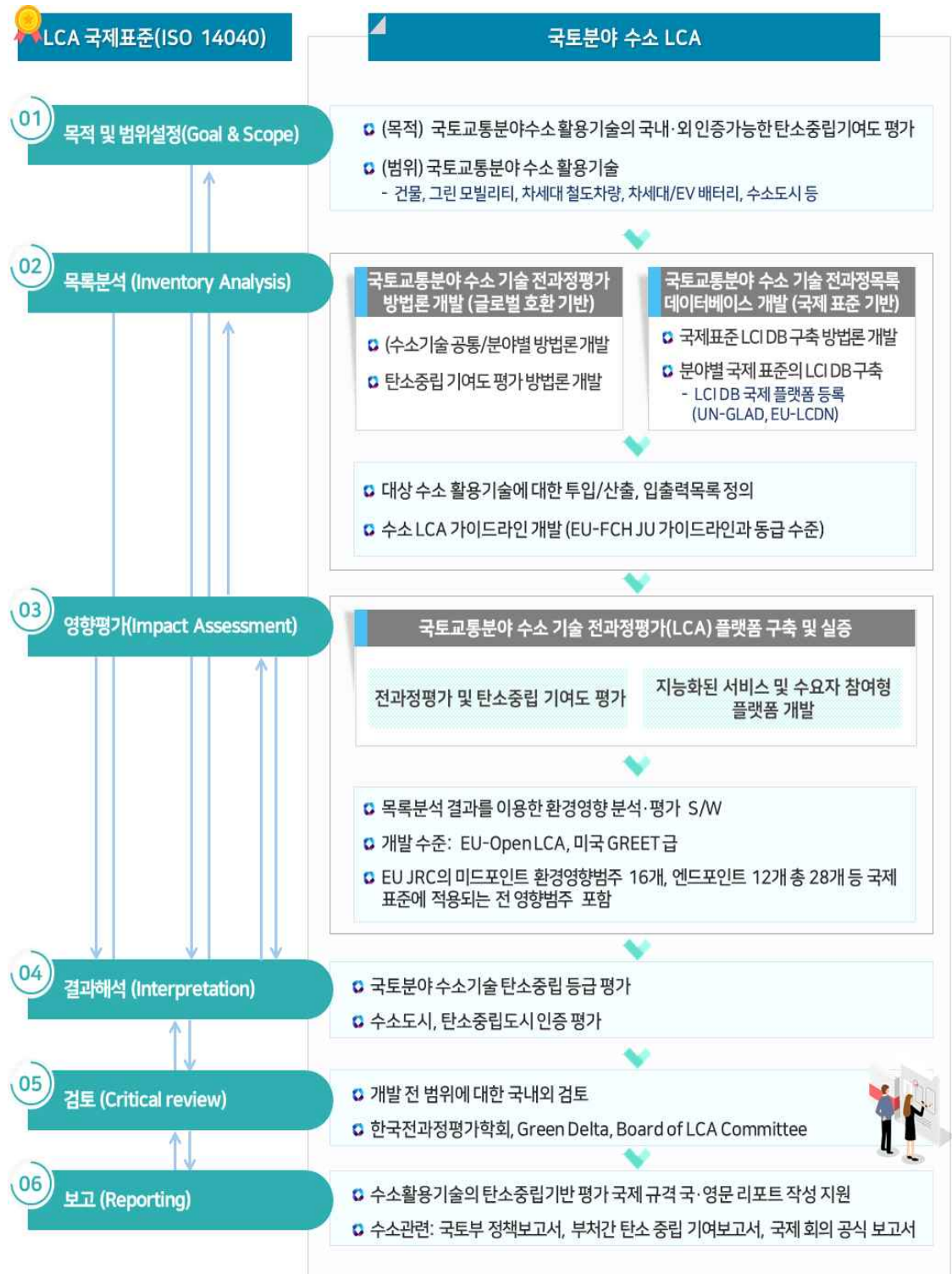
기술연계	과제 개요	연계대상 성과물	차별성/연계성
	<ul style="list-style-type: none"> •과제명: 해외 CO₂-free 수소공급망 구축을 위한 핵심 기술 개발 및 검증 연구('20. 10.~'21. 09.) •과제명: 청정수소 인증제도 설계 기술개발 ('21. 11.~'23. 12.) 	<ul style="list-style-type: none"> •해외수소공급시나리오 •청정수소 생산공정 LCI DB 	<ul style="list-style-type: none"> •(차별성) 해외 수소 공급 시나리오 또는 청정수소 생산공정 LCI DB로서, 국토교통분야 외 수소 생산 기술 대상으로 분야에서 차별성 있음 •(연계성) 국토교통분야 수소 기술의 원료인 수소의 탄소배출량에 활용

- 정책, 기술 및 경제적 측면의 사전 타당성 검토
- 수소 활용 기술 전과정 환경성 평가 플랫폼 과제 RFP 작성
- 과제 연차별 평가를 위한 성과목표, 지표, 마일스톤, 평가방법, 기준 등 설정

과제명	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발 및 시범 적용
1. 연구개발 목표	<p>(목적) 국토교통부의 탄소중립 정책 및 목표 달성의 부합성을 실증할 수 있는 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론, 전과정목록 데이터베이스, 전과정평가 플랫폼 구축을 통한 탄소중립 기반 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통분야 수소 기술*의 전과정평가 방법론 개발·실증 <ul style="list-style-type: none"> * 수소버스, 수소화물차, 수소철도, 수소드론/항공기, 수소도시 등 국토교통부의 핵심 분야에서 수소를 활용하는 기술 - 국토교통분야 수소 기술별 성숙도 수준(Technology Readiness Level: TRL)에 따른 전과정평가 적용 방안 제안 - 국제 기준에 부합하는 전과정평가 방법론 개발 - 탄소중립 기여도 평가* 방법론 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 개별 기술에 대한 환경영향 산정이 아닌 기술 도입으로 인한 국가의 환경영향 변화를 반영하는 Contribution LCA 개념 - 국제기준에 부합하는 전과정목록 데이터베이스 관리 방안 제안 - 테스트베드 및 수소시범도시를 대상으로 개발 방법론 시범 적용 ○ 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가* 개발형 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 국토교통분야 수소기술의 전과정목록 데이터베이스 구축 - 다양한 이해관계자(연구개발자, 정책입안자 등) 대상 정보공유, 전과정평가 수행 등을 지원하는 플랫폼 구축 <ul style="list-style-type: none"> * 전과정평가(Life Cycle Assessment) : 기술 또는 서비스의 전과정, 즉 원료의 채취, 가공, 운송, 생산, 사용 및 폐기에서 발생하는 모든 잠재적 환경영향을 평가하는 방법
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> □ 연구개발의 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 세계적 기후 위기 문제 해결을 위해 EU, 미국을 선두로 선진 각국이 2050년까지 탄소중립을 선언, 다양한 정책 및 규제를 입안·실행
3. 연구개발 내용	<p>출판물 정량적으로 나타낸 목록</p> <p>** GLAD(Global LCA Data network) : UNEP Life Cycle Initiative가 개발 및 운영하는 프로파일 공유 플랫폼으로 국가, 기관, 기업 데이터와 링크 자유롭게 교환</p> <p>*** LCDN(Life Cycle Data Network) : EPLCA(European Platform on Life Cycle Assessment)에서 개발·운영하는 프로파일 공유 플랫폼으로 품질이 보장된 LCA datasets를 확보하기 위해 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 수소 시장의 확대가 예상되는 상황에서 수소 기술 전과정에 대한 환경성 비교 평가 방법론 및 플랫폼 기술 간 비교 가능성이 보장되지 않고 있음 - 수소 기술 및 인프라 확대를 위한 정책이 수립되고 있는 반면, 수소 기술의 탄소중립 기여도를 검증할 수 있는 수소 기술 전과정평가 방법론 및 평가를 위한 전과정목록 데이터베이스의 수준이 해외에 비해 매우 낮음 <p>3. 연구개발 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (연구내용 1) 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발 : 국토교통분야 수소 기술 대상 전과정평가 방법론 개발 및 시범 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 국토교통분야 수소 기술 또는 테스트베드/수소시범도시 활용 기술별 성숙도를 고려한 기술 그룹화 - 수소 기술별 성숙도에 따른 전과정평가 적용 방안 제시 - 방법론 개발 : ① 수소 기술 전과정평가를 위한 공통 방법론 및 ② 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발, ③ 필요에 따른 분야별 방법론 제안 및 개발 - 방법론 검증 : 수소 기술 전과정평가 관련 국내외 전문가 검토를 통한 전과정평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 검증 - 시범 적용을 통한 방법론 실증 : 현재 추진 중인 수소시범도시 및 철도분야 수소기술 시범 등 연계하여 전과정평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 시범 적용 ○ (연구내용 2) 국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 구축 : 국제기준에 부합하는 전과정목록 데이터베이스 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 관리 방안 제안 : 국제기준에 부합하는 전과정목록 데이터베이스 관리 방안 제안 - 데이터베이스 관리 방안 검증 : 국내외 전문가 검토를 통한 데이터베이스 관리 방안 검증

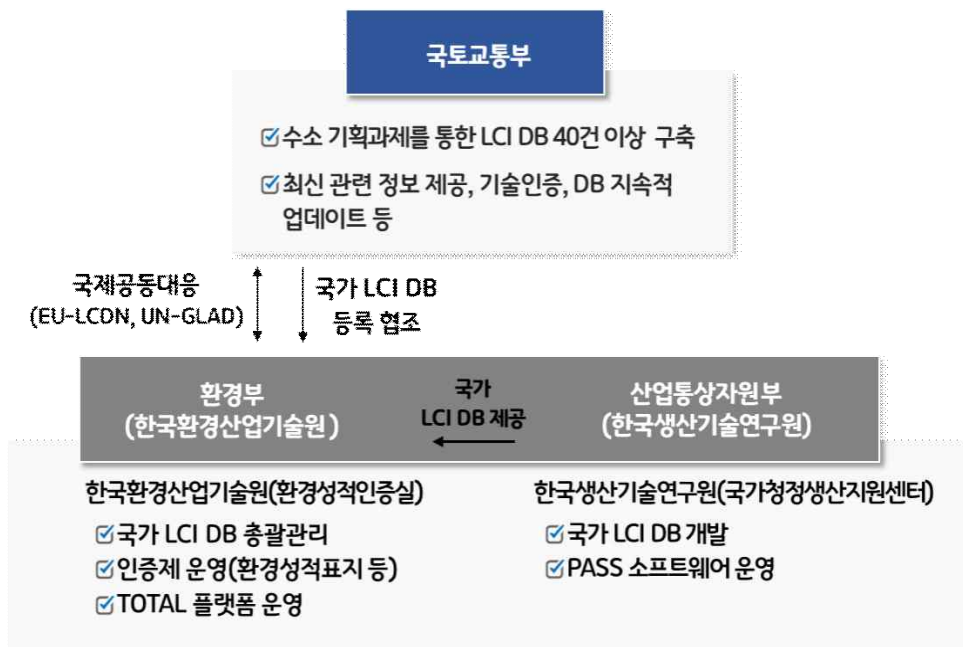
- 본 연구를 통해 도출된 탄소중립을 위한 수소 활용 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 기획 관련 상세 기획보고서는 기술 개발 과제 도출을 위한 자료로 활용

연구개발
성과의
활용계획
(기대효과)



○ 성과 활용방안

- 국토교통분야 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가 시스템으로 활용
 - * 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 구축 및 실증 기술을 활용하여 수소기술의 탄소중립 기여도 평가에 사용
- 수요처/활용처 : 국토교통분야 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 시스템으로 활용
 - * 운영기관으로 한국감정원(현, 온실가스목표관리제 국토교통부 검증기관), 건설기술연구원 등 정부출연연구소 또는 검인증기관에서 운영 필요
 - * 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 구축 및 실증 기술을 활용하여 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가에 사용



○ 파급효과

- 기술적 파급효과
 - * 수소 기술의 탄소중립 및 환경성에 대한 표준화 선도 및 국가 탄소중립 정책의 효과성 검증을 통해 국제 탄소 무역규제에 선제적 대응
- 경제/사회적 파급효과
 - * 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론 개발 및 LCI DB 구축을 통한 시장 선점 및 수소 기술의 정량적 판단 근거로 활용
 - * 국토교통분야 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 기반 마련을 위한 고용 창출 및 기여도 정량화를 통한 수소 기술 연구 활성화 기대

- 직·간접 고용, 일자리 창출, 인력양성 파급효과

* “2021년 사전협의 및 고용영향평가 가이드라인”에 따라 9명(고용유발계수 0.9인/억)의 일자리 창출효과 기대

		2022년(A)	2023년(B)	증감(B-A)
예산(백만원)		-	1,000	1,000
총고용 (명)	재정지출 고용효과	-	9명(10억원x0.94명/억원 = 9명)	9명
	추가 고용효과	-	-	-
예산 10억원당 고용(명)	재정지출 고용효과	-	9명(10억원x0.94명/억원 = 9명)	9명
	추가 고용효과	-	-	-

국문핵심어 (5개 이내)	탄소중립	수소	전과정평가	국토교통	플랫폼
영문핵심어 (5개 이내)	Net Zero	Hydrogen	Life cycle assessment	Land, infrastructure and transport	Platform

차례

I. 사업개요	1
1. 기술 및 사업 정의	2
1) 미래 수소사회의 정의	2
가. 미래 수소사회의 개념	2
2) 국토교통분야 수소기술 전과정평가 플랫폼 개발 사업의 정의	7
가. 기획의 방향	7
나. 사업의 정의	8
2. 사업추진 배경	19
1) 수소사회의 배경 및 필요성	19
가. 지구온난화에 따른 에너지 시스템의 변화	19
나. 수소경제 밸류체인별 기술 동향	21
다. 미래 에너지 시스템에서의 수소의 역할	31
3. 사업추진 당위성	35
1) 사업추진 필요성	35
2) 사업추진의 시급성	40
3) 국고지원의 타당성	41
4. 사업기획 추진 체계 및 경과	48
1) 사업기획 추진 체계	48
2) 추진 경과	52
II. 대내외 환경 분석	53
1. 메가트렌드 분석	53
1) 글로벌 메가트렌드	53
2) STEEP 분석	55
2. 국내외 정책 동향	57
1) 국외 정책 동향	57
2) 국내 정책 동향	66

3. 국내외 산업 및 시장 동향	72
1) 국외 산업 및 시장 동향	72
2) 국내 산업 및 시장 동향	81
4. 국내외 기술 동향	85
1) 국외 기술 동향	85
2) 국내 기술 동향	93
5. 시사점	94
1) 종합 분석	94
2) SWOT 분석	96
3) SWOT 전략	97
III. 개발과제 구성	100
1. Top-down 기술기획	101
1) 사업 범위 및 목표 설정	101
2) 이슈 및 기술 분류	102
3) 이슈 및 기술 우선순위 평가	120
2. Bottom-up 기술기획	126
1) 이해관계자 설문조사 방법	126
2) 설문조사 결과	127
3. 개발 과제 구성	131
IV. 기술개발 목표(What)	134
1. 사업 목표	134
2. 성과 목표	135
V. 사업 추진방안(How)	142
1. 추진체계 및 전략	142
2. 과제 선정·관리·평가계획	145
3. 소요예산 및 자원조달 계획	146
4. 위험요인 및 극복방안	148
5. 신재생에너지 R&D 투자 패키지와의 연계방안	149

VI. 기대효과[Outcome]	153
[참고문헌]	155
[부록1] 수요조사서 A형	157
[부록2] 수요조사서 B형	164
[부록3] 온라인 수요조사서	175
[부록4] 이슈 및 기술 우선순위평가서	190
[부록5] 주요 회의록	222
[부록6] 예산요구 심의 보완자료	239

표 차례

[표 1] 기술 개발 기본 방향	8
[표 2] 연차별 연구개발 내용	13
[표 3] 주요성과별 활용방안	16
[표 4] 수소 생산 방식에 따른 분류	22
[표 5] STEEP 분야로 분류된 글로벌 메가트렌드	53
[표 6] 국제 교역에 내재된 국가별 온실가스 배출량(단위: CO ₂ 백만 톤)	58
[표 7] EU와 한국의 부문별 순수출에 내재된 온실가스 배출량(단위: CO ₂ 백만 톤)	59
[표 8] 글로벌 기업의 탄소중립 추진	62
[표 9] 국토교통분야 주요 전략	66
[표 10] 범부처 탄소중립 기술혁신	67
[표 11] 부처별 탄소중립 R&D 역점 분야	67
[표 12] 수소 에너지 세부 정책	67
[표 13] 수소 생산 관련 정부 R&D 사업 현황 (단위 : 백만원)	70
[표 14] 수소 전과정평가 관련 정부 R&D 사업 현황 (단위 : 백만원)	71
[표 15] 국외 수소 기술 주요 업체	75
[표 16] 전과정평가 관련 국제표준화 동향(ISO)	77
[표 17] 탄소발자국 등 관련 국제표준화 동향(ISO)	79
[표 18] 제품군별 탄소(환경)발자국 국제표준화 동향(IEC)	80
[표 19] 수소 생산, 저장, 운반, 활용 등 각 분야별 주요 업체 현황	83
[표 20] EU 수소전략 개요	86
[표 21] 미국 수소전략 기술목표	89
[표 22] 미국 저탄소 수소전략	89
[표 23] GLAD 및 LCDN 운영체계 비교	92
[표 24] 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 관련 종합분석	94
[표 25] 국내외 현황에 따른 SWOT 분석	96
[표 26] 대분류 이슈	102
[표 27] A.탄소중립(수소기술의 환경성)에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안	103
[표 28] B.수소기술의 경제성 평가에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안	104

[표 29] 수소기술의 사회성 평가에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안.....	104
[표 30] D.수소기술의 환경성 평가 인프라에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안·	104
[표 31] E.수소기술의 환경성 커뮤니케이션에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안·	107
[표 32] F.수소기술의 환경성 평가 인적 자원에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안·	107
[표 33] A.탄소중립(수소기술의 환경성)에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안	108
[표 34] 수소기술의 경제성 평가에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안.....	108
[표 35] C.수소기술의 사회성 평가에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안·	109
[표 36] D.수소기술의 환경성 평가 인프라에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안·	109
[표 37] E.수소기술의 환경성 커뮤니케이션에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결 방안연차별 연구개발 내용.....	111
[표 38] F.수소기술의 환경성 평가 인적 자원에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안·	112
[표 39] 이슈 해결을 위한 핵심기술/구성기술 분류 및 정의.....	112
[표 40] 후보과제 구성.....	132
[표 41] 성과목표 및 지표 총괄표.....	136
[표 42] 핵심기술 성과지표.....	137
[표 43] 세부과제별 성과목표 및 성과지표 설정 예시.....	138
[표 44] 최근 5년간(' 15~' 19) 국토교통 R&D 특허등급지수.....	139
[표 45] 특허 등급별 배점.....	139
[표 46] 최근 5년간(' 15~' 19) 국토교통 학술지 게재 논문지수.....	140
[표 47] As-Is vs To-Be.....	141
[표 48] 사업추진 주체별 역할분담.....	143
[표 49] 연차별 투자계획.....	146
[표 50] 환경부 LCI DB 구축 사업 사례('22).....	147
[표 51] LCA 및 LCI DB 구축 정부투자 사업 사례.....	147
[표 52] 기술개발의 한계점 및 해결방안.....	148
[표 53] 기존 사업과의 차별성 및 연계방안.....	149
[표 54] 부처별 탄소중립 R&D 역점 분야.....	151
[표 55] 국토부 수소 관련 정책 추진현황.....	151

그림 차례

[그림 1] 연도별 수소경제의 정의	3
[그림 2] 수소 전과정 Value Chain	4
[그림 3] 탄소경제 vs 수소경제	5
[그림 4] 수송용 수소의 생산경로별 생산, 저장/수송 및 충전과정의 온실가스 배출량 사례	6
[그림 5] 주거용 SOFC CHP 기술의 연료별(수소 및 천연가스) 전과정 온실가스 배출량 비교 사례	6
[그림 6] 사업 기획의 방향	7
[그림 7] 수소 활용분야 핵심인프라 실증 유형	9
[그림 8] 기술 개발 범위	11
[그림 9] 기술 개발 사업의 논리적 모형	14
[그림 10] 파급 효과	18
[그림 11] 교토의정서 vs 파리협정	20
[그림 12] 수소 경제 Value Chain 흐름도	22
[그림 13] 국내 추출 수소 공급량 확대 계획	24
[그림 14] 전 세계 천연가스 개질 기반 추출 수소 시장	24
[그림 15] 수소 저장 방식 및 운송 방안	27
[그림 16] 수소 충전소 유형	28
[그림 17] 미래 에너지 시스템에서 수소의 역할	28
[그림 18] 산업 내 수소 활용 예시	31
[그림 19] 수소 시범도시 모델	32
[그림 20] 수소도시 구축 컨셉	33
[그림 21] 수소시범도시 모델(안)	34
[그림 22] 수소경제 개념도	36
[그림 23] 수소경제 활성화 로드맵 비전 및 주요 추진목표	37
[그림 24] 국토교통 탄소중립 로드맵 개요	38
[그림 25] 국토교통 탄소중립 비전 및 중점 추진과제	39
[그림 26] 기관별 수행 연구내용	49

[그림 27] 과제추진 프로세스	50
[그림 28] 과제추진 체계도	51
[그림 29] STEEP 분석	57
[그림 30] EU 탄소국경세 주요 내용	58
[그림 31] EU 新 배터리 규정 주요 내용	60
[그림 32] 미국 탄소중립 및 American Jobs Plan 청정에너지 인프라 주요 내용	61
[그림 33] 일본 탄소중립 및 그린성장전략 주요 내용	62
[그림 34] FCH JU Annual work plan, 2021	63
[그림 35] 수소 관련 전과정평가 가이드라인 체계	64
[그림 36] 우리나라 2050 탄소중립 추진전략	66
[그림 37] 범부처 수소 기술 개발사업의 구조	69
[그림 38] 시나리오의 부문별 수소 수요 전망 (2020-2050)	72
[그림 39] 세계 수소 수요 전망 (단위: EJ, 1EJ=7백만톤)	73
[그림 40] 수소 가치사슬 전반을 고려한 글로벌 수소사업 프로젝트	74
[그림 41] 스마트폰 등에 대한 전과정평가 결과 공개 규정(예고) 인용 조문	76
[그림 42] 해외 환경발자국 및 탄소발자국 인증 프로그램 예시	77
[그림 43] 국내 수소 수요 전망(단위 : 만톤)	81
[그림 44] 국내 수소 생산능력	82
[그림 45] 전과정평가 수요 확대 배경	85
[그림 46] FCH JU 구성 및 목적	87
[그림 47] 미국 에너지부 수소 프로그램 계획	88
[그림 48] SWOT 전략	97
[그림 49] SWOT 전략에 따른 중점영역 설정	99
[그림 50] 과제 도출 프로세스	100
[그림 51] 이슈 및 기술의 우선순위 평가 방법	120
[그림 52] 대분류 이슈의 우선순위 평가 결과	120
[그림 53] 대분류 이슈 우선순위별 중분류 및 소분류 이슈 우선순위 평가 결과	122
[그림 54] 후보기술의 핵심 및 구성기술의 우선순위 평가 결과	126
[그림 55] 수소기술의 전과정 환경성 평가에 대한 이해관계자 설문조사	126
[그림 56] 이해관계자 설문조사 항목	127
[그림 57] 이해관계자 설문조사 결과	131
[그림 58] 사업 목표 도식화	134

[그림 59] As-Is vs To-Be	141
[그림 60] 추진체계	142
[그림 61] Top-Down 과제도출	145
[그림 62] 이슈 및 미추진시 예상 문제점	148
[그림 63] 예상 운영체계	152

국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발 및 시범적용

I. 사업개요

- (목적) 국토교통부의 탄소중립 정책 및 목표 달성의 부합성을 실증할 수 있는 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론, 전과정목록 데이터베이스, 전과정평가 플랫폼 구축을 통한 탄소중립 기반마련
- (기간) '23.4월 ~ '27.12월
- (예산) ('23년) 10억원, 총 사업비 미정(국고 90억원)
- (수행방식) 지정 공모(100%)
- (연구개발단계) 개발(100%)
- (전문기관/수행주체) 국토교통과학기술진흥원 /산(40%), 학(30%), 연(30%)
- (As-is vs To-be)

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'23년 수준	최종 목표수준	
	~'22	'23	'27(종료년도)	'28~(종료이후)
국토교통분야 수소 기술 전과정평가 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론 플랫폼 구축 부족 - (국내)국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론, LCI DB, 플랫폼 부재 - (국외)국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론 개발, LCI DB, 플랫폼 보유 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 플랫폼 구축 착수 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 플랫폼 구축 완료 - 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론, 탄소중립기여도 평가 방법론 개발 - 국토교통분야 수소 기술 LCI DB 구축 - 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 플랫폼 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 및 탄소중립 기여도 평가 - 민간과 연계하여 전과정평가 및 탄소중립 기여도평가 추진

1. 기술 및 사업 정의

1) 미래 수소사회의 정의

가. 미래 수소사회의 개념

- 국가 혁신을 위한 신성장 동력원으로 수소경제 선정
 - 정부는 에너지 패러다임 전환, 에너지 안보, 미래산업 육성 등을 위한 핵심 플랫폼으로 '수소경제'를 전략투자 분야 중 하나로 선정
 - 수소차, 충전소 등 개별 인프라 확충만으로 수소경제 확산에 한계
 - 도시 내 에너지 시스템의 실질적 전환을 위한 전략 모색 필요
 - 석유, 천연가스 등 화석연료 중심의 도시 에너지를 상당부분 수소화하여 주택, 교통 등 전 분야에서 활용하는 종합적 접근 필요
- (수소 경제·사회) 수소경제란 탄소경제와 대비되는 개념으로서 수소를 중요한 에너지원으로 사용하고, 수소가 경제, 사회, 국민생활 등에 근본적 변화를 초래하여 경제성장과 친환경 에너지원의 원천이 되는 경제를 의미
 - 수소 경제의 정의
 - (John, O'M. Bockris) 연료로서 파이프로 수송되는 수소에 의존한 산업, 교통 및 가정용 에너지 공급 시스템으로 정의
 - (Jeremy Rifkin) 2002년 발간한 저서인 'The Hydrogen Economy'에서 화석연료 기반 경제구조가 수소 중심으로 변화된 미래 경제로 정의
 - (미국 공학한림원(National Academy of Engineering, NAE)) 수소경제란 석탄, 천연가스, 원자력, 신재생에너지를 이용하여 수소를 생산하고, 생산된 수소를 운반·저장하는 인프라를 구축하며, 수소를 직접 연소하거나 연료전지를 이용하여 전력을 생산하여 최종적으로 소비하는 에너지수급 시스템에 기반한 경제로 정의
 - (한국융합연구정책센터) 에너지 자산 및 신재생에너지를 사용하여 수

- 소를 생산하고, 에너지 수요와 공급사슬 전체 영역에서 수소와 전기를 주요 에너지 유통 수단 (Carrier)으로 사용하는 사회 경제 체계로 정의
- (UNEP) 수소를 석탄, 석유, 천연가스 등의 1차 에너지에서 전환되는 2차 에너지로서 전기와 같은 2차 에너지로 해석
 - (한국수소법) 2020년 세계 최초로 수소법을 제정하면서 제2조 정의에 “수소경제란 수소의 생산 및 활용이 국가, 사회 및 국민생활 전반에 근본적 변화를 선도하여 새로운 경제성장을 견인하고 수소를 주요한 에너지원으로 사용하는 경제산업구조”로 정의

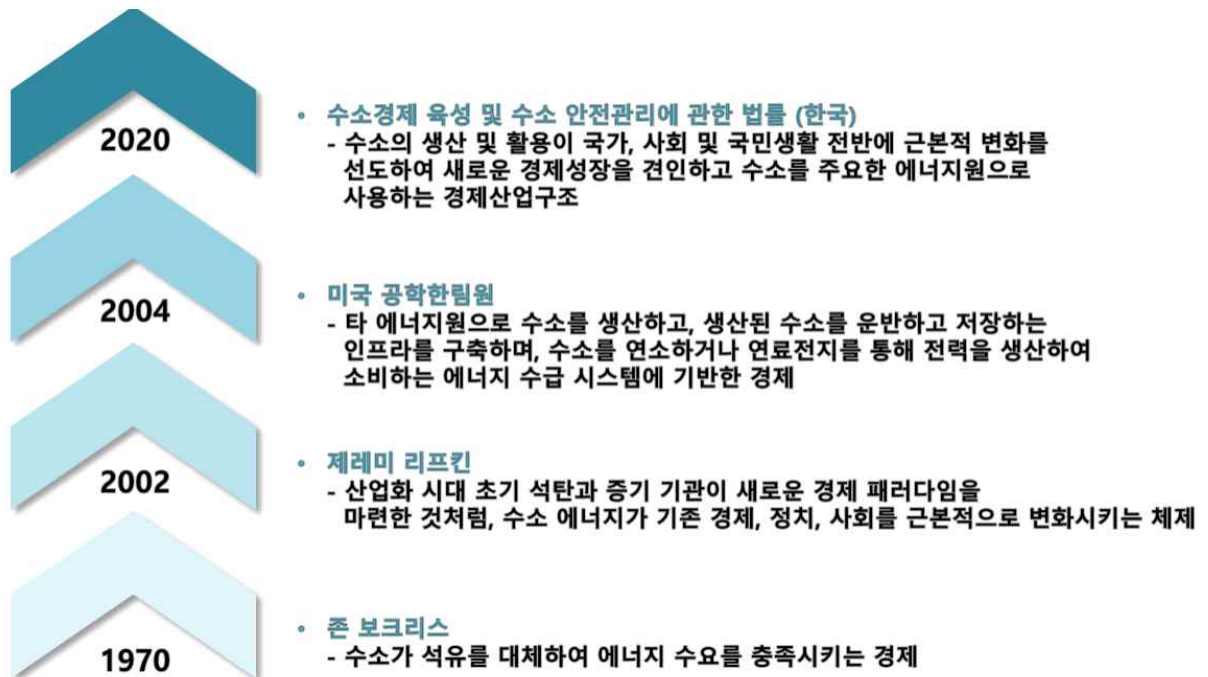


그림 1. 연도별 수소경제의 정의

- 국민생활과 산업 활동의 에너지원을 기존의 탄소를 발생시키는 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료 중심에서 탄소를 발생하지 않거나 적게 발생하는 신재생에너지, 수소 등으로 대체하는 경제개념으로 이해
 - 수소경제는 수소생산, 수소유통(저장·수송), 수소활용(모빌리티와 에너지) 등의 요소로 구성
- 이러한 수소 경제·사회 실현을 위해서는 수소 전과정 Value Chain(수

소 생산·공급·활용)에 있어 기존 화석연료 대비 보급·확산을 위한 정책적·기술적 불확실성 해소 및 시장성 확보 필요



그림 2. 수소 전과정 Value Chain

- 수소에너지는 미래 에너지 안보, 탄소중립, 에너지운반체, 전후방 산업 파급효과 측면에서 중요한 역할을 담당할 전망
 - 수소에너지는 특정 국가 또는 지역에 집중적으로 매장되어 있는 화석 에너지와 달리 지역적 편중이 없는 보편적인 에너지원
 - 수소는 산소와 반응하여 열과 전기를 만든 후 부산물로 물(H₂O)을 남기는 친환경 에너지로 수송 및 발전 등 다양한 분야에서 활용되어 탄소 저감으로 탄소 비용 절감 가능
 - 태양광 및 풍력과 같이 기후에 따른 간헐성과 변동성, 지역간 편차 등의 재생에너지의 근본적 한계를 보완해주는 보완재의 역할을 함으로써 재생에너지 활용도 제고
 - 수소는 에너지 운반체(Carrier)로서의 역할을 하며, 저장 및 운반에 활

- 용도가 높고 가장 흔히 사용하는 에너지 운반체인 전기와 비교하면 저장 용이
- 수소에너지는 전후방 파급효과가 큰 미래 성장동력 아이템으로서 차량을 중심으로 한 수송 분야에서부터 전기, 열 등 전반적인 에너지 산업에 걸쳐 다양한 미래 산업 창출 가능
 - 수소·경제사회는 정치·경제·사회적 측면에서 다양한 해석이 가능하나, 대체적으로 아래 그림과 같이 주요 특징을 설명할 수 있음

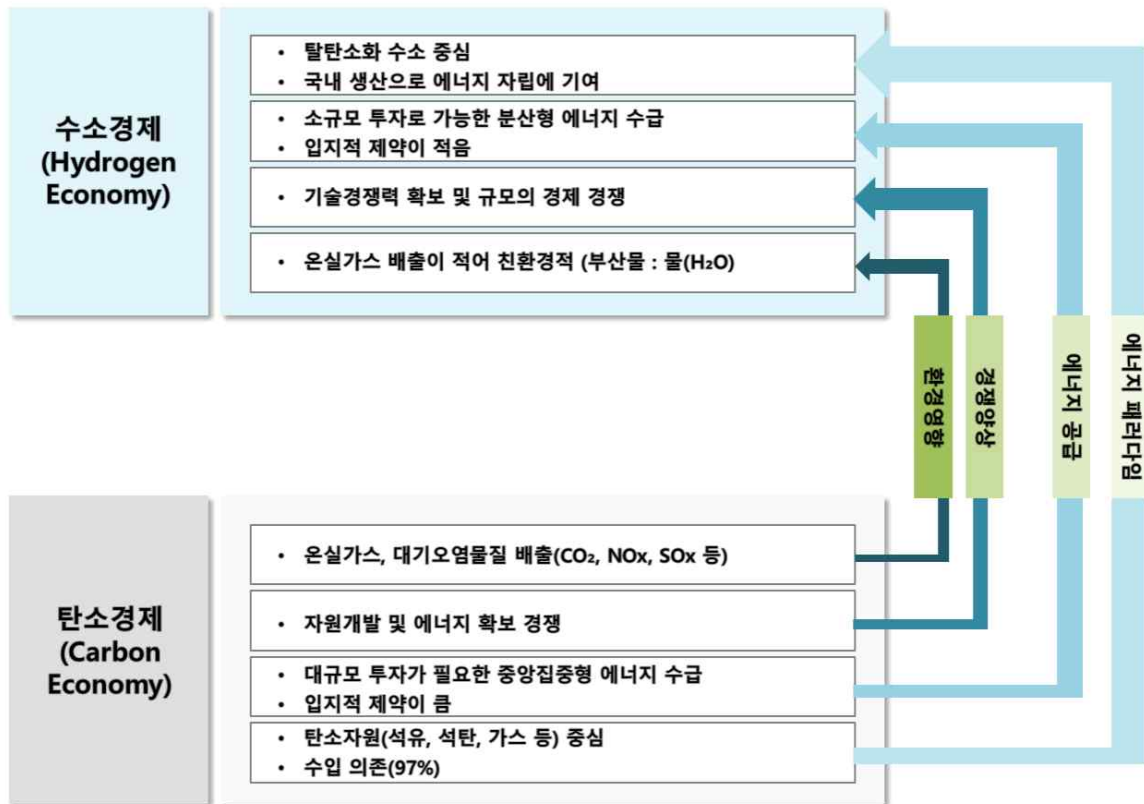
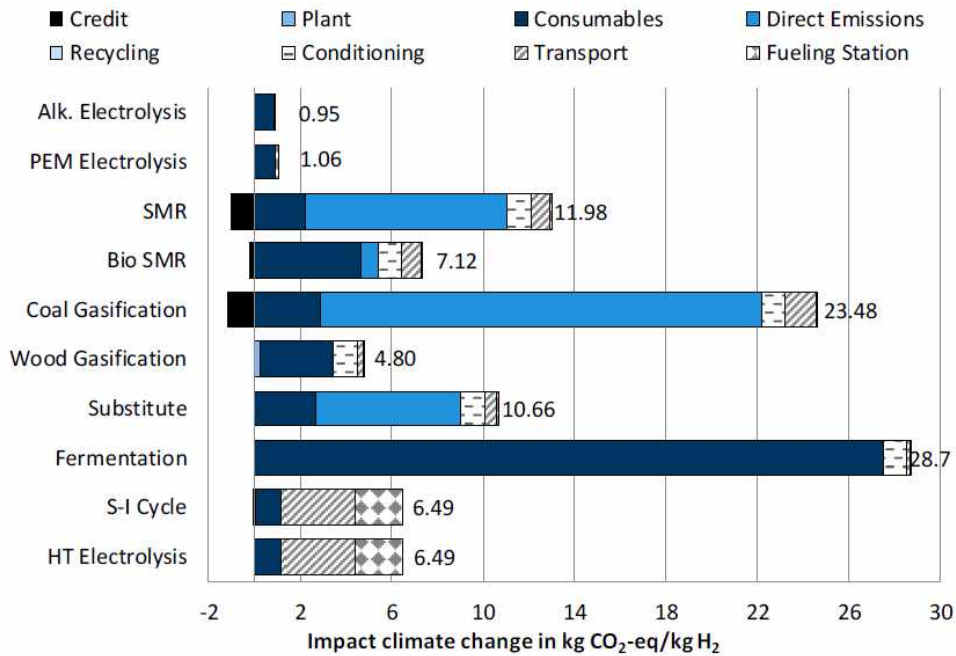


그림 3. 탄소경제 vs 수소경제

- 국내·외에서 수소 활용 기술은 탄소중립을 위한 핵심기술로 인식되고 있으나, 수소의 생산경로, 수송, 저장 및 활용 기술 등에 따라 온실가스 배출량 등 환경영향 상이
- 생산경로(그린, 블루, 그레이), 생산 지점과 활용 지점 사이의 거리 및 이에 따른 수송 방법, 방법별 수송량에 따른 저장 용량 및 기술, 활용

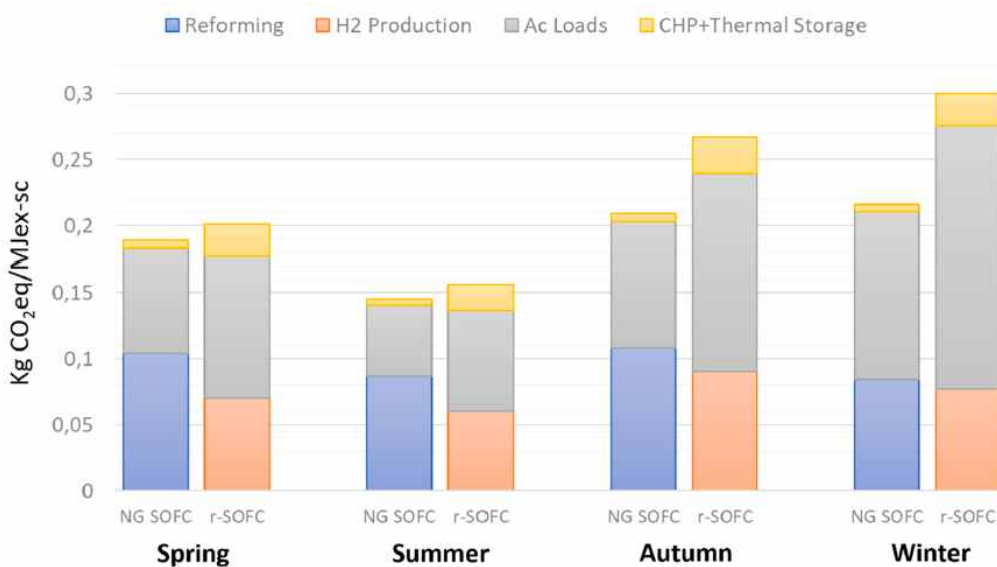
기술의 특징 등의 포트폴리오 필요

- 개별 기술의 온실가스 배출량 산정 및 탄소중립 기여도 평가뿐만 아니라 수소 활용 기술 포트폴리오에 따른 온실가스 배출량 산정 및 탄소중립 기여도의 평가·비교 필요



출처: Hydrogen Supply Chains for Mobility—Environmental and Economic Assessment, 2018, Sustainability

그림 4. 수송용 수소의 생산경로별 생산, 저장/수송 및 충전 과정의 온실가스 배출량 사례



출처: Comparative life cycle assessment of two different SOFC-based cogeneration systems with thermal energy storage integrated into a single-family house nanogrid, 2021, Applied Energy

그림 5. 주거용 SOFC CHP 기술의 연료별(수소 및 천연가스) 전과정 온실가스 배출량 비교 사례

2) 국토교통분야 수소기술 전과정평가 플랫폼 개발 사업의 정의

가. 기획의 방향

- 수소의 전과정 환경성을 반영하기 위해서는 수소는 공급경로(생산, 이송, 저장, 활용)의 각 단계에서 투입되는 에너지 및 원부자재로 인한 온실가스 배출 등 환경영향을 정량화 할 수 있는 시스템의 구축이 선결 요건임
- 국토교통부는 수소에너지의 최종 활용 주관부처로서 당 분야의 “전과정평가 방법론 개발 및 시범 적용”, “전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축” 및 “플랫폼 개발”을 적극적으로 추진할 필요가 있음
- 수소의 활용 기술의 특성, 비교가능성을 위한 일관된 산정·분석을 위한 데이터 인프라 구축이 선행되어야 하며, 선진국에서는 경제적, 산업적 및 환경적 파급효과를 고려하여 수소 데이터베이스(LCI DB)에 대한 개발을 본격화하고 있음
- 특히 국토교통부는 교통·건물·도시 분야 인프라 구축에 수소에너지 도입을 추진하고 있으므로 그린 모빌리티(도시 운송 및 모빌리티 대책, 그린 자동차, 지능형 기반시설, 차세대 철도차량, 차세대/EV 배터리, 항공/해상 운송 등), 수소도시 등의 아이টে에 활용가능하도록 기획방향을 설정

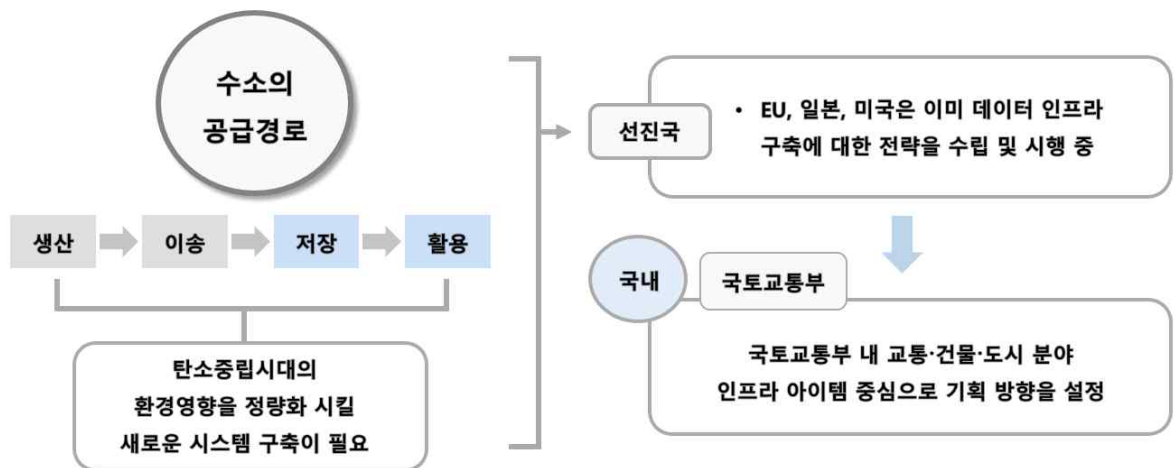


그림 6. 사업 기획의 방향

나. 사업의 정의

□ 기술 개발 기본 방향

- (현재) 본격적인 인프라 도입에 앞서 수소 활용 기술의 친환경성, 즉 수소 생산, 운송, 저장, 활용 등 전과정의 각 단계에서 투입되는 에너지/원부자재로 인해 배출되는 온실가스 및 환경영향에 검증이 필요하나, 국내 관련된 세부 방법론 및 검증 체계 미흡 -> (미래) 공통의 양식으로 구성된 국제적 수준의 고품질 전과정 평가 방법론, 데이터베이스(LCI DB) 및 플랫폼 구축

표 1. 기술 개발 기본 방향

핵심 항목	현재 수준(모습)	연구개발 수행 시 개선 수준(모습)	향후 수준(모습)
전과정평가 방법론 및 시범 적용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 선도형: 비교가능성 보장형 수소 활용 기술 전과정평가 방법론 개발/적용, 지속가능성 평가로 확대 ▪ 국내: 탄소중립 기여도 평가 등 비교가능성을 보장하는 방법론 부재, 수행자 주관에 의존 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국제 수준의 환경성/경제성 방법론 확보(시범적용을 통한 방법론 실증) ▪ 국토교통분야별 방법론 확보(시범적용을 통한 방법론 실증) ▪ 비교가능형 개별/융합 기술의 탄소중립 기여도 평가 기반 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미래 선도형인 지속가능성 평가로 방법론 확장 ▪ 수소 활용 기술 개발/적용 프로젝트에 방법론 적용 ▪ 국토교통분야별 방법론의 국제표준화 선도→수출 경쟁력 확보 지원 및 자국 기업 보호
전과정목록 데이터베이스 (LCI DB)	구축 방법론 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 선도형: EU 국제 기준 선도 및 규제(요구사항)와 연계 ▪ 국내: 국제 기준에 부합하는 방법론 개발 추진 중 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국제 기준에 부합하는 DB 구축 방법론 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수요자의 자발적 DB 구축 기반으로 활용
	DB 구축 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 선도형: 수소 기술 관련 DB 구축(미공개), Horizon 2020 과제에서 수소 기술의 LCI DB 구축 요구 ▪ 국내: 수소 활용 기술 관련하여 품질이 보장된 국제 수준의 LCI DB 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국제 기준에 부합하는 DB 구축으로 기술의 전과정평가 수행 기반 마련 ▪ EU 등 수출 당사국(또는 바이어)의 규제(또는 요구사항)에 부합하는 전과정평가 수행 기반 마련 (무역기술장벽(TBT) 극복) ▪ 탄소중립 평가의 신뢰성 확보 기반 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 플랫폼과 연계하여 수요자의 DB 개발, 등록 신청, 제 3자 검토, 등록 등의 자발적 참여형 DB 구축
전과정평가 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 선도형: 미국 GREET 플랫폼, 수소 등의 전과정평가 플랫폼 구축/운영, 전세계 다양한 수요자 활용, 기술간 비교 가능성 제공 ▪ 국내: 탄소자원화 사업에서 전과정평가 플랫폼 운영 (수요자의 평가 수행 기능 없음) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수요자의 온라인 전과정평가 수행 기반 마련 ▪ 기술의 탄소중립 평가를 위한 지능화된 서비스 제공 기반 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (온라인) 수요자의 기술 개발 또는 적용의 기획 단계의 의사결정 지원 도구 ▪ (오프라인) 수요자-전문가 연계 고품질 서비스 제공

□ 기술 개발 목적

- (정의) 국토교통분야 수소 활용 개별 및 융합 기술의 탄소중립 기여도 및 종합적인 환경영향을 평가하고 비교할 수 있는 방법론 실증 플랫폼 구축/운용 기반 마련
- (목적) ①국토교통분야 수소 활용 기술(수소도시, 수소철도 등) 전과정 환경성 평가 방법론·데이터베이스(LCI DB) 구축, ②전과정평가 수행 및 지능화된 서비스를 제공할 수 있는 플랫폼 구축
- (전략) 과학기술 상위계획과 국토교통 정부 정책과의 관련성 및 연계성을 분석하고, 미래 이슈 및 니즈, 정부 정책과의 부합성 등을 토대로 이슈 해결을 위한 사업 추진 방향 및 기술 대안의 타당성 제시



출처 : 수소시범도시 추진전략
그림 7. 수소 활용분야 핵심인프라 실증 유형

□ 기술개발 목표 및 내용

- 국토교통분야 수소 에너지에 대해 환경영향평가가 가능한 전과정평가 방법론 개발, 데이터베이스(LCI DB) 구축 및 플랫폼 구축 운용
- 기술개발 범위
 - 국토교통분야 수소 에너지의 환경성평가 방법론 및 시범적용 방안 기획
 - 국내외 수소 전주기 환경성 검증 방법론 및 프로그램 개발 동향 조사·분석
 - 수소 생산기술, 저장, 운반, 활용 등의 수소 전과정별 환경성 평가 방법론
 - 개별기술 및 융합기술별 탄소중립에 대한 기여도 평가 방안
 - 개발된 방법론의 시범적용 방안 수립
 - 국토교통분야 수소 에너지의 환경성 평가를 위한 플랫폼 구축 기획
 - 국토교통분야 수소 활용기술(수소도시 및 수소철도 등) 대상 전과정 환경성 평가를 위한 DB 구축
 - 탄소중립을 위한 전과정평가 수행 및 지능화된 서비스 제공을 위한 플랫폼 구축방안



그림 8. 기술 개발 범위

- (중점기술1) 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발
 - (기술개발) ① 수소 기술 전과정평가를 위한 공통/분야별 방법론 개발 ② 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발 ③ 시범 적용을 통한 방법론 실증
 - * (목표) 국토교통분야 수소 기술의 80% 이상 적용 가능한 전과정평가 방법론 개발, 국제 표준 전과정평가 방법론 70% 수준 이상의 전과정평가 방법론 개발

- (중점기술2) 국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 구축
 - (기술개발) ① 국제기준에 부합하는 전과정목록 데이터베이스 관리 방안 제안 ② 국제기준에 부합하는 데이터베이스 구축 ③ 데이터베이스의 플랫폼 등록
 - * (목표) 전과정목록 데이터베이스 국제 플랫폼(GLAD 또는 LCDN)※ 100% 등록
 - ※ GLAD : Global LCA Data network / LCDN : Life Cycle Data Network

- (중점기술3) 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 개발 및 실증
 - (기술개발) ① 수소 기술의 전과정평가 수행 및 지능화 기반 서비스 제공을 위한 플랫폼 개발 ② 수요자의 자발적 참여형(데이터베이스 구축) 플랫폼 개발 ③ 온라인 평가 및 오프라인 수요자-전문가 연계 평가 서비스 지원 플랫폼 개발
 - * (목표) 국토교통분야 수소 기술 플랫폼 개발 (0건->1건)

표 2. 연차별 연구개발 내용

구분	탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획(R&D)				
	1차년도('23)	2차년도('24)	3차년도('25)	4차년도('26)	5차년도('27)
목표	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발	국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 구축	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 개발	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 시범적용	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 보완·운영
중점기술 ①	<ul style="list-style-type: none"> 수소연료전지 등 공통 수소기술 관련 전과정평가 방법론 개발 국토교통분야 수소 기술의 기술성숙도별 전과정평가 적용방안 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발 공통 수소기술 관련 전과정평가 방법론 보완 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 관련 전과정평가 방법론 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수소도시 내 상업·공업시설별 전과정평가 방법론 개발 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 테스트베드에 대한 전과정평가 방법론 시범적용 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 보완 수소도시 테스트베드에 대한 상업·공업시설별 전과정평가 방법론 시범적용
중점기술 ②	<ul style="list-style-type: none"> 국제 기준에 부합하는 전과정목록 데이터베이스 관리방안 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 공통 수소기술 관련 전과정목록 데이터셋 구축 공통 수소기술 전과정목록 데이터셋의 국제 플랫폼 등록 이해관계자 피드백에 따른 관리방안 보완 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 관련 전과정목록 데이터셋 구축 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 관련 전과정목록 데이터셋의 국제 플랫폼 등록 	<ul style="list-style-type: none"> 수소도시 내 상업·공업시설별 전과정목록 데이터셋 구축 수소도시 내 상업·공업시설별 전과정목록 데이터셋의 국제 플랫폼 등록 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 보완
중점기술 ③	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 개념 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술에 대한 전과정평가 수행 및 지능화된 서비스 제공을 위한 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수요자의 자발적 참여형(데이터베이스 구축) 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 온라인 평가 및 오프라인 수요자-전문가 연계 평가 서비스 지원 플랫폼 개발 플랫폼 시범운영 	<ul style="list-style-type: none"> 전과정평가 플랫폼 보완 및 운영

□ 사업의 논리 모형

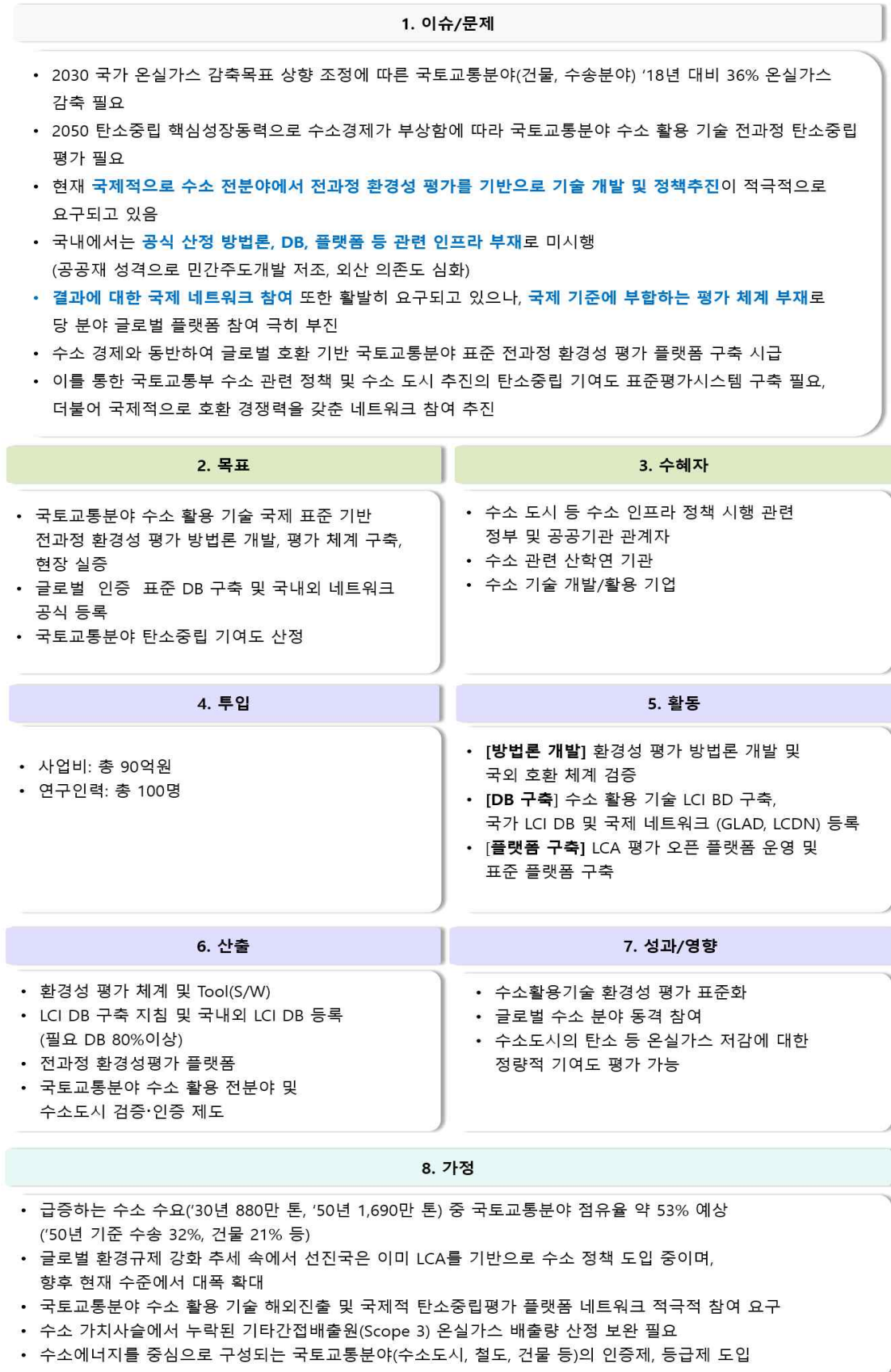


그림 9. 기술 개발 사업의 논리적 모형

□ 활용방안

- **(정부)** 친환경에너지 기술인 수소에너지 및 이의 활용기술의 연구개발 투자 확대 및 탄소중립을 위한 정부 전략 수립시 다양한 기술의 환경성을 고려한 중요한 정책 결정(Policy Making)의 핵심 수단으로 활용
 - 수소전략, 연료전지 및 수소 프로젝트에 전과정 환경성평가를 의무화 하고 평가결과를 정책결정의 수단으로 활용
 - 수소도시 확대에 따른 탄소중립 표준 평가체계 확보
 - 현재 CCUS 기술간의 환경성을 전과정평가 기법을 활용하여 탄소감축 효과를 비교평가를 실시한 후 정책의 우선순위를 결정하는 연구가 진행 중
- **(연구기관)** 정부 연구기관, 학계 등은 수소 기술 및 활용기술의 연구개발 과정 중 연구 대상 기술의 환경성을 자체적으로 평가하고 평가결과를 연구에 반영하여 최종 연구성과를 도출함으로써 정부의 정책결정에 실효성 지원
 - 수소 관련 R&D 과제를 수행하는 연구기관은 개발된 수소 분야 전과정평가 방법론 및 전과정 데이터베이스(LCI DB), 플랫폼 등을 활용하여 해당 지원과제의 환경성을 평가하고, 평가결과를 연구에 반영함으로써 연구목표 및 목적에 맞는 연구성과 도출 가능
 - 정부 R&D 과제 평가기관은 해당 과제에 대한 전과정 환경성평가결과를 토대로 연구과제가 당초의 정책목적에 부합여부를 확인할 수 있어 연구성과에 대한 신뢰성을 확보
- **(산업계)** 산업계는 강화되는 글로벌 환경규제 및 정부 정책 방향을 신속하고 용이하게 예측하여 무역 및 시장 규제에 선제적으로 대비 및 대응함으로써 국가 및 산업 경쟁력을 제고
 - 유럽 등의 선진국은 환경보호라는 명목하에 자국 산업 및 시장 보호를 위해 환경 및 탄소 이슈를 핵심 시장 규제수단(탄소국경세 및 제품탄소발자국 등)으로 활용하고 있음
 - 수소 활용기술은 우리나라 탄소중립의 핵심 기술이며, 향후 산업계의

신성장 동력원이 될 것으로 전과정 환경성평가를 토대로 보다 친환경적인 기술의 개발로 선진국의 규제에 선도적 대비가 가능

표 3. 주요성과별 활용방안

No.	주요 성과	세부 성과	활용방안
1	수소 활용 기술 전과정 환경성 평가 방법론	수소 생산기술 전과정 환경성 평가	<ul style="list-style-type: none"> · 수소 생산기술 중장기 로드맵 설정 · 그린 및 저탄소 수소 생산 방안 활성화 · 수소 생산 기업의 기술경쟁력 확보
		수소 에너지 인프라시설 전과정 환경성 평가	<ul style="list-style-type: none"> · 수소 인프라 구축 시 기본자료 제공 · 수소 인프라 관련 전문가 양성 시 기본교재
		수소 활용 기술 전과정 환경성 및 탄소중립 기여도 평가	<ul style="list-style-type: none"> · 그린 및 저탄소 수소 수급 활성화 · 개별 및 융합 기술의 탄소중립 기여도 평가 · 수소 활용 기술의 전과정 온실가스 감축량 등 환경영향 저감효과 정량화 · 수소도시 등 국토교통분야 탄소중립 정책의 성과 평가
2	수소 활용 기술 전과정목록 데이터베이스	전과정목록 데이터베이스	<ul style="list-style-type: none"> · 수소 활용 기술의 전과정평가 및 탄소중립 평가 기반 · 국제적 객관성 확보
3	탄소중립평가 플랫폼	수소 활용 기술 전과정평가 생태계 구축	<ul style="list-style-type: none"> · 사용자의 온-오프라인 전과정평가 및 탄소중립 기여도 평가 · 기술개발, 정책입안 등의 의사결정 지원 정보로 활용
		정책, 기술 등 정보 제공	<ul style="list-style-type: none"> · 기술개발, 정책입안 등을 의사결정 지원
		국제적 탄소중립평가 플랫폼 네트워크 참여	<ul style="list-style-type: none"> · 수소 활용기술 적용에 대한 전과정평가 및 실증

□ 파급효과

○ 과학·기술적 측면

- (수소 활용기술 표준화) 국내 수소 활용기술 관련 전과정 평가 방법론 개발 및 실증
 - 국내 환경성 평가 방법론의 우수성 확보 및 세계 수소 활용기술 표준화 선도
 - 국제 표준화 추진을 통한 국가적 기술 신뢰도 및 브랜드 제고
- 수소생산, 저장·운송, 활용 등의 수소 활용기술 전과정평가로 수소경제로의 이행 및 탄소중립 정책적 목표 달성 기여도 평가
- 수소 활용기술 전과정평가 방법론 개발 및 국내 결핍 LCI DB 확보를 통한 미래 수소 경제 강국 도약
- 수소 활용기술 전과정평가 방법론을 이용한 기타간접배출원(Scope 3) 평가 수행을 통해 누락 온실가스 배출량 산정
- (산·학·연 연계성 강화) 탄소중립 기여도 평가 실증
 - 수소 활용기술 및 환경성 평가 분야는 다학제간, 산업간 융복합 산업으로 관련 기술 및 전과정평가 방법론에 대한 이해와 산업간 연계 필요

○ 경제·산업적 측면

- 국내외 수소 활용기술 전과정평가 방법론 개발 및 LCI DB 구축을 통한 시장 선점 효과
 - 수소 활성화 경제 구축을 위한 표준적 모델 제시 기대
 - 해외 선호 수소 활용기술 적용에 대한 전과정평가 및 실증을 통한 시장 확대
- (기업 활용도 증가) 수소에너지 환경성 평가 플랫폼을 통해 수소 활용 개별 기술 또는 융합 기술에 대한 정량적 판단 근거로 활용 가능
 - 수소 활용기술 전과정 기반 DB를 바탕으로 기술 평가 용이성 및 편리성 확보

- (생태계 강화) 수소 기술별/단계별 온실가스 배출원단위 및 배출량 분석결과 DB화

• 기존 분석결과 활용이 가능한 평가시스템(플랫폼) 구축

○ 사회적 측면

- (일자리 창출) 탄소중립평가 기반 마련을 위한 전문직 고용 창출 기여

- 수소경제로의 전환 과정에서, 각 수소 활용기술에 대한 환경 평가 제공으로 대국민 신뢰도 향상

- (산·학·연 네트워크 구축) 수소에너지 전과정 평가를 위한 네트워크 구축 및 구축된 네트워크 활용 가능

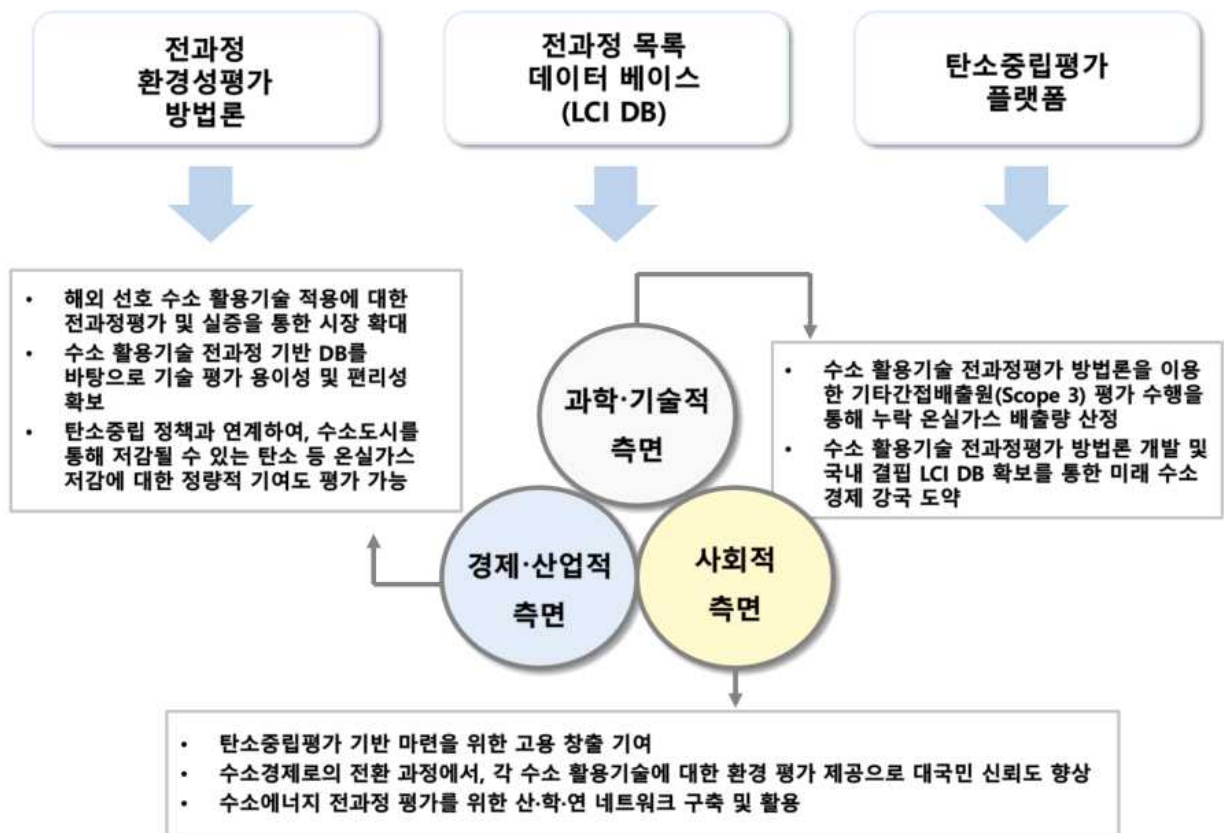


그림 10. 파급 효과

2. 사업추진 배경

1) 수소사회의 배경 및 필요성

가. 지구온난화에 따른 에너지 시스템의 변화

□ 환경문제가 인류의 생존문제로까지 부각되면서 전 세계적으로 지구온난화 및 기후변화에 대한 대책 마련 시급

- 산업 혁명 이후 이산화 탄소가 지속적으로 발생하였으며, 이러한 현상은 1900년 이후 가속화
- 1961-1990년을 기준으로 하였을 때 지구상의 평균 온도는 약 0.6 °C 이상 급격하게 증가하고 있는 상황으로 조사
- 고형연료에서 발생된 CO₂의 양이 많은 것은 1,900년부터 시작된 화력 발전소에 의한 것으로 지구온난화 방지를 위해서는 화석연료 사용을 줄이는 것이 첫 번째 대안이 될 수 있음

□ CO₂의 감축을 위한 세계의 정책적 방향성

- 97년 12월 교토에서 제3차 당사국총회(COP3)를 통해 2000년 이후 선진국의 온실 가스 감축 목표를 주요 내용으로 하는 교토의정서가 채택
 - 교토의정서 발효 이후 온실가스 규제에 대한 각국의 노력이 수반되었으나 지구 온난화를 막기에는 역부족이라는 전 세계적인 공감대가 형성되었고 2015년 12 월 파리에서 제21차 당사국회의(COP21)이 개최되면서 파리 협정 체결
- 유엔기후변화협약 제21차 당사국 총회 (COP 21, 2015)에서는 우리나라를 포함한 195개국이 미래 지구 온도를 산업혁명 시점 대비 2°C 내 상승 억제를 목표로 한 온실가스 감축 합의서에 서명
 - 지구 평균온도 상승 폭을 산업화 이전 대비 2°C 이하로 유지해야 하며, 더 나아가서 온도 상승 폭을 1.5°C 이하로 유지하기 위한 노력을 각 당사국이 수행하겠다는 내용을 포함

교토의정서	구분	파리협정
1차:5.2%, 2차:18% 배출량 감축	목표	2°C목표, 가급적 1.5°C달성 노력
온실가스 감축에 초점	범위	온실가스감축, 적응, 자원, 기술이전, 역량 배양, 투명성을 포괄
주로 선진국	대상 국가	모든 국가
하향식(Top-down)	목표 설정방식 및 이행 점검	상향식(Bottom-up) 국가별 NDC 2°C목표 적절성 여부 매 5년 글로벌 이행점검 체계 구축
1,2차 설정	공약기간	지속적
특별한 언급 없음	목표 설정기준	5년마다 새로운 NDC, 진전원칙
공약기간에 종료 시점이 있어 지속가능한지 의문	지속가능성	종료시점을 규정하지 않아 지속가능한 대응 가능
국가 중심	행위자	국가 외 민간(다국적기업, ICAO등 국제기구), 시민사회

그림 11. 교토의정서 vs 파리협정

- 국제 에너지 기구(IEA)는 전 세계 에너지 부문의 탈탄소화를 위한 핵심기술로 수소를 지목
 - 수소는 전기를 직접 사용할 수 없는 철강 산업, 대형선박 연료 등 에너지소비에 가교 역할(전기를 수소로 전환해서 소비)을 할 것
 - 수소기술의 보급을 촉진하기 위해서는 수소 활용 확대, 생산방식 개선, 비용 감축 등의 3대 여건 조성 필요

□ IEA는 이러한 변화를 통해 2050년까지의 CO₂ 배출량 감소를 예상

- 세계 수소에너지 사용량은 2020년 약 9천만 톤에서 2030년 2억 톤으로 증가하고, 저탄소 수소에너지의 비율은 10%에서 70%로 증가할 것으로 예상
- 2030년에 생산되는 저탄소 수소에너지의 절반이 전기분해에서 생산되고, 나머지는 CCUS 장치를 설치한 석탄과 천연가스 장치로부터 생산될 것으로 전망

