

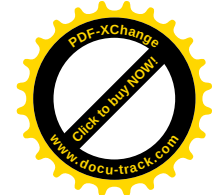
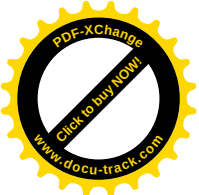


<표지>

(뒷면) (옆면)

(앞면)

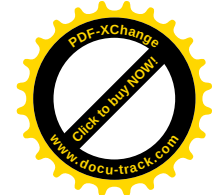
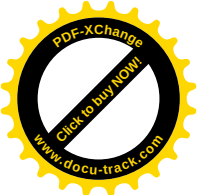
3cm 10 첨단도시 D01-01 4cm Green -up 30 (총괄) 첨단 무탄소도시 조성 기술 기획 보고서 (견고닥 14p) 2011 (견고닥13 p) 5cm 국토해양부 3cm (견고닥 17p)	Land Transport and Maritime R&D Report (견고닥 25p)		첨단도시개발사업 (견고닥13p) 3cm 0.5cm R&D / 10첨단도시D01-01 2.5cm9cm (견고닥31p)5cm [Green-up 30] 첨단 무탄소도시 조성 기술 기획 총괄보고서 (0.1cm) 2011. 06. 20. 0.15cm(견고닥15p) (별색바탕 : C50, M20, Y59, K0) 주관연구기관 / 한국토지주택공사 공동연구기관 / 한국과학기술원 2cm 위탁연구기관 / (주)에코아이 (견고닥 15.5p) (백색바탕) 국토해양부 한국건설교통기술평가원 (견고닥 20p)



<표지- 뒷면>

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 “첨단 무탄소도시 조성 기술 기획” 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 첨단도시 개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.



<제출문>

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "첨단 무탄소도시 조성 기술 기획"과제의 총괄보고서로 제출합니다.

2011. 06.

주관연구기관명 : 한국토지주택공사
주관연구책임자 : 수석연구원 김정곤
연 구 원 : 연구위원 김효진
연 구 원 : 수석연구원 변완희
연 구 원 : 수석연구원 이기홍
연 구 원 : 수석연구원 이미홍
연 구 원 : 수석연구원 이은엽
연 구 원 : 책임연구원 유정현
연 구 원 : 책임연구원 오정익
연 구 원 : 책임연구원 임주호
연 구 원 : 연구원 김유정

공동연구기관명 : 한국과학기술원
공동연구책임자 : 교수 신항식
연 구 원 : 전문교수 장성주
연 구 원 : 전문교수 박지영
연 구 원 : 부교수 여화수
연 구 원 : 부교수 이우진
연 구 원 : 연구원 이중원
연 구 원 : 연구원 유현정
연 구 원 : 연구원 김정은
연 구 원 : 연구원 신은아
연 구 원 : 연구원 성혜연
연 구 원 : 연구원 신성욱

위탁연구기관명 : (주)에코아이
위탁연구책임자 : 대표이사 정재수
연 구 원 : 연구소장 이주봉
연 구 원 : 팀장 이재하
연 구 원 : 주임연구원 박현신
연 구 원 : 주임연구원 박수현
연 구 원 : 위촉연구원 김태은

<보고서 요약서>

보 고 서 요약서

과제고유번호	10첨단도시 D01-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2011.05.02.~ 2011.06.20	단 계 구 분	(3단계)/ (3단계)
연 구 사 업 명		첨단도시개발사업			
연 구 과 제 명	대 과 제 명				
	세부과제명	첨단 무탄소도시 조성 기술 기획			
연 구 책 임 자	수석연구원 김 정 곤	해당단계 참 여 연구원수	총 : 27명 내부 : 10명 외부 : 17명	해당단계 연 구 비	정부 : 150,000천원 기업 : 천원 계 : 150,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 27명 내부 : 10명 외부 : 17명	총연구비	정부 : 150,000천원 기업 : 천원 계 : 150,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국토지주택공사 토지주택연구원		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
공 동 연 구	연구기관명 : 한국과학기술원		연구책임자 : 교수 신항식		
위 탁 연 구	연구기관명 : (주)에코아이		연구책임자 : 대표이사 정재수		
요약				보고서면수	260
본 연구에서는 기후변화와 에너지 위기를 동시에 극복하고 국가 탄소저감 목표를 동시에 해결할 수 있는 도시모델로 Smart Green City 조성을 위한 연구의 목표 및 비전 수립과 이를 실천하기 위한 관련 연구개발에 필요한 융·복합적 연구체계와 연구과제 및 연구개발 운영체계, 연구결과의 실용화와 국제화를 위한 R&D의 체계적 기획을 수행하였다. 기술개발 방향과 중점추진분야를 설정하기 위해 저탄소 사회, 탄소경제 및 산업 등과 관련된 국내외 정책, 경제, 기술 동향 분석, 기술수요 조사 및 예측을 수행하였다. 기후변화와 에너지위기 시대의 도시개발 방향은 자원과 에너지 저감을 위한 정책, 기술, 산업과 연계하고 있으며, 이를 위해서는 융·복합의 R&D					

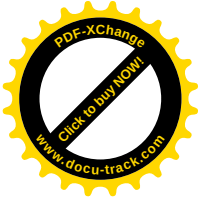


개발을 통해 실증적인 신도시 개발과 기존도시의 전환모델 개발에 대한 필요성이 증가하고 있다.

스마트그린시티 조성 기술개발의 4개 중점추진분야를 ‘탄소저감 도시구축 및 운영기술’, ‘탄소중립도시 성능예측 및 평가모델링 기술’, ‘탄소중립도시 실현을 위한 스마트 그린에너지 시스템 구축’, ‘탄소중립도시 조성 및 비즈니스 모델 개발’로 나누었으며, 중점추진분야별 핵심과제와 하위 세부과제를 기획하고 이들 과제를 추진하기 위한 스마트그린시티 사업단 추진방안을 제안하였다.

사업단의 연구개발 비전은 “2020년 에너지 자립 및 자원 순환형 Smart Green City 구현”으로 설정하고, 에너지 및 탄소 50% 저감의 친환경 자족형 도시 구축 기술 개발, 탄소중립도시 모델 테스트베드 적용과 녹색도시 글로벌 비즈니스 모델 개발을 연구개발 목표로 설정하였다.

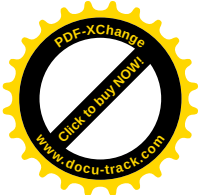
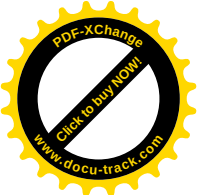
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	탄소중립, 시스템통합, 유연성, 실용화, 세계화
	영 어	Carbon Neutral, System Integration, Flexibility, Commercialization, Globalization



<국문 목차>

목 차

[	]		1
[	]		13
1	연구과제 개요		1
1	Smart Green City 계획연구의 개요		1
1.	계획연구 추진배경		1
2.	계획연구 필요성		3
2	기술개발 전략 수립		7
1	계획 필요성		7
1.	계획 배경		7
2.	계획 목적 및 추진방향		9
2	국내외 동향 및 환경분석		12
1.	국내외 정책동향 및 분석		12
2.	국내외 경제동향 및 분석		23
3.	국내외 기술개발 동향조사 및 분석		31
4.	기술개발을 위한 인프라 및 기반 역량 분석		83
3	기술수요 및 예측		88
1.	기술수요조사 및 결과		88
2.	기술예측조사 및 결과		96
4	기술개발 방향 설정		112
1.	분석결과 종합		112
2.	중점추진분야 설정		120
3.	중점추진분야별 기술발전단계		130
5	이전 및 목표 수립		131
1.	이전 및 목표		131



2.	기술개발에 따른 미래상	132
6	정보과제 도출 및 정의	133
3	연구개발과제 추진체계	136
1	기획대상과제 선정결과	136
2	기획대상과제 조정결과	137
3	연구개발과제 추진체계	141
4	연구개발과제 주요내용 및 기대효과	142
1	연구개발과제 주요내용	142
2	연구개발과제 성과활용방안	145
3	기대효과	149
5	연구개발과제 소요예산	152

