

수소 사회와 스마트시티 조성 관련 글로벌 추진 동향과 시장 전망 - 탄소중립 실현을 위한 세계적인 트렌드 -

I. 지속가능한 스마트시티를 위한 수소 사회로의 진화

1. 수소 사회로 변화하는 동향

1-1. 수소에 의한 차세대 에너지 사회 전개

1) CO₂를 배출하지 않는 수소에너지의 메리트

- (1) 다양한 자원에 포함되어 풍부
- (2) 다양한 이용 방법
- (3) 장기 대량 저장 · 장거리 수송이 가능

2) 수소에너지에 대한 기대

3) 수소에너지 보급의 과제

- (1) 제조 단계에서의 과제
- (2) 저장 · 운반 단계에서의 과제
- (3) 이용 단계에서의 과제

4) 수소 에너지가 인프라가 되는 사회의 모습

1-2. 수소 에너지 기술 개요

1) 개요

- (1) 수소란
- (2) 에너지로서 수소의 활용 의의
 - ① 에너지 소비량 감소
 - ② 연료의 저탄소화
 - ③ 재생가능에너지 도입 촉진

2) 수소 제조 기술

- (1) 수전해
- (2) 부생가스 정제
- (3) 개질 정제

3) 수소 저장 · 수송 기술

- (1) 압축수소
- (2) 배관 수송
- (3) 액화수소
- (4) 수소저장합금
- (5) 유기 수소화물(hydride)

4) 수소 공급 기술

5) 애플리케이션

- (1) 고정형 연료전지
- (2) 연료전지(FC) 모빌리티

1-3. 글로벌 수소 거래 흐름 현황과 전망

1) 개요

- (1) 배경
- (2) 분석 개요

2) 수급의 지역적인 미스매치

- (1) 수소 공급망
- (2) 청정 수소(Clean hydrogen)
- (3) 수소 및 파생품의 지역별 수요와 미스매치
- (4) 수입과 자국내 생산의 비교
- 3) 탈탄소화를 위한 효율적인 수소 무역
 - (1) 주요 수소 산지와 비용
 - (2) 청정 수소 수송을 내다본 향후 거래 트렌드
 - ① 2030년까지: 초기 무역 루트 확립
 - ② 2050년까지: 광범위하고 깊은 무역 관계가 지구를 연결할 가능성
 - ③ 2050년까지 전체 수소의 70%가 재생가능에너지원 공급에 의해 제조
 - ④ 2050년까지의 해상 선박 및 파이프라인 수송 능력
- 4) 세계의 수소 투자
 - (1) 2030년 및 2050년 전망
 - (2) 수소와 파생상품 무역을 통한 투자비용 절약
- 5) 투자 시나리오 분석
 - (1) 케이스별 시나리오 검증
 - (2) 시나리오별 수소 무역 루트
 - (3) 시나리오별 공급비용 예상
- 6) 실현가능요소에 의한 시사점
 - (1) 지역별 역할
 - (2) 국경을 초월한 글로벌 수소 상품 시장
- 1-4. 해외에서의 수소 이용 사례
 - 1) 유럽에서의 수소 활용 계획
 - (1) 네덜란드 로테르담항의 수소 활용 사례
 - (2) 독일 헬골란트섬의 수소 활용 사례
 - (3) H100 Fife 프로젝트에서의 수소 활용 계획
 - ① 프로젝트 개요
 - ② 화염 가시화 위험성 평가
 - (4) HyNet 프로젝트에서의 수소 활용 계획
 - ① 프로젝트 개요
 - ② 파이프라인 개요
 - (5) European Hydrogen Backbone
 - (6) 기타 유럽의 수소 활용 계획
 - 2) 미국의 수소 활용 계획
 - (1) ARBO社の 수소 공급 사업
 - (2) 캘리포니아의 수소 활용 사례
 - (3) HyBlend 계획
 - (4) NREL(미국재생에너지연구소)에서의 연구
 - ① 연구 개요와 수소혼합에 관한 과제
 - ② 수소혼합이 천연가스 파이프라인에 미치는 영향
 - 3) 기설 수소 파이프라인 상황
 - (1) Air Liquide社の 수소 파이프라인 기술
 - ① 수소 파이프라인 부설 상황
 - ② 수소 파이프라인 실적과 배관 스펙
 - ③ 리스크 평가
 - ④ 파이프 부설
 - ⑤ 결론
 - (2) Air Products社の 수소 파이프라인 기술
 - ① 수소 파이프라인 부설 상황