나. 수소경제 밸류체인별 기술 동향

□ 수소의 특징

- 수소에너지는 화석에너지 체제의 한계를 극복하고 지구온난화 문제를 해결하기 위한 대체 에너지원인 태양광, 풍력, 수력, 지열, 조력보다 에너지 밀도가 높음
- 원자번호 1번인 수소는 우주질량의 75%를 차지하는 풍부한 에너지원
 - 기술적 난이도는 높지만 지역적 편중이 없는 보편적 에너지원으로 장기간 대용량 저장이 가능한 환경친화적 에너지
- 수소는 화석 에너지에 의한 개질, 재생 가능 에너지나 원자력에 의한 물의 전기 분해 등을 통해 생산됨
 - 현재 대부분의 수소는 화석연료(메탄 또는 나프타)의 추출(개질)에 의해 생산
- 수소는 전기와 마찬가지로 "에너지 캐리어"로서 교통, 전력, 산업 및 건물 등 경제의 모든 부문에서 활용 가능
 - 수소는 연료 전지에 의해 전기로 변환, 연소에 의해 열에너지로 변환, 간단한 화학공정에 의해 타 연료로 전환 등 다양한 최종에너지로의 변환 가능
 - 수소와 전기는 서로 보완적인 에너지 캐리어로 수소는 연료 전지에 의해 전기로 변환되며, 전기는 물분해에 의해 수소로 변환, 생산 및 분배 인프라의 구조에 따라 상호보완적인 역할을 수행
- 수소는 전기와 달리 대용량 및 장기간 저장이 가능
 - 가장 우수한 에너지 캐리어인 전기의 경우 대용량 저장이 불가능하다는 단점이 있음. 수소의 경우 대용량, 장기간 저장 가능

□ 수소경제 밸류체인 구성

- 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률(수소법) 제2조에 의하면 '수소산업'이란 수소의 생산·저장·운송·충전·판매 및 연료전지와 이에 사용되는 제품·부품·소재 및 장비의 제조 등 수소와 관련한 산업

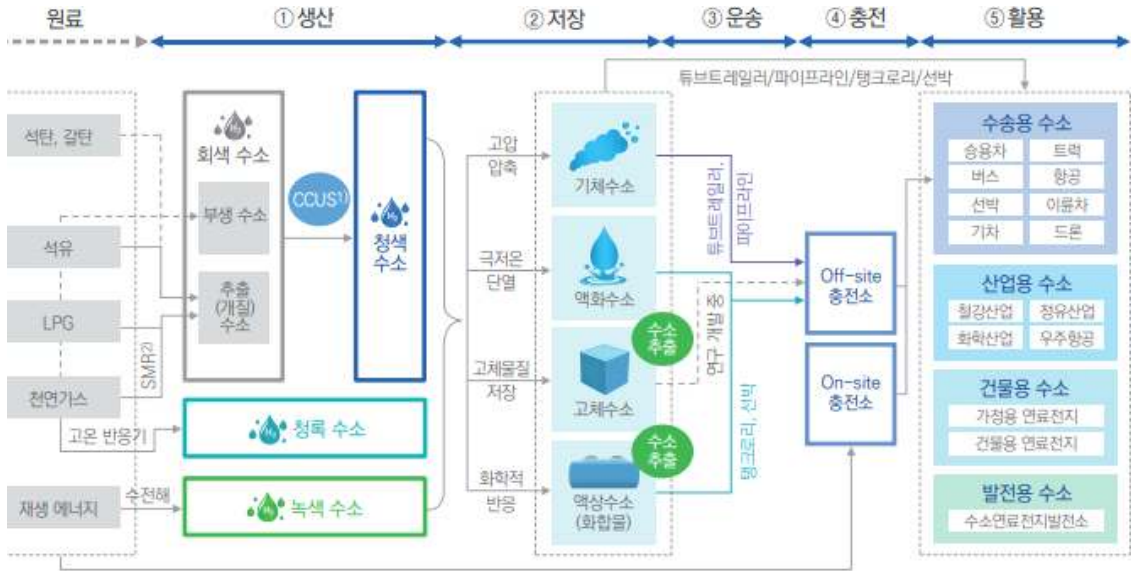


그림 12. 수소 경제 Value Chain 흐름도

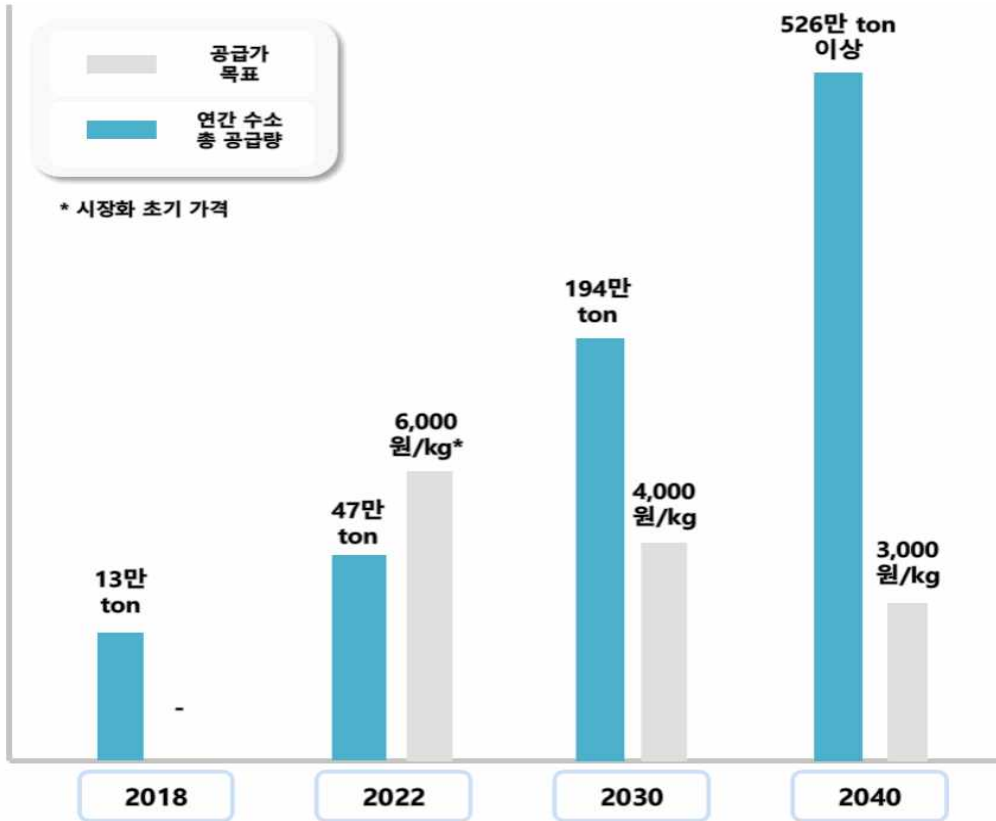
□ 수소 생산 동향

- 수소는 생산 방식과 원료에 따라 회색 수소(Grey Hydrogen), 블루 수소(Blue Hydrogen), 그린 수소(Green Hydrogen)로 나누어짐
- 이 중 수소가 생산될 때 이산화탄소가 발생하는 것이 그레이 수소이며, 블루 수소, 녹색 수소는 생산 과정에서 발생한 이산화탄소를 포집하여 대기 중에 배출하지 않거나, 생산 과정에서 이산화탄소를 발생시키지 않기 때문에 청정 수소로 볼 수 있음

표 4. 수소 생산 방식에 따른 분류

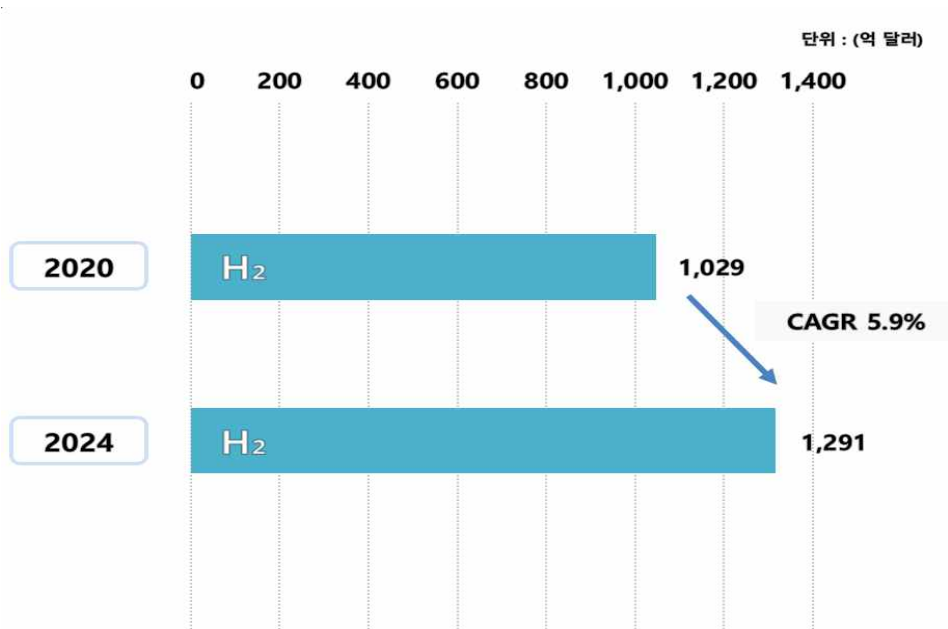
수소 종류	내용
그레이 수소 (Grey Hydrogen)	석유화학이나 제철 공정의 부산물로 산출되는 부생 수소와 화석 연료를 활용하여 촉매 반응(수증기 메탄 개질 방식, 석탄과 물로 열분해 방식 등)으로 생성된 추출 수소
블루 수소 (Blue Hydrogen)	천연가스를 고온 반응기에 주입해 수소와 고체 탄소로 분해해 생산되는 수소 (회색 수소를 생산 시 배출되는 이산화탄소를 포집한 수소 포함)
그린 수소 (Green Hydrogen)	신재생에너지를 에너지원으로 물을 전기 분해함으로써 생산되는 수소

- 국내 수소 생산량을 살펴보면, 2020년 기준 197만 8,600톤으로 그레이 수소(부생 수소, 추출 수소)가 100%를 차지하고 있으며 이 중 대부분이 부생 수소임
- 그러나 정부는 탄소중립을 이루기 위하여 부생 수소가 아닌 청정수소에 주목하고 있으며, 이를 위해 연간 수소 공급량을 2022년 47만 톤, 2030년 194만 톤, 2040년 526만 톤으로 확대하는 과정에서 궁극적으로 그린 수소 비중을 올리겠다는 계획도 발표
- 구체적으로, 2030년까지 추출 수소 비중을 50%로 증가시킴으로써 부생 수소 비중을 낮추고, 2040년까지 추출 수소 비중을 30%로 낮추면서 그린 수소 비중을 늘릴 계획



출처: 수소경제활성화로드맵 재구성

그림 13. 국내 추출 수소 공급량 확대 계획



출처: 한국과학기술평가원 재구성

그림 14. 전 세계 천연가스 개질 기반 추출 수소 시장

□ 수소 저장·운송 동향

(1) 수소 저장

- 수소 저장 방식은 수소의 물리적 상태(고체, 액체, 기체)와 화학적 변환 방식에 따라 달라지며 특정 물리적 상태를 유지하려면 필수적으로 수반되어야 하는 온도와 압력 조건이 있음
- 수소는 상온, 상압에서 기체 상태로 존재하며, 기체 상태의 수소를 저장 용기에 담기 위해서 압력을 가해 부피를 줄이기 위해 저장하는 용기는 고압 상태를 유지해야 함
- 기체 상태의 수소가 극저온 상태(영하 253℃)를 유지하면 액화되며, 액체로 변환 수소는 기체 상태의 수소보다 부피가 월등하게 줄어들어 액화수소는 동일한 압력에서 기체 상태의 수소 대비 상당히 높은 부피 당 에너지 밀도를 가지게 됨
- 액화된 수소는 대기압 수준에서 저장할 수 있어 저장 용기의 안전성 부분에서 기체 수소를 저장하는 것보다 안전하다는 장점이 있지만, 수소를 액체 상태로 유지하기 위하여 극저온 단열 상태가 지속되어야 함
- 수소를 고체 형태로 저장하고자 한다면, 수소 저장 합금, 금속 수소화물, 다공체 흡착 물질 등을 이용해야 하며 고체 형태로 수소를 저장하는 것은 기체 또는 액체 형태의 수소를 저장하는 방식 대비 기술 개발이 더 필요한 영역임
- 화학적 방식은 수소에 다른 물질을 첨가하여 액상 유기 화합물(Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC) 또는 암모니아로 변환하는 것이다. 대표적인 LOHC의 예로는 수소에 톨루엔을 첨가하여 메틸시클로헥산(Methylcyclohexane, MCH)으로 변환, 저장하는 방식이 있음
- 암모니아는 수소와 질소의 결합으로 이루어지기 때문에 수소와 질소를 화학적으로 반응 시키면 암모니아로 변환되며, LOHC와 암모니아는 액체 상태의 수소(액화수소)에 비하여 높은 온도에서 액체 상태로 유지됨

- 특히 액상 암모니아는 액화수소보다 수소 저장 밀도가 높아 동일한 부피에서 1.5배가량 더 많은 양의 수소를 저장할 수 있음
(단, LOHC와 암모니아 모두 수소 화합물의 형태이므로 수소를 추출하기 위해 화학적으로 재변환하는 과정이 필요)

(2) 수소 운송

- 운송 방법은 수소의 물리적 상태와 밀접하게 연관되며, 기체 상태의 수소는 튜브트레일러 또는 파이프라인을 통해 운송함
- 수소 튜브트레일러는 장거리 수송에 적합하고, 파이프라인은 단거리 또는 특정 지역 내 수송에 적합
 - (파이프라인) 지하에 수소 운송 배관이 설치되어야 하기 때문에 초기 구축 비용이 높음
 - (튜브트레일러) 액체 상태의 수소(액화수소나 액상 암모니아·LOHC)는 모두 탱크로리를 통해 이동
 - 2019년 기준 국내 연간 수소 유통량 (생산 회사 자체 소비 수소 제외)은 약 21만 톤으로 수소 생산량의 11.2%를 차지
 - 이 중 파이프라인에 의한 유통 비중이 92.7%, 튜브트레일러 유통 비중 7.2%
- 해외에서 생산되는 수소를 국내로 운송해오는 방안 필요
 - 특히 재생에너지 가격이 낮은 곳에서 생산된 녹색 수소를 국내로 들여오기 위해서 대용량 장거리 수소 운송방안 마련
 - 국내와 재생에너지 공급 상황이 유사한 일본은 호주에서 생산된 그린 암모니아(녹색 수소를 활용한 암모니아)를 LPG 선박을 통해 운송



출처: 삼성KPNG 경제연구원

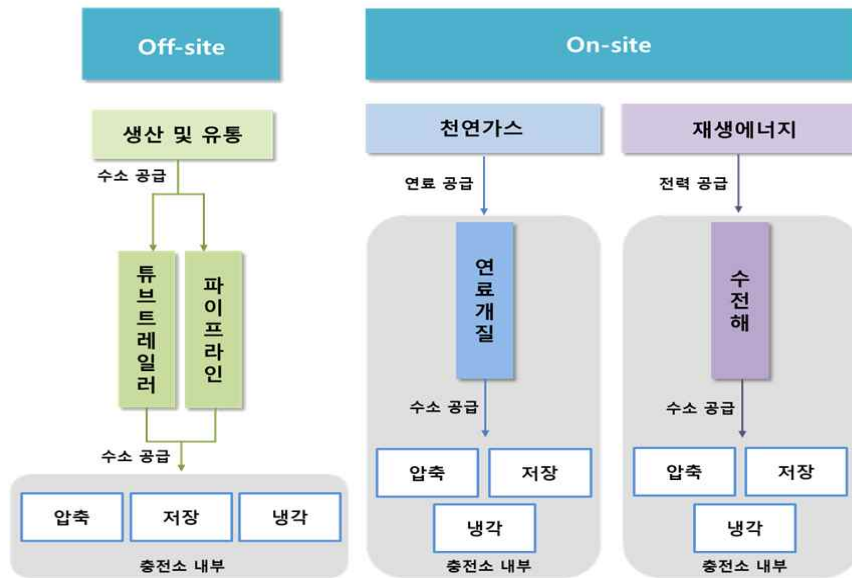
그림 15. 수소 저장 방식 및 운송 방안

(3) 수소 충전

○ 2가지 형태의 수소 충전소

- Off-site형 충전소는 중앙 공급 방식으로 충전소 외부에서 수소를 공급
 - 파이프라인 공급 방식 수소 충전소는 생산지와 충전소를 잇는 운송용 파이프를 설치로 초기 투자 비용이 많이 발생하나 안정적으로 다량의 수소를 운송할 수 있는 장점
 - 튜브트레일러 공급 방식 수소 충전소는 운송 비용이 발생하나 운송 인프라 구축을 위한 설비 투자 비용은 발생하지 않는다는 장점
- On-site형 충전소는 현장 공급 방식으로 충전소 자체적으로 수소를 생산
 - 천연가스 개질 방식
 - (장점) 기 구축된 천연가스 공급 라인을 활용해 수소를 생산
 - (단점) 수소 생산 설비 구축에 비용이 발생, 화석 연료를 사용함으로써 탄소가 발생
 - 수전해 방식
 - (장점) 심야의 잉여 전력을 활용해 수소를 생산할 수 있으며 친환경 재생에너지를 활용 시 환경 오염 없이 수소를 생산

(단점) 수소 생산 설비 구축에 비용이 발생

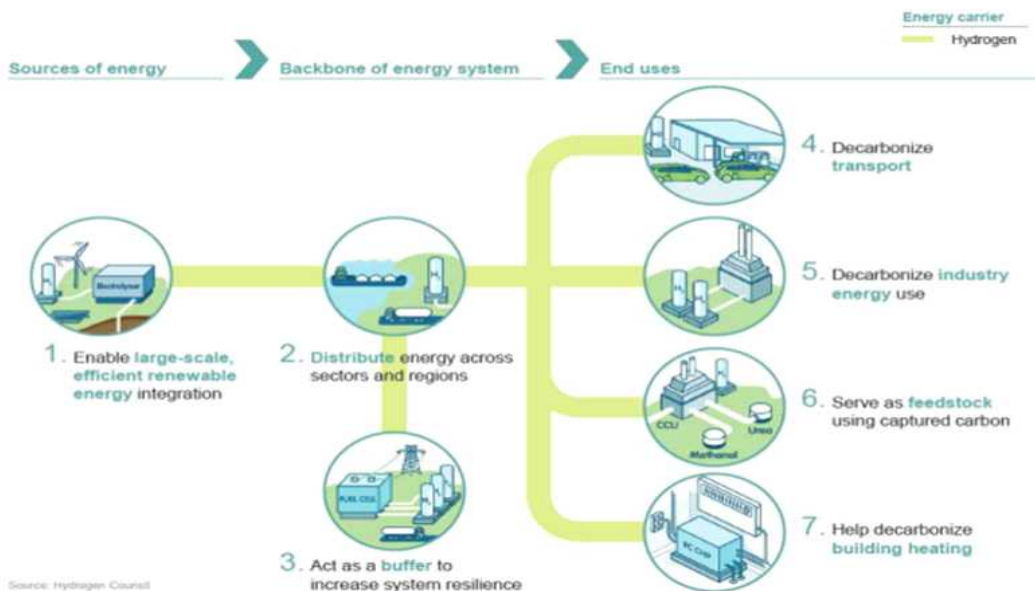


출처: 삼성KPNG 경제연구원

그림 16. 수소 충전소 유형

□ 수소 활용 기술 동향

- (수소 활용) 수소는 수송, 산업, 건물, 발전 분야에서 기존의 화석연료 대신 저탄소 에너지원으로서 활용될 것으로 전망



Source: Hydrogen Council

출처: Hydrogen Council

그림 17. 미래 에너지 시스템에서 수소의 역할

(1) 수송용 수소

- 수송용 수소는 수소를 사용하여 발생시킨 전기 에너지를 동력원으로 하는 이동 수단에 쓰이는데 비단 수소 연료전지차뿐 아니라 버스나 트럭과 같은 상용차, 기차, 선박, 비행기, 드론 등과 같은 다양한 분야에 활용
 - 이산화탄소 저감을 위한 수소 연료전지 선박, 수소 연료전지 트램 및 철도, 수소 연료전지 드론, 수소 연료전지 중장비(지게차, 건설기계) 등이 한국뿐 아니라 주요 국가에서 개발 중
- (독일) 디젤동차를 수소철도(최고속도 80km/h)로 개조하여 2018년부터 시험운행 중이며, 독일 지멘스는 수소전동차 개발 계획을 발표
- (일본) JR East, 히타치, 토요타가 공동으로 400kW급 수소전동차 (최고속도 100km/h)를 개발 중으로 2021년 중으로 시험운행에 나설 계획
- (국내) 수소차 연료전지 시스템(400kW)을 트램에 장착하여 최고속도는 시속 70km, 1회 충전으로 200km까지 운행 가능한 성능을 가진 수소 연료전지 트램을 개발, 실증 중

(2) 산업용 수소

- 산업용 수소는 철강, 화학, 정유, 우주 산업 등에서 산업용 원료나 연료 등으로 사용되는 수소를 의미
 - 철강 산업에서는 탄소중립을 위해 철강 제련 과정에서 필요한 환원제를 수소로 대체하는 수소환원제철 기술을 개발 중
 - 석유화학 산업에서는 원유를 정제할 때 나오는 부생 수소를 제조 공정 내 원료로 사용하거나 정유 업계와 같은 타 산업에 유통, 판매 중
 - 정유 산업에서는 수소를 첨가하여 에너지 효율이 높은 석유 제품을 생산하는데 수소를 사용

(3) 건물용 수소

- 건물용 수소는 가정 또는 공공 기관이나 상업용 건물의 연료전지에 사용되는 수소를 의미
- ‘신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법’을 토대로 한 신재생에너지 공급 의무화 제도를 통해 국내 상업용 건물에 대한 수소 공급 수요가 증가
 - 2014년부터 2019년까지 공공기관이나 상업용 건물의 연료전지 설치 용량은 6.02MW, 2020년까지 설치 용량은 10.89MW로 설치 용량 증가 추세
- 가정용 연료전지는 통상 주택에 설치되는 연료전지로 건물용 연료전지와 같은 정책적 규제가 없고 가스 요금이 일반 전기 요금보다 경제성이 떨어지기 때문에 활발히 공급되고 있지 않은 상태

(4) 발전용 수소

- 발전용 수소는 발전사 또는 발전 사업을 통해 열과 전기를 대용량으로 생산하기 위한 원료로서 사용되는 수소
 - 국내 에너지 전환 정책과 RPS 제도(신재생에너지 의무비율)로 인해 발전용 연료전지 설비가 증가
 - 석탄화력 발전소의 발전 효율이 33%인데 반해 수소 연료 전지 발전소의 발전 효율은 50% 수준으로 상대적으로 높게 나타남에 따라 대규모 발전사를 중심으로 발전용 수소에 대한 활용이 증가
- 2019년 1월 발표된 수소 경제 활성화 로드맵에 따르면 발전용 연료전지 공급량 목표는 2022년 기준 1.5GW(내수 1GW), 2040년 기준 15GW(내수 8GW)이나 2021년 말 기준 발전 허가를 받은 사업자들의 연료전지 발전 허가 설비 용량이 2022년 연료전지 발전 설비 목표인 1.5GW 초과



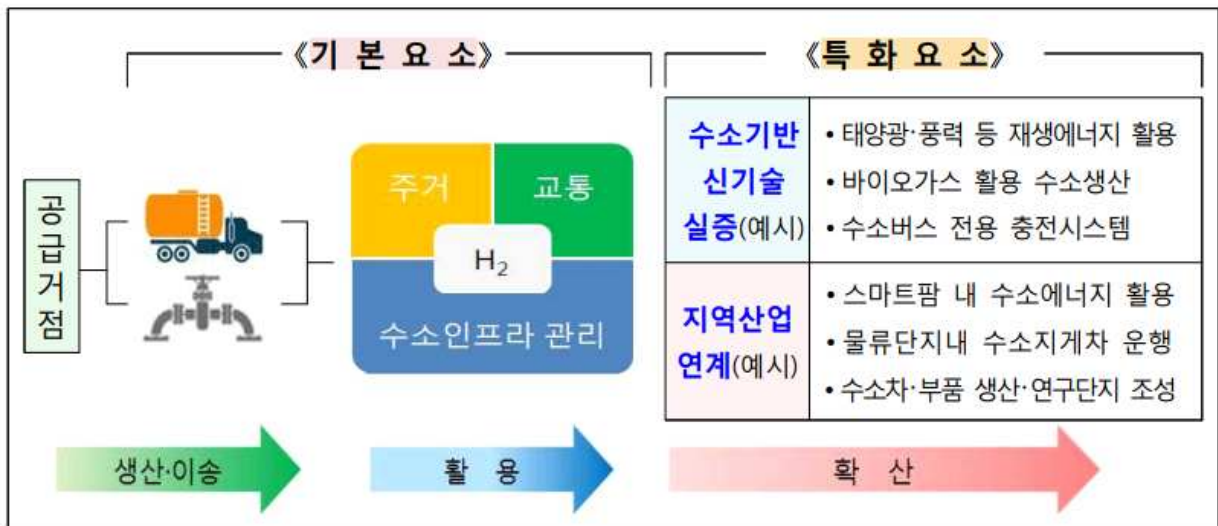
그림 18. 산업 내 수소 활용 예시

다. 미래 에너지 시스템에서의 수소의 역할

□ 수소도시의 구축

- 현재 각 기술 개발의 초점이 생산, 저장, 이송, 연료전지 등에 초점이 맞추어져 있어, 통합적인 시스템 구성면에서 실증이 부족한 상황
 - 수소 생산, 저장 및 이송기술은 하나의 시스템 내에서 평가되어야 함에도 불구하고, 개별 연구가 진행되어 수소생태계 전반을 아우를 수 있는 비전을 제시하지 못하고 있음
- 수소 경제 활성화를 위해 각 개별적으로 연구되고 있는 전 기술분야를 공간개념으로 통합하는 수소도시 모델 필요성 확대

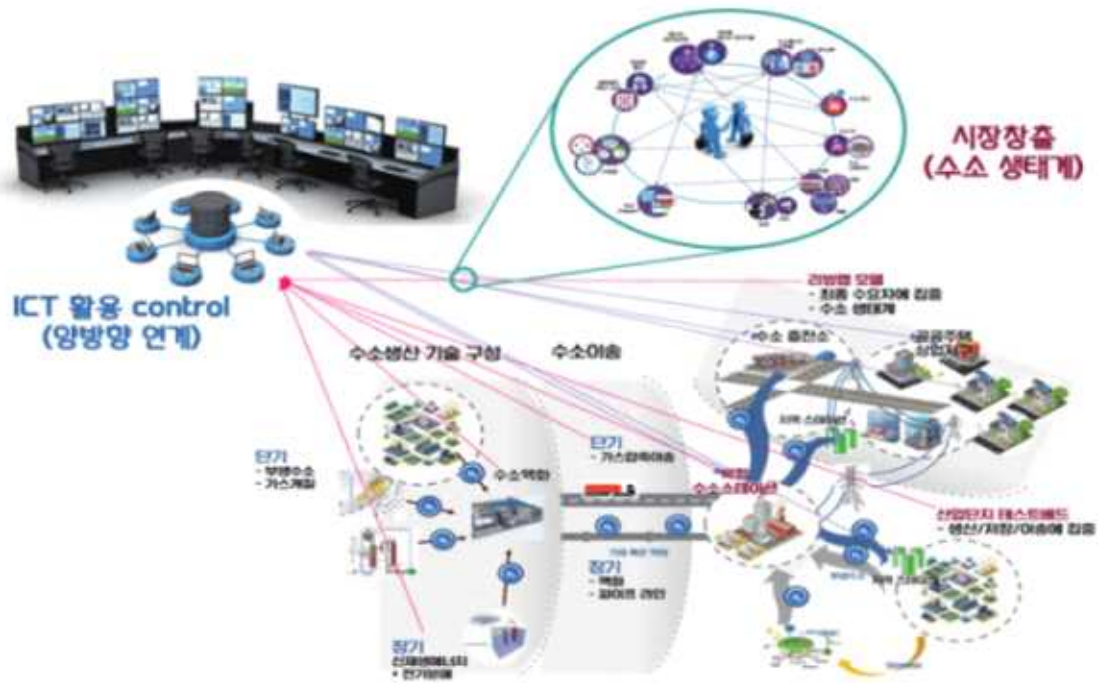
- 수소도시는 수소경제라는 새로운 미래에너지 패러다임이 구현된 미래 청정에너지 기반의 생활 환경을 의미
- 우리 정부는 3대 혁신성장 전략투자인 수소경제의 조기 구현 모델로 도시 내 주거·교통·산업 등 전분야에 수소가 적용되는 수소 시범도시 인프라 기술개발 및 실증 강조
- 관계부처 합동 “수소 시범도시 추진전략”을 통해 수소 시범도시 조성 및 수소도시 확산방안 발표(19.10.)



출처: 수소 시범도시 추진전략(2019.10)

그림 19. 수소 시범도시 모델

- 수소경제 시대의 수소도시는 과거의 화석연료나 원자력과 같은 에너지 생산자와 소비자가 구분되지 않는 에너지프로슈머의 개념
 - 도시에서 구성되는 수소 생태는 수소에너지 플랫폼을 통해 에너지 생산자와 소비자의 경계가 자연스럽게 허물어지고 에너지의 생산-저장-활용-공유가 ICT 기술과 에너지 인프라 기술의 융합을 통해 달성되어 미래 에너지 패러다임 구현 가능
 - 수소도시 실증을 통한 온실가스 및 미세먼지 문제를 궁극적으로 해결할 수 있는 인프라를 구축 가능



출처: KAIA Insight vol.13

그림 20. 수소도시 구축 컨셉

□ 수소도시 미래모습

- (생산) 부생수소, 추출수소 뿐 아니라 신재생 에너지를 활용한 수전해 기술이 발전하여 마을 건축물 단위의 그린수소 생산
 - (저장 이송) 액화 고체 저장기술을 활용하여 도시내 도시간 대용량 으로 수소 저장 이송이 가능해져 가격 경쟁력 확보
 - (활용) 수소 발전시설, 수소 메가스테이션* 등 핵심 기반시설을 통해 주거 교통 산업 등 도시활동 전반에서 수소를 안전하게 활용
- * 대용량 수소저장, 저장된 수소를 건축물·충전소 등에 공급 등

□ 수소경제 시대의 수소도시의 역할

- 에너지 매개체(carrier)로서의 수소를 기반으로 에너지의 생산, 저장, 공유가 이루어져 에너지 생산자와 소비자의 경계를 허물고 분산발전의 효율성을 극대화하여 에너지 안보 강화 및 자립화에 기여

- 청정 에너지인 수소에너지를 바탕으로 온실가스 감축, 미세먼지 저감에 기여하여 친환경적 도시환경 조성
 - 수소 시범도시 조성은 석유, 천연가스 등 화석연료 중심의 도시 에너지원 상당부분을 수소화하여 주택, 교통 등 전 분야에서 활용하는 종합적 접근방식
 - 그러나, 아직까지 수소가 국민들에게 생소한 에너지원이고 안전성에 대한 우려가 있는 만큼 단계적·전략적 운영지원 방안 필요



출처: 수소 시범도시 추진전략('19.10)

그림 21. 수소시범도시 모델(안)

- 탄소중립 정책과 연계하여, 수소도시를 통해 저감될 수 있는 탄소 등 온실가스 저감에 대한 정량적 기여도 평가 필요성 증대
 - 수소는 탄소중립의 핵심으로, 수소 전주기를 포함하는 수소도시는 탄소중립 달성을 위한 기본 인프라에 해당
 - NDC(국가온실가스감축목표, Nationally Determined Contributions) 등 국제협약과 연계한 정책적 지표 달성을 위한 정량적 기여도 및 측정방법 필요성 증대

3. 사업추진 당위성

1) 사업추진 필요성

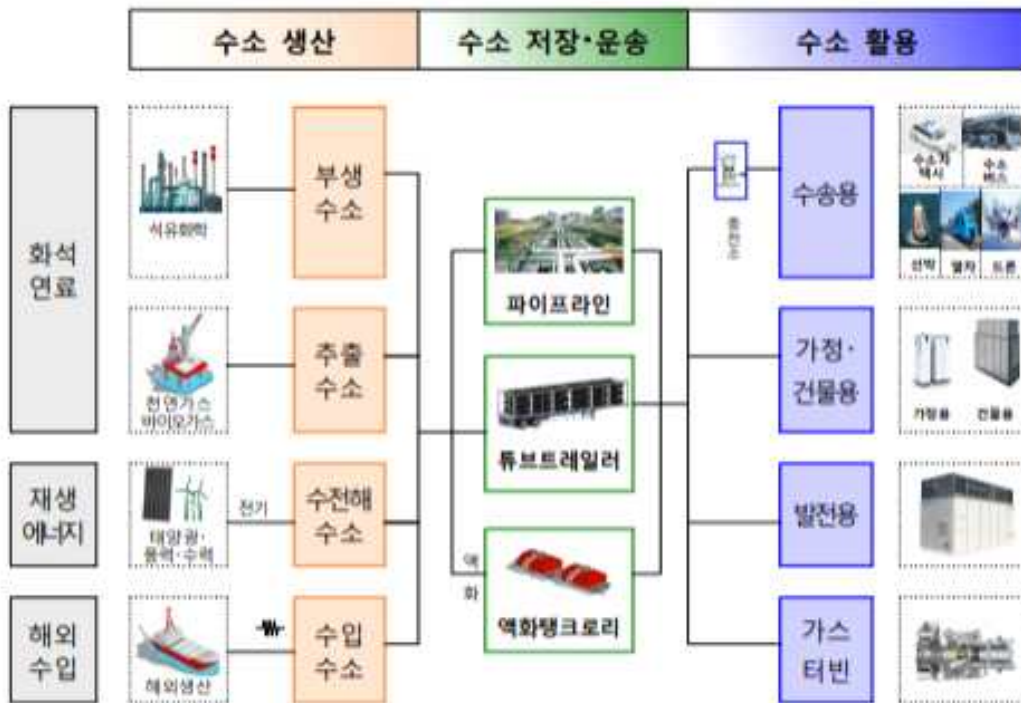
□ 추진 필요성

- (추진 필요성) 국토교통분야는 수소 경제의 최종 소비자로서, 탄소중립 달성의 부합성 검증을 위한 전과정평가 방법론 개발 및 시범 적용 필요
 - (정책목표 달성) 수소 경제 조기 구현을 위한 수소경제 활성화 로드맵('19.1), 추진을 위한 제1차 수소경제 이행 기본계획, 그리고 국토교통 2050 탄소중립 로드맵('21.12)에 따른 국토교통분야 수소 기술 연구개발의 탄소중립 기여도 정량화 및 산정 방법론 구축 필요
 - (실증실적 확보) 수소사회 전환을 위해 정부 주도의 탄소중립 기여도 정량화 방법론 개발 및 보급을 통해 국토교통분야 수소 기술의 탄소중립 기여도를 입증하기 위한 역할 수행 필요

- ▣ 수소 사회로의 전환을 위한 초기 단계인 점을 감안하여 국토교통분야 수소 인프라의 탄소중립 기여도 정량화를 위한 방법론 개발 및 수소시범도시 대상 시범 적용 표준 평가체계 등 기반 마련을 위한 연구비 지원 필요
 - 미래시장 확대, 사회문제 해결, 국민 수용성 확보 등 국가 전략분야를 중심으로 고위험혁신형 도전적 연구 지원 강화 필요

□ 수소가 자동차 등 수송용 연료, 전기·열 생산 등 주요한 에너지원으로 사용되는 경제 → 국가경제, 사회, 국민생활 전반에 근본적 변화 초개

○ 수소가 경제 성장(새로운 성장동력)과 친환경 에너지의 원천



새로운 성장동력

- 수소생산, 저장·운송 등 인프라 산업 시장 창출
- 소재·부품·시스템 등 기술개발 및 수요 촉진 등
- 수소차, 연료전지 등 미래유망 품목으로 육성

에너지 자립

- 에너지원 다각화
- 해외 의존도 감소
- 재생에너지 이용 제고

친환경 에너지

- 높은 에너지효율
- 탈탄소화, 온실가스 감축
- 미세먼지 저감

출처: 관계부처 합동 수소경제 활성화 로드맵('19,01)

그림 22. 수소경제 개념도

□ 수소경제 활성화 로드맵 비전



출처: 관계부처 합동 수소경제 활성화 로드맵('19,01)

그림 23. 수소경제 활성화 로드맵 비전 및 주요 추진목표

2. 국토교통 탄소중립 로드맵 개요

- **(로드맵 성격)** 부문별 로드맵은 「탄소중립기본법」 상 정부 법정계획(탄소중립 녹색성장 기본계획) 수립을 위한 非법정계획
 - (수립계기) 작년 탄소중립 선언('20.10) 후 범부처 「탄소중립 추진 전략」('20.12)에서, '21년 내 각 부문별 로드맵 수립계획을 발표
 - 부처별로 총 20여개의 로드맵 수립계획(에너지, 산업, 건물, 수송, 산림, 해양수산, 재활용 등)을 제시, 우리부는 건물과 수송부문 로드맵을 소관
 - (수립절차) 非법정계획으로서 법적인 의사결정 절차는 없으며, 탄중위 검토 후 부처 자율로 발표여부·방식을 결정
 - 국토교통 탄소중립 로드맵은 「탄소중립기본법」 시행('22.3) 후 새 정부에서 수립될 법정계획(탄소중립 녹색성장 기본계획)에 반영될 예정

【 탄소중립기본법 상 법정계획: 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 】

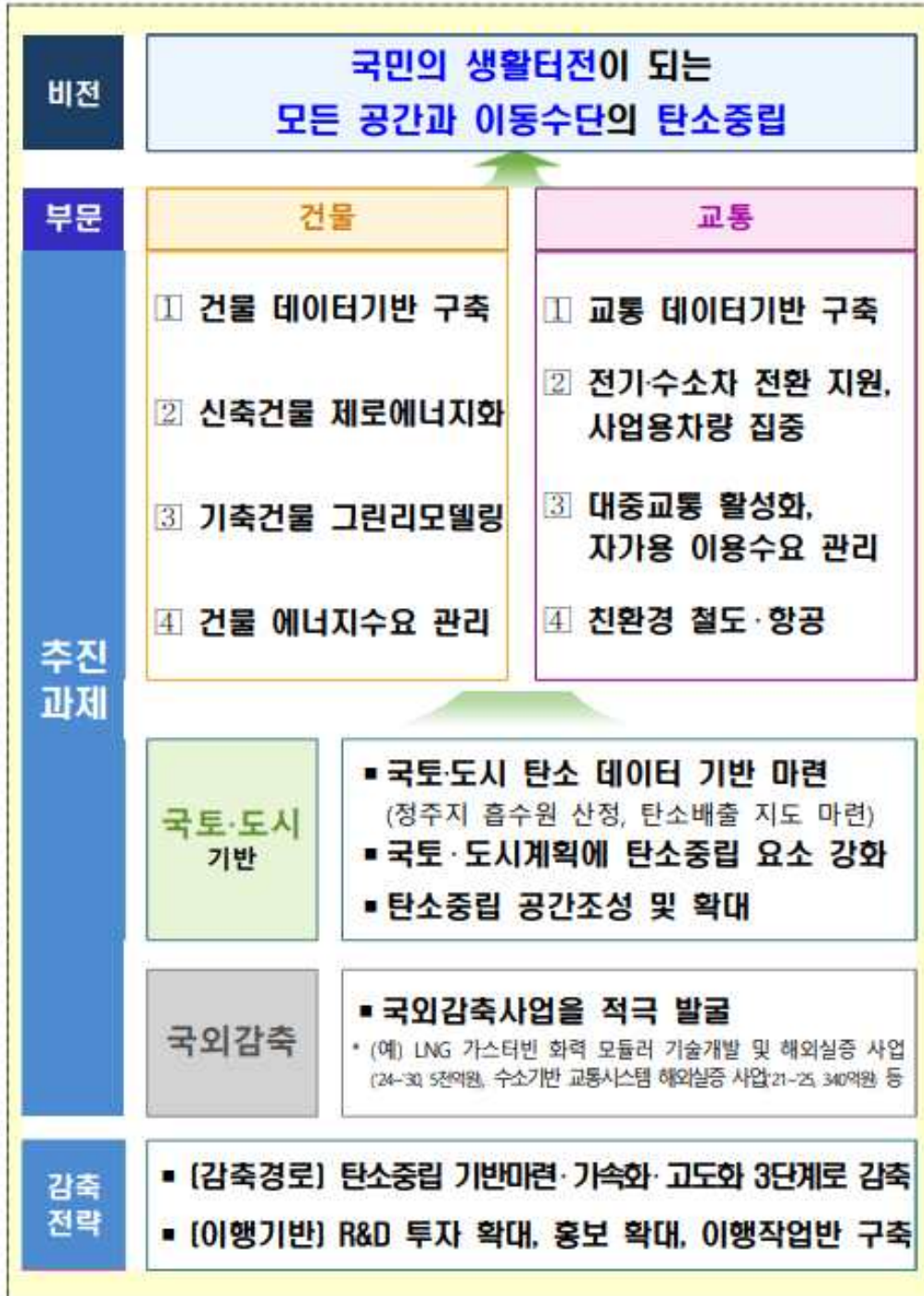
- (계획기간) 20년 (수립주기) 5년 (수립주체) 정부(탄소중립위)
- (수립절차) 탄소중립위 심의 → 국무회의 심의
- (주요내용) 국가 탄소중립 비전·감축목표, 부문별·연도별 대책, 자원조달방안 등

- (계획기간) 법정계획의 계획기간(20년, '22~'41), 탄소중립 목표년도('50) 등을 감안하여 로드맵의 계획기간은 '22~'50년으로 설정 필요
- (계획수준) 2050 시나리오, 2030 NDC에 명시된 세부 감축목표를 이행하기 위한 단기('~'25), 중기('25~'35), 장기('35~'50) 방안으로 수립
- **(추진경과)** 그간 분야별 작업반(과장급), 연구기관 지원체계 운영, 전문가 간담회* 등을 통해 기존과제 확대, 신규과제 발굴 추진
 - * (작업반) 건물/국토·도시/교통 부문 과장급 (연구용역) 국토연구·건기연구·교통연구·AURI, '21.3~ (간담회) 민관합동 T/F(2.8, 8.31), 장관님 주재 간담회(11.3), 흡수원 통계 간담회(11.12) 등

출처: 국토교통부 탄소중립 로드맵('21.12)

그림 24. 국토교통 탄소중립 로드맵 개요

Ⅲ. 국토교통 탄소중립 비전 및 중점 추진과제



출처: 국토교통부 탄소중립 로드맵('21.12)

그림 25. 국토교통 탄소중립 비전 및 중점 추진과제

2) 사업추진 시급성

□ 수소경제의 탄소중립 기여도 평가 기반 확보

- (단계적 연구) 국가 수소 R&D 정책 목표의 타당성 및 효과성을 검증하기 위해 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 구축 기획연구와 연계하여 '23년부터 단계적인 연구 및 인프라 마련 시급
- (국토교통분야 R&D 활성화) 「수소 기술개발 로드맵」의 대용량 수소 저장, 운송 인프라 구축과 연계하여, 실증 등을 비롯한 체계적인 R&D를 추진하여 수소경제의 조기 구현 추진 중
- (탄소중립 기여도 평가 기반 확보) EU, 미국 등은 수소 기술의 전과정평가 적용이 일반화되어 있어, 국제적 객관성 확보를 위해 우리나라 (국토교통부) 수소 기술 탄소중립 기여도 평가를 위한 전과정평가 방법론 개발 및 시범 적용 시급
- (실증연계) 기 추진 중인 수소시범도시와 테스트베드를 대상으로 한 탄소중립 기여도 평가를 통한 방법론 실증 필요

☞ 국토교통분야 수소 기술의 전과정 평가 방법론 개발·실증과 플랫폼 구축으로 국제적인 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론 선도 및 수소도시 대상 친환경 인증 기반 확보

- (성공 가능성 제고) 기 구축된 수소 기술 관련 전과정목록 데이터베이스 및 전과정평가 관련 연구와 연계·활용 추진 가능

3) 국고지원의 타당성

- 본 사업은 국토교통분야 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가의 일관성, 투명성 및 비교가능성을 보장하여 국가 탄소중립 정책의 효과성을 검증하는 매우 공익적인 사업으로 정부 지원이 절대적으로 필요
 - 기존 진행된 환경부, 산업통상자원부와 전과정평가 관련 시스템 개발, LCI DB 구축 등 사업 모두 전액 정부지원으로 수행
 - 수소사회의 전환을 위한 시작 단계인 점을 감안하여 국토교통분야 테스트베드 대상 시범적용 등 정부주도의 시장창출
 - 국가전략분야인 수소 생산기술과 밀접한 관계인 국토교통분야 수소 기술을 대상으로 한 연구로서, 탄소중립을 목적으로 한 국토교통분야 수소 기술 R&D 전반을 지원할 수 있음
- 본격적인 수소경제 활성화(시장성숙) 기반 마련과 국토교통분야 수소 기술의 탄소중립 기여도 확인 및 검증 수단 확보를 위해 정부 주도의 R&D 先 투자 필요
 - 국토교통분야 수소경제 인프라의 탄소중립 기여도를 평가하여 성과 정량화

☞ 본격적인 수소경제 활성화(30년, 수소경제 선도기) 시점에 앞서 정부투자 필요

- 탄소중립 달성을 위해 추진 중인 국토교통분야 수소 R&D 사업에 대한 탄소중립 기여도 평가 및 검증 수단 확보를 통해 효율적 R&D 추진

○ 과기정통부 「2023년도 정부연구개발 투자방향 및 기준」 (’22.3)

- 2023년도 정부연구개발 투자방향에 부합
- 중점투자방향의 「기술혁신과 혁신생태계 조성을 통한 2050 탄소중립 건인」 및 「기술분야별(에너지·자원)의 투자전략」에 부합

<< 2023년 정부연구개발 투자방향 및 기준(안) >>

◆ 2023년 정부연구개발 투자방향 및 기준(안) (과기부, ’22.3)

III. 2023년 기술분야별 투자전략 (3. 에너지·자원)

(1) 주요 정책목표

- ’30년 NDC 목표 달성 및 ’50년 탄소중립 실현*을 위한 에너지 전환 가속화 및 저탄소 생태계 기반 마련

* (감축목표) ’18년 727.6백만톤 → ’30년 436.6백만톤(△40.0%) → ’50년 넷제로(순배출량 0)

※ 2050 탄소중립 시나리오 및 NDC 상향(’21.10.), 탄소중립 R&D 투자전략(’21.03.), 탄소중립 기술혁신 추진전략(’21.03.), 탄소중립 산업에너지 R&D 전략(’21.11.) 등

- 전원믹스를 화석연료 기반에서 신재생에너지 및 無탄소전원기반으로 전환하고, 전력계통 및 에너지 저장 등 에너지 공급 체계 선진화

(3) ’23년도 투자방향

◆ ’2030년 탄소배출량을 획기적으로 감축할 수 있는 상용화 기술에 집중 투자하고, 2050 탄소중립 실현을 위한 혁신기술 및 기반 구축 강화

◆ (민관 역할분담) 정부는 탄소중립 생태계 강화를 위해 혁신기술과 실증 등 기반조성에 집중 투자하고, 민간은 저탄소 산업구조로 전환을 위해 多배출 공정 개선, 효율 극대화 및 에너지 절감을 위해 지속 노력

- (에너지 전환) ’30년 NDC 목표 달성을 위해 재생에너지 기술 및 전력 네트워크 고도화와 수소경제 구현을 위한 R&D 투자 강화

- (수소경제 활성화) 그린·저탄소 수소생산, 대용량 수소 이송·저장 및 활용 기술 확보, 무탄소 연료 발전 기술 투자 강화

☞ 본 연구는 국토교통분야 내 수소사업의 탄소중립 기여도 검증을 위한 전과정 평가 방법론 개발 및 시범 적용이 목표이며, 탄소중립 기여도 검증에 필요한 기술개발 및 수소경제 구현·기반조성은 정부 R&D 투자방향에 부합

- 2023년도 정부연구개발 투자방향에 부합
- 중점투자방향의 「기술혁신과 혁신생태계 조성을 통한 2050 탄소중립 견인」 및 「기술분야별(기계·제조)의 투자전략」에 부합

<< 2023년 정부연구개발 투자방향 및 기준(안) >>

◆ 2023년 정부연구개발 투자방향 및 기준(안) (과기부, '22.3.)

III. 2023년 기술분야별 투자전략 (5. 기계·제조)

(1) 주요 정책목표

- (미래 신시장 선점) 기후변화 대응을 위한 **친환경화** 및 4차 산업혁명으로부터 촉발되는 **기존 전통산업의 디지털전환 지원 강화**
- (디지털전환) 기술개발-실증-인프라-법제도 등 디지털 전환을 위한 **전방위적 지원으로 글로벌 첨단기술 추격 가속화**

(3) '23년도 투자방향

◆ 미래 신시장 선점을 위해 기존 기계·제조산업의 친환경화·디지털화를 적극 지원하고, 건전한 성장 생태계 조성을 위한 중소·중견기업 지원을 병행

◆ (민관 역할분담) 기존 전통 주력산업의 전환·확장에 따른 핵심 원천기술개발 및 생태계 조성 지원은 정부가, 기존 제품의 고도화 및 사업화는 민간이 주도

□ (디지털 전환 가속화) 산업지능화 선도를 위해 기계·제조 산업 전 분야의 **통신·데이터·AI 융합 확산 강화**

○ (디지털 엔지니어링) 빅데이터 기반 **디지털 설계공정 기술력 확보**를 위해 산업 쏠벨류체인에 대한 **데이터 수집·구축·활용 지원**

※ 화공·발전 등 탄소 다배출 분야에 대한 공정설계, 운전제어 기술개발·실증 지원 병행

☞ 본 연구는 국토교통분야 내 수소사업의 탄소중립 기여도 검증을 위한 전과정 평가 방법론 개발 및 시범 적용이 목표이며, 탄소중립 기여도 검증에 필요한 수소기술 기반 데이터 수집·구축·활용은 정부 R&D 투자방향에 부합

○ (관련정책-1) 「제1차 국토교통과학기술 종합계획(’18~’27)」

- 추진전략1 「4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성」의 「초연결 도시 구현 기술 개발」에 부합

< 스마트 도시 창출 >

센서, 네트워크를 통해 도시 내 초연결을 실현하는 “스마트 도시”와 주거공간 내 사람-기기-인프라가 연결된 “스마트 하우스” 개발

- (스마트 시티) 도시 전체를 센서 및 네트워크로 연결하고 데이터 통합관리 제공 플랫폼을 구축하여 민간이 다양한 서비스를 창출할 수 있도록 지원
 - (센서) 건물, 인프라 등 도시 구성요소에 대한 실시간 데이터를 수집·제어하는 지능형 센서 등을 도시에 적용하여 관리 효율성 제고
 - 도시 인프라에 적합한 초저전력 초소형 지능형 센서 등을 연계·활용하여 스마트 시티 관리 비용 최소화 도모
 - 도시내 상태 및 활동들을 스스로 판단하는 자동감응형 관리센서 등을 연계·활용하고, 센싱 정보의 빅데이터화를 통해 도시 시설물의 종류나 성능에 따른 차별화된 관리기법 등을 개발

○ (관련정책-2) 「수소 기술개발 로드맵」(’19.10)

- 수소 전주기(생산-저장·운송-활용-인프라) 분야별 목표 달성을 위해 필요한 핵심기술 개발 추진과 부합
 - ☞ 선진국 대비 추격 단계이자 해외 의존도가 높은 분야 ⇒ 방법론 및 기반 구축 주력
 - ☞ 수소 연구의 존재 이유에 대한 당위성 ⇒ 방법론 개발 및 플랫폼 구축 주력

1 수소 전 주기 목표 달성을 위한 핵심기술 개발

**전 주기
안전·환경
·인프라**

수소 전 주기 기술개발을 위한 기반이므로 '30년까지 원비추진

- ② 안전성 확보를 위한 실증 데이터베이스 구축 및 평가시스템 도입, 국내 기술의 국제표준 전략적 선점과 더불어 국내 인증품목 확대
- ③ 수소 생산, 저장·운송, 활용 각 분야에서 개발된 제품을 실증지에 적용
- 기술개발의 필요성
 - 수소 기술에 대한 환경성 평가는 수소 기술 개발 추진 및 투자의 근거, 기반이자 성과평가 기준으로, 탄소중립 기여도 평가를 위한 기술개발 필요

○ (관련정책-3) 「2050 탄소중립 추진전략」 (‘20.12)

- 경제구조의 저탄소화 추진에 필요한 도시·국토 저탄소화 추진과 부합
 - ☞ 국토교통분야의 주요 탄소중립 달성 분야 ⇒ 도시·국토 대상 방법론 및 기반 구축 필요
 - ☞ 수소 등 新인프라 도입에 따른 환경영향 ⇒ 정량화를 위한 방법론 개발 및 플랫폼 구축 주력

4 도시·국토 저탄소화

추진방향 탄소중립도시 조성 및 국토계획 차원의 탄소중립을 도모하고, 농림·해양 생태계의 저탄소화 추진

- ① (도시) 건물의 탄소배출량 전생애주기 관리* 및 마을·도시단위 에너지 자립률 제고 등을 통한 탄소중립도시 조성
 - * 설계(장수명/ZEB) → 유지관리(그린리모델링/BEMS) → 철거(폐기물 재활용)
 - 신규 건축물은 제로에너지건축 의무화를 통해 에너지사용 최소화, 기존 건축물은 그린 리모델링 활성화 등 에너지 성능 개선
 - 도시내 체계적인 신재생에너지시설 공급을 통해 에너지 자립률을 높이고, 수소도시 등 생산-공급-사용까지 친환경E 기반도시 확산
 - * (예시) 새만금 등 지역단위의 주요 개발사업 추진 시 신재생에너지 등 적극 도입
- ② (국토) 중장기계획* 등을 통해 국토를 분산·압축적으로 개편하고, 도시별 맞춤형 그린 인프라 보전·확충 지원
 - * 국토종합계획, 국가기간망계획 등 거시 중장기계획 수립 시 탄소중립 요소 반영
 - 탄소저감에 불리한 수도권 집중구조를 다핵구조로 전환하고, 압축형 도시구조를 통해 이동경로, 에너지관리 효율을 최적화
 - 개발제한구역 등 그린인프라 보전·재생을 추진하고, 지역 대도시, 중소도시 등에 맞춤형 탄소중립 실현공간 구축
 - 훼손된 생태계의 녹색 복원 등 자연 생태기반 회복력 강화
- ③ (농림·해양) 산림, 갯벌 등 농림·해양 생태자원을 활용한 탄소 흡수 기능을 강화하고, 농축수산업의 저탄소 생산기반 확대
 - * 탄소흡수력이 높은 수종으로 교체, 목재이용 활성화, 산림·갯벌·습지 복원 등

□ 기술개발의 필요성

- 수소도시 조성을 위해서는 수소 관련 기술의 전과정평가 방법론 및 수행 기반 마련이 필요

○ 〔관련정책-4〕 「제1차 수소경제 이행 기본계획」 ('21.11)

- 전략4 「생태계 기반 강화」의 중점추진 과제⑤ 「수소 클러스터·도시·규제 특구 확산」에 부합

⑤ 수소 클러스터도시규제특구 확산

② 수소도시법 제정을 통해 수소도시 확산

- (수소시범도시) 울산, 안산, 전주·완주 등 3개 시범도시 '22년까지 조성
 - (울산) 공동주택, 문화시설 등 다양한 시설에 수소를 공급하고, 연료전지 열을 이용한 스마트 팜, 장기적으로 트램 등 수소 모빌리티 허브 구축
 - (안산) 시화호 재생에너지, 수소교통복합기지, 하수처리장 및 체육센터 등 지역 인프라를 적극 활용하여, 친환경 에너지 자립 도시로 육성
 - (전주·완주) 지역 간 수소 생산(완주), 활용(전주) 인프라를 협업하여 수소 버스 51대 운영, 산불감시에 수소드론 활용시스템 구축
- (수소도시) 제도마련 및 종합계획 수립을 통해 수소도시 확산 추진('22~)
 - 수소도시 조성 및 운영 인프라 구축을 위한 법적 근거 마련을 위해 「수소도시 조성 및 운영에 관한 법률」 제정 추진('21~)
 - 기본방향 및 목표, 투자계획, 발전전망 등을 종합적으로 제시하는 종합계획 수립을 통해 수소도시 확산 본격 추진

○ 〔관련정책-5〕 「국토교통 탄소중립 로드맵」 ('21.12)

- [국토·도시] 계획수립-공간조성 탄소중립화를 위한 탄소중립 공간조성 및 확대와 부합

☞ 탄소중립도시 중 수소도시에 대한 탄소배출·흡수량 진단⇒ 방법론 구축 필요

③ [국토·도시] 계획수립-공간조성 탄소중립화

◆ 국토·도시 수준의 탄소 흡수·배출량 데이터 기반을 구축하고, 이를 바탕으로 탄소중립도시, 스마트그린산단 등 탄소중립공간 조성

- (탄소중립도시) 건물 수송 에너지 흡수원 자원순환 등 도시수준의 종합적 탄소중립 실현을 위한 탄소중립도시 조성 추진
 - (기반 마련) 도시의 탄소배출 흡수량을 진단하고, 탄소중립도시전환 및 확산을 위한 지원 추진('22: 방안마련 → '23: 시행)
 - (성과사례 확산) 제로에너지건축 의무화에 앞서 단지 단위로시범확산한 제로에너지타운 조성

○ (관련정책-6) 「탄소중립 기술혁신 추진전략」 (‘21.9)

- 탄소중립 기술혁신 10대 핵심기술 개발 전략에 부합

2. 10대 핵심기술별 세부 전략

② 수소 → [목표] 수소경제 구현을 위한 수소 전주기 기술 확보

□ 혁신전략

- (현황·이슈) ①그린수소 생산단가 고비용(13,000원/kg)*, ②대규모 수송·저장 애로, ③수소 활용분야 확대 전망**

* Nel(노), Asahi Kasei(일) 등은 대형 수전해 시스템 개발 등 그린수소 경제성 확보 추진('50년 그린수소 생산단가 전망(\$/kg, BNEF) : 獨)0.99, 美)0.84, 韓)1.64)

** 수소차, 선박 등 수소 모빌리티와 병원, 건물 등 분산발전원으로 확대

☞ (기술개발) ①수소 저가·대량생산 기술, ②장거리·대용량 수소 저장·운송 기술 개발, ③고효율·장수명 연료전지 발전시스템 개발

- 출연연·대학 중심으로 쏠주기 핵심 원천기술* 개발 후 상용화를 위한 기업 지원 강화**, 수소기술 선도국과 협력체계 구축 병행

* 수전해시스템 다양화, 저가·고효율 수소 저장·추출 기술, 안정적 수소 운송 기술 등

** 국산기술 기반 시스템 조기 상용화를 위해 시스템 개발단계부터 기업 참여 확대

☞ 본 연구는 국토교통분야 내 수소사업의 탄소중립 기여도 검증을 위한 전과정 평가 방법론 개발 및 시범 적용이 목표이며, 수소사회 구현 가시화를 위한 정책적 지원을 강화시키기 위해서는 탄소중립 기여도 검증이 필요

4. 사업기획 추진 체계 및 경과

1) 사업기획 추진 체계

- 탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획을 위해 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 전문가 위원회가 협력하여 체계적인 예비타당성 사업기획추진

- 수행기관으로는 인하대학교 산학협력단, 엔스타알앤씨의 공동수행 체계로 기술 수요, 추진전략, 사전 타당성 분석 등 사업기획
 - 주관연구개발기관 (인하대학교 산학협력단)
 - 국토교통분야 수소 에너지에 대한 탄소중립 기반의 환경영향평가를 위한 전과정평가 방법론 개발, 기술의 평가, 데이터베이스 구축 등 플랫폼 구축 과제 기획

 - 공동연구개발기관 (엔스타알앤씨)
 - 국토교통분야 수소 에너지에 대한 탄소중립 기반의 환경영향평가를 위한 전과정평가 방법론 개발, 기술의 평가, 데이터베이스 구축 등 플랫폼 구축을 위한 후보과제 도출

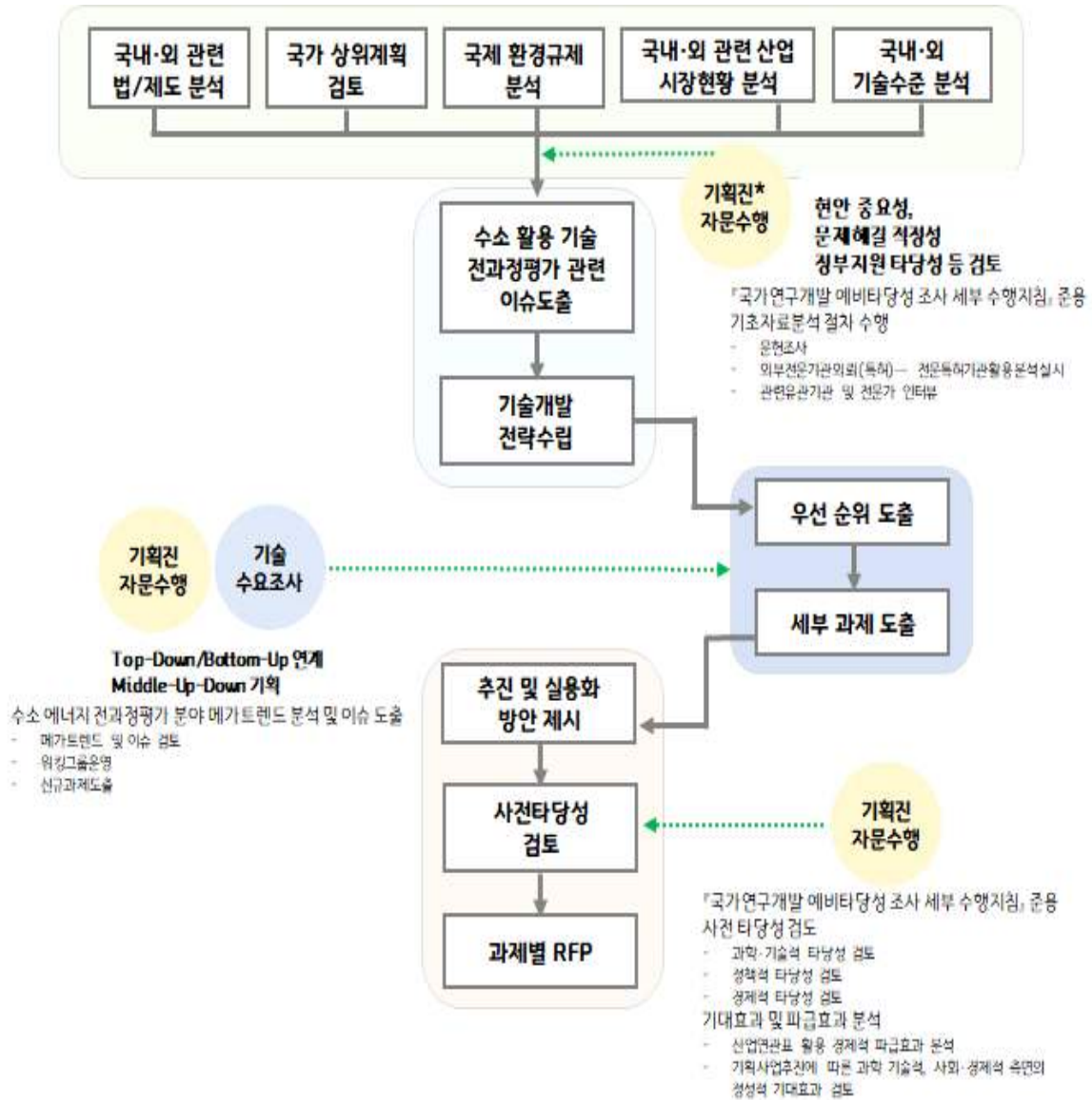
 - 위원회
 - 총괄기획위원회, 기술위원회 및 자문위원회 등을 구성하여 탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획 관련 중점 기술분야, 후보 과제도출, 과제 RFP 등 전반적인 자문 수행

○ 각 기관별 수행 연구내용

주관 연구 기관	인하대학교 산학협력단 (황용우 교수)	추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 국도교통분야 수소에너지 탄소중립 기반 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 기획 총괄 <ul style="list-style-type: none"> - 총괄기획위원회 및 자문위원회 구성·운영 ☑ 국외 기술개발동향 및 환경 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 국외 수소 활용 기술 및 전과정평가 시장, 정책, 기술, 특허 분석 - 국외 수소 활용 기술 및 전과정평가 인프라현황 분석 ☑ 후보과제별 과제 카드 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 우선순위 도출과제 카드 작성 ☑ 과제 RFP 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 목표 및 범위 설정 - 세부과제 도출 및 연구내용 설정 - 기술개발 로드맵 제시 - 추진방안 제시 - 성과물 활용방안 및 실용화방안 제시 - 사전 타당성 검토과제 - 과제 RFP 작성 - 전략계획서 작성
공동 연구 기관	(주)엔스타알앤씨 (이광원 대표)	추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 국내 기술개발동향 및 환경 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 수소 활용 기술 및 전과정평가 시장, 정책, 기술, 특허 분석 - 국내 수소 활용 기술 및 전과정평가 인프라현황 분석 - 미래 이슈와 니즈 도출 및 이슈해결 방안 제시 도출 - 기술 정의 및 범위 설정 - 기술수요조사 ☑ 국도교통분야 수소에너지 탄소중립 기반 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축을 위한 후보과제 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 기술분과위원회 운영 - 중점 기술분야 도출 - 후보과제의 우선순위 평가 - 후보과제 도출
위원회	산학연관 전문가 그룹	추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 총괄기획위원회 <ul style="list-style-type: none"> - 중점 기술분야 도출 검토 - 후보과제 도출 검토 ☑ 기술위원회 <ul style="list-style-type: none"> - 중점 기술분야 도출 - 과제 카드 작성 - 세부과제 RFP 작성 ☑ 자문위원회 <ul style="list-style-type: none"> - 중점 기술분야, 후보과제 도출, 과제 RFP 등 기획 전반 자문

그림 26. 기관별 수행 연구내용

○ 과제추진 프로세스



*기획진: 총괄기획위원회/ 기술분과위원회/ 자문위원회

그림 27. 과제 추진 프로세스

○ 과제추진 체계도

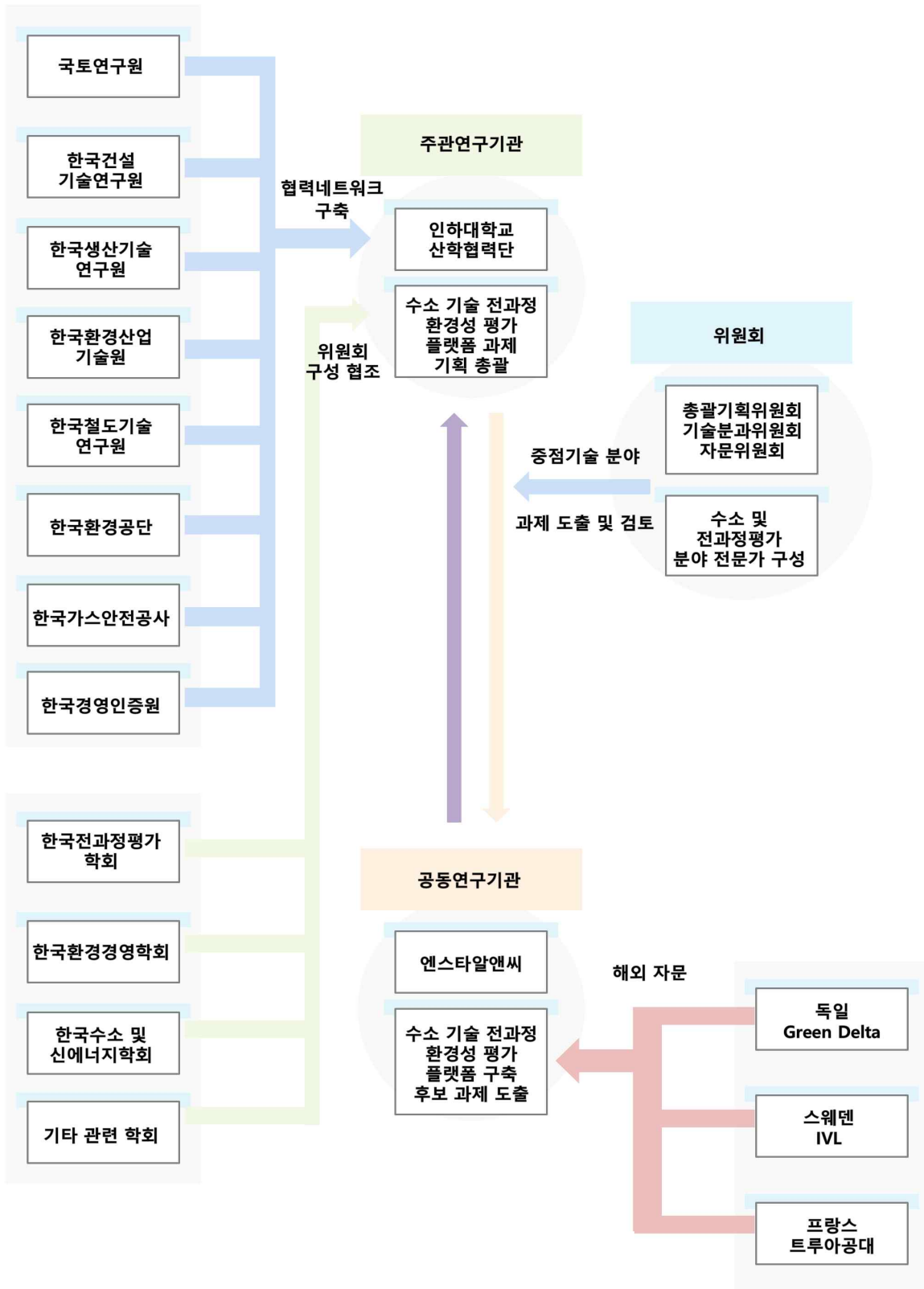


그림 28. 과제추진 체계도

2) 추진 경과

	날 짜	내 용
1	2021-11-23	(1차 총괄기획위원회) 사업의 정의, 국내외 기술동향 및 시장동향 분석, 사전 기획 검토
2	2021-12-07	(착수보고회) 사업 개요, 이슈 및 니즈 분석, 연구개발성과의 활용방안 및 기대효과, 연구의 예상 목표 및 연구내용, 추진일정 관련 논의
3	2021-12-14	(1차 추진 회의) 이슈 및 니즈 분석, 이해관계자 대상 수요조사 설문 관련 논의
4	2021-12-27	(2차 추진 회의) 진행상황 점검, 이슈 및 기술 분류, 이해관계자 대상 수요조사 설문 내용, 문항, 기간 관련 논의
5	2022-01-06	(3차 추진 회의) 이슈의 중요도평가, 전문가 대상 수요조사 관련 논의
6	2022-01-17	(4차 추진 회의) 수요조사 진행 현황 및 이슈 및 기술 분류와 우선순위평가 방법 관련 논의
7	2022-01-26	(1차 기술분과위원회) 기술분과위원 대상 이슈 및 후보기술의 우선순위평가 실시
8	2022-02-08	(2차 총괄기획위원회) 현재까지 추진 사안 점검 및 후보과제(안) 적절성, 누락 및 보완필요사항 관련 논의
9	2022-02-23	(2차 기술분과위원회) 작성한 과제카드 및 RFP(안) 관련 기술분과위원회 검토 및 논의