[] 정보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드

(1) Smart Green City 사업단 보고서

<국문 요약서>

요 약 문

1. 연구과제의 개요

- : 기후변화와 에너지 문제 대응 정부의 녹색성장과 탄소배출 저감정책을 'Green-up 30' R&D 계획연구임
- : 기후에너지 시대의 도시 경쟁력은 화석연료 의존 도시에서 탈화석에너지 , 이러한 도시를 조성하기 위해서 R&D 개발과 추진체계가 마련되어야 함



2. 기술개발 전략 수립

- : 기후변화와 에너지 위기를 동시에 극복하고 국가 탄소저감 목표를 동시에 해결 (Carbon Neutral City) 100% 구현하기 Smart Green City 100% 대한 개념 및 방향 설정이 필요함
- Smart Green City 100% 성을 위한 연구의 목표 및 비전 수립과 이를 실천하기 위한 100% 연구개발에 필요한 융·복합적 연구체계와 연구과제 및 연구개발 운영체계, R&D 100% 체계적 기획이 필요함
- : , 기술 동향 분석 실시
- : 기후변화와 에너지 위기 시대의 기존도시의 문제와 신도시 R&D , , R&D , 이와 연계한 실증적인 신도시 개발과

1존도시의 전환모델 개발에 대한 욕구가 증가하고 있음

- : 1존도시

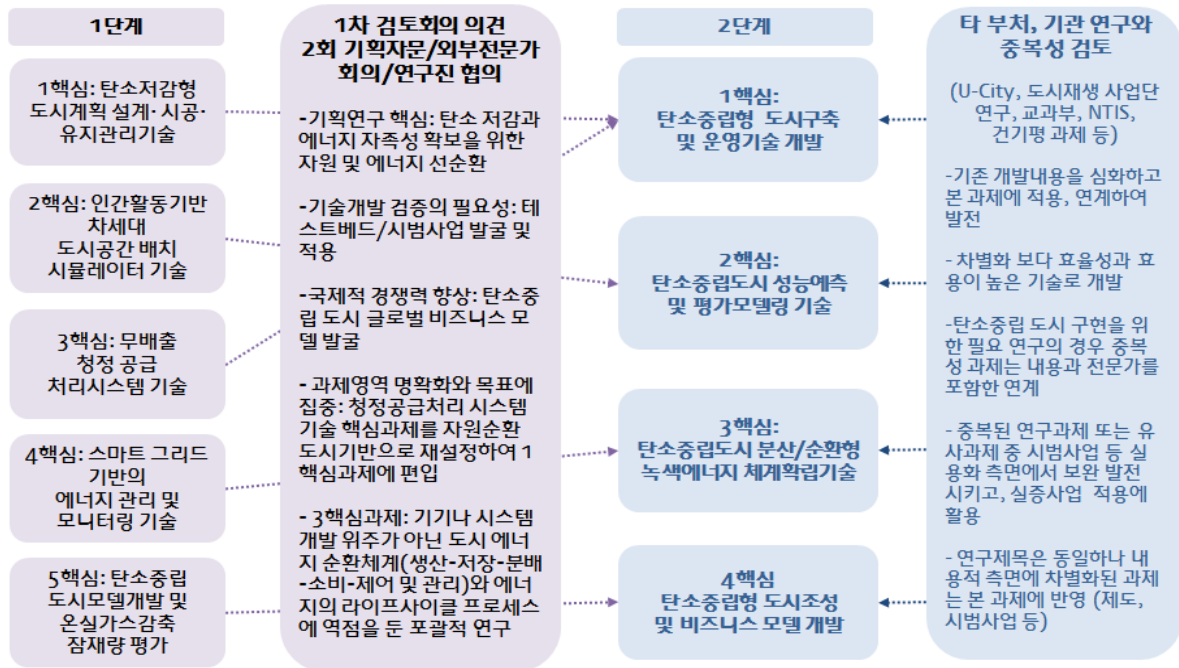
메가트렌드		도시부문의 변화	Smart Green City 영향
인구	저출산·인구감소	- 대규모 신도시 개발수요 감소와 노후주택 증가	- Compact, 기능복합 모델 개발 - 인구사회구조를 반영한 도시개발 모델 발굴
	가구증가	- 다양한 평형의 맞춤형 주택공급 필요성 증대	
	고령화	- 높은 접근성, 편의성 입지지역의 도시재생 수요 증가 - 고령화 대응 주거공간 및 시설계획의 중요성 증가	
산업 기술	첨단화·기술혁신	- 에너지 저감형 도시재생 R&D 확대	- 융·복합화 기술 기반 탈화석 에너지 도시조성을 위한 도시 모델 개발 및 유형별 조성기법 발굴
	융·복합화 확대	- 기능·밀도 복합건물과 기능형 도시재생모델 증가	
	정보혁명	- 지상, 지중을 활용한 입체형 도시재생사업 확대 - 직주일체형 재생모델 수요 증가	
환경	에너지·자원부족	- 에너지 순환과 하비스트형 도심재생사업 확산	- Circular metabolism city조성 - 기후변화 대응 체계 구축을 위한 도시조성 기술 개발
	기후변화	- 기후변화 적응에 대한 도시기반 시설 개선 - 도시농업(urban farm) 활성화	
사회 문화	삶의 질 중시	- 공동화, 거주환경 악화 대응 도시재생 전략 중요	- 다양한 사회계층과 에너지 소비 유형을 고려한 도시조성 - 삶의 질과 녹색생활을 연계한 건강 도시조성
	개인주의와 다양성 증가	- 인간행태 반영 도시조성 요구 증가	
	노동유연화	- 사회적 기능과 물리적 도시공간의 불균형에 대한 해결방안 시급	