- ② 수소 파이프라인 기준
- ③ 배관 기술
- ④ 파이프라인 운용
- ⑤ 파이프라인 유지보수
- ⑥ 파이프라인 부설
- ⑦ 결론

1-5. 세계에서 가속화되는 수소 에너지 활용 비즈니스

- 1) 세계 각국의 동향
 - (1) 유럽
 - (2) 미국
 - (3) 중국
- 2) 각국의 수소 전략 · 개발 목표 사례
- 3) 유럽의 수소 관련 정책 강화 사례
- 4) 수소 시장 예측
 - (1) 수소 수요처별 시장 성장 전망
 - (2) 수소 공급기법별 시장성장 전망
- 5) 그린수소 시장 진입을 위한 대응방침 및 선진사례
 - (1) 공동 개발에 의한 대응
 - (2) 스타트업 연계에 의한 차세대 기술 조기 대처
 - (3) 공급망 전체에서의 진입 여지 탐색

2. 국내외 수소 관련 정책 추진 동향

2-1. 개요

- 1) 최신 동향
- 2) 수소의 위상
- 3) 수소 · 연료전지 관련 정책

2-2. 국내 수소 정책 추진 동향

- 1) 기존 정책 동향
- 2) 청정수소 생태계 조성 방안
 - (1) 청정수소 생태계 조성방안 (산업통상자원부)
 - ① 수송 · 발전 · 산업 부문에서 대규모 수소 수요 창출
 - ② 수소 수요 증가에 대응할 수 있는 유통 인프라 마련
 - ③ 국내와 해외에 대규모 청정수소 생산기지과 공급망을 구축
 - ④ 청정수소 시장 촉진을 위한 제도적 기반을 마련
 - (2) 세계 1등 수소산업 육성 전략 (산업통상자원부)
 - ① 주요 분야에서 선진국 수준의 핵심 기반기술을 확보
 - ② 튼튼한 수소산업 생태계를 조성
 - ③ 규제 개선으로 기업애로를 해소하고 민간 투자를 유도
 - ④ 해외진출 유망분야의 수출산업화를 촉진
 - (3) 수소기술 미래전략 (과학기술정보통신부)
 - ① 청정수소 생산기술을 국산화
 - ② 수소 공급을 위한 저장 · 운송 기술을 고도화
 - ③ 수소 활용 기술 1 위를 공고화

2-3. 해외 각국의 수소정책 동향

- 1) 미국
 - (1) 기후 변화와 에너지 관련
 - (2) 수소 프로그램 계획
 - (3) 인프라 투자 및 일자리법(the Infrastructure Investment and Jobs Act)
 - (4) 인플레이션 감축법안(Inflation Reduction Act)

2) 유럽연합

- (1) 1st 단계(2020~2024 년)
- (2) 2nd 단계(2024~2030 년)
- (3) 3rd 단계(2031~2050 년)

3) 영국

- (1) 수소 전략
- (2) 넷제로 전략
- (3) 녹색 산업혁명을 위한 10 가지 계획

4) 독일

- (1) 국가수소전략
- (2) 수소 · 연료전지 이노베이션 국가 프로그램

5) 프랑스

- (1) 국가수소전략
- (2) 프랑스 2030

6) 중국

7) 일본

8) 호주

9) 싱가포르

10) 인도

11) 칠레

3. 탄소중립을 위한 수소의 핵심 기술

3-1. 기술 개요

1) 수소 제조 기술

- (1) 화석연료 개질
- (2) 수전해
- (3) 부생수소
- (4) 바이오매스
- (5) 물의 열분해
- (6) 메탄 열분해
- (7) 광촉매