II. 대내외 환경 분석(Why)

1. 메가트렌드 분석

1) 글로벌 메가트렌드

- 전세계적으로 정치, 경제, 문화, 과학 등 다양한 측면으로 연결성이 강화되어, 상호간 영향이 심화됨에 따라 연구기관들은 미래상 예측을 위해 사회, 기술, 경제를 비롯한 여러 부문에 걸친 트렌드를 분석하고 있으며, 대부분 유사한 방향으로 글로벌 트렌드를 도출함
- 소프트웨어정책연구소*는 미래상, 국제정세, 삶과 사회변화, 빅데이터분석 등을 통해 국내외 주요 기관 및 전문가의 전망을 분석함
 - * 소프트웨어정책연구소 (2021) 향후 10년의 메가트렌드를 분석하다: 글로벌 트렌드와 SW 메가트렌드 2030
 - 분석한 결과를 사회, 기술, 경제, 환경 측면으로 분류하여 41개 글로벌 메가트렌드를 도출

표 5. STEEP 분야로 분류된 글로벌 메가트렌드

분류	메가트렌드	
사회	고령화	고령층 세대가 중심이 되는 워드 시니어 사회 도래
	양극화	초양극화에 따른 대립사회의 확산
	공간	지하, 해양, 우주, 가상 등으로의 생활공간 확장
	안전	디지털 안전사회 구축 니즈 증대
	인재	핵심 하이브리드 인재의 중요성 증가
	일·여가	워라클 시대로의 전환
	가치관	개인의 취향과 니즈에 집중하는 My-sider 성향 확산
	디지털	전 세대의 디지털 네이티브 성향 보편화

분류	메가트렌드	
기술	6G	6G의 상용화 기반 지능형 심층연결 사회 도래
	양자컴퓨팅	AI 융합의 양자 컴퓨팅 발전에 따른 과학 발전 가속화
	데이터	예측 및 자동화 시대 도래에 따른 실시간 데이터의 폭발적 증가
	클라우드	전 영역에서의 근간이 된 클라우드 매개화
	블록체인	블록체인 발전 기반 新 신뢰 시스템 확산
	AI	AI 기반의 초개인화 기술의 발달
	IoT	IoT 기반 사물과 사람이 결합된 사회 시스템 구축
	XR	XR을 통한 디지털 테라포밍 가속화
	로봇틱스	차세대 로봇의 대중화 시대 개막
	모빌리티	퓨처 모빌리티의 상용화
	3D 프린팅	공간을 초월한 3D 적층제조 기반 맞춤형 소량 생산방식의 상용화
	바이오	오가노이드 기술 고도화로 트랜스 휴머니즘 부상
경제	산업	디지털 빅뱅에 의한 기존 산업의 SW 중심 재창조
	자본시장	가상화폐 등 디지털 자산시장으로의 중심 이동
	경기침체	저성장 경제의 지속 및 경제 역동성 약화
	신흥국 성장	포스트 브릭스 신흥국 중심의 글로벌 경제 성장
	디지털 경제	새로운 생산요소인 중심 디지털 경제 구축
	플랫폼 경제	전 산업에의 메가 플랫폼 비즈니스 확산
	근로	동료 기계와 인간의 상호 보완에 따른 일자리 시장 혁명
환경	소비	소비자 행동 패턴 분석 및 예측을 통한 고객 구매 여정 자동화
	기후변화	기후변화 이슈 대응을 위한 Net-zero 시대 도래
	신재생에너지	재생에너지로의 전환 가속화
	자원	물, 식량 등 기초 생활 자원의 부족 위기 도래
	지속가능사회	지속가능성 확보 중심의 사회 정착
	그린비즈니스	테크 그리너 기반 산업별 Green Shift 가속화
정치	친환경 소비	그린슈머(Green + Consumer)의 부상
	다극화	지역별 패권 부상에 따른 G제로 시대 돌입
	불확실성	뉴노멀 이후 상반된 질서들의 혼재 가속화
	아시아 성장	서구로부터의 권력이 아시아로 이동하는 동구화 확대
	정부	Big Government의 귀환
	안보	디지털 안보 위협의 증가
	민주주의	디지털 폴리틱스의 정착
국가관	국가 신뢰 저하에 따른 국가 인식관 변화	

출처: 소프트웨어정책연구소 (2021) 향후 10년의 메가트렌드를 분석하다: 글로벌 트렌드와 SW 메가트렌드 2030

2) STEEP 분석

- 글로벌 메가트렌드 및 탄소중립과 수소에너지 동향 및 수소 활용 기술의 전과정 환경성 평가 동향 조사를 바탕으로 사회, 기술, 경제, 환경, 정치, 5개 측면에 대한 분석

(1) 사회적 측면 (Social)

- 기후변화에 대한 세계적인 관심 증대에 따라 개인 영역에서부터도 기후변화 대응에 대한 시민참여의식 강화
- 소비자의 친환경 소비 행동 경향 증가
- 기후변화 대응을 위한 탄소중립 추진 정책에 따라 제품, 기술 및 기업 등을 대상으로 한 적극적인 정보공개 요구 증가
- 정책 및 산업 등에서 수소 경제로의 전환이 추진 중이나 전환으로 인한 사회적 영향은 불분명

(2) 기술적 측면 (Technological)

- 국내외에서의 수소 기술에 대한 활발한 연구 개발 진행 중
- 국내 수소 기술 관련 연구 개발 예산 증가
- 인터넷 기반 기술 발달로 인하여 정보전달 및 커뮤니케이션 증가

(3) 경제적 측면 (Economic)

- 급격한 신재생 에너지로의 전환 추진에 따른 신재생 에너지 시장 확대 및 기존 화석연료 에너지 시장 축소
- 화석연료에서 수소를 비롯한 신재생에너지로의 전환에 따른 경제적 영향 불분명
- 탄소중립 추진에 따른 탄소배출량 산정을 요구하는 무역 규제 도입 추진
- 친환경적인 신재생에너지로의 전환에 따른 에너지 비용 증가

(4) 환경적 측면 (Ecological)

- 기후변화의 잠재적 영향에 대한 인식 상승으로 인한 새로운 에너지 시장 창출 및 기존 화석연료 기반 시장 축소
- 탄소배출 관련 환경규제 등장
- 화석연료 사용으로 인한 대기오염에 대한 환경규제
- 사업장 중심이 아닌 제품 중심의 제품의 전과정에 대한 환경영향 관점으로 시점 변화

(5) 정치적 측면 (Political)

- 전세계적으로 탄소중립을 위하여 화석연료 사용을 줄이고, 수소를 대체하기 위한 연구 개발이 추진되고 있으며, 더욱 적극적인 탄소중립 추진 정책이 구성되고 있음
- 우리나라에서는 수소 생산에서 수소 사용에 이르기까지 수소 전주기에 대한 연구 개발 활성화를 위하여 실증을 위한 수소시범도시 정책이 추진되고 있음
- EU에서는 영외 수입 제품에 대해 영내 탄소규제로 인한 비용 차이 완화를 위한 탄소세와 같은 탄소국경제도를 추진하고 있으며, 이로 인해 우리나라에서도 특정 제품군에 대해 전과정평가를 실시하여 탄소배출량 관련 정보를 EU에 제공해야 함
- 전세계적으로 화석연료 사용에 대한 감축 정책이 추진됨에 따라 천연가스와 같은 대체연료에 대한 수요 상승으로 공급 차질로 인한 에너지 안보에 대응해야 함



그림 29. STEEP 분석

2. 국내외 정책 동향

1) 국외 정책 동향

(1) 탄소중립 및 수소산업

○ (유럽) 기후변화로 인한 글로벌 환경문제 해결을 위한 탄소중립 전략 및 정책 등장

- 유럽 그린딜(EU Green Deal)을 시작으로 각 국가별 탄소중립 정책 공표

* '50 기후중립 목표를 발표('19.12) : 탄소배출 감축, 에너지의 탈탄소화, 신산업전략(순환 경제), 지속가능한 운송, 건축분야 에너지, 식품안전 및 생태계 보전 등 다양한 정책

- (주요 이행 수단1) 탄소 누출(carbon leakage)의 risk를 줄이기 위해 탄소국경세 제안*

* 탄소국경세(carbon border adjustment mechanism): 온실가스 감축 노력이 부족한 국가에서 생산되는 저가 제품 수입으로 인해 매출이 감소하는 유럽 동종제품 시장 보호 목적 (The European Green Deal - COM(2019) 640 final)

인용
 조문 Should differences in levels of ambition worldwide persist, as the EU increases its climate ambition, **the Commission will propose a carbon border adjustment mechanism, for selected sectors, to reduce the risk of carbon leakage. This would ensure that the price of imports reflect more accurately their carbon content.** This

- (규제 대상) EU ETS 탄소누출이 큰 업종 중 가치사슬이 짧은 품목 우선 대상 **시멘트, 철강, 알루미늄, 정유, 화학, 플라스틱, 제지, 비료**
- (세금부과 방식) 배출기준치는 PEF(Product Environment Footprint, 제품환경발자국)방법론에 따른 품목별 PEFCR의 기준값(BM) 유력
- (도입시기) 2023년 초 규제 매커니즘 제시 계획

PEFCR: Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for Metal Sheets Various Applications
 Source: PEFCR (2022) The way to 2035 Based on the Impact from the 2022 Initiative on 1.7.2022
 자료: European Commission(ec.europa.eu)

그림 30. EU 탄소국경세 주요 내용

표 6. 국제 교역에 내재된 국가별 온실가스 배출량(단위: CO₂ 백만 톤)

구분	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
중국	1,431.0	1,535.2	1,563.3	1,537.0	1,480.4	1,302.9
인도	78.0	48.9	82.9	169.8	171.9	124.6
아세안	81.7	65.8	36.7	34.8	74.5	101.0
한국	34.1	15.7	42.2	41.6	40.0	47.7
독일	-128.9	-140.8	-98.3	-99.3	-107.9	-87.7
프랑스	-150.7	-160.2	-136.6	-136.7	-141.7	-133.1
영국	-131.1	-127.5	-126.9	-130.2	-145.3	-145.0
일본	-218.0	-267.2	-281.8	-226.8	-213.4	-158.7
EU 28	-658.4	-659.3	-502.0	-505.3	-555.1	-505.9
미국	-688.2	-683.8	-713.4	-690.4	-699.3	-774.5
OECD	-1,750.8	-1,861.0	-1,714.4	-1,645.3	-1,658.1	-1,577.0

출처: OECD.Stat, Carbon dioxide emissions embodied in international trade(검색일:2020. 2. 24) 토대로 대외경제정책연구원 분석

표 7. EU와 한국의 부문별 순수출에 내재된 온실가스 배출량(단위: CO₂ 백만 톤)

구분	EU		한국	
	對세계	對한국	對세계	對EU
농림어업	-5.4	0.1	-26	-0.1
광산업	-157.9	0.7	-34.8	-0.7
전력, 가스, 물 공급/처리	-1.2	0.2	-1.7	-0.2
서비스	-29.7	1.9	8.0	-1.9
제조업	-308.1	-12.7	79.3	12.7
화학 및 비금속	-76.5	-0.8	4.5	0.8
금속	-38.5	-0.7	11.4	0.7
컴퓨터 및 전자, 전기 장비	-98.5	-2.5	27.1	2.5
수송 장비(자동차기타 수송)	0.1	-9.7	42.6	9.7

출처: OECD.Stat, Carbon dioxide emissions embodied in international trade(검색일: 2020. 2. 24) 토대로 대외경제정책연구원 분석.

- (주요 이행 수단2) 제품 생산기업에 대한 표준화된 제품 환경발자국* 요구

- * 제품 환경발자국(PEF, Product Environment Footprint): 소비자가 '그린워싱'의 위험을 줄이고 지속가능한 결정을 할 수 있도록 믿을 수 있고 비교 가능하며 검증 가능한 정보를 제공하는 것이 중요해짐
- * 환경주장(green claims)을 하는 기업들은 표준화된 방법에 따라 환경에 대한 영향 입증 필요

인용
조문

Reliable, comparable and verifiable information also plays an important part in enabling buyers to make more sustainable decisions and reduces the risk of ‘green washing’. Companies making ‘green claims’ should substantiate these against a standard methodology to assess their impact on the environment. The Commission will step up its regulatory and non-regulatory efforts to tackle false green claims. Digitalisation can also

EU 新배터리 규정



EUROPEAN COMMISSION

Brussels, 10.12.2020
COM(2020) 798 final
2020-0353 (COD)

Proposal for a
REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending
Regulation (EU) No 2019/1020

(Text with EEA relevance)
[SEC(2020) 420 final] - [SWD(2020) 334 final] - [SWD(2020) 335 final]

Article 7

Carbon footprint of electric vehicle batteries and rechargeable industrial batteries

1. Electric vehicle batteries and rechargeable industrial batteries with internal storage and a capacity above 2 kWh shall be accompanied by technical documentation that includes, for each battery model and batch per manufacturing plant, a carbon footprint declaration drawn up in accordance with the delegated act referred to in the second subparagraph and containing, at least, the following information:

- (a) administrative information about the producer;
- (b) information about the battery for which the declaration applies;
- (c) information about the geographic location of the battery manufacturing facility;
- (d) the total carbon footprint of the battery, calculated as kg of carbon dioxide equivalent;
- (e) the carbon footprint of the battery differentiated per life cycle stage as described in point 4 of Annex II;
- (f) the independent third party verification statement;
- (g) a web link to get access to a public version of the study supporting the carbon footprint declaration results.

The carbon footprint declaration requirement in the first subparagraph shall apply as of 1 July 2024 to electric vehicle batteries and to rechargeable industrial batteries.

- (a) a delegated act in accordance with Article 73 to supplement this Regulation by establishing the methodology to calculate the total carbon footprint of the battery referred to in point (d), in accordance with the essential elements set out in Annex II;
- (b) an implementing act establishing the format for the carbon footprint declaration referred to in the first subparagraph. That implementing act shall be adopted in accordance with the examination procedure referred to in Article 74(3). The Commission shall be empowered to adopt delegated acts in accordance with Article 73 to amend the information requirements set out in the first subparagraph.

- 배터리 지침에서 수은(0.0005%), 카드뮴(0.002%) 제한
- 유럽 35년부터 내연기관 차량 판매금지
- 용량이 2kWh 이상인 전자동차 배터리와 충전식 산업용 배터리 제품은 탄소발자국 선언 및 라벨 부착 의무(24년 7월)
- 27년 7월 1일부터 최대 탄소발자국 허용치를 적용
- 테슬라: LCA 규제 대비 위해 LG화학에 배터리 제조 시 CO₂ 배출량 확인 요구
- northvolt: LCA 규제 대비 공급사들에게 LCA 결과를 공개할 것을 요구
- MOBI(Mobility Open Blockchain Initiative): 2022년 자동차용 배터리 CO₂ 배출량 분석을 위한 규칙 논의
- NCAP(The European New Car Assessment Programme): CO₂ 배출량 규제 로드맵을 통해 LCA 규제 요구

그림 31. EU 新 배터리 규정 주요 내용

○ (미국) 바이든 행정부에 의해 파리협약 재가입을 시작으로 탄소중립, 화석연료 규제, 탄소국경세 도입, 기후변화 대응 투자, 에너지 전환 정책* 발표

* 청정에너지 R&D 분야 중 수소 분야에서 경제성 있는 재생에너지 기반 그린수소 관련 기술 개발 목표

- 10년 이내 그린수소 공급을 통해 발전 분야 연료전환 추진

- 재생에너지 기반 탄소제로 수소 생산기술 개발

- 클린 에너지 혁명(Clean Energy Revolution)을 시작으로 2035년까지 발전 분야에서 탄소중립(100% 청정에너지 달성), 2050년까지 국가 탄소중립 목표 설정

- '35 발전 분야 탄소중립을 위한 American Jobs Plan 발표('21.03) : 교통 인프라, 식수, 전력망, 고속 광대역 인프라, 건물 신축 및 현대화, 돌봄 경제 인프라, R&D 및 미래 기술 투자, 제조 및 중소기업 지원, 인적 자원 투자 등에 대해 2조 3,000억 달러 투자 계획

- **전기자동차 및 수송 인프라** : EV 시장에 대한 투자액은 1,740억으로 EV와 배터리 제조에 대한 국내 공급망과 해외 경쟁력을 강화하며, 보조금 제도를 확립하여 2030년까지 충전소 약 50만 개를 구축 목표
- **전력망 인프라** : 노후 전력망 현대화에 약 1,000억 달러를 투자할 계획으로, 청정 에너지를 활용한 발전과 저장에 다양한 세금 혜택 제공
- **건물 에너지 효율화 인프라** : 150만 개 이상의 주택을 복원, 신축하여 기후 탄력성과 에너지 효율성을 강화하고, 공공주택의 에너지 효율화에 약 400억 달러 투자
- **농업 인프라** : 낙후되어 있는 농촌 및 외곽지역의 사회 인프라를 재건하고 고속 광역대를 100% 보급하며, 농업의 탄소중립 달성
- **R&D 투자** : 국가과학재단(National Science Foundation, NSF)에 약 500억 달러를 투입하여 반도체, 첨단 컴퓨터(advanced computers), 커뮤니케이션 기술, 에너지 기술, 바이오기술 등에 대한 범부처 협력을 권장. 이 외 R&D 혁신에 약 300억 달러, 연구 인프라 개선에 400억 달러 투입

그림 32. 미국 탄소중립 및 American Jobs Plan 청정에너지 인프라 주요 내용

- (일본) 2050년까지 탄소중립을 달성 목표를 선언('20.10)하고 이를 달성하기 위한 그린성장전략 발표('20.12)
- 그린성장전략은 해상풍력, 수소, 자동차 등 14개 중요 분야 목표와 실행계획 포괄

- **전력·에너지 분야 전략** : '50년 예상 발전량의 50~60%를 신재생에너지로 전환, 화력발전애 암모니아 연료 비중을 20%로 확대, 수소를 발전·제철·자동차 연료로 활용해 수소 소비량을 50년까지 2,000만 톤으로 확대, '40년까지 원전 45기분에 해당하는 (30~45) GW의 해상풍력 생산능력 확보
- **수송·제조 분야 전략** : △'35년까지 모든 판매용 승용차 전동화, △이차전지 공급망을 구축, △디지털화를 통한 에너지 수요의 고효율화 및 데이터센터 에너지 감축 등으로 '40년까지 정보통신산업의 탄소중립 실현
 - 이차전지 가격을 kW당 1만엔 이하로 낮춰 가솔린차와의 가격 경쟁력 개선 추진
- **가정·오피스 전략** : '30년까지 신축 주택의 이산화탄소 배출량의 평균 제로화, 바이오매스의 활용 확대 등의 방안 제시

그림 33. 일본 탄소중립 및 그린성장전략 주요 내용

- (글로벌 기업) 자발적으로 탄소중립을 선언하고 이를 위하여 제품 공급망 내 협력사들을 대상으로 탄소중립을 위한 탄소발자국 정보 제공을 요구
- 최근 국제적인 트렌드인 탄소중립에 부합하기 위해 선제적인 탄소중립 선언을 실시하고 이를 위한 다양한 전략을 수립 및 시행 중

표 8. 글로벌 기업의 탄소중립 추진

구글	<ul style="list-style-type: none"> • '07년부터 '탄소중립'을 목표로 추구 • '17년 회사 내 전기 사용을 100% 재생에너지로 총당 • '30년까지 모든 생산과 사업에서 사용하는 에너지를 무탄소에너지 (Carbon-Free Energy)로 운영하는 목표를 설정
애플	<ul style="list-style-type: none"> • '30년까지 탄소 저감 75% 및 제거 25% 방식을 통한 영업 활동과 공급망, 제품 영역의 탄소 중립 목표 발표('20.7월) • '08년부터 전 제품의 탄소발자국을 측정하고 2011년부터 태양광 풍력 등 재생에너지 프로젝트에 대한 투자를 통한 재생 에너지 확보를 통해 탄소발자국의 73%를 감축 • '18년에는 전 세계 애플 판매 매장, 사무실, 데이터 센터에서 100% 재생에너지로 생산된 전력으로 전환

(3) 전과정평가

- (유럽) 15개 정책, 8개 지침, 4개 규정에 전과정 관점을 고려하는 규정 포함
 - 통합제품정책(COM(2003)302) : 제품의 전과정을 고려하여 환경영향 최소화
 - Better Regulation for better result(COM(2015)215) : Better regulation을 위한 Toolbox에 LCA 포함
 - 건설분야의 지속가능한 경쟁력 전략(COM(2012)433) : 설계, 건설, 사용 및 철거의 건축 과정에 JRC의 LCA 가이드 적용
 - 건설분야의 자원효율성 기획(COM(2014)445) : 전과정을 고려하여, 각종 빌딩의 효율적인 자원 사용 및 환경영향 저감 촉진
 - EU 수소 전략('20.7)은 수소 활용 기술의 전과정평가를 기반으로 하고 있으며, 보다 신뢰성 있는 방법론 개발 추진
 - * 수소 활용 기술의 전과정 온실가스 배출량 및 지속가능성 평가 방법론 개발
- (FCH JU 연구개발 전략) 연료전지 및 수소 기술 개발 전략 중의 하나로 전과정평가 활용
 - 프로젝트 및 프로그램 수준에서 전과정평가 수행 요구, 관련 기술을 전과정목록(LCI) 목록 데이터를 목록화하여 EU 전과정평가 플랫폼 (LCDN, Life Cycle data Network)에 공개

B.4 JRC contribution to assessment of sustainability of hydrogen and fuel cells

Sustainability aspects: One of the overarching objectives of the FCH 2 JU, as laid down in the MAWP 2014-2020, is to reduce the use of EU-defined 'critical raw materials'. More generally, this objective relates to the development of a circular economy. As a tool to support progress in this area, the FCH 2 JU has defined a Life-Cycle Assessment (LCA) methodology which is to be applied to its projects and products²⁴. LCA is part of the FCH 2 JU strategy: "it is expected that LCAs will be performed at both project and programme levels. The resulting Life Cycle Inventory (LCI) data sets will form a database, published as part of the ILCD Data Network, and maintained by the industry partners of the FCH 2 JU. The FCH 2 JU shall also establish an international exchange, thus providing for a globally consistent framework."

그림 34. FCH JU Annual work plan, 2021

- FCH JU의 수소 활용 기술 전과정평가 방법론 개발
 - 2011년 수소 기술 및 연료전지를 위한 전과정평가 가이드라인 “FC-HY Guide” 개발하고, 연료전지 및 수소 기술 개발에서 이를 활용한 전과정평가 요구
 - 2020 수소전략에 따라 “전과정 지속가능성 평가 가이드라인” 개발 착수
 - * (목적) FCH 시스템의 적합성 확인을 위한 방법론적 솔루션 제공
 - * (지향점) 연료전지와 수소(FCH) 시스템의 효과적 구성을 위한 지속가능성 관련 평가를 통해 전과정 관점 및 지속가능성 측면에서의 관련 기술개발, 정책적 의사 결정 지원
 - * (내용) FCH 시스템의 LCSA(Life Cycle Sustainability Assessment: 환경(LCA), 경제(LCC), 사회(SLCA) 전과정평가 및 벤치마킹에 대한 지침제공 및 수행

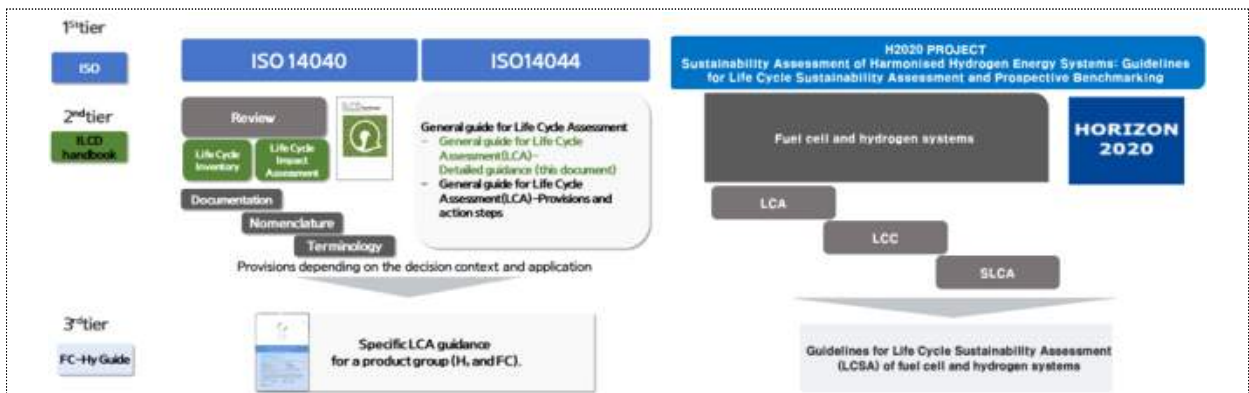


그림 35. 수소 관련 전과정평가 가이드라인 체계

- (유럽의 국토교통분야 전과정평가 동향): EU의 수소 시장에서 '50년 기준으로 수송분야가 약 30.0%, 건물분야가 약 25.7%가 차지할 것으로 예상
 - EU의 수소 전략 등 에너지 정책은 전과정평가를 기반으로 하고 있음
 - 수소 활용 기술에 “FC-HY Guide” 적용, LCSA 방법론 개발 중
 - FCH JU는 기술 개발 과제를 통해 수소 활용 기술에 대한 전과정평가 수행 및 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축
 - * 수소 전략에 따라 수송분야(철도, 해상운송 등), 건물분야 등에 대한 수소 활용 기술의 적용 확대 시 전과정평가를 위한 기반 구축

- (미국) 2050 탄소중립 달성을 위한 청정 수소 생산, 인프라 구축 및 수소 활용에 전과정평가 활용
 - 캘리포니아주는 전과정 이산화탄소 배출량 기반의 배출권 거래제 적용
 - 에너지부 수소 및 연료전지 기술국은 수소 및 연료전지 기술 개발을 프로그램에서 시스템 분석 도구로 전과정평가 플랫폼* 구축 및 운영 (GREET 플랫폼)
 - * GREET(The Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies Model) : Argonne 국립시험소(Argonne National Laboratory)에서 개발한 플랫폼
 - 에너지부는 2050 탄소중립 목표 달성을 위한 에너지 정책 추진에 전과정 환경성 평가 활용
 - * 실현 가능한 수소 활용 기술의 실증 및 확대를 위해 기술에 대한 전과정 온실가스 감축량 및 기타 오염물질 감축 잠재량 정보 요구
 - (캘리포니아 LCFS) 전과정 온실가스 배출량 저감을 위하여 저탄소 연료 기준(Low Carbon Fuel Standard)를 개발하여 적용 (전과정평가 도구로 CA-GREET 플랫폼 적용)
 - * (연료의 Ci 적용) 연료의 Ci(Carbon intensity)는 연료의 전과정(생산, 운송 및 사용)에서의 이산화탄소 직접 배출량 및 바이오 연료를 위한 토지 사용(land use) 변경에 대한 간접 배출량으로 계산
 - * (전과정평가 적용) 연료별 Ci 계산을 위해 전과정평가를 적용하고, 캘리포니아 LCFS 맞춤형 CA-GREET 모델 적용
 - * (배출권 거래제 적용) 각 연료의 Ci를 해당연도의 Ci 벤치마크와 비교하여 벤치마크 이하의 저탄소 연료에는 Credit을 부여하고 벤치마크 Ci 이상의 연료에는 Deficit 부과
 - * (수소의 Ci 산정) 수소의 Ci 산정을 위한 프로젝트 추진

2) 국내 정책 동향

(1) 탄소중립 및 수소산업

- 우리나라는 “2050 탄소중립 추진전략(‘20.12)” 수립하고, 이의 실현에 필요한 기술개발 로드맵인 “탄소중립 R&D 투자전략*(과기부, ‘21.3)” 수립



그림 36. 우리나라 2050 탄소중립 추진전략

- 탄소중립 기술혁신 추진 전략 (‘21.3)
 - 탄소중립에 핵심적 기여가 가능한 10대 핵심기술의 전략적 개발 목표 제시
 - 국토교통분야 전략

표 9. 국토교통분야 주요 전략

수소 전주기 기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> · '30년까지 충전단기 4천원/kg 달성
무탄소 차세대 수송 기술	<ul style="list-style-type: none"> · '45년까지 전기차 주행거리 975km 달성
탄소중립 건물 기반 기술	<ul style="list-style-type: none"> · '30년까지 건물 효율 30% 제고 등

- 범부처 탄소중립 기술혁신 R&D 사업 기획 및 착수

표 10. 범부처 탄소중립 기술혁신

현장 특화	<ul style="list-style-type: none"> 신재생 발전, 다배출 산업(철강, 시멘트 등), 친환경 수송·건물, 폐기물·환경 등 산업·부문별 핵심기술 상용화 추진(각 부처)
중장기 원천	<ul style="list-style-type: none"> 10대 기술혁신 프로젝트('21. 예타신청) 등 R&D적기 기획·착수 수소경제, CCUS, 탈플라스틱 등 유망원천기술 고도화 부처공동기획
디지털화	<ul style="list-style-type: none"> 발전, 건물, 공장, 도시 등 단위기술별 지능형 에너지관리시스템을 개발·실증, ICT 산업 자체의 효율도 극대화

○ 탄소중립 R&D 투자 전략 ('21.3)

- 부문별 산업현장 적용을 목표로 하는 R&D 사업 기획·추진

표 11. 부처별 탄소중립 R&D 역점 분야

부처	부처별 탄소중립 R&D 역점 분야
과기정통부	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 핵심분야 원천기술 확보, ICT를 활용한 에너지 고효율화
산업부	<ul style="list-style-type: none"> 탄소 多배출업종 대상 온실가스 저감을 위한 산업공정 개선 재생에너지·수소경제 활성화, 계통 안정화, 소비 효율화를 위한 기술개발
국토부	<ul style="list-style-type: none"> 제로에너지 건물, 친환경 교통, 수소 인프라 기술개발 강화
환경부	<ul style="list-style-type: none"> 탈 플라스틱 기술 등 자원순환 기술, 탄소흡수, 기후적응 기술 강화
해수부	<ul style="list-style-type: none"> 해양에너지, 해양생태계 기반 탄소 흡수·저장 강화

○ 수소 에너지 관련 세부 정책

표 12. 수소 에너지 세부 정책

정책명	수소 관련 지원 내용
수소경제 활성화 로드맵 ('19)	<ul style="list-style-type: none"> 세계 최고 수준의 수소경제 선도국가로 도약 <ul style="list-style-type: none"> 안정적이고 경제성 있는 수소 저장·운송 체계의 확립 수소산업 생태계 조성 전주기 안전관리 Green 수소생산 확대 등 수소 활용 및 확산을 위한 지원 강화

정책명	수소 관련 지원 내용
	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 수소 생산시스템을 구축 • 전과정평가 기법을 수소 전주기 기술개발을 위한 주요 핵심기술로 명시
수소경제 표준화 전략 로드맵('19)	<ul style="list-style-type: none"> • 수소 관련 국제표준 선점 및 수소산업의 글로벌 시장 선도 <ul style="list-style-type: none"> - 국제표준 협력 - KS 표준 확대 - 표준화 활동 등의 지원
수소기술개발 로드맵	<ul style="list-style-type: none"> • 세계 최고 수준 기술력 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 수소 전주기(생산-저장/운송-활용-인프라) 기술개발 - 소재 부품 해외 의존 해소 등을 지원 • 고도화 기술 개발 및 핵심부품 국산화 <ul style="list-style-type: none"> - 수소가치사슬별 성능 및 경제성 향상 - 미래유망 기술개발 추진

○ 수소 기술개발

- (수소 기술개발 로드맵 주요 내용) 수소 전주기 기술개발을 위한 안전·환경·인프라 완비
- ‘수소 기술개발 로드맵’의 조속한 이행을 위해 ‘범부처 수소 R&D협의체’ 구성
- 국토교통부, 산업부, 환경부, 과기정통부, 해수부 및 특허청 등 6개 정부부처 관련 기관이 기술개발 과제 도출 및 예비타당성 조사 진행

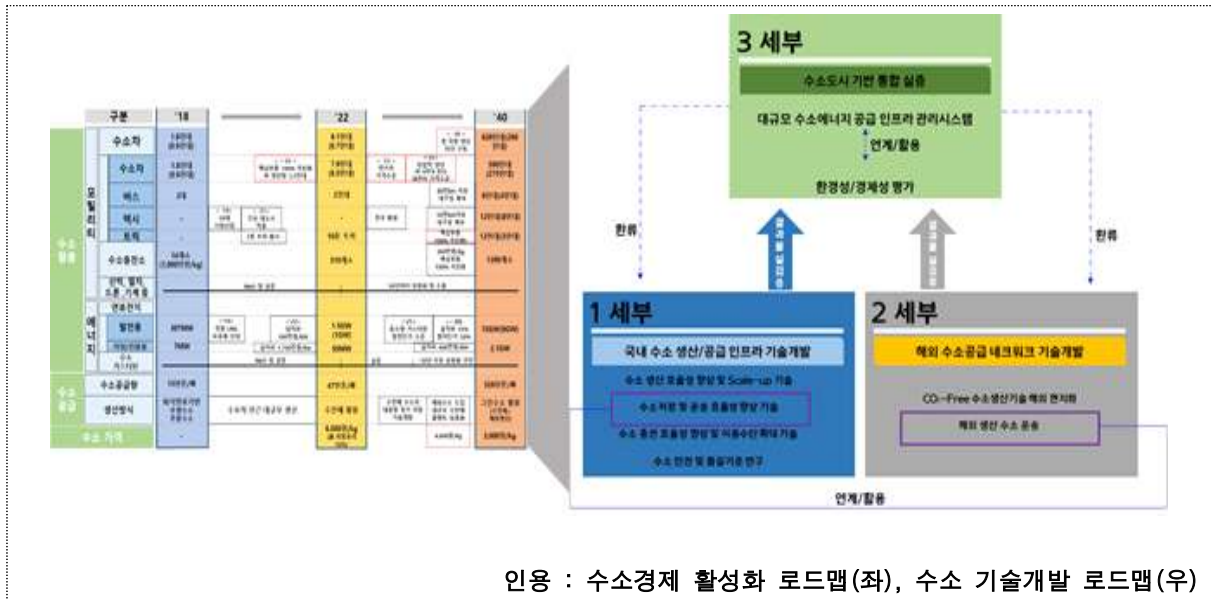


그림 37. 범부처 수소 기술 개발사업의 구조

○ 범부처 수소 기술개발사업의 구조

- 수소 도시 기반 통합 실증을 통해 기술개발 성과 검증
- 수소 기술은 지난 5년간 수송·발전 등의 일부 분야에 투자 집중
- 상대적으로 취약한 수소 공급망 기술개발에 집중
- 장기적으로는 기술개발의 성과를 통합 실증함으로써 상용화 촉진

○ 국내 수소 관련 연구개발 사업 투자현황

- 정부의 최근 5년간('16~'21) 수소 R&D 누적 투자금액 총 6,382억원
- 수소 5대분야* 소·부·장 R&D 집중지원 → 중소·중견기업 육성

* 연료전지, 모빌리티, 충전소, 액화, 수전해 ('21년 2,232억원)

- 분야별 투자규모, 수소 생산 분야 39.0%, 활용(수송)이 28.2%, 운송 및 저장 14.7%
- 연평균 증가율은 수소 생산 16.9%, 운송 및 저장 23.7%, 활용(수송)이 58.0%로 수소차 및 수소충전소 관련 연구에 대한 투자 지속적 증가

표 13. 수소 생산 관련 정부 R&D 사업 현황 (단위 : 백만원)

부처	주요사업	'19년	'20년	'21년
과기정통부	미래수소원천기술개발	-	-	3,300
	수소에너지혁신기술개발	10,240	11,767	14,100
산업부	그린수소생산및저장시스템기술개발	-	4,000	10,050
	신재생에너지핵심기술개발(수소)	8,271	16,003	35,178
	재생에너지장주기저장및전환을위한 Powertogas기술개발사업	5,410	6,635	5,834
국토교통부	석유코크스활용수소생산실용화	-	-	6,000
해수부	해양바이오수소생산상용화기술개발	-	-	3,640

(2) 전과정평가

- 환경부와 국토교통부에서 전과정평가를 기반으로 한 인증제도 운영
 - (환경성적표지) 2001년부터 「환경기술 및 환경산업 지원법」을 근거로 전과정평가 기반의 환경성적표지 인증제도* 운영
 - * 제품과 서비스 전과정에서 잠재적 환경영향 산출하고, 제 3자 검증을 통해 환경영향 정보를 투명하게 공개하는 제도
 - (녹색건축물 인증) 국토교통부의 “녹색건축물 조성 지원법” 근거의 녹색건축물 인증에서 전과정평가 적용
 - * 건축물 인증심사 기준으로 환경성 선언(EPD) 제품(환경성적표지 인증 제품) 사용, 저탄소 자재의 사용 및 건축물의 전과정평가 수행을 포함하고 있음
- 국내 수소 전과정평가 관련 연구개발 사업 투자현황
 - 최근 3년간 수소 전과정평가 관련 R&D 투자 건수: 4건
 - 수소 관련 기술의 탄소중립 기여도 산정을 위한 수소 전과정평가 관련 연구개발에 대한 투자 요구도 증가

표 14. 수소 전과정평가 관련 정부 R&D 사업 현황 (단위 : 백만원)

부처	주요사업	과제명	'19년	'20년	'21년
산업부	신재생에너지핵심기술개발(R&D)	해외 CO ₂ -free 수소 공급망 구축을 위한 핵심 기술 개발 및 검증 연구	-	2,000	-
		수소 전주기(생산, 저장/이송, 활용) 경제성, 환경성 평가	-	705.76	506.11
국토부	국토교통연구기획	한국형 Green NCAP 평가기술 개발 기획	-	-	150

3. 국내외 산업 및 시장 동향

1) 국외 산업 및 시장 동향

(1) 탄소중립 및 수소산업

○ IEA 탄소중립 보고서에 따르면, 글로벌 수소 수요량은 2050년 탄소중립(NZE) 시나리오*에서 2050년 최종에너지의 13%를 차지하는 5.3억 톤까지 증가 전망

* NZE(Net Zero Emission) 시나리오에서 그린수소 생산단가는 현재 USD 3.5 ~7.5/ kg H₂에서 2030년 USD 1.5~3.5/kg H₂, 2050년 USD 1~2.5/kg H₂로 하락 전망

○ NZE 시나리오에서 수소 및 수소 기반 합성연료는 2050년 최종에너지의 13%를 차지하며, 주로 수송 및 산업부문에 활용될 전망

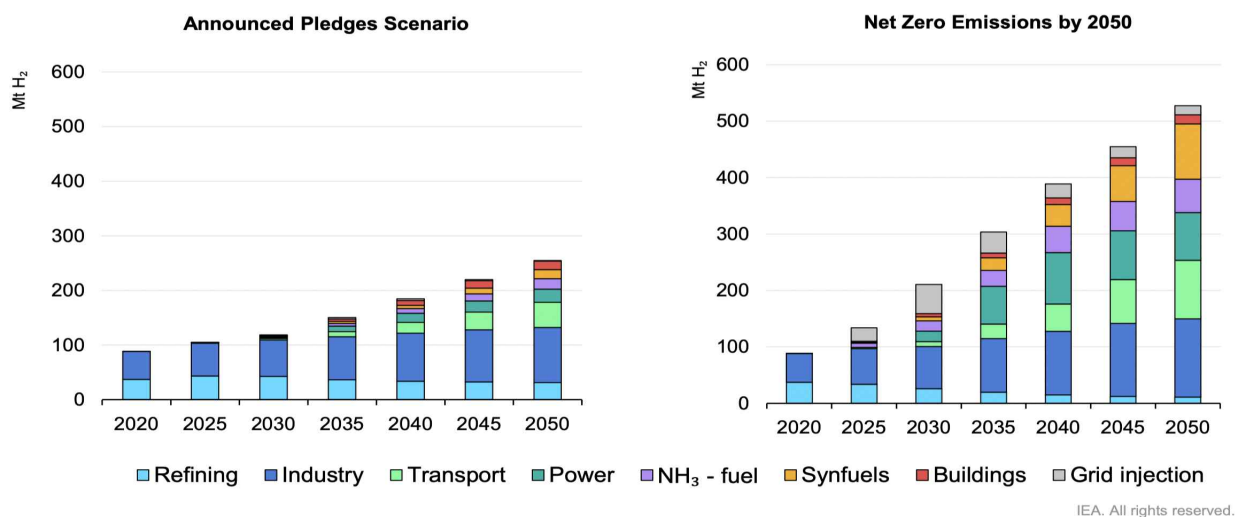


그림 38. 시나리오의 부문별 수소 수요 전망 (2020-2050)

- (세계 수소 수요) 수소위원회의 전망('17)에 따르면, 수소 수요는 '20년 대비 '50년까지 약 8배 가량 증가 예상
 - (국토교통분야) ' 50년 기준으로 수송분야가 약 154백만톤(28.3%), 건물분야가 77백만톤(14.1%)을 차지할 것으로 예상
 - '2050 탄소중립선언' 이 가속화됨에 따라 탄소 의존적 에너지 시스템의 한계 봉착
 - 최종 에너지로의 변환과 대용량 장기간 저장 가능성으로 인해 탈탄소화 및 수소경제로의 진입 기대감 고조

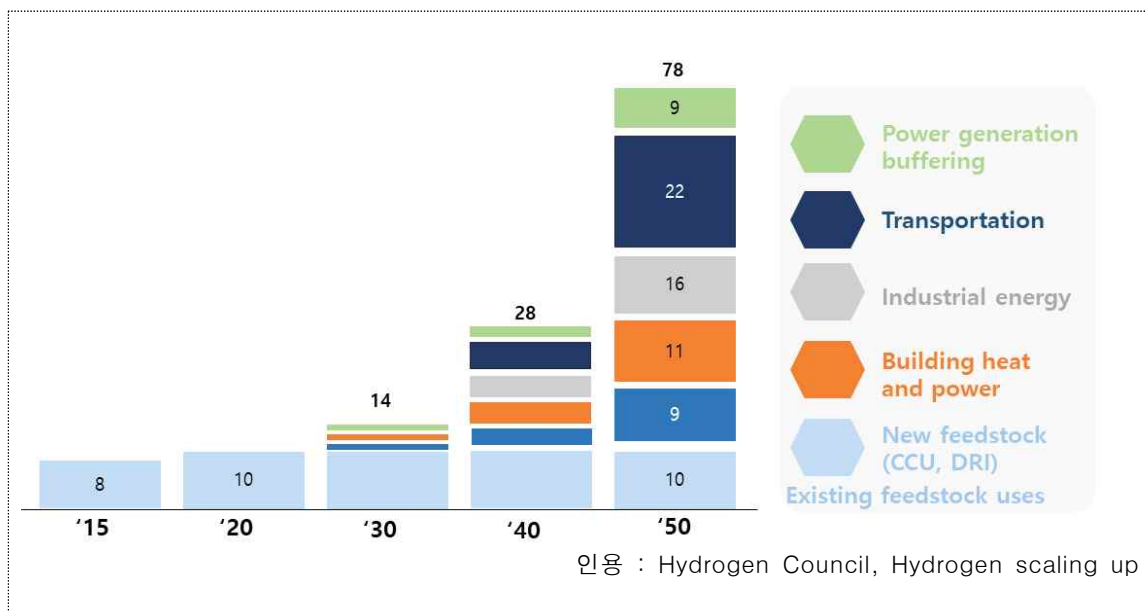


그림 39. 세계 수소 수요 전망 (단위: EJ, 1EJ=7백만톤)

- (개발 경쟁) 선진국들은 태양광 및 바이오 원료를 기반으로 한 친환경적이고, 경제적으로 효율적인 고효율 수소 생산을 위한 수소 제조기술 선점 경쟁
 - 친환경적인 수소 제조를 위해 물과 태양에너지, 음식물 쓰레기 등 미생물을 활용한 수소 생산기술에 대한 활발한 연구 진행
 - (산업 동향) 수소 생산 비용의 지속적 하락으로 수소가 에너지전환의 핵심요소로 대두
 - 향후 10년 이내 그레이수소*의 생산 비용은 증가하고, 블루수소**의 생산 비용은 하락할 것으로 예상됨에 따라 블루수소에 대한 대규모 프로젝트 등장

* 생산단계에서 탄소 배출

** CCUS(탄소 포집, 이용 및 저장)를 활용해 생산단계의 탄소 배출 차단

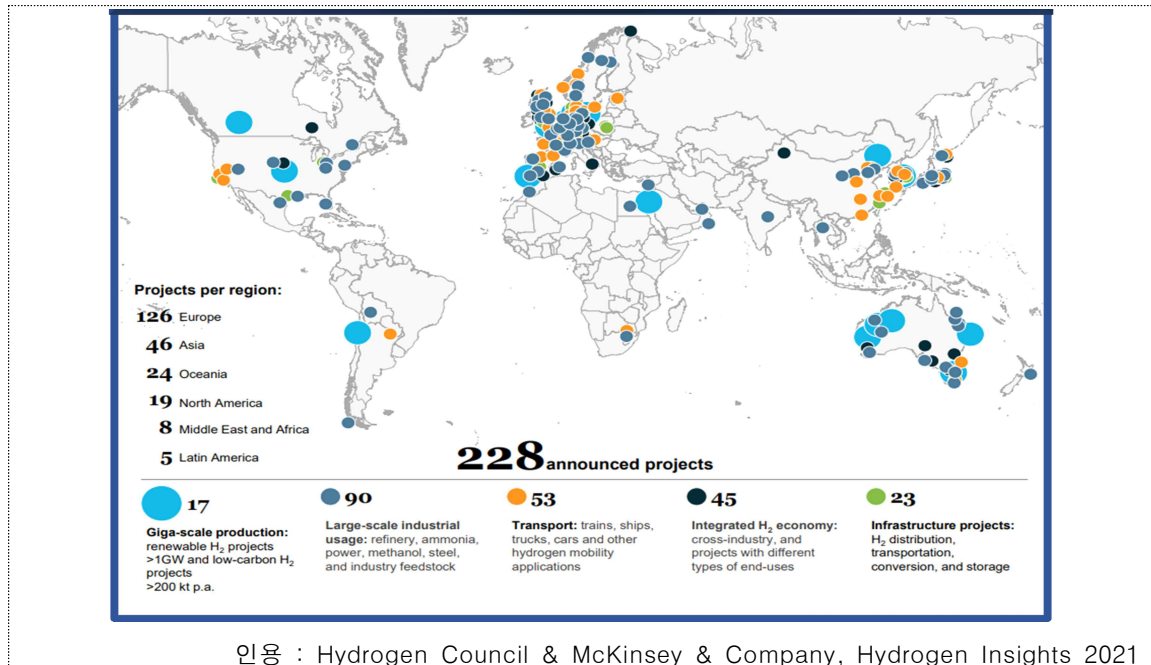


그림 40. 수소 가치사슬 전반을 고려한 글로벌 수소사업 프로젝트

- (소비 전망) 유럽, 일본 등이 주요 소비지역으로 예상되며, 산업, 수송 등의 분야에서 주로 소비 예상
 - 일본: 차량(수송), 그린 암모니아, 액화수소 프로젝트 추진
 - 유럽: 이중 산업간 연계, 정책협력 등의 통합 수소경제 프로젝트 추진
 - (투자 규모) 2030년까지 총 3천억 달러의 투자 전망
- (공급 형태 다변화) 운송 및 공급 비용도 가격 경쟁력 확보
 - 장기적으로는 파이프라인을 통한 공급, 중단기적으로는 수소 생산시설을 수요지와 연계하여 건설하는 방안을 비용-효율적인 공급 방안으로 제시
- (수요 확대 전망) 전체 가치사슬의 총 소유비용(TCO) 고려 시, 미래 수소는 수송 등 산업 전반에서 경쟁력 있는 저탄소 솔루션이 될 것으로 전망
- (국제 파트너십 프로젝트) 수소 및 연료 전지 R&D, 공통 코드 및 표준, 기반시설 개발에 대한 정보 공유에 관한 국제 협력 추진

표 15. 국외 수소 기술 주요 업체

구분	업체명	주요 선도 분야	국가
수소생산	JXTG	산업가스	일본
	THE LINDE GROUP	산업가스	독일
	AIR PRODUCTS	산업가스	미국
저장/운반	TOSHIBA	P2G	일본
	OMV	P2G	오스트리아
	SHELL	P2G	영국
	IWATANI KAWASAKI	전해장치	일본
	ITM POWER	전해장치	영국
	PROTON	전해장치	잉글랜드
활용	JXTG	충전소 운영	일본
	SHELL	충전소 운영	영국
	DAIMLER	충전소 운영	독일
	HONDA	FCV	일본
	HYUNDAI	FCV	한국
	GM	FCV	미국

- (유럽) 유럽의 수소 시장은 '50년(2,251 TWh)에 '15년(325 TWh) 보다 14.4배 증가할 것으로 예상되며, 전체 에너지 수요에서 수소가 차지하는 비율 또한 '15년 2%(325 TWh)에서 '30년 6%(780 TWh), '50년 24%(2,251 TWh)로 증가할 것으로 전망
 - (국토교통분야) '50년 기준, 유럽의 전체 수소 시장에서 수송분야는 약 30.0%, 건물분야는 약 25.7%를 차지할 것으로 예상
- (미국) 미국의 전체 수소 시장은 '15년 10 백만에서 '50년 63백만톤으로 약 6배 증가할 것으로 예상되며, 전체 에너지 수요에서 수소가 차지하는 비율 또한 '15년 약 0%에서 '30년 1%, '50년 14%로 증가할 것으로 전망
 - (국토교통분야) '50년 기준, 전체 수소 시장에서 수송분야는 약 42.9%, 건물분야는 약 12.7%를 차지할 예상되어, 미국의 수소 시장은 수송분야 중심으로 전개 예상

(2) 전과정평가

- 전과정평가 기반 탄소발자국 국제 인증 프로그램 추진
 - 선진국은 전과정평가 기법과 표준을 기반으로 탄소발자국 인증 프로그램을 개발하여 제품의 탄소정보를 공개하도록 의무화
 - * EU는 유럽시장에서 판매되는 모바일폰, 스마트폰, 태블릿 제품에 대해 2023년부터 전과정평가를 기술문서에 공개 규정 예고

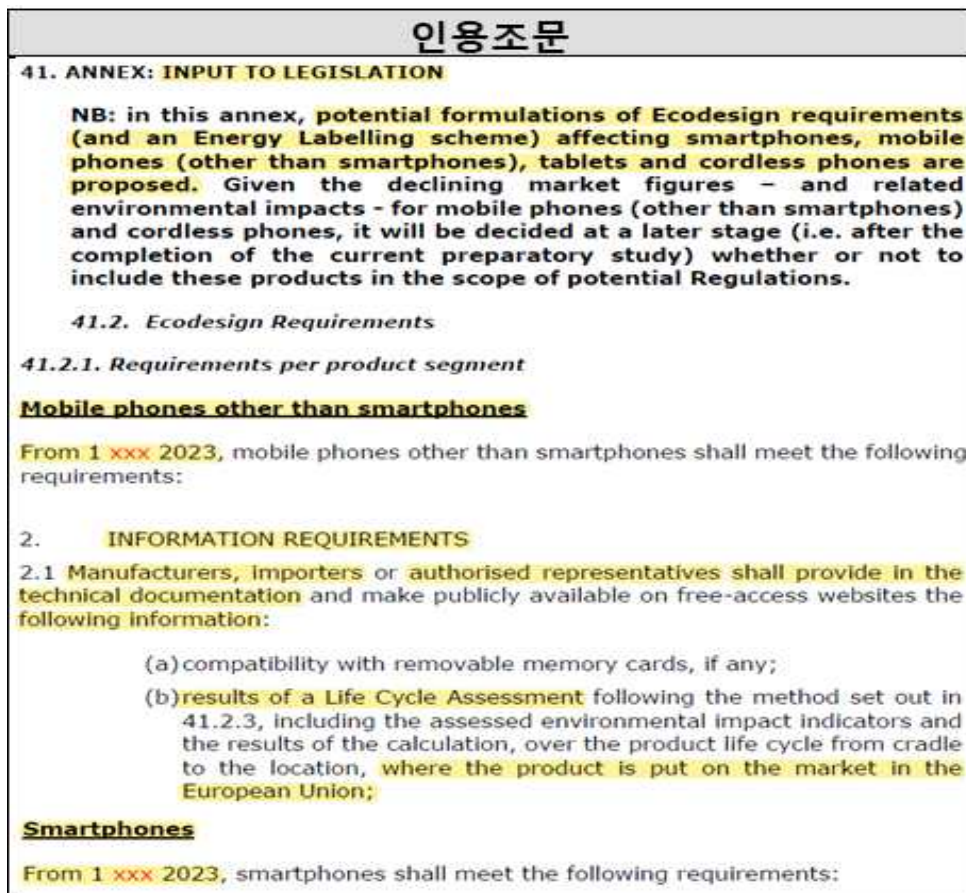


그림 41. 스마트폰 등에 대한 전과정평가 결과 공개 규정(예고) 인용 조문

국가	인증제도명	운영기관	비고	국가	인증제도명	운영기관	비고
대만	Taiwan Product Carbon Footprint Labeling	Environmental Protection Administration		EU	PEF	유럽위원회 (EC)	
스웨덴	EPD(Environmental Product Declaration)	EPD International		영국	Carbon Trust Water Standard	민간 인증기관 (Carbon Trust)	
태국	Carbon Label	Thailand Greenhouse gas Management Organization(TGO)		호주	Smart Water Mark	민간 인증기관 (Smart Approved Water Mark)	
미국	Carbon footprint	Carbon Fund		남아공	Water Footprint Verification/ Certification	비영리 컨설팅기관 (WFC)	
영국	Carbon Reduction Label	Carbon Trust			Water Footprint Verification	민간 인증기관 (TUV Rheinland)	
스위스	Carbon footprint	SGS					
영국	Carbon Footprint	LUCIDEON					
독일	Corporate Carbon footprint	TUV Rheinland					
독일	Carbon Footprint	Flocert					

그림 42. 해외 환경발자국 및 탄소발자국 인증 프로그램 예시

○ 전과정평가 국제표준화 동향

- ISO(국제표준화기구)/TC 207(환경기술위원회)는 환경성평가를 위한 전과정평가 관련 국제표준 개발 및 제정을 위해 전과정평가 분과위원회(SC 5)를 통해 다음과 같은 표준을 제정 및 개발 중

표 16. 전과정평가 관련 국제표준화 동향(ISO)

ISO			KS			
표준번호	표준명	현황	표준번호	표준명	제정/개정/확인	
<SC5 Life cycle assessment>						
ISO 14040:2006	Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework	발행	KS I ISO 14040:2006	환경경영-전과정평가-원칙 및 기본구조	2016-12-05	확인
ISO 14044:2006	Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines	발행	KS I ISO 14044:2006	환경경영-전과정평가-요구사항 및 지침	2019-08-08	개정
ISO 14044:2006 /Amd 1:2017	Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines — Amendment 2	발행				
ISO 14045:2012	Environmental management — Eco-efficiency assessment of product	발행	KS I ISO 14045:2012	환경경영-제품시스템의 생태효율성평가-원칙,	2016-12-26	제정

	systems -- Principles, requirements and guidelines			요구사항과 지침		
ISO 14046:2014	Environmental management -- Water footprint -- Principles, requirements and guidelines	발행	KS I ISO 14046:2015	환경경영- 물발자국- 원칙, 요구사항 및 지침	2015-04-29	제정
ISO/TR 14047:2012	Environmental management -- Life cycle assessment -- Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations	발행	KS I ISO 14047:2012	환경경영- 전과정평가- KS I ISO 14044의 영향평가 적용사례	2019-12-10	확인
ISO/TS 14048:2002	Environmental management -- Life cycle assessment -- Data documentation format	발행	KS I ISO/TS 14048:2002	환경경영- 전과정평가- 데이터 문서화 형식	2015-12-31	확인
ISO/TR 14049:2012	Environmental management -- Life cycle assessment -- Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis	발행	KS I ISO 14049:2012	환경경영- 전과정평가- KS I ISO 14044의 목적 및 범위 정의와 목록분석 적용사례	2019-12-10	확인
ISO/TS 14071:2014	Environmental management -- Life cycle assessment -- Critical review processes and reviewer competencies: Additional requirements and guidelines to ISO 14044:2006	발행	KS I ISO/TS 14071:2014	환경경영- 전과정평가- 정밀검토과정과 검토자 적격성: KS I ISO 14044:2007에 대한 추가 요구사항 및 지침	2019-12-10	확인
ISO/TS 14072:2014	Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines for organizational life cycle assessment	발행	KS I ISO/TS 14072:2015	환경경영- 전과정평가- 조직 전과정평가를 위한 요구사항 및 지침	2015-06-30	제정
ISO/TR 14073:2017	Environmental management -- Water footprint -- Illustrative examples on how to apply ISO 14046	발행	KS I ISO/TR 14073	환경경영- 물발자국-KS I ISO 14046 적용사례	2020-	제정중
ISO 14040:2006 /DAMD 1	Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework -- Amendment 1	발행				
ISO/WD TR 14055-2	Environmental management -- Water footprint -- Illustrative examples on how to apply ISO 14046	진행중				
ISO/AWI 59014	Secondary materials -- Principles, sustainability and traceability requirements	진행중				
ISO/WDI TS 14074	Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles, requirements and guidelines for normalization, weighting and interpretation	진행중				

※ ISO 14040 및 ISO 14044는 전과정평가 실행 프로세스와 방법론을 규정한 핵심 표준이며, ISO 14046은 전과정평가 표준을 기반으로 한 제품 물발자국 표준

- 전과정평가 기반 탄소발자국 국제표준화 동향
 - ISO/TC 207/SC 5에서 제정된 전과정평가 표준을 기반으로 하여 환경라벨링(SC 3)과 온실가스분과위원회(SC 7)에서 각각 검·인증표준을 제정 또는 개발 중
 - ISO와 별도로 국제전기표준회의(IEC)/TC 111에서 제품군별 탄소(환경)발자국 표준 개발

표 17. 탄소발자국 등 관련 국제표준화 동향(ISO)

ISO			KS			
표준번호	표준명	현황	표준번호	표준명	제정/개정/확인	
<SC3 Environmental labelling>						
ISO 14025:2006	Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures	발행	KS I ISO 14025:2007	환경성표시 및 선언- 제3유형 환경성 선언- 원칙 및 절차	2017-12-26	확인
ISO/TS 14027:2017	Environmental labels and declarations -- Development of product category rules	발행	KS I ISO/TS 14027:2017	환경성표지 및 선언- 제품범주 규칙개발	2018-08-07	제정
			KS I 7004	환경경영— 전과정평가— 전과정목록분석 데이터베이스 구축방법	2016-01-27	제정
<SC7 Greenhouse gas management and related activities>						
ISO 14067:2018	Greenhouse gases -- Carbon footprint of products -- Requirements and guidelines for quantification	발행	KS I ISO 14067	온실가스— 제품탄소발자국— 정량화를 위한 요구사항 및 지침	2020-	제정중

※ ISO 14025는 제품의 정량적 환경정보를 ISO 14067은 제품의 탄소발자국 정보를 표시하는 검/인증으로 모두 전과정평가 기법을 기반으로 하고 있음

표 18. 제품군별 탄소(환경)발자국 국제 표준화 동향(IEC)

구분	주요내용
개발된 표준	<ul style="list-style-type: none"> - IEC 62125:2019 Environmental considerations specific to insulated electrical power and control cables - IEC TS 62282-9-102:2021 Fuel cell technologies – Part 9-102: Evaluation methodology for the environmental performance of fuel cell power systems based on life cycle thinking – Product category rules for environmental product declarations of stationary fuel cell power systems and alternative systems for residential applications - IEC TS 63058:2021 Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage – Environmental aspects
개발 중인 표준	<ul style="list-style-type: none"> - IEC/TC 111/WG 15 Product category rules for LCA of electrical and electronic products and systems : 전기전자제품 및 시스템의 전과정평가에 대한 제품범주규칙 표준 개발 - IEC/TC 111/WG 17 Greenhouse gas (GHG) : 전기전자제품, 서비스 및 시스템의 온실가스 배출량과 저감에 대한 탄소중립 체계, 정량화 방법과 의사소통에 대한 표준 개발 - IEC 61800-9-3: Adjustable speed electrical power drive systems – Part 9-3: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics & their driven applications – Quantitative ecodesign approach through life cycle assessment including product category rules and the content of environmental declarations

2) 국내 산업 및 시장 동향

(1) 탄소중립 및 수소산업

- 국내 수소 시장은 지속적인 성장세를 유지하여 '50년 70조 원 매출, 누적 60만 개의 고용효과 창출 전망(맥킨지, '18)
- (수소 총수요) Hydrogen Insight는 국내 수소 수요가 '15년 240만톤에서 '20년 290만톤, '50년 1,690만톤까지 증가할 것으로 전망, 특히 수송 및 건물 활용 비중 증가
 - (국토교통분야) 전체 수소 시장에서 '50년 기준으로 수송분야는 약 32%, 건물분야가 약 21%를 차지할 것으로 예상

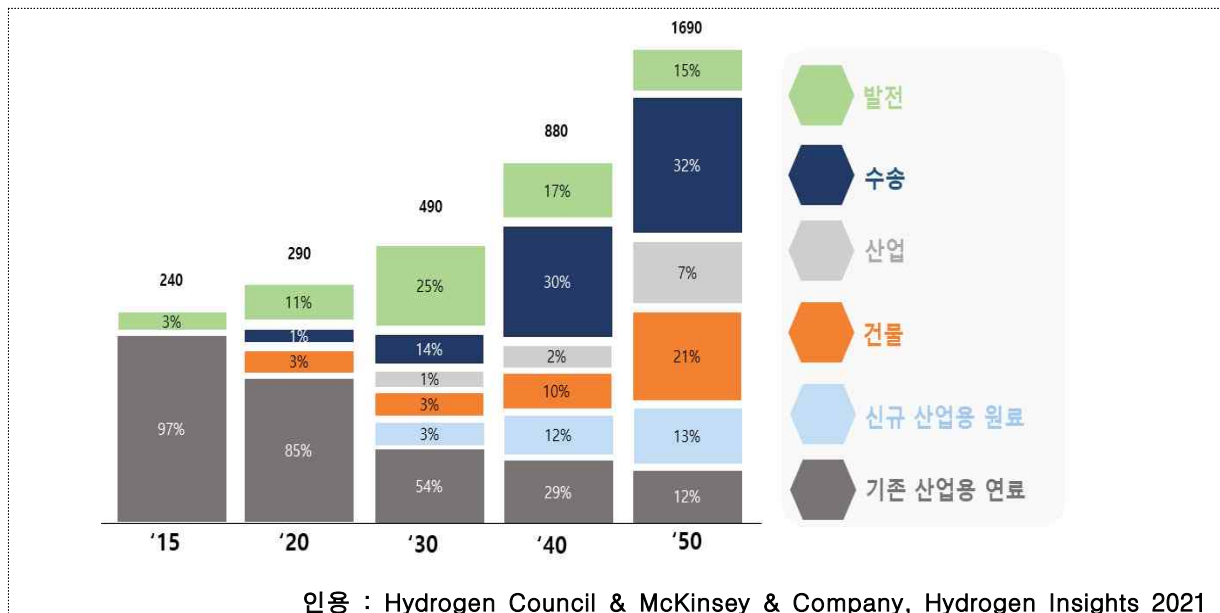


그림 43. 국내 수소 수요 전망(단위 : 만톤)

- (수소차 보급) '19년 승용부문 수소전기차 보급 대수가 4,194대 (무역 협회), 수소 연료전지 발전량 408MW 도달
- * 수소전기차, 연료전지발전 등 수소 활용 부문에 경쟁력이 있으나 수소 생산, 저장·운송 분야의 기술력과 충전소 등 인프라 부족

○ 수소 생산량

- 2020년 기준 198만 톤, 유통 수소량은 약 23만 톤, 수소공급가격 기준 국내 수소시장 규모는 2조 3천 8백억 원

○ 국내 수소 생산능력

- 2017년 기준 국내 수소 생산능력은 연간 191만톤 수준이며, 지역별 수소생산능력은 울산 50%, 여수 34%, 대산 11% 등 석유화학단지에 집중
- 주요 수소 생산업체는 덕양, SPG 산업/케미칼, 에어리퀴드, 린데 등으로 국내 수소의 95%는 철강 및 석유화학업체의 나프타 분해 과정에서 발생한 부생수소
- 국내에서 유통되는 수소량 대부분 23만 톤은 제강산업, 반도체, 용접 및 절단, 광섬유, 식품산업 등에서 사용

지역	생산능력현황 (ton / 년)	지역별 생산비중 (% / 년)	
울산(덕양 등)	949,677	울산 (50%)	기타 5%
여수(GS칼텍스 등)	645,626		대산 11%
대산(한화, 창신화학 등)	210,222		여수 34%
기타(충남:SPC산업 / 케미칼 등)	106,764		
합계	1,912,289		

인용 : 수소경제 활성화 로드맵 수립 연구 최종보고서, 2019, 산업통상자원부

그림 44. 국내 수소 생산능력

표 19. 수소 생산, 저장, 운반, 활용 등 각 분야별 주요 업체 현황

구분	기업/기관	주요 사업 내용	비고
수소 생산	한국에너지기술연구원	· 천연가스 이용 수소 추출 시스템 상용화(500 kg/day급) · 천연가스 연료개질기 기술이전(현대하이스코) · 알칼라인 수전해 스택 기술이전(테크윈) · 수전해 핵심부품 소재개발(전극, 분리막, 확산체, 분리판) · 수소 저장재료 측정 KOLAS(한국인정기구) 기관 · 광화학수소제조 기술 개발	연구 기관
	덕양	· 시간당 19만Nm ³ 의 수소 생산 · 울산, 서산 석유화학단지애 파이프라인을 통해 공급	기업
	SPG산업/ 케미칼	· 초고순도 수소 제품의 제조와 판매 · 울산, 안산, 대산, 여수 제조공장 보유	기업
	에어리퀴드 코리아	· 액화수소 생산기술, 수소 밸류체인에 대한 전문성 · 롯데케미칼의 부생수소를 활용한 새로운 고압 수소 출하센터 및 수소충전소 구축에 공동 투자 계획	기업
	에스디지 (SDG)	· 울산을 기반으로 한 국내 3위 수소 생산업체 · 효성, SK어드밴스드, 대한유화공업, 롯데BP로부터 수소 원료 가스를 공급받아 부생수소 생산	기업
저장	원일 티엔아이	· 수소추출기 및 수소저장 합금 제조 · 수소저장합금·용기는 총 9척의 장보고 III 잠수함 4척에 적용하 였으며, 독일업체의 독점기술을 대체함으로써 한 척당 약 200 억 원 이상의 외화절감 효과 달성	기업
	일진하이 솔루션	· 차량용 수소연료 탱크(튜브) 제작 기업 · 연 6만 개의 수소연료 탱크 생산역량 및 기술력 · 현재 수준에서 타입4(4세대) 수소연료 탱크 양산화에 성공한 도 요타 외 유일한 기업	기업
	이엠솔루션	· 충전소 설계·구축 및 시험설계로 국내 충전 인프라 확충	기업
운반	린데코리아	· 세계 최대 액화수소 생산 용량 및 운송 시스템 보유 · 세계 최초 고순도 수소 지하 저장고 운영 · 전 세계적으로 약 200개 수소 연료 충전소 및 80개 수소 전기 분해 공장 설치 · 글로벌 산업용 가스 생산·유통기업인 린데코리아가 약 1조 7000억 원(약 15억 달러)을 경기도에 투자해 수소충전소와	기업

