

세계 도시의 친환경 미래 전략

- 코펜하겐, 시드니, 북경, 리우데자네이루 등 8大 도시 중심 -

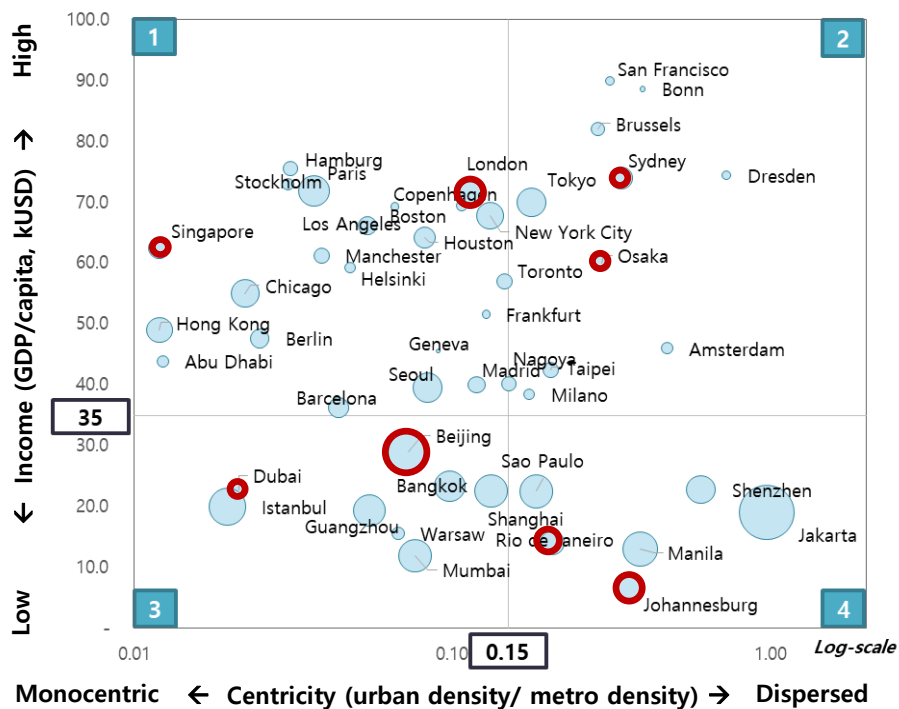
POSRI 미래 메가트렌드 리서치 시리즈 3, 2023년 11월 30일

김훈상 수석연구원, 포스코경영연구원

세계 도시 유형별 중장기 친환경 Biz 수요를 분석

소득 수준과 밀집도에 따라 4大 도시 유형으로 구분

전세계 40여개 도시를 분석하여,
소득 수준과 공간 밀집도에 따라 4대 도시 유형으로 구분



[도시 유형별 친환경 Lever]



- High Income
- High-density

1 Advanced metropolises

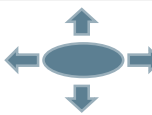
- ✓ **친환경 선도 Flagship cities** (코펜하겐, 싱가포르)
 - Power-to-X, CCUS, 풍력/태양광



- High Income
- Low-density

2 Prosperous low-density cities

- ✓ **친환경 기술 Incubating cities** (시드니, 오사카)
 - 친환경 건축, 청정수소, 그린본드



- Low Income
- High-density

3 Expanding mono-centric cities

- ✓ **친환경 기술, 건설 Mixed cities (북경, 두바이)**
 - 압축도시, 입체적 토지이용, IT+건설혁신



- Low Income
- Low-density

4 Developing scattered cities

- ✓ **도시건설 Driven cities** (리우데자네이루, 요하네스버그)
- 직주근접, 주거/인프라 양극화 해소

※ 선행연구*의 연구방법과 도시유형을 참고하여 8大 도시(코펜하겐, 싱가포르, 시드니, 오사카, 북경, 두바이, 리우, 요하)의 친환경 전략을 분석