- : 1도시

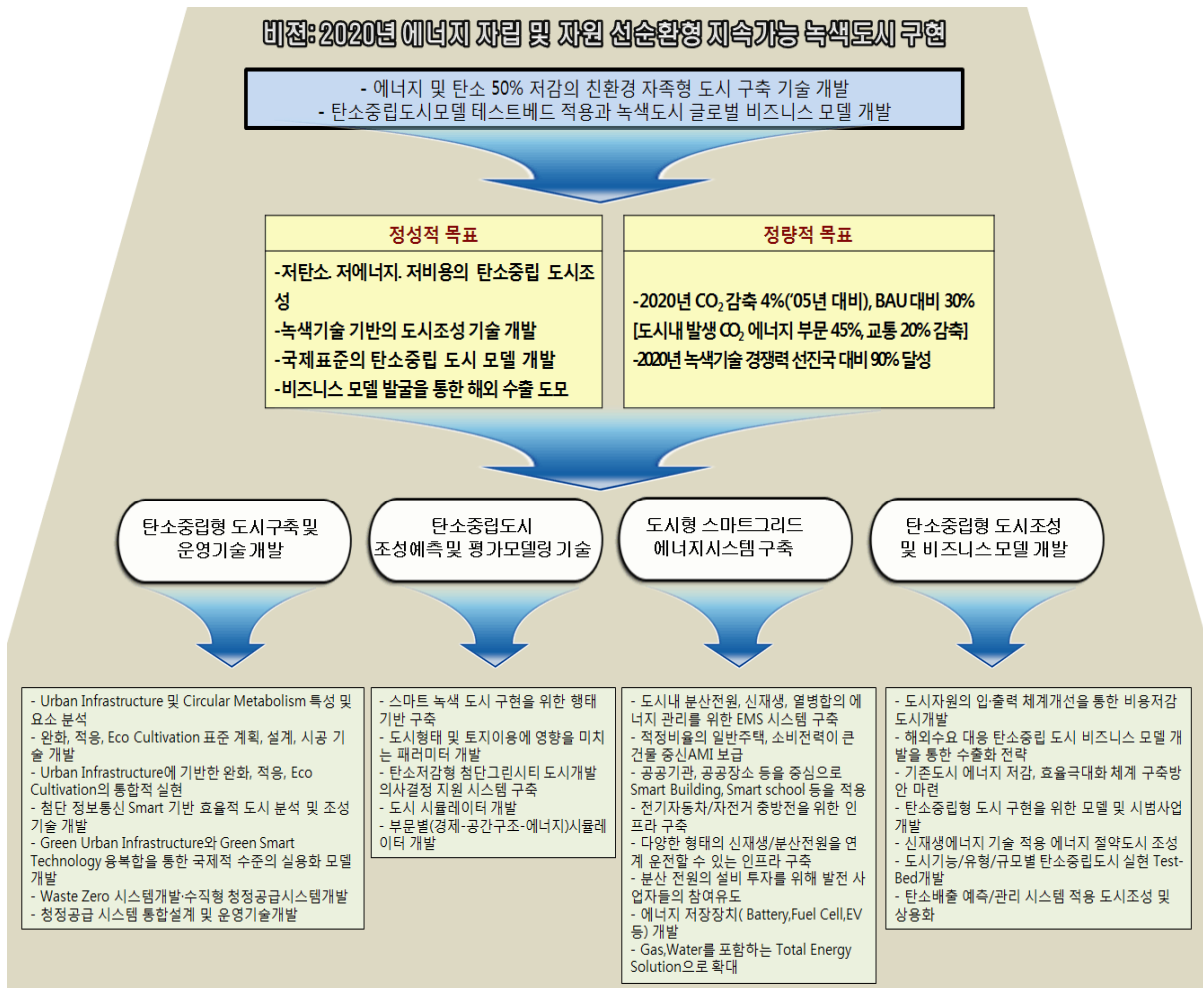
메가트렌드		도시부문의 변화	Smart Green City도시 영향
인구	저출산·인구감소	- 대규모 신도시개발 수요 감소	- 신·구도시를 연계한 기능복합 도시개발 - 도시개발 유형별 모델 개발 필요
	가구증가	- 가구증가에 따른 주택 등 신개발수요와 고령친화 개발모델 수요 증가 예상	
	고령화		
산업 기술	첨단화·기술혁신	- IT, 융·복합기술, 디지털네트워크 기술을 적용한 도시개발, 관리 수요의 증대	- 기술적용을 위한 융·복합화 필요 - 녹색기술 기반의 도시생애주기를 고려한 적용기술 개발
	융·복합화 확대		
	정보혁명		
환경	에너지·자원부족	- 탄소·에너지 저감 도시개발사업 증대	- 에너지, 자원 저감형 도시개발 - 기후변화 대응체계를 적용한 도시조성
	기후변화	- 기후변화대응 도시개발 요구 증대	
사회 문화	삶의 질 중시	- 대규모 신도시 개발수요 감소	- 기존도시 전환과 연계한 신도시 모델 발굴 - 시간과 공간, 기능복합을 고려한 지속가능한 도시유형 개발
	개인주의와 욕구의다양화	- 친환경 여가공간과 복합공간 개발수요 증대	
	노동유연화		

- : 1 5 } 중점추진분야
(, 1간활동기반 차세대 도시공간 , 스마트 그리드기반의 , 1소중립도시 모델 개발 및 온실가스 감축 및 잠재) , 1 , 1부처와 기관연구와 4 (, 1소중 , 1소중립도시 실현을 위한 스마트 그린에너지

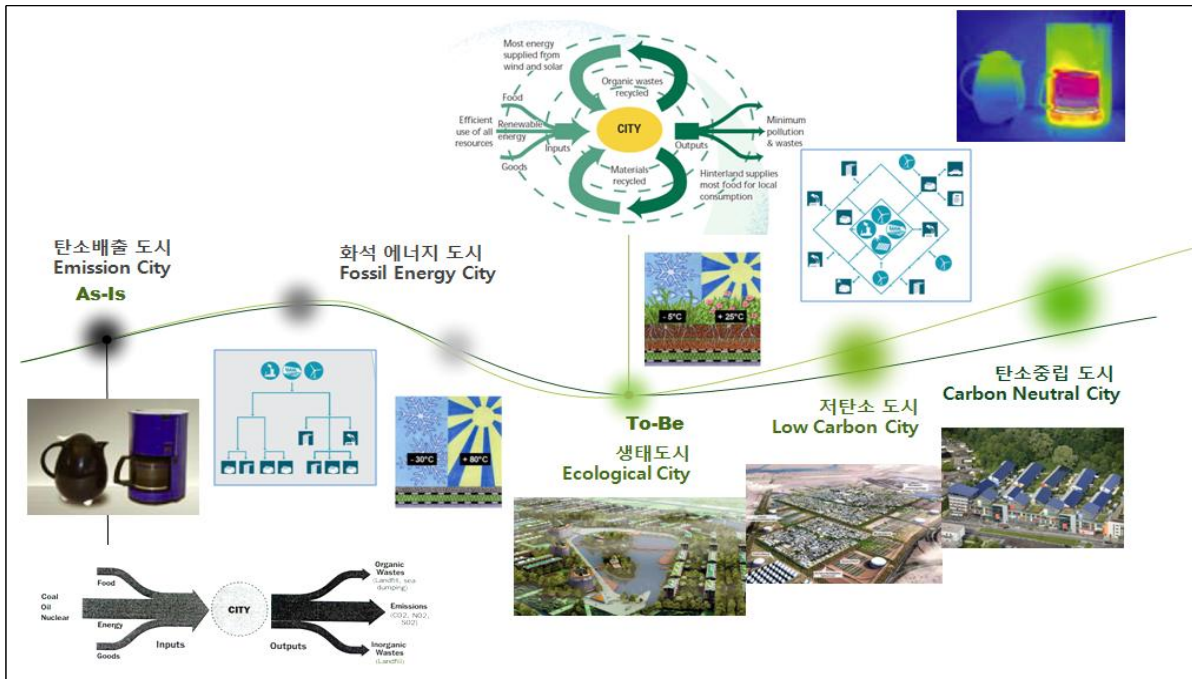
) 3 재설정 함



- 1전 및 목표



- 기술개발에 따른 미래상



3. 1구개발과제 추진체계

- 1획대상과제 선정결과

연번	과제명	제안기관	비고
1	· 지역특성 및 폐기물 성상을 고려한 청정 폐기물 에너지화 기술 · 도시내 폐기물에너지 순환 공급망 구축 설계 기술	· 고려대 · 고려대	통합필요
2	· 탄소저감형 이송기술 및 인공지능형 선별/집하시스템 개발	· 고려대	
3	· 도시 및 지속가능성 시뮬레이션 기술 · 도시녹색성능평가 시뮬레이션 기술 · 첨단도시 탄소관리 (Carbon Management) 시뮬레이션 개발 · 도시 공간 시뮬레이션 기술 · 통행 활동별 탄소배출량 산출 기술 · 일체적 탄소저감 성능평가기법 및 유지관리 기술개발 · 탄소배출 종합관리 시스템 기술패키지 및 사업화전략 · 도시부 도로 탄소관리 시스템 개발 · 도시공간배치 시뮬레이션 기술	· LH · LH · 고려대 · LH · 고려대 · 고려대 · LH · 고려대 · 고려대	통합필요
4	· 탄소중립형 도시에너지 종합관리시스템 구축 기술 · 도시 녹색에너지 소비 시스템 구축 기술 · 도시 녹색에너지 생산 시스템 구축 기술 · 도시 녹색에너지 분배 시스템 구축 기술 · 도시 녹색에너지 저장 시스템 구축 기술 · 에너지 수요예측 및 부하관리 기술 개발	· LH · LH · LH · LH · LH · 고려대	통합필요
5	· 탄소중립형 기존도시 전환 모델 개발 및 적용	· LH	
6	· 에너지설비의 스마트그리드 대응 Auto DR 기술 개발 · 마이크로그리드 단위 에너지 Sharing 기술 개발	· 고려대 · 고려대	통합필요
7	· 탄소중립도시 자원 순환체계 구축기술 · 자원순환형 자립화 평가시스템 개발	· LH · 고려대	