구분	기업/기관		주요 사업 내용	비고
			산업용 가스시설 신·증설 · 효성과 린데코리아가 각각 천500억 원의 투자를 통해 액화수소 플랜트 및 수소충전소 구축 예정	
활용	모빌리티	현대	· 수소차·트럭, 친환경 이동형 발전기 등 사업영역 확대	기업
	연료전지	두산퓨어셀	· 현재 발전용 인산염 연료전지(PAFC) 위주의 사업구조에서 SOFC, PEMFC로 확대 · 올해 PEM 방식의 수전해 기술개발 착수 · 글로벌 수소 기업과의 밸류에이션 격차 감소 예상	기업
		에스퓨어셀	· 가정 및 건물용 수소연료전지 판매 · 2021년 4분기 드론용 연료전지 상용화 · 목표 선박용 연료전지는 에이치엘비와 국책 과제로 공동 개발 진행	기업

(2) 전과정평가

- (수요 확대) 전 세계적인 탄소중립에 대한 요구와 정부의 2050 탄소중립 선언 및 기업의 ESG 경영 확대에 의한 국내 기업의 전과정평가 활용 전략 수립 활성화
 - EU의 그린딜 전략, 순환경제 전략 등의 정책이 전과정평가를 기반으로 추진
 - (EU, 배터리의 탄소발자국 정보 공개 요구) EU 배터리 규정 (COM(2020) 798)에 따라 2024년 7월부터 탄소발자국 정보 공개 의무화
 - (EU, 그린딜, 순환경제 대응) EU에 제품을 수출 또는 판매하는 기업으로부터 제품 또는 부품에 대한 전과정평가 결과 요구 증가



그림 45. 전과정평가 수요 확대 배경

4. 국내외 기술 동향

1) 국외 기술 동향

(1) 탄소중립 및 수소산업

- (유럽의 기술개발 전략) 탄소중립을 위한 수소 전략 EU는 2020년 7월 수소 전략을 발표하고 2050년까지 단계별 목표를 제시하며, 전과정적 측면에서의 온실가스 저감, 수소에너지 활용 기술의 개발 및 혁신을 촉진하는 방향 제시
 - 발전분야 : 대형, 고효율 및 비용-효과적인 전기분해설비 개발 계획이며, 2020년 100 MW급의 전기분해설비에 대한 기술개발 착수
 - 인프라 : 대량의 수소를 보다 장거리로 이송하고, 저장 및 분배할 수 있는 인프라 기술개발
 - 대규모 활용 : 산업(철강, 석유화학 산업 등), 운송(대형 트럭, 철도, 해양 수송 및 항공) 분야 등에서 대규모 활용을 가능한 적용 분야 개발
 - 정책지원 : 조화(안전 등) 표준, 사회 및 노동 시장에 대한 영향 모니

터링 방법 개발, 수소 활용 기술 및 밸류체인의 환경영향 평가 방법 (전과정 이산화탄소 배출 및 지속가능성) 개발

표 20. EU 수소전략 개요

전략단계	개요	EU 수소 로드맵*
1단계	2024년까지 최소 6GW 규모의 재생수소 (Renewable Hydrogen) 전기분해설비를 구축하고, EU지역에서 최대 100만 톤의 재생에너지 수소 공급	<p>TWh</p> <p>Final energy demand: 14,100 (2015), 11,500 (2030), 9,300 (2050)</p> <p>Thereof H₂: 2% (2030), 4% (2030), 6% (2030), 8% (2050), 24% (2050)</p> <p>2015: 325</p> <p>2030: Business as usual (427), Ambitious (427)</p> <p>2050: Business as usual (391), Ambitious (391)</p> <p>2050 Ambitious Breakdown: 2,251 (Power generation, buffering), 112 (Transportation), 579 (Heating and power for buildings), 237 (Industry energy), 257 (New industry feedstock), 1 (Existing industry feedstock)</p>
2단계	2025년부터 2030년까지 수소에너지를 에너지시스템의 중요 부분으로서 결합하고, EU지역에서 최소 40GW 규모의 재생수소 전기분해설비를 구축, 최대 1만 톤의 재생에너지 수소를 공급	
3단계	2030년부터 2050년까지 현재 에너지공급원 구성(Energy Mix)의 2%를 차지하고 있는 수소의 비중을 2050년까지 23% 이상으로 제고	

* Hydrogen Roadmap Europe, EC and FCH JU, 2019

- (유럽의 기술개발 현황) FCH JU(Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking) 2를 통하여 HORIZON 2020((2014년~2020년) 관련 수송 및 에너지 분야 기술개발 추진
 - 수송 분야에서는 연료전지의 도로용 자동차, 비도로용 자동차, 수소 충전 인프라, 해상, 철도 및 항공 적용을 위한 기술개발에 중점
 - 에너지 분야에서는 수소 생산 및 이송, 재생에너지 융합을 위한 수소 저장, 발전 및 열병합 발전(CHP)을 위한 연료전지의 기술개발에 중점
 - (연구개발 프로젝트) 수소에너지 보급·확산을 위한 유럽청정수소 연합의 설립과 연료전지 등의 활용 기술 개발을 위한 FCH JU 등 국가차원의 대규모 프로젝트 추진

- (유럽의 기술개발 관련조직1) 유럽 청정수소 연합 (European Clean Hydrogen Alliance); 2020년 EU 수소 전략 수립과 함께 발족한 조직으로 산업, 정부, 지방 자치단체, 시민사회 등이 참여
 - 2030년까지 재생 및 저탄소 수소 생산, 산업, 운송 등 분야의 수요, 수

- 소 이송 등을 결합하여 수소 기술을 적극적으로 보급, EU의 2050 탄소중립 달성을 지원하기 위한 글로벌 리더십 구축 목적
- 총 1477 개의 조직 참여(현대자동차, BMW, ABB, BP, Shell 등 965개 기업, 공공기관 80개, 연구기관 107개, 시민단체 23개, 투자기관 21개, 기타 기관 281개)
 - (유럽의 기술개발 관련조직2) FCH JU; EU 연료전지 및 수소 에너지 기술의 연구, 기술 개발 및 실증을 지원하는 유일한 공공-민간 파트너십)
 - 유럽위원회, 연료전지 및 수소 산업 그리고 연구기관으로 구성, 연료전지 및 수소 기술의 개발 및 혁신 프로그램 운영(연료전지 및 수소 기술 분야의 Horizon 2020 운영)
 - 연료전지 및 수소 활용 기술을 탄소-청정 에너지 시스템 달성을 위한 도구로 개발 및 이들 기술의 시장 진입 촉진(그린 수소 생산, 청정 운송, 수소 저장, 전기 및 열 생산, 희유금속의 최소 사용 기술개발)



그림 46. FCH JU 구성 및 목적

- (미국의 수소 R&D 추진) 미국 에너지부는 수소 프로그램의 전략적 프레임워크를 제공하기 위한 에너지부 수소 프로그램 계획 발표
 - 20년간 산하 여러 기관에서 진행해 온 수소경제를 위한 연구개발 및 실증(RD&D : Research Development & Demonstration) 성과를 정리하고, 향후 미국의 수소 기술의 발전 방향 제시

- (기술개발 전략) 2020년 연간 1,000만톤인 수소 수요를 2050년에는 최대 4,100만톤까지 확대하여 총에너지 수요의 14% 담당할 수 있도록 목표를 설정·추진
- (기술개발 현황) 수소 에너지는 물론 활용 기술에 대한 기술별 개발 목표를 설정하여, 전략에 따른 기술개발 상용화에 중점

- 수소생산 : 저비용, 고효율 및 내구성이 강화된 전기분해설비, 합성, 가스화, 열분해와 관련된 고급 설계, 재생, 화석, 원자력 에너지원으로부터 하이브리드 및 연료 탄력적 접근을 포함한 수소생산 기술 혁신, 물, 화석연료, 바이오매스 및 폐기물로부터 저비용 고효율 수소생산 기술, △저비용, 환경친화적 탄소 포집, 활용 및 저장 기술 집중 개발
- 수송 : 저비용, 신뢰성이 확보된 수소 공급 및 충전시스템, △수소 운송을 위한 고급 기술 및 컨셉, 인프라 구축을 위한 투자위험 감소 방안 마련
- 수소저장 : 저비용 수소저장시스템, △고밀도 저장시스템, △현장 긴급 공급용 및 케번 등의 대용량 저장시스템, 투자비용을 절감할 수 있는 탄력적 수요 대응을 위한 최적화된 수소저장 전략 수립
- 수소에너지 전환 : 저비용, 내구성과 신뢰성이 확보된 연료전지 대량 생산, 고농도 또는 순수 수소로 운전되는 터빈, 대형 하이브리드 시스템 개발 및 시연
- 적용분야 및 통합에너지 시스템 : 적용분야에서 요구되는 시스템 통합, 시험, 검증, 제강산업, 암모니아 제조 및 합성연료제조 등의 시연, 수소에너지 저장 및 계통 서비스 검증을 위한 계통 연계 통합 시연
- 설비제조 및 공급망 : 표준화된 제조공정, 품질관리, 제조 설계 최적화, 제조공정 자동화, 재순환 및 폐기물 감축을 위한 설계에 대한 투자
- 안전, 기준 및 규격 : 터빈과 같은 연소 분야와 대형트럭, 선박, 철도를 포함한 연료전지를 포함한 최종 적용분야에서의 적합하고 단일화된 기준 및 규격 진일보한 안전 정보와 모범사례와 경험 공유

그림 47. 미국 에너지부 수소 프로그램 계획

(2) 전과정평가

- 선진국은 국제적으로 공인된 전과정평가 기법을 기반으로 탄소발자국 인증 프로그램을 개발하여 제품의 탄소 배출량 정보를 공개하도록 의무화
 - EU 등은 탄소국경조정메커니즘을 통해 탄소배출량이 높은 제품에 대해 탄소국경세 등의 형태로 탄소 무역규제를 시행 예정
- (유럽) 수소 전략 등 에너지 정책 수립시 전과정평가 적용을 점차 의무화 하고 있음
 - FCH JU*는 수소 기술의 전과정 환경성평가 방법론인 “FC-Hy Guide” 를 개발 후 새로운 전과정평가 방법론(LCSA**)을 개발 중이며, 기술개발 과제 대상 수소기술에 대한 전과정평가 수행 및 전과정목록 데이터베이스 구축 중
 - * FCH JU(The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking) : EU 내 연료전지 및 수소 에너지 기술에 대한 연구, 기술개발 및 실증활동을 지원하는 공공과 민간 파트너십
 - ** LCSA(Life Cycle Sustainability Assessment) : 환경, 경제, 사회 전과정평가 및 벤치마킹에 대한 방법론
- (미국) 신뢰성/일관성 있는 전과정평가 및 전과정목록 데이터베이스 구축 방법론 개발 및 데이터베이스 양식 표준화, 데이터베이스 제공
 - (전과정평가 데이터 관리) 미국내 부처별 전과정평가 데이터베이스 플랫폼을 통합(US Federal LCA COMMONS): 신뢰성/일관성 있는 전과정평가 및 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축 방법론 개발, 데이터베이스 양식 표준화, 데이터베이스 제공 등
 - * 다양한 기관의 자원과 경험을 바탕으로 미국의 전과정평가 데이터, 연구 및 정보 시스템 강화
 - * 의사결정 및 정보공개 목적의 전과정평가 결과를 도출하기 위해 각각의 기관이 개발한 LCA 방법론의 일관성 확보
 - * 국가 LCA 데이터에 대한 접근성 강화 (데이터 형식의 표준화)

- (데이터베이스 구축 현황) 에너지부, EPA, 농업부 등 각 부처의 목적에 따라 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축
- (플랫폼 구축 효과) 농업, 에너지, 기후변화 저감, 플라스틱, 재활용, 녹색구매, 순환경제, EPDs, 운송 및 지속가능한 인프라 구축을 포함하는 다양한 범위에 영향을 줄 것으로 기대
 - * EPD(Environmental Product Declaration) : 전과정평가 결과에 따라 제품/기술의 환경영향을 대중에게 공개하는 프로그램
- (플랫폼 참여 기관) 에너지부, 농림부, 교통부, 국방부 등 12개의 부처 또는 산하기관
- 캘리포니아 LCFS*에서는 GREET** 모델을 캘리포니아주 실정에 맞게 변경한 CA-GREET 모델 적용
 - * LCFS(Low Carbon Fuel Standard) : 저탄소 운송 연료 생산 및 사용을 장려하기 위한 정책
 - ** GREET(The Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies Model) : Argonne 국립시험소(Argonne National Laboratory)에서 개발한 플랫폼
- (일본) 재생 및 수소 에너지의 전과정평가 가이드라인 개발 및 플랫폼 운영
 - 일본 환경성은 수소 에너지의 온실가스 감축 효과에 대한 전과정평가 가이드라인 개발, 국립연구소에서는 데이터베이스 구축, 방법론 개발 등 플랫폼 운영
- (전과정목록 데이터베이스*) 국제적인 공유 플랫폼으로 GLAD** 및 LCDN*** 구축
 - * 전과정목록 데이터베이스(Life Cycle Inventory Database, LCI DB) : 전과정평가를 수행하기 위해 물질 및 서비스에 대해 투입물과 배출물을 정량적으로 나타낸 목록
 - ** UNEP Life Cycle Initiative가 개발 및 운영하는 프로파일 공유 플랫폼으로 국가, 기관, 기업 데이터를 쉽고 자유롭게 교환
 - *** EPLCA(European Platform on Life Cycle Assessment)에서 개발·운영하는 프로파일 공유 플랫폼으로 품질이 보증된 LCA Data set을 확보하기 위해 구축

표 23. GLAD 및 LCDN 운영체계 비교

	GLAD	LCDN
개발기관	UNEP	EPLCA
활용목적	전세계 모든 국가와 기관, 기업의 데이터를 쉽고 자유롭게 교환	품질이 보증된 LCA dataset을 공개하는 전세계적 기반 구축
데이터 포맷	특별한 데이터 포맷 요구사항은 없음 주로 EcoSpold2, ILCD 사용	ILCD Data Format
등록 절차	등록 요건에 만족하는 LCI dataset 생성 및 Metadata 작성 후 등록 요청	“ILCD entry-level” 또는 “EF compliant” 기준에 부합한 dataset 생성 후 등록
데이터 교환	<ul style="list-style-type: none"> • 개발자 및 소유자의 Node를 통한 데이터 이용 • 담당자 연결을 통한 데이터 요청 • 사용자가 Node에서 직접 다운로드 	

- 국제 플랫폼(GLAD 및 LCDN) 데이터베이스 요건 : 공통 명명 사용, 메타데이터 작성, 데이터 품질 요건, 정밀검토

- * 공통명명(common nomenclature) : 서로 다른 출처의 dataset 상호호환을 위해 공정명(process name), 물질명(flow name) 등에 대해 국제 기준으로 제시된 공통의 명명법 적용
- * 메타데이터 : 사용자가 dataset이 자신의 LCA 연구 목적에 부합하는지를 확인·판단하기 위한 metadata 제공
- * 데이터 품질 : EU PEF 인증 및 PEF 방법론에 기반한 LCA 연구를 수행 시 해당 방법론에서 요구되는 데이터 품질 확보
- * 정밀검토 : 개정된 규정에 따른 정밀검토(critical review) 수행

- 국제플랫폼 데이터베이스 등록 현황

- * 현재, GLAD에는 96,081개의 데이터베이스 등록(EU 19,281개, 일본 3,872개, 미국 4,799개, 중국 2,534개, 기타 65,595개)

- (시사점) 국토교통분야 수소 활용 기술의 전과정목록 데이터베이스를 구축할 때 국제 플랫폼의 요건에 따라 구축 필요

- * 전과정평가의 국제적인 신뢰성 확보, 수출 제품의 수출국 규제 또는 고객의 요구사항 만족

- Ecoinvent(스위스) : 국제적으로 대표적인 전과정목록 데이터베이스 유료 공급 기관
- * (기관성격): ETH Domain(Swiss Federal Institutes of Technology)과 The Swiss Federal Offices에 의해 설립된 비영리 협회
- * 약 69,000개의 데이터베이스(GLAD 등록 기준)를 구축하여 제공

2) 국내 기술 동향

(1) 전과정평가

- (국내 전과정평가 기반) 산업부(1998년)와 환경부(2002년)를 중심으로 국가 전과정목록(LCI) 데이터베이스 구축사업 시행
 - 현재는 환경부(환경산업기술원)을 중심으로, 국토교통부, 농식품부, 산림청에서 국가 전과정목록(LCI) 데이터베이스 구축 및 운영 중
 - 환경산업기술원은 국가 전과정목록(LCI) 데이터베이스 정보망을 통하여 환경부와 산업부에 개발한 403개의 전과정목록(LCI) DB 제공
 - 국가 전과정목록(LCI) 데이터베이스 구축을 위한 ISO 14044 기준의 '데이터베이스 구축 지침'과 '국가 전과정목록(LCI) 데이터베이스 품질 검증 지침'
- (국내 전과정평가 플랫폼) 한국환경산업기술원 및 한국화학연구원에 의한 개별 전과정평가 플랫폼 운영
 - 한국환경산업기술원에서 환경성적표지를 위한 전과정평가 방법론, 전과정평가 소프트웨어, 전과정목록(LCI) 데이터베이스 등을 제공하는 플랫폼 운영
 - (탄소자원화 전과정평가 플랫폼) 한국화학연구원 중심의 "차세대 탄소자원화 연구단"에서 탄소자원화 고유의 전과정평가 플랫폼을 개발하여 운영
 - * 탄소자원화 기술 고유의 전과정평가 방법론 개발, 개별 기술 및 융합 기술에 대한 전과정평가 수행, 결과 피드백

5. 시사점

1) 종합 분석

- 최근 국내외적으로 탄소중립과 수소, 그리고 전과정평가를 화두로 하여 다양한 움직임이 추진되고 있음
- 탄소중립 달성을 위하여 수소 기술이 기존 화석연료의 사용처를 대체하기 위하여 수소의 생산, 운송, 활용에 이르기까지 전과정에 걸쳐 연구개발이 진행되고 있으며, 이를 정책적으로 지원하고 있음
- 다만 지구온난화를 지연시키기 위한 탄소중립 관련 환경영향뿐만 아니라 자원고갈, 부영양화 등의 다른 환경영향도 고려하는 전과정평가가 최근 규제, 표준 등에 부각되고 있음
- 국외에서 수소 기술에 대한 전과정평가가 권장 및 활성화되고 있어, 국내 수소 기술에 대해서도 전과정평가를 수행하기 위한 기반 마련이 필요할 것으로 예상

표 24. 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 관련 종합분석

구분		주요 내용
탄소 중립	국외	· (EU) 2050 탄소중립 목표를 발표 : ① 탄소배출 감축 ② 에너지의 탈탄소화 ③ 신산업 전략(순환경제) ④ 지속가능한 운송 ⑤ 건축분야 에너지 등 다양한 정책 발표 · (미국) 2050 탄소중립 목표 발표 : 전기자동차 및 수송 인프라, 건물 에너지 효율화, R&D 등의 전략 발표 · (일본) 2050 탄소중립 목표 발표를 선언하고 이를 달성하기 위한 그린성장전략 발표
	국내	· 2050 탄소중립 목표 발표 : 경제사회의 녹색전환 추진을 위해 승용·버스·화물 수소차 20만대 보급, 충전 인프라 450대 설치 및 수소 생산기지 등 수소 유통 기반 구축 추진
수소 정책	국외	· (EU) 2020년 7월 “EU 수소전략(EU Hydrogen Strategy)” 발표 · (미국) 에너지부(2020년)는 “수소 프로그램 계획” 및 “저탄소 수소 전략” 발표 · (일본) 2017년 12월 “수소기본전략”, 2019년 “수소 로드맵” 발표
	국내	· (수소경제 활성화 로드맵) 다양한 수소저장/운송방안을 보급해 효율성 제고 및 전주기 안전을 확보해 세계 최고 수준 수소경제 선도국가 도약 목표 · (수소경제 표준화전략 로드맵) 수소 관련 국제표준 선점과 수소산업의 글로벌시장 선도를 위해 국제표준 협력, KS 표준 확대, 표준화 활동 등을 지원
수소 시장	국외	· (글로벌) 세계 수소 수요 '15년 56백만 톤에서 '50년 546백만 톤으로 약 10배 증가 전망

구분	주요 내용
	<ul style="list-style-type: none"> · (EU) 전체 에너지 수요에서 수소가 차지하는 비율이 '15년 2%(325 TWh)에서 '30년 6%(780 TWh), '50년 24%(2,351 TWh)로 증가 전망 · (미국) 2050년까지 수송연료 부문을 중심으로 '수소경제'를 '의욕적'으로 추진할 경우 최종 에너지 수요의 14%까지 확대 예상
국내	<ul style="list-style-type: none"> · 국내 수소 총수요는 '15년 약 240만 톤이고, '30년 이후 급격한 증가하여 '50년 1,690만 톤으로 예상 · 선도적 연료전지 기술 보유로 인한 발전 및 수송 분야의 수소 수요 증가 예상 · 국내에서 유통되는 수소량은 약 23만 톤이며, 제강산업, 반도체, 용접 및 절단, 광섬유, 유리제조, 식품산업 등에서 사용
전과정평가	<ul style="list-style-type: none"> · (EU) 수소전략에서 전과정 온실가스 감축 명시, ECH JU 개발 프로젝트에서 전과정평가 요구. 수소 활용 기술 전반에서 전과정평가 수행 일반화, LCDN 플랫폼 구축 · (미국) 수소 정책에서 전과정 온실가스 및 오염물질 감축 반영, 에너지부 등 다양한 부처에서 각자의 목적에 따라 전과정평가 수행 및 데이터베이스 구축, 미국 연방 수준의 통합 플랫폼 구축 · (일본) 재생 및 수소 에너지의 온실가스 감축 효과에 대한 전과정평가 가이드라인 개발, AIST에서 데이터베이스 구축 등 플랫폼 구축 및 운영
국내	<ul style="list-style-type: none"> · (정책) 환경성적표지 인증, 녹색건축 인증에 적용 · (데이터베이스) 환경부를 중심으로 국토교통부, 산업부, 농식품부, 산림청 등에서 구축 · (플랫폼) 한국환경산업기술원의 환경성적표지 인증을 위한 웹기반 플랫폼, 전과정평가 S/W 등, 한국화학연구원의 탄소자원화 전략 플랫폼 등
주요 기관	<ul style="list-style-type: none"> · (EU) EU Joint Research Center, FCH JU, Ecoinvent(스위스) 등 · (미국) Argonne National Laboratory, National Energy Technology Laboratory, National Institute of Standard and Technology · (일본) The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) · (스위스) Quantis
국내	<ul style="list-style-type: none"> · (공공기관) 한국환경산업기술원, 한국환경정책연구원, 한국생산기술연구원, 한국건설기술연구원 · (연구기관) 한국전과정평가학회, 인하대학교, 한국화학연구원

2) SWOT 분석

- 현재 국내 국토교통분야 수소기술에 대한 전과정평가 플랫폼 개발 추진에 대해 국내외 현황에 따른 SWOT 분석

표 25. 국내외 현황에 따른 SWOT 분석

강점(S)	약점(W)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 환경성적표지 등 방법론 개발 및 운영 경험 확보 ◆ CCU방법론 개발 등 저탄소 기술의 LCA방법 개발 기술 확보 ◆ LCI DB 개발 및 운영 기술 확보 ◆ LCA플랫폼 구축 및 운영 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 수소기술 관련 일관된 LCA 방법론 부재 ◆ 수소기술 관련 LCI DB 부족 ◆ 국제수준의 DB 품질평가 기술 부족 및 국내 DB의 국제 기준 미달 ◆ 국제수준의 LCA 수행경험 부족
기회(O)	위협(T)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 기후변화대응을 위한 국제적 움직임에 따른 저탄소 수소 시장의 확대 ◆ 정부의 수소기술개발 로드맵에 전과정 평가 적용 포함 ◆ 수소 활용을 통한 탄소중립에 대한 국가정책 목표 달성 ◆ 수소 활용 기술 환경성평가방법 국제 표준화 선도 ◆ 국내 기업의 글로벌 시장 진출을 위한 환경경쟁력제고 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 수소기술에 대한 탄소중립평가 규제 강화 ◆ 국토교통분야 (수소도시 등)에 대한 탄소중립 기여도 정량화 요구 ◆ 수소 활용 기술 LCA방법론의 국제표준 주도권 상실로 평가 기술 종속 ◆ 해외 LCA DB/SW이용에 따른 국부 유출

3) SWOT 전략

		강점(S)	약점(W)
		<ul style="list-style-type: none"> 환경성적표지 등 방법론 개발 및 운영 경험 확보 CCU 방법론 개발 등 저탄소 기술의 LCA 방법론 개발 기술 확보 LCI DB 개발 및 운영 기술 확보 LCA 플랫폼 구축 및 운영 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 기술 관련 일관된 LCA 방법론 부재 수소 기술 관련 LCI DB 부족 국제 수준의 DB 품질 평가 기술 부족 및 국내 DB의 국제 기준 미달 국제 수준의 LCA 수행 경험 부족
기회(O)	<ul style="list-style-type: none"> 기후 변화 대응을 위한 국제적 움직임에 따른 저탄소 수소 시장의 확대 정부의 수소 기술 개발 로드맵에 전과정 평가 적용 포함 수소 활용을 통한 탄소 중립에 대한 국가 정책 목표 달성 수소 활용 기술 환경성 평가 방법 국제 표준화 선도 국내 기업의 글로벌 시장 진출을 위한 환경 경쟁력 제고 	SO 전략 <ul style="list-style-type: none"> 수소 활용 기술 LCA 및 탄소 중립 기여도 평가 방법론 개발 및 국제 표준화 선도 수소 활용 기술에 대한 LCA 적용으로 저탄소 수소 기술 확대 LCA 기반의 저탄소 수소 활용 기술 인증제도 마련 및 국제화 	WO 전략 <ul style="list-style-type: none"> EU의 수소 활용 기술 LCA 방법론 벤치마킹 및 국내 방법론 개발 LCA 방법론 실증 국제 수준의 품질 평가 및 LCI DB 구축 방법론 개발 국가 LCI DB 개발 및 국제 플랫폼(LCDN 등) 등록
위협(T)	<ul style="list-style-type: none"> 수소 기술에 대한 탄소 중립 평가 규제 강화 국토교통 분야(수소도시 등)에 대한 탄소 중립 기여도 정량화 요구 수소 활용 기술 LCA 방법론의 국제 표준 주도권 상실로 평가 기술 증속 해외 LCA DB/SW 이용에 따른 국부 유출 	ST 전략 <ul style="list-style-type: none"> 탄소 배출량 산정 능력을 강화하여 탄소 중립 규제 대응 국토교통 분야(수소도시 등)에 대한 탄소 중립 인증제도 마련 및 국제 상호인증 체계 구축 수요자의 접근이 용이한 LCA 플랫폼 구축 	WT 전략 <ul style="list-style-type: none"> 국제 기준의 LCA 방법론 개발 및 실증을 통한 규제 대응 능력 강화 탄소 중립 기여도 정량화를 위한 국토교통 분야 수요 활용 기술 LCI DB 구축

그림 48. SWOT 전략

□ SO 전략

- 수소 활용 기술 (국토교통 분야 수소 기술)에 대한 전과정 평가 방법론 및 탄소 중립 기여도 평가 방법론을 개발하여 국제 표준화 선도
- 수소 활용 기술 (국토교통 분야 수소 기술)에 대해 환경영향을 평가하는 전과정 평가를 적용하여 저탄소 수소 기술 확대
- 전과정 평가를 기반으로 한 저탄소 국토교통 분야 수소 기술에 대한 인증제도 마련 및 국제화

□ WO전략

- EU에서 개발한 수소 기술 대상 LCA 방법론 벤치마킹 및 국내 국토교통 분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발
- 전과정평가 방법론 시범적용을 통한 실증
- 국제 수준의 품질평가 및 전과정목록 데이터베이스 구축 방법론 개발
- 국가 전과정목록 데이터베이스 개발 및 국제 전과정목록 데이터베이스 플랫폼 등록

□ ST전략

- 전과정평가 방법론, 전과정목록 인벤토리를 비롯한 전과정평가 수행 기반 마련을 통해 탄소배출량 산정능력을 강화하여 탄소중립 규제 대응
- 국토교통분야(수소도시 등)에 대한 탄소중립 인증제도 마련 및 국제 상호 인증 체계 구축
- 수요자의 접근이 용이한 전과정평가 플랫폼 구축

□ WT전략

- 국제적으로 활용가능한 수준의 전과정평가 방법론 개발 및 실증을 통한 규제 대응 능력 강화
- 탄소중립 기여도 정량화를 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 데이터베이스 구축

□ 전략 수립에 따른 중점영역 설정

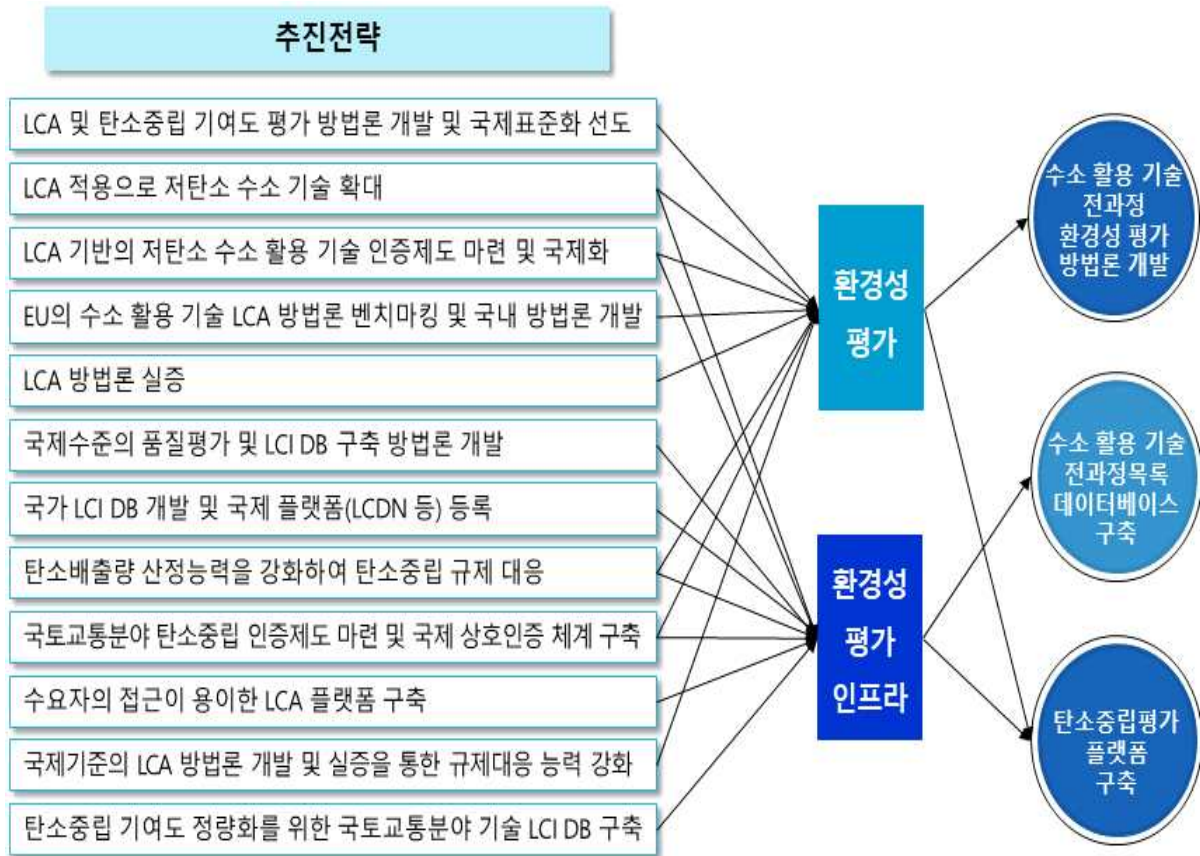


그림 49. SWOT 전략에 따른 중점영역 설정

III. 개발 과제 구성

- 본 과제 기획 시 국내외 수소 전과정 환경성 평가 방법론 및 프로그램 개발 동향, 사업 추진 방향, 추진전략 등을 통해 핵심 및 세부 과제 도출



그림 50. 과제 도출 프로세스

1. Top-down 기술기획

1) 사업 범위 및 목표 설정

(1) 사업 범위 설정

□ 국토교통분야 수소 에너지의 전과정 환경성평가 방법론 및 시범적용 방안 기획

- 국내외 수소 전주기 환경성 검증 방법론 및 프로그램 개발 동향 조사·분석
- 수소 생산기술, 저장, 운반, 활용 등의 수소 전과정별 환경성 평가 방법론 조사
- 개별 기술 및 융합기술별 탄소중립에 대한 기여도 평가 방안 개발
- 개발된 방법론의 시범적용 방안 수립

□ 국토교통분야 수소 에너지의 환경성 평가를 위한 플랫폼 구축 기획

- 국토교통분야 수소 활용기술(수소도시 및 수소철도 등) 대상 전과정 환경성 평가를 위한 DB 구축
- 탄소중립을 위한 전과정평가 수행 및 지능화된 서비스 제공을 위한 플랫폼 구축방안

(2) 사업 목표 설정

- 국토교통분야 탄소중립 계획에 부합하여 목표 제시
- 문제/이슈의 해결과 부합하여 목표 제시
- 도출된 문제/이슈와 연관하여 목표 제시
- 총괄기획위원회 검토를 통한 목표 제시

2) 이슈 및 기술 분류

- 다양한 국토교통분야 수소 기술 관련 이슈 발굴 및 분류
- 분류한 이슈에 대한 해결방안 구상

표 26. 대분류 이슈

대분류 기호	대분류
A	탄소중립(수소기술의 환경성)
B	수소기술의 경제성 평가
C	수소기술의 사회성 평가
D	수소기술의 환경성 평가 인프라
E	수소기술의 환경성 커뮤니케이션
F	수소기술의 환경성 평가 인적 자원

표 27. A.탄소중립(수소기술의 환경성)에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

중분류	소분류	해결방안
수소기술의 환경성 평가 방법론 필요	환경성 평가의 국제 표준 부합화	수소기술 환경성 평가를 위한 국제 표준 조사 및 방법론 개발에 반영
	국토교통분야 수소기술별 환경성 평가의 일관성 및 비교가능성 확보	수소기술 환경성의 비교가능성을 보장할 수 있는 수소기술 공통의 전과정평가 평가 방법론 개발 및 적용
	철도분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	철도분야에 특화된 수소기술 환경성의 비교가능성을 보장할 수 있는 전과정평가 방법론 개발 및 적용
	건물분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	건물분야에 특화된 수소기술 환경성의 비교가능성을 보장할 수 있는 전과정평가 방법론 개발 및 적용
	수소버스/물류분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	수소버스/물류분야에 특화된 수소기술 환경성의 비교가능성을 보장할 수 있는 전과정평가 방법론 개발
	드론/항공분야 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	드론/항공분야에 특화된 수소기술 환경성의 비교가능성을 보장할 수 있는 전과정평가 방법론 개발 및 적용
	수소도시의 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	수소도시의 환경성 평가에 적합한 전과정평가 방법론 개발 및 적용
수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 필요	국토교통분야 수소기술의 탄소중립 기여도 확인	수소기술 전과정평가를 기반으로 수소기술 적용의 결과로 나타나는 탄소배출량 저감효과 평가 방법론 개발 및 적용
평가방법론의 적합성 검증 필요	환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론의 적합성 확인	수소기술 전과정평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론의 시범적용을 통해 각 방법론의 적합성 검증

표 28. B.수소기술의 경제성 평가에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

중분류	소분류	해결방안
환경영향을 포함하는 수소기술의 경제성 평가 방법론 필요	수소기술의 경제성 평가 방법론 필요	탄소배출량 등 환경영향을 경제적 가치를 포함하는 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가 방법론 개발 및 적용
	탄소배출량의 경제성 평가 방법론 필요	탄소배출량의 경제적 가치를 평가하는 방법론 개발
	자원소모 등 기타 환경영향의 경제성 평가 방법론 필요	자원소모, 산성화, 부영양화, 광화학산화물생성, 생태독성, 인간독성, 미세먼지 등 환경영향의 경제적 가치를 평가하는 방법론 개발

표 29. 수소기술의 사회성 평가에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

중분류	소분류	해결방안
수소기술의 사회성 평가 방법론 필요	수소기술의 사회성(공정 임금, 아동 노동, 의료비) 평가 방법론 필요	사회적 이슈인 공정 임금, 아동 노동, 의료비 등 수소기술의 전과정 사회성 평가 방법론 개발 및 적용

표 30. D.수소기술의 환경성 평가 인프라에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

중분류	소분류	해결방안
DB 구축 방법론, DB 구축 방법론의 국제 표준에의 부합화	환경성 평가 DB 구축을 위한 가이드라인 필요	국제표준에 부합하는 수소기술 전과정목록(LCI) DB 구축을 위한 가이드라인 개발
	수소기술 환경성 평가 DB의 국제 표준 부합화	국제표준에 부합하는 수소기술의 LCI DB를 개발하고 LCI DB 국제 플랫폼인 GLAD 또는 LCDN에 등록하여 국제표준 부합화 검증
	환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 미비	환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 마련

중분류	소분류	해결방안
수소기술 환경성 평가를 위한 DB 구축 필요	국토교통분야 수소기술의 환경성 평가에 필요한 DB 목록 파악	연구개발자, 기업, 전과정평가 전문가 등을 대상으로 구축이 필요한 수소기술 LCI DB 수요조사
	국토교통분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 공통 DB 필요	국토교통분야 수소기술 전과정평가를 위한 공통의 LCI DB 구축
	철도분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요	철도분야 고유의 수소기술 전과정평가에서 요구하는 수소기술 LCI DB 구축
	건물분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요	건물분야 고유의 수소기술 전과정평가에서 요구하는 수소기술 LCI DB 구축
	수소버스/물류분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요	수소버스/물류분야 고유의 수소기술 전과정평가에서 요구하는 수소기술 LCI DB 구축
	드론/항공분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요	드론/항공분야 고유의 수소기술 전과정평가에서 요구하는 수소기술 LCI DB 구축
	수소도시의 환경성 평가를 위한 DB 필요	수소도시의 전과정평가에서 요구하는 수소기술 LCI DB 구축
	DB 구축 시 기술의 보안 관리	기술 보안 문제를 회피하기 위하여 기술 소유자/개발자가 LCI DB 구축 방법론에 따라 DB를 개발하고 플랫폼에 등록하는 프로세스 구축
수소기술의 경제성 평가를 위한 DB 구축 필요	수소기술별 생산 비용 DB 필요	수소기술별 생산 비용 DB 구축
	수소기술별 설치 비용 DB 필요	수소기술별 설치 비용 DB 구축
	수소기술별 유지관리 비용 DB 필요	수소기술별 유지관리 비용 DB 구축
	수소기술별 폐기 비용 DB 필요	수소기술별 폐기비용 DB 구축

중분류	소분류	해결방안
수소기술 환경성평가 및 정보공유 플랫폼 구축 필요	수소기술 환경성 평가 관련 국내외 동향 정보 공유 강화	수소기술 전과정평가 국내외 동향 정보 제공을 위한 체계 구축 및 화면 구성
	소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 부재	소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 마련
	연구개발자/정책개발자가 수소기술 연구개발 방향 및 수소기술 적용 방안 계획수립에 적용할 수 있는 환경성 평가 도구 필요	연구개발자/정책개발자가 수소기술 연구개발 방향 수립 또는 수소기술 적용 방안 계획수립에 사용할 수 있는 단순화된 전과정평가 수행 플랫폼 구성
	연구개발자/정책개발자가 수소기술 및 수소기술 적용 정책에 대한 환경성 및 탄소중립 기여도를 확인할 수 있는 도구 필요	연구개발자/정책개발자가 수소기술 또는 수소기술 적용 정책의 환경성 및 탄소중립 기여도를 평가할 수 있는 전과정평가 수행 플랫폼 구성
	연구개발자/정책개발자의 환경성 및 탄소중립 기여도 평가 결과의 적합성 확보	전문가에 의한 온라인 전과정평가 결과 검증체계 구성
	온-오프라인 환경성 평가 연계 방안 모색 필요	전문가에 의한 오프라인 전과정평가가 필요할 경우 온라인으로 지원을 요청하고 오프라인으로 지원하는 체계 구성
	데이터베이스 관리 도구 필요	구축된 DB 관리 체계 구성
	형식이 다른 DB의 정확한 import 방안 마련 필요	형식별 플랫폼 LCI DB 관리도구의 형식으로 전환할 수 있는 맵핑 프로그램 구성
	플랫폼의 지속적인 유지관리	플랫폼 유지관리 체계 마련
	대중의 수소기술에 대한 인식 제고	대중의 수소기술에 대한 인식 제고를 콘텐츠 개발 및 화면 구성

표 31. E.수소기술의 환경성 커뮤니케이션에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

중분류	소분류	해결방안
수소기술의 환경성 인증	수소기술의 환경성 인증 확대	국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발
		국내 수소기술의 환경성 인증 체계 구축
	수소의 환경성 인증 체계 구축	
	해외 수소기술 환경성 인증과의 상호인증 필요	해외 수소 및 수소기술 환경성 인증 프로그램과 상호인증 추진
수소기술의 환경성 정보 커뮤니케이션	수소기술의 환경성 정보 공개 요구 확대	수소기술 환경성 정보 공개 프로그램 개발

표 32. F.수소기술의 환경성 평가 인적 자원에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

중분류	소분류	해결방안
양질의 일자리 창출	수소기술 환경성 평가를 위한 전문인력 부족	수소기술 전과정평가 전문가 육성 프로그램 개발
	수소기술 환경성 평가 전문기업의 역량 강화	수소기술 전과정평가 전문기업의 역량 강화 프로그램 개발
	수소기술 환경성 평가 전문 교육기관 육성	수소기술 전과정평가 전문 교육기관 지원 프로그램 개발

○ 이슈 및 해결방안에 따른 핵심기술 및 구성기술 분류 및 정의

표 33. A.탄소중립(수소기술의 환경성)에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

핵심기술 분류기호	핵심기술	구성기술 분류기호	구성기술
a	국제 표준에 부합하는 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	1	수소기술 전과정평가를 위한 국제표준 조사
		2	국토교통분야 수소기술의 전과정평가 공통 방법론 개발
		3	철도분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발
		4	건물분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발
		5	수소버스/물류분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발
		6	드론/항공분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발
		7	수소도시의 전과정평가 방법론 개발
b	수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	1	수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발
c	환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증	1	환경성 평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증

표 34. 수소기술의 경제성 평가에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

핵심기술 분류기호	핵심기술	구성기술 분류기호	구성기술
a	수소기술의 전과정 비용(Life cycle cost) 평가 방법론 개발	1	수소기술의 전과정 비용 (Life Cycle Cost) 평가 방법론 개발
		2	탄소배출량의 화폐가치화 (monetary evaluation) 방법론 개발
		3	자원소모 등 기타 환경영향의 화폐가치화(monetary evaluation) 방법론 개발

표 35. C.수소기술의 사회성 평가에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

핵심기술 분류기호	핵심기술	구성기술 분류기호	구성기술
a	수소기술의 전과정 사회성 평가 (Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발	1	수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발
		2	공정 임금 평가 방법론 개발
		3	아동 노동 평가 방법론 개발
		4	의료비 지출 평가 방법론 개발

표 36. D.수소기술의 환경성 평가 인프라에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

핵심기술 분류기호	핵심기술	구성기술 분류기호	구성기술
a	국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발	1	국제표준에 부합하는 전과정목록(LCI) DB 구축 가이드라인 개발
		2	개발된 DB의 GLAD 또는 LCDN 등록
		3	환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 구축 기술
b	국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정목록(LCI) DB 구축	1	연구개발자, 기업, 전과정평가 전문가 대상 필요한 DB 수요조사
		2	국토교통분야 공통 수소기술 (수소 생산)의 LCI DB 구축
		3	국토교통분야 공통 수소기술 (수소 운송)의 LCI DB 구축
		4	국토교통분야 공통 수소기술 (수소 저장)의 LCI DB 구축
		5	국토교통분야 공통 수소기술 (수소 공급)의 LCI DB 구축
		6	국토교통분야 공통 수소기술 (각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축
		7	국토교통분야 공통 수소기술 (각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기 관련 LCI DB 구축

핵심기술 분류기호	핵심기술	구성기술 분류기호	구성기술
		8	철도분야 수소기술의 LCI DB 구축
		9	건물분야 수소기술의 LCI DB 구축
		10	수소버스/물류분야 수소기술의 LCI DB 구축
		11	드론/항공분야 수소기술의 LCI DB 구축
		12	수소도시를 위한 수소기술의 LCI DB 구축
		13	수소기술 소유자의 자발적인 데이터베이스 구축, 검증 및 공개 프로세스 개발
c	수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 DB 구축	1	수소기술별 생산 비용 DB 구축
		2	수소기술별 생산 설치 DB 구축
		3	수소기술별 유지관리 비용 DB 구축
		4	수소기술별 폐기 비용 DB 구축
d	수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축	1	수소기술 전과정평가 국내외 동향 조사 및 공유 체계
		2	소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 구축 기술
		3	수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 예측을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현
		4	수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 확인을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현
		5	온라인 전과정평가 결과의 검증 체계 구축
		6	오프라인 전과정평가 지원 체계 구축

핵심기술 분류기호	핵심기술	구성기술 분류기호	구성기술
		7	국제표준 형식의 DB 관리도구 구축
		8	형식이 다른 타부처 및 해외 DB 맵핑 프로그램 개발 및 적용
		9	플랫폼의 유지관리 체계 구축
		10	대중의 수소기술의 환경성 정보 제공 체계 구축
		11	LCI DB를 이용한 환경영향범주별 결과 정보(midpoint, endpoint) 체계 구축

표 37. E.수소기술의 환경성 커뮤니케이션에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

핵심기술 분류기호	핵심기술	구성기술 분류기호	구성기술
a	수소기술의 환경성 인증 체계 구축	1	국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발
		2	국내 수소기술의 환경성 인증 체계 구축
		3	국내 수소의 환경성 인증 체계 구축
		4	해외 수소 및 수소기술 환경성 인증 인증 프로그램과 상호인증 체계 구축
b	수소기술의 환경성 정보 공개 체계 구축	1	수소기술 환경성 정보 공개 프로그램 개발 및 정보 공개 체계 구축

표 38. F.수소기술의 환경성 평가 인적 자원에 따른 중분류/소분류 이슈 및 해결방안

핵심기술 분류기호	핵심기술	구성기술 분류기호	구성기술
a	국제 표준에 부합하는 전과정평가 전문가 양성	1	국제 표준에 부합하는 전과정평가 전문 인력 양성 프로그램 개발 및 운영
		2	국제 표준에 부합하는 전과정평가 전문기업 육성 프로그램 개발 및 운영
		3	국제 표준에 부합하는 전과정평가 전문 교육기관 육성 프로그램 개발 및 운영

표 39. 이슈 해결을 위한 핵심기술/구성기술 분류 및 정의

대분류 기호	핵심기술	구성기술	기술정의
A	A-a.국제 표준에 부합하는 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	A-a-1.수소기술 전과정평가를 위한 국제표준 조사	EU FCH JU를 중심으로 개발되고 있는 수소기술 전과정평가에 대한 국제표준 조사
		A-a-2.국토교통분야 수소기술의 전과정평가 공통 방법론 개발	수소기술에 공통적으로 적용할 수 있고, 일관성이 있으며, 비교가능한 모델링(Attributional 및 Consequential), 시스템 경계 설정, 할당, cut-off, 영향평가 등의 방법론 개발 및 수행 절차에 대한 가이드라인을 개발하는 기술
		A-a-3.철도분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	철도분야 수소기술의 비교가능성을 보장하기 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 철도분야 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술

대분류 기호	핵심기술	구성기술	기술정의
		A-a-4.건물분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	건물분야 수소기술의 비교가능성을 보장하기 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 건물분야 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술
		A-a-5.수소버스/물류분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	수소버스/물류분야 수소기술의 비교가능성을 보장하기 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 수소버스/물류분야 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술
		A-a-6.드론/항공분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	드론/항공분야 수소기술의 비교가능성을 보장하기 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 드론/항공분야야 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술
		A-a-7.수소도시의 전과정평가 방법론 개발	수소도시의 전과정평가를 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 수소도시 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술
	A-b.수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	A-b-1.수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	기존기술 및 수소기술의 전과정평가를 기반으로 수소기술 적용으로 나타나는 수소기술 및 기존기술의 탄소배출량 저감효과 평가 방법론을 개발하는 기술

대분류 기호	핵심기술	구성기술	기술정의
	A-c.환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증	A-c-1.환경성 평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증	개발된 전과정평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론의 적합성을 검증하기 위한 시범적용
B	B-a.수소기술의 전과정 비용(Life cycle cost) 평가 방법론 개발	B-a-1.수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가 방법론 개발	수소의 생산, 운송, 저장, 공급 및 사용의 전과정과 수소기술의 생산, 설치, 유지관리 및 폐기 전과정의 직접 비용, 그리고 탄소배출량 등 전과정 환경영향을 화폐가치로 환산한 간접 비용을 산출하여 수소기술의 전과정 비용 평가 방법론을 개발하는 기술
		B-a-2.탄소배출량의 화폐가치화(monetary evaluation) 방법론 개발	탄소배출량을 경제적 가치인 화폐단위로 산정하는 방법론을 개발하는 기술
		B-a-3.자원소모 등 기타 환경영향의 화폐가치화(monetary evaluation) 방법론 개발	자원소모, 산성화, 부영양화, 광화학산화물생성, 생태독성, 인간독성, 미세먼지 등 환경영향을 경제적 가치인 화폐단위로 산정하는 방법론을 개발하는 기술
C	C-a.수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발	C-a-1.수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발	수소의 생산, 운송, 저장, 공급 및 사용의 전과정과 수소기술의 생산, 설치, 유지관리 및 폐기 전과정에서 공정 임금, 아동 노동, 의료비 지출 등의 사회적 지표 평가 방법론을 개발하는 기술
		C-a-2.공정 임금 평가 방법론 개발	수소기술 전과정에서 사회적 지표인 공정 임금 평가 방법론을 개발하는 기술

대분류 기호	핵심기술	구성기술	기술정의
		C-a-3.아동 노동 평가 방법론 개발	수소기술 전과정에서 사회적 지표인 아동 노동 평가 방법론을 개발하는 기술
		C-a-4.의료비 지출 평가 방법론 개발	수소기술 전과정에서 사회적 지표인 의료비 지출 평가 방법론을 개발하는 기술
D	D-a.국제 표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발	D-a-1.국제 표준에 부합하는 전과정목록(LCI) DB 구축 가이드라인 개발	국제 표준에 부합하는 형식(ILCD 형식)의 문서화, 명명법, 데이터품질요건 (완전성,기술적/지리적/시간적 대표성 등), 영향평가 지원 범위 등 LCI DB 구축 가이드라인을 개발하는 기술
		D-a-2.개발된 DB의 GLAD 또는 LCDN 등록	국제 표준에 부합하는 수소기술의 LCI DB를 개발하고, LCI DB 국제 플랫폼인 GLAD 또는 LCDN에 등록하는 기술
		D-a-3.환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 구축 기술	국제표준에 부합하는 형식의 문서화, 명명법, 데이터 품질요건, 영향평가 지원 범위 등을 제3자에 의해 검증하는 체계를 마련하는 기술
	D-b.국제 표준에 부합하는 수소기술의 전과정목록(LCI) DB 구축	D-b-1.연구개발자, 기업, 전과정평가 전문가 대상 필요한 DB 수요조사	수소기술 연구개발자, 기업, 전과정평가 전문가를 대상으로 전과정평가를 위해 구축이 필요한 LCI DB 수요 조사
		D-b-2.국토교통분야 공통 수소기술(수소 생산)의 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 생산 경로별로 LCI DB 구축 기술
		D-b-3.국토교통분야 공통 수소기술(수소 운송)의 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 운송 기술별로 LCI DB 구축 기술
		D-b-4.국토교통분야 공통 수소기술(수소 저장)의 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 저장 기술별로 LCI DB 구축 기술

대분류 기호	핵심기술	구성기술	기술정의
		D-b-5.국토교통분야 공통 수소기술(수소 공급)의 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 공급 기술별로 LCI DB 구축 기술
		D-b-6.국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 국토교통분야 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축 기술
		D-b-7.국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기 관련 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 국토교통분야 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기(수거, 해체, 분리/선별, 재활용/재사용/소각/매립) 관련 LCI DB 구축 기술
		D-b-8.철도분야 수소기술의 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 철도분야 고유의 수소기술 LCI DB 구축 기술
		D-b-9.건물분야 수소기술의 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 건물분야 고유의 수소기술 LCI DB 구축 기술
		D-b-10.수소버스/물류분야 수소기술의 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소버스/물류분야 고유의 수소기술 LCI DB 구축 기술
		D-b-11.드론/항공분야 수소기술의 LCI DB 구축	LCI DB 구축 가이드라인에 따라 드론/항공분야 고유의 수소기술 LCI DB 구축 기술
		D-b-12.수소도시를 위한	LCI DB 구축 가이드라인에

대분류 기호	핵심기술	구성기술	기술정의
		수소기술의 LCI DB 구축	따라 수소도시 전과정평가에서 요구하는 수소기술 LCI DB 구축 기술
		D-b-13.수소기술 소유자의 자발적인 데이터베이스 구축, 검증 및 공개 프로세스 개발	기술 보안 문제를 회피하기 위하여 기술 소유자/개발자가 LCI DB 구축 방법론에 따라 DB를 개발하고, DB 관리자가 검증하고, 이를 등록하는 프로세스 구축 기술
	D-c,수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 DB 구축	D-c-1.수소기술별 생산 비용 DB 구축	수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 수소기술별 생산 비용 DB 구축 기술
		D-c-2.수소기술별 생산 설치 DB 구축	수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 수소기술별 설치 비용 DB 구축 기술
		D-c-3.수소기술별 유지관리 비용 DB 구축	수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 수소기술별 유지관리 비용 DB 구축 기술
		D-c-4.수소기술별 폐기 비용 DB 구축	수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 수소기술별 폐기(수거, 해체, 분리/선별, 재활용/재사용/소각/매립) 비용 DB 구축 기술
	D-d.수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축	D-d-1.수소기술 전과정평가 국내외 동향 조사 및 공유 체계	수소기술 전과정평가 국내외 동향 정보 공유를 동향 조사와 정보 공유 체계, 및 플랫폼 구현 기술
		D-d-2.소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 구축 기술	소프트웨어(윈도우, 맥, 리눅스) 및 프로그램 호환성(윈도우 익스플로러, 구글 크롬, 사파리)을 가진 플랫폼을 구축하는 기술

대분류 기호	핵심기술	구성기술	기술정의
		D-d-3.수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 예측을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현	단순화된 전과정평가 수행 플랫폼으로, 연구개발 대상 기술 또는 수소기술 적용 전에 최소한의 정보로 환경성 및 탄소중립 기여도를 예측할 수 있는 플랫폼 구축 기술
		D-d-4.수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 확인을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현	Screening 전과정평가 수행 플랫폼으로, 연구개발 완료 기술 또는 적용이 확정된 기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 결과를 확인할 수 있는 플랫폼 구축 기술
		D-d-5.온라인 전과정평가 결과의 검증 체계 구축	Screening 전과정평가 수행 절차 및 결과에 대한 전문가 검증 플랫폼 기술
		D-d-6.오프라인 전과정평가 지원 체계 구축	상세 전과정평가가 필요할 경우, 전문가에게 요청하고 오프라인으로 지원할 수 있는 체계 구축 기술
		D-d-7.국제표준 형식의 DB 관리도구 구축	국제표준 부합하 형식, DB 분류 체계, DB 추가/삭제, import, export, 전과정평가 플랫폼과의 연계 등을 구현하는 기술
		D-d-8.형식이 다른 타부처 및 해외 DB 맵핑 프로그램 개발 및 적용	형식이 다른 타부처 및 해외 DB를 플랫폼에 import 할 때, 플랫폼에 적합한 형식으로 맵핑하는 프로그램 개발 기술
		D-d-9.플랫폼의 유지관리 체계 구축	플랫폼 유지관리 기술
		D-d-10.대중의 수소기술의	대중의 수소기술에 대한

대분류 기호	핵심기술	구성기술	기술정의
		환경성 정보 제공 체계 구축	인식 제고를 위한 환경성 정보 등의 콘텐츠 개발 및 화면 구성 기술
		D-d-11.LCI DB를 이용한 환경영향범주별 결과 정보(midpoint, endpoint) 체계 구축	LCI DB를 이용한 환경영향범주별 결과 정보(midpoint, endpoint) 체계 구축 기술
E	E-a.수소기술의 환경성 인증 체계 구축	E-a-1.국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발	국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발 기술
		E-a-2.국내 수소기술의 환경성 인증 체계 구축	국내 수소기술의 환경성 인증 체계 구축 기술
		E-a-3.국내 수소의 환경성 인증 체계 구축	국내 수소의 환경성 인증 체계 구축 기술
		E-a-4.해외 수소 및 수소기술 환경성 인증 인증 프로그램과 상호인증 체계 구축	수소기술의 환경성 인증 관련 국내 인증 프로그램과 해외 인증 프로그램의 상호인증 체계 구축 기술
	E-b.수소기술의 환경성 정보 공개 체계 구축	E-b-1.수소기술 환경성 정보 공개 프로그램 개발 및 정보 공개 체계 구축	수소기술 환경성 정보 공개 프로그램 개발 및 정보 공개 체계 구축 기술
F	F-a.국제 표준에 부합하는 전과정평가 전문가 양성	F-a-1.국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 인력 양성 프로그램 개발 및 운영	국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 인력 양성 프로그램 개발 및 운영
		F-a-2.국제표준에 부합하는 전과정평가 전문기업 육성 프로그램 개발 및 운영	국제표준에 부합하는 전과정평가 전문기업 육성 프로그램 개발 및 운영
		F-a-3.국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 교육기관 육성 프로그램 개발 및 운영	국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 교육기관 육성 프로그램 개발 및 운영

3) 이슈 및 기술 우선순위 평가

- 분류된 이슈 및 기술에 대해서 1차 기술분과위원회를 개최하여 전문가를 대상으로 이슈 및 기술에 대한 우선순위 평가
 - 실시 목적: 전문가에 의한 수소의 전과정 환경성 평가 관련 이슈 및 기술에 대한 우선순위 도출
 - 실시 대상 : 기술분과위원회 (전과정평가 및 수소 관련 전문가 13명)
 - 이슈 및 기술의 우선순위 평가 방법

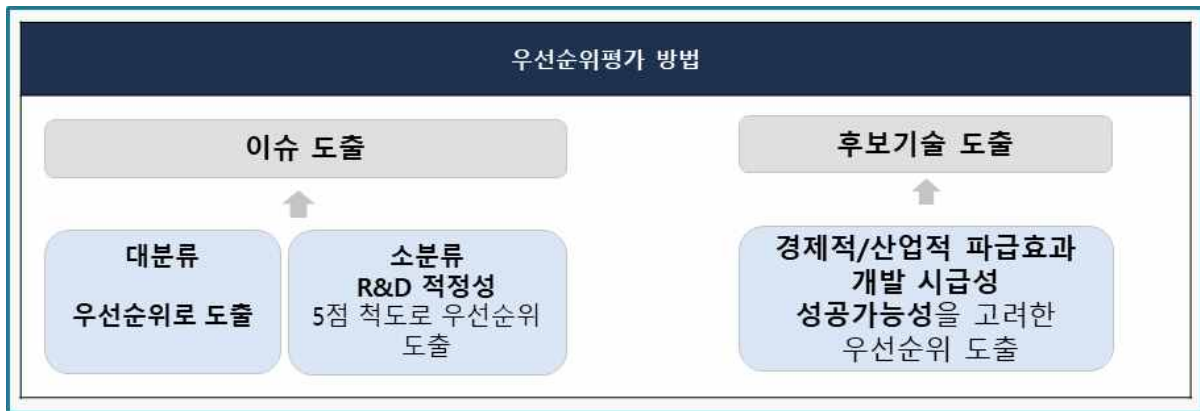


그림 51. 이슈 및 기술의 우선순위 평가 방법

- 대분류 이슈의 우선순위 평가 결과

우선순위	대분류 이슈
1	A. 탄소중립 (수소기술의 환경성)
2	D. 수소기술의 환경성평가 인프라
3	B. 수소기술의 경제성 평가
4	E. 수소기술의 환경성 커뮤니케이션

그림 52. 대분류 이슈의 우선순위 평가 결과

○ 중분류 및 소분류 이슈 우선순위 평가 결과

■ 이슈의 우선순위평가 결과 - A. 중분류&소분류 이슈

우선순위	중분류 이슈	소분류 이슈	R&D 적정성 (5점 만점)
1	수소기술의 환경성 평가 방법론 필요	국도교통분야 수소기술별 환경성 평가의 일관성 및 비교가능성 확보	3.8
2		환경성 평가의 국제표준 부합화	3.7
3		건물분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	3.6
4		철도분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	3.7
5		수소버스/물류분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	3.3
6		수소도시의 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	3.3
7	수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 필요	국도교통분야 수소기술의 탄소중립 기여도 확인	3.8
8	평가방법론의 적합성 검증 필요	환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론의 적합성 확인	3.8
9	수소기술의 환경성 평가 방법론 필요	드론/항공분야 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	3.2

■ 이슈의 우선순위평가 평가결과 - D 중분류&소분류 이슈 (1/2)

우선순위	중분류 이슈	소분류 이슈	R&D 적정성 (5점 만점)
1	수소기술 환경성 평가를 위한 DB 구축 필요	환경성 평가 DB 구축을 위한 가이드라인 필요	4.0
2		수소기술 환경성 평가 DB의 국제표준 부합화	3.8
3		국도교통분야 수소기술의 환경성 평가에 필요한 DB 목록 파악	3.1
3		국도교통분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 공통 DB 필요	3.7
5		건물분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요	4.0
6		철도분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요	3.8
7		수소버스/물류분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요	3.8
8		수소도시의 환경성 평가를 위한 DB 필요	3.8
9	DB 구축 방법론, DB 구축 방법론의 국제표준에의 부합화	환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 미비	3.6
10	수소기술 환경성 평가를 위한 DB 구축 필요	드론/항공분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요	3.8
11	수소기술의 경제성 평가를 위한 DB 구축 필요	수소기술별 생산 비용 DB 필요	3.3
12		수소기술별 설치 비용 DB 필요	3.3

이슈의 우선순위평가 평가결과 - D 중분류&소분류 이슈 (2/2)

우선순위	중분류 이슈	소분류 이슈	R&D 적정성 (5점 만점)
13	수소기술 환경성 평가를 위한 DB 구축 필요	DB 구축 시 기술의 보안 관리	3.1
14	수소기술 환경성평가 및 정보공유 플랫폼 구축 필요	연구개발자/정책개발자가 수소기술 연구개발 방향 및 수소기술 적용 방안 계획수립에 적용할 수 있는 환경성 평가 도구 필요	3.7
15	수소기술의 경제성 평가를 위한 DB 구축 필요	수소기술별 유지관리 비용 DB 필요	3.3
16	수소기술 환경성평가 및 정보공유 플랫폼 구축 필요	연구개발자/정책개발자가 수소기술 및 수소기술 적용 정책에 대한 환경성 및 탄소중립 기여도를 확인할 수 있는 도구 필요	3.7
17	수소기술의 경제성 평가를 위한 DB 구축 필요	수소기술별 폐기 비용 DB 필요	3.5
18	수소기술 환경성평가 및 정보공유 플랫폼 구축 필요	수소기술 환경성 평가 관련 국내외 동향 정보 공유 강화	2.9
19		연구개발자/정책개발자의 환경성 및 탄소중립 기여도 평가 결과의 적합성 확보	3.6
20		데이터베이스 관리 도구 필요	3.3
21		형식이 다른 DB의 정확한 import 방안 마련 필요	2.9
22		소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 부재	3.5
23		온-오프라인 환경성 평가 연계 방안 모색 필요	2.8
24		플랫폼의 지속적인 유지관리	2.7
25		대중의 수소기술에 대한 인식 제고	1.9
25		대중의 수소기술에 대한 인식 제고	1.9

이슈의 우선순위평가 평가결과 - B. 중분류&소분류 이슈

우선순위	중분류 이슈	소분류 이슈	R&D 적정성 (5점 만점)
1	환경영향을 포함하는 수소기술의 경제성 평가 방법론 필요	수소기술의 경제성 평가 방법론 필요	3.4
2		탄소배출량의 경제성 평가 방법론 필요	3.3
3		자원소모 등 기타 환경영향의 경제성 평가 방법론 필요	3.3

이슈의 우선순위평가 평가결과 - C. 중분류&소분류 이슈

우선순위	중분류 이슈	소분류 이슈	R&D 적정성 (5점 만점)
-	수소기술의 사회성 평가 방법론 필요	수소기술의 사회성(공정 임금, 아동 노동, 의료비) 평가 방법론 필요	2.8

이슈의 우선순위평가 평가결과 - F. 중분류&소분류 이슈

우선순위	중분류 이슈	소분류 이슈	R&D 적정성 (5점 만점)
1	양질의 일자리 창출	수소기술 환경성 평가를 위한 전문인력 부족	2.4
2		수소기술 환경성 평가 전문기업의 역량 강화	2.3
3		수소기술 환경성 평가 전문 교육기관 육성	2.4

그림 53. 대분류 이슈 우선순위별 중분류 및 소분류 이슈 우선순위 평가 결과

○ 후보기술의 우선순위 평가 결과

■ 후보기술의 우선순위평가 평가결과 - A. 핵심&구성 기술

우선순위	핵심기술			
1	A-a. 국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정평가 방법론 개발			
2	A-b. 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발			
3	A-c. 환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증			

우선순위	구성기술	경제적/산업적 파급효과	개발 시급성	성공 가능성
1	A-a-2. 국토교통분야 수소기술의 전과정평가 공통 방법론 개발	1	1	2
2	A-a-1. 수소기술 전과정평가를 위한 국제표준 조사	5	1	1
3	A-a-3. 철도분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	3	3	3
4	A-b-1. 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발			
5	A-a-4. 건물분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	2	4	5
6	A-a-5. 수소버스/물류분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	4	5	4
7	A-a-7. 수소도시의 전과정평가 방법론 개발	6	6	6
8	A-c-1. 환경성 평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증			
9	A-a-6. 드론/항공분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	7	7	7

■ 후보기술의 우선순위평가 평가결과 - D. 핵심&구성 기술 (1/3)

우선순위	핵심기술			
1	D-a. 국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발			
2	D-b. 국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정목록(LCI) DB 구축			
3	D-c. 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 DB 구축			
4	D-d. 수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축			

우선순위	구성기술	경제적/산업적 파급효과	개발 시급성	성공 가능성
1	D-a-1. 국제표준에 부합하는 전과정목록(LCI) DB 구축 가이드라인 개발	1	1	1
2	D-b-2. 국토교통분야 공통 수소기술(수소 생산)의 LCI DB 구축	1	1	2
3	D-b-1. 연구개발자, 기업, 전과정평가 전문가 대상 필요한 DB 수요조사	6	4	1
4	D-b-3. 국토교통분야 공통 수소기술(수소 운송)의 LCI DB 구축	2	2	3
5	D-b-4. 국토교통분야 공통 수소기술(수소 저장)의 LCI DB 구축	3	3	4
6	D-b-5. 국토교통분야 공통 수소기술(수소 공급)의 LCI DB 구축	4	5	6
7	D-b-6. 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축	5	6	5
8	D-b-7. 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기 관련 LCI DB 구축	7	7	7
9	D-a-2. 개발된 DB의 GLAD 또는 LCDN 등록	2	3	2

■ 후보기술의 우선순위평가 평가결과 - D. 핵심&구성 기술 (2/3)

우선순위	구성기술	경제적/산업적 파급효과	개발 시급성	성공 가능성
10	D-a-3. 환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 구축 기술	3	2	3
11	D-b-8. 철도분야 수소기술의 LCI DB 구축	9	9	8
12	D-b-9. 건물분야 수소기술의 LCI DB 구축	8	8	9
13	D-b-12. 수소도시를 위한 수소기술의 LCI DB 구축	11	11	12
14	D-b-10. 수소버스/물류분야 수소기술의 LCI DB 구축	10	10	10
15	D-b-11. 드론/항공분야 수소기술의 LCI DB 구축	13	13	13
16	D-b-13. 수소기술 소유자의 자발적인 데이터베이스 구축, 검증 및 공개 프로세스 개발	12	12	11
17	D-d-3. 수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 예측을 위한 전과정 평가 로직 설계 및 구현	1	1	2
18	D-d-1. 수소기술 전과정평가 국내외 동향 조사 및 공유 체계	7	3	1
19	D-d-2. 소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 구축 기술	6	6	2
20	D-d-4. 수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 확인을 위한 전과정 평가 로직 설계 및 구현	2	2	5

■ 후보기술의 우선순위평가 평가결과 - D. 핵심&구성 기술 (3/3)

우선순위	구성기술	경제적/산업적 파급효과	개발 시급성	성공 가능성
21	D-c-1. 수소기술별 생산 비용 DB 구축	1	1	1
22	D-c-2. 수소기술별 생산 설치 DB 구축	2	2	2
23	D-c-4. 수소기술별 폐기 비용 DB 구축	4	3	4
24	D-d-7. 국제표준 형식의 DB 관리도구 구축	5	5	4
25	D-c-3. 수소기술별 유지관리 비용 DB 구축	3	4	3
26	D-d-5. 온라인 전과정평가 결과의 검증 체계 구축	3	4	8
27	D-d-8. 형식이 다른 타부처 및 해외 DB 맵핑 프로그램 개발 및 적용	8	8	7
28	D-d-6. 오프라인 전과정평가 지원 체계 구축	4	7	6
29	D-d-11. LCI DB를 이용한 환경영향범주별 결과 정보 (midpoint, endpoint) 체계 구축	10	10	10
30	D-d-10. 대중의 수소기술의 환경성 정보 제공 체계 구축	11	11	11
31	D-d-9. 플랫폼의 유지관리 체계 구축	9	9	9