* "팬데믹 이후 메가트렌드와 미래 철강산업"(POSRI, 23.1월), "세계 도시의 친환경 전략과 수요산업 영향"(POSRI, 21년)

1. 덴마크 코펜하겐

Power-to-X, 에너지 다각화로 탄소중립 선도도시 실현 (2025 탄소 중립 목표)

■ '09년 IPCC* 회의에서 전세계 최초로 '25년 탄소중립도시가 되겠다고 선언

- 오일쇼크가 있었던 '70년대 이후 지속가능한 에너지 전환 정책을 추진
- 유럽에서 가장 낮은 에너지 집약도와 높은 분산 에너지 비중을 실현

* 기후 변화 정부간 협의체(IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change)

Power-to-X (PtX)

■ 전기를 수소, 기타 연료로 변환시켜 에너지 저장 문제를 해결

- 탄소포집 과정의 이산화탄소와 결합하여 가스, 액체연료 등 합성 연료 제조
- 덴마크 산업계는 성공적인 PtX 성과를 내기 위해서는 트럭, 선박/페리, 항공 등의 Off-Taker와의 협력과 풍력 발전의 충분한 가용성이 중요하다고 강조

재생 에너지

■ 화석 연료를 100% 재생에너지화 하기 위한 Smart City 기술 활용

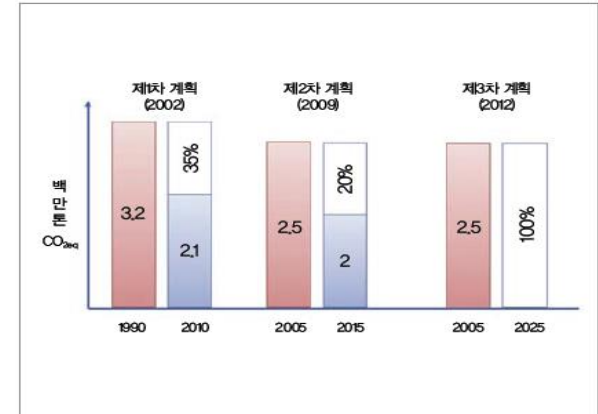
- 육상/해상 풍력 발전을 늘리고 쓰레기 소각열을 난방에 재활용
- 바닷물 순환을 활용한 건축물 냉난방을 도시 전체로 확대
- 건물 소유주 및 태양광 솔루션 공급업체와 협력하여 PV(태양광 모듈) 설치

친환경 선도 사업

■ Anchor PJT를 통한 주민의 지지와 공감대 확보

- 폐기물 소각으로 발생하는 바이오가스를 난방열로 전환
- 코펜하겐 내의 3만 가구에 전기 공급, 7.2만 가구에 난방 공급
- 스키 슬로프와 산책로, 하이킹, 암벽등반시설을 만들어 지역 명소화

[코펜하겐의 기후변화 로드맵상 온실가스 감축 목표]



[CopenHill]



※ 코펜하겐의 ARC(Amager Resource Center) 소각로의 이산화탄소 포집 시설 건설이 이뤄지면서 '25년 탄소중립에 대한 회의적인 시각도 상존

2. 싱가포르

기후변화 복원력이 높은 토지, 건축 중심 전략 실행 (2050 탄소 중립 목표)

- 섬 지역의 해수면 상승에 취약한 지형 여건을 고려한 도시 비전을 수립하고 에너지/건축/인프라 분야의 4대 실행 방안을 마련

태양광 발전

- 건축물 옥상, 저수지 및 기타 도시 오픈 스페이스의 태양광 패널 설치를 확대
 - 전세계에서 태양열 밀도가 가장 높은 지역 중의 하나라는 도시 장점을 활용
 - '30년까지 약 35만 가구의 연간 전력 수요에 해당하는 2기가 와트 태양 에너지 보급
 - 태양광 발전의 간헐적인 특징을 극복하기 위한 에너지저장시스템(ESS) 설치
 - 수소, 지열 및 탄소 포집/활용/저장의 새로운 저탄소 에너지 모색('22.10 국가수소전략 발표)