2) 암모니아 제조 기술

- (1) 하버-보쉬법
- (2) 암모니아 전해합성법
- (3) 광촉매
- (4) 금속 착체 촉매
- (5) 플라즈마법

3) 수소 저장 · 수송 · 공급 기술

- (1) 압축수소
- (2) 액화수소
- (3) 수소 흡장 합금
- (4) 유기 하이드라이드
- (5) 메탄, 메탄올
- (6) 암모니아

4) 수소 연소이용 기술

- (1) 연소이용 개요
- (2) 용적형 내연기관
- (3) 속도형 내연기관
- (4) 열원

5) 연료전지 기술

- (1) 수소연료전지
- (2) 암모니아 연료전지
- (3) 연료전지 연구개발의 논점
 - ① 고효율 발전 기술 개발

- ② 고부하 운전 개발
- ③ 고내구성 기동 정지 등 기술 개발
- ④ 극한환경하 열화방지 등 기술개발

3-2. 수소 분야의 기술 개발 동향

- 1) 개요
- 2) 연구개발 동향
 - (1) 수소 제조 분야의 연구개발 동향
 - ① 그린수소
 - ② 블루수소
 - ③ 열화학 수분해 반응
 - (2) 수소 저장 · 수송 기술 및 수소운반체 기술
 - (3) 수소 시스템 및 인프라 기술
 - (4) 수소 이용 기술
- 3) 과학기술적 과제
- 4) 기타 과제
 - (1) 수소 제조와 용도
 - (2) 거액의 연구개발비 확보
 - (3) 인재 육성
 - (4) 수소 보안
- 5) 주요국의 연구개발 동향 비교
 - (1) 미국
 - (2) 유럽
 - (3) 중국
 - (4) 일본
 - (5) 한국

3-3. 수소 분야별 시장 동향

- 1) 제조
 - (1) 수소 제조 현황
 - (2) 수소의 미래 수요 예측
 - (3) 수소 제조 핵심 플레이어
- 2) 저장 · 수송 · 공급
 - (1) 수소 저장 및 수송 방법
 - (2) 수소 저장 및 수송의 핵심 플레이어
 - (3) 수소 스테이션의 보급
- 3) 연소 이용
 - (1) 수소의 용도
 - (2) 암모니아의 용도
- 4) 연료전지의 시장 환경
 - (1) 연료전지의 용도
 - (2) 연료전지 및 FCV의 시장규모
- 5) 표준화 동향
 - (1) 수소 관련 기술
 - (2) 연료전지 관련 기술

3-4. 수소 기술 특허출원 동향

- 1) 수소 기술 전체동향
 - (1) 패밀리특허 건수 추이 및 비율
 - (2) 국제특허패밀리 건수 추이 및 비율
- 2) 수소 제조 관련 특허동향
 - (1) 출원인 국적 · 지역별 패밀리특허 건수 추이 및 비율
 - ① 수소 제조
 - ② 암모니아 제조
 - (2) 출원인 국적 · 지역별 국제특허패밀리 건수 추이 및 비율