■ 후보기술의 우선순위평가 평가결과 - B. 핵심&구성 기술

우선순위	핵심기술			
-	B-a. 수소기술의 전과정 비용(Life cycle cost) 평가 방법론 개발			
우선순위	구성기술	경제적/산업적 파급효과	개발 시급성	성공 가능성
1	B-a-1. 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가 방법론 개발	1	1	1
2	B-a-2. 탄소배출량의 화폐가치화(monetary evaluation) 방법론 개발	2	2	2
3	B-a-3. 자원소모 등 기타 환경영향의 화폐가치화(monetary evaluation) 방법론 개발	3	3	3

■ 후보기술의 우선순위평가 평가결과 - E. 핵심&구성 기술

우선순위	핵심기술			
-	E-a. 수소기술의 환경성 인증 체계 구축			
우선순위	구성기술	경제적/산업적 파급효과	개발 시급성	성공 가능성
1	E-a-1. 국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발	1	2	1
2	E-a-2. 국내 수소기술의 환경성 인증 체계 구축	2	1	1
3	E-a-3. 국내 수소의 환경성 인증 체계 구축	4	3	3
4	E-a-4. 해외 수소 및 수소기술 환경성 인증 인증 프로그램과 상호인증 체계 구축	3	3	4
5	E-a-5. 수소기술 환경성 정보 공개 프로그램 개발 및 정보 공개 체계 구축			

■ 후보기술의 우선순위평가 평가결과 - C. 핵심&구성 기술

우선순위	핵심기술			
-	C-a. 수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발			
우선순위	구성기술	경제적/산업적 파급효과	개발 시급성	성공 가능성
1	C-a-1. 수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발	1	1	1
2	C-a-2. 공정 임금 평가 방법론 개발	2	2	2
3	C-a-4. 의료비 지출 평가 방법론 개발	3	3	3
4	C-a-3. 아동 노동 평가 방법론 개발	4	4	4

후보기술의 우선순위평가 평가결과 - F. 핵심&구성 기술

우선순위	핵심기술			
-	F-a. 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문가 양성			
우선순위	구성기술	경제적/산업적 파급효과	개발 시급성	성공 가능성
1	F-a-1. 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 인력 양성 프로그램 개발 및 운영	1	1	1
2	F-a-2. 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문기업 육성 프로그램 개발 및 운영	2	2	2
3	F-a-3. 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 교육기관 육성 프로그램 개발 및 운영	3	3	3

그림 54. 후보기술의 핵심 및 구성기술의 우선순위 평가 결과

2. Bottom-up 기술기획

1) 이해관계자 설문조사 방법

- 국토교통과학기술진흥원의 온라인 수요조사, 일부 전문가 대상 수요조사 및 전과정평가 학회를 비롯한 이해관계자를 대상으로 한 설문조사를 실시하였고, 이해관계자 설문조사로 모두 통합

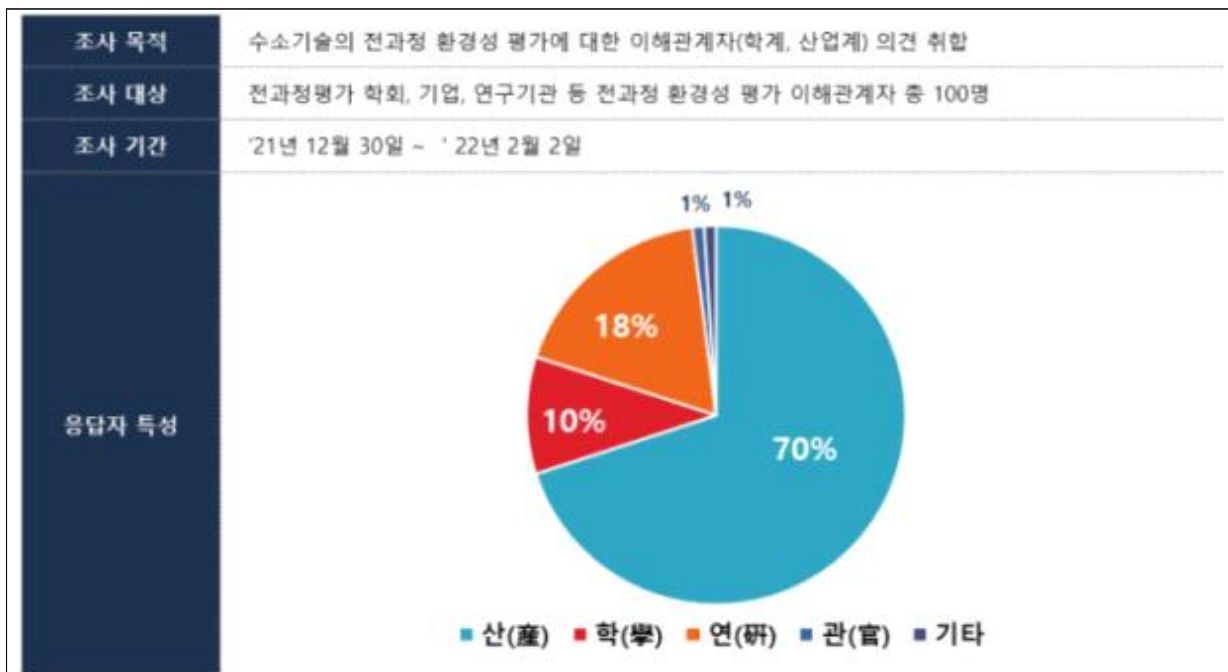


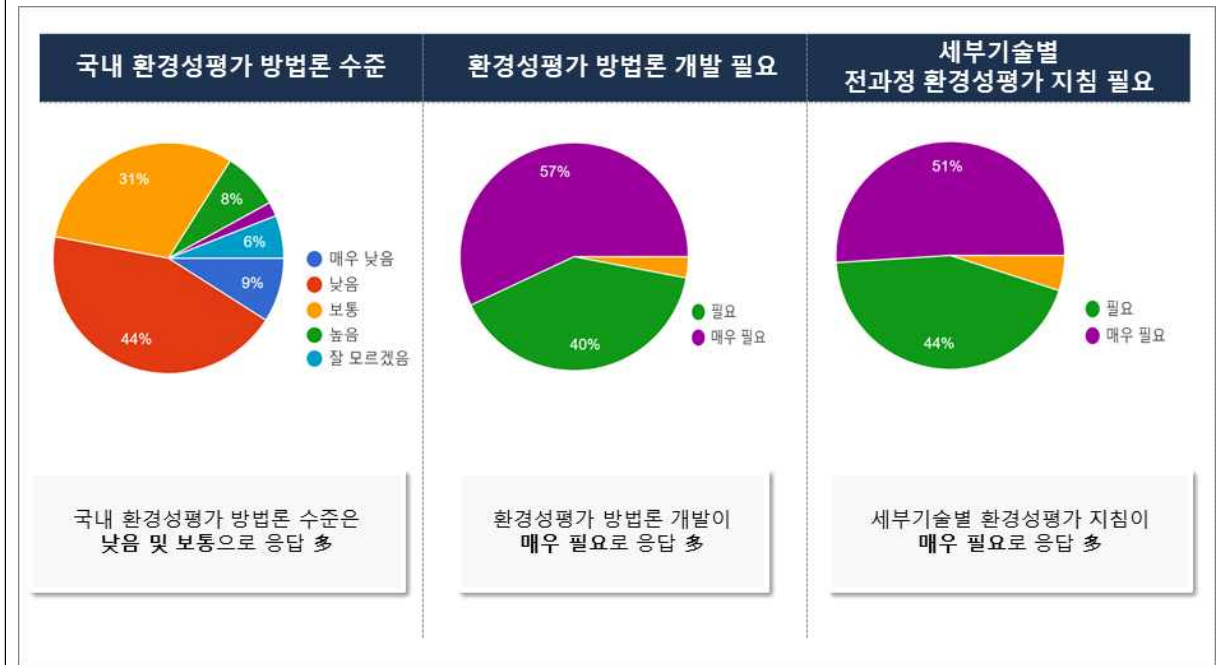
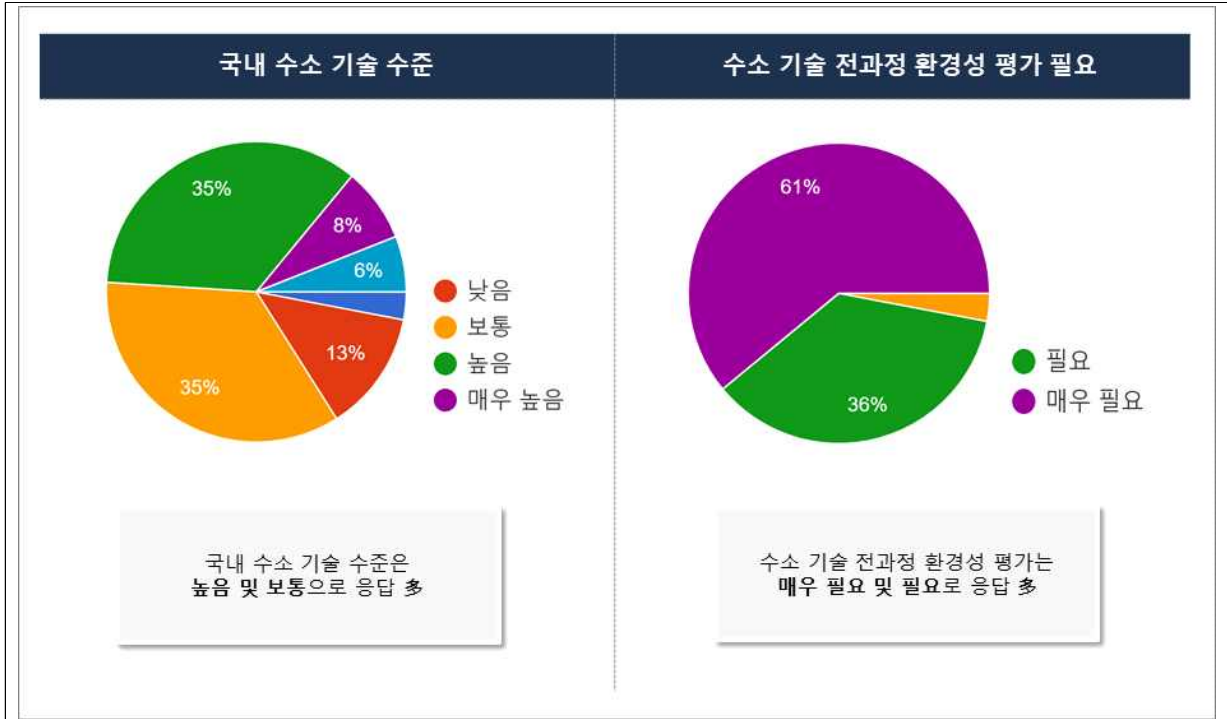
그림 55. 수소기술의 전과정 환경성 평가에 대한 이해관계자 설문조사

번호	내용
1	국내 수소 기술 수준
2	수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가의 필요성
3	국내 수소 기술 관련 전과정 환경성평가 방법론의 수준
4	수소 기술 전과정 환경성평가 방법론 개발 필요 여부
5	세부 기술별 전과정 환경성평가 지침 개발 필요 여부
6	수소 기술 전과정 환경성평가 방법론 개발시 가장 중요하게 고려해야 할 항목 (2종)
7	국내 수소 기술 관련 전과정목록 데이터베이스(LCI DB)의 수준
8	수소 기술의 환경성평가를 위한 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축 필요 여부
9	전과정목록 데이터베이스 구축이 필요한 수소 기술의 종류
10	국내 수소 기술 관련 전과정 환경성평가 플랫폼의 수준
11	수소 기술 전과정 환경성평가를 위한 고유 플랫폼 구축 필요 여부
12	수소 기술 전과정평가 플랫폼에 갖춰야 기능별 중요도

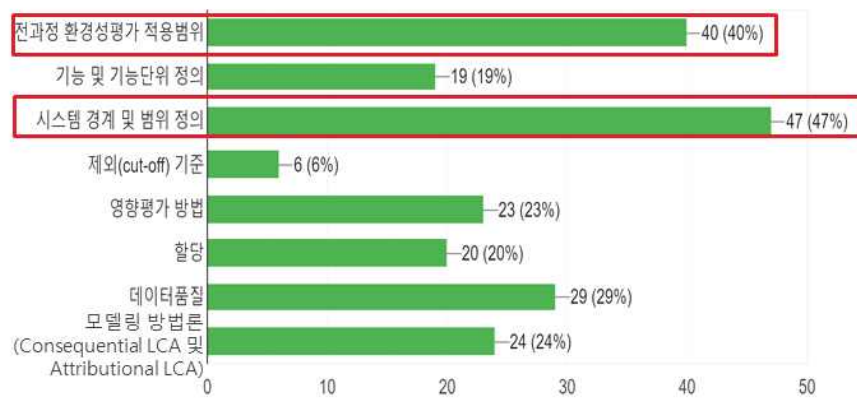
그림 56. 이해관계자 설문조사 항목

2) 설문조사 결과

- 수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가에 대해서 응답자의 대부분이 필요하다고 응답함
- 응답자 대부분(97%)이 수소 기술의 전과정 환경성 평가 방법론 개발이 필요하다고 응답
- 응답자 대부분(95%)이 세부 기술별 전과정 환경성 평가 지침이 필요하다고 응답
- 응답자 대부분(97%)이 수소 기술에 대한 전과정목록 데이터베이스 (LCI DB) 구축이 필요하다고 응답
- 응답자 대부분(73%)이 수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가를 위한 고유 플랫폼 구축이 필요하다고 응답

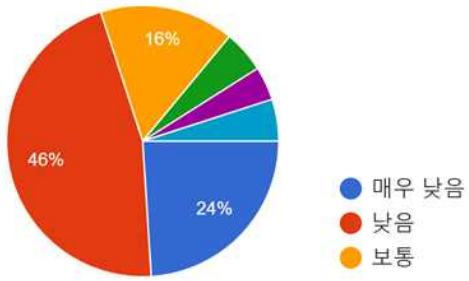


전과정 환경성 평가 방법론 개발시 가장 중요한 항목(2개)



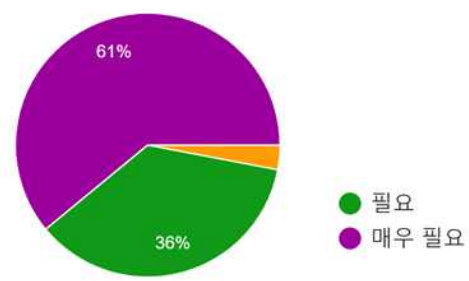
환경성 평가 방법론 개발 시, 적용범위 / 시스템경계 및 범위 정의가 가장 중요한 항목

국내 전과정목록 데이터베이스 수준



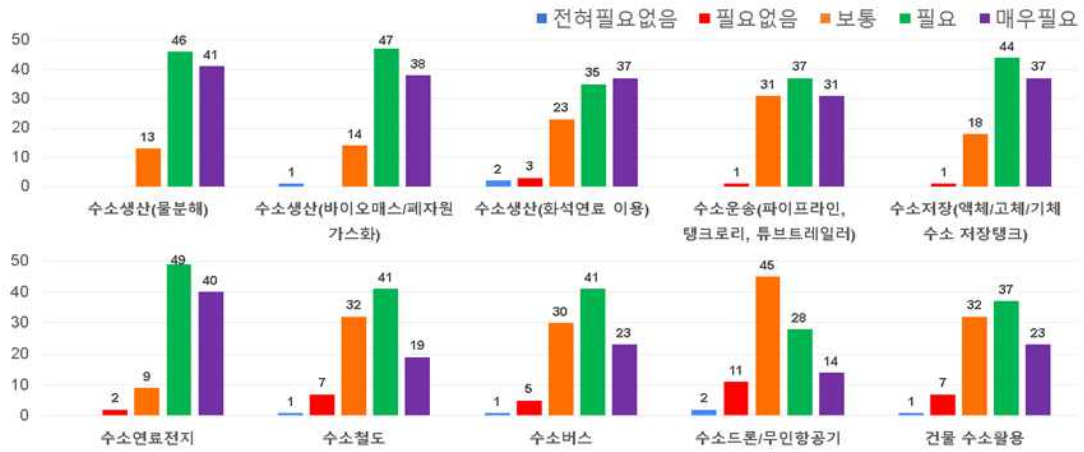
국내 LCI DB 수준은 낮음 및 매우 낮음으로 응답 다

전과정목록 데이터베이스 구축 필요



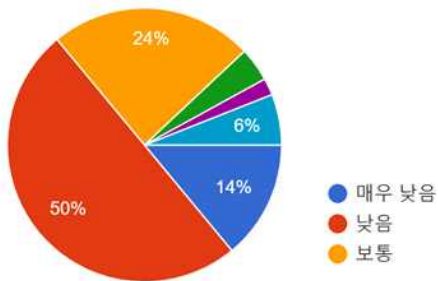
국내 LCI DB 구축이 매우 필요로 응답 다

전과정목록 데이터베이스 구축 대상 수소 기술



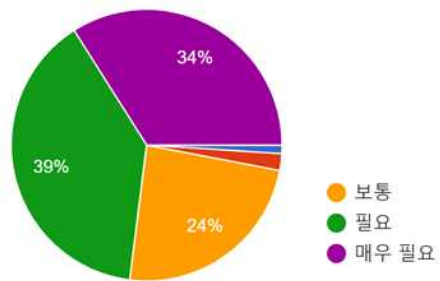
LCI DB 구축 대상 수소 기술은
수소생산 > 수소저장 > 수소운송
수소 연료전지 > 수소철도, 건물 수소활용 순으로 응답 多

전과정 환경성평가 플랫폼 국내 수준



환경성평가 플랫폼 국내 수준은
낮음 및 보통으로 응답 多

환경성평가 고유 플랫폼 구축 필요



환경성평가 고유 플랫폼 구축이
필요 및 매우 필요로 응답 多

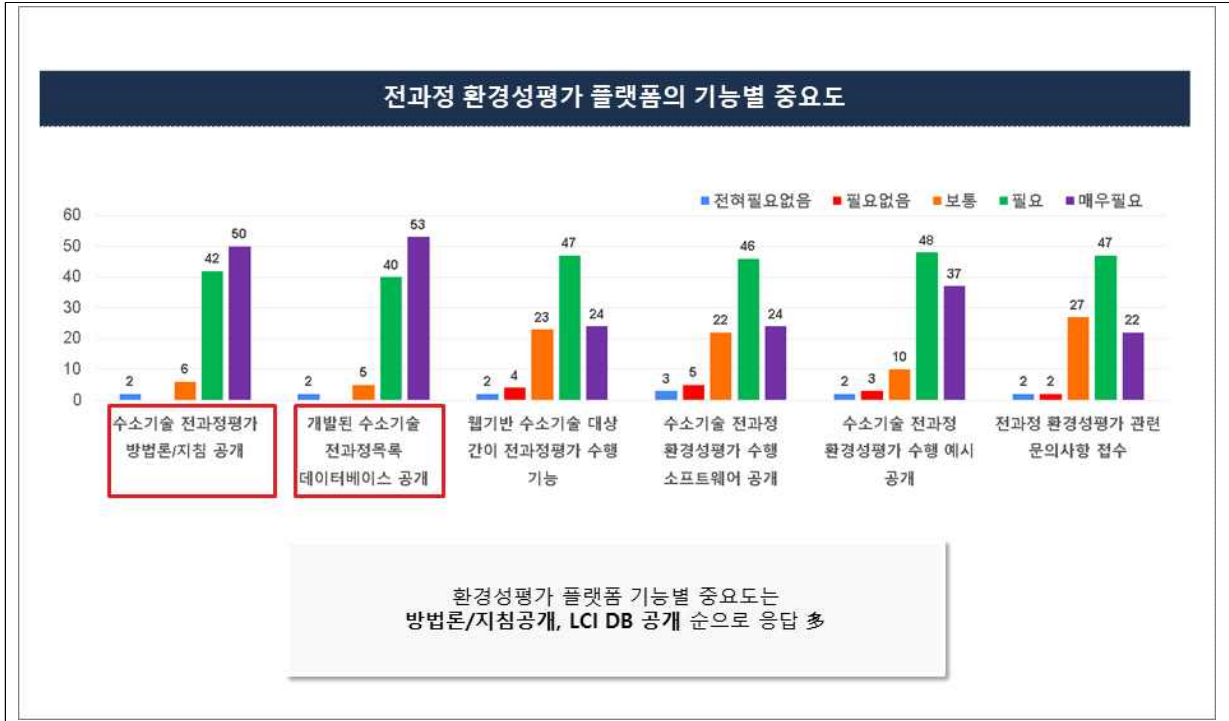


그림 57. 이해관계자 설문조사 결과

3. 개발 과제 구성

- 탄소중립과 전과정 환경성평가 인프라가 주요 이슈로서, 이에 대한 핵심과제로는 국제표준 등에 부합하는 국토교통분야 수소기술의 전과정 평가 방법론 및 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발과 전과정평가 수행에 필요한 전과정목록 데이터베이스 구축 및 전과정평가 수행 지원을 위한 플랫폼 구축이 구성됨

표 40. 후보과제 구성

이슈 (대분류)	핵심과제	세부과제
A. 탄소중립	A-a. 국제표준에 부합하는 전과정평가 방법론 개발	A-a-2. 국토교통분야전과정평가공통 방법론 개발 A-a-1. 전과정평가를위한 국제표준 조사 A-a-3. 철도분야 전과정평가방법론 개발 A-a-4. 건물분야전과정평가방법론 개발
	A-b. 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	A-b-1. 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발
	A-c. 환경성평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증	A-c-1. 환경성평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증
	D.환경성평가 인프라	D-a. 국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발
D-b. 국제표준에 부합하는 전과정목록(LCI) DB 구축		D-b-1. 연구개발자,기업, 전과정평가전문가 대상 필요한 DB 수요조사
		D-b-3. 국토교통분야 수소 기술(운송)의 LCI DB 구축
		D-b-4. 국토교통분야 수소 기술(저장)의 LCI DB 구축
		D-b-5. 국토교통분야 수소 기술(공급)의 LCI DB 구축
		D-b-6. 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축
		D-b-7. 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기 관련 LCI DB 구축
		D-b-8. 철도분야 수소기술의 LCI DB 구축
		D-b-9. 건물분야 수소기술의 LCI DB 구축
		D-b-10. 수소버스/물류분야 수소기술의 LCI DB 구축
		D-b-11. 드론/항공분야 수소기술의 LCI DB 구축
D-b-12. 수소도시를 위한 수소기술의 LCI DB 구축		

D-d. 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축	D-d-1. 전과정평가국내외 동향 조사 및 공유 체계
	D-d-2. 소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 구축 기술
	D-d-3 탄소중립 기여도 예측을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현
	D-d-4 탄소중립 기여도 확인을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현
	D-d-5. 온라인 전과정평가 결과의 검증 체계 구축
	D-d-6. 오프라인 전과정평가 지원 체계 구축
	D-d-7. 국제표준 형식의 DB 관리도구 구축
	D-d-8. 형식이 다른 타부처 및 해외 DB 맵핑프로그램 개발 및 적용

IV. 기술개발 목표[What]

1. 사업 목표

- (비전) 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발 및 시범 적용
- (내용) 국토교통부의 탄소중립 정책 및 목표 달성의 부합성을 실증할 수 있는 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발 및 실증, 전과정목록 데이터베이스 구축, 전과정평가 플랫폼 구축 및 실증
- (목표) 국토교통분야 수소 기술에 적용 가능한 전과정평가 방법론 개발·실증 및 플랫폼 개발 1건
- (성과물) 국제기준에 부합하는 전과정평가 방법론 및 전과정목록데이터베이스, 전과정평가 플랫폼 구축 등

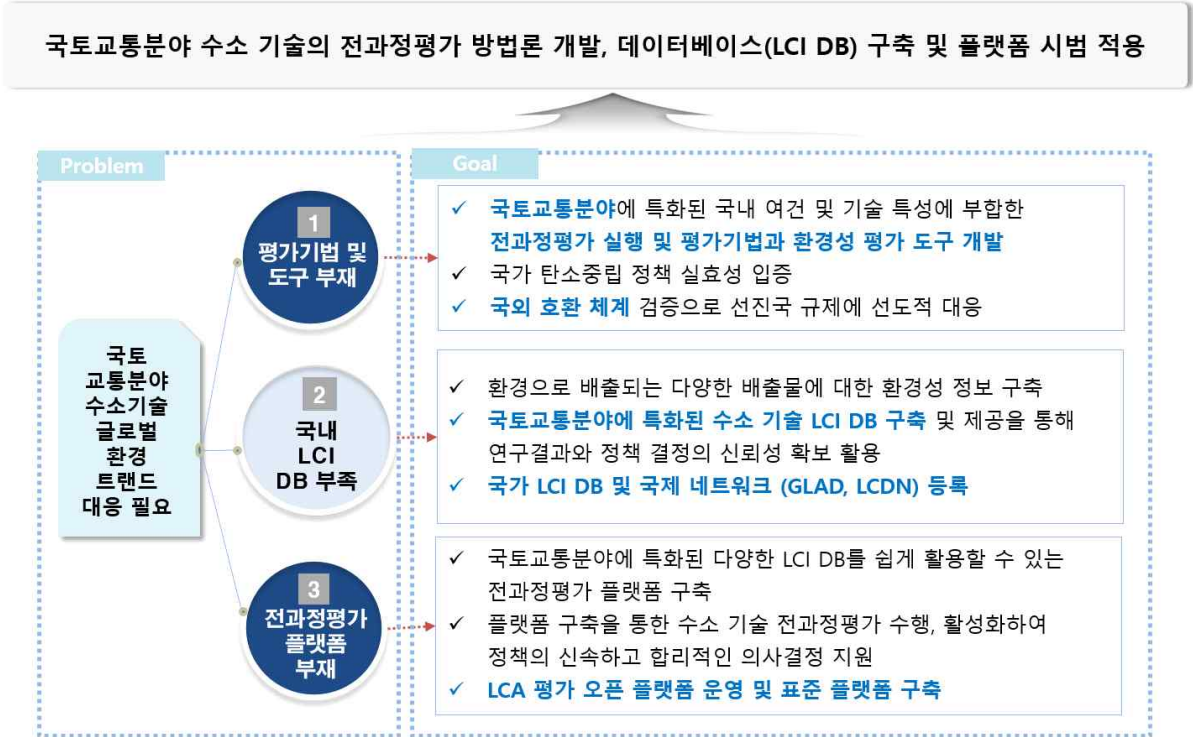


그림 58. 사업 목표 도식화

2. 성과 목표

□ 최종성과물

- (성과물) 국토교통분야 수소 기술에 적용 가능한 전과정평가 방법론 개발·실증 및 플랫폼 개발 1건

□ 핵심기술 성과지표

○ 핵심기술별 목표

- 핵심기술 1: 수소 활용기술 전과정 환경성 평가 방법론 개발
 - 국토교통분야 수소 기술 공통 LCA 방법론 개발 1건
 - 국토교통분야 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발 1건
 - 개발한 방법론에 대한 국내·외 전문가(기관) 검증 2건
- 핵심기술 2: 수소 활용기술 전과정목록 데이터베이스 구축
 - 국토교통분야 수소 기술의 LCI DB 관리 방안 제안 1건
 - 국토교통분야 수소 기술 LCI DB 구축 40건 이상
- 핵심기술 3: 수소 활용기술 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축
 - 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 1건
 - 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 시범 적용 사례 2건

□ 핵심기술 성과목표 및 지표

- “탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획” 내 세부 단계별 성과지표 도출을 위한 성과지표 Pool은 ‘국가연구개발사업 표준성과지표’를 준용하여 유형별 성과지표 중 사업 성과 목표에 부합하는 질적 지표 추출
- 질적 지표를 기준으로 사업성과를 측정하되, 최소한의 정량적 목표 부과 - 논문, 특허, 공식리포트, 정책반영
- 과학적 성과지표 (질적 지표) : 게재학술지의 우수성 (표준화된 영향력지수)
- 기술적 성과지표 (질적 지표) : 특허 SMART

표 41. 성과목표 및 지표 총괄표

구분	내용								
전략 목표	국토교통분야 수소 기술에 적용 가능한 전과정평가 방법론 개발·실증 및 플랫폼 개발								
성과 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 환경성 평가 방법론 개발 및 실증 • 수소 활용기술 LCI DB 구축 • 수소 활용기술 전과정 환경성 플랫폼 구축 								
단계별 성과 목표	1단계(2023~2025)			2단계(2024~2027)			3단계(2025~2027)		
	환경성 평가 방법론 개발 및 실증			수소 활용기술 LCI DB 구축			수소 활용기술 전과정 환경성 플랫폼 구축		
성과 지표	지표명	지표 구분	가중치	지표명	지표 구분	가중치	지표명	지표 구분	가중치
	계재 학술지 등록건수 및 우수성 (표준화된 영향력지수)	결과/ 질	0.4	계재 학술지 등록건수 및 우수성 (표준화된 영향력지수)	결과/ 질	0.3	계재 학술지 등록건수 및 우수성 (표준화된 영향력지수)	결과/ 질	0.3
	국제 회의용 공식리포트 등록건수	결과	0.3	LCI DB 등록건수	결과	0.4	특허 등록건수/ SMART	결과/ 질	0.3
	특허 등록건수/ SMART	결과/ 질	0.1	국제 회의용 공식리포트 등록건수	결과	0.3	정책 반영건수	결과	0.4
	실증 적용건수	결과	0.2						
	SCI 논문, 국내외 특허출원/등록, 공식리포트 등록	양	최소 기준	SCI 논문, LCI DB 등록, 공식리포트 등록	양	최소 기준	SCI 논문, 국내외 특허출원/등록, 정책반영	양	최소 기준
합계			1.0	합계		1.0	합계		1.0

표 42. 핵심기술 성과지표

성과지표명	목표치						검증방안
	'23	'24	'25	'26	'27	합계	
국토교통분야 수소 기술의 성숙도별 전과정평가 적용 방안 제안	1					1	- 국내 및 해외 전문기관을 통한 수소 기술의 성숙도별 전과정평가 적용 방안 검증 및 검증 보고서 1건 - 성숙도별 전과정평가 가이드라인 1건
국토교통분야 수소 기술의 공통 전과정평가 방법론 개발(건)	1					1	- 기능 및 기능 단위 설정, 시스템 경계, 할당 규칙, 데이터 품질, 불확도, 전과정 영향평가 방법 등 개발사항 검증 - 수소 활용 기술의 특징 반영 여부 검증 - 검증기준으로 ISO/TS 14071 적용 - 국내 및 해외 전문기관을 통한 수소 기술의 공통 전과정평가 방법론 검증 및 검증 보고서 1건 - 공통 전과정평가 방법론 1건
국토교통분야 수소 기술의 분야별 전과정평가 방법론 개발(건)			2	1		3	- 검증기준으로 ISO/TS 14071 적용 - 수소 기술 분야별 특징 반영 여부 검증 - 국내 또는 해외 전문기관을 통한 수소 기술의 분야별 전과정평가 방법론 검증 및 검증 보고서 3건 - 분야별 전과정평가 방법론 3건
국토교통분야 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발(건)		1				1	- 수소 활용 기술의 도입 및 이에 따른 시장의 결과(Consequence)(기존 기술 대체 효과 등), 일관성 및 비교가능성 반영 여부 검증 - 국내 또는 해외 전문기관을 통한 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 검증 및 검증 보고서 1건 - 탄소중립 기여도 평가 방법론 1건
국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 관리 방안 제안(건)	1					1	- 제 3자 검증을 통한 데이터베이스 품질 보증 검증 - 검증기준으로 ISO/TS 14071 적용 여부 확인 - 국내 전문가 자문위원회를 통한 검증 - 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 관리 방안 제안서 1건
전과정목록 데이터베이스 구축(건)		10	10	10	10	40	- 국제 플랫폼(GLAD 등)등록 절차를 통한 검증 - 데이터베이스 해외 플랫폼 등록수 40건
국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 개발(건)			1			1	- 국내 전문가 자문위원회 및 시범운영을 통한 검증 - 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 1건
국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 시범 적용 사례(건)				1	1	2	- 시범적용 결과에 대한 국내 또는 해외 전문기관을 통한 검증 - 전문기관 검증 보고서 1건 - 시범적용 보고서 2건 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 시범 적용 사례 보고서 2건

□ 핵심연구 성과지표

표 43. 세부과제별 성과목표 및 성과지표 설정 예시

분야	세부과제	성과지표	측정방법	목표치 설정근거
환경성 평가방법론 개발 및 실증	수소 활용 기술 LCA 방법론	논문	SCI학술지 게재건수	- 수소 LCA 방법론 논문 3편
		국제회의용 공식리포트	등록건수	- 수소 LCA 방법론 국제회의 공식리포트 1건
		특허	등록건수	- 수소 LCA 방법론 특허등록 1건
		실증	적용건수	- 수소시범도시 탄소중립기여도 평가 보고서 1건
LCI DB 구축	수소 활용기술 LCI DB	논문	SCI학술지 게재건수	- 수소 수송 LCI DB 3편
		등록건수	등록건수	- 국가 LCI DB 등록건수 40건
		국제회의용 공식리포트	등록건수	- 수소 LCI DB 국제회의 공식리포트 1건
전과정 환경성 평가 플랫폼 구축	수소 활용 기술 전과정 환경성 플랫폼 구축	논문	SCI학술지 게재건수	- 수소 전과정 환경성 플랫폼 논문 2건
		지식재산권	특허출원 건수	- 수소 전과정 환경성 평가 플랫폼 1건
		정책	정책반영 건수	- 국토부 수소 관련 정책 2건

□ 정량성과지표

○ 특허등급지수(SMART): 4

- 목표치 설정방법:

- (1차년) 최근 5년간('15~'19) 국토교통 R&D의 특허등급지수의 평균 값(3.97)을 '20년 목표치로 설정함

표 44. 최근 5년간('15~'19) 국토교통 R&D 특허등급지수

연도	'15	'16	'17	평균
지수	4.03	3.80	3.99	3.97
연도	'18	'19		
지수	3.99	4.03		

- (2차년 이후) 매년 전년도 목표치 보다 3% 증가한 값으로 목표치를 증가

- 측정산식:

- 특허등급평균 = $\frac{1}{N} \sum_i A_i$

(A_i : 등급별 국내외 특허등록 SMART 등급, N: 특허건수)

- 특허 등급별 배점

표 45. 특허 등급별 배점

등급	배점
AAA	9
AA	8
A	7
BBB	6
BB	5
B	4
CCC	3
CC	2
C	1

- 측정방법:

- 당해연도 말 NTIS에 등록완료된 특허등록 실적을 대상으로 한국발명진흥회의 SMART 등급 확인 후 특허등급 지수를 산출
- 당해연도 말 NTIS에 등록완료된 특허등록 실적을 대상으로 한국발명진흥회의 SMART 등급 확인 후 특허등급 지수를 산출

○ 논문지수: 60

- 목표치 설정방법:

- (1차년) 최근 5년간('15~'19) 국토교통 R&D의 학술지 게재 논문지수의 평균 값(59.08)을 목표치로 설정함

표 46. 최근 5년간('15~'19) 국토교통 학술지 게재 논문지수

연도	'15	'16	'17	평균
지수	52.84	58.10	64.09	59.08
연도	'18	'19		
지수	59.39	60.99		

- (2차년 이후) 질적으로 우수한 논문 성과를 지속적으로 창출하기 위해 매년 전년도 목표치 보다 3% 증가한 값으로 목표치를 증가

- 측정산식:

- 학술지 게재 논문 지수 = $\sum(\text{표준화된 순위보정영향력 지수}) / \sum(\text{SCI(E) 논문 건수})$

- 측정시기 및 방법:

- 당해연도 말 NTIS에서 검증완료된 SCI(E) 논문을 대상으로 JCR 분류에 따라 해당 저널 Impact Factor 순위를 확인 후 표준화된 순위보정영향력 지수를 산출
- 동 저널이 여러 분야에 중복되는 경우 각 중복분야에서 학술지가 차지하는 표준화된 순위보정영향력 지수의 평균값을 사용
- 국토교통 R&D 사업관리시스템, NTIS 등을 통한 SCI(E) 검증 및 JCR 분류에 따른 IF 순위 확인

□ As-Is vs To-Be

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'23년 수준	최종 목표수준	
	~'22	'23	'27(종료년도)	'28~(종료이후)
국토교통분야 수소 기술 전과정평가 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론 플랫폼 구축 부족 (국내) 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론, LCI DB, 플랫폼 부재 (국외) 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론 개발, LCI DB, 플랫폼 보유 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 플랫폼 구축 착수 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 플랫폼 구축 완료 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론, 탄소중립기여도 평가 방법론 개발 국토교통분야 수소 기술 LCI DB 구축 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 플랫폼 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 및 탄소중립기여도 평가 민간과 연계하여 전과정평가 및 탄소중립기여도 평가 추진
전과정평가 개념도	<p>국토교통분야 수소기술</p> <ul style="list-style-type: none"> 수소도시 분야 수소건물 분야 수소물류 분야 수소버스 분야 수소철도 분야 수소항공 분야 ... <p>서비스 제공</p>	<p>국토교통분야 전과정평가 플랫폼 구축 및 실증</p>		

그림 59. As-Is vs To-Be

표 47. As-Is vs To-Be

구 분	기술 현황 및 도입시 효과 전망		
	방법론	LCI DB	플랫폼
As-is	<ul style="list-style-type: none"> 환경성적표지, 녹색건축물 인증 등 인증 중심의 방법론 존재 수소 생산, 전주기 경제성/환경성 평가 방법론 개발 중(산업부) 	<ul style="list-style-type: none"> 환경성적표지 인증 중심의 LCI DB 존재 수소 활용 기술 DB 부재 DB의 체계적인 품질평가 체계 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 환경성적표지 인증 플랫폼(EZ EPD)운영 탄소자원화 고유의 전과정평가 플랫폼을 개발하여 운영 수소 활용 기술의 탄소중립 기여도 평가 정책 결정 지원 등의 목적으로 사용 불가
To-be	<ul style="list-style-type: none"> 공간단위의 환경영향 저감효과 정량화 및 탄소중립 기여도 평가 가능 국토교통분야 탄소중립형 기술·정책 구축 시 기본자료 및 정책 수립 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 활용 기술의 전과정평가 및 탄소중립 평가 기반 마련 전과정목록 데이터베이스의 국산화 실현 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 활용기술 전과정평가 인프라 구축 수소 활용기술에 대한 전과정평가 수행 가능

V. 사업 추진방안[HOW]

1. 추진체계 및 전략

□ 추진체계

- (추진체계) 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발 및 시범 적용은 3개의 중점기술 개발을 위해 산·학·연 협동연구체계로 연구단급 사업추진

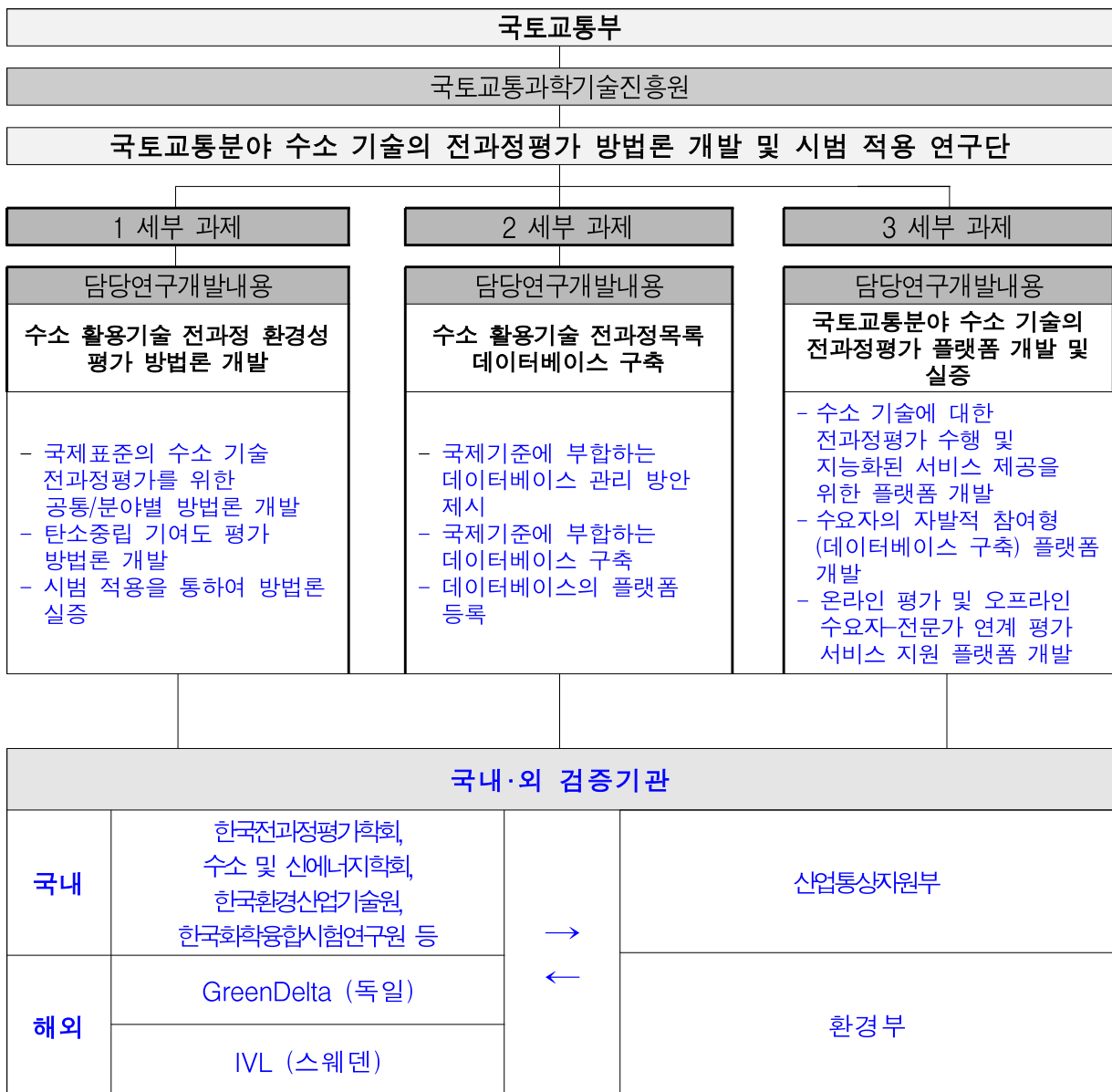


그림 60. 추진체계

○ 사업추진 주체별 역할분담

표 48. 사업추진 주체별 역할분담

주체	역할 및 기능
<p>주관부처 (국토교통부)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 사업총괄 부처(최상위 의사결정기관) • 사업의 추진과 관련된 정책적 판단 및 의사결정 • 사업 시행계획 수립 • 사업 투자우선순위 결정 등
<p>전문기관 (국토교통과학기술 진흥원)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 연구단 기획·평가·운영위원회 구성·운영 • 연구단 진도 및 실적 점검 • 연구단 및 중점, 세부과제 선정·단계·최종평가 • 사업진도 및 연구개발 성과에 대한 검증 및 평가 수행 • 각 기술 분야 산학연 전문가들로 구성된 평가위원회를 이용하여 관계법령에 따라 선정평가, 연차 단계평가, 최종평가 등을 시행(연차평가, 현장실태 점검, 중간실적 및 계획 평가, 최종성과 평가) • 기술 확산 및 정책 활용성 검토 등
<p>연구단 (연구단장)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 사업추진을 위한 컨소시엄 구성 • 세부과제 진도관리·자체평가·참여기관 간 역할배분 등 • 연구성과 관리 및 사업화 지원 • 연구성과 보급·확산 및 홍보
<p>연구개발사업 협의체 (사업협력기관)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 통합과제와 세부과제 간 사업추진 방향과 운영에 대한 실무 협의 • 세부과제 간 과제, 예산 조정 협의 • 후속과제 기획 협의

□ 추진전략

- 평가 방법론 구축에 필요한 단위기술의 유기적 연계를 통해 패키지화된 기술개발 성과물 도출
 - 수소기술의 환경부하 정량적 평가 구축에 필수적인 세부 핵심 요소 기술인 평가 방법론, 데이터베이스, 플랫폼 구축을 단위과제 단위로 구성
 - 3개 단위과제 유기적 연계성 강화를 위해 연구단 과제 형태로 기술개발 추진
- 개발기술의 실용도 확보를 위한 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계방안 수립
 - 기술 수요기관의 충분한 의견 수렴을 통한 실용성 확보 및 관계부처와의 네트워크 구축
- 개발기술의 국내외 표준 등과의 부합성 및 범용성 확보를 위해 단계적 검증과 시범사례 분석 등 수행
 - 기술의 완성도 제고, 개발 기술의 국제 표준과의 부합성 및 범용성 확보를 위하여 외부 전문가 검증단 운영, 국제 전과정목록 데이터 베이스 국제 플랫폼 등록, 시범사례 분석 등을 수행

2. 과제 선정·관리·평가계획

- (과제 선정방식) 사전기획 내용 및 기술수요 조사 등을 반영한 Top-down(지정공모) 방식을 통해 평가기준에 따른 선정
- (과제 관리방식) 성과관리 방안
 - 본 플랫폼 개발 사업은 세부과제 수행 기관 선정에서부터 종료 후 추적 평가에 이르기까지 성과를 모니터링하고 관리
- (과제 평가 방안) 세부과제별 성과목표를 정성적 및 정량적으로 평가
 - (1세부) 수소 활용기술 전과정 환경성 평가 방법론 개발에 대한 정성적 및 정량적 평가 실시
 - (2세부) 수소 활용기술 전과정목록 데이터베이스 구축에 대한 정성적 및 정량적 평가 실시
 - (3세부) 수소 활용기술 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축에 대한 정성적 및 정량적 평가 실시



그림 61. Top-Down 과제도출

3. 소요예산 및 재원조달 계획

□ 소요예산

○ 연차별 투자계획

(백만원)

구분 (사업기간)	총사업비	연차별 투자계획						
		'22		'23	'24	'25	'26	'27
		한도내	(한도외)					
합계	9,000			1,000	1,650	2,650	2,000	1,700
○ 국고	9,000			1,000	1,650	2,650	2,000	1,700
■ 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발 및 시범 적용	9,000			1,000	1,650	2,650	2,000	1,700
○ 민간매칭 등	-	-	-	-	-	-	-	-

표 49. 연차별 투자계획

□ 재원조달계획

- 재원분담율 : 국고(회계) : 지방비 : 민자 = 100 : 0 : 0
- 기술적으로도 이윤을 목적으로 한 기업의 선행 투자 및 민간 매칭이 어려운 단계로서 정부의 적극적인 투자 필요
- 환경부 및 산업부에서 추진한 전과정평가 소프트웨어 및 전과정목록 데이터베이스 개발사업 모두 전액 정부투자로 수행

표 50. 환경부 LCI DB 구축 사업 사례('22)

구분	내용
사업명	· LCI DB 전면 개편 및 국제 플랫폼 등록 구조·세부체계 구성
공고기관	· 환경부 한국환경산업기술원
사업기간	· 계약 후 ~ 2022.12.15.까지(약 8개월)
소요예산	· 3,451,500천원(부가세 포함)
과업내용	· LCI DB 전면 개편 및 국제 플랫폼 등록 구조·세부체계 구성
	· 수출품목 원료 및 기반 산업부문의 LCI DB 제·개정 - 수출규제 제품과 주요 수출품목 원료 및 기반 산업의 150개 LCI DB 제·개정
	· 국제 LCI DB 공유 플랫폼(GLAD 등) 등록

표 51. LCA 및 LCI DB 구축 정부투자 사업 사례

년도	과제	공고 기관
2021	환경부 LCI DB 제·개정	환경부 한국환경산업기술원
2021	ezEPD 기능개선을 통한 LCI DB 통합관리시스템 구축·운영 ISP 수립	환경부 한국환경산업기술원
2021	LCA를 고려한 수소에너지 열량환산기준 및 온실가스 배출계수 방법론 개발	한국에너지공단
2020	환경성적표지 전용프로그램(ezEPD)을 활용한 녹색건축 인증평가용 LCA 산정 프로그램 개발	환경부 한국환경산업기술원
2020	환경부 LCI DB 제·개정	환경부 한국환경산업기술원
2020	건축자재 분야 물질·공정별 DB 제·개정	환경부 한국환경산업기술원
2019	환경부 LCI DB 제·개정	환경부 한국환경산업기술원
2017	제품 환경 KS 운영 기반 강화를 위한 물질·공정별 LCI DB 구축 및 국가 LCI DB 로드맵 수립	산업통상자원부 국가기술표준원
2014	국가 LCI DB 구축방법 국가 표준(안) 개발	산업통상자원부 국가기술표준원
...

4. 위험요인 및 극복방안

□ 기술개발의 한계 및 극복방안

표 52. 기술개발의 한계점 및 해결방안

핵심기술	한계점	해결방안
수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	<ul style="list-style-type: none"> 수소 활용 기술을 위한 탄소중립 기여도 및 환경성 관리 목표 불명확, 평가 방법론 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 기존기술과 수소기술의 탄소배출량 저감효과 평가·비교 방법론 개발
국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발	<ul style="list-style-type: none"> 국제 기준에 부합하는 평가 체계 부재로 당 분야 글로벌 플랫폼 참여 부진 	<ul style="list-style-type: none"> 국제표준에 부합하는 형식(ILCD 형식)의 문서화, 명명법, 데이터 품질요건(완전성, 기술적/지리적/시간적 대표성 등), 영향평가 지원 범위 등 LCI DB 구축 가이드라인 개발 EU JRC의 미드포인트 환경영향범주 16개, 엔드포인트 12개 총 28개로 확대하여 국제표준에 부합하는 DB 구축 방법론 개발
국제표준에 부합하는 수소 기술의 전과정목록(LCI) DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> 수소 관련 LCI DB 전무 표준화된 국제 수준의 DB 부재로 신뢰도 저하 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 관련 LCI DB 구축방안 LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 생산/운송/저장/공급/제조/폐기 기술별 LCI DB 구축 LCI DB 구축 가이드라인에 따라 철도/건물/수소버스·물류/드론·항공/수소도시 분야 고유의 수소기술 LCI DB 구축 수소관련 LCI DB의 신뢰도 확보 방안 수소기술 데이터베이스의 품질기준 수립 신뢰성 진단을 위한 수소 데이터 품질관리체계 분석 데이터 품질수준 진단을 위한 조직위원회 구성
수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> 수소기술의 전과정평가 플랫폼 및 인프라의 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 수소기술 전과정평가 국내외 동향 정보 공유를 동향 조사와 정보 공유 체계 및 플랫폼 구현 기술 개발 형식이 다른 타부처 및 해외 DB를 플랫폼에 import 할 때, 플랫폼에 적합한 형식으로 매핑하는 프로그램 기술 개발

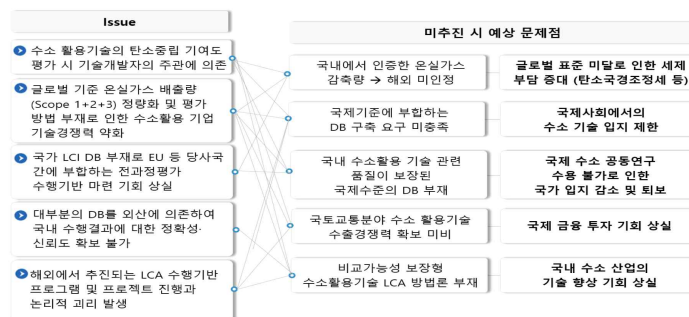


그림 62. 이슈 및 미추진시 예상 문제점

5. 신재생에너지 R&D 투자 패키지와의 연계방안

□ 기존 사업과의 차별성 및 연계방안

- 현재 수소기반 과제를 수행하고 있는 타 부처 사업에서는 수소의 환경성 평가보다는 수소기술에 대한 고도화 사업 비중이 높음
- 또한 유사 과제 사업에서는 수소의 경제성 분석 및 수소 생산 공정별 LCI DB 구축 연구를 진행하고 있어 본 사업의 핵심 목표인 수소 전 기술에 대한 전과정 환경성 평가, LCI DB 및 플랫폼 구축과는 분야 차별성이 있음
- 본 연구는 기존 사업 성과물을 통해 국토교통분야 수소 기술의 원료인 수소 원료에 대한 탄소배출량 산정 시 활용·연계 가능성을 확인

표 53. 기존 사업과의 차별성 및 연계방안

사전 확보기술		⇒	본 핵심 R&D 필요 기술명	⇒	후속/연계 활용기술 (본 사업 핵심/구성기술에서)	
선행 기술명	건설 시설물별 탄소배출량 산정 기술		수소 기술의 전과정 방법론 개발, LCI DB 및 플랫폼 구축 기술		기술명	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 구축 및 실증 기술
연계 대상물	도로, 철도, 항만 등 주요 건설 인프라		대상 성과물	<ul style="list-style-type: none"> 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가 		
활용 방안	저탄소 인프라 설계		활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 기여도 평가 시스템으로 활용 		

기술연계	과제 개요	연계대상 성과물	차별성/연계성
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 해외 CO₂-free 수소공급망 구축을 위한 핵심 기술 개발 및 검증 연구 ('20. 10. ~ '21. 09.) 	<ul style="list-style-type: none"> 해외 수소공급 시나리오 	<ul style="list-style-type: none"> (차별성) 해외 수소 공급 시나리오 또는 청정수소 생산공정 LCI DB로서, 국토교통분야 외 수소 생산 기술 대상으로 분야에서 차별성 있음
<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 청정수소 인증제도 설계 기술개발 ('21. 11. ~ '23. 12) 	<ul style="list-style-type: none"> 청정수소 생산공정 LCI DB 	<ul style="list-style-type: none"> (연계성) 국토교통분야 수소 기술의 원료인 수소의 탄소배출량에 활용 	

□ 중점기술(투자필요영역)

- (추진목표 달성 연계성) '30년 수소경제 활성화를 위해 수소 활용기술 전과정 환경성 평가 및 탄소중립 기여도 정량화 방법론 확보
- (투자필요영역 부합성) 수소 시범도시 사업 등과 연계

□ 제도개선

- (수소도시 보급·확산) 수소경제 조기 구현에 필요한 수소전주기 생태계 구축, 도시 내 수소공급 포트폴리오 수립, 주민수용성 확보, 수소도시 보급·확산을 위한 「수소도시 특별법」 제정 추진
- (신정부공약) 탄소저감 R&D 및 투자 확대 등 기후위기 대응 지원 강화 및 대규모 탈탄소 산업구조로의 전환 예정
 - 「제20대 대통령 선거 국민의힘정책공약집(“22.02)」 260페이지에서 탄소 중립 등을 비롯한 국가 난제와 에너지 등 국가전략기술에 대규모 투자 및 탈탄소 산업구조로의 전환을 위한 수소생산 관련 기술의 국가 전략기술 조정 공약
 - 청정수소 생산기지 및 수소액화 관련 설비 투자 포함
 - 신성장, 원천기술에서 국가 전략기술로 수소생산 관련 기술 조정

□ 부처협업

- (부처별 수소인프라 구축 역할분담) 범부처 「수소 전주기 기술개발사업」 기획 부처협의체에서 부처별 희망분야 조사결과, 수소 인프라 기술개발 연관기술은 국토부에서 추진

표 54. 부처별 탄소중립 R&D 역점 분야

부처	부처별 탄소중립 R&D 역점 분야
과기정통부	■ 탄소중립 핵심분야 원천기술 확보, ICT를 활용한 에너지 고효율화
산업부	■ 탄소 多배출업종 대상 온실가스 저감을 위한 산업공정 개선 ■ 재생에너지·수소경제 활성화, 계통 안정화, 소비 효율화를 위한 기술개발
국토부	■ 제로에너지 건물, 친환경 교통, 수소 인프라 기술개발 강화
환경부	■ 탈 플라스틱 기술 등 자원순환 기술, 탄소흡수, 기후적응 기술 강화
해수부	■ 해양에너지, 해양생태계 기반 탄소 흡수·저장 강화

- 국토부에서 기 추진중인 “수소시범도시 사업과 연계”

- (국토부 추진사유) 수소의 최종 수요처인 도시기반의 수소활용 및 보급 확대를 위한 ‘수소교통 정책’ 및 ‘수소도시 정책’을 추진중이며, 부처간 역할분담*에 따른 수소 R&D(활용성·가용성·안전성 확인 포함) 추진

표 55. 국토부 수소 관련 정책 추진현황

- ◇ 수소버스 및 충전소 보급 확대 추진 방안('18.8, 국토부 교통정책조정과)
- ◇ 지역사업과 연계한 수소차 충전소 확충방안 검토('18.8, 국토부 도시정책과)
- ◇ 수소경제 활성화 로드맵('19.01, 합동부처(국토부 미래전략일자리담당관))
- ◇ 신재생에너지 R&D 패키지 투자 모델('19.01, 과기부, 산업부, 국토부)
- ◇ 수소 시범도시 추진전략('19.10, 합동부처(국토부 도시활력지원과))
- ◇ 수소 기술개발 로드맵('19.10, 합동부처(국토부 도시활력지원과))
- ◇ 수소 인프라 및 충전소 구축 방안('19.10, 합동부처(국토부 교통정책조정과))
- ◇ 수소 기술개발 로드맵 이행현황 및 향후계획(안) ('20.7 합동부처)
- ◇ 수소도시 추진현황 및 확산전략(안) ('20.7 합동부처(국토부 도시활력지원과))
- ◇ 수소시범도시 기본계획 및 수소도시법 제정방안 ('20.10 합동부처(국토부 도시활력지원과))
- ◇ 수소교통 복합기지 구축사업 선정(평택) ('20.12 국토부 교통정책총괄과) 등

□ 부처별 역할 차별성

- (환경부) 기초소재 중심의 LCI DB 구축 및 ‘국가 LCI DB’ 관리
 - 환경성적표지인증제도에 연계 운영
 - TOTAL 프로그램 운영 및 인증체계 지원
- (산업통상자원부) 기초공정 중심의 LCI DB 구축
 - 이와 연계하여 대기업 및 공급망에 친환경 제품 설계 유도
 - PASS 프로그램 개발 및 운영으로 일반 제품 LCA 지원
- (국토교통부) LCI DB 구축 사례 부진
 - 일부 녹색건축 분야에서 방법론 및 LCI DB 제공
 - 국토부 고유의 LCI DB와 방법론 부재, 특히 수소 분야 전무

□ 예상 운영체계

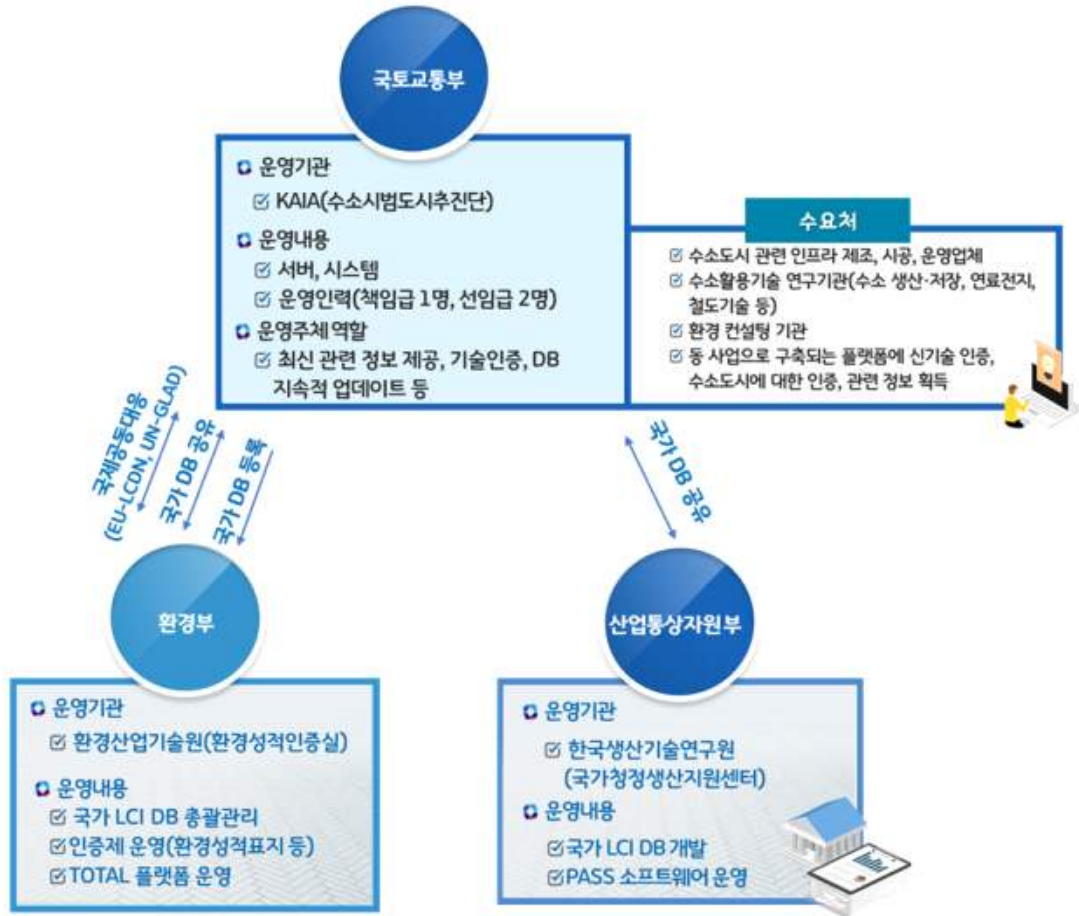


그림 63. 예상 운영체계

VI. 기대효과[Outcome]

□ 경제·산업적 효과

- 국내외 수소 활용기술 전과정평가 방법론 개발 및 LCI DB 구축을 통한 시장 선점 효과
 - 수소 활성화 경제 구축을 위한 표준적 모델 제시 기대
 - 해외 선호 수소 활용기술 적용에 대한 전과정평가 및 실증을 통한 시장 확대
- (기업 활용도 증가) 수소에너지 환경성 평가 플랫폼을 통해 수소 활용 개별 기술 또는 융합 기술에 대한 정량적 판단 근거로 활용 가능
 - 수소 활용기술 전과정 기반 DB를 바탕으로 기술 평가 용이성 및 편리성 확보
- (생태계 강화) 수소 기술별/단계별 온실가스 배출원단위 및 배출량 분석결과 DB화
 - 기존 분석결과 활용이 가능한 평가시스템(플랫폼) 구축

□ 과학·기술적 효과

- (수소 활용기술 표준화) 국내 수소 활용기술 관련 전과정 평가 방법론 개발 및 실증
 - 국내 환경성 평가 방법론의 우수성 확보 및 세계 수소 활용기술 표준화 선도
 - 국제 표준화 추진을 통한 국가적 기술 신뢰도 및 브랜드 제고
- 수소생산, 저장·운송, 활용 등의 수소 활용기술 전과정평가로 수소경제로의 이행 및 탄소중립 정책적 목표 달성 기여도 평가
- 수소 활용기술 전과정평가 방법론 개발 및 국내 결핍 LCI DB 확보를 통한 미래 수소 경제 강국 도약
- 수소 활용기술 전과정평가 방법론을 이용한 기타간접배출원(Scope 3) 평가 수행을 통해 누락 온실가스 배출량 산정

- (산·학·연 연계성 강화) 탄소중립 기여도 평가 실증
 - 수소 활용기술 및 환경성 평가 분야는 다학제간, 산업간 융복합 산업으로 관련 기술 및 전과정평가 방법론에 대한 이해와 산업간 연계 필요

□ 사회적 효과

- (일자리 창출) 탄소중립평가 기반 마련을 위한 고용 창출 기여
- 수소경제로의 전환 과정에서, 각 수소 활용기술에 대한 환경 평가 제공으로 대국민 신뢰도 향상
- (산·학·연 네트워크 구축) 수소에너지 전과정 평가를 위한 네트워크 구축 및 구축된 네트워크 활용 가능

□ 민간 활용 방안

- 산업계는 강화되는 글로벌 환경규제 및 정부 정책 방향을 예측하여 무역 및 시장 규제에 선제적으로 대비 및 대응함으로써 국가 및 산업 경쟁력 제고 가능
 - 유럽 등의 선진국은 환경보호라는 명목하에 자국 산업 및 시장 보호를 위해 환경 및 탄소 이슈를 핵심 시장 규제수단(탄소국경세 및 제품 탄소발자국 등)으로 활용
 - 수소 활용기술은 우리나라 탄소중립의 핵심 기술이며, 향후 산업계의 신 성장동력원이 될 것으로 전과정 환경성평가를 토대로 보다 친환경적인 기술의 개발로 선진국의 규제에 선도적 대비 가능
- 수소 기술 전과정평가 플랫폼을 이용하여 수소 생산 및 활용 기업의 수소 활용기술 전과정평가 및 실증 가능
 - 수소 활용기술 탄소중립 기여도 평가
 - 수소 활용기술의 전과정 환경성평가 방법론 및 LCI DB 등의 정보공유
 - 수소 기술 연구 활성화
 -

[참고문헌]

1. Hydrogen Supply Chains for Mobilit, Environmental and Economic Assessment, Sustainability, 2018
2. Comparative life cycle assessment of two different SOFC-based cogeneration systems with thermal energy storage integrated into a single-family house nanogrid, Applied Energy, 2021
3. 수소 시범도시 추진전략, 관계부처 합동, 2019
4. The Department of Energy Hydrogen and Fuel Cells Program Plan, DOE, 2011
5. 수소경제 활성화 로드맵, 관계부처 합동, 2019
6. Hydrogen Scaling Up, Asustainable Pathway for the Global Energy Transition, Hydrogen Council, 2017
7. 국토교통 탄소중립 로드맵, 국토교통부, 2021
8. 2050 탄소중립 추진전략, 관계부처 합동, 2020
9. 제1차 수소경제 이행 기본계획, 관계부처 합동, 2021
10. 탄소중립 기술혁신 추진전략, 과학기술정보통신부, 2021
11. 향후 10년의 메가트렌드를 분석하다: 글로벌 트렌드와 SW 메가트렌드 2030, 소프트웨어정책연구소, 2021
12. Hydrogen Council & McKinsey & Company, Hydrogen Insights, 2021
13. 수소경제 활성화 로드맵 수립 연구 최종보고서, 산업통상자원부, 2019
14. Hydrogen Roadmap Europe, EC and FCH JU, 2019
15. Road Map to a US Hydrogen Economy-Reducing emissions and driving growth across the nation, US hydrogen study, 2020
16. Hydrogen Strategy-Enabling a Low-Carbon Economy, Office of Fossil Energy, DoE, 2020
17. Corporate Value Chain(Scope 3) Accounting and Reporting Standard, WRI /WBCSD, 2011
18. 울산수소시범도시 홈페이지, <http://h2appyulsan.com/>
19. 실행 가능한 수소경제 창조, Deloitte Insights, 2019
20. 수소생산에서 활용까지, 수소경제에서 찾는 기회, 삼정KPMG 경제연구원, 2021

21. 수소에너지 연료전지의 기회, 성장 그리고 과제, 녹색기술센터 정책연구부, 2015
22. 수소전기차, KISTEP 기술동향브리프, 2018
23. Fuel Cell Technical Team Roadmap, USDRIVE, 2013
24. 수소 산업의 현황 및 미국의 수소 R&D 전략, 한전경영연구원, 2021
25. 주요국 수소전략의 추진 방향과 시사점, KIEP, 2020
26. 신에너지 시대를 여는 수소산업의 성장가능성과 발전과제, KIET, 2016
27. 미래 수소사회 대비 수소도시 기반시설 및 수소 그리드 기술 개발 사전 기획 최종보고서, 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 2019
28. KAIA Insight vol.13, 국토교통과학기술진흥원, 2019

[부록1] 수요조사서 A형

「탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축」을 위한 수요조사 (A형)

안녕하십니까? 귀하의 무궁한 발전을 기원합니다.

국토교통부와 국토교통과학기술진흥원은 국토교통분야 수소 에너지에 대한 탄소중립 기반의 환경영향 평가를 위한 신규 R&D 사업(「(가칭)탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축사업」)을 기획하고 있으며, 인하대학교와 ㈜엔스타알앤씨가 이를 수행하고 있습니다.

본 조사는 탄소중립을 위한 수소 기술의 전과정 환경성 평가 기술 개발 수요에 대한 이해관계자 의견을 수렴하여 기획과제에 반영하고자 합니다.

본 조사의 응답 내용은 작성목적 외에는 사용되지 않으며, 응답자의 비밀은 철저히 보호됩니다.

동 사업을 수행함에 있어 귀하의 의견을 바탕으로 향후 우리나라 수소경제의 탄소중립 기여도 평가를 위한 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 기획에 귀중한 자료로 활용됨을 양지하시어 바쁘시더라도 본 수요조사의 목적과 취지를 이해하셔서 많은 의견을 개진부탁드리며, 주신 의견은 사업 기획하는 데 적극 활용토록 하겠습니다.

코로나19로 인하여 어려운 시간에 항상 건강하시길 기원합니다.

※ 응답하신 내용은 수요조사 목적으로만 사용되며, 통계법 제33조 및 제34조에 따라 설문 목적 외에 절대 사용되지 않을 것입니다.