[싱가포르 주룽섬 ESS]



자료 : Sembcorp Industries

친환경 건축

- 건축물은 싱가포르 탄소 배출의 20%를 차지하면서 Green Plan 2030 달성의 핵심 수단으로 자리매김
 - 80-80-80 전략으로 '30년까지 저탄소 녹색 건축환경으로 전환 ① 도시 건축물 전체 연면적의 80%가 그린 건축, ② 신규 건축의 80%가 초전력에너지(SLE : Super Low Energy) 건축, ③ 친환경 건축 대비 에너지 효율성 80% 달성
 - : Skyrise Greenery 프로젝트는 초고층 친환경 건축을 통해 Climate/Ecological/Social 복원력을 도모하겠다고 발표
 - 정부 차원의 건설산업 혁신 노력도 병행 : IDD(Integrated Digital Delivery : 건물 생애주기 모든 단계를 디지털화), DfMA(Design for Manufacturing and Assembly : 건설시공의 제조업화) 채택 레벨업, 친환경 지속 가능성 요구사항을 SLE로 상향

도시 토양 복원

- 싱가포르를 자연 속의 도시로 변화시키기 위한 노력
 - 도시 녹지/공원 복원, 자연공원 네트워크의 연결성 강화

에너지 전환형 인프라

- EV(전기차), FCV(연료전지차)와 도로 인프라 적합성
 - '40년까지 싱가포르의 모든 차량은 청정 에너지로 운행

※ "Built Environment Industry Transformation Map"(싱가포르 건설청, '22.9) 또한 지속가능한 도시시스템으로 탈탄소화를 가속화하겠다고 천명
- BIM, ICT 및 스마트 기술을 활용하여 건설 수생애주기의 참여자를 통합시킬 수 있는 디지털 체계 구축(Integrated Digital Delivery)

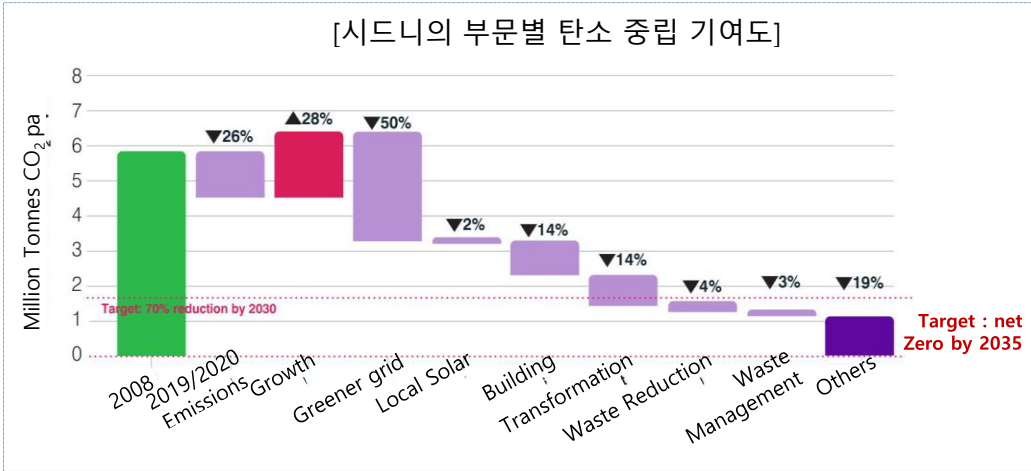
1. 호주 시드니

친환경 건축 확산, 탈탄소 전략의 핵심 수단 (2035 탄소 중립 목표)

■ 탈탄소 과정 중 건축, 모빌리티의 기여도가 크다는 인식

- 그리드 녹화(50% ↓), 건축물 친환경 규제(14% ↓), 모빌리티 친환경화(14% ↓), 탄소배출권 구매(19% ↓), 폐기물 감소(4% ↓), 폐기물 처리(3% ↓), 지역 태양광(2% ↓)