- ① 수소 제조
- ② 암모니아 제조
- (3) 기술 구분별 동향
- 3) 수소 저장·수송·공급 관련 특허 동향
 - (1) 출원인 국적·지역별 패밀리특허 건수 추이 및 비율
 - (2) 출원인 국적·지역별 국제특허패밀리 건수 추이 및 비율
 - (3) 기술 구분별 동향
- 4) 수소 연소이용 관련 특허동향
 - (1) 출원인 국적·지역별 패밀리특허 건수 추이 및 비율
 - (2) 출원인 국적·지역별 국제특허패밀리 건수 추이 및 비율
 - (3) 기술 구분별 동향
- 5) 수소 연료전지 관련 특허 동향
 - (1) 출원인 국적·지역별 패밀리특허 건수 추이 및 비율
 - (2) 출원인 국적·지역별 국제특허패밀리 건수 추이 및 비율
 - (3) 기술 구분별 동향
- 6) 출원인별 동향
 - (1) 수소 제조의 패밀리특허 건수 상위 랭킹
 - (2) 암모니아 제조의 패밀리특허 건수 상위 랭킹
 - (3) 수소 저장·수송·공급의 패밀리특허 건수 상위 랭킹
 - (4) 수소 연소이용의 패밀리특허 건수 상위 랭킹
 - (5) 암모니아 연소이용의 패밀리특허 건수 상위 랭킹
 - (6) 수소 연료전지의 패밀리특허 건수 상위 랭킹
- 3-5. 수소 기술 연구개발 동향
 - 1) 전체 동향
 - 2) 수소 제조 관련 연구개발 동향
 - (1) 수소 제조의 논문발표 건수 추이 및 비율
 - (2) 암모니아 제조의 논문발표 건수 추이 및 비율
 - (3) 기술 구분별 동향
 - 3) 수소 저장·수송·공급 관련 연구개발 동향
 - (1) 논문발표 건수 추이 및 비율
 - (2) 기술 구분별 동향
 - 4) 수소 연소이용 관련 연구개발 동향
 - (1) 논문발표 건수 추이 및 비율
 - (2) 기술구분별 동향
 - 5) 수소 연료전지 관련 연구개발 동향
 - (1) 논문발표 건수 추이 및 비율
 - (2) 기술 구분별 동향
 - 6) 기술구분별 논문발표 랭킹 동향
 - (1) 수소 제조
 - (2) 암모니아 제조
 - (3) 수소 저장·수송·공급
 - (4) 수소 연소이용
 - (5) 암모니아 연소이용
 - (6) 수소 연료전지

II. 스마트시티에 의한 지속가능한 사회 구축

1. 탄소중립을 위한 스마트시티

1-1. 각 기관 및 국가별 스마트시티에 대한 정의

- 1) 국제적 기관별 스마트시티 정의
 - (1) 국제표준화기구(ISO)
 - (2) 국제전기통신연합(ITU)
 - (3) 경제협력개발기구
 - (4) 유럽연합(EU) 및 동남아시아국가연합(ASEAN)

2) 각국에서의 스마트시티 정의

- (1) 유럽
- (2) 북미
- (3) 동아시아
- (4) 기타

3) 정리

- (1) 스마트시티의 목적과 수단
- (2) '스마트'와 '시티' 각각의 인식 방법
 - ① 스마트
 - ② 시티

1-2. 탄소중립을 위한 대응과 스마트시티 트렌드

- 1) 탄소중립 실현을 위한 주요국의 대응
 - (1) 주요국별 탄소중립 형식과 시기
 - (2) IEA의 탄소중립 로드맵
- 2) 스마트시티에 대한 이해
 - (1) 스마트시티(Smart City) 개념
 - (2) 회복력(resilient)이 요구되는 스마트시티
 - (3) 스마트시티에서 '스마트 X'로의 변환
 - (4) 에코시스템 형성을 통한 도시운영(매니지먼트)
- 3) 글로벌 스마트시티 트렌드
 - (1) 통신 인프라 및 공공 안전에 대한 요구 향상
 - (2) 스마트시티를 향한 정부의 대처나 PPP 모델의 증가
 - (3) 환경 지속성에 대한 관심 증가
 - (4) 스마트시티 개발의 핵심 기술, 5G
- 4) 스마트시티의 탄소중립 실현
 - (1) 스마트시티의 에너지 동향
 - (2) 지속가능한 친환경 스마트시티 구축
 - (3) 탄소중립 구축을 위한 스마트시티 솔루션
- 5) 스마트시티 시장의 성장과 동향
 - (1) 개요
 - (2) 스마트시티 세계 시장규모

1-3. 미래 모빌리티가 추진하는 지속가능한 스마트시티

- 1) 도시 현황
 - (1) 도시를 둘러싼 주요 과제
 - (2) 지속가능성(Sustainability)의 중요성
 - (3) 지속가능한 스마트시티의 3 요소
 - (4) 지속가능한 스마트시티 실현을 위해
- 2) 사람 중심(Human-Centric) 어프로치
 - (1) 사람 중심(Human-Centric) 어프로치란
 - ① 다수의 스테이크홀더 · 인게이지먼트
 - ② 양방향 커뮤니케이션 채널과 정보교환
 - ③ 이해하기 쉬운 사용자 경험(UX) 디자인을 갖춘 참여 플랫폼
 - ④ 도메인을 넘나드는 데이터의 상호운용성
 - ⑤ 데이터 투명성과 프라이버시 거버넌스
 - ⑥ 지속적인 반복 작업과 강화
 - (2) 서비스 이용자의 디지털 경험 향상
- 3) 모든 사람이 이용하는 지속가능한 모빌리티
 - (1) 승객 모빌리티
 - ① Acciona Mobility
 - ② Entur
 - ③ East Japan Railway Company