설문에 대한 문의사항은 담당자에게 연락주시기 바라며, 발송된 설문지를 작성하셔서 1/17(월)까지 회신해주시기 바랍니다.

2022년 1월

인하대학교 산학협력단 국토기획사업 연구팀 드림

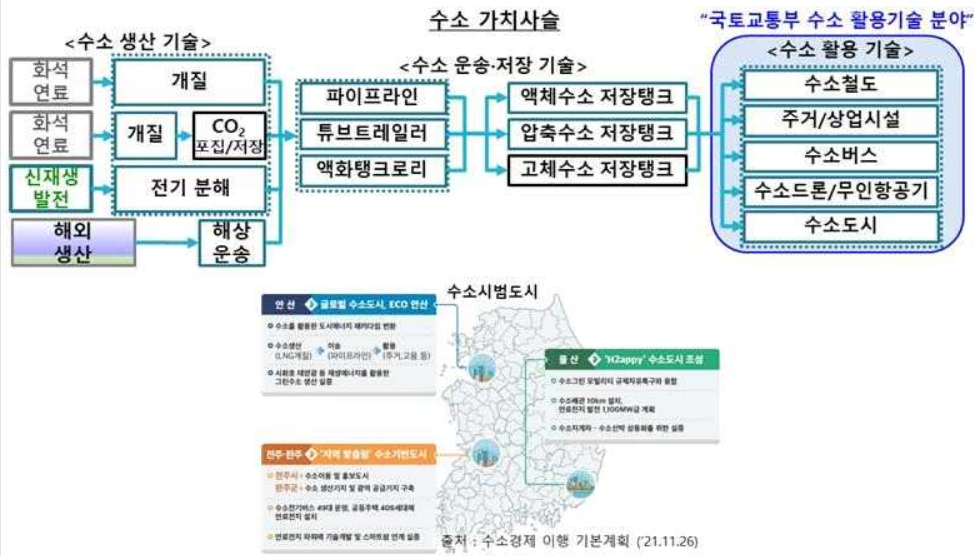
참고자료

< 전세계적인 '탄소중립을 위한 수소경제' 추진 >

- (탄소중립) 기후위기문제 해결을 위해 EU, 미국을 선두로 2050년까지 탄소중립 선언, 정책 및 규제 입안·실행
 - (EU) '50년까지 탄소배출 제로 달성 목표를 담은 '유럽 그린딜' 발표('20.1)
 - 지속가능연료(전기, 수소, 바이오 연료 등) 등 저탄소 전환 확대 ('50년까지 수송분야 온실가스배출량 90% 감축 목표)
 - (한국) 그린경제로의 전환을 위한 '그린뉴딜' 정책 발표('20.7.14)
 - 승용·버스·화물 수소차 20만대 보급, 충전 인프라 450대 설치 및 수소 생산기지 등 수소 유통 기반 구축 추진
- (수소 에너지) 탄소중립 이행수단으로 수소가 친환경에너지로 대두되어 유럽, 미국, 일본 등은 에너지 안보 및 기후변화 대응 차원에서 수소를 중요에너지원으로 인식, 환경성 평가를 기반으로 국가 수소전략 수립 및 추진

< 국내 탄소중립 및 수소 R&D 분야 >

- (탄소중립 R&D) 부처별로 탄소중립에 대해서 R&D 분야를 나눠 담당하고 있음
 - 국토교통부는 **제로에너지 건물, 친환경 교통, 수소 인프라** 기술개발 강화에 초점
- (국토교통부 수소 R&D) 수소 기술은 크게 수소 생산, 수소 저장·운송, 수소 활용으로 구분할 수 있으며, 부처별로 기술별 세부 분야를 나눠서 담당함
 - 국토교통부는 수소 활용 기술에서 **건물, 수소버스, 수소철도, 수소드론/무인항공기, 수소도시** 등을 담당하며 수소도시는 모든 수소 기술이 직·간접적으로 관련된 인프라로서, 현재 수소시범도시를 통해 실증 추진 중



— < 수소의 탄소중립 기여도 평가 > —

○ (수소 에너지 환경성 평가) 수소 가치사슬(생산, 이송, 저장, 활용)의 각 단계에서 투입되는 에너지 및 원부자재로 인한 온실가스 배출 등 환경영향 상이로 정책 및 전략에 수소의 전과정 환경성 반영이 일반화 추세

- (EU) 수소전략, 연료전지 및 수소 프로젝트에 전과정평가* 수행 요구 강화 추세
 - 수소 전략에서 전과정 온실가스 감축을 명시하고, "Fuel Cells and Hydrogen" 연구 등 프로젝트에 LCA를 포함한 환경영향평가를 의무 수행토록 RFP 규정
 - (국토교통분야) 건물, 그린 모빌리티(도시 운송 및 모빌리티 대책, 그린 자동차, 지능형 기반시설(철도 등), 차세대 철도차량, 차세대/EV 배터리, 항공/해상 운송 등), 스마트시티 등 계획에 LCA 적용 일반화

* 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)는 제품 및 기술 등의 공급망(생산, 저장, 운송, 활용)에서 기존기술 또는 신규기술간의 환경성 비교·평가를 통해 최적의 친환경 대안 기술을 결정하는 Policy-making 기법

- (미국) 2050 탄소중립 달성을 위한 청정 수소 생산, 인프라 구축 및 수소 활용에 전과정 평가 활용, 국가연구소(Argonne 국립시험소, NETL, NREL 등)를 중심으로 전과정 데이터베이스 등 플랫폼 제공
- (일본) AIST 전과정목록 데이터베이스 구축, 방법론 개발 등 플랫폼 운영
- (한국) 수소기술의 환경성평가에 대해 인지하고 있으나, 현재 수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가를 실시하기 위한 전과정목록 데이터베이스, 방법론 등 국내 인프라 열악

— < 본 연구의 필요성 > —

○ (수소 기술 전과정 환경성평가 방법론) 수소경제의 탄소중립 달성 기여도 평가를 위해서는 수소 기술의 전과정평가가 필요하며, 국제적 수준에 부합하는 수소기술의 환경성 평가 방법 필요

- 해외에서는 수소기술 R&D를 진행하며, 전과정평가를 수소기술의 탄소중립 성과평가에 활용하고 있기 때문에 국내에서도 해외에 준하는 전과정평가 방법론 개발 필요
- 특히, 수소도시와 같이 수소기술들이 혼합된 인프라와 같은 국토교통분야의 탄소중립 달성 기여도를 평가하기 위해 필요

○ (수소 기술 평가에 활용되는 전과정목록 데이터베이스(LCI DE)) 개발된 방법론을 적용해 수소기술 환경성 평가를 실시할 수 있도록 수소기술의 투입물/산출물(Input/Output)을 정량화한 전과정목록 데이터베이스 개발 필요

- 종합적인 탄소중립 기여도 평가를 위한 전과정평가를 위해서는 국내 수소 기술에 대한 개별적인 전과정목록 데이터베이스가 필요

○ (수소 기술의 전과정평가 플랫폼) 수소경제를 위한 다양한 수소 기술 관련 R&D와 정책이 수행될 것이며, 이에 대한 이해관계자들이 수행에 앞서 기존 수소 기술의 환경성에 대해 알아볼 수 있는 플랫폼 구축 필요

- 향후 수소경제 활성화를 위한 연구와 정책 수립에 이해관계자들이 손쉽게 수소 기술의 전과정평가 결과를 활용할 수 있도록 하기 위한 플랫폼 필요

< 기술의 정의 >

- 탄소중립을 위한 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축에 필요한 기술은 다음과 같이 크게 3가지로 정의될 수 있음
 - (수소 기술의 전과정 환경성평가 방법론)
 - 수소 기술의 기능단위, 시스템 경계 및 범위, 제외 기준, 데이터 품질, 영향평가 방법 등 수소 기술의 전과정 환경성평가 수행에 필요한 사항 정의
 - (수소 기술의 전과정목록 데이터베이스)
 - 수소 기술의 생산, 저장/운송, 활용에 해당되는 세부 기술별 전과정에 대하여 투입물(자원, 에너지, 광물 등) 및 배출물(대기, 수계 등)을 종합하여 정량화한 데이터베이스
 - 수소 기술에 대한 전과정 환경성평가를 수행하는 기초데이터로 활용
 - (수소 기술의 전과정 환경성평가 플랫폼)
 - 구축된 전과정 환경성평가 방법론과 전과정목록 데이터베이스에 대한 정부, 연구자 등 이해관계자의 활용(정보공유 등)을 지원하는 플랫폼

기술수요조사

수소기술 전과정 환경성평가 관련 기술개발 제안

앞서 참고자료에서 언급한 수소기술의 전과정 환경성평가를 위한 방법론, 전과정목록(LCI) 데이터베이스 및 플랫폼과 관련된 기술개발 내용에 대해서 아래 양식에 따라 작성해주시기 바랍니다.