※ 호주 시드니는 최근 2~3년에 걸쳐 발생한 기상이변의 원인이 지구 온난화라는 것을 인지하고 탄소 중립 목표 연도를 '35년으로 앞당겨 설정 : '19~20년 한반도 면적의 85%에 해당하는 숲 1,860만 헥타르가 산불로 소실. 223월에는 호주 인구의 80%가 모여 사는 동부 해안지역에 기록적인 폭우



※ 호주 시드니시의 클로버 무어 시장은 건축물 에너지 사용이 온실가스 배출의 중요한 원인이라고 인식하고, 시드니시가 '35년 순배출 제로를 달성하기 위해서는 친환경 건축 확산이 필수불가결이라는 인식 (오피스, 호텔, 주거용 건축이 시드니 전체 탄소배출량의 68%를 차지)

친환경 건축 성능 표준	공공 주도 민간 확산	친환경 Trigger Biz.
■ 신축, 재건축 등 모든 건축 행위에 대한 최소 에너지 성능 표준을 정의하고 3년 마다 업데이트 - 건축 환경 평가 시스템(NABERS)을 만들어 에너지, 물, 쓰레기, 실내 환경을 종합 검토하고 등급 부여 * NABERS는 건축 유형별 친환경성 체크리스트 제공	■ '20년 이후 공공 부문이 선도, 민간 건축물로 친환경 건축 의무 확대 - ('20년) 시드니시가 소유한 모든 자산을 100% 재생 가능 에너지로 운영 - ('23년) 오피스, 호텔, 쇼핑센터 신축과 재개발 인허가의 최소 에너지 등급 요구 - ('26년) 모든 건축물의 넷제로 에너지 전환	■ 아파트 혹은 다세대 건물의 에너지 효율 향상을 지원하는 프로그램 운영 - 그린 아파트 프로그램을 통해 워털루 지역 15층 아파트는 조명 교체, 가변 속도 운전 구간 설치, 옥상 태양 전지판 설치 등 건물 리노베이션으로 매년 6만 1천 호주 달러의 관리비를 절약

자료 : [Green Environmental Sustainability Progress Report\(CITY OF SYDNEY\)](#), [Sustainable Sydney 2030-2050 continuing the vision](#), Estimating NABERS ratings(February 2023, NABERS)

2. 일본 오사카

기보유 기술을 활용한 도시, 건축, 인프라 탈탄소化 (2050 탄소 중립 목표)

- 새로운 에너지원 발굴과 모빌리티 동력 변화에 대응한 인프라 건설, 탈현장 제조 기술에 기반한 건설 시공 혁신 유도

탈탄소 도시 시스템 구축

- 바이오가스를 활용한 청정수소 생산
 - 하수처리장, 폐기물 자원 확보
- 인프라, 도시공간의 탄소배출 절감
 - 에너지 절약형 건축/인프라로의 개보수
 - 도로 주행 중 급속충전 R&D 지원
 - 인프라 네트워크와 물류 효율화로 에너지 절감

저탄소 라이프 스타일

- 재생에너지 사용 촉진 이니셔티브 부여
 - 미개발 에너지 자원의 발굴 및 활용 유도
- 오사카 내 환경, 에너지 기업과 협력 플랫폼
- ZEB, ZEH, EV-FCV와 신재생에너지를 조합한 토탈 매니지먼트로 에너지 절감 성능 향상
 - * Zero Energy Building/Housing, Electric/Fuel Cell Vehicle

자연재해 방지

- 극한 더위, 홍수 등 기후 변화 적극 대응
 - 빗물 투수성과 저수 기능을 향상시킨 그린 인프라
- 도시 녹화, 생태계 네트워크 보전 및 재생
- 인프라 및 물류 흐름 효율화로 CO₂ 배출 저감
 - 병목 현상을 줄이면서 과도한 에너지 발생 최소화

탄소 중립 Biz.