- ④ Google
- (2) 배송과 물류
 - ① Gojek
 - ② Nuro
 - ③ Chorus
- (3) 모빌리티 인프라스트럭처
 - ① Smart Parking
 - ② Google
 - ③ EVBox
 - ④ Geotab
- 4) 재설계하는 스마트시티의 미래
 - (1) 도시 전역의 전체 최적화
 - (2) 상호운용 가능한 데이터 관리가 성공의 열쇠
 - (3) 스마트시티의 변혁
 - (4) 모빌리티가 추진하는 지속가능한 스마트시티의 미래

2. 진화하는 스마트시티 선진사례 및 개발동향

- 2-1. 세계 스마트시티 사례
 - 1) 최신 스마트시티 동향
 - 2) 세계에서 진행되는 스마트시티에 대한 대응
 - (1) 스페인 바르셀로나
 - (2) 싱가포르
 - (3) 중국 항저우 시
 - 3) 스마트시티의 시작, 유럽의 3 가지 사례
 - (1) 암스테르담(네덜란드)
 - (2) 헬싱키(핀란드)
 - (3) 바르셀로나(스페인)
 - 4) 스마트시티 선진국, 미국의 4 가지 사례
 - (1) 뉴욕
 - (2) 시카고
 - (3) 콜럼버스
 - (4) 샌디에이고
 - 5) 스마트국가를 지향하는 아시아의 3 사례
 - (1) 저장성 항저우시(중국)
 - (2) 싱가포르
 - (3) 일본의 스마트시티 구상 '우븐 시티'
- 2-2. 스마트시티 개발 동향
 - 1) 세계 데이터 활용형 스마트시티 개발 동향
 - (1) 개요
 - (2) 세계로 뻗어나가는 디지털 스마트시티
 - (3) 데이터 활용 플랫폼: FIWARE
 - 2) 디지털화를 추진하는 장치
 - (1) 선진적인 스마트시티 사례
 - (2) 디지털화 추진책의 공통점
 - 3) 스마트시티 기술개발 투자 동향
 - (1) 개요
 - (2) 분석 결과와 예상되는 영향
 - (3) 시장의 원동력
 - (4) 스마트시티 기술 투자 분야
 - (5) 시장의 성숙도
- 2-3. 주요국의 스마트시티 분야 정책 동향
 - 1) 한국

- 2) 미국
- 3) 유럽
- 4) 중국
- 5) 일본
- 6) 싱가포르
- 7) 인도

3. 해외 스마트시티의 TOD(대중교통지향형 개발)와 MaaS 동향

3-1. TOD와 MaaS에 의한 스마트시티 실현

- 1) TOD와 MaaS의 개요
- 2) 해외에서의 TOD
 - (1) TOD란
 - (2) 미국과 유럽의 TOD에 대한 이념 차이
- 3) TOD-MaaS를 활용한 스마트시티 조성

3-2. 스웨덴의 스톡홀름 사례 분석

- 1) TOD개요 및 MaaS와의 관계
- 2) 국가·자치단체 차원의 TOD역사·배경
- 3) TOD우수사례: 함마르비 허스타드
 - (1) 프로젝트 배경
 - (2) 함마르비의 환경개발 목표
- 4) 함마르비 허스타드의 구체적인 내용
 - (1) 교통 계획
 - (2) 주거·비즈니스 개발
 - (3) 추진 체제
 - (4) 자금조달·가치포착(Value Capture) 기법
- 5) 향후 전망