8	· 탄소중립도시 조성(관련) 제도 및 정책 개발 · 무탄소도시 계획 · 설계 기준 제안 및 관련 기준 적용을 위한 법 · 제도 개선	· LH · 고려대	통합필요
9	· 관리 및 압착 기능을 가진 탄소저감형 폐기물회수시스템 개발	· 고려대	
10	· 탄소중립형 도시 공간 구축 기술 · 탄소중립형 라이프스타일 및 운영시나리오 개발	· LH · LH	통합필요
11	· 탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	· LH	
12	· 탄소중립형 도시교통 및 보행체계 구축 기술 · 도시보행 및 교통 시뮬레이션 기술 · GIS기반 도시교통 시나리오 구현 및 평가시스템 개발	· LH · LH · 고려대	통합필요
13	· 탄소중립도시 청정환경 체계 구축 기술 · 도시계획 연계형 무탄소도시 CDM 개발	· LH · 고려대	통합필요
14	· 도시 활동별 토지이용을 고려한 통행체인 및 스케줄링 예측기술	· 고려대	
15	· 탄소중립형 도시시설 시공 기술 · 탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	· LH · LH	

- 기획대상과제 조정결과

연 번	기존과제		조정결과			조정사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제 성격	예산 (백만원)	
10	탄소중립형 도시 공간 구축 기술	정부 7,500	1.1 탄소중립형 도시 공간 구축 기술	응용	총 7,500 : 정부 6,250 : 민간 1,250	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 통 합하되, 도시공간 구축단계에 서 CDM의 내용이 반영될수 있도록, 연번 13에서 CDM관 련과제를 분리하여 연번 10번 과 통합함
	탄소중립형 라이프스타일 및 운영시나리오 개발	정부 4,000				
13	도시계획 연계형 무탄소도시 CDM 개발	(고려대) 정부 1,180				
1	도시내 폐기물에너지 순환 공급망 구축 설계 기술	(고려대) 총 1,350 :정부 1,000 :민간 350	1.2 청정환경 및 자원순환시설 구축기술	응용	총 7,000 : 정부 5,800 : 민간 1,200	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 과 제를 통합하되, 폐기물의 효 율적, 친환경적 처리와 자원 순환시설 구축에 관련된 여러 과제를 각 연번으로부터 분리 하여 통합함
2	탄소저감형 이송기술 및 인공지능형 선별/집하시스템 개발	(고려대) 총 2,000 :정부 1,500 :민간 500				
7	탄소중립도시 자원 순환체계 구축기술	정부 5,000				
	자원순환형 자립화 평가시스템 개발	(고려대) 정부 1,500				
9	관리 및 압착 기능을 가진 탄소저감형 폐기물회수시스템 개발	(고려대) 총 1,350 :정부 1,000 :민간 350				
13	탄소중립도시 청정환경 체계 구축 기술	정부 5,000				

3	도시부 도로 탄소관리 시스템 개발	(고려대) 정부 5,000	1.3 탄소중립형 도시교통 및 보행시설 구축 기술	응용	총 6,000 : 정부 5,000 : 민간 1,000	과제통합 · 도시교통과 보행시설에 관한 연구를 따로 분리하여 구성. 연번 3과 12에서 분리하여 통합함
12	탄소중립형 도시교통 및 보행체계 구축 기술	정부 4,500				
8	탄소중립도시 조성(관련) 제도 및 정책 개발	정부 500	1.4 탄소중립도시 조성 관련 제도 및 정책 개발	정책	총 5,500 : 정부 4,550 : 민간 950	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 과제통합
	무탄소도시 계획·설계 기준 제안 및 관련 기준 적용을 위한 법·제도 개선	(고려대) 정부 2,000				
3	도시 공간 시뮬레이션 기술	정부 3,000	2.1 도시공간 및 토지이용 시뮬레이션 기술	기초	총 4,000 : 정부 3,300 : 민간 700	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 통합하되, 연번 3에서 도시공간 시뮬레이션에 관련된 과제만 분리하여 통합
	도시공간배치 시뮬레이션 기술	(고려대) 정부 3,000				
3	통행 활동별 탄소배출량 산출 기술	(고려대) 총 3,000 : 정부 2,000 : 민간 1,000	2.2 녹색도시 교통시뮬레이션 기술	기초	총 3,500 : 정부 2,900 : 민간 600	과제 통합 · 검토위원회의 의견에 따라 통합하되, 교통 시설에 관련된 부분은 1.3 에 통합하고, 교통 시뮬레이션 관련된 과제를 여러 연번에서 분리하여 통합함
12	도시보행 및 교통 시뮬레이션 기술	정부 3,000				
	GIS기반 도시교통 시나리오 구현 및 평가시스템 개발	(고려대) 민간 2,000				
14	도시 활동별 토지이용을 고려한 통행체인 및 스케줄링 예측기술	(고려대) 민간 1,000				
3	일체적 탄소저감 성능평가기법 및 유지관리 기술개발	(고려대) 정부 5,000	2.3 도시 탄소배출 관리 기술 개발	기초	총 4,500 : 정부 3,750 : 민간 750	· 도시 탄소배출 관리기술을 따로 구성하기 위해 연번3에서 분리하여 구성
3	탄소배출 종합관리 시스템 기술패키지 및 사업화전략	정부 5,000	2.4 도시 지속가능성 평가 시뮬레이션 기술	기초	총 3,000 : 정부 2,500 : 민간 500	과제통합 · 연번 3에서 기존 두 기관에서 제안한 과제들의 중복을 제거하고, 지속가능성 평가시뮬레이션 기술과 관련된 과제만을 분리하여 통합함
	도시 및 지속가능성 시뮬레이션 기술	정부 3,000				
	도시녹색성능평가 시뮬레이션 기술	정부 4,500				
	첨단도시 탄소관리 (Carbon Management) 시뮬레이션 개발	(고려대) 총 4,700 : 정부 3,600 : 민간 1,100				
1	지역특성 및 폐기물 성상을 고려한 청정 폐기물 에너지화 기술	(고려대) 총 2,000 : 정부 1,500 : 민간 500	3.1 도시 청정에너지 생산 기술 개발	응용	총 6,500 : 정부 5,400 : 민간 1,100	과제통합 · 기존 타 부처 스마트그리드관련 과제와의 중복을 피하기 위해 2핵심 과제의 체계를 도시에너지의 생산-저장 및 분

4	도시 녹색에너지 생산 시스템 구축 기술	정부 2,500				배 - 최적화, 종합관리, 4개로 구성함 · 검토위원회의 의견에 따라 과제를 통합하되, 이 구성에 맞게 재조합했음 · 에너지 생산에 관련된 내용을 연번 1과 연번 4에서 분리하여 통합
4	도시 녹색에너지 분배 시스템 구축 기술	정부 5,000	3.2 도시 녹색 에너지 저장 및 분배 기술 개발	응용	총 4,500 : 정부 3,750 : 민간 750	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 과제를 통합하되 연번 4에서 도시에너지저장과 분배에 관련된 내용을 통합
	도시 녹색에너지 저장 시스템 구축 기술	정부 2,500				
4	도시 녹색에너지 소비 시스템 구축 기술	정부 2,500	3.3 도시 녹색 에너지 소비 최적화 시스템 개발	응용	총 5,000 : 정부 4,100 : 민간 900	
4	탄소중립형 도시에너지 종합관리시스템 구축 기술	정부 5,000	3.4 탄소중립도시 에너지 종합관리시스템 개발	응용	총 6,000 : 정부 5,000 : 민간 1,000	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 통합하되 연번 4에서 에너지 종합관리시스템에 관련된 모두 과제를 분리하여 연번 6과 통합
	에너지 수요예측 및 부하관리 기술 개발	(고려대) 총 3,000 :정부 2,250 :민간 750				
6	에너지설비의 스마트그리드 대응 Auto DR 기술 개발	(고려대) 총 3,000 :정부 2,250 :민간 750				
	마이크로그리드 단위 에너지 Sharing 기술	(고려대) 총 3,000 :정부 2,250 :민간 750				
5	탄소중립형 기존도시 전환 모델 개발 및 적용	총 5,000 :정부 3,700 :민간 1,300	4.1 탄소중립형 기존도시전환 모델 개발 및 테스트베드 적용	실용화	총 4,500 : 정부 3,750 : 민간 750	· 검토위원회의 의견에 따라 기존의 틀을 유지
15	탄소중립형 도시시설 시공 기술	정부 1,500	4.2 탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	실용화	총 5,000 : 정부 4,100 : 민간 900	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 과제 통합
	탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	총 4,700 :정부 3,500 :민간 1,200				
11	탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	총 5,000 :정부 3,700 :민간 1,300	4.3 탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	실용화	총 4,000 : 정부 3,300 : 민간 700	· 검토위원회의 의견에 따라 기존의 틀을 유지