- 건설현장의 ICT 시공 촉진, 혁신적 건설기계 도입
- 탄소 저감에 기여하는 건설 재료 활용 및 R&D
 - 고강도 건설 재료로 폐기물 발생 저감
- 그린본드, ESG 투자를 활용하여 지역 내 탄소 저감 건축, 인프라 건설 촉진

1. 중국 북경

탄소 배출 감축의 핵심수단으로 도시 정의 (2060 탄소 중립 목표)

목표 및 추진 방향

Eco-City, Sponge-City

- 삶의 질(QOL) 제고 관점, TOD*(대중교통중심 개발) * Transit oriented development
- Low impact development 도시계획 기법 활용
 - '45년 이후 도시 인구 감소 전환 추세 반영, 도시용 토지로 전용을 줄이고 토지 집약도를 향상
- 핀테크, IoT 등 포함하는 스마트 시티 기술을 활용하여 도시 효율성을 제고

3차원 토지이용

- 모자이크에서 만화경 토지이용으로 전환
 - (As-Is) 주거, 상업, 업무 시설로 용도지역별 단절
 - (To-Be) Innovation Zone, Lifestyle Zone 등 용도 지역을 포괄하는 토지이용계획 수립
 - * ex. 美 샌프란시스코 토지이용
- Flying Car 등 기술혁신 수단을 도시계획에 반영

대중 교통 중심 개발

- 대중교통 분담률을 높일 수 있는 저영향 개발로 도시의 에너지 효율성 제고
 - 대중교통 체계와 통합된 TOD 개발 방식 채택
 - 도시 통근 시간 단축으로 삶의 질 제고와 에너지 효율성, 온실가스 배출에 긍정적인 영향

재해 방지형 인프라

- 극한 강우에 강한 도시구조의 스펀지 기능 강조
 - 대홍수 주기 단축, 도시가 잠기는 현상 多
 - 강우량을 하수가 아닌 지표면에서 흡수
 - 지표면이 강우의 60%를 흡수하도록 설계
 - : 콘크리트를 he소재로 대체, 강우 투과성을 제고

스마트 기술을 활용한 도시운영

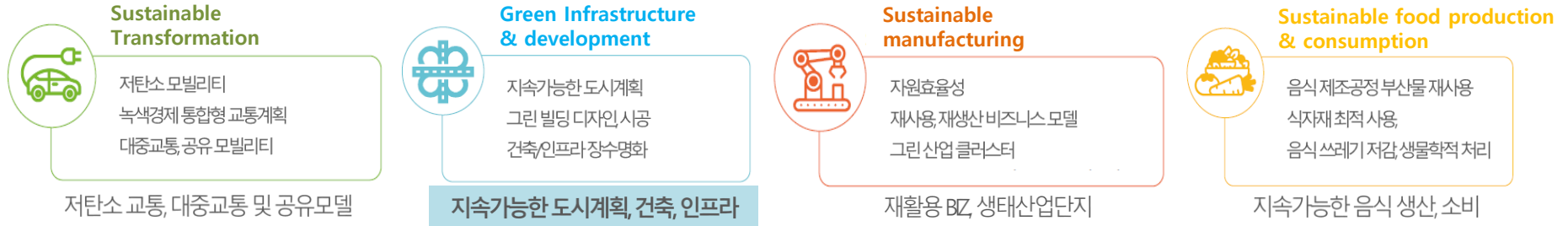
- 스마트 기술을 도시 운영에 통합, 수출로 확대
 - AI, 핀테크, IoT를 활용한 맞춤형 도시문제 해결 모색
 - 정보통신 기술 투자로 '디지털 북경' 기반 조성
 - 스마트 시티에 적용하는 신기술* 수출(ex. 방콕 등)
 - : 도시철도 시스템, 스펀지 시티의 홍수/배수 조절, 에너지 효율성을 높인 제조 공정 및 건축