3-3. 미국의 워싱턴 DC 사례 분석

- 1) TOD개요 및 MaaS와의 관계
- 2) 국가·지자체 차원의 TOD역사·배경
- 3) TOD우수사례: Rosslyn-Ballston역간 연선 개발
- 4) Rosslyn-Ballston역간 연선 개발의 구체적인 내용
 - (1) 체제·자금 조달
 - (2) TOD추진 프로세스 획득가치
 - (3) 교통 계획
 - (4) 주택·오피스 개발
- 5) 향후 전망

4. 스마트시티에서의 리빙랩(Living Lab) 활용 사례

4-1. 시민의 니즈가 반영된 스마트시티 실현을 위한 리빙랩

- 1) 개요
- 2) 리빙랩(Living Labs)이란

4-2. 네덜란드 암스테르담의 스마트시티 사례

- 1) 암스테르담 스마트시티 추진과 리빙랩
 - (1) 암스테르담 스마트시티 추진
 - (2) 암스테르담 스마트시티(ASC)의 운영 구조
- 2) 순환형 이노베이션으로 지속가능한 도시를 지향하는 'DE CEUVEL'
 - (1) 'DE CEUVEL'의 추진 배경
 - (2) 'DE CEUVEL'의 개발 목표와 내용
 - (3) 'DE CEUVEL'의 이해관계자 및 운영구조
 - (4) 'DE CEUVEL'의 성과
- 3) 정리

4-3. 핀란드 헬싱키의 스마트시티 사례

- 1) 헬싱키 스마트시티 추진과 리빙랩
 - (1) 헬싱키의 스마트시티 추진
 - (2) Forum Virium Helsinki(FVH)의 운영구조

2) 리빙랩에서 도시 혁신을 실현하는 'Smart Kalasatama'

- (1) 'Smart Kalasatama'의 추진 배경
- (2) 'Smart Kalasatama'의 개발 목표와 내용
- (3) 'Smart Kalasatama'의 이해관계자 및 운영 구조
- (4) 'Smart Kalasatama'의 성과

3) 정리

5. 스마트시티 관련 시장 동향 및 전망 분석

5-1. 스마트시티 시장의 성장 트렌드 및 전망

- 1) 시장 분석
- 2) 주요 시장 동향
 - (1) 스마트시티 시장의 성장을 촉진하기 위한 도시화
 - (2) 시장 성장의 기반이 되는 인공지능과 사물인터넷
 - (3) 가장 빠른 성장이 기대되는 아시아·태평양 시장

3) 스마트시티 산업 동향

5-2. 스마트시티 플랫폼 시장 트렌드 및 전망

- 1) 시장 분석
- 2) 주요 시장 동향
 - (1) 주요 애플리케이션 분야가 되는 스마트 거버넌스
 - (2) 시장을 지배할 것으로 예상되는 북미 지역
- 3) 스마트시티 산업 동향

5-3. 스마트 가로등 시장 트렌드 및 전망

- 1) 시장 분석
- 2) 주요 시장 동향
 - (1) 스마트시티를 위한 다양한 정부의 성장 이니셔티브
 - (2) 중요한 시장 성장을 유지하고 있는 아시아 태평양 지역
- 3) 스마트시티 산업 동향

Ⅲ. 수소에너지·스마트시티 관련 분야별 글로벌 마켓 데이터

1. 수소에너지

- 1-1. 수소 생산량
- 1-2. 청정수소(clean hydrogen)
- 1-3. 수소 수요와 소비
- 1-4. 수소 저장 탱크(Hydrogen storage tank)
- 1-5. 수전해(hydrogen electrolysis)

2. 스마트시티

- 2-1. 디지털 대전환(DX)
- 2-2. 스마트시티 시장 개요
- 2-3. 스마트시티 분야별 시장
 - 1) 스마트 그리드
 - 2) 스마트 홈
 - 3) 스마트 모빌리티
 - (1) 자율주행차
 - (2) 통합교통서비스(MaaS)
 - 4) 스마트 빌딩(BEMS) 시장
- 2-4. 주요 참여업체별 실적
- 2-5. 연결성(Connectivity) 전망
- 2-6. 도시화(Urbanization) 전망