----- 작성자 정보 -----

작성 자	소속기관			
	성 명		직 위	
	전화번호		E - mail	

※ 기술수요조사서는 작성을 위한 안내사항(파란색 표시) 부분은 삭제하고 제출 요망

연구과제명

연구과제명	※ 제안하고자 하는 연구과제명을 기재				
1. 연구개발 목표					
	※ 연구개발 목표를 기재				
	○ 최종목표				
	- ~~~~~				
	AS-IS		⇒	To-Be	
그림과 정량적 목표로 표현		⇒	그림과 정량적 목표로 표현		
○ 연차별 목표					
	연차별 목표				
구분	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차
목표	• ~~~~	• ~~~~	• ~~~~	• ~~~~	• ~~~~

2. 연구개발 필요성 및 기술동향					
<input type="checkbox"/> 연구개발 필요성	※ 추진 필요성과 정부지원의 필요성 등을 포함 기재 ○ - ~~~				
<input type="checkbox"/> 국내외 기술동향	※ 기술동향, 시장동향, 정책동향 등을 포함 기재 ○ 해외 기술동향 - ~~~ ○ 국내 기술동향 - ~~~				
3. 연구개발내용					
	※ 연구개발 내용을 기재 ○ 연차별 추진내용				
	구분	연차별 추진내용			
		1년차	2년차	3년차	4년차
추진 내용		• ~~~	• ~~~	• ~~~	• ~~~
	○ 과제 구성 핵심기술 - ~~~				
4. 기대효과					
	※ 기대효과를 기재 ○ 과학기술적 측면 - ~~~ ○ 사회·경제적 측면 - ~~~				
5. 연구기간 및 소요예산					
	※ 예상되는 연구의 소요기간을 기입해주시기 바랍니다 ※ 소요예산은 정부 +민간 총연구비이며, ()백만원의 형태로 기재해주시기 바랍니다. ○ 총 연구기간 : ~~~ ○ 총 소요예산 : ~~~				

6. 기타	
<input type="checkbox"/> 참여가능 기관	◦ 국토교통과학기술 육성법 제8조, 시행령 제7조 및 시행규칙 제3조에 의한 연구기관, 기업부설연구소, 협회, 학회, 학교 등

기술수요조사에 응해 주셔서 대단히 감사합니다.

[부록2] 수요조사서 B형

「탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축」을 위한 수요조사 (B형)

안녕하십니까? 귀하의 무궁한 발전을 기원합니다.

국토교통부와 국토교통과학기술진흥원은 국토교통분야 수소 에너지에 대한 탄소중립 기반의 환경영향 평가를 위한 신규 R&D 사업(「(가칭)탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축사업」)을 기획하고 있으며, 인하대학교와 (주)엔스타알앤씨가 이를 수행하고 있습니다.

본 조사는 탄소중립을 위한 수소 기술의 전과정 환경성 평가 기술 개발 수요에 대한 이해관계자 의견을 수렴하여 기획과제에 반영하고자 합니다.

본 조사의 응답 내용은 작성목적 외에는 사용되지 않으며, 응답자의 비밀은 철저히 보호됩니다.

동 사업을 수행함에 있어 귀하의 의견을 바탕으로 향후 우리나라 수소경제의 탄소중립 기여도 평가를 위한 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 기획에 귀중한 자료로 활용됨을 양지하시어 바쁘시더라도 본 수요조사의 목적과 취지를 이해하셔서 많은 의견을 개진부탁드리며, 주신 의견은 사업 기획하는 데 적극 활용토록 하겠습니다.

코로나19로 인하여 어려운 시간에 항상 건강하시길 기원합니다.

※ 응답하신 내용은 수요조사 목적으로만 사용되며, 통계법 제33조 및 제34조에 따라 설문 목적 외에 절대 사용되지 않을 것입니다.

설문에 대한 문의사항은 담당자에게 연락주시기 바라며, 발송된 설문지를 작성하셔서 1/28(금)까지 회신해주시기 바랍니다.

2022년 1월

인하대학교 산학협력단 국토기획사업 연구팀 드림

참고자료

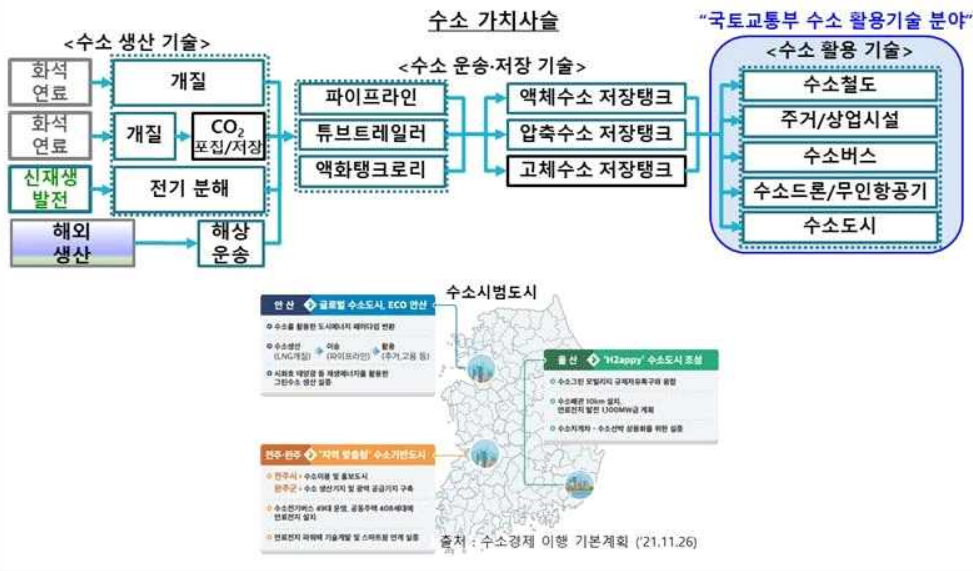
국내외 정책 동향 등

< 전세계적인 '탄소중립을 위한 수소경제' 추진 >

- (탄소중립) 기후위기관제 해결을 위해 EU, 미국을 선두로 2050년까지 탄소중립 선언, 정책 및 규제 입안·실행
 - (EU) '50년까지 탄소배출 제로 달성 목표를 담은 '유럽 그린딜' 발표('20.1)
 - 지속가능연료(전기, 수소, 바이오 연료 등) 등 저탄소 전환 확대 ('50년까지 수송분야 온실가스배출량 90% 감축 목표)
 - (한국) 그린경제로의 전환을 위한 '그린뉴딜' 정책 발표('20.7.14)
 - 승용·버스·화물 수소차 20만대 보급, 충전 인프라 450대 설치 및 수소 생산기지 등 수소 유통 기반 구축 추진
- (수소 에너지) 탄소중립 이행수단으로 수소가 친환경에너지로 대두되어 유럽, 미국, 일본 등은 에너지 안보 및 기후변화 대응 차원에서 수소를 중요에너지원으로 인식, 환경성 평가를 기반으로 국가 수소전략 수립 및 추진

< 국내 탄소중립 및 수소 R&D 분야 >

- (탄소중립 R&D) 부처별로 탄소중립에 대해서 R&D 분야를 나눠 담당하고 있음
 - 국토교통부는 **제로에너지 건물, 친환경 교통, 수소 인프라** 기술개발 강화에 초점
- (국토교통부 수소 R&D) 수소 기술은 크게 수소 생산, 수소 저장·운송, 수소 활용으로 구분할 수 있으며, 부처별로 기술별 세부 분야를 나눠서 담당함
 - 국토교통부는 수소 활용 기술에서 **건물, 수소버스, 수소철도, 수소드론/무인항공기, 수소도시** 등을 담당하며 수소도시는 모든 수소 기술이 직·간접적으로 관련된 인프라로써, 현재 수소시범도시를 통해 실증 추진 중



— < 수소의 탄소중립 기여도 평가 > —

○ (수소 에너지 환경성 평가) 수소 가치사슬(생산, 이송, 저장, 활용)의 각 단계에서 투입되는 에너지 및 원부자재로 인한 온실가스 배출 등 환경영향 상이로 정책 및 전략에 수소의 전과정 환경성 반영이 일반화 추세

- (EU) 수소전략, 연료전지 및 수소 프로젝트에 전과정평가* 수행 요구 강화 추세
 - 수소 전략에서 전과정 온실가스 감축을 명시하고, “Fuel Cells and Hydrogen” 연구 등 프로젝트에 LCA를 포함한 환경영향평가를 의무 수행토록 RFP 규정
 - (국토교통분야) 건물, 그린 모빌리티(도시 운송 및 모빌리티 대책, 그린 자동차, 지능형 기반시설(철도 등), 차세대 철도차량, 차세대/EV 배터리, 항공/해상 운송 등), 스마트시티 등 계획에 LCA 적용 일반화

* 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)는 제품 및 기술 등의 공급망(생산, 저장, 운송, 활용)에서 기존기술 또는 신규기술간의 환경성 비교·평가를 통해 최적의 친환경 대안 기술을 결정하는 Policy-making 기법

- (미국) 2050 탄소중립 달성을 위한 청정 수소 생산, 인프라 구축 및 수소 활용에 전과정 평가 활용, 국가연구소(Argonne 국립시험소, NETL, NREL 등)를 중심으로 전과정 데이터베이스 등 플랫폼 제공
- (일본) AIST 전과정목록 데이터베이스 구축, 방법론 개발 등 플랫폼 운영
- (한국) 수소기술의 환경성평가에 대해 인지하고 있으나, 현재 수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가를 실시하기 위한 전과정목록 데이터베이스, 방법론 등 국내 인프라 열악

— < 기술의 정의 > —

○ 탄소중립을 위한 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축에 필요한 기술은 다음과 같이 크게 3가지로 정의될 수 있음

- 수소 기술의 전과정 환경성평가 방법론
 - 수소 기술의 기능단위, 시스템 경계 및 범위, 제외 기준, 데이터 품질, 영향평가 방법 등 수소 기술의 전과정 환경성평가 수행에 필요한 사항 정의
- 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스(LCI DB)
 - 수소 기술의 생산, 저장/운송, 활용에 해당되는 세부 기술별 전과정에 대하여 투입물(자원, 에너지, 광물 등) 및 배출물(대기, 수계 등)을 종합하여 정량화한 데이터베이스
 - 수소 기술에 대한 전과정 환경성평가를 수행하는 기초데이터로 활용
- 수소 기술의 전과정 환경성평가 플랫폼
 - 구축된 전과정 환경성평가 방법론과 전과정목록 데이터베이스에 대한 정부, 연구자 등 이해관계자의 활용(정보공유 등)을 지원하는 플랫폼

〈 본 연구의 필요성 〉

- (수소 기술 전과정 환경성평가 방법론) 수소경제의 탄소중립 달성 기여도 평가를 위해서는 수소 기술의 전과정평가가 필요하며, 국제적 수준에 부합하는 수소기술의 환경성 평가 방법 필요
 - 해외에서는 수소기술 R&D를 진행하며, 전과정평가를 수소기술의 탄소중립 성과평가에 활용하고 있어서 국내에서도 국제적 수준에 부합하는 전과정평가 방법론 개발 필요
 - 특히, 수소도시와 같이 수소기술들이 혼합된 인프라와 같은 국토교통분야의 탄소중립 달성 기여도를 평가하는 데 필요
- (수소 기술 평가에 활용되는 전과정목록 데이터베이스(LCI DB)) 개발된 방법론을 적용해 수소기술 환경성 평가를 실시할 수 있도록 수소기술의 투입물/산출물(Input/Output)을 정량화한 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 개발 필요
 - 종합적인 탄소중립 기여도 평가를 위한 전과정평가를 위해서는 국내 수소 기술에 대한 개별적인 전과정목록 데이터베이스가 필요
- (수소 기술의 전과정평가 플랫폼) 수소경제를 위한 다양한 수소 기술 관련 R&D와 정책이 수행될 것이며, 이에 대한 이해관계자들이 수행에 앞서 기존 수소 기술의 환경성에 대해 알아볼 수 있는 플랫폼 구축 필요
 - 향후 수소경제 활성화를 위한 연구와 정책 수립에 이해관계자들이 손쉽게 수소 기술의 전과정평가 결과를 활용할 수 있도록 하기 위한 플랫폼 필요

----- 작성자 정보 -----

작성 자	소속기관			
	성명		직위	
	전화번호		E - mail	

조사문항

■ 수소 기술에 대한 전과정 환경성평가의 필요성

※ EU 등의 해외 국가들은 수소 기술과 관련한 프로젝트의 탄소중립 기여도를 검증하기 위해 전과정평가(LCA)를 포함한 환경영향평가를 의무적으로 실시토록 규정하고 있음

1-1) 귀하는 국내 수소 기술 수준이 해외 국가 대비 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 매우 낮음 ② 낮음 ③ 보통 ④ 높음 ⑤ 매우 높음 ⑥ 잘 모르겠음

1-2) 귀하는 EU에서 수소 기술 프로젝트를 대상으로 전과정 환경성 평가를 포함한 환경영향평가를 의무적으로 수행토록 하는 규정을 알고 계십니까?

- ① 잘 모르겠음 ② 매체를 통해 들어 본 적 있음 ③ 어느 정도 알고 있음 ④ 매우 잘 알고 있음

1-3) 귀하는 탄소중립 및 에너지 관련 정부 정책/전략이 당초 목표에의 부합성을 실증하기 위해 향후 개발되는 수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가가 필요하다고 생각하십니까?

- ① 전혀 필요없음 ② 필요없음 ③ 보통 ④ 필요 ⑤ 매우 필요

① 및 ②번으로 응답한 경우, 사유를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.

■ 수소기술 전과정 환경성평가 방법론 개발

※ 수소기술의 전과정 환경성평가 방법론은 탄소중립 기여도 평가를 위한 일관성 및 비교가능성 측면에서 중요하며, EU는 수소 기술 및 연료전지를 환경성평가를 위한 전과정평가 지침 'FC-HY'를 개발하고, 수소 기술에 대한 환경·경제·사회적 측면을 함께 평가하는 '전과정 지속가능성 평가 지침' 개발 착수

2-1) 귀하는 수소 기술 관련 전과정 환경성평가 방법론의 국내 기술 수준이 해외 국가 대비 어느 정도라고 생각하십니까?

- ① 매우 낮음 ② 낮음 ③ 보통 ④ 높음 ⑤ 매우 높음 ⑥ 잘 모르겠음

2-2) 귀하는 수소 기술의 환경성 검증에 위해 “수소 기술 전과정 환경성평가 방법론” 개발이 필요하다고 생각하십니까?

- ① 전혀 필요없음 ② 필요없음 ③ 보통 ④ 필요 ⑤ 매우 필요

① 및 ②번으로 응답한 경우, 사유를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.

2-3) 귀하는 수소 활용 기술(수소 철도, 수소 버스, 건물, 수소도시 등)의 탄소 중립기여도를 평가하기 위해 “세부 기술별 전과정 환경성평가 지침 개발”이 필요하다고 생각하십니까?

- ① 전혀 필요없음 ② 필요없음 ③ 보통 ④ 필요 ⑤ 매우 필요

① 및 ②번으로 응답한 경우, 사유를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.

2-4) 귀하가 “수소 기술 전과정 환경성평가 방법론”을 개발할 때, 가장 중요하게 고려해야 할 항목 2가지를 다음의 보기에서 표시해 주시기 바랍니다.

< 전과정 환경성평가 방법론 항목 >

- | | | | |
|--------------------|-----|--|------------|
| (1) 전과정 환경성평가 적용범위 | () | (5) 영향평가 방법 | () |
| (2) 기능 및 기능단위 정의 | () | (6) 할당 | () |
| (3) 시스템 경계 및 범위 정의 | () | (7) 데이터 품질
모델링 | ()
방법론 |
| (4) 제외(cut-off) 기준 | () | (8) (Consequential LCA 및
Attributional LCA) | () |

2-5) 귀하가 “수소 기술 전과정 환경성평가 방법론 개발” 에 대해 추가로 제안하실 사항이 있다면 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.

■ 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축

※ 전과정목록 데이터베이스는 기술이나 제품의 환경성을 평가하기 위해 주요 투입물 및 산출물에 대해 전과정에 걸친 사용량 및 배출량의 데이터를 정량화한 자료로써 전과정 환경성 평가를 수행하기 위한 필수자료

3-1) 귀하는 수소 기술 관련 전과정목록 데이터베이스(LCI DB)의 국내 기술 수준이 해외 국가 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?

- ① 매우 낮음 ② 낮음 ③ 보통 ④ 높음 ⑤ 매우 높음 ⑥ 잘 모르겠음

3-2) 귀하는 수소 기술의 환경성평가를 위한 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축이 필요하다고 생각하십니까?

- ① 전혀 필요없음 ② 필요없음 ③ 보통 ④ 필요 ⑤ 매우 필요

① 및 ②번으로 응답한 경우, 사유를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.

3-3) 수소 기술에 대한 전과정목록 데이터베이스 구축이 필요하다면, 다음 보기 중에서 먼저 어떤 수소 기술을 대상으로 개발이 필요하다고 생각하십니까?

< 수소 기술 전과정목록 데이터베이스 예시 >

(1) 수소생산기술(물분해)	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(2) 수소생산기술(바이오메스/폐자원 가스화)	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(3) 수소생산기술(화석연료 이용)	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(4) 수소운송기술(파이프라인, 탱크로리, 튜브트레일러)	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(5) 수소저장기술(액체/고체/기체 수소 저장탱크)	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(6) 수소연료전지기술	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(7) 수소철도기술	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(8) 수소버스기술	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(9) 수소드론/무인항공기기술	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(10) 건물 수소활용기술	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(11) 기타 구축이 필요한 데이터베이스 : ()	

3-4) 귀하가 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 구축에 대해 추가로 제안하실 사항이 있다면 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.

■ 수소 기술의 전과정 환경성평가 플랫폼 구축

※ 수소활용기술의 전과정 환경성평가 플랫폼은

- 수소 관련 연구 결과 등의 정보 공유
- 수소 기술에 전과정목록 데이터베이스 제공
- 연구자 또는 사용자가 수소 기술에 대한 간소화된 환경성평가 수행 등 연구개발 및 의사결정 지원 기능을 목적으로 하고 있음

4-1) 귀하는 수소 기술 관련 전과정 환경성평가 플랫폼의 국내 기술 수준이 해외 국가 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?

- ① 매우 낮음 ② 낮음 ③ 보통 ④ 높음 ⑤ 매우 높음 ⑥ 잘 모르겠음

4-2) 귀하는 수소 기술 전과정 환경성평가를 위한 고유 플랫폼 구축이 필요하다고 생각하십니까?

- ① 전혀 필요없음 ② 필요없음 ③ 보통 ④ 필요 ⑤ 매우 필요

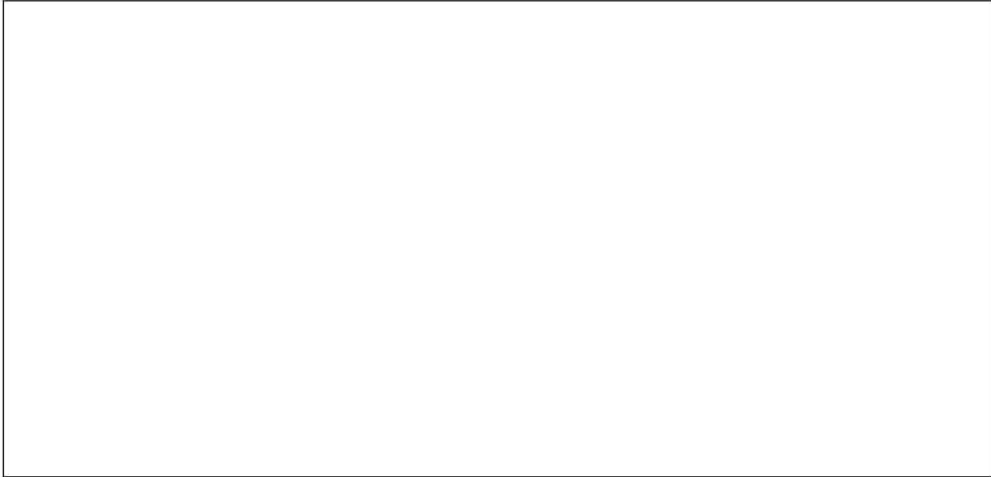
① 및 ②번으로 응답한 경우, 사유를 자유롭게 기술해 주세요.

4-3) 수소 기술 전과정평가 플랫폼 구축 시 다음의 플랫폼 기능 중에서 귀하가 생각하는 중요도를 평가해 주시기 바랍니다.

< 전과정 플랫폼의 기능 예시 >

(1) 수소기술 전과정평가 방법론/지침 공개	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(2) 개발된 수소기술 전과정목록 데이터베이스 공개	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(3) 웹기반 수소기술 대상 간이 전과정평가 수행 기능	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(4) 수소기술 전과정 환경성평가 수행 소프트웨어 공개	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(5) 수소기술 전과정 환경성평가 수행 예시 공개	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(6) 전과정 환경성평가 관련 문의사항 접수	①전혀필요없음 ②필요없음 ③ 보통 ④필요 ⑤매우필요
(7) 기타 플랫폼에 포함되어야 할 기능 및 정보 ()	

5) 본 연구 기획에 대해 귀하의 제안사항이 있다면 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.



지금까지 설문에 응답해 주셔서 대단히 감사합니다.

[부록3] 온라인 수요조사서

「탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축」을 위한 수요조사

안녕하십니까? 귀하의 무궁한 발전을 기원합니다.

국토교통부와 국토교통과학기술진흥원은 국토교통분야 수소 에너지에 대한 탄소중립 기반의 환경영향 평가를 위한 신규 R&D 사업(「(가칭)탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축사업」)을 기획하고 있으며, 인하대학교와 ㈜엔스타알앤씨가 이를 수행하고 있습니다.

본 조사는 탄소중립을 위한 수소 기술의 전과정 환경성 평가 기술 개발 수요에 대한 이해관계자 의견을 수렴하여 기획과제에 반영하고자 합니다.

본 조사의 응답 내용은 작성목적 외에는 사용되지 않으며, 응답자의 비밀은 철저히 보호됩니다.

동 사업을 수행함에 있어 귀하의 의견을 바탕으로 향후 우리나라 수소경제의 탄소중립 기여도 평가를 위한 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 기획에 귀중한 자료로 활용됨을 양지하시어 바쁘시더라도 본 수요조사의 목적과 취지를 이해하셔서 많은 의견을 개진부탁드리며, 주의 의견은 사업 기획하는 데 적극 활용토록 하겠습니다.

코로나19로 인하여 어려운 시간에 항상 건강하시길 기원합니다.

※ 응답하신 내용은 수요조사 목적으로만 사용되며, 통계법 제33조 및 제34조에 따라 설문 목적 외에 절대 사용되지 않을 것입니다.

설문에 대한 문의사항은 아래 담당자에게 연락주시기 바라며, 1/20(목)까지 응답 부탁드립니다.

감사합니다.

2021.12.

인하대학교 김영은 교수 yeon@inha.ac.kr, [032-835-8000](tel:032-835-8000)
엔스타알앤씨 김은영 부장 eeun@estars.com, [032-835-8000](tel:032-835-8000)

* 필수항목

참고자료 -국내외 정책 동향 등

다음은 이해를 돕기 위한 참고자료입니다.

< 전세계적인 '탄소중립을 위한 수소경제' 추진 >

- (탄소중립) 기후위기문제 해결을 위해 EU, 미국을 선두로 2050년까지 탄소중립 선언, 정책 및 규제 입안·실행
 - (EU) '50년까지 탄소배출 제로 달성' 목표를 담은 '유럽 그린딜' 발표('20.1)
 - 지속가능연료(전기, 수소, 바이오 연료 등) 등 저탄소 전환 확대 ('50년까지 수송분야 온실가스배출량 90% 감축 목표)
 - (한국) 그린경제로의 전환을 위한 '그린뉴딜' 정책 발표('20.7.14)
 - 승용·버스·화물 수소차 20만대 보급, 충전 인프라 450대 설치 및 수소 생산기지 등 수소 유통 기반 구축 추진
- (수소 에너지) 탄소중립 이행수단으로 수소가 친환경에너지로 대두되어 유럽, 미국, 일본 등은 에너지 안보 및 기후변화 대응 차원에서 수소를 중요에너지원으로 인식, 환경성 평가를 기반으로 국가 수소전략 수립 및 추진

< 국내 탄소중립 및 수소 R&D 분야 >

- (탄소중립 R&D) 부처별로 탄소중립에 대해서 R&D 분야를 나눠 담당하고 있음
 - 국토교통부는 제로에너지 건물, 친환경 교통, 수소 인프라 기술개발 강화에 초점
- (국토교통부 수소 R&D) 수소 기술은 크게 수소 생산, 수소 저장·운송, 수소 활용으로 구분할 수 있으며, 부처별로 기술별 세부 분야를 나눠서 담당함
 - 국토교통부는 수소 활용 기술에서 건물, 수소버스, 수소철도, 수소드론/무인항공기, 수소도시 등을 담당하며 수소도시는 모든 수소 기술이 직·간접적으로 관련된 인프라로써, 현재 수소시범도시를 통해 실증 추진 중



〈 수소의 탄소중립 기여도 평가 〉

○ (수소 에너지 환경성 평가) 수소 가치사슬(생산, 이송, 저장, 활용)의 각 단계에서 투입되는 에너지 및 원부자재로 인한 온실가스 배출 등 환경영향 상이로 정책 및 전략에 수소의 전과정 환경성 반영이 일반화 추세

- (EU) 수소전략, 연료전지 및 수소 프로젝트에 전과정평가* 수행 요구 강화 추세
 - 수소 전략에서 전과정 온실가스 감축을 명시하고, "Fuel Cells and Hydrogen" 연구 등 프로젝트에 LCA를 포함한 환경영향평가를 의무 수행토록 RFP 규정
 - (국토교통분야) 건물, 그린 모빌리티(도시 운송 및 모빌리티 대책, 그린 자동차, 지능형 기반시설(철도 등), 차세대 철도차량, 차세대/EV 배터리, 항공/해상 운송 등), 스마트시티 등 계획에 LCA 적용 일반화

* 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)는 제품 및 기술 등의 공급망(생산, 저장, 운송, 활용)에서 기존기술 또는 신규기술간의 환경성 비교·평가를 통해 최적의 친환경 대안 기술을 결정하는 Policy-making 기법

- (미국) 2050 탄소중립 달성을 위한 청정 수소 생산, 인프라 구축 및 수소 활용에 전과정 평가 활용, 국가연구소(Argonne 국립시험소, NETL, NREL 등)를 중심으로 전과정 데이터베이스 등 플랫폼 제공
- (일본) AIST 전과정목록 데이터베이스 구축, 방법론 개발 등 플랫폼 운영
- (한국) 수소기술의 환경성평가에 대해 인지하고 있으나, 현재 수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가를 실시하기 위한 전과정목록 데이터베이스, 방법론 등 국내 인프라 열악

〈 본 연구의 필요성 〉

○ (수소 기술 전과정 환경성평가 방법론) 수소경제의 탄소중립 달성 기여도 평가를 위해서는 수소기술의 전과정평가가 필요하며, 국제적 수준에 부합하는 수소기술의 환경성 평가 방법 필요

- 해외에서는 수소기술 R&D를 진행하며, 전과정평가를 수소기술의 탄소중립 성과평가에 활용하고 있어서 국내에서도 국제적 수준에 부합하는 전과정평가 방법론 개발 필요
- 특히, 수소도시와 같이 수소기술들이 혼합된 인프라와 같은 국토교통분야의 탄소중립 달성 기여도를 평가하는 데 필요

○ (수소 기술 평가에 활용되는 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 개발된 방법론을 적용해 수소기술 환경성 평가를 실시할 수 있도록 수소기술의 투입물/산출물(Input/Output)을 정량화한 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 개발 필요

- 종합적인 탄소중립 기여도 평가를 위한 전과정평가를 위해서는 국내 수소 기술에 대한 개별적인 전과정목록 데이터베이스가 필요

○ (수소 기술의 전과정평가 플랫폼) 수소경제를 위한 다양한 수소 기술 관련 R&D와 정책이 수행될 것이며, 이에 대한 이해관계자들이 수행에 앞서 기존 수소 기술의 환경성에 대해 알아볼 수 있는 플랫폼 구축 필요

- 향후 수소경제 활성화를 위한 연구와 정책 수립에 이해관계자들이 손쉽게 수소 기술의 전과정평가 결과를 활용할 수 있도록 하기 위한 플랫폼 필요

< 기술의 정의 >

- 탄소중립을 위한 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축에 필요한 기술은 다음과 같이 크게 3가지로 정의될 수 있음
 - (수소 기술의 전과정 환경성평가 방법론)
 - 수소 기술의 기능단위, 시스템 경계 및 범위, 제외 기준, 데이터 품질, 영향평가 방법 등 수소 기술의 전과정 환경성평가 수행에 필요한 사항 정의
 - (수소 기술의 전과정목록 데이터베이스)
 - 수소 기술의 생산, 저장/운송, 활용에 해당되는 세부 기술별 전과정에 대하여 투입물(자원, 에너지, 광물 등) 및 배출물(대기, 수계 등)을 종합하여 정량화한 데이터베이스
 - 수소 기술에 대한 전과정 환경성평가를 수행하는 기초데이터로 활용
 - (수소 기술의 전과정 환경성평가 플랫폼)
 - 구축된 전과정 환경성평가 방법론과 전과정목록 데이터베이스에 대한 정부, 연구자 등 이해관계자의 활용(정보공유 등)을 지원하는 플랫폼

작성자 정보 입력

1. 귀하의 소속기관을 입력해주시기 바랍니다. *

2. 귀하의 성함을 입력해주시기 바랍니다. *

3. 귀하의 직위를 입력해주시기 바랍니다. *

4. 연락가능한 전화번호를 입력해주시기 바랍니다. *

5. 연락가능한 이메일을 입력해주시기 바랍니다. *

조사문항

수소 기술에 대한 전과정 환경성평가의 필요성

※ EU 등의 해외 국가들은 수소 기술과 관련한 프로젝트의 탄소중립 기여도를 검증하기 위해 전과정평가(LCA)를 포함한 환경영향평가를 의무적으로 실시토록 규정하고 있음

6. 1-1) 귀하는 국내 수소 기술 수준이 해외 국가 대비 어느 정도라고 생각하십니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 매우 낮음
- 낮음 보
- 통 높음
- 매우 높음
- 잘 모르겠음
-

7. 1-2) 귀하는 EU에서 수소 기술 프로젝트를 대상으로 전과정 환경성 평가를 포함한 환경영향평가를 의무적으로 수행토록 하는 규정을 알고 계셨습니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 잘 모르겠음
- 매체를 통해 들어 본 적 있
- 음 어느 정도 알고 있음
- 매우 잘 알고 있음

8. 1-3) 귀하는 탄소중립 및 에너지 관련 정부 정책/전략이 당초 목표에의 부합성을 실증하기 위해 향후 개발되는 수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가가 필요하다고 생각하십니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 전혀 필요없음 9번째 질문으로 건너뛰세요.
 필요없음 9번째 질문으로 건너뛰세요.
 보통 10번째 질문으로 건너뛰세요.
 필요 10번째 질문으로 건너뛰세요.
 매우 필요 10번째 질문으로 건너뛰세요.

10번째 질문으로 건너뛰세요.

9. 1-3-1) 귀하가 향후 개발되는 수소 기술에 대한 전과정 환경성 평가가 필요없다고 응답하신 사유를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다. *

■ 수소기술 전과정 환경성평가 방법론 개발

※ 수소기술의 전과정 환경성평가 방법론은 탄소중립 기여도 평가를 위한 일관성 및 비교가능성 측면에서 중요하며, EU는 수소 기술 및 연료전지를 환경성평가를 위한 전과정평가 지침 'FC-HY'를 개발하고, 수소 기술에 대한 환경·경제·사회적 측면을 함께 평가하는 '전과정 지속가능성 평가 지침' 개발 착수

10. 2-1) 귀하는 수소 기술 관련 전과정 환경성평가 방법론의 국내 기술 수준이 해외 국가 대비 어느 정도라고 생각하십니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 매우 낮음
 낮음 보
 통 높음
 매우 높음
 잘 모르겠음

11. 2-2) 귀하는 수소 기술의 환경성 검증을 위해 "수소 기술 전과정 환경성평가 방법론" 개발이 필요하다고 생각하십니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 전혀 필요없음 12번째 질문으로 건너뛰세요.
 필요없음 12번째 질문으로 건너뛰세요.
 보통 13번째 질문으로 건너뛰세요. 필
 요 13번째 질문으로 건너뛰세요.
 매우 필요 13번째 질문으로 건너뛰세요.

13번째 질문으로 건너뛰세요.

12. 2-2-1) 귀하가 "수소 기술 전과정 환경성평가 방법론" 개발이 필요없다고 응답하신 사유를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다. *

13번째 질문으로 건너뛰세요.

13. 2-3) 귀하는 수소 활용 기술(수소 철도, 수소 버스, 건물, 수소도시 등)의 탄소 중립기여도를 평가하기 위해 "세부 기술별 전과정 환경성평가 지침 개발"이 필요하다고 생각하십니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 전혀 필요없음 14번째 질문으로 건너뛰세요.
 필요없음 14번째 질문으로 건너뛰세요.
 보통 15번째 질문으로 건너뛰세요. 필
 요 15번째 질문으로 건너뛰세요.
 매우 필요 15번째 질문으로 건너뛰세요.

16번째 질문으로 건너뛰세요.

14. 2-3-1) 귀하가 세부 기술별 전과정 환경성평가 지침 개발"이 필요없다고 응답하신 사유를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.*

15. 2-3-2) 귀하가 생각하시기에 "세부 기술별 전과정 환경성평가 지침 개발"이 필요한 분야를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.*

16번째 질문으로 건너뛰세요.

16. 2-4) 귀하가 "수소 기술 전과정 환경성평가 방법론"을 개발할 때, 가장 중요하게 고려해야 할 항목 2가지를 다음의 보기에서 표시해 주시기 바랍니다. (2가지만 선택) *

해당 사항에 모두 표시하세요.

- 전과정 환경성평가 적용범위
- 기능 및 기능단위 정의 시
- 스템 경계 및 범위 정의 제
- 외(cut-off) 기준
- 영향평가 방법
- 할당 데이터
- 품질
- 모델링 방법론 (Consequential LCA 및 Attributional LCA)

17. 2-5) 귀하가 "수소 기술 전과정 환경성평가 방법론 개발"에 대해 추가로 제안하실 사항이 있다면 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.

■ 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축

※ 전과정목록 데이터베이스(LCI DB)는 기술이나 제품의 환경성을 평가하기 위해 주요 투입물 및 산출물에 대해 전과정에 걸친 사용량 및 배출량의 데이터를 정량화한 자료로써 전과정 환경성 평가를 수행하기 위한 필수자료

18. 3-1) 귀하는 수소 기술 관련 전과정목록 데이터베이스(LCI DB)의 국내 기술 수준이 해외 국가 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 매우 낮음
 낮음 보
 통 높음
 매우 높음
 잘 모르겠음

19. 3-2) 귀하는 수소 기술의 환경성평가를 위한 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축이 필요하다고 생각하십니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 전혀 필요없음 20 번째 질문으로 건너뛰세요.
 필요없음 20 번째 질문으로 건너뛰세요.
 보통 21 번째 질문으로 건너뛰세요. 필
 요 21 번째 질문으로 건너뛰세요.
 매우 필요 21 번째 질문으로 건너뛰세요.

20. 3-2-1) 귀하가 수소 기술의 환경성평가를 위한 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축이 필요없다고 응답하신 사유를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다. *

21. 3-3) 수소 기술에 대한 전과정목록 데이터베이스 구축이 필요하다면, 다음 보기 중에서 먼저 어떤 수소 기술을 대상으로 개발이 필요하다고 생각하십니까? *

행당 한 개의 타원형만 표시합니다.

	전혀 필요 없음	필요없 음	보통	필요	매우 필 요
수소생산기술((물분해))	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소생산기술(바이오매스/폐자원 가스화))	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소생산기술(화석연료 이용)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소운송기술(파이프라인, 탱크로 리, 튜브트레일러)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소저장기술(액체/고체/기체 수 소 저장탱크))	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소연료전지기술	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소철도기술	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소버스기술	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소드론/무인항공기기술	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
건물 수소활용기술	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. 위 보기 이외에 구축이 필요하다고 생각하시는 데이터베이스가 있다면 기술해주시기 바랍니다.

23. 3-4) 귀하가 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 구축에 대해 추가로 제안하실 사항이 있다면 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.

■ 수소 기술의 전과정 환경성평가 플랫폼 구축

※ 수소활용기술의 전과정 환경성평가 플랫폼은

- 수소 관련 연구 결과 등의 정보공유
- 수소 기술에 전과정목록 데이터베이스 제공
- 연구자 또는 사용자가 수소 기술에 대한 간소화된 환경성평가 수행 등 연구개발 및 의사결정 지원 기능을 목적으로 하고 있음

24. 4-1) 귀하는 수소 기술 관련 전과정 환경성평가 플랫폼의 국내 기술 수준이 해외 국가 대비 어느 정도 수준이라고 생각하십니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 매우 낮음
- 낮음 보
- 통 높음
- 매우 높음
- 잘 모르겠음
-

25. 4-2) 귀하는 수소 기술 전과정 환경성평가를 위한 고유 플랫폼 구축이 필요하다고 생각하십니까? *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- 전혀 필요없음 26번째 질문으로 건너뛰세요.
- 필요없음 26번째 질문으로 건너뛰세요.
- 보통 27번째 질문으로 건너뛰세요. 필
- 요 27번째 질문으로 건너뛰세요.
- 매우 필요 27번째 질문으로 건너뛰세요.

26. 4-2-1) 귀하가 수소 기술 전과정 환경성평가를 위한 고유 플랫폼 구축이 필요없다고 응답하신 사유를 자유롭게 기술해주시기 바랍니다. *

27. 4-3) 수소 기술 전과정평가 플랫폼 구축 시 다음의 플랫폼 기능 중에서 귀하가 생각하시는 중요도를 평가해 주시기 바랍니다.*

행당 한 개의 타원형만 표시합니다.

	전혀 필요 없음	필요없 음	보통	필요	매우 필 요
수소기술 전과정평가 방법론/지침 공개	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
개발된 수소기술 전과정목록 데 이 터베이스 공개	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
웹기반 수소기술 대상 간이 전과 정 평가 수행 기능	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소기술 전과정 환경성평가 수 행 소프트웨어 공개	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
수소기술 전과정 환경성평가 수 행 예시 공개	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
전과정 환경성평가 관련 문의사 항 접수	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

28. 위 기능들 이외에 플랫폼에 포함되야 한다고 생각하시는 기능 및 정보가 있다면 기
술해주시기 바랍니다.

29. 5) 본 연구 기획에 대해 귀하의 제안사항이 있다면 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.

지금까지 설문에 응답해 주셔서 대단히 감사합니다.

[부록4] 이슈 및 기술 우선순위평가서

탄소중립을 위한
국토교통분야 수소 이슈 및 기술
우선순위 평가

2022. 01

탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 관련 이슈에 대한 사전 이해

이슈 (대분류)	이슈 (중분류)	이슈 (소분류)
탄소중립 (수소기술의 환경성)	수소기술의 환경성 평가 방법론 필요	환경성 평가의 국제표준 부합화
		국토교통분야 수소기술별 환경성 평가의 일관성 및 비교가능성 확보
		철도분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보
		건물분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보
		수소버스/물류분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보
		드론/항공분야 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보
	수소도시의 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보	
수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 필요	국토교통분야 수소기술의 탄소중립 기여도 확인	
평가방법론의 적합성 검증 필요	환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론의 적합성 확인	
수소기술의 경제성 평가	환경영향을 포함하는 수소기술의 경제성 평가 방법론 필요	수소기술의 경제성 평가 방법론 필요
		탄소배출량의 경제성 평가 방법론 필요
		자원소모 등 기타 환경영향의 경제성 평가 방법론 필요
수소기술의 사회성 평가	수소기술의 사회성 평가 방법론 필요	수소기술의 사회성(공정 임금, 아동 노동, 의료비) 평가 방법론 필요

이슈 및 기술 우선순위 평가 | 1

이슈 (대분류)	이슈 (중분류)	이슈 (소분류)
수소기술 의 환경성 평가 인프라	DB 구축 방법론, DB 구축 방법론의 국제표준에의 부합화	환경성 평가 DB 구축을 위한 가이드라인 필요
		수소기술 환경성 평가 DB의 국제표준 부합화
	수소기술 환경성 평가를 위한 DB 구축 필요	국토교통분야 수소기술의 환경성 평가에 필요한 DB 목록 파악
		국토교통분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 공통 DB 필요
	DB 구축 방법론 필요	철도분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요
		건물분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요
		수소버스/물류분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요
		드론/항공분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요
		수소도시의 환경성 평가를 위한 DB 필요
		DB 구축 시 기술의 보안 관리
	수소기술의 경제성 평가를 위한 DB 구축 필요	수소기술별 생산 비용 DB 필요
		수소기술별 설치 비용 DB 필요
		수소기술별 유지관리 비용 DB 필요
		수소기술별 폐기 비용 DB 필요
	수소기술 환경성평가 및 정보공유 플랫폼 구축 필요	수소기술 환경성 평가 관련 국내외 동향 정보 공유 강화
		소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 부재
		연구개발자/정책개발자가 수소기술 연구개발 방향 및 수소기술 적용 방안 계획수립에 적용할 수 있는 환경성 평가 도구 필요
		연구개발자/정책개발자가 수소기술 및 수소기술 적용 정책에 대한 환경성 및 탄소중립 기여도를 확인할 수 있는 도구 필요
		연구개발자/정책개발자의 환경성 및 탄소중립 기여도 평가 결과의 적합성 확보
		온-오프라인 환경성 평가 연계 방안 모색 필요
		데이터베이스 관리 도구 필요
형식이 다른 DB의 정확한 import 방안 마련 필요		
플랫폼의 지속적인 유지관리		
대중의 수소기술에 대한 인식 제고		

이슈 (대분류)	이슈 (중분류)	이슈 (소분류)
수소기술 의 환경성 커뮤니케 이션	수소기술의 환경성 인증	수소기술의 환경성 인증 확대
		해외 수소기술 환경성 인증과의 상호인증 필요
	수소기술의 환경성 정보 커뮤니케이션	수소기술의 환경성 정보 공개 요구 확대
수소기술 의 환경성 평가 인적 자원	양질의 일자리 창출	수소기술 환경성 평가를 위한 전문인력 부족
		수소기술 환경성 평가 전문기업의 역량 강화
		수소기술 환경성 평가 전문 교육기관 육성

탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 관련 기술에 대한 사전 이해

이슈 (대분류)	핵심기술	구성기술
탄소중립 (수소기술의 환경성)	국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	• 수소기술 전과정평가를 위한 국제표준 조사
		• 국토교통분야 수소기술의 전과정평가 공통 방법론 개발
		• 철도분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발
		• 건물분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발
		• 수소버스/물류분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발
		• 드론/항공분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발
	• 수소도시의 전과정평가 방법론 개발	
수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	• 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	
환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증	• 환경성 평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증	
수소기술의 경제성 평가	수소기술의 전과정 비용(Life cycle cost) 평가 방법론 개발	• 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가 방법론 개발
		• 탄소배출량의 화폐가치화(monetary evaluation) 방법론 개발
		• 자원소모 등 기타 환경영향의 화폐가치화(monetary evaluation) 방법론 개발
수소기술의 사회성 평가	수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발	• 수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발
		• 공정 임금 평가 방법론 개발
		• 아동 노동 평가 방법론 개발
		• 의료비 지출 평가 방법론 개발

이슈 및 기술 우선순위 평가 | 4

이슈 (대분류)	핵심기술	구성기술
수소기술 의 환경성 평가 인프라	국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발	<ul style="list-style-type: none"> 국제표준에 부합하는 전과정목록(LCI) DB 구축 가이드라인 개발
		<ul style="list-style-type: none"> 개발된 DB의 GLAD 또는 LCDN 등록
		<ul style="list-style-type: none"> 환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 구축 기술
	국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정목록(LCI) DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> 연구개발자, 기업, 전과정평가 전문가 대상 필요한 DB 수요 조사
		<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 공통 수소기술(수소 생산)의 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 공통 수소기술(수소 운송)의 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 공통 수소기술(수소 저장)의 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 공통 수소기술(수소 공급)의 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기 관련 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 철도분야 수소기술의 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 건물분야 수소기술의 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 수소버스/물류분야 수소기술의 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 드론/항공분야 수소기술의 LCI DB 구축
		<ul style="list-style-type: none"> 수소도시를 위한 수소기술의 LCI DB 구축
<ul style="list-style-type: none"> 수소기술 소유자의 자발적인 데이터베이스 구축, 검증 및 공개 프로세스 개발 		

이슈 및 기술 우선순위 평가 | 5

이슈 (대분류)	핵심기술	구성기술
	수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 수소기술별 생산 비용 DB 구축 • 수소기술별 생산 설치 DB 구축 • 수소기술별 유지관리 비용 DB 구축 • 수소기술별 폐기 비용 DB 구축
	수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 수소기술 전과정평가 국내외 동향 조사 및 공유 체계 • 소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 구축 기술 • 수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 예측을 위한 전과정 평가 로직 설계 및 구현 • 수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 확인을 위한 전과정 평가 로직 설계 및 구현 • 온라인 전과정평가 결과의 검증 체계 구축 • 오프라인 전과정평가 지원 체계 구축 • 국제표준 형식의 DB 관리도구 구축 • 형식이 다른 타부처 및 해외 DB 맵핑 프로그램 개발 및 적용 • 플랫폼의 유지관리 체계 구축 • 대중의 수소기술의 환경성 정보 제공 체계 구축 • LCI DB를 이용한 환경영향범주별 결과 정보(midpoint, endpoint) 체계 구축

이슈 (대분류)	핵심기술	구성기술
수소기술 의 환경성 커뮤니케 이션	수소기술의 환경성 인증 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발
		<ul style="list-style-type: none"> • 국내 수소기술의 환경성 인증 체계 구축
		<ul style="list-style-type: none"> • 국내 수소의 환경성 인증 체계 구축
	수소기술의 환경성 정보 공개 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 해외 수소 및 수소기술 환경성 인증 인증 프로그램과 상호 인증 체계 구축 • 수소기술 환경성 정보 공개 프로그램 개발 및 정보 공개 체계 구축
수소기술 의 환경성 평가 인적 자원	국제표준에 부합하는 전과정평가 전문가 양성	<ul style="list-style-type: none"> • 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 인력 양성 프로그램 개발 및 운영
<ul style="list-style-type: none"> • 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문기업 육성 프로그램 개발 및 운영 		
<ul style="list-style-type: none"> • 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 교육기관 육성 프로그램 개발 및 운영 		

기술 정의

A. 탄소중립(수소기술의 환경성)

a. 국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정평가 방법론 개발

□ (A-a-1) 수소기술 전과정평가를 위한 국제표준 조사

- EU FCH JU를 중심으로 개발되고 있는 수소기술 전과정평가에 대한 국제표준 조사

□ (A-a-2) 국토교통분야 수소기술의 전과정평가 공통 방법론 개발

- 수소기술에 공통적으로 적용할 수 있고, 일관성이 있으며, 비교가능한 모델링 (Attributional 및 Consequential), 시스템 경계 설정, 할당, cut-off, 영향평가 등의 방법론 개발 및 수행 절차에 대한 가이드라인을 개발하는 기술

□ (A-a-3) 철도분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발

- 철도분야 수소기술의 비교가능성을 보장하기 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 철도분야 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술

□ (A-a-4) 건물분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발

- 건물분야 수소기술의 비교가능성을 보장하기 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 건물분야 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술

□ (A-a-5) 수소버스/물류분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발

- 수소버스/물류분야 수소기술의 비교가능성을 보장하기 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 수소버스/물류분야 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술

□ (A-a-6) 드론/항공분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발

- 드론/항공분야 수소기술의 비교가능성을 보장하기 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 드론/항공분야 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술

□ (A-a-7) 수소도시의 전과정평가 방법론 개발

- 수소도시의 전과정평가를 위해, 공통방법론에 포함되지 않은 수소도시 고유의 기능단위, 시스템 경계, 사용단계, 폐기단계 등에 대한 방법론을 개발하는 기술

b. 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발

□ (A-b-1) 수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발

- 기존기술 및 수소기술의 전과정평가를 기반으로 수소기술 적용으로 나타나는 수소기술 및 기존기술의 탄소배출량 저감효과 평가 방법론을 개발하는 기술

c. 환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증

(A-c-1) 환경성 평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증

- 개발된 전과정평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론의 적합성을 검증하기 위한 시범적용

B. 수소기술의 경제성 평가

a. 수소기술의 전과정 비용(Life cycle cost) 평가 방법론 개발

(B-a-1) 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가 방법론 개발

- 수소의 생산, 운송, 저장, 공급 및 사용의 전과정과 수소기술의 생산, 설치, 유지관리 및 폐기 전과정의 직접 비용, 그리고 탄소배출량 등 전과정 환경영향을 화폐가치로 환산한 간접 비용을 산출하여 수소기술의 전과정 비용 평가 방법론을 개발하는 기술

(B-a-2) 탄소배출량의 화폐가치화(monetary evaluation) 방법론 개발

- 탄소배출량을 경제적 가치인 화폐단위로 산정하는 방법론을 개발하는 기술

(B-a-3) 자원소모 등 기타 환경영향의 화폐가치화(monetary evaluation) 방법론 개발

- 자원소모, 산성화, 부영양화, 광화학산화물생성, 생태독성, 인간독성, 미세먼지 등 환경영향을 경제적 가치인 화폐단위로 산정하는 방법론을 개발하는 기술

C. 수소기술의 사회성 평가

a. 수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발

(C-a-1) 수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발

- 수소의 생산, 운송, 저장, 공급 및 사용의 전과정과 수소기술의 생산, 설치, 유지관리 및 폐기 전과정에서 공정 임금, 아동 노동, 의료비 지출 등의 사회적 지표 평가 방법론을 개발하는 기술

(C-a-2) 공정 임금 평가 방법론 개발

- 수소기술 전과정에서 사회적 지표인 공정 임금 평가 방법론을 개발하는 기술

(C-a-3) 아동 노동 평가 방법론 개발

- 수소기술 전과정에서 사회적 지표인 아동 노동 평가 방법론을 개발하는 기술

(C-a-4) 의료비 지출 평가 방법론 개발

- 수소기술 전과정에서 사회적 지표인 의료비 지출 평가 방법론을 개발하는 기술

D. 수소기술의 환경성 평가 인프라

a. 국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발

□ (D-a-1) 국제표준에 부합하는 전과정목록(LCI) DB 구축 가이드라인 개발

- 국제표준에 부합하는 형식(ILCD 형식)의 문서화, 명명법, 데이터 품질요건(완전성, 기술적/지리적/시간적 대표성 등), 영향평가 지원 범위 등 LCI DB 구축 가이드라인을 개발하는 기술

□ (D-a-2) 개발된 DB의 GLAD 또는 LCDN 등록

- 국제표준에 부합하는 수소기술의 LCI DB를 개발하고, LCI DB 국제 플랫폼인 GLAD 또는 LCDN에 등록하는 기술

□ (D-a-3) 환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 구축 기술

- 국제표준에 부합하는 형식의 문서화, 명명법, 데이터 품질요건, 영향평가 지원 범위 등을 제3자에 의해 검증하는 체계를 마련하는 기술

b. 국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정목록(LCI) DB 구축

□ (D-b-1) 연구개발자, 기업, 전과정평가 전문가 대상 필요한 DB 수요조사

- 수소기술 연구개발자, 기업, 전과정평가 전문가를 대상으로 전과정평가를 위해 구축이 필요한 LCI DB 수요 조사

□ (D-b-2) 국토교통분야 공통 수소기술(수소 생산)의 LCI DB 구축

- LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 생산 경로별로 LCI DB 구축 기술

□ (D-b-3) 국토교통분야 공통 수소기술(수소 운송)의 LCI DB 구축

- LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 운송 기술별로 LCI DB 구축 기술

□ (D-b-4) 국토교통분야 공통 수소기술(수소 저장)의 LCI DB 구축

- LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 저장 기술별로 LCI DB 구축 기술

□ (D-b-5) 국토교통분야 공통 수소기술(수소 공급)의 LCI DB 구축

- LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 공급 기술별로 LCI DB 구축 기술

□ (D-b-6) 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축

- LCI DB 구축 가이드라인에 따라 국토교통분야 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축 기술

□ (D-b-7) 국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기 관련 LCI DB 구축

- LCI DB 구축 가이드라인에 따라 국토교통분야 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기(수거, 해체, 분리/선별, 재활용/재사용/소각/매립) 관련 LCI DB 구축 기술

- **(D-b-8) 철도분야 수소기술의 LCI DB 구축**
 - LCI DB 구축 가이드라인에 따라 철도분야 고유의 수소기술 LCI DB 구축 기술
 - **(D-b-9) 건물분야 수소기술의 LCI DB 구축**
 - LCI DB 구축 가이드라인에 따라 건물 분야 고유의 수소기술 LCI DB 구축 기술
 - **(D-b-10) 수소버스/물류분야 수소기술의 LCI DB 구축**
 - LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소 버스/물류 분야 고유의 수소기술 LCI DB 구축 기술
 - **(D-b-11) 드론/항공분야 수소기술의 LCI DB 구축**
 - LCI DB 구축 가이드라인에 따라 드론/항공 분야 고유의 수소기술 LCI DB 구축 기술
 - **(D-b-12) 수소도시를 위한 수소기술의 LCI DB 구축**
 - LCI DB 구축 가이드라인에 따라 수소도시 전과정평가에서 요구하는 수소기술 LCI DB 구축 기술
 - **(D-b-13) 수소기술 소유자의 자발적인 데이터베이스 구축, 검증 및 공개 프로세스 개발**
 - 기술 보안 문제를 회피하기 위하여 기술 소유자/개발자가 LCI DB 구축 방법론에 따라 DB를 개발하고, DB 관리자가 검증하고, 이를 등록하는 프로세스 구축 기술
- c. 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 DB 구축**
- **(D-c-1) 수소기술별 생산 비용 DB 구축**
 - 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 수소기술별 생산 비용 DB 구축 기술
 - **(D-c-2) 수소기술별 생산 설치 DB 구축**
 - 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 수소기술별 설치 비용 DB 구축 기술
 - **(D-c-3) 수소기술별 유지관리 비용 DB 구축**
 - 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 수소기술별 유지관리 비용 DB 구축 기술
 - **(D-c-4) 수소기술별 폐기 비용 DB 구축**
 - 수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 수소기술별 폐기(수거, 해체, 분리/선별, 재활용/재사용/소각/매립) 비용 DB 구축 기술

d. 수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축

(D-d-1) 수소기술 전과정평가 국내외 동향 조사 및 공유 체계

- 수소기술 전과정평가 국내외 동향 정보 공유를 동향 조사와 정보 공유 체계, 및 플랫폼 구현 기술

(D-d-2) 소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 구축 기술

- 소프트웨어(윈도우, 맥, 리눅스) 및 프로그램 호환성(윈도우 익스플로러, 구글 크롬, 사파리)을 가진 플랫폼을 구축하는 기술

(D-d-3) 수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 예측을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현

- 단순화된 전과정평가 수행 플랫폼으로, 연구개발 대상 기술 또는 수소기술 적용 전에 최소한의 정보로 환경성 및 탄소중립 기여도를 예측할 수 있는 플랫폼 구축 기술

(D-d-4) 수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 확인을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현

- Screening 전과정평가 수행 플랫폼으로, 연구개발 완료 기술 또는 적용이 확정된 기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 결과를 확인할 수 있는 플랫폼 구축 기술

(D-d-5) 온라인 전과정평가 결과의 검증 체계 구축

- Screening 전과정평가 수행 절차 및 결과에 대한 전문가 검증 플랫폼 기술

(D-d-6) 오프라인 전과정평가 지원 체계 구축

- 상세 전과정평가가 필요할 경우, 전문가에게 요청하고 오프라인으로 지원할 수 있는 체계 구축 기술

(D-d-7) 국제표준 형식의 DB 관리도구 구축

- 국제표준 부합하 형식, DB 분류 체계, DB 추가/삭제, import, export, 전과정평가 플랫폼과의 연계 등을 구현하는 기술

(D-d-8) 형식이 다른 타부처 및 해외 DB 맵핑 프로그램 개발 및 적용

- 형식이 다른 타부처 및 해외 DB를 플랫폼에 impoet 할 때, 플랫폼에 적합한 형식으로 매핑하는 프로그램 개발 기술

(D-d-9) 플랫폼의 유지관리 체계 구축

- 플랫폼 유지관리 기술

(D-d-10) 대중의 수소기술의 환경성 정보 제공 체계 구축

- 대중의 수소기술에 대한 인식 제고를 위한 환경성 정보 등의 콘텐츠 개발 및 화면 구성 기술

(D-d-11) LCI DB를 이용한 환경영향범주별 결과 정보(midpoint, endpoint) 체계 구축

- LCI DB를 이용한 환경영향범주별 결과 정보(midpoint, endpoint) 체계 구축 기술

E. 수소기술의 환경성 커뮤니케이션

a. 수소기술의 환경성 인증 체계 구축

(E-a-1) 국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발

- 국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발 기술

(E-a-2) 국내 수소기술의 환경성 인증 체계 구축

- 국내 수소기술의 환경성 인증 체계 구축 기술

(E-a-3) 국내 수소의 환경성 인증 체계 구축

- 국내 수소의 환경성 인증 체계 구축 기술

(E-a-4) 해외 수소 및 수소기술 환경성 인증 인증 프로그램과 상호인증 체계 구축

- 수소기술의 환경성 인증 관련 국내 인증 프로그램과 해외 인증 프로그램의 상호인증 체계 구축 기술

b. 수소기술의 환경성 정보 공개 체계 구축

(E-b-1) 수소기술 환경성 정보 공개 프로그램 개발 및 정보 공개 체계 구축

- 수소기술 환경성 정보 공개 프로그램 개발 및 정보 공개 체계 구축 기술

F. 수소기술의 환경성 평가 인적 자원

a. 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문가 양성

(F-a-1) 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 인력 양성 프로그램 개발 및 운영

- 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 인력 양성 프로그램 개발 및 운영

(F-a-2) 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문기업 육성 프로그램 개발 및 운영

- 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문기업 육성 프로그램 개발 및 운영

(F-a-3) 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 교육기관 육성 프로그램 개발 및 운영

- 국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 교육기관 육성 프로그램 개발 및 운영

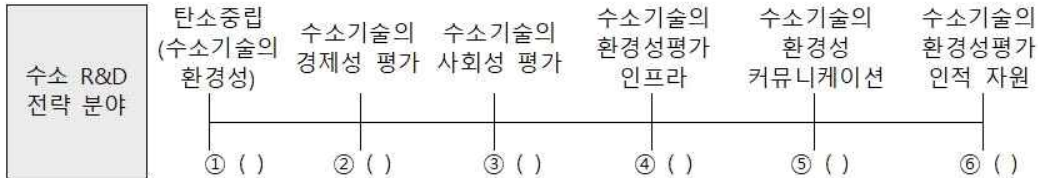
I. 정보 입력

1. 아래 작성자 정보를 기입 혹은 선택해 주십시오.

구 분	내 용
성 명	()
소속 기관명	()
연락처(핸드폰)	()
분 야	① 산업계(제조) ② 운영처 ③ 학계 ④ 연구소 ⑤ 기타
관련분야 경력	① 0~5년() ② 5~10년() ③ 10~20년 () ④ 20년 이상()

II. 국토교통분야 수소 이슈 우선순위 평가

2. [이슈(대분류)] 다음 이슈(대분류)에 대한 중요도 및 시급성, 파급효과 등을 고려하여 **종합적인 우선 순위**를 선정해 주십시오.



3. [이슈(중분류)] 다음 이슈(중분류)에 대한 중요도 및 시급성, 파급효과 등을 고려하여 **종합적인 우선순위**를 선정해 주십시오.(1~12순위 선정)

이슈 (대분류)	이슈 (중분류)	순위
탄소중립 (수소기술의 환경성)	수소기술의 환경성 평가 방법론 필요	
	수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 필요	
	평가방법론의 적합성 검증 필요	
수소기술의 경제성 평가	환경영향을 포함하는 수소기술의 경제성 평가 방법론 필요	
수소기술의 사회성 평가	수소기술의 사회성 평가 방법론 필요	
수소기술의 환경성 평가 인프라	DB 구축 방법론, DB 구축 방법론의 국제표준에의 부합화	
	수소기술 환경성 평가를 위한 DB 구축 필요	
	수소기술의 경제성 평가를 위한 DB 구축 필요	
	수소기술 환경성평가 및 정보공유 플랫폼 구축 필요	
수소기술의 환경성 커뮤니케이션	수소기술의 환경성 인증	
	수소기술의 환경성 정보 커뮤니케이션	
수소기술의 환경성 평가 인적 자원	양질의 일자리 창출	

4. [이슈(소분류)] <탄소중립(수소기술의 환경성)>의 각 이슈(소분류)에 대한 종합적인 우선 순위와 R&D 적정성을 선정해 주십시오.

※ R&D 적정성 : 해당 이슈를 R&D를 통해 해결 가능한지 여부

※ 우선순위는 1~9순위를 매겨주시기 바라며, R&D 적정성은 5점 척도로 평가해주시기 바랍니다.

이슈 (중분류)	이슈 (소분류)	순위	R&D 적정성
수소기술의 환경성 평가 방법론 필요	환경성 평가의 국제표준 부합화		
	국토교통분야 수소기술별 환경성 평가의 일관성 및 비교가능성 확보		
	철도분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보		
	건물분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보		
	수소버스/물류분야 수소기술별 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보		
	드론/항공분야 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보		
	수소도시의 환경성 평가 일관성 및 비교가능성 확보		
수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 필요	국토교통분야 수소기술의 탄소중립 기여도 확인		
평가방법론의 적합성 검증 필요	환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론의 적합성 확인		

5. [이슈(소분류)] <수소기술의 경제성 평가>의 각 이슈(소분류)에 대한 종합적인 우선 순위와 R&D 적정성을 선정해 주십시오.

※ R&D 적정성 : 해당 이슈를 R&D를 통해 해결 가능한지 여부

※ 우선순위는 1~3순위를 매겨주시기 바라며, R&D 적정성은 5점 척도로 평가해주시기 바랍니다.

이슈 (중분류)	이슈 (소분류)	순위	R&D 적정성
환경영향을 포함하는 수소기술의 경제성 평가 방법론 필요	수소기술의 경제성 평가 방법론 필요		
	탄소배출량의 경제성 평가 방법론 필요		
	자원소모 등 기타 환경영향의 경제성 평가 방법론 필요		

6. [이슈(소분류)] <수소기술의 사회성 평가>의 이슈(소분류)에 대한 R&D 적정성을 선정해 주십시오.

※ R&D 적정성 : 해당 이슈를 R&D를 통해 해결 가능한지 여부

※ R&D 적정성은 5점 척도로 평가해주시기 바랍니다.

이슈 (중분류)	이슈 (소분류)	순위	R&D 적정성
수소기술의 사회성 평가 방법론 필요	수소기술의 사회성(공정 임금, 아동 노동, 의료비) 평가 방법론 필요		

7. [이슈(소분류)] <수소기술의 환경성 평가 인프라>의 각 이슈(소분류)에 대한 종합적인 우선 순위와 R&D 적정성을 선정해 주십시오.

※ R&D 적정성 : 해당 이슈를 R&D를 통해 해결 가능한지 여부

※ 우선순위는 1~25순위를 매겨주시기 바라며, R&D 적정성은 5점 척도로 평가해주시기 바랍니다.

이슈 (중분류)	이슈 (소분류)	순위	R&D 적정성
DB 구축 방법론, DB 구축 방법론의 국제표준에의 부합화	환경성 평가 DB 구축을 위한 가이드라인 필요		
	수소기술 환경성 평가 DB의 국제표준 부합화		
	환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 미비		
수소기술 환경성 평가를 위한 DB 구축 필요	국토교통분야 수소기술의 환경성 평가에 필요한 DB 목록 파악		
	국토교통분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 공통 DB 필요		
	철도분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요		
	건물분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요		
	수소버스/물류분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요		
	드론/항공분야 수소기술의 환경성 평가를 위한 DB 필요		
	수소도시의 환경성 평가를 위한 DB 필요		
	DB 구축 시 기술의 보안 관리		
수소기술의 경제성 평가를 위한 DB 구축 필요	수소기술별 생산 비용 DB 필요		
	수소기술별 설치 비용 DB 필요		
	수소기술별 유지관리 비용 DB 필요		
	수소기술별 폐기 비용 DB 필요		
수소기술 환경성평가 및 정보공유 플랫폼 구축 필요	수소기술 환경성 평가 관련 국내외 동향 정보 공유 강화		
	소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 부재		
	연구개발자/정책개발자가 수소기술 연구개발 방향 및 수소기술 적용 방안 계획수립에 적용할 수 있는 환경성 평가 도구 필요		
	연구개발자/정책개발자가 수소기술 및 수소기술 적용 정책에 대한 환경성 및 탄소중립 기여도를 확인할 수 있는 도구 필요		
	연구개발자/정책개발자의 환경성 및 탄소중립 기여도 평가 결과의 적합성 확보		
	온-오프라인 환경성 평가 연계 방안 모색 필요		
	데이터베이스 관리 도구 필요		
	형식이 다른 DB의 정확한 import 방안 마련 필요		
	플랫폼의 지속적인 유지관리		
	대중의 수소기술에 대한 인식 제고		

8. [이슈(소분류)] <수소기술의 환경성 커뮤니케이션>의 각 이슈(소분류)에 대한 종합적인 우선 순위와 R&D 적정성을 선정해 주십시오.

※ R&D 적정성 : 해당 이슈를 R&D를 통해 해결 가능한지 여부

※ 우선순위는 1~3순위를 매겨주시기 바라며, R&D 적정성은 5점 척도로 평가해주시기 바랍니다.

이슈 (중분류)	이슈 (소분류)	순위	R&D 적정성
수소기술의 환경성 인증	수소기술의 환경성 인증 확대		
	해외 수소기술 환경성 인증과의 상호인증 필요		
수소기술의 환경성 정보 커뮤니케이션	수소기술의 환경성 정보 공개 요구 확대		

9. [이슈(소분류)] <수소기술의 환경성 평가 인적 자원>의 각 이슈(소분류)에 대한 종합적인 우선 순위와 R&D 적정성을 선정해 주십시오.

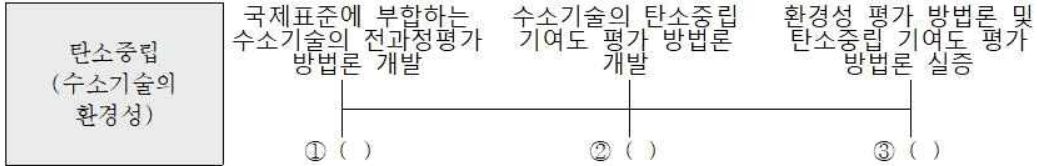
※ R&D 적정성 : 해당 이슈를 R&D를 통해 해결 가능한지 여부

※ 우선순위는 1~3순위를 매겨주시기 바라며, R&D 적정성은 5점 척도로 평가해주시기 바랍니다.

이슈 (중분류)	이슈 (소분류)	순위	R&D 적정성
양질의 일자리 창출	수소기술 환경성 평가를 위한 전문인력 부족		
	수소기술 환경성 평가 전문기업의 역량 강화		
	수소기술 환경성 평가 전문 교육기관 육성		

III. 기술 우선순위 평가(안)

10. <탄소중립(수소기술의 환경성)>의 핵심기술에 대한 중요도 및 시급성, 파급효과 등을 고려하여 **종합적인 우선 순위**를 선정해 주십시오.(괄호 안에 1, 2, 3순위 기입)

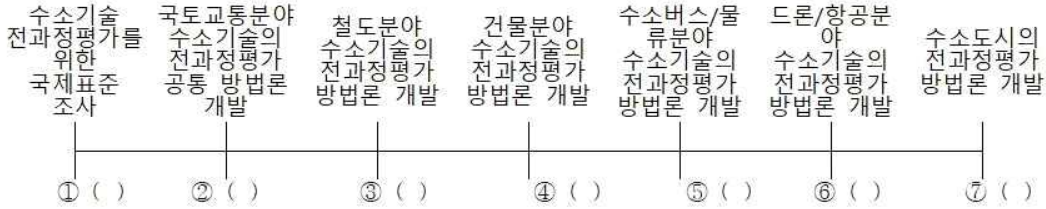


11. <탄소중립(수소기술의 환경성)>의 구성기술에 대한 중요도 및 시급성, 파급효과 등을 고려하여 **종합적인 우선 순위**를 선정해 주십시오(9개 기술)

핵심기술	구성기술	순위
국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	수소기술 전과정평가를 위한 국제표준 조사	
	국토교통분야 수소기술의 전과정평가 공통 방법론 개발	
	철도분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	
	건물분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	
	수소버스/물류분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	
	드론/항공분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발	
	수소도시의 전과정평가 방법론 개발	
수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	수소기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발	
환경성 평가 방법론 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증	환경성 평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 실증	

12. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정평가 방법론 개발'의 다음 구성기술에 대하여, 경제적/산업적 파급효과 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 경제적/산업적 파급효과(국내외 시장창출) >



13. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정평가 방법론 개발'의 다음 구성기술에 대하여, 기술 개발 시급성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 기술 개발 시급성 >



14. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정평가 방법론 개발'의 다음 구성기술에 대하여, 연구개발 성공가능성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 연구개발 성공가능성(기술 확보, 글로벌 경쟁우위 확보) >

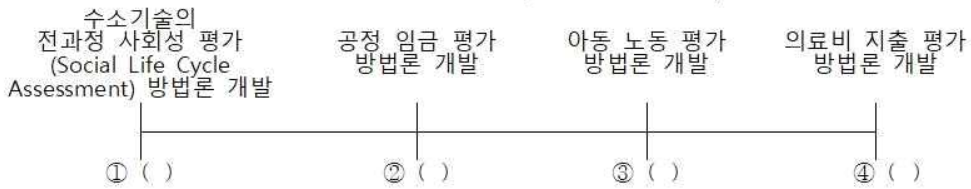


19. <수소기술의 사회성 평가>의 구성기술에 대한 중요도 및 시급성, 파급효과 등을 고려하여 **종합적인 우선 순위**를 선정해 주십시오(4개 기술)

핵심기술	구성기술	순위
수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발	수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발	
	공정 임금 평가 방법론 개발	
	아동 노동 평가 방법론 개발	
	의료비 지출 평가 방법론 개발	

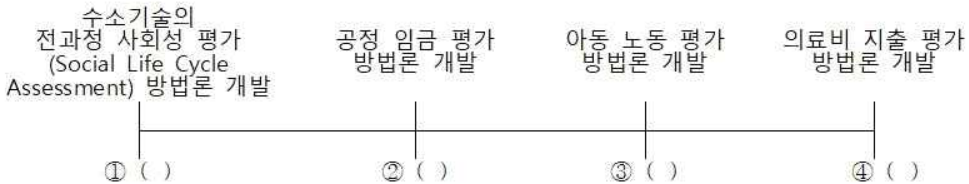
20. 핵심기술 '수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발'의 다음 구성기술에 대하여, **경제적/산업적 파급효과 우선 순위**를 선정해 주십시오.

< 경제적/산업적 파급효과(국내외 시장창출) >



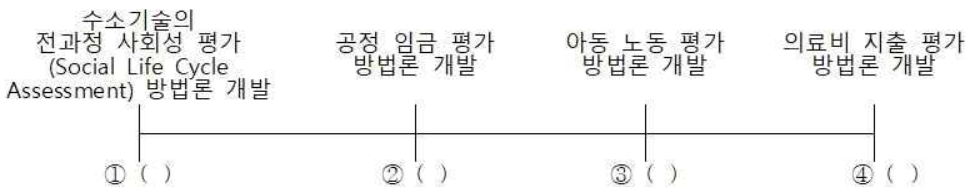
21. 핵심기술 '수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발'의 다음 구성기술에 대하여, **기술 개발 시급성 우선 순위**를 선정해 주십시오.

< 기술 개발 시급성 >



22. 핵심기술 '수소기술의 전과정 사회성 평가(Social Life Cycle Assessment) 방법론 개발'의 다음 구성기술에 대하여, **연구개발 성공가능성 우선 순위**를 선정해 주십시오.

< 연구개발 성공가능성(기술 확보, 글로벌 경쟁우위 확보) >



23. <수소기술의 환경성 평가 인프라>의 핵심기술에 대한 중요도 및 시급성, 파급효과 등을 고려하여 **종합적인 우선 순위**를 선정해 주십시오.(괄호 안에 1, 2, 3, 4순위 기입)



24. <수소기술의 환경성 평가 인프라>의 구성기술에 대한 중요도 및 시급성, 파급효과 등을 고려하여 **종합적인 우선 순위**를 선정해 주십시오(31개 기술)

핵심기술	구성기술	순위
국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발	국제표준에 부합하는 전과정목록(LCI) DB 구축 가이드라인 개발	
	개발된 DB의 GLAD 또는 LCDN 등록	
	환경성 평가 DB의 글로벌 호환성 검증 체계 구축 기술	
국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정목록(LCI) DB 구축	연구개발자, 기업, 전과정평가 전문가 대상 필요한 DB 수요조사	
	국토교통분야 공통 수소기술(수소 생산)의 LCI DB 구축	
	국토교통분야 공통 수소기술(수소 운송)의 LCI DB 구축	
	국토교통분야 공통 수소기술(수소 저장)의 LCI DB 구축	
	국토교통분야 공통 수소기술(수소 공급)의 LCI DB 구축	
	국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 제조 관련 LCI DB 구축	
	국토교통분야 공통 수소기술(각종 연료전지 및 관련 기기 등)의 폐기 관련 LCI DB 구축	
	철도분야 수소기술의 LCI DB 구축	
	건물분야 수소기술의 LCI DB 구축	
	수소버스/물류분야 수소기술의 LCI DB 구축	
	드론/항공분야 수소기술의 LCI DB 구축	
	수소도시를 위한 수소기술의 LCI DB 구축	
	수소기술 소유자의 자발적인 데이터베이스 구축, 검증 및 공개 프로세스 개발	
수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 DB 구축	수소기술별 생산 비용 DB 구축	
	수소기술별 생산 설치 DB 구축	
	수소기술별 유지관리 비용 DB 구축	
	수소기술별 폐기 비용 DB 구축	
수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축	수소기술 전과정평가 국내외 동향 조사 및 공유 체계	
	소프트웨어 및 프로그램 호환성을 가진 플랫폼 구축 기술	
	수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 예측을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현	
	수소기술의 환경성 및 탄소중립 기여도 확인을 위한 전과정평가 로직 설계 및 구현	
	온라인 전과정평가 결과의 검증 체계 구축	
	오프라인 전과정평가 지원 체계 구축	
	국제표준 형식의 DB 관리도구 구축	
	형식이 다른 타부처 및 해외 DB 맵핑 프로그램 개발 및 적용	
	플랫폼의 유지관리 체계 구축	
	대중의 수소기술의 환경성 정보 제공 체계 구축	
LCI DB를 이용한 환경영향범주별 결과 정보(midpoint, endpoint) 체계 구축		

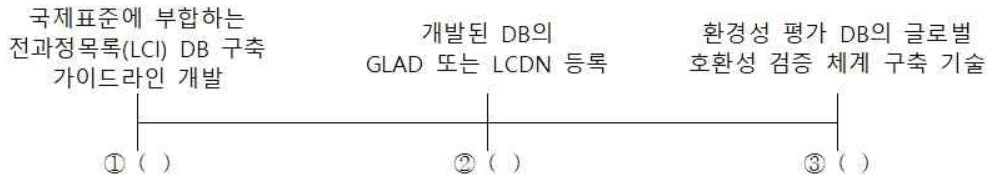
25. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발'의 다음 구성기술에 대하여, 경제적/산업적 파급효과 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 경제적/산업적 파급효과(국내외 시장창출) >



26. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발'의 다음 구성기술에 대하여, 기술 개발 시급성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 기술 개발 시급성 >



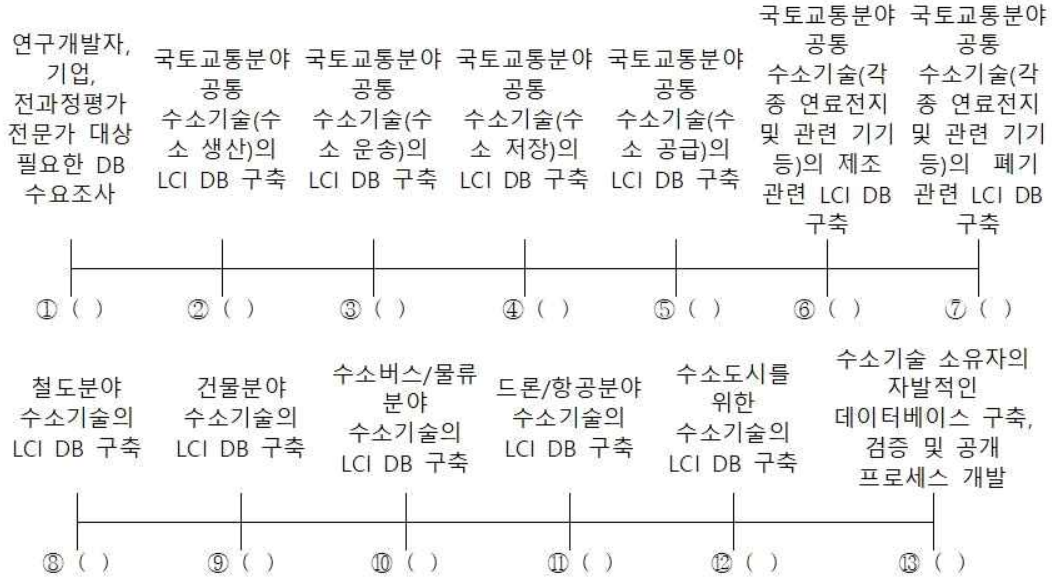
27. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 LCI DB 구축 방법론 개발'의 다음 구성기술에 대하여, 연구개발 성공가능성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 연구개발 성공가능성(기술 확보, 글로벌 경쟁우위 확보) >



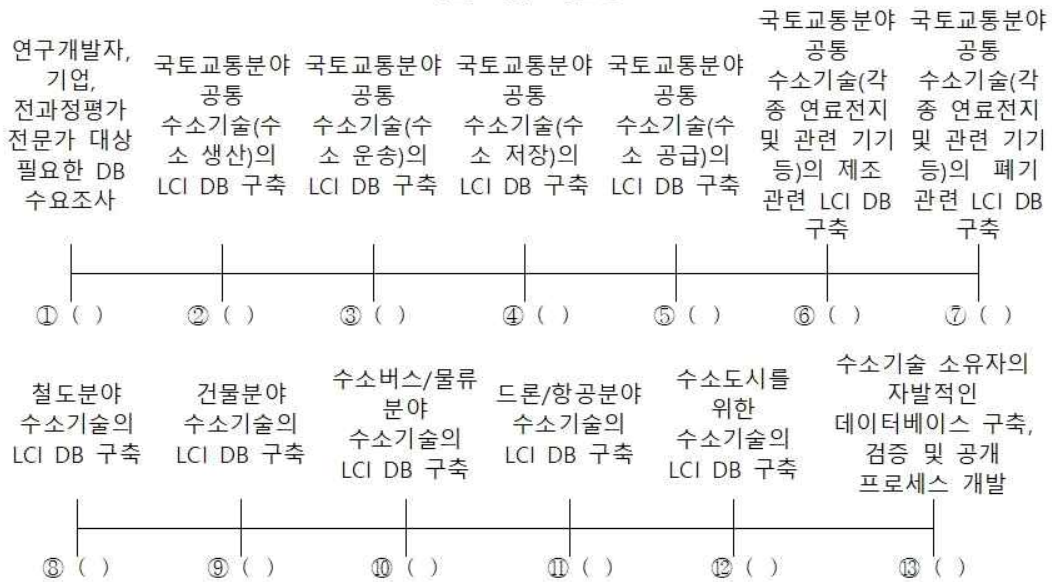
28. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정목록(LCI) DB 구축'의 다음 구성기술에 대하여, 경제적/산업적 파급효과 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 경제적/산업적 파급효과(국내외 시장창출) >



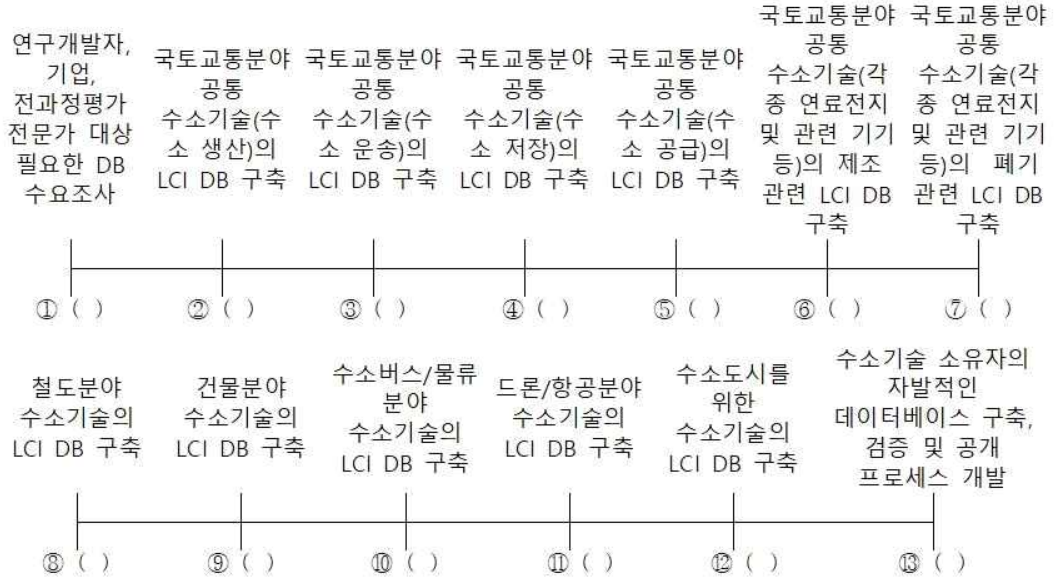
29. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정목록(LCI) DB 구축'의 다음 구성기술에 대하여, 기술 개발 시급성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 기술 개발 시급성 >



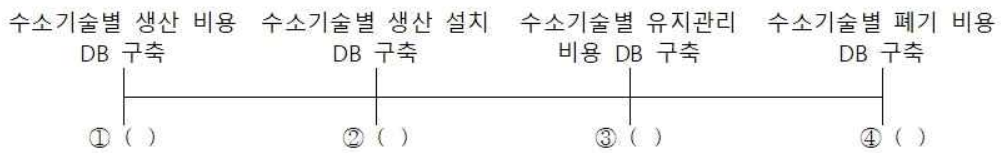
30. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 수소기술의 전과정목록(LCI) DB 구축'의 다음 구성기술에 대하여, 연구개발 성공가능성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 연구개발 성공가능성(기술 확보, 글로벌 경쟁우위 확보) >



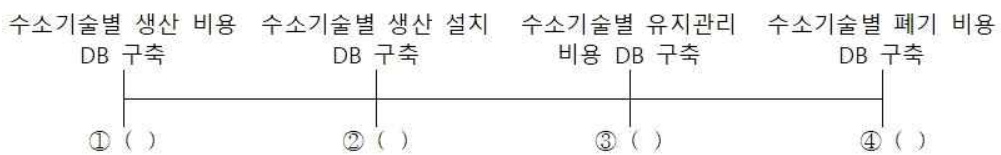
31. 핵심기술 '수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 DB 구축'의 다음 구성기술에 대하여, 경제적/산업적 파급효과 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 경제적/산업적 파급효과(국내외 시장창출) >



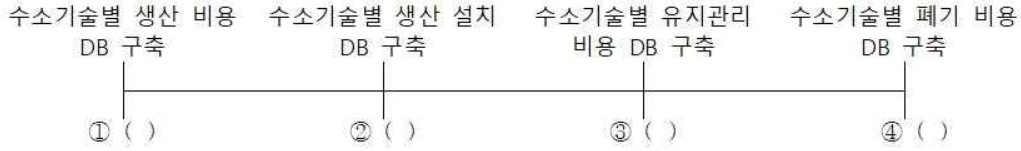
32. 핵심기술 '수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 DB 구축'의 다음 구성기술에 대하여, 기술 개발 시급성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 기술 개발 시급성 >



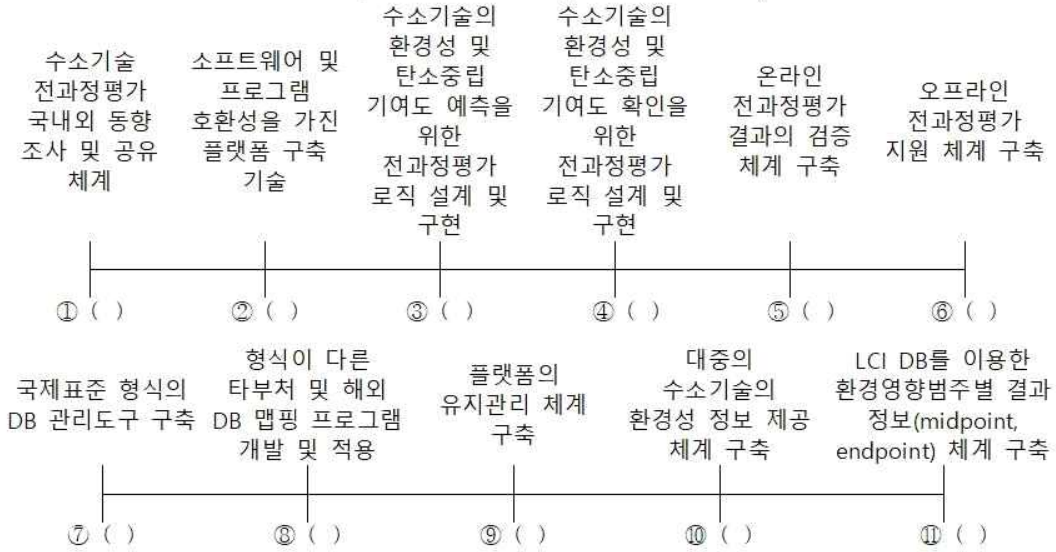
33. 핵심기술 '수소기술의 전과정 비용(Life Cycle Cost) 평가를 위한 DB 구축'의 다음 구성기술에 대하여, 연구개발 성공가능성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 연구개발 성공가능성(기술 확보, 글로벌 경쟁우위 확보) >



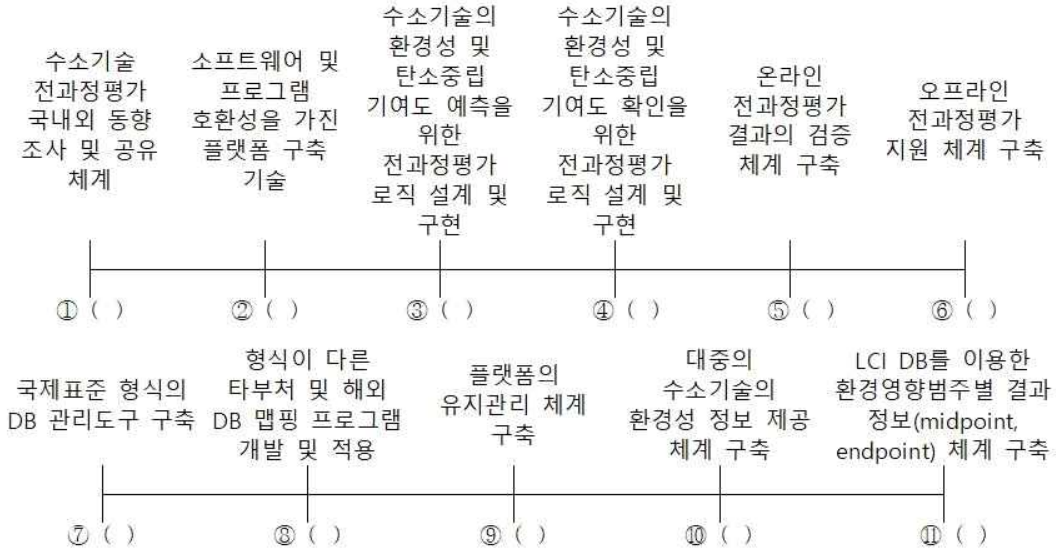
34. 핵심기술 '수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축'의 다음 구성기술에 대하여, 경제적/산업적 파급효과 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 경제적/산업적 파급효과(국내외 시장창출) >