* 미국은 '21.9월 기후변화 대응과 관련하여 중국에 탄소 배출 정점 시기를 앞당길 것을 요청. 중국은 탄소 배출 감축은 선진국과 개도국 간의 공동의 의무이지만, 차별화된 책임이 부여되어야 한다는 입장. 중장기적으로 재생에너지 비중 확대를 추진하나 단기간 내 의미 있는 전환은 難

2. UAE 두바이

건축물과 건설시공 중심 탄소배출 저감 정책 (2050 탄소 중립 목표)

- 두바이는 순환경제 확산을 위해 4大 부문을 선정, 중점 관리. Green Infrastructure & Development 부문의 세부 내용을 검토하고 정리



목표

- 복합 용도 및 대중 교통 중심 개발로 규모는 작지만 밀도가 높은 강소 도시(Compact City) 로의 발전을 지향
- 도시계획, 건축설계에 순환경제 원칙을 통합: 산업/건축 폐기물 재활용, 친환경 스마트 건축 설계, 수자원 재사용 등

건설자재 친환경화

- 건설 자재의 고강도화, 장수명화
 - 동일한 강도에서 적은 양의 자재 사용을 유도
 - 건축물의 기능 수명을 늘려 폐기물 발생을 절감
- 친환경 측면 다양한 건설 자재 활용을 고려, 더 나은 활용을 촉진
 - 철, 시멘트, 알루미늄, 플라스틱 등
- 비산먼지를 줄여 친환경 현장 전환

폐기물 재사용, 시공 프로세스 혁신

- 건설자재 재사용 및 재활용을 지원하는 프로그램 개발
 - 폐기물 흐름이 가치를 발생시킨다는 인식 제고
 - 폐기물 목표 설정, 재활용 및 에너지 전환을
- 조립 건축, 비현장 시공, 3D Printing의 건설 혁신 프로세스 채택 지원
 - 건설자재 수요와 폐기물 발생을 축소

IT 기술을 활용한 친환경 건축 확산

- 친환경 이익을 달성하기 위한 건축물 개조 및 IT 기반 건축 자동화
 - (BIM) 데이터 기반, 계획, 유지/보수, 철거, 재활용
 - (SENSOR) 에너지 소비, 조명, 습도, 환기 정보 수집
- 순환경제 시스템을 구축하기 위한 디지털 인프라: 스마트 전력량계 & 그리드
 - (가구) 센서를 활용한 전력 사용 정보 수집
 - (도시) 스마트 그리드 통한 실시간 모니터링, 조치

높은 일조량을 활용한 태양광 중심 에너지 전환(2065 탄소 중립 목표)

■ 인구 급증(1950년 3백만명 → '21년 670만명)으로

인한 도시 문제 심화, 해결책 강구 미흡

- [주거 양극화] 인구의 70%가 자발적으로 개발된 교외 지역에 살거나, 도로/수도/전기 인프라가 부족
- [폐쇄적 지형] 북쪽/서쪽은 산악, 남쪽/동쪽은 바다에 접해 있어 도시 확장이 어려운 폐쇄적인 도시 형태

■ Rio Resiliente('14년) 조직을 설립하고

친환경 도시를 지향하는 중장기 전략을 수립

핵심
가치

■ CONNECT, COLLABORATE, CO-BENEFITS

비전

- [EMBRACE OUR WATER] 양질의 수자원 공급
- [BUILD FOR OUR FUTURE] 친환경/무위험 도시
- [EMPOWER OUR PEOPLE] 순환경제 일자리

👉 비전 실현을 위해 6大 부문 목표를 세우고 22개 실행방안을 마련

태양광/매탄가스 중심 에너지 전환

- 리우의 모든 주민이 필요로 하는 에너지의 183%를 충족시킬 수 있는 일조량을 적극 활용
 - 분산형 태양광 발전을 공공 자산 중심에서 혁신적 금융 솔루션을 활용하여 민간으로 확대
- 가정/산업 폐기물 메탄가스를 바이오가스로 전환, 기업에 판매