- 연구개발과제 추진체계

사업단	핵심과제	세부과제
스마트 그린시티 사업단 - 저탄소, 저에너지, 저비용의 탄소중립 도시 조성을 위한 통합계획체계 - 환경용량을 고려한 탄소중립도시 인프라 조성기술	1 핵심 탄소저감 도시 구축 및 운영기술 · 탄소배출량을 30%이상 저감할 수 있는 도시구축 및 도시 운영기술의 개발	1.1 탄소중립형 도시 공간 구축 기술 1.2 청정환경 및 자원순환 시설 구축기술 1.3 탄소중립형 도시교통 및 보행시설 구축 기술 1.4 탄소중립도시 조성관련 제도 및 정책 개발
	2 핵심 탄소중립도시 시뮬레이션 및 관리 기술 · 탄소중립도시를 구축하기 위해 도시 수준에서 탄소발생, 에너지 순환 및 지속가능성을 예측, 평가하고, 이를 시뮬레이션 하는 세계수준의 실용화된 통합 시뮬레이션 기술의 개발	2.1 도시 공간 및 토지이용 시뮬레이션 기술 2.2 녹색도시 교통 시뮬레이션 기술 2.3 도시 탄소배출 관리 기술 개발 2.4 도시 지속가능성 평가 시뮬레이션 기술
	3 핵심 탄소중립도시 녹색에너지 체계 구축 기술 · 스마트그린도시 내 신재생에너지와 청정에너지를 활용한 분산적 에너지 생산, 공급, 분배, 관리(체계) 구축 기술 개발	3.1 도시 청정에너지 생산 기술 개발 3.2 도시 녹색 에너지 저장 및 분배 기술 개발 3.3 도시 녹색 에너지 소비 최적화 시스템 개발 3.4 탄소중립도시 에너지 종합관리시스템 개발
	4 핵심 탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델 개발 · 2020년 BAU 대비 이산화탄소 20% 저감을 목표로 기존도시의 자원소비형 확산구조를 탄소중립형 순환구조로 전환하는 도시계획시스템을 개발하고 시행전략을 통해 테스트베드에 적용	4.1 탄소중립형 기존도시전환 모델개발 및 테스트베드 적용 기술 4.2 탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업 4.3 탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발

4. 연구개발과제 주요내용

연구 과제명	스마트그린시티 구축 기술 개발
1. 연구개발목표	- 탄소배출량을 30%이상 저감할 수 있는 도시구축 및 도시 운영기술의 개발 - 탄소중립도시를 구축하기 위해 도시 수준에서 탄소발생, 에너지 순환 및 지속가능성을 예측, 평가하고, 이를 시물레이션 하는 세계수준의 실용화된 통합 시물레이션 기술의 개발. - 스마트그린도시 내 신재생에너지와 청정에너지를 활용한 분산적 에너지 생산, 공급, 분배, 관리(체계) 구축 기술 개발 2020년 BAU 대비 이산화탄소 20% 저감을 목표로 기존도시의 자원소비형 확산 구조를 탄소중립형 순환구조로 전환하는 도시계획시스템을 개발하고 시행전략을 통해 테스트베드에 적용
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
연구개발의 필요성	- 아시아 지역의 급격한 도시화로 인하여 에너지 사용의 폭발적인 증가와 온실가스 농도의 지속적인 증가가 예상되어 녹색도시 건설에 대한 시대적인 요구가 증가하고 있으나, 그에 대한 도시차원의 저감 및 운영기술은 많이 부족한 실정임. - 전세계적인 온실가스 배출량 감축규제와 고유가 추세 대응하기 위한 중요 대책 중 하나로 에너지 효율증대가 제시됨 - 탄소배출을 고려하지 않은 기존도시의 구조 및 기능변환을 통해 미래도시개발 방향 및 탄소배출 저감형 도시구조를 설정하고 이를 위한 이산화탄소 배출저감 기술 개발하고, 2020년 BAU 대비 20% 이산화탄소 배출저감 목표달성에 동참함으로써 온실가스 의무감축국으로써 의무수행에 기여 - 국가 비전 및 통합적 기후변화 대응 : 완화, 적응, 공동체 조성의 통합적 기후변화 대응을 위한 세계 최초의 도시 모델 개발 및 시범사업 실시를 통한 세계적 선도 녹색 도시 조성, 탄소중립형 도시개발 모델의 해외수출을 통해 경제적 효과와 국가 위상제고에 기여함으로써 국가 경쟁력 전반에 큰 영향
기술동향	- 지속가능한 도시 구축을 위하여 마스다르 등의 도시는 전기차 중심의 친환경 교통시스템을 구축하여, 도시 내 온실가스 배출을 감축하려는 시도를 하고 있으며, 도시계획 부분과 연관되어 대중교통중심 도시개발 (TOD) 등의 방법론들이 전세계적으로 광범위하게 응용되고 있음. - 탄소중립형 지속가능한 도시의 운영과 관련하여 U-City 사업단이나 도시재생 사업단에서 첨단그린시티의 효율적이며 친환경적인 운영모델과 시스템이 개발된 바 있으나 이의 구현을 위해서는 지속적이고 추가적인 연구가 필요. - 선진국의 경우 도시차원에서 지속가능성을 제고하기 위하여, 토지이용 및 공간구조 통합모델을 활발히 연구하고 있고, 다양한 지속가능성 평가방법론들이 연구중임. 국내의 경우 도시계획 수립에 온실가스 배출량 예측과 잠재력을 통합적으로 평가할 수 있는 공간구조 및 토지이용, 공간배치모형 관련기술의 개발이 필요하나, 예측, 평가, 시물레이션 등의 체계적인 연구가 부족함. 2030년까지 국가단위 스마트그리드 구축을 목표로 기술개발사업이 추진 중이며, 2012년까지 모든 전력사용자들에게 디지털 계량기를 보급하고 전력사용량 정보를 제공하여 2030년까지 국가단위 지능형 송배전시스템을 구축해 에너지 통합 스마트그리드 완성 예정 - 덴마크 Thisted, Vestenskov, 네덜란드 Amsterdam, 스페인의 Malaga, 미국 Boulder 등지에서 개별 프로젝트 중심의 Smart Grid City 연구 진행 중 - 국내의 친환경 생태적 공간실현 요소기술의 융합 및 통합화 기술은 선진국 대비 20~30%에 불과하며, 녹색도시 분야의 계획설계, 시공기술은 선진국의 50%, 전문인력은 50% 수준임 - 녹색 요소 기술의 발달 : 우리나라 에너지·자원 분야의 기술 수준은 세계 최고 기술보유국의 기술수준을 100%로 할 때, 69.5%로 기술 격차는 6.6년으로 평가됨. 국내 환경산업 종합기술수준은 선진국 대비 77% 수준(2010년 기준)으로 선진국에 도달하기 위해서는 약 6년 정도의 기간이 필요 - 우리나라는 전반적 과학기술과 환경경영 분야의 강점이 있으나 선진국 대비 50~70%의 탄소배출 관련 기술 수준만 확보하고 있음