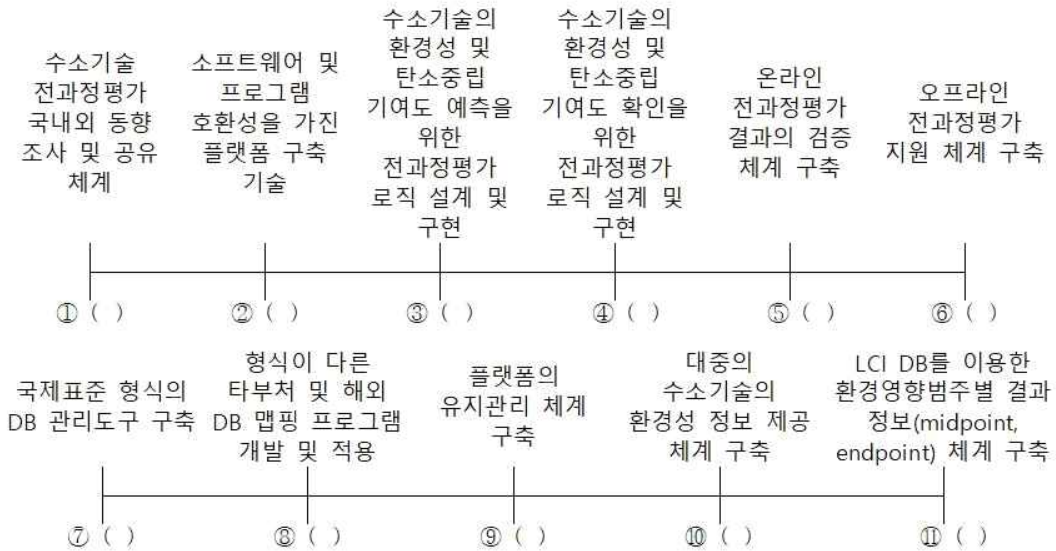
35. 핵심기술 '수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축'의 다음 구성기술에 대하여, 기술 개발 시급성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 기술 개발 시급성 >



36. 핵심기술 '수소기술 온라인 전과정평가 및 정보공유 플랫폼 구축'의 다음 구성기술에 대하여, 연구개발 성공가능성 우선 순위를 선정해 주십시오.

< 연구개발 성공가능성(기술 확보, 글로벌 경쟁우위 확보) >

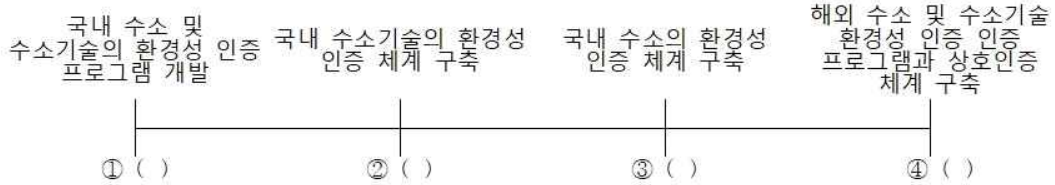


37. <수소기술의 환경성 커뮤니케이션>의 구성기술에 대한 중요도 및 시급성, 파급효과 등을 고려하여 **종합적인 우선 순위**를 선정해 주십시오(5개 기술)

핵심기술	구성기술	순위
수소기술의 환경성 인증 체계 구축	국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발	
	국내 수소 및 수소기술의 환경성 인증 프로그램 개발	
	국내 수소의 환경성 인증 체계 구축	
	해외 수소 및 수소기술 환경성 인증 인증 프로그램과 상호인증 체계 구축	
수소기술의 환경성 정보 공개 체계 구축	수소기술 환경성 정보 공개 프로그램 개발 및 정보 공개 체계 구축	

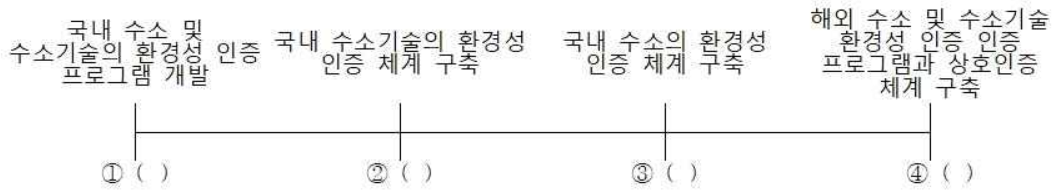
38. 핵심기술 '수소기술의 환경성 인증 체계 구축'의 다음 구성기술에 대하여, **경제적/산업적 파급효과 우선 순위**를 선정해 주십시오.

< 경제적/산업적 파급효과(국내외 시장창출) >



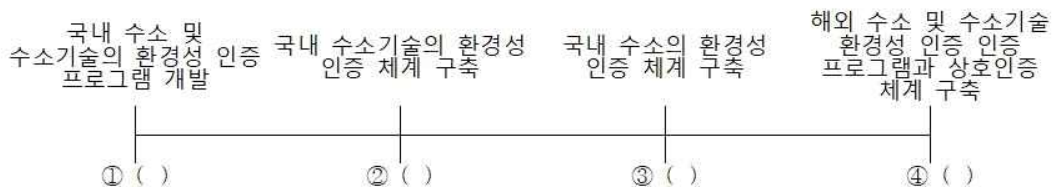
39. 핵심기술 '수소기술의 환경성 인증 체계 구축'의 다음 구성기술에 대하여, **기술 개발 시급성 우선 순위**를 선정해 주십시오.

< 기술 개발 시급성 >



40. 핵심기술 '수소기술의 환경성 인증 체계 구축'의 다음 구성기술에 대하여, **연구개발 성공가능성 우선 순위**를 선정해 주십시오.

< 연구개발 성공가능성(기술 확보, 글로벌 경쟁우위 확보) >



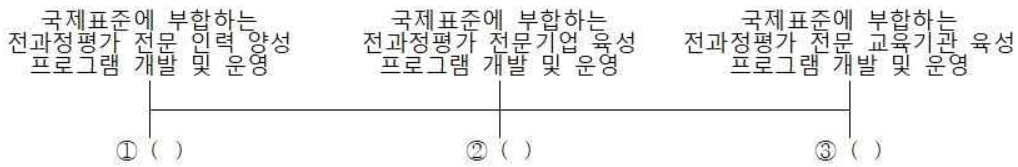
이슈 및 기술 우선순위 평가 | 30

41. <수소기술의 환경성 평가 인적 자원>의 핵심기술에 대한 중요도 및 시급성, 파급효과 등을 고려하여 **종합적인 우선 순위**를 선정해 주십시오.(괄호 안에 1, 2, 3순위 기입)

핵심기술	구성기술	순위
국제표준에 부합하는 전과정평가 전문가 양성	국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 인력 양성 프로그램 개발 및 운영	
	국제표준에 부합하는 전과정평가 전문기업 육성 프로그램 개발 및 운영	
	국제표준에 부합하는 전과정평가 전문 교육기관 육성 프로그램 개발 및 운영	

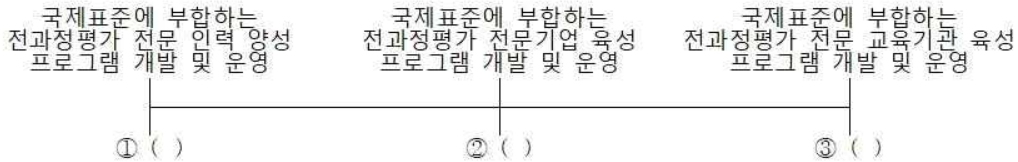
42. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 전과정평가 전문가 양성'의 다음 구성기술에 대하여, **경제적/산업적 파급효과 우선 순위**를 선정해 주십시오.

< 경제적/산업적 파급효과(국내외 시장창출) >



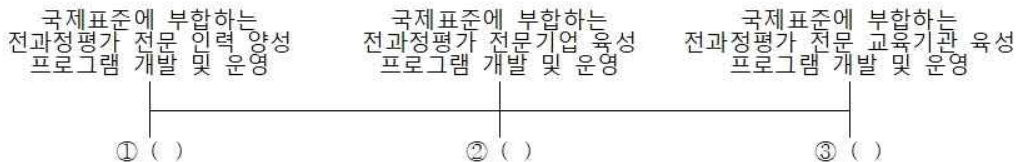
43. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 전과정평가 전문가 양성'의 다음 구성기술에 대하여, **기술 개발 시급성 우선 순위**를 선정해 주십시오.

< 기술 개발 시급성 >



44. 핵심기술 '국제표준에 부합하는 전과정평가 전문가 양성'의 다음 구성기술에 대하여, **연구개발 성공가능성 우선 순위**를 선정해 주십시오.

< 연구개발 성공가능성(기술 확보, 글로벌 경쟁우위 확보) >



< 귀한 시간 내주셔서 감사합니다 >

[부록5] 주요 회의록

○ 1차 총괄기획위원회 (2021-11-23)

“탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획” 1차 총괄기획위원회 결과

2021.11.23.(화)

작성자 : 김영운

1. 일 시 : 2021.11.23.(화) 16:00~18:00
2. 참석자 : 한국환경산업기술원 권상숙 실장, 솔루션스 연구소장 황태연, 한국철도기술연구원 이철규 책임연구원, KGS 이재훈 부장, 한국환경연구원 이소라 연구위원, 에스오알지 박광호 대표, 박지형 팀장, 인하대 황용우 교수, 김영운 교수, 문진영 교수, 신가영 연구원, 박미숙 연구원, 엔스타알앤씨 이광원 이사, 김윤하 박사
3. 논의내용
 - (1) 1차 총괄기획위원회
 - 1) 총괄기획위원회 소개
 - 2) 연구책임자 인사
 - 3) 사업개요 및 추진현황 소개
 - 4) 사업추진방향 토의

한국환경산업기술원 실장 권상숙

- 탄소중립을 위한 환경성 평가 결과의 의사결정(국토교통분야) 측면에서 의미있는 연구
- 따라서 환경성적표지제도가 국제기준에 부합하는 제도로, 본 연구결과와 어떻게 차별되어 새롭게 구축되어야 하는지 논리적 타당성 마련 필요
- 수소의 생산, 활용, 기초물질의 LCI DB의 경우, 환경부가 '21.12월에 발표할 "국가 LCI DB('22~'30) 로드맵'을 고려해 조정, 협업 필요

솔루션스 연구소장 황태연

- 국토부에서 필요한 수소 영역을 TOP-DOWN 방식으로 개념화하고 이에 필요한 기술적 분야 세분화 필요
- 기술수요조사 대상 부분을 정의한 후 RFP를 조사하는 방안 검토 필요
- 플랫폼의 개념은 IT 기술적인 부분만이 아니라 개념적 구조, 방법론, DB 등 콘텐츠의 구조화에 중점 두고 확장 필요
- 개발된 방법론을 적용해 탄소기술의 적용 전의 효과를 쉽게 시뮬레이션할 수 있는 기능을 플랫폼의 핵심기능 구현 필요

한국철도기술연구원 책임연구원 이철규

- (기획연구)와 (본과제) 차이점 명확히
- 기획방향과 목적을 수요/발주처의 입장에서 수립 요망

- 기획범위 정의 정리 필요
 - 국토교통분야 수소적용 기술/제품 구체화를 통한 전과정평가 적용 필요성 제시 필요
 - 기획 명제가 '전과정평가 방법론, 기반구축 필요'보다, 왜 기획이 필요한지부터 정리 필요
- KGS 부장 이재훈
- 전력기반차(전기, 수소차) 확대에 따른 에너지 밸런스 검토
 - 발전에 수소 혼입 시 CO₂ 저감 효과 분석
 - 2050 수소 사용량 예측
 - 수용성 이슈와 LCA 의 연계 방안 검토
- 한국환경연구원 연구위원 이소라
- 국내 수소연료전지(기술별) 생산·사용 등으로 구분하여 구축이 필요하며, 단편적인 환경성 평가 결과(기능단위)를 활용하여 하나의 수소도시 생태계라는 (기능단위)평가로 발전시킬 수 있을 것으로 보임.
 - 인벤토리별 단편적인 각각의 다른 기능단위를 통합할 수 있는 플랫폼 마련 필요
 - 수소도시 전환을 평가하기 위해 시나리오별 연차별, 기술별 전환에 따른 온실가스 감축 효과를 평가함으로써 2030, 2040, 2050 국가탄소중립 목표 달성에 필요한 인프라 투자 계획에 활용될 수 있음.
 - 수소도시 생태계는 수소연료생산+수소스테이션+수소차 보급, 수소 연료발전+산단 등 수요처 조성 등 국토부의 도시계획 관점에서 접근해야 함.
 - 범부처 차원에서 탄소국경세 대응 LCI 업데이트는 타겟이 수출업종 대상이므로 본 기획과 차별성이 있음.
- 예스오알지 대표 박광호
- 연구주제가 탄소중립시대에 시의적절하다고 생각됨. 다만, 국토부에서의 전폭적인 지원(제도 or 기반구축연구 등)이 필요해보임. (과제 location)
 - LCA 방법론 측면에서, 다른 분야에서 적용되고 있는 방법론과의 차별성/중복성, 조금 더 넓은 의미에서는 부처별 중복성에 대한 검토가 필요
 - 수소에너지에 대한 LCA 적용 방법론의 시범 적용, DB구축, 플랫폼 구축 → 내부적인 과제기획내용이라면, 외부적인 즉 환경성평가에 필요성 및 타당성 등의 Defence와 더욱 중요한 사항이라 생각됨.
 - ex) 탄소중립기술 R&D 예타 기획 → 기술 적용 시 저감량/ 탄소중립 기여율 산정 가능 → 저감 = 타당성
 - 중점분야 - 방법론/DB/플랫폼? 기술위원회 → RFP, SCOPE

5) 마무리

(2) 연구진 의견

- 1) 검토의견을 반영하여 착수보고회 자료 수정

4. 향후계획

- (1) 연구진 착수보고회 자료 보완 후, 진흥원 송부
- (2) 착수보고회: 국토부와 협의

○ 착수보고회 (2021-12-07)

국토교통기획사업 착수보고회 결과

2021.12.13.

작성자 : 인하대 김영운

1. 일 시 : 2021.12.13.(화) 13:30~15:30
2. 방 법 : 용산 스마트시티 사무국 회의실
3. 참석자 : 국토교통부 이재훈 사무관
국토교통과학기술지흥원 권태규 그룹장, 강기훈 선임연구원, 박영수 PD
인하대 황용우 교수, 김영운 교수
엔스타알앤씨 노재동 대표, 김윤하 박사
4. 일 정
 - 1) 개회 및 회의 안내
 - 2) 추진계획 보고
 - 3) 이슈사항 및 향후 일정 논의
 - 4) 정리 및 폐회
5. 이슈 및 토의
 - 1) 이재훈 사무관님
 - 평가기법이 정량화되어 있는 지
 - 수소도시와 연계한 정책 신뢰도
 - 평가방법 신뢰성은 어떠한지? 국제수준 부합기준은 어떻게 할 것인지?
 - 해외표준을 이용하여 국내에 적용하는 방법은 없는 지(답변)
 - => 산업부 표준화방법 이외 WBCSD 등 공인 방법론 있음
 - => EU에서는 분야별 평가방법을 제시하고 있음
 - => EU에서는 탄소를 포함하여 16개 분야로 구분하여 환경영향 평가
 - 2) 권태규 그룹장
 - 연료전지 감축분만 온실가스 감축안에 반영됨
 - 인프라별 적용
 - 수소도시 등 인증제와 연계
 - 인증 등록 시 지표와 연계
 - 본 사업과 관련없이 별도로 수소도시 시범평가는 어떠한지
 - 2023년에 본사업을 시작하기 위해 기재부에 5월에 보고해야하므로, 사업의 결과는 2월에 마칠 필요 있음

(답변)

- => 탄소도시평가와 유사하게 수소도시 평가 가능
- => 수소도시 시범평가 가능하며, 별도 협의
- => 사업RFP는 '22년 2월까지 도출하겠음

3) 강기훈 선임연구원

- 수소도시의 LCA는 기존 건설분야 LCA와 차별성과 연계성이 있어야 함
- 플랫폼은 환경부, 산업부와 연계 또는 별도로 구축
- 수소도시 LCA 수행 시 국내 데이터 수집 가능 여부

(답변)

- => 기존 건설분야 LCA는 대부분 해외 LCI DB를 이용한 것으로 국내 LCI DB를 이용하여 수행한 수소도시 LCA와는 다름
- => 환경부의 플랫폼은 환경성적표지인증 전용 플랫폼이므로 국토부와는 성격이 다르며, 산업부는 LCA S/W가 있으나, 유지관리가 되지 않고 있음
- => 플랫폼은 국토부 자체적으로 운영
- => 수소도시 시범평가와 연계하여 데이터 수집 가능

4) 박영수 PD

- 수소도시라면 분야, 범위 적용 제시 필요
- 정부 지원 필요성
- LCA 방법론 및 LCI DB 구축 후 용역은 민간에서 수행하는 것인지

(답변)

- => 수소도시의 경우, 국토부는 수요자 측면에서 사용량을 감축하면 탄소중립을 수행할 수 있음
- => 산업부, 환경부에서도 정부 지원에 의한 평가방법론 개발, LCI DB 개발이 수행된 후, 민간에서 개발 방법론과 LCI DB를 이용하여 평가 수행 중
- => 환경부에서는 국내 LCI DB를 구축 중

5. 보완사항

- 1) 기존 건설분야 LCA와 수소도시의 LCA와의 차별성은 보고서에 반영
- 2) 탄소이외의 환경영향을 포함하여 RFP에 반영
- 3) 국토부의 단계별 수행 범위 보고서에 제시

6. 향후계획

- 1) 기술수요조사 실시(12월)
- 2) RFP는 2022년 2월까지 도출

○ 1차 추진 회의 (2021-12-14)

**국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가
플랫폼 구축 연구회의**

2021.12.14.(화)

작성자 : 장소정

1. 일 시 : 2021.12.14.(화) 13:00 ~ 15:50
2. 참석자 :
(인하대학교) 김영운 교수, 문진영 교수, 김다연, 장소정, 양수진, 최환호, 박희원
(주)엔스타알앤씨) 이광원 이사, 김윤하 박사
3. 논의내용
 - 1) 이슈 및 니즈 분석에 대한 논의
 - 2) 이해관계자 대상 수요조사 설문관련 논의 및 정리
 - 3) 기획 일정 점검
4. 향후계획
 - 1) 설문조사 문항 및 내용 도출 - 인하대학교&엔스타알앤씨
 - 2) 전문가 대상 수요조사 인원 파악 - 인하대학교
 - 3) 기술분과위원회 회의 준비



○ 2차 추진 회의 (2021-12-27)

**국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가
플랫폼 구축 연구회의**

2021.12.27.(월)

작성자 : 장소정

1. 일 시 : 2021.12.27.(월) 13:00 - 15:50
2. 참석자 :
(인하대학교) 김영운 교수, 문진영 교수, 김다연, 장소정, 양수진, 최환호, 박희원
(주)엔스타알앤씨) 이광원 이사, 김윤하 박사
3. 논의내용
 - 1) 현 진행상황 점검 및 논의
 - 2) 이슈 및 기술분류에 대한 세부내용 정리
 - 3) 이해관계자 대상 수요조사 설문 내용, 문항 기간 관련 등 논의
4. 향후계획
 - 1) 전문가 대상 기획 자문요청 - 인하대학교
 - 2) 설문지 초안 기획 - 엔스타알앤씨
 - 3) 1차 기술분과위원회 회의 준비



○ 3차 추진 회의 (2022-01-06)

국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 연구회의

2022.01.06.(목)

작성자 : 장소정

1. 일 시 : 2022.01.06.(목) 13:00 - 15:50
2. 참석자 :
(인하대학교) 김영운 교수, 문진영 교수, 김다연, 장소정, 양수진, 최환호
(주)엔스타알앤씨 이광원 이사, 김윤하 박사
3. 논의내용
 - 1) 기획위원회 전 사전 준비계획 논의
 - 2) 과제카드 작성 세부내용 회의
 - 3) 기획 수요조사 참여 여부 관련 세부사항 논의
4. 향후계획
 - 1) 화요일(1/11)까지 소분류 정리 - 엔스타알앤씨
 - 2) 후보과제 도출 - 인하대학교
 - 3) 기술분과위원회 회의 준비



○ 4차 추진 회의 (2022-01-17)

**국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가
플랫폼 구축 연구회의**

2022.01.17.(월)

작성자 : 장소정

1. 일 시 : 2022.01.17.(월) 13:00 - 15:50
2. 참석자 :
(인하대학교) 김영운 교수, 문진영 교수, 김다연, 장소정, 양수진, 박희원
(주)엔스타알앤씨) 이광원 이사, 김윤하 박사
3. 논의내용
1) 이슈트리 정리 및 세부사항 논의
2) 과제카드 작성 세부내용 회의
3) 기획 수요조사 참여 여부 관련 세부사항 추가논의
4. 향후계획
1) 기술분과위원회(1/26) 준비 - 엔스타알앤씨
2) 기획위원회 준비(2/8) - 인하대학교
3) 1차 보고서 작성 준비(~2/15)



○ 1차 기술분과위원회 (2022-01-26)

1차 기술분과위원회 회의록

과제구분	연구
과제명	탄소중립을위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정환경성평가 플랫폼 구축연구기획
작성자	김윤하
회의명	1차 기술분과위원회
회의일자	2022년 1월 26일(수) 1600-1800
회의장소	나우리아트센터 (화상 회의 동시 진행)
참석자	(연구진) 김영운, 문진영, 장소정, 양수진, 이광원, 김윤하 (위원) 홍석진, 노재성, 이주영 (화상참석위원) 안진주, 연성모, 박필주, 이준재, 백춘열
회의내용	<p>○ 사업개요 및 추진현황 소개</p> <p>○ 토의</p> <p>1) 연성모 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 환경성 평가, 경제성 평가, 사회성 평가는 국토교통부의 범위를 벗어나며, 우선순위 결정이 어려워보임 - 탄소중립 기여도 평가 방법론에 대해서는 보다 명확한 의미 전달을 위해 명칭에 대한 수정 필요 - 분야 중에 '수소버스/물류'라는 용어는 혼돈을 불러올 수 있어, 철도, 버스, 트럭과 같은 물류시스템의 분류에 맞춘 수정 필요 - 타부처에서 구축하고 있는 수소 기술 관련 LCI DB와 어떻게 연계하여 사용할 것인지를 보여주면서 시너지 효과가 날 수 있음을 명확히 제시해야 함 <p>2) 안진주 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 분류한 수소 전반에 대한 이슈 중 다른 부처/분야에서 다루는 이슈는 삭제 또는 최소화하여 국토교통분야로 한정해야 함 - 수소 밸류체인에서 개발단계나 컨셉 설계 단계의 기술의 경우, 데이터 품질이 낮을 수 있기 때문에 DB를 안전성 있게 구축하기보다는 지속적으로 업데이트할 수 있는 구조를 만드는 것이 필요 <p>3) 홍석진 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 분류된 이슈는 국토교통부의 범위를 벗어나지만, 전체적인

	<p>그림을 그린 후, 후반의 배치를 달리하여, 국토교통분야만의 컨셉을 갈라놓는 방향으로 설정해야 함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 플랫폼에 대해서는 먼저 체계를 만든 후, 신속하게 업데이트하는 방식을 고려해볼 수 있음 - 분류 방식에 대해서는 아이템 발굴을 했으나, 이에 대한 분류는 난해하기 때문에 상단에 주요 키워드를 놓고 아이тем들을 하단에 배치하여 분류하는 방법을 고려해볼 수 있음 - 우선순위 평가 방식의 경우, 모든 이슈 및 기술에 대한 우선순위 평가는 객관적일 수 없고, AHP 방식이지만 신빙성이 낮기 때문에, 중요한 것을 도출하는 방향으로 설정해야 함 <p>4) 이준재 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 산업부, 환경부에서는 전과정목록 데이터베이스 전면 개편을 추진 중으로서, 이에 대해서 산업부, 환경부와 협력을 추진하는 방법을 고려해볼 수 있음 - 현재 수소 기술의 생산 제품은 LCI DB 등록이 가능하기 때문에 해외 LCDN/GLAD 등록 시 환경산업기술원의 Node를 활용해볼 수 있음 - 향후 플랫폼 구축시, 플랫폼 구상과 중점분야, 협력방법에 대한 고려가 필요 - 이슈 및 기술에 대한 중요도를 결정하더라도, 타부처에서 진행하고 있는 데이터베이스 사업, 타부처의 플랫폼 형태에 대한 고려가 필요 <p>5) 백준열 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 분류된 수소분야에서 전과정평가를 통한 시연은 필요하나, 현재 구성으로는 핵심기술로 설정된 기술들이 범위가 크고 다양한 내용을 다루고 있기 때문에 내용에 대한 협의가 필요 - 국토교통부 관점에서의 분야, 목적, 대상에 대한 정의가 필요 - 현재 추진하고 있는 플랫폼의 분야와 목적을 명확히 정의해야 함 <p>6) 박필주 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 안은 수소 전반에 대한 리뷰로 보이기 때문에, 국토교통분야에 해당되는 부분을 대상으로 해야 한다면, 국토교통부만 할 수 있는 부분에 초점을 맞춰 이슈 및 기술을 분류해야 함 - 이슈 및 이슈의 관련 대분류, 중분류, 소분류, 핵심기술, 구성기술이 어떻게 도출되었는지에 대한 설명이 자세히 되어야 함 - 다른 과제 대비 차별성, 부처 간 관계 정립이 필요 <p>7) 노재성 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 이슈 및 기술 분류로는 국토교통분야에서 달성하고자 하는
--	--

	<p>목표와 과제 간 부조화가 발생할 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 이슈분류에 대해서는 배경이 명확하지 않으며, 기술에 대한 용어 사용이 애매하기 때문에 보완이 필요함 - 기구축된 다른 플랫폼 대비 구축하고자 하는 플랫폼의 목적이 무엇인지 정의 필요 <p>(답변)</p> <p>=> 이슈에 대한 핵심기술에 대해서도 R&D 관점에서 방법론을 기술로 정의하고 해당 용어를 사용함</p> <p>=> 정보공유를 넘어서 수요자들이 쉽게 LCA를 수행할 수 있는 기능을 포함하는 수요자 중심의 전과정평가 플랫폼을 목적으로 함</p> <p>8) 이주영 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 탄소중립을 달성하기 위한 목적으로 봤을 때, 국토교통분야 수소 기술을 탄소중립에 어떤 효과를 가질 수 있는지 보여줘야 함 <p>(답변)</p> <p>=> 현재 단계에서는 국토교통분야 수소기술이 탄소중립에 얼마나 기여하는지 평가하는 측면으로서, 기술 간 비교가능성을 위해 일관성 있는 평가 방법론이 필요하다는 관점으로 진행하고 있음</p> <p>○ 향후계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위원들이 제안한 의견에 대한 검토 및 협의 - 이슈 및 기술의 우선순위 평가 서면 진행
--	--

○ 2차 총괄기획위원회 (2022-02-08)

**국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가
플랫폼 구축 연구회의**

2022.02.08.(화)



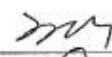


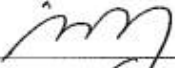
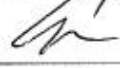

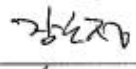
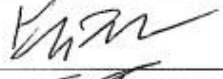
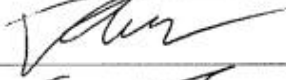
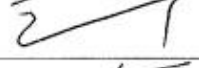
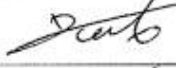

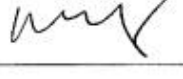
작성자 : 장소정

1. 일 시 : 2022.02.08.(화) 16:00 ~ 18:00
2. 참석자 :
(인하대학교) 황용우, 김영운, 문진영, 김다연, 장소정, 양수진, 최환호
(주)엔스타알앤씨 이광원, 김윤하
(자문위원) 이철규, 이소라, 권상숙, 이재훈, 황태연, 윤은주
3. 논의내용
1) 과제카드 작성 전 세부내용 검토 및 보완사항 점검
2) 국토부-산자부-환경부 현황에 대한 논의
3) 이슈검토 후 후보과제 도출 완료
4. 향후계획
1) 보고서 작성 완료 (~2/15) - 엔스타알앤씨, 인하대학교
2) 자문위원회 준비(2/21-2/29) - 엔스타알앤씨
3) RFP 작성 준비



탄소중립을 위한 국토교통분야
수소기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획 회의

일자 : 2021. 2. 8 .

No.	소 속	성 명	서 명
1	한국철도기술연구원	이 태 규	
2	한국환경연구원	이 도 리	
3	한국환경개선사업지원회	주 상 숙	
4	한국가스안전공사	이 재 훈	
5	(주)솔루티스	황 태 연	
6	국립수자원	윤 은 우	
7	에너지알앤씨	이 과 환	
8	엔스타알앤씨	김 은 하	
9	인하대	장 은 정	
10	인하대	양 숙 진	
11	인하대	김 다 연	
12	인하대	최 란 호	
13	인하대	문 정 영	
14	인하대	김 영 문	
15	인하대	김 상 우	
16			

○ 2차 기술분과위원회 (2022-02-23)

2차 기술분과위원회 회의록

과제구분	연구
과제명	탄소중립을위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정환경성평가 플랫폼 구축연구기획
작성자	김윤하
회의명	2차 기술분과위원회
회의일자	2022년 2월 23일(수) 1600-1800
회의장소	서울역 공항철도 AREX1 회의실 (화상 회의 동시 진행)
참석자	(연구진) 이광원, 김윤하 (화상참석연구진) 김영운, 장소정, 양수진 (위원) 곽인호, 노재성, 연성모, 이주영 (화상참석위원) 박필주, 백춘열, 송민영, 안진주, 홍석진
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업개요 및 추진현황 소개 ○ 도출된 후보과제에 따른 과제카드(안), RFP(안) 제시 ○ 토의 <ul style="list-style-type: none"> 1) 홍석진 위원 <ul style="list-style-type: none"> - 전체적인 프레임은 잘 갖춰짐 - 플랫폼의 개념, LCA가 이슈화되면서, '플랫폼' 용어 사용에 따른 정형화가 우려됨 - 현재 전과정평가를 통한 환경성 평가 범위에 한정하기보다 경제성 평가를 고려하는 것에 대해서는 넣는 것이 적절해 보임 - 단위기술이 아닌 전체적인 수소 인프라에 대한 것으로서, Consequential LCA에 대한 언급 및 내용 보완이 필요 2) 연성모 위원 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 예산 대비, 전체적인 범위를 봤을 때, 사업내용상 '공동방법론 개발'을 선행하여, '23년으로 변경해야 함 - 수소기술을 기술단계별로 보다 심플하게 평가할 수 있는 방법에 대한 고려가 필요 (기존 구성의 경우 전과정평가에 대해 너무 일 반화되어 있음) - '탄소중립 기여도 평가'의 의미가 명확하지 않음, 현재 표현은 연

	<p>구범위가 명확하지 않음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 제시된 국토교통분야 수소기술의 전과정목록 데이터베이스 105개 선정에 대한 근거와, 105개에 대해서 제안서 작성자들이 확인할 수 있는 기술 예비후보목록이 추가되어야 함 - 4페이지 연구내용2에 설정된 'GLAD/LCDN 등록'은 최첨단 수소기술을 확보하고자 하는 현 상황에서, 지적재산권 측면에서 배제 필요, 상세 데이터 공개/미공개 여부를 업체/기관 등의 과제참여자 가 결정할 수 있도록 해야 함 <p>(답변) 여기서, 등록은 포맷의 표준화 측면을 의미</p> <ul style="list-style-type: none"> - 탄소중립 기여도 분석 범위가 국가일 때, 개략적이거나 수소로 인한 영향평가 방법론을 개발하여, 국토교통부가 여기에 투자시, 얼마나 기여하고 있다로 이어질 수 있어야 하며, '기여도'란 용어가 아닌 보다 포괄적인 다른 용어로 변경되어야 함 - '분야별 방법론'에 대해서 3개로 한정하거나 정의하지 말고, 제안자가 제안할 수 있는 여지를 열어놓아야 함 - 단순히 case study에 대한 기여도 분석이 아니고, 국가에 대한 탄소중립 기여도 분석 - 현재 설정된 데이터베이스 105건은 생산을 제외할 시, 과대하며 축소가 필요함 <p>3) 박필주 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재, 105개 DB의 GLAD/LCDN 등록은 지표로서 달성하기 어려워 보이며 이에 대해서는 현재 운영되고 있는 환경성적표지 관련 국가 LCI DB에 등록하는 것이 대안이 될 수 있음 - 수소기술의 전과정평가 방법론에서는 동의함 - 전과정목록 DB구축 방법론에 대해서는 불확실하며, 부처별로 전과정목록 DB 구축 지침이 있기 때문에 국토교통분야 수소기술에 대한 전과정목록 DB구축 방법론은 큰 차이를 보이지 못 할 수 있기 때문에 DB 구축 방법론을 만들고 검증하는 것에 대한 제의를 제외함 - '국가기준에 부합하는'이란 표현에 대해서 이를 어떻게 증명할 것인가는 목표 달성 부분에서 문제가 될 수 있기 때문에 검토가 필요 <p>4) 안진주 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - '국토교통분야 수소기술'에 대해서 보다 명확하게 기술에 대한 선택지 목록을 제공해야 함, 만약 선택지가 주어지지 않는다면 범위가 무한대로 넓어질 수 있기 때문에 연구범위 설정이 필요함 - 시범사업의 경우, 현재 RFP의 최종지표 상에 반영되어 있지 않기 때문에 이를 반영해야 함 <p>5) 노재성 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 과제카드와 RFP의 차이가 보이지 않음
--	---

	<p>(답변) 과제카드는 과제의 내부관리를 위해 작성됨</p> <ul style="list-style-type: none"> - RFP의 과제 내용과 성과지표 목표치가 2,3,4,5년 매칭이 안되고 있음 - 성과지표는 해당연도에 대한 성과목표 측면으로서, 2차년도에는 분야별 방법론을 개발하게 되어있는데, 이에 대한 매칭이 되지 않음 - DB 105개가 국토교통분야에 대해 도출된 근거와 예시가 필요 - 현재 작성된 RFP의 필요성, 기술동향은 일반적인 총론에서의 배경 등으로서, 보다 구체적인 내용에 대한 서술 필요 - 탄소중립 기여도에 대한 의미가 불분명하며, 본 과제에서 탄소중립 기여도가 무엇을 의미하는지 정의 및 설명이 추가되어야 함 <p>6) 이주영 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국토교통분야 수소기술에 대해서는 보다 상세하게 수소버스, 수소도시 등을 구현하는 요소기술들에 대한 예시가 필요 - 탄소중립 기여도의 경우, 그 의미가 명확해야 함 <p>(답변) 탄소중립기여도는 기술이 개발되었을 때, 사회, 정치적으로 탄소중립 기여가 가능하냐는 데에 초점을 맞춤, 방법론과 기여도 평가에 대해서는 연계성을 가져야 함</p> <p>7) 백춘열 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 RFP에서는 국토교통분야 수소기술로 대상을 한정했으나, 구체적인 국토교통분야 수소기술의 단위기술별 PCR이 필요한지에 대해서는 의문 - 아직 개발되지 않은 단위기술에 대한 PCR 개발에 대해서는 우려 - 앞서 진행한 우선순위평가 설문 문항에 대해서 중복되는 부분이 있어, 효율적이지 않았음 <p>8) 곽인호 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국토교통분야 수소기술에 대한 명확한 정의 필요 - 전과정평가 방법론에 있어 '국제 기준에 부합하는'이란 표현은 지양 - 국토교통분야 수소기술은 기술마다 다양한 기술개발수준을 보이기 때문에, 기술개발단계마다 어디까지 전과정평가를 적용할 수 있는지 평가하는 부분이 추가되어야 함 - 현 기술개발수준에 따라서, 단계마다 평가에 차별성을 줄 수 있음 - 데이터베이스는 국제적 수준에서 메타데이터에 맞춰 사용할 수 있는 형태를 제안하는 것으로 보완 - 탄소중립 기여도 평가 방법론에 대해서는 보다 명확한 의미 전달을 위해 명칭에 대한 수정 필요 - 기술개발 필요성도 방향성을 수소기술의 단계가 어느정도 수준인지, 전과정평가에 대해서도 수소생산에 초점을 두고 개발되었으나, 인프라 측면에는 초점을 두지 않았다는 방향으로 수정 필요 - 지표에 대해서는 너무 정량적인 지표 작성은 부적합함 - 성과물에 대해서 어디에 중점을 두는지 제안자에게 제시하는 방향으로 수정
--	---

	<p>9) 송민영 위원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재, 탄소중립과 수소기술은 괴리감이 있음 - 현 수소기술은 개질을 전제로 하고 있으며, 탄소중립을 위해서는 그린수소로 나아가야 하나, 상용화까지는 시간이 필요 - 현재 울산에서 사용 중인 수소는 부생수소로서, 국토교통분야 수소기술은 많이 없음 - 국토부는 만들어진 수소기술을 활용하는 것으로서, 도시공사에서는 도시공간 내에서 수소를 활용해서 탄소배출을 줄여나갈 수 있을 것인가를 시험 중 - 현재 이러한 수소기술은 상용화 단계에 있는 기술이 매우 적기 때문에, 현재 기술별 기술수준, 또는 도시공단에서 활용되는 기술에 대해서 그룹화하는 등의 고려가 필요 <p>○ 향후계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위원들이 제안한 의견에 대한 검토 및 협의 - RFP 보완
--	---

[부록6] 예산요구 심의 보완자료

■ 찾아가는 컨설팅 코멘트 및 보완 결과

코멘트 주요내용	주요 보완내용
① 기술개발 결과에 대한 검증 방법 제시	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 최고 전문기관을 통한 제3자 검증 수행 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 : 한국전과정평가학회 - 국외 : 독일, 스웨덴의 EU LCA 방법론 및 플랫폼 개발기관 - 검증 기준으로 국제표준(ISO/TS 14071) 적용 ○ LCI DB의 경우, GLAD 등록에 앞서 전문기관 검증을 거친 후, 데이터베이스 등록 승인
② GLAD 등록 자격 조건 및 등록 활용성 제시	<ul style="list-style-type: none"> ○ 데이터베이스/데이터셋 등록 시, 관리 노드(Node)를 부여받아 GLAD에 등록 필요, LCI DB 개발 초기 단계부터 GLAD 절차를 준수하여 진행 필수 ○ GLAD 등록은 활용여부를 떠나 LCI DB의 국제적 인증과 객관성 확보를 위한 기본 요건임 <ul style="list-style-type: none"> - 등록 후에는 전 세계 각 기관의 유사 DB와 상호간 비교 검증 및 관련 메타 데이터 활용 가능
③ 주관기관, 연구책임자의 전과정평가 관련 실적 제시	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구책임자-황용우 교수 <ul style="list-style-type: none"> - (현) (사) 한국전과정평가학회 회장 ○ 관련 정부연구과제 60여건 이상 수행 ○ 관련 논문 110여건 이상 게재 ○ 학술대회 200여건 이상 발표
④ 4, 5차년도 연구내용 차이점과 5차년도 연구수행 필요성 제시	<ul style="list-style-type: none"> ○ 4차년도 핵심 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 수소도시 전과정평가 방법론 개발 및 데이터베이스 구축 - 수소철도/트럭 대상 전과정평가 시범적용 및 플랫폼 시범운영 ○ 5차년도 핵심 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 수소도시 대상 전과정평가 시범적용 및 플랫폼 시범운영을 통한 보완·완성 - 전과정평가 방법론 및 데이터베이스 구축 보완 ○ 5차년도는 관련 수소 기술이 융합되는 수소도시 평가 및 오픈플랫폼 완성 등 핵심사항에 대한 연구수행 필요
⑤ DB 구축시 산업부, 환경부와의 협조 가능 여부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 한국환경산업기술원에서 국가 LCI DB(산업부 DB + 환경부 DB)의 총괄 관리를 담당하고 있음 ○ 본 기획의 초기 단계부터 당 기관의 국가 LCI DB 담당 부서 실장을 총괄위원회의 위원으로 포함하여, 개발 후 국내외 DB등록 및 활용 등 관련 부분에 대한 협조 확인을 완료한 상태

코멘트 주요내용	주요 보완내용
⑥ 관련 인증기관 유무 및 국제 인증 활용 가능 여부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 EU지역에 FCH-JU가 비인증 규격으로 제공하고 있으며, 조만간 인증규격 내지 표준으로 진행 예정 ○ 본 사업 역시 국가간 상호 인정에 활용 가능한 규격으로 개발할 계획
⑦ 민간매칭 미정에 대한 설명 및 수정 필요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 사업은 기본적으로 공익기반 정부 필요 사업 성격이므로 민간매칭이 어려움. ○ 환경부와 산업부에서 추진했던 LCA S/W, LCI DB 개발 모두 전액 정부투자로 수행
⑧ 성과지표에 대한 검증방안 상세 제시	<ul style="list-style-type: none"> ○ 성과지표별 검증방안을 정량적 수치로 상세히 제시하였음
⑨ 사업 효과 및 검증방안 제시	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수소는 전세계 탄소중립 전략의 핵심임. 본 사업의 가장 큰 효과는 향후 진행되는 수소 분야 국제 교류에 필수적인 국내 고유의 LCA 방법론과 LCI DB를 구축하는 것임 ○ 또한 국토교통부에서 추진하는 수소도시 등 주요 관련정책의 탄소중립 기여도 표준 평가체계를 제공하고 관련 인증제도를 지원하는 것임
⑩ 시범사업 관련 CO ₂ 분야별 발생 비중, 감축 비중 등 수정 보완 필요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통(건물수송) 부문은 탄소 총배출량 중 21%를 차지하며, 건물은 '18년 대비 '30년까지 32.8%, 수송은 37.8% 감축을 목표로 하고 있음 ○ 이에 해당하는 수소 활용기술 탄소중립 기여도 분석 예정 ○ 수소도시 시범 테스트베드의 구성요소별 탄소중립기여도 산정 예정(16, 17번 질의와 연계)
⑪ 연구개발범위의 국토교통분야 수소 기술 한정 여부 및 수소발전 포함 여부 확인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 사업에서는 수소의 수송, 활용(수소도시) 등 국토교통분야에 한정하여 진행 예정 ○ 생산, 발전 등 기존 산업부 영역에 대해서는 관련 연구가 진행되고 있으며, 본 연구에서는 이러한 원료부분의 결과 반영을 통한 활용 연계 예정
⑫ 연료전지 평가기준 (기준)과의 연계 가능성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수소도시 분야 등에서 연계 가능. 단 기존 기준이 탄소 평가범위가 Scope 1~3를 모두 포함하고 있지 않아 보완 후 연계 가능
⑬ 해외 최초 개발 여부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방법론과 DB는 현재 EU와의 수준차이가 4~5년 정도이므로 Fast-follow 추진 형태임. ○ 단 우리나라의 '수소도시'는 세계 최고 수준임을 고려하면, 활용분야를 포함한 플랫폼 개발 완료 후의 상황은 세계 최고 수준으로 달성 가능
⑭ 해외 사례 벤치마킹 가능 여부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분야별 해외 사례 벤치마킹 가능 <ul style="list-style-type: none"> - 방법론, DB분야 : EU - 플랫폼 분야 : EU와 미국 - 수행사례 부분 : EU, 미국, 일본 등 각국의 사례 ○ 관련하여 이미 본 기획에 상당 부분 내용이 포함되어 있음

코멘트 주요내용	주요 보완내용
⑮ 전과정 중 수소 활용 부분만 대상으로 하는지 여부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기본적으로 수소의 전과정은 ‘(수입)-생산-저장 및 수송-활용’으로 구성(11번 질의와 연계)
⑯ 개별적인 모빌리티 등 컴포넌트가 아닌 수소도시 공간 전체 개념으로 접근 필요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 추진되고 있는 수소도시는 도시별로 10개 이상의 아이템(컴포넌트)이 결합된 개념으로 추진 중. 그중 차량, 연료전지 등 일부에 대해서는 기본 평가가 진행되었으나, Scope 3를 포함하고 있지 않아 향후 보완 필요 ○ 본 사업에서는 보완이 필요한 컴포넌트, 신규 컴포넌트를 공간 전체 개념으로 적용 가능하도록 개발 예정
⑰ 기존 간소화된 탄소저감 기여도 평가와 본 연구의 차이점 제시	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수소 분야 주요 아이템에 대한 기본적인 탄소저감 기여도 평가가 기존에 진행되었으나, 표준에 근거한 방법론 개발, 국산 DB 적용, Scope 3 산정, 제3자 검증 등 각론이 완성되어 있지 않아, 공식적인 대외 자료로 인정받기에 부족함 ○ 본 사업과 같은 국제 표준기반 평가체계 개발 필요
⑱ 다른 도시에도 적용 가능한 범용성 모델 필요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 사업의 테스트베드로 울산, 전주, 안산 등 1기 수소시범도시를 고려하고 있음 ○ 1기 수소시범도시를 분석하여 도시들의 공통/개별적인 특성을 고려하여 다른 도시에도 적용 가능한 모델 개발 추진 예정

① 기술개발 결과에 대한 검증 방법 제시

□ 국내외 전문기관 검토를 통한 기술개발 결과 검증 추진

- (방법론 및 관리방안 검증) 전문기관 검토를 통한 전과정평가 방법론 및 전과정목록 데이터베이스 관리방안 검증
 - 수소 기술 전과정평가 관련 국내외 전문기관 검토를 통한 전과정평가 방법론, 탄소중립 기여도평가 방법론 및 전과정목록 데이터베이스 관리방안 검증
 - 검증기준으로 ISO/TS 14071 적용
 - * 검증 프로세스 및 업무, 검증기관(전문가) 자격요건 등 규정
 - 전문기관의 검증 절차 : 결과 검토 → 검증 보고서(안) 제출 → 수행기관의 결과 보완 → 보완사항 확인 → 검증 보고서 제출
 - 검증 결과물 : 전문기관의 검증 보고서, 검증된 결과물

<방법론 및 데이터베이스 관리방안 검증방안>

구분		검증 대상	비고
국 내	전문기관, 자문위원회	- 전과정평가 방법론 - 탄소중립기여도 평가 방법론 - 전과정목록 데이터베이스 관리방안	한국전과정평가학회, 한국환경산업기술원 수소 및 신에너지학회 등
해 외	GreenDelta (독일)	- 전과정평가 방법론 - 전과정목록 데이터베이스 관리방안	EU, FCH-JU Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) 방법론 개발기관
	IVL (스웨덴)	- 전과정평가 방법론 - 전과정목록 데이터베이스 관리방안	EU Product Environmental Footprint (PEF) 방법론 개발기관

② GLAD 등록 자격 조건 및 등록 활용성(이점) 제시

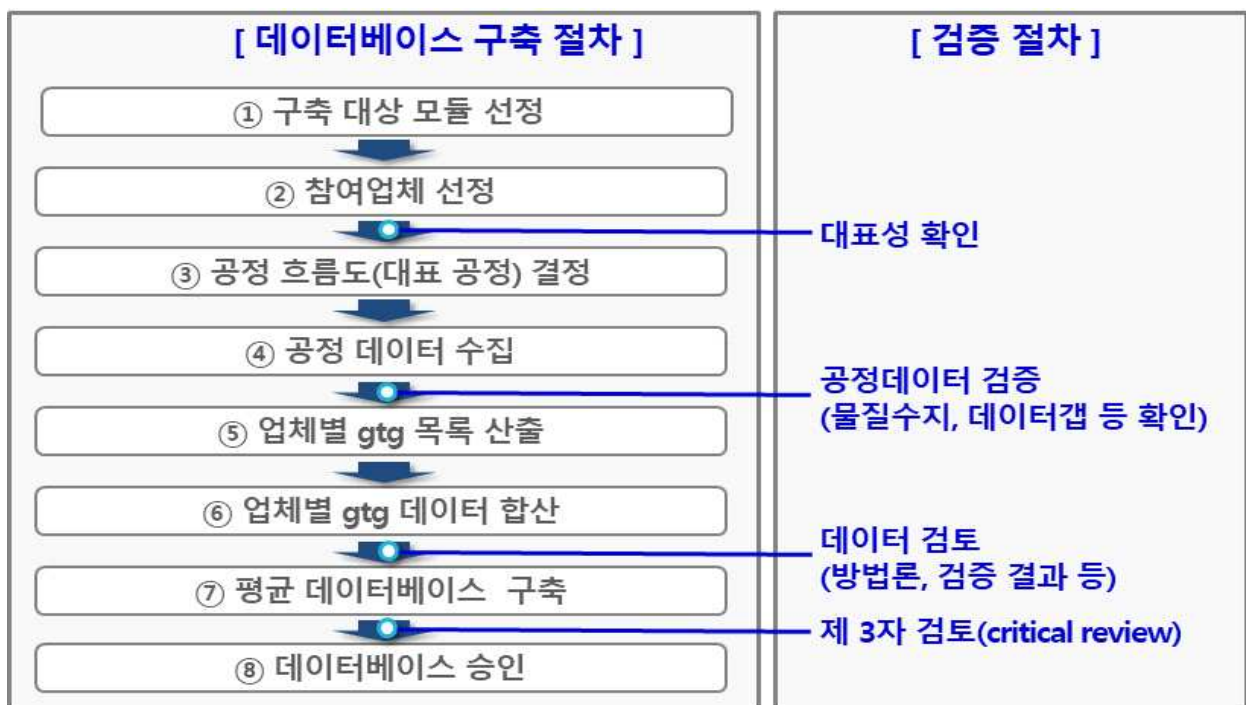
- (GLAD 등록, 국제적 인정의 필수 요건) 국제적 표준에 부합하는 데이터베이스 인정 및 등록된 데이터베이스 사용을 통해 전과정평가의 국제적 신뢰성 확보
 - GLAD 등록을 통해 데이터베이스의 국제적 인정을 위한 기본적인 요건 확보, 등록 후 세계 각 기관의 유사 데이터베이스와 상호간 비교 검증 및 관련 메타 데이터 활용 가능
 - 등록된 데이터베이스를 사용하여 전과정평가를 수행함으로써 결과의 신뢰성 및 국제적 객관성 확보 가능

- (국제 표준의 부합하는 데이터베이스 개발 및 등록) GLAD와 같은 국제 플랫폼에 데이터베이스를 등록하기 위해서는 플랫폼의 데이터베이스 개발 및 등록 절차 요건에 부합해야 하며, 그에 따라 데이터베이스의 국제적 인증 및 호환성 확보
 - 전과정목록 데이터베이스 개발자/소유자는 데이터베이스를 관리하는 계정(Node)을 먼저 GLAD에 등록 및 개설해야 함

<GLAD 및 LCDN 운영체계>

구분	GLAD(UN)	LCDN(EU)
개발기관	UNEP	EPLCA
활용목적	전세계 모든 국가와 기관, 기업의 데이터를 쉽고 자유롭게 교환	품질이 보증된 LCA dataset을 공개하는 전세계적 기반 구축
데이터 포맷	ILCD Format 또는 EcoSpold2 Format	ILCD Data Format
등록 절차	등록 요건에 만족하는 LCI dataset 생성 및 Metadata 작성 후 등록 요청	“ILCD entry-level” 또는 “EF compliant” 기준에 부합한 dataset 생성 후 등록
데이터 교환	<ul style="list-style-type: none"> • 개발자 및 소유자의 Node를 통한 데이터 이용 • 담당자 연결을 통한 데이터 요청 • 사용자가 Node에서 직접 다운로드 	

- 국제 전과정목록 플랫폼(GLAD 및 LCDN) 데이터베이스 등록 요건 : **공통의 명명 사용, 메타데이터 작성, 데이터 품질 요건, 정밀검토**
 - 공통 명명((common nomenclature) : 서로 다른 출처의 dataset 상호 호환을 위해 공정명(process name), 물질명(flow name) 등에 대해 국제 기준으로 제시된 공통의 명명법 적용
 - 메타데이터 : 사용자가 등록된 데이터베이스가 자신의 LCA 연구 목적에 부합하는지를 확인·판단하기 위한 설명 자료(메타데이터) 제공
 - 데이터 품질 : EU PEF 인증 및 PEF 방법론에 기반한 LCA 연구를 수행 시 해당 방법론에서 요구되는 데이터 품질 확보
 - 정밀검토 : 개정된 규정에 따른 정밀검토(critical review) 수행
- 동일한 명명 사용, 설명 자료(메타데이터), 데이터 품질 및 정밀검토를 통해 서로 다른 지역/국가에서 개발된 데이터베이스 간 비교가능성 및 일관성 확보
 - 메타데이터를 통해 데이터베이스의 목적 및 방향성을 확인하여 연구 목적에 적합한 데이터베이스 사용
 - 데이터 품질, 정밀검토 등을 통해 데이터베이스의 신뢰도 확보 및 국제적 인정 확보



<GLAD LCI DB 구축 절차>

③ 주관기관과 연구책임자의 전과정평가 관련 실적 제시

□ 주관기관과 연구책임자의 전과정평가 관련 실적 확인

○ 연구책임자-황용우 교수

- (사)한국전과정평가학회 회장('20년 1월~현재) ←국내 유일 LCA 학술단체

○ 관련 정부연구과제

- 탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축 연구 기획(국토부)
- 2020년 녹색혁신 상생 협력사업을 통한 에너지 절감, 탄소저감 효과 제시
- 금속별 물질흐름분석 통계 및 산업자원효율관리시스템 기술개발(산업부)
- 상하수도 시설에 LCM(전과정 관리) 기법 도입을 위한 가이드라인 및 운영 시스템 개발(국토부)
- 시설물별 탄소배출량 평가방안 수립 연구(국토부)
- 하수슬러지처리 전과정평가(LCA) 연구(환경부)
- SOC시설물의 LCI DB 연계 표준화 모델 개발(국토부)
- 폐기물처리시설 전과정관리(LCM) 시범사업 적용방안 연구(환경부)
(상기 외 60여건 이상)

○ 관련 논문

- Ammonia flow analysis in the domestic fertilizer industry of South Korea(Journal of Material Cycles and Waste Management)
- 인프라시설의 물발자국 산정방법론 개발 및 적용(국토연구)
- 국내 트리클로에틸렌의 물질흐름분석(대한환경공학회지)
- LCA를 이용한 교량용 포트반침 환경영향 및 물발자국 분석(대한토목학회논문집)
- 정수기 제품의 전과정 물발자국 분석(한국전과정평가 학회지)
(상기 외 100여건 게재)

○ 학술발표

- 수소인프라 건설의 전과정평가 적용과 과제
- 건설산업의 종합적인 환경부하 평가를 위한 LCA의 필요성
- 자동차 재제조 산업으로 인한 자원생산성 향상 및 환경적 효과
(상기 외 200여건 발표)

④ 동일한 4, 5차년도 연구내용에 따른 5차년도 연구수행 필요성 제시

- 4차 및 5차년도는 3차년도와 연계하여 개별기술을 완성하고, 모든 수소 기술이 융합되는 수소도시에 연구의 핵심역량을 집중하고 있음
 - 3차년도에 완성된 개별 기술(방법론, 데이터베이스)과 연계된 시범사업(수소철도/트럭)을 통해 개별 기술의 완성
 - 모든 수소 기술이 융합되는 수소도시 환경성 평가 방법론 개발(4차년도) 및 시범운영(5차년도)에 연구의 핵심역량 집중
 - 1단계에서 개발된 플랫폼과 개별 기술(방법론, 데이터베이스)의 융합(4차년도), 시범운영 및 보완(4차 및 5차년도), 오픈플랫폼 완성(5차년도)

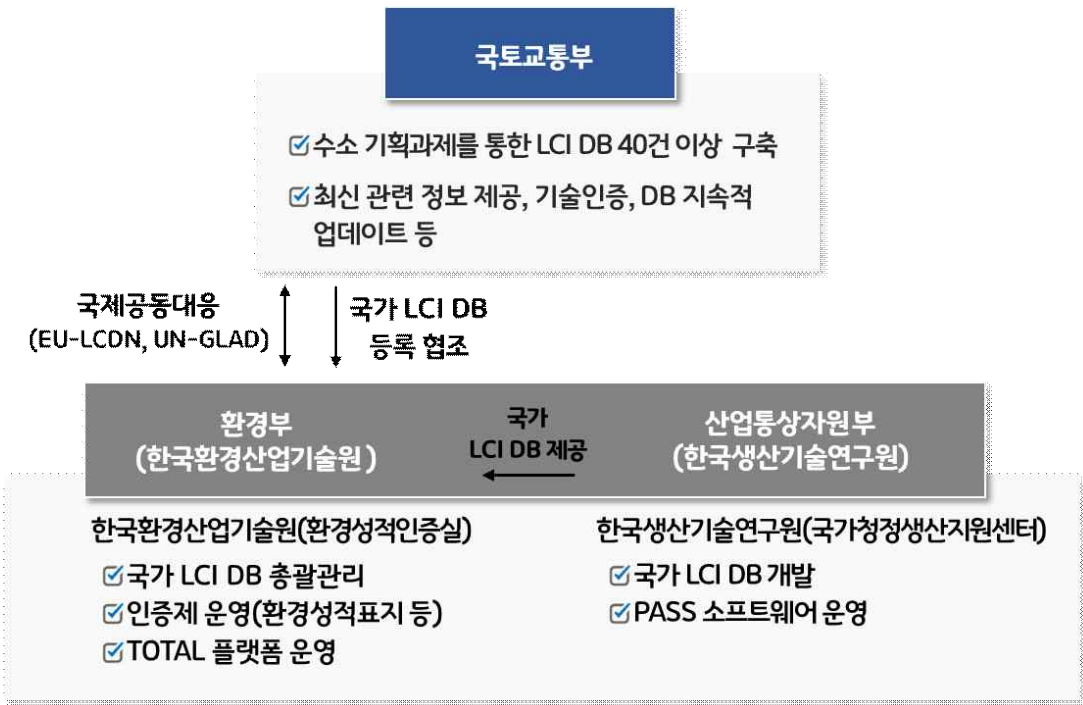
	3차년도	4차년도	5차년도
수소 활용기술 전과정 환경성 평가 방법론 개발	수소철도/트럭	수소도시	전과정 환경성 평가 방법론 보완
시범사업		수소철도/트럭 시범적용	수소도시 시범적용
수소 활용기술 전과정 목록 데이터베이스 구축	수소철도/트럭	수소도시	데이터베이스 보완
수소 활용기술 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축	플랫폼 시험판 구축	시범운영 (보완사항 수집)	시범운영 (최종적 기능 보완.완성)

<3, 4, 5차년도 연구내용>

⑤ DB 구축시 산업부, 환경부와와의 협조 가능 여부

□ 환경부(한국환경산업기술원)과의 데이터베이스 관련 협조 확인

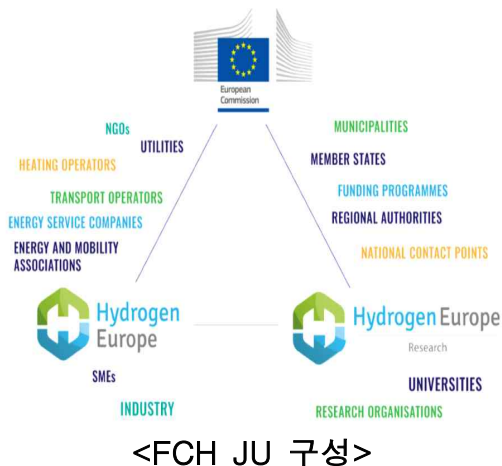
- 현재 국가 전과정목록 데이터베이스(산업부 개발 데이터베이스+환경부 개발 데이터베이스)는 환경부(환경산업기술원)에서 총괄 관리를 담당하고 있음
- 당 기관 전과정목록 데이터베이스 담당 부서 책임자(실장)를 본 사업 초기 단계부터 총괄기획위원회 위원으로 포함하여 진행하였으며, 향후 데이터베이스 개발 후 국내외 DB 등록 및 활용 등에 대한 협조 확인 완료



<부처간 LCI DB 구축 협조 방안>

⑥ 관련 인증기관 유무 및 국제 인증 활용 가능 여부

- 현재 관련 인증기관은 없으나, 현재 EU지역에 FCH-JU가 비인증 규격으로 수소기술 전과정평가 방법론을 제공하고 있음
 - 조만간 인증규격 내지 표준으로 진행 예정으로, 본 사업 역시 국가간 상호 인정에 활용 가능한 규격으로 개발할 계획
 - EU의 FCH-JU에서 개발중인 방법론('23년 발표 예정) 및 기존에 개발된 방법론('12년)을 국토교통분야 수소기술 전과정평가 방법론 개발에 참조 가능



⑦ 민간매칭 미정에 대한 설명 보완

- 본 사업은 전과정평가 방법론 개발, 전과정목록 데이터베이스 구축 및 전과정 플랫폼 구축 등 탄소중립을 위한 수소기술의 환경성평가 인프라를 구축하는 공익의 목적이므로 정부 지원이 필요한 사업
 - 기술적으로도 이윤을 목적으로 한 기업의 선행 투자 및 민간매칭이 어려운 사업으로 정부의 적극적인 투자 필요
 - 기존 환경부 및 산업부에서 추진한 전과정평가 소프트웨어 및 전과정목록 데이터베이스 개발사업 모두 전액 정부투자로 수행
- * 「국가연구개발혁신법」 정부지원 및 기관부담 연구개발비 기준 중 다음의 경우는 정부가 100% 지원 가능
 - 성과를 국유로 하는 경우
 - 위탁연구개발기관인 경우
 - 연구개발서비스업자가 연구개발서비스 제공만을 목적으로 하는 경우

■ 참고 : 전과정목록 데이터베이스 구축 부처별 지원 현황

- 환경부, 전과정목록 데이터베이스 구축 및 소프트웨어 개발 사업
 - (목적) 환경성적표지 및 녹색건축물 인증 제도 운영, 민간의 전과정평가 수행을 위한 인프라 구축
 - (데이터베이스 구축) '98년 데이터베이스 구축사업 시작, '22년 전체적인 데이터베이스 업그레이드 사업 착수(GLAD 및 LCDN 요건 부합)
 - (정부 지원) 전액 정부 지원
- 산업통상자원부, 전과정목록 데이터베이스 구축 및 소프트웨어 개발 사업
 - (목적) 민간의 전과정평가 수행 및 해외 인증 지원을 위한 인프라 구축
 - (데이터베이스 구축) '98년 ~ '04년 데이터베이스 구축사업 추진
 - (정부 지원) 전액 정부 지원
- 과학기술정보통신부, 에너지·환경 분야 연구과제별 전과정목록 데이터베이스 구축
 - (목적) 석유대체 기술 개발 등 친환경 기술 개발의 전과정 온실가스 배출량 산정을 위한 인프라 구축
 - (데이터베이스 구축) 친환경 기술 개발의 일부로 관련된 데이터베이스 구축사업 추진
 - (정부 지원) 전액 정부 지원

<환경부 LCI DB 구축 사업 사례('22)>

구분	내용
사업명	· LCI DB 전면 개편 및 국제 플랫폼 등록 구조·세부체계 구성
공고기관	· 환경부 한국환경산업기술원
사업기간	· 계약 후 ~ 2022.12.15.까지(약 8개월)
소요예산	· 3,451,500천원(부가세 포함)
과업내용	· LCI DB 전면 개편 및 국제 플랫폼 등록 구조·세부체계 구성
	· 수출품목 원료 및 기반 산업부문의 LCI DB 제·개정 - 수출규제 제품과 주요 수출품목 원료 및 기반 산업의 150개 LCI DB 제·개정
	· 국제 LCI DB 공유 플랫폼(GLAD 등) 등록

<LCA 및 LCI DB 구축 정부투자 사업 기존 사례>

년도	과제	공고 기관
2021	환경부 LCI DB 제·개정	환경부 한국환경산업기술원
2021	ezEPD 기능개선을 통한 LCI DB 통합관리시스템 구축·운영 ISP 수립	환경부 한국환경산업기술원
2021	LCA를 고려한 수소에너지 열량환산기준 및 온실가스 배출계수 방법론 개발	산업통상자원부 한국에너지공단
2020	환경성적표지 전용프로그램(ezEPD)을 활용한 녹색건축 인증평가용 LCA 산정 프로그램 개발	환경부 한국환경산업기술원
2020	환경부 LCI DB 제·개정	환경부 한국환경산업기술원
2020	건축자재 분야 물질·공정별 DB 제·개정	환경부 한국환경산업기술원
2019	환경부 LCI DB 제·개정	환경부 한국환경산업기술원
2017	제품 환경 KS 운영 기반 강화를 위한 물질·공정별 LCI DB 구축 및 국가 LCI DB 로드맵 수립	산업통상자원부 국가기술표준원
2014	국가 LCI DB 구축방법 국가 표준(안) 개발	산업통상자원부 국가기술표준원
...

⑧ 성과지표 검증방안 상세 제시

- 전과정평가 방법론 및 탄소중립 기여도평가 방법론의 경우 전문가 검토 및 시범적용을 통해 검증
- 전과정목록 데이터베이스에 대해 제시된 성과지표인 국제 플랫폼 등록
 - 국제 플랫폼에서는 데이터베이스 등록에 앞서 제3자 검증 등을 통한 평가 후, 데이터베이스 등록을 승인하기 때문에 플랫폼 등록 건수를 성과지표로 사용

<성과지표 검증방안>

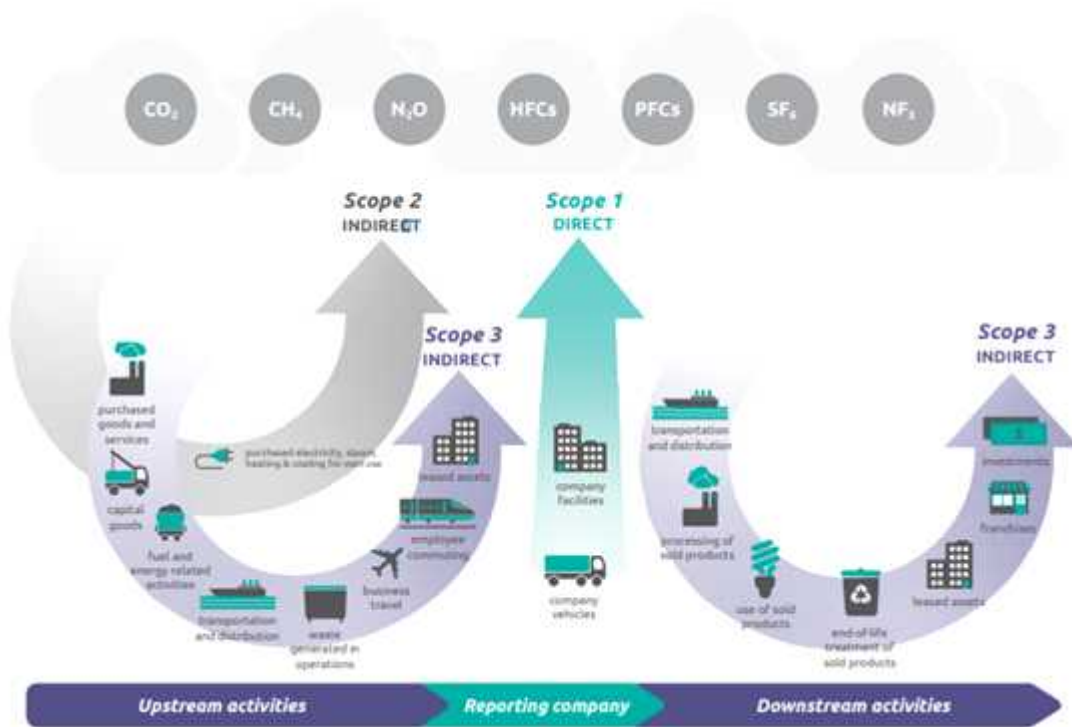
성과지표명	목표치						검증방안
	'23	'24	'25	'26	'27	합계	
국토교통분야 수소 기술의 성숙도별 전과정평가 적용 방안 제안	1					1	- 국내 및 해외 전문기관을 통한 수소 기술의 성숙도별 전과정평가 적용 방안 검증 및 검증 보고서 1건 - 성숙도별 전과정평가 가이드라인 1건
국토교통분야 수소 기술의 공통 전과정평가 방법론 개발(건)	1					1	- 국내 및 해외 전문기관을 통한 수소 기술의 공통 전과정평가 방법론 검증 및 검증 보고서 1건 - 공통 전과정평가 방법론 1건
국토교통분야 수소 기술의 분야별 전과정평가 방법론 개발(건)			2	1		3	- 국내 또는 해외 전문기관을 통한 수소 기술의 분야별 전과정평가 방법론 검증 및 검증 보고서 3건 - 분야별 전과정평가 방법론 3건
국토교통분야 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발(건)		1				1	- 국내 또는 해외 전문기관을 통한 수소 기술의 탄소중립 기여도 평가 방법론 검증 및 검증 보고서 1건 - 탄소중립 기여도 평가 방법론 1건
국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 관리 방안 제안(건)	1					1	- 국내 전문가 자문위원회를 통한 검증 - 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 관리 방안 제안서 1건
전과정목록 데이터베이스 구축(건)		10	10	10	10	40	- 국제 플랫폼(GLAD 등)등록 절차를 통한 검증 - 데이터베이스 해외 플랫폼 등록수 40건
국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 개발(건)			1			1	- 국내 전문가 자문위원회 및 시범운영을 통한 검증 - 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 1건
국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 시범 적용 사례(건)				1	1	2	- 시범적용 결과에 대한 국내 또는 해외 전문기관을 통한 검증 - 전문기관 검증 보고서 1건 - 시범적용 보고서 2건 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 시범 적용 사례 보고서 2건

⑨ 사업 효과 및 효과에 대한 상세 검증방안 제시

- 본 사업의 가장 큰 효과는 향후 진행되는 수소분야 국제교류에 필수적인 우리나라 고유 전과정평가 방법론 및 전과정목록 데이터베이스 구축
 - 전세계 탄소중립 전략의 핵심인 수소에 대한 전과정평가 수행기반 마련
 - 국토교통부에서 추진하는 수소도시 등 주요 관련정책의 탄소중립 기여도 표준 평가체계 제공 및 관련 인증제도를 지원

- 경제·산업적 효과
 - 국내외 수소 활용기술 전과정평가 방법론 개발 및 LCI DB 구축을 통한 시장 선점 효과(표준적 모델 제시 등)
 - (기업 활용도 증가 및 생태계 강화) 수소 기술별 온실가스 배출원단위 및 배출량 분석결과 DB화 및 환경성 평가 플랫폼을 통한 수소 활용 기술에 대한 정량적 판단 근거로 활용 가능

- 과학·기술적 효과
 - 국내 수소 활용기술 관련 전과정 평가 방법론 개발 및 시범 적용을 통한 기술 표준화
 - 수소 활용기술 전과정평가를 통한 수소경제로의 이행 및 탄소중립 정책적 목표 달성 기여도 평가
 - 수소 활용기술 전과정평가 방법론을 이용한 기타간접배출원(Scope 3*) 평가 수행을 통해 누락 온실가스 배출량 산정
 - * Scope는 IPCC 온실가스 산정 가이드라인 등에서 온실가스 인벤토리 분류체계의 온실가스 배출특성과 활동경계 등을 고려하여 배출원을 구분할 때 사용되는 용어로서, 고정연소, 이동연소, 산업공정, 탈루 등 배출로 인한 직접배출원(Scope 1), 전력 사용 등으로 인한 간접배출원(Scope 2), 그 외로 인한 기타간접배출원(Scope 3)으로 구분됨



<Scope 1, 2, 3 개요도>

출처: WRI, WBCSD Scope 3 Standard

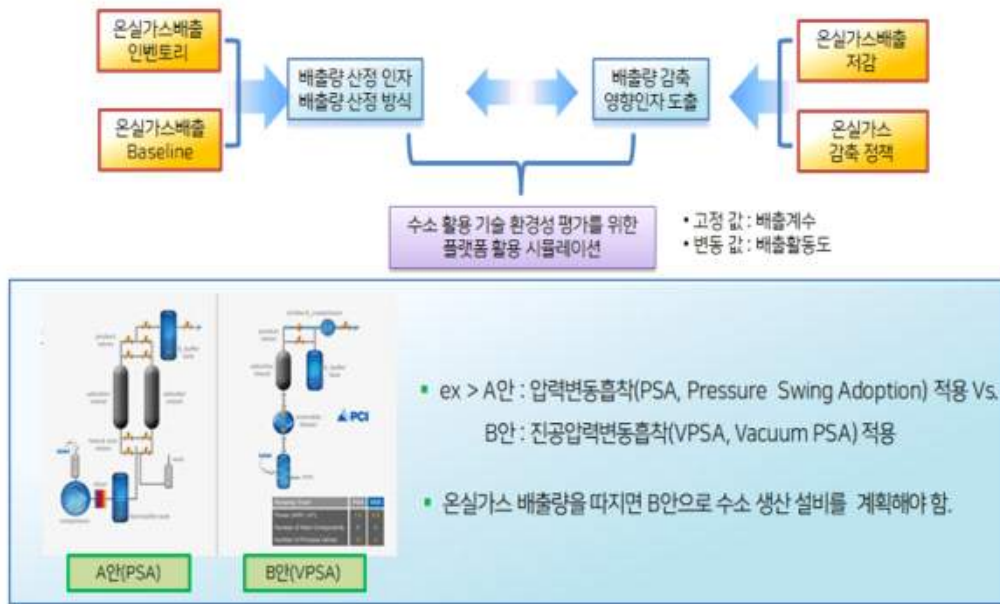
□ 사회적 효과

- (일자리 창출) 탄소중립평가 기반 마련을 위한 고용 창출 기여
- 수소경제로의 전환 과정에서, 각 수소 활용기술에 대한 환경 평가 제공으로 대국민 신뢰도 향상
- (산·학·연 네트워크 구축) 수소에너지 전과정 평가를 위한 네트워크 구축 및 구축된 네트워크 활용

□ 민간 활용 방안

- 산업계는 강화되는 글로벌 환경규제에 선제적으로 대비 및 대응함으로써 국가 및 산업경쟁력 제고
 - 유럽 등의 선진국은 환경보호라는 명목하에 자국 산업 및 시장 보호를 위해 환경 및 탄소 이슈를 핵심 시장 규제수단(탄소국경세 및 제품탄소 발자국 등)으로 활용

- 수소 활용기술은 우리나라 탄소중립의 핵심 기술이며, 향후 산업계의 신 성장 동력원이 될 것으로 전과정 환경성평가를 토대로 보다 친환경적인 기술개발을 통해 선진국의 규제에 선도적 대비 가능
- 수소 기술 전과정평가 플랫폼을 이용하여 수소 생산 및 활용 기업의 수소 활용기술 전과정평가 및 실증
 - 수소 활용기술 탄소중립 기여도 평가
 - 수소 활용기술의 전과정 환경성평가 방법론 및 LCI DB 등의 정보공유
 - 수소 기술 연구 활성화



- 수소 생산 설비를 계획하는 데 있어 본 연구를 통해 구축된 평가시스템을 활용해 온실가스 배출 최소화 계획 수립 가능

<수소 활용 기술 환경성 평가를 위한 플랫폼 활용 예시>

- 해외 LCI DB 대비 국내 LCI DB 이용 차이 효과 사례 제시
 - 수소 인프라시설인 파이프라인에 대하여 LCA를 적용한 절차로, 파이프라인의 시공, 운용, 해체 및 재활용의 전과정 탄소배출량 시범 산정
 - LCI DB(파이프라인 재료, 시공, 유지관리 등) 500개 이상 필요
 - 현재 활용가능 국가 LCI DB는 시멘트 등 10개 미만

- 국내 LCI DB 부재로 Ecoinvent(EU) 등 해외 LCI DB 활용하여 계산 시, 수치산정은 가능하나 국내 고유 탄소배출량 계산은 불가능
- 따라서 우리나라 고유의 수소 기술 전주기 탄소배출량을 구하기 위해 서, 본 기획을 통하여 각 단계의 결핍 LCI DB를 구축 및 활용 필요

• 수소파이프라인 시설의 탄소배출량은 단계별 탄소배출량의 총합으로 산정



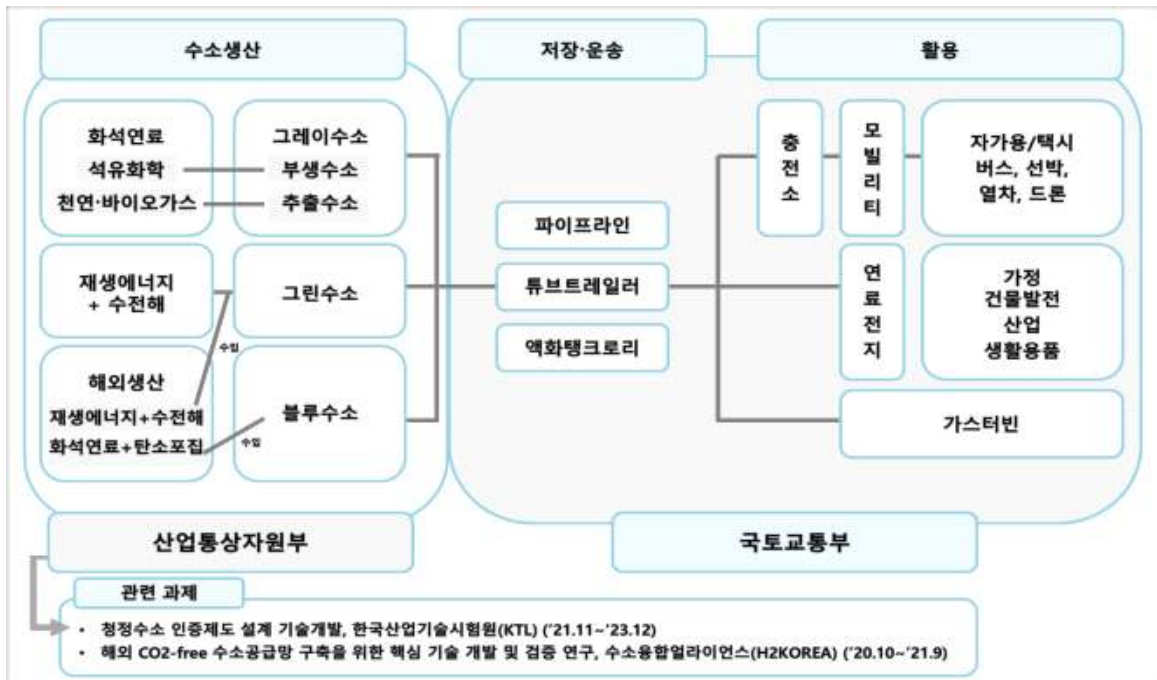
<수소 파이프라인에 대한 전과정 탄소배출량 산정 예시>

⑩ 시범사업 관련 CO₂ 분야별 발생 비중, 감축 비중 등 수정 보완 필요

- 국토교통(건물수송) 부문의 직접적인 탄소 배출량은 '18년 우리나라 탄소 총배출량의 21% 수준이며, '30년까지 건물에서 32.8%, 수송에서 37.8% 감축목표 설정
 - 국토교통 부문 중 수소도시 도입 등으로 인한 탄소배출 영향 산정 및 탄소중립 기여도 평가를 위해 본 사업 추진 필요
 - 이에 해당하는 각 수소 활용기술의 탄소중립 기여도 분석 예정
 - 수소도시 시범 테스트베드 평가에서 컴포넌트별 탄소중립기여도 산정 예정

⑪ 연구개발범위의 국토교통분야 수소 기술 한정 여부 및 수소 발전 포함 여부 확인

- 우리나라는 부처별로 분야를 나눠 탄소중립을 위한 수소기술 연구개발을 추진하고 있음
 - 국토교통부에서는 수소의 수송, 활용(수소도시) 등을 담당하고 있으며, 본 사업도 국토교통분야에 한정하여 진행 예정
 - 해외 수소 수입, 수소 생산, 발전 등은 산업부에서 관련 연구를 진행하고 있음
 - 본 연구에서는 이러한 원료부분 결과 반영을 통한 활용은 연계 예정



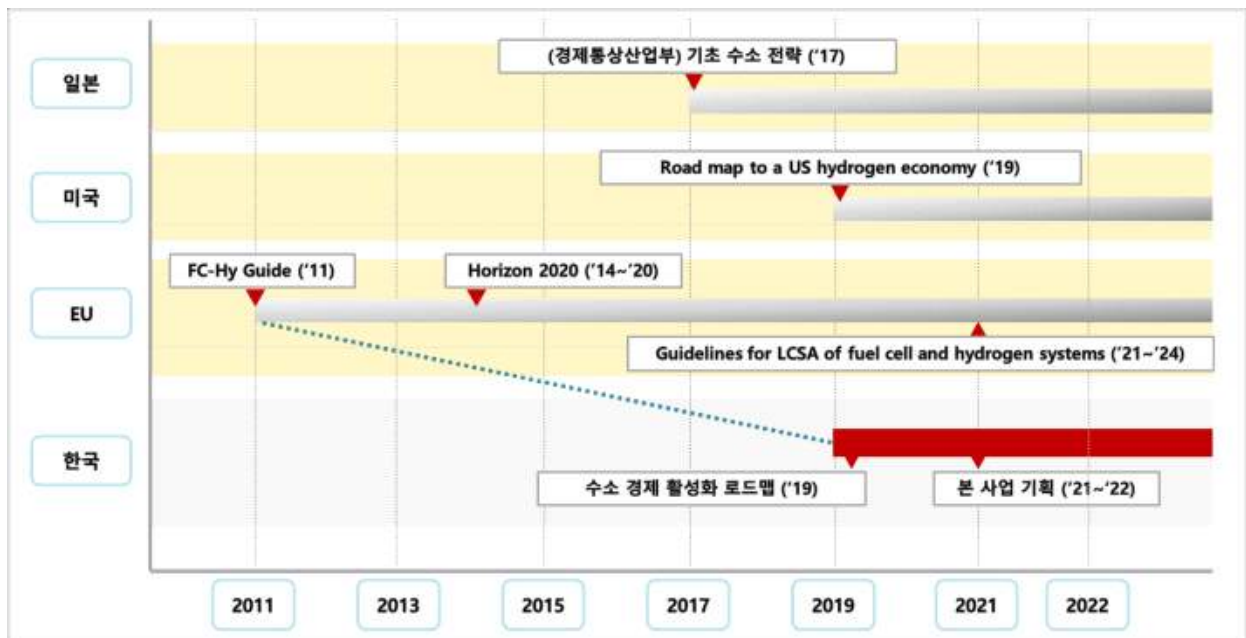
<수소 생태계 부처별 분담 체계>

⑫ 연료전지 평가기준 [기존] 과의 연계 가능성

- 연료전지를 사용하는 수소도시 분야 등에서 연계 가능하나 보완 필요
 - 기존 연료전지 평가기준의 경우, 탄소배출량 평가범위가 Scope 1에서 Scope 3*에 이르기까지 직접배출량과 간접배출량 등을 모두 포함하고 있지 않기 때문에 평가범위에 대한 보완 후 연계 가능
 - * 9번 질의 상세내용의 Scope 설명 참조

⑬ 해외 최초 개발 여부

- 전과정평가 방법론과 전과정목록 데이터베이스의 경우, 현재 EU와의 수준 차이가 4~5년 정도로 **Fast-Follow** 형태로 추진해야 함
 - 단, 수소도시 확산을 위한 수소시범도시의 경우, 세계적으로 최고 수준임을 고려했을 때, 수소 활용분야를 포함한 플랫폼 개발 완료 후 상황은 세계 최고 수준으로 달성 가능



⑭ 해외 사례 벤치마킹 가능 여부

- EU 및 미국 등을 통해 전과정평가 방법론, 전과정목록 데이터베이스 및 전과정평가 플랫폼에 대한 해외 사례 벤치마킹 가능
 - 유럽의 전과정평가 방법론, 미국의 전과정목록 데이터베이스 및 일본의 전과정평가 플랫폼 벤치마킹 가능
 - (유럽) 수소 전략 등 에너지 정책 수립시 전과정평가 적용을 점차 의무화하고 있음
 - FCH JU*는 수소 기술의 전과정 환경성평가 방법론인 “FC-Hy Guide”를 개발 후 새로운 전과정평가 방법론(LCSA**)을 개발 중이며, 기술개발 과제 대상 수소기술에 대한 전과정평가 수행 및 전과정목록 데이터베이스 구축 중
 - * FCH JU(The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking) : EU 내 연료전지 및 수소 에너지 기술에 대한 연구, 기술개발 및 실증활동을 지원하는 공공과 민간 파트너십
 - ** LCSA(Life Cycle Sustainability Assessment) : 환경, 경제, 사회 전과정평가 및 벤치마킹에 대한 방법론
 - (미국) 신뢰성/일관성 있는 전과정평가를 위한 전과정목록 데이터베이스 구축 및 방법론 개발
 - (전과정평가 데이터 관리) 미국내 부처별 전과정평가 데이터베이스 플랫폼을 통합(US Federal LCA COMMONS): 신뢰성/일관성 있는 전과정평가 및 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축 방법론 개발, 데이터베이스 양식 표준화, 데이터베이스 제공 등
 - * 다양한 기관의 자원과 경험을 바탕으로 미국의 전과정평가 데이터, 연구 및 정보 시스템 강화
 - * 의사결정 및 정보공개 목적의 전과정평가 결과를 도출하기 위해 각각의 기관이 개발한 LCA 방법론의 일관성 확보
 - * 국가 LCA 데이터에 대한 접근성 강화 (데이터 형식의 표준화)
 - (데이터베이스 구축 현황) 에너지부, EPA, 농업부 등 각 부처의 목적에 따라 전과정목록 데이터베이스(LCI DB) 구축

- (플랫폼 구축 효과) 농업, 에너지, 기후변화 저감, 플라스틱, 재활용, 녹색 구매, 순환경제, EPDs, 운송 및 지속가능한 인프라 구축을 포함하는 다양한 범위에 영향을 줄 것으로 기대
 - * EPD(Environmental Product Declaration) : 전과정평가 결과에 따라 제품/기술의 환경 영향을 대중에 공개하는 프로그램
- (플랫폼 참여 기관) 에너지부, 농림부, 교통부, 국방부 등 12개의 부처 또는 산하기관
- 캘리포니아 LCFS*에서는 GREET** 모델을 캘리포니아주 실정에 맞게 변경한 CA-GREET 모델 적용
 - * LCFS(Low Carbon Fuel Standard) : 저탄소 운송 연료 생산 및 사용을 장려하기 위한 정책
 - ** GREET(The Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies Model) : Argonne 국립시험소(Argonne National Laboratory)에서 개발한 플랫폼
- (일본) 수소 에너지의 전과정평가 가이드라인, LCI DB 제공 및 방법론을 개발하여 관련 플랫폼을 운영 중
 - 환경성의 재생에너지 및 수소 에너지의 온실가스 감축 효과에 대한 전과정평가 가이드라인 개발, 국립연구소(예, AIST*)에서 데이터베이스 구축, 방법론 개발 등 플랫폼 운영
 - * AIST(The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) : 일본 내 에너지·환경/생명공학/전자제조 등에 대한 연구 및 실증개발을 하는 경제산업성 산하의 최대 공공연구기관

⑮ 전과정 중 활용 부분만 대상으로 하는지 여부

- 본 사업은 수소의 전과정인 (수입)-생산-저장-수송-활용 중 국토교통분야 활용을 주요 대상으로 하고 있음
 - 기본적으로 수소의 전과정은 (수입)-생산-수송-활용으로서, 전과정평가는 모든 단계를 대상으로 해야 한다고 볼 수 있으나, 국내에서는 정책에 따라 수소에 대한 연구개발 분야를 부처별로 나누어 담당하고 있음
 - 11번 질의와 연계하여 산업부의 수소 전과정인 수입, 생산 등에 대해서는 해당 연구 결과를 참조하여 연계방안을 모색하겠음

⑯ 개별적인 모빌리티 등 컴포넌트가 아닌 수소도시 공간 전체 개념으로 접근 필요

□ 현재 추진되고 있는 수소시범도시는 도시별로 10개 이상의 아이템(컴포넌트)이 결합된 개념으로 구성되어 있음. 본 사업에서는 각 컴포넌트를 공간 전체 개념으로 적용 가능하도록 개발 예정

- 기구축된 차량, 연료전지 등 일부 개별적인 모빌리티 등 컴포넌트에 대해서는 전과정평가가 진행됨
- 그러나, 전과정평가 결과가 화석연료 직접 연소 등으로 인한 직간접 배출만을 포함하고, **Scope 3***를 포함하고 있지 않아 보완 필요

* 9번 질의 상세내용의 Scope 설명 참조

<국내 수소시범도시 별 기본 및 특화요소>

구분	울산	전주완주	안산	
기본 요소	주거	① 공동주택(완주 모아엘가 아파트) - 500kW급 연료전지 1기 ② 수소미니타운(우석대학교 생활관) - 10kW급 연료전지 5기 ③ 공공기관 (완주 군청사) : 10kW급 연료전지 3기 ④ 전주 자연생태관, 완산수영장 - 10kW급 연료전지 4기(수영장), 5kW급 연료전지 3기(자연생태관) - -	① 공동주택 504세대/ 단원병원 등 - 연료전지 440kW급, RPS판매, 지역난방 공급 등 ② 하수처리장 - 연료전지 440kW급 - 전기는 저압계통연계 RPS판매, 열원은 지역난방연계 ③ 친환경에너지타운 : 연료전지 1.5MW(연계사업) - -	
	교통	① 수소시내버스(707번, 808번) 10대 ② 수소시티투어버스 1대 ③ 테헤란역 수소충전소 구축 4기(Dispenser) ④ 카셰어링 10대 ⑤ 현대차 출고용 수소충전소 Dispenser 2기 - -	① 수소시내버스 6대 ② 수소선박 1대 : 시화호 관광노선 ③ 수소지게차 10대 : 물류센터 적용 ④ 수소충전소 5개 : 수소교통복합기지 등 ⑤ 수소복합기지 : 연료전지 1MW	
	인프라	① 수소배관(12.5km) ② 수소통합안전운영 시스템 ③ 수소통합안전운영시스템 구축 및 센터 ④ 튜브트레이러 : 450bar T/T 6대	① 수소공급기지(특화) - 수소추출기 : 1,200kg/day - 수소차 동시 충전기 ② CO ₂ 포집시설 : 수소메가스테인 및 충전시설 ③ 수소배관(안산도시개발~하수처리장, 4km) - 200mm, 20bar급, 연료전지/충전소공급용 ④ 수소배관(안산도시개발~ 본오동, 9km) - 200mm, 20bar급, 연료전지/충전소공급용 ⑤ 통합운영안전관리센터	
	특화 요소	① 스피트팜 : 수소연료전지 10kW급, - 발전은 RPS 판매, 열은 스피트팜 온수 공급	① 수소놀이체험관 : 전주 한옥마을 인근 ② 수소트론	① 수전해설비 : 수전해설비(200Nm ³ /h), 전력공급/수소압축/저장설비 ② 그린수소생산
		① 울동 공공임대주택지구 국민임대 아파트 437세대, 경로당 근린상가 ② 울동 공공임대주택지구 공공임대 아파트 333세대 ③ 울동 민간주택 1000세대 ④ 양정동 행정복지센터, 울동국민 임대주택 어린이집, 상수도사업본부 (북부사업소), 울산 마이스타워 - 수소연료전지 2kW급 1기, 발전 및 열 ⑤ 현대자동차 문화회관 : 수소연료전지 100kW급 1기, 발전 및 열	연료전지 1,320kW급 (440kW 3기), 열 0.7Gcal/h~75°C 공급 REC	

⑰ 간소화된 탄소저감 기여도 평가와 본 연구의 차이점 제시

□ 전세계적으로 간소화된 탄소저감 기여도 평가로는 공식적인 저감량으로 인정받지 못함. 표준 기반 상세한 탄소저감 기여도 평가를 추진하는 추세

○ 수소 분야의 주요 아이টে에 대한 기본적인 탄소저감 기여도 평가는 국내에서도 기존에 진행되었으나, 국제 표준에 근거한 방법론 적용, 실제 국내 자료 기반 데이터베이스 연계, Scope 3와 같은 간접적인 배출량 산정, 제3자 검증 등 상세한 방법론과 신뢰할 수 있는 근거가 완성되지 않아, 공식적인 대외 자료로 인정받기에는 부족

- 탄소중립 기여도 평가에 국제적 객관성을 확보하기 위해서는 상세 방법론 마련 필요

○ 본 사업과 같은 국제 표준기반 평가체계 개발 필요

목표	수소 기술의 정량적 탄소중립 기여도 평가 인프라 구축			
전략방향	국제표준 부합성	사용자 용이성/접근성	비교가능성	국제플랫폼 등록
전략과제	(수소 기술) 전과정평가 방법론 개발	(수소 기술) LCI DB 구축	(수소 기술) 개방형 전과정평가 플랫폼 개발	
AS IS 및 TO BE	AS IS		TO BE	
	<ul style="list-style-type: none"> (수소 기술) 환경성 평가 방법론 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 전과정평가 방법론 존재 - 수소 기술 탄소중립 기여도 평가 지원 불가 (수소 기술) 환경성 평가를 위한 DB 부족 <ul style="list-style-type: none"> - 생산, 수송, 저장, 활용 등의 DB 부재 - 수소 기술을 위한 전과정평가 인프라 열악 수소 기술 환경성 평가를 위한 플랫폼 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 환경부의 인증제도 운영을 위한 기본 플랫폼 운영 - 수소 기술 연구자, 정책입안자의 접근 및 사용 불가 		<ul style="list-style-type: none"> 국제 기준에 부합하는 수소 기술의 환경성 평가 방법론 확보 수소 기술 전과정 환경성 평가 인프라 조성 <ul style="list-style-type: none"> - 수소 기술의 LCI DB 개발 - 국제플랫폼(GLAD 등) 등록으로 국제 신뢰성 확보 개방형 수소 기술 전과정 환경성 평가 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 연구자, 정책입안자의 수소기술 환경성 평가 기반 확보 	

⑱ 다른 도시에도 적용 가능한 범용성 모델 필요

- 범용성 모델 개발에 앞서 수소시범도시별 특성에 대한 분석 후, 이를 고려한 모델 개발 추진
 - 본격적인 수소도시 추진에 앞서 추진된 1기 수소시범도시를 본 사업의 Test-Bed로 고려하고 있음
 - (울산) 석유화학단지 부생수소 활용을 위한 사물인터넷 배관망 구축 및 수소 지게차 및 선박용 수소충전 실증
 - (전주) 수소이용도시로서, 수소차 및 수소버스 보급 등 인프라 도입
 - (안산) 조력발전과 연계한 그린 수소 생산
 - 3개 수소시범도시에 대한 분석을 통해 도시별 공통적 특성과 개별적 특성을 고려하여 다른 도시에도 적용 가능한 범용성 모델 개발 추진

<지자체별 수소 시범도시 모델>

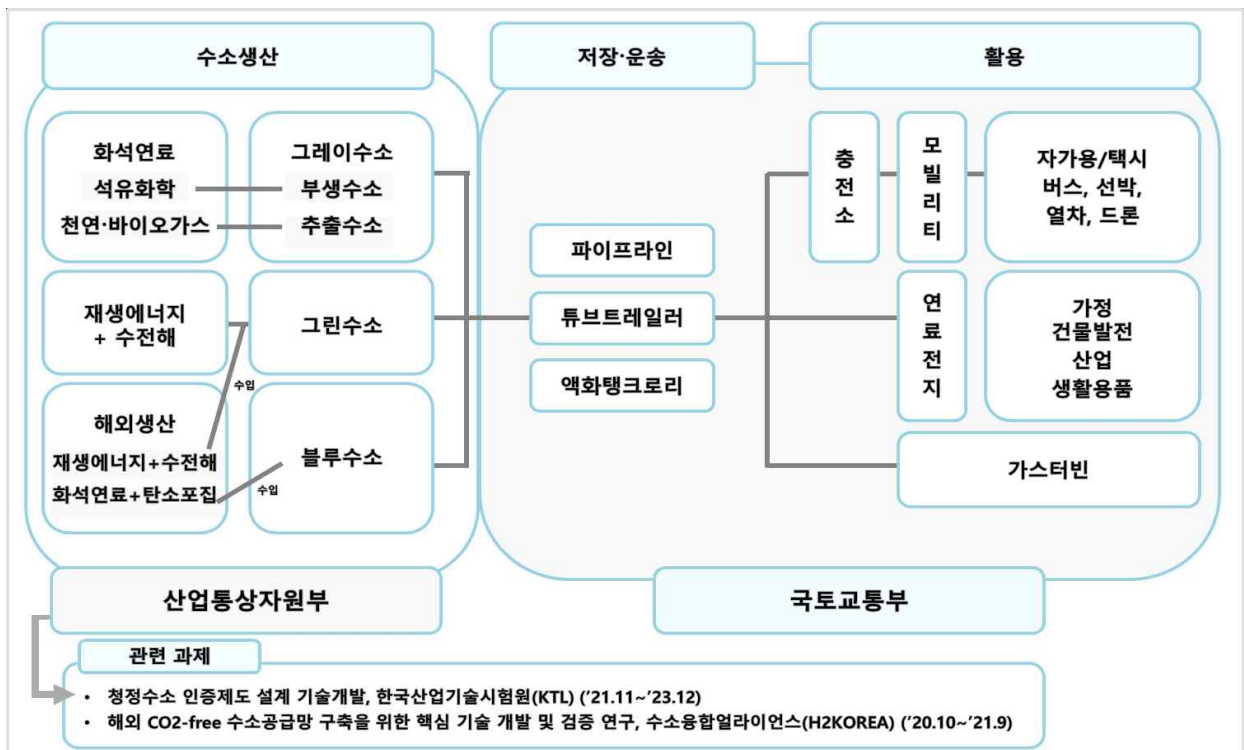
지자체		주요 사업(안)	공통사항	특화요소
강원	삼척시	❖ 액화수소도시(발전, 액화수소플랜트, 수전해, 수소빌리지,리조트 등)	발전, 주택, 충전소	수전해, 액체수소
경기	화성시	❖ 수소교통도시(버스차고지내생산기지 구축, 트램, 화물차, 연료전지 보급)	주택, 자동차	추출수소
	평택시	❖ 수소생산도시(추출수소, 해상태양광풍력, 하수처리, 주택, 액체수소 인수기지)	주택, 발전	바이오,추출수소, 액체수소
	안산, 시흥	❖ 수소스마트산단(기존배관, 충전소, 지게차, 버스, 트럭 등 수소기반 산업단지구현)	자동차, 충전소	부생수소, 산업단지
충북	충주시	❖ 수소생산도시 (충주댐 활용 수전해,정압소 내 추출수소,수소차부품 클러스터	-	수전해, 추출수소,산업단지
충남	홍성, 예산	❖ 발전용 연료전지도시(공동주택, 충전소 (버스연계, 발전사업 연계))	주택,충전소, 자동차,발전	
전북	전주, 완주	❖ 교통 등 생활 기반도시(충전소, 버스, 발전소,산업체, 5,000세대 주택)	주택,충전소,자동차	산업단지
전남	여수시	❖ 수소교통, 주거모델 이행(수소산단, 부생수소/해상풍력, 태양광 등 활용 수소생산)	자동차, 주택	부생수소, 산업단지
경남	창원시	❖ 수소차·충전소 중심도시(연료전지 산업단지, 수소에너지 순환시스템 실증단지)	충전소,자동차	산업단지
세종특별시		❖ 친환경차(전기·수소) 메카도시(수소차, 충전소)	자동차, 충전소	
울산광역시		❖ 수소에너지 산업도시 (수소배관 연결 충전소, 2차 수소타운, 버스, 공동주택등)	주택,충전소,자동차	부생수소
광주광역시		❖ 수소중심 친환경차 선도도시(수소산업 클러스터조성, 수소 연료전지 발전소)	자동차,발전소	산업단지
대전광역시		❖ 연료전지 행복주택 실증도시(주택, 폐기물 수소생산, 옥상 스마트팜,연료전지 발전소)	주택, 발전소	바이오매스

■ 과기부 전문위원회 검토의견에 대한 추가자료

① 동 사업이 부처 간 역할영역 구분에 따라 국토교통 분야에 한정하여 LCA 방법론을 개발하고 시범적용한다는 점에서 효과성이 다소 미흡할 것으로 보임

□ 타부처 수소 연구 결과 반영 및 수소사회 테스트베드인 수소시범도시에 대한 방법론 시범적용

- 우리나라는 부처별로 분야를 나눠 탄소중립을 위한 수소기술 연구개발을 추진하고 있음
- 국토교통부에서는 수소의 수송, 활용(수소도시) 등을 담당하고 있으며, 본 사업도 국토교통분야에 한정하여 진행 예정
- 해외 수소 수입, 수소 생산, 발전 등은 산업부에서 관련 연구를 진행하고 있음
 - 예산 범위 내에서 산업통상자원부에서 진행하는 부분과 내용을 연계하여 본 연구에서는 이러한 원료부분 결과 반영을 통한 활용은 연계 예정



<수소 생태계 부처별 분담 체계>

- 현재 추진되고 있는 수소시범도시는 도시별로 10개 이상의 아이템(컴포넌트)이 결합된 개념으로 구성되어 있음
- 수소시범도시마다 다른 아이টে으로 구성되며, 수소의 생산, 공급, 활용 등을 고려하는 수소시범도시에 대한 전과정평가 시범적용을 통해 수소사회 테스트베드에 대한 탄소중립 기여도 평가를 추진할 예정

<국내 수소시범도시 별 기본 및 특화요소>

구분	울산	전주완주	안산	
기본 요소	주거	<ul style="list-style-type: none"> ① 울동 공공임대주택지구 국민임대 아파트 437세대 경로당, 근린상가 - 연료전지 1,320kW급 (440kW 37기), 열 0.7Gcal/hr-75℃ 공급 REC ② 울동 공공임대주택지구 공공임대 아파트 373세대 ③ 울동 민간주택 1000세대 ④ 임평동 행정복지센터, 울동국민 임대주택 어린이집, 상수도사업본부 (북부입소), 울산 마이스파크 - 수소연료전지 2kW급 1기, 발전 및 열 ⑤ 현대자동차 문화회관 : 수소연료전지 100kW급 1기, 발전 및 열 	<ul style="list-style-type: none"> ① 공동주택(완주 모아엘가 아파트) - 500kW급 연료전지 1기 ② 수소미니타운(우석대학교 생활관) - 10kW급 연료전지 5기 ③ 공공기관 (완주 군청사) : 10kW급 연료전지 3기 ④ 전주 자연생태관, 원산수영장 - 10kW급 연료전지 4기(수영장), 5kW급 연료전지 3기(자연생태관) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 공동주택 504세대/ 단원병원 등 - 연료전지 440kW급, RPS판매, 지역난방 공급 등 ② 하수처리장 - 연료전지 440kW급 - 전기는 저압계통연계 RPS판매, 열원은 지역난방연계 ③ 친환경에너지타운 : 연료전지 1.5MW(연계사업)
	교통	<ul style="list-style-type: none"> ① 수소 시내버스(707번, 808번) 10대 ② 수소시티투어버스 1대 ③ 태화강역 수소충전소 구축 47(Dispenser) ④ 카셰어링 10대 ⑤ 현대차 출고용 수소충전소 Dispenser 27기 	<ul style="list-style-type: none"> ① 전주완주 수소버스 등 상용차 	<ul style="list-style-type: none"> ① 수소 시내버스 6대 ② 수소선박 1대 : 시화호 관광노선 ③ 수소지게차 10대 : 물류센터 적용 ④ 수소충전소 5개 : 수소교통복합기지 등 ⑤ 수소복합기지 : 연료전지 1MW
	인프라	<ul style="list-style-type: none"> ① 수소배관(12.5km) ② 수소통합안전운영 시스템 ③ 수소통합안전운영시스템 구축 및 센터 	<ul style="list-style-type: none"> ① 수소공급기지(특화) - 수소추출기 : 1,200kg/day - 수소차 동시 충전기 ② CO₂ 포집시설 : 수소메가스테이션 및 충전시설 ③ 통합운영관리센터 ④ 튜브트레이러 : 450bar T/T 6대 	<ul style="list-style-type: none"> ① 수소추출기 : 천연가스 개발시설, 1,800kg/day 급 ② 수소배관(안산도시개발~하수처리장, 4km) - 200mm, 20bar급 연료전지/충전소공급용 ③ 수소배관(안산도시개발~ 본오동, 9km) - 200mm, 20bar급 연료전지/충전소공급용 ④ 통합운영안전관리센터
	특화 요소	<ul style="list-style-type: none"> ① 스마트팜 : 수소연료전지 10kW급, 발전은 RPS 판매, 열은 스마트팜 온수 공급 	<ul style="list-style-type: none"> ① 수소농기계 활용 : 전주 한옥마을 인근 ② 수소드론 	<ul style="list-style-type: none"> ① 수전해설비 : 수전해설비(200Nm³/h), 전력공급/수소압축/저장설비 ② 그린수소생산

㉔ 총 3단계로 구성된 사업으로 '23년도에는 전과정평가 방법론 개발에 10억 원의 예산(한도외 5억 원 포함)을 요구하였음. 사업의 타당성이 인정된다면 한도내에서 추진할 필요

□ 본 사업은 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 및 탄소중립 기여도평가 수행에 필요한 방법론, 데이터베이스, 플랫폼을 개발·구축하여 탄소중립 기반을 마련하기 위함

- 해외 주요국의 경우, 탄소중립을 달성하기 위한 기술 개발 뿐만 아니라 탄소중립 달성여부를 판단하기 위한 정량화 기술에 대한 개발도 함께 진행 중

- 국토교통분야는 수소경제의 최종 소비자로서, 탄소중립 달성여부를 검증하기 위한 방법론 필요
 - 「제1차 수소경제 이행 기본계획」, 「국토교통 2050 탄소중립 로드맵(21.12)」 등 정책목표 달성을 위해 탄소중립 기여도 정량화 및 산정 방법론 구축이 필요
- 국가 수소 R&D 정책목표의 타당성 및 효과성을 검증하기 위해 국토교통 분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 구축 기획연구와 연계하여 '23년부터 단계적인 연구 및 인프라 마련 시급

㉓ 석유화학 단지 위주로 대량의 수소가 생산 및 소비되고 있으므로 산업현장의 field data 등의 실 데이터를 토대로 전주기해석이 이루어져야 함

□ 1기 수소시범도시에 대한 전과정평가 방법론 시범적용

- 본 사업의 방법론 시범적용 대상이자, 테스트베드로 울산, 전주, 안산 등 1기 수소시범도시를 고려하고 있음
- 석유화학단지에서 생산되는 부생수소를 활용하고 있는 수소시범도시의 실 데이터를 토대로 전과정평가 시범 적용 추진
 - 3개의 수소시범도시 중, 석유화학단지가 구축되어 있는 울산을 대상으로 현장 데이터를 토대로 시범 적용 추진
 - 울산의 경우, 석유화학단지로부터의 부생수소 생산, 수소 배관 구축, 수소타운 및 수소복합허브 등 다양한 수소활용 아이টে을 구상하고 있음
 - 현재 추진 중인 사업의 수소도시 내 수소 기술과 연계하여 전과정평가 및 탄소중립 기여도 평가 방법론 시범 적용 추진('24년)



<울산 수소시범도시 개념도>

<울산 수소시범도시 수소배관 추진현황>

인프라(수소배관 분야)	
위치	남구 여천오거리~현대자동차, 효문사거리~경동충전소
공사개요	구경 D200, 연장 12.5km - 태화강 하월구간 공동공사 진행(상분, 약 37억 원), 협약 2021. 1
추진현황	<ul style="list-style-type: none"> • 2020. 10. : 실시설계 착수('21. 12. 완료) • 2021. 5. : 도로점용 및 굴착심의 완료(남구, 북구청) • 2021. 6. : 설계VE완료 • 2021. 7. : 교통소통대책심의 완료, 지방건설기술심의 신청 • 2021. 7. : 수소 공급가격 관련 적정단가 산정 용역 완료 • 2021. 8. : 태화강 국가하천 점용허가 승인(부산지방국도관리청) • 2021. 10. : 지방건설기술심의 완료 • 2021. 12. ~3. : 조달청 원가심사 및 계약절차 시행 • 2022. 3. : 건설사업관리(감리) 착수 • 2022. 4. : 공사착공
추진계획	<ul style="list-style-type: none"> • 2022. 4. ~ : 각종 인허가 및 3개구간 동시 공사



④ 국토교통 분야가 수소의 활용 단계에 있는 분야임을 감안했을 때 국토교통 분야에 한정하여 전과정 평가가 추진되는 것은 부적절함. 수소 생산부터 전과정 평가가 이뤄질 수 있도록 사업을 설계 및 추진해야 함
→ 수소모빌리티를 시작으로 수소시범도시에 대한 전과정평가 시범적용이 이뤄지도록 구성한 사업 내용 기획

- 수소모빌리티를 시작으로 수소시범도시에 대한 전과정평가 시범적용이 이뤄지도록 구성한 사업내용 기획
 - 국토교통분야 공통 수소기술 관련 전과정평가 방법론 개발 후, 수소철도/트럭 및 수소도시에 대한 전과정평가 방법론을 개발하며, 각각 해당 테스트베드에 대한 전과정평가 방법론 시범적용 기획
 - 수소철도/트럭 및 수소도시에 대한 전과정평가 수행에 필요한 전과정목록 데이터셋 구축도 해당 연구년도에 함께 이뤄질 수 있도록 기획

< 연차별 연구개발 내용 >

구분	탄소중립을 위한 국토교통분야 수소 기술의 전과정 환경성 평가 플랫폼 구축연구 기획(R&D)				
	1차년도('23)	2차년도('24)	3차년도('25)	4차년도('26)	5차년도('27)
목표	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 개발	국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 구축	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 개발	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 시범적용	국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 보완·운영
중점기술 ①	<ul style="list-style-type: none"> 수소연료전지 등 공통 수소기술 관련 전과정평가 방법론 개발 국토교통분야 수소 기술의 기술성숙도별 전과정평가 적용방안 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 기여도 평가 방법론 개발 공통 수소기술 관련 전과정평가 방법론 보완 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 관련 전과정평가 방법론 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수소도시 내 상업·공업시설별 전과정평가 방법론 개발 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 테스트베드에 대한 전과정평가 방법론 시범적용 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 방법론 보완 수소도시 테스트베드에 대한 상업·공업시설별 전과정평가 방법론 시범적용
중점기술 ②	<ul style="list-style-type: none"> 국제 기준에 부합하는 전과정목록 데이터베이스 관리방안 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 공통 수소기술 관련 전과정목록 데이터셋 구축 공통 수소기술 전과정목록 데이터셋의 국제 플랫폼 등록 이해관계자 피드백에 따른 관리방안 보완 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 관련 전과정목록 데이터셋 구축 수소 교통기관 (철도/화물차/승용차/항공기 등) 관련 전과정목록 데이터셋의 국제 플랫폼 등록 	<ul style="list-style-type: none"> 수소도시 내 상업·공업시설별 전과정목록 데이터셋 구축 수소도시 내 상업·공업시설별 전과정목록 데이터셋의 국제 플랫폼 등록 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정목록 데이터베이스 보완
중점기술 ③	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술의 전과정평가 플랫폼 개념 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술에 대한 전과정평가 수행 및 기능화된 서비스 제공을 위한 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수요자의 자발적 참여형(데이터베이스 구축) 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 온라인 평가 및 오프라인 수요자-전문가 연계 평가 서비스 지원 플랫폼 개발 플랫폼 시범운영 	<ul style="list-style-type: none"> 전과정평가 플랫폼 보완 및 운영

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.