시범사업 추진과 산업계 인식 전환

- 모든 신축은 높은 환경 효율성 기준을 충족하고, 기존 건축물은 현대화를 권장
- 리우 지방정부는 친환경 건축 표준을 만들고 건설 산업계의 인식 변화에 초점
 - 친환경 건축이 유럽이나 북미 보다 뒤쳐진 시범사업 수준

보건/위생 향상 위한 수자원 관리

- 수자원과 도로 기반시설에 대한 접근성이 부족한 시민들의 충격과 스트레스에서 회복되도록 노력
- 리우의 만성적인 수자원 부족 해결을 위한 방안을 인프라, 건축 설계에 반영
 - 옥상 빗물 저장, 강우 저장 시스템 확보, 수자원 재활용(중수도) 확대

2. 남아프리카공화국 요하네스버그

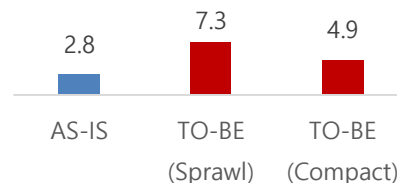
산업화/도시화 확대 속, 건설투자의 친환경성 제고 (2050 탄소 중립 목표)

■ 무분별한 도시 확산이 탄소배출 증가에 가장 큰 영향

- 압축/다핵도시(Compact Polycentric City)를 지향
- 도시 밀도(용적률)를 높이고 위성도시와의 교통 접근성 제고

남아프리카 공화국은 세계에서 12번째 CO₂ 배출 국가
(탄소집약도: 파리, 서울 대비 4~6배)

[Joburg 교통 관련 탄소 배출(MtCO₂)]



- 미래 도시형태와 탄소 배출간의 연관성이 높다는 인식
- 무분별한 도시 확산(Sprawl)으로 인한 과도한 탄소 배출 억제 의지

도시 지향점

친환경성을 접목한 건설투자로 도시의 양적, 질적 성장

Compact city

- 건축밀도, 토지이용 다양성을 높여 에너지 및 기반시설 비용을 저감

Inclusive city

- 인프라 양극화 해소 위한 서비스 제공 및 사회적 혼합 유도

Connected city

- 대중교통 및 ICT 인프라 접근성

Resilient city

- 녹지 보존 및 지속가능한 에너지 확대, 생물다양성 보호

Generative city

- 경제성장과 일자리 창출, 도시의 지속가능성(환경/사회) 강화

건설 투자 확대

■ 건설자원 제약 상황에서, 공공주택 및 인프라 건설의 인허가 대가로 용적률 상향 인센티브

- 건설투자 재원을 확보하면서 도로 에너지 부하 감소를 기대
- 인프라시설 투자로 발생하는 주변 토지 가치의 민관 공유

무동력 모빌리티 인프라

■ 저탄소 경제를 지원하는 스마트 인프라 건설

- 에코 모빌리티의 무동력 운송 수단인 걷기, 자전거 지원 인프라
- 동력 모빌리티는 화석에너지에서 재생에너지 활용으로 전환

폐기물 자원 에너지화

■ 매립지 폐기물 최소화, 폐기물 에너지화 프로젝트,

- 매립지 메탄가스, 폐기물 자원을 에너지로 전환
- 재생에너지로 전환과 에너지 믹스 확대
- '40년까지 요하네스버그 에너지 수요의 절반 이상을 재생e로 전환