3. 연구개발 내용	■ 핵심과제 1 : 탄소저감 도시구축 및 운영 기술 - 연구개발 필요성 ○ 아시아 지역의 급격한 도시화 추세로 인하여 에너지 사용의 폭발적인 증가와 온실가스 농도의 지속적인 증가가 예상되어 녹색도시 건설에 대한 시대적인 요구가 증가하고 있으나, 그에 대한 도시차원의 저감 및 운영기술은 많이 부족한 실정임. - 연구개발 내용 ○ 탄소중립형 도시공간 구축 기술 ○ 청정환경 및 자원순환 시설 구축기술 ○ 탄소중립형 도시교통 및 보행시설 구축 기술 ○ 탄소중립도시 조성관련 제도 및 정책 개발 ■ 핵심과제 2 : 탄소중립도시 시뮬레이션 및 관리 기술 - 연구개발 필요성 ○ 지속가능한 도시 구현을 위하여 도시의 탄소배출 및 지속가능성을 종합적으로 평가하고 예측하는 기술이 절실히 필요하나, 현재는 국산 시뮬레이션 기술이 전무하여, 이를 시급히 개발할 필요가 있음. - 연구개발 내용 ○ 도시공간 및 토지이용 시뮬레이션 기술 ○ 녹색도시 교통 시뮬레이션 기술 ○ 도시 탄소배출 관리 기술 개발 ○ 도시 지속가능성 평가 시뮬레이션 기술 개발 ■ 핵심과제 3 : 탄소중립도시 녹색에너지 체계 구축 기술 - 연구개발 필요성 ○ 도시에서의 에너지 이용효율 극대화를 위해서는 도시내에서 도입될 다양한 에너지원의 생산패턴과 저장용량, 소비자의 이용패턴을 분석하여 이를 통합적으로 분석하고, 관리할 수 있는 시스템이 필요하며, 이를 위해서는 기존 전력중심의 분산형 EMS에 Gas, Heat등의 에너지원까지 통합적으로 관리 운영할 수 있는 기술과 시스템 개발이 필요. - 연구개발 내용 ○ 도시 청정에너지 생산 기술 개발 ○ 도시 녹색에너지 저장 및 분배 기술 개발 ○ 도시 녹색에너지 소비 최적화 시스템 개발 ○ 탄소중립도시 녹색에너지 종합관리시스템 개발 ■ 핵심과제 4 :탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델 개발 - 연구개발 필요성 ○ 테스트베드를 통하여 녹색건설시장 주도하고, 기존 도시 건설기술을 탄소중립형 신도시 건설기술로 전환하기 위해서는 요소기술, 기반시설, 소재, 시스템 기술, Test-bed 구축 및 법제도 확립 등 종합적인 대책이 요구되며 이를 도시에 통합적으로 적용하고 온실가스 저감 효과 및 경제성 검증을 위해서는 시범사업이 필요함 - 연구개발 내용 ○ 탄소중립형 기존도시전환 모델개발 및 테스트베드 적용 기술 ○ 탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업 ○ 탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발
4. 연구개발 추진방법	■ 테스트베드를 고려한 기술 개발 ■ 해외수출을 고려하여 다양한 환경에서 적용가능한 기술을 개발 ■ 유사연구 수행경험이 풍부한 해외 연구기관과의 협력 관계를 추진하고 전문 소프트웨어 개발 업체의 참여를 유도하여 시뮬레이터의 활용성과 전문성을 확보하고 실용화 가능한 소프트웨어 개발 ■ 기존도시의 탄소배출을 저감시키는 도시계획 방안을 제시하고 탄소중립형 도시조성 위한 중·장기적 도시개발 전략의 추진 및 수용여건 검토
추진전략	

	▪ LH공사 토지주택 연구원, 한국에너지 기술연구소 등 공공연구기관과 관련기술을 확보한 민간건설기업 및 도시환경엔지니어링의 공동연구 추진 ▪ 국토해양부 첨단도시재생 연구와 첨단에너지 관련 연구 연계성 확보 및 사업화 방안 도출 ▪ 탄소중립형 기존도시 전환모델 개발을 위한 도시, 교통, 경제 등 분야 간 융·복합 기술개발
추진체계	▪ 도시재생사업단, U-ECO CITY사업단 등에서 진행 중인 탄소 저감 및 완화, 도시재생, 대중교통 활성화, 스마트 빌딩 등에 대한 연구와 병행하여 진행 ▪ 산·학·연 협력 연구를 통한 탄소중립형 신도시 건설 융·복합 기술 개발 ▪ 지경부, 환경부, 교과부, 국가과학기술위원회 등 타 정부부처가 시행하고 있는 관련 기술 연구의 연계성 확보 및 사업화 방안 도출 ▪ 저탄소 교통기술, 2차 전지기술, 신재생 대체에너지 개발기업 참여 촉진 ▪ 해외 기관과 협력 및 공동 연구 개발
5. 최종 성과물	
주요 성과물	▪ 탄소중립형 라이프스타일과 운영 시나리오에 기반을 둔 탄소중립형 도시 구축기술 및 운영기술의 특허 확보 ▪ 탄소중립도시 조성을 위한 관련 법·제도 정비 및 개선방안 ▪ 탄소중립도시 평가기준과 인증제도 지침 및 제도 구축 방안 ▪ 도시 지속가능성 평가 시뮬레이션 프로그램 ▪ 녹색도시 교통시뮬레이션 프로그램 ▪ 탄소종합관리 시스템 프로그램 구축 ▪ 탄소중립도시 에너지 종합관리시스템 ▪ 테스트베드 사업지역 탄소중립형 개발전략 적용 보고서 ▪ 탄소중립형 신도시 조성 적용기술서, 보고서, 가이드라인 ▪ 탄소중립형 신도시 조성 시범사업 매뉴얼 ▪ 탄소중립도시 비즈니스 매뉴얼 및 모델개발
6. 연구기간 및 지원예산	▪ 총 연구기간 : 2012 년 1 월 1 일 ~ 2016 년 12 월 31일 ▪ 연구비 예산 : 총 76,500백만원(정부 : 63,450백만원, 민간 : 13,050백만원)
7. 기타	

5. 연구개발과제 소요예산

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
사업단 총괄	11,090	2,270	13,885	2,860	13,870	2,855	13,855	2,850	10,750	2,215	63,450	13,050
1핵심과제	4,320	880	4,320	880	4,320	880	4,320	880	4,320	880	21,600	4,400
1세부과제	1,250	250	1,250	250	1,250	250	1,250	250	1,250	250	6,250	1,250
2세부과제	1,160	240	1,160	240	1,160	240	1,160	240	1,160	240	5,800	1,200
3세부과제	1,000	200	1,000	200	1,000	200	1,000	200	1,000	200	5,000	1,000
4세부과제	910	190	910	190	910	190	910	190	910	190	4,550	950

2핵심과제	3,120	640	3,120	640	3,105	635	3,105	635	0	0	12,450	2,550
1세부과제	825	175	825	175	825	175	825	175	0	0	3,300	700
2세부과제	725	150	725	150	725	150	725	150	0	0	2,900	600
3세부과제	945	190	945	190	930	185	930	185	0	0	3,750	750
4세부과제	625	125	625	125	625	125	625	125	0	0	2,500	500
3핵심과제	3,650	750	3,650	750	3,650	750	3,650	750	3,650	750	18,250	3,750
1세부과제	1,080	220	1,080	220	1,080	220	1,080	220	1,080	220	5,400	1,100
2세부과제	750	150	750	150	750	150	750	150	750	150	3,750	750
3세부과제	820	180	820	180	820	180	820	180	820	180	4,100	900
4세부과제	1,000	200	1,000	200	1,000	200	1,000	200	1,000	200	5,000	1,000
4핵심과제	0	0	2,795	590	2,795	590	2,780	585	2,780	585	11,150	2,350
1세부과제	0	0	945	190	945	190	930	185	930	185	3,750	750
2세부과제	0	0	1,025	225	1,025	225	1,025	225	1,025	225	4,100	900
3세부과제	0	0	825	175	825	175	825	175	825	175	3,300	700