세계 도시 유형별로 차별화된 친환경 정책 방향성을 제시

[도시 유형]	에너지	건축	인프라
친환경 선도 Flagship cities 코펜하겐, 싱가포르	■ 신재생에너지 포트폴리오 다각화 - 풍력, 태양광 → 지열, 수소, 바이오메스 - (코) 풍력을 이용한 탄소포집 기술 도입	■ 친환경 민간 건축 건설 활성화 - (코) 태양광 솔루션사와 협력 거버넌스 - (싱) 30년까지 건축의 80%를 친환경화	■ 오염 토양 복원과 그린 인프라 - (싱) 그린 네트워크 조성으로 공원, 녹지의 열흡수 효과 기대
친환경 기술 Incubating cities 시드니, 오사카	■ 화석에너지에서 풍력, 태양광 전환 - 지역 내 환경, 에너지 기업과 협력 플랫폼 - (오) 미개발 에너지 발굴(예 청정수소 생산)	■ 친환경 공공 건축 주도, 건축 개보수 - (시) 친환경 아파트 시범 사업 - (오) 에너지 절약형 건축 개보수	■ 재생에너지 결합 모빌리티 지원 인프라 - (오) 저탄소 모빌리티 도로 설계 * 주행 중 급속충전 등
친환경 기술, 건설 Mixed cities 북경, 두바이	■ 화석에너지+신재생에너지 시범사업 - (두) 에너지 전환 시스템(스마트 그리드), 폐기물 절감 목표 설정, 에너지 전환율	■ 공공 건축 친환경 시공 선도 사업 - (북) 미래 혁신산업을 도시에 반영 - (두) BIM, Sensor 기반 건축 자동화	■ 대중 교통 중심, 재해 방지형 인프라 개발 - (북) TOD 개발로 도심 혼잡도 저감 콘크리트를 투수성 좋은 소재로 대체
도시건설 Driven cities 리우데자네이루, 요하네스버그	■ 현지 여건에 적합한 에너지 전환 정책 - (리) 높은 일조량 활용, 태양광 발전 전환 - (요) 매립지 매탄가스, 폐기물 에너지화	■ 친환경 건축 인식 전환, 주택 부족 해결 - (리) 친환경 건축 표준, 건설산업계 인식 - (요) 건축 인허가와 용적률 상향 반영	■ 수자원 부족 극복, 도로 접근성 제고 - (리) 빗물 하이용 인프라/건축 설계 반영 - (요) 민간 자본 유치로 인프라 양극화 해소

친환경 도시 수요에 대한 이해와 새로운 성장의 길을 모색해야...

- **친환경 도시 건설은 시공 중심의 사업이 아닌 친환경 엔지니어링 비즈니스**
 - 소득이 증가하고 도시화가 심화될수록, 도시의 친환경 수요는 “친환경 선도 flagship cities”, “친환경 기술 Incubating cities”가 표방하는 기술 중심의 엔지니어링 비즈니스 수요로 진화
- **건설기업들은 친환경 비즈니스의 시장 표준이 되기 위한 선제적인 노력 중**
 - 탄소포집, 수소, 풍력, 바이오메스 등의 친환경 EPC는 지금까지와는 다른 새로운 엔지니어링 영역
 - 프랑스 건설기업 Technip은 에너지 전환에 집중, 블루수소/CCUS/그린수소 등 다양한 Biz 전개
 - 석유화학, 철강 등의 기업을 대상으로 재생에너지(풍력 등)를 활용한 그린 암모니아, e-메탄올, 액화수소를 판매
 - 기보유하고 있는 플랜트 프로세스 통합 역량을 기반으로, 수전해 설비 기술을 가지고 있는 기업과 협업하면서 그린수소 프로젝트 표준을 제시하고 발주처가 원하는 토탈 솔루션을 제공
- **기보유한 사업수행 역량과 친환경 기술이 결합된 차별화 포인트 발굴이 필요**
 - 도시 유형별 친환경 비즈니스 기회와 보유 역량을 Mapping한 중장기 방향성 수립
 - 전통 건설 비즈니스 수행 경험과 역량을 활용, 친환경 비즈니스로 역량 Repositioning
(ex. LNG 터미널 → 수소/암모니아 터미널, 가스복합발전 → 수소 혼소발전, 해상교량 → 해상풍력 등)