6. |대효과

가. 사회적 관점	· IPCC 권장 탄소감축 50% 대응 실천모델 개발 및 시범도시 조성을 통해 기후변화 선도적 대응 및 적응 기반 향상 · 탄소중립도시를 위한 구축 기술 개발을 통해, 도시의 물질순환 전 과정에서 탄소 저감 및 배출권 확보로 기후변화에 적극적으로 대응 · 전 세계적인 온실가스 감축 계획에 능동적으로 참여함으로써 녹색정책분야의 국제적 위상을 확립하고 장기적인 국가경쟁력 향상에 기여 · 도시 녹색성능을 반영한 탄소배출 예측 및 평가 모델을 개발함으로써 향후 Smart Green City 사업과 관련된 장애 요소들을 사전에 검토하고 시설물 계획을 구체화하며 합리적으로 제도 수립
나. 경제적 관점	· 탄소중립형 신도시 조성기술 발전, 해외수출 상품화 여건 마련, 지방경제 및 산업활성화 증진 · 탄소중립도시 모델, 기술 등 도시개발분야 해외 시장 진출, 탄소시장을 선점 및 고용창출 기대 · 개발도상지역인 중앙아시아, 동남아시아, 아랍, 아프리카 도시개발 패러다임의 탄소중립형 전환에 기여하고 관련사업의 국내기업 참여여건 강화 · 도시의 에너지인프라 통합관리를 통한 에너지 효율 향상, 에너지 수급 전반을 모니터링하고 수요자에게 정보를 제공함으로써 에너지 소비문화 변화 유도(온실가스 20% 감축) · 교통 수요저감 및 관리로 인하여, 추가적인 기술개발의 부담을 최소화시켜 경제적인 탄소중립도시 수립에 기여
다. 기술적 관점	· 탄소중립도시 조성을 위한 요소기술을 확보 · 세계 수준의 도시 배치 시뮬레이터 보유로 탄소중립도시 및 도시재생 등의 사업에 사용되어, 정확한 예측을 통하여 도시 탄소발생 저감에 기여 · 신재생에너지 도시기반시설 확충을 통한 탄소중립형 도시건설 인프라 및 기술 구축 · 신재생에너지원의 효율적인 저장과 자가진단이 가능한 분배기술을 도시 내에 적용함으로써 에너지 공급 안정성 확보 및 신재생에너지 의존도 증가 · 도시간의 벤치마킹이 가능하므로, 추후 녹색기술 보급의 동기를 제공하고, 해당 환경산업의 역량 강화



<영문 요약서>

SUMMARY

1. Research Project Overview

- Background: This project is a R&D planning assignment for the "Green-Up 30" initiatives by Korea Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs to realize the "Green Growth" and national carbon emission reduction policies to cope with the climate change and energy problems.
- Research Needs: Due to needs for responding to the climate change and energy problems, a city's competitiveness lies on the level minimization of carbon emission by using clean energy sources and reducing petroleum dependency, which requires convergent R&D and promoting organizational system.

2. R&D Strategy

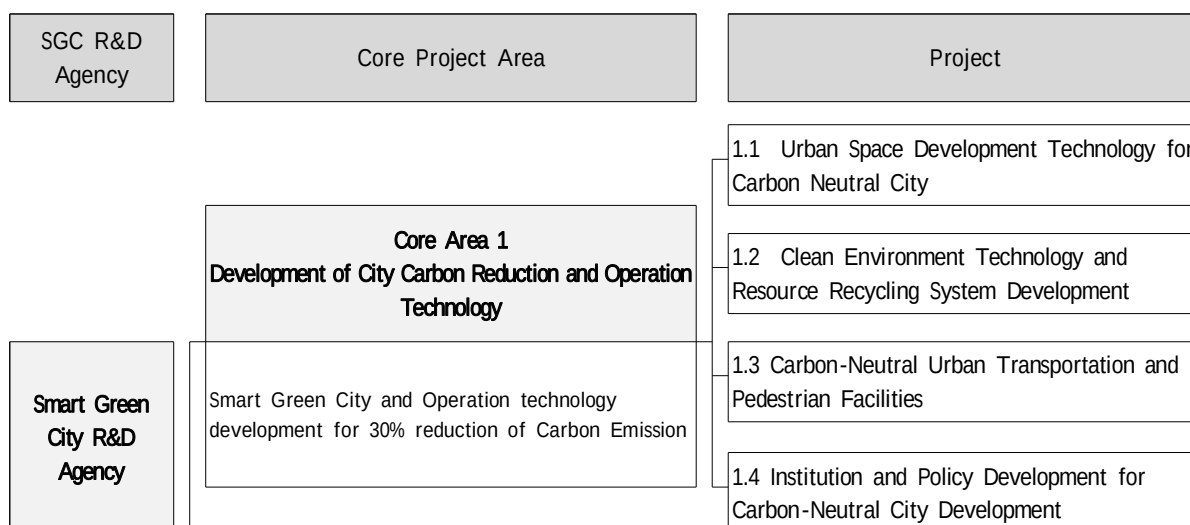
- Needs for the Planning Project
 - Carbon-Neutral city is a city model to overcome the impact from climate change and energy crisis, and it is expected to help attaining the national goal for carbon reduction. To implement the Carbon-Neutral city, it is needed to define the concept and directions for Smart Green City.
 - A systematic plan for Smart Green City R&D project is required to define the research goal, vision, and a system for promoting convergent R&D, and operation system for implementation and globalization of Smart Green City.
- Setting Research Direction: To set the direction of technology development and to define core research areas, we analyzed policy, economics and technology trends involving low-carbon society, carbon economics and industry.
- Research Needs Survey and Prediction: In the era of climate change and energy crisis, the direction of new city development and urban regeneration is related to policy, technology, and industry. Thus, the need for the new city development and urban regeneration through technology convergent R&D is increasing.
- R&D Direction and Defining Core Research Areas: 5 core research areas [1) Carbon reducing city planning, designing, construction, and management technology, 2) Human activity-based next-generation urban space simulation, 3) Zero-emission clean supply systems, Smart grid based energy management and monitoring systems, and 4) Carbon-neutral city model and greenhouse gas reduction capability evaluation] were proposed as a result of the first stage survey and analysis. At the later stage, we finally

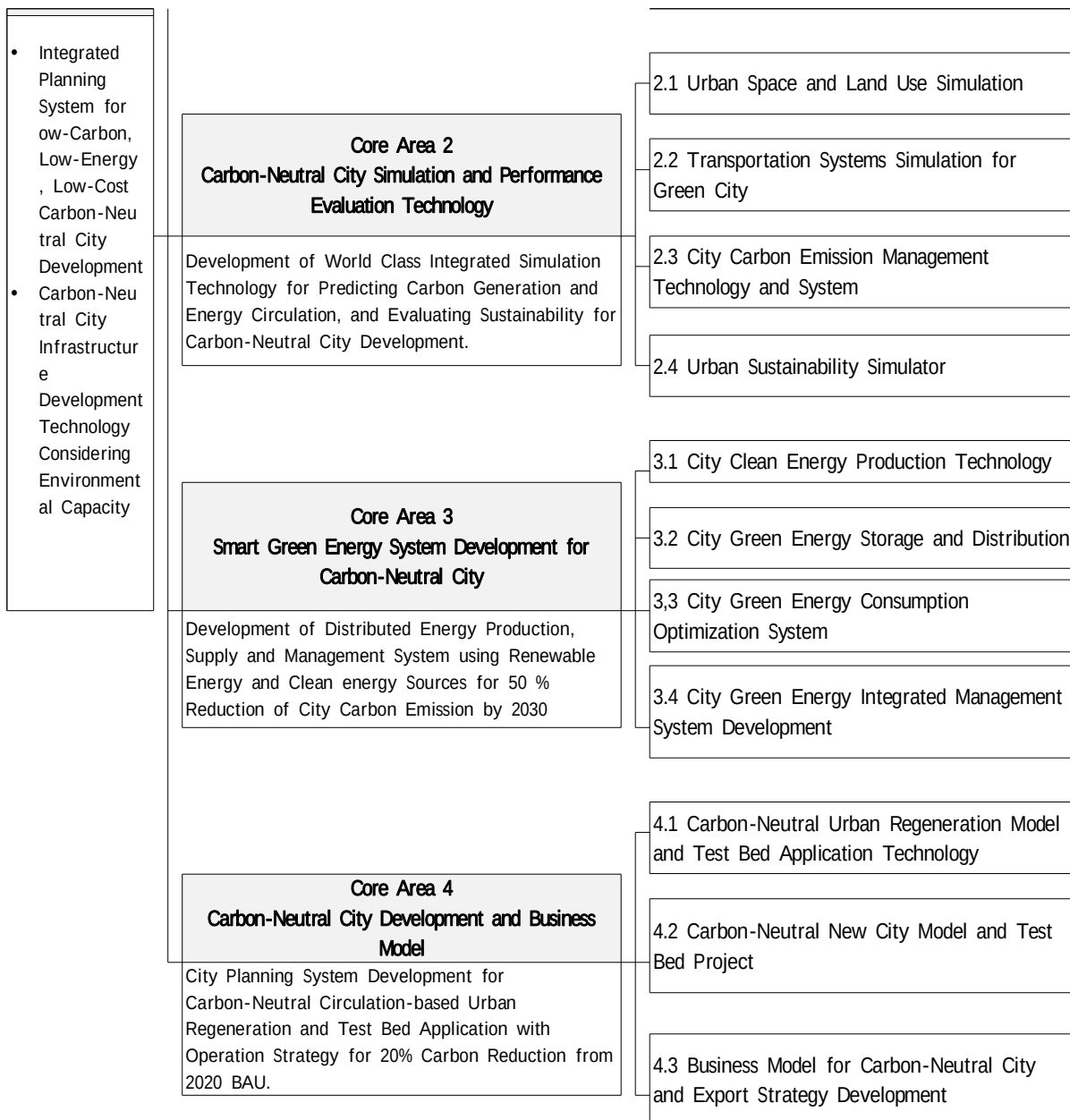
reset 4 core research areas (1)Development of City Carbon Reduction and Operation Technology, 2) Carbon-Neutral City Simulation and Performance Evaluation Technology, 3) Smart Green Energy System Development for Carbon-Neutral City, and 4) Carbon -Neutral City Development and Business Model) after project review committee meetings, expert advisory meetings, redundancy checking with other research projects by other government agencies.

- Research Vision and Goals

Vision	2020 Energy self-sufficient and resource circulatory Smart Green City development	- Technology development for environmentally-friendly and self-sufficient city for 50% reduction in energy use and carbon emission. - Test bed implementation for Carbon-Neutral city model and the development of global business model for Green City.
Goals	Qualitative Goals	- Low-carbon, low-energy, and low-cost Carbon-Neutral city development - Green technology based city development technology - Promoting exports of Green City by developing global business model
	Quantitative Goals	40% CO₂ reduction by 2020 (from '05 emission), 30% reduction from the BAU estimate. - Improving green technology competitiveness up to 90% level of the advanced countries.

3. R&D Organization and Project Detail

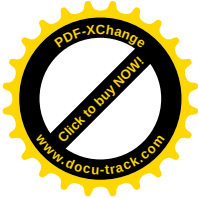




4. Expected Results

- Society Perspectives

- Proactive response and adaptation capability improvement for the climate change by developing implementation model responding to the for 50% carbon reduction of IPCC recommendation.
- Active response to the climate change by securing carbon reduction in urban material circulation cycle and carbon emission rights by developing of Carbon-Neutral City development technologies
- Contribution in establishing Korea's reputation in the area of green policies and improving Korea's long-term international competitiveness by active participation in the international plan for Green House Gas reduction.
- Establishment of a rational institutional system for future development of Smart



Green City by building carbon emission prediction and evaluation system, removing potential obstacles and making concrete infrastructure plan.

- Economy Perspectives

- Carbon-Neutral new City technology development, and promoting international city development market, regional economy and industry
- Pioneering global city development market, and carbon market. Promoting employment.
- Contributing in carbon-neutral transformation of city development paradigm for developing countries, and improving participation conditions for Korea companies
- Guidance for energy consumption practices, and energy efficiency improvement by providing information from integrated city energy management and monitoring system.
- Economical implementation of Carbon-Neutral City by reducing the burden of technology development through demand reduction and management in transportation area.

- Technology Perspectives

- Securing technologies for Carbon-Neutral City development
- Securing world-class urban space simulator for Carbon-Neutral City development and urban regeneration with high prediction accuracy.
- Renewable energy based Carbon-Neutral City development technology
- Stable energy supply system with efficient distributive network and increasing dependency on the renewable energy sources.
- Improving environmental engineering industry providing initiatives for green technology adoption and inter-city benchmarking



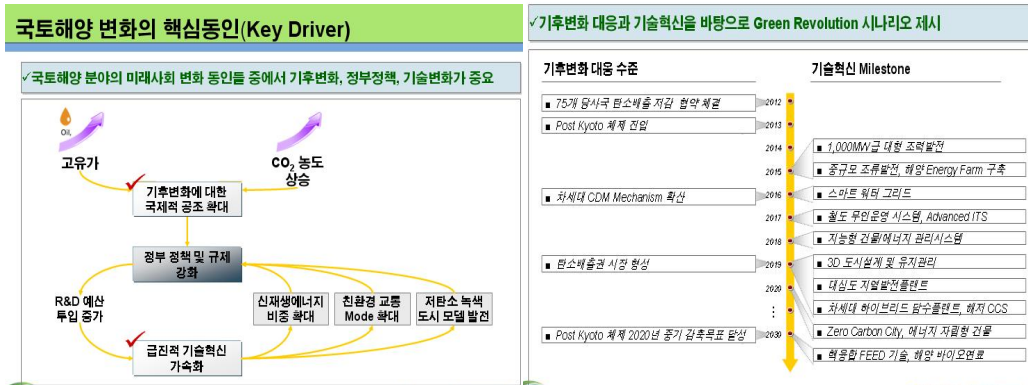
1장 연구과제 개요

1절 Smart Green City 기획 연구의 개요

1. 기획연구 추진배경

가. 정책적 배경

- 범세계적인 지구온난화 문제로 세계 각국은 국가별 온실가스 중장기 감축 목표와 도시 및 건축물 부문의 목표를 설정하고 있음
 - 각 국가별로 ‘20 ~ ‘50년까지 중장기 감축목표를 설정하여 운영 중이며, 온실가스 감축목표는 상당한 노력이 요구되는 수준임
 - ※ (EU) ‘90년 대비 ‘20년 20%, ‘50년 60~80%, (영국) ‘90년 대비 ‘50년 80%, (독일) ‘90년 대비 ‘20년 40%, (일본) ‘08년 대비 ‘50년 80% 감축 등 우리나라는 2020년까지 국가온실가스 중기감축목표를 예상 발생량(BAU) 대비 30%, 2005년 대비 4% 수준으로 감축을 발표
 - 온실가스 감축목표 달성수단으로 도시와 건축물 부분에서의 에너지 및 탄소저감 목표를 국가별로 설정하여 운영 중임
- 정부의 저탄소 녹색도시 조성을 위한 제도적 근거를 마련
 - ※ 정부는 2008년 ‘저탄소 녹색성장’ 국가비전과 ‘저탄소 녹색성장기본법’을 통해 기후변화 대응을 위한 범국가적 패러다임의 전환을 도모하고 있음
 - 녹색성장위원회는 녹색성장기본법을 지원하기 위해 녹색성장 국가전략 및 5개년계획을 수립하여 발표(‘09.7)하면서 10대 정책방향의 추진과제로 녹색도시를 반영하였음
 - ※ 한국형 녹색도시 개념을 정립, 기존도심 재생 및 탄소중립형 신도시 개발, 녹색도시 조성을 통하여 UN 우수녹색도시를 ‘13년까지 2개, ‘20년까지 5개 지정목표 설정
 - 또한 녹색성장위원회는 제6차 녹색성장보고대회에서 ‘녹색도시·건축물 활성화 방안’을 마련하고 녹색도시 조성을 위한 구체적인 추진계획을 발표(‘09.11)하였음
 - 주요 추진계획: 에너지절약형 도시계획, 자원순환형 도시기반 구축, 생태형 도시공간 창출, 보금자리주택 및 신개발지역 Pilot Project, 기존도시의 녹색화, 녹색도시 해외수출 추진
- 국토해양부는 글로벌 5대 녹색강국도약을 목표로 ‘국토해양 R&D 발전전략’을 수립하고 고유가와 CO₂ 농도상승에 대응 핵심동인으로 ‘저탄소 녹색도시 발전모델’을 선정함
 - 기후변화대응과 기술혁신을 바탕으로 녹색혁명 시나리오와 10대 기술혁신 목표 중 ‘무탄소도시와 에너지절약형 건물’ 선정



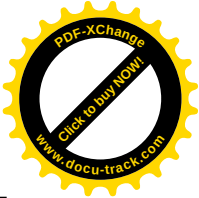
<그림1-1> 기후변화 대응 국토부 R&D 방향

- 또한 기술개발 핵심과제 선정을 위한 총 65개의 전략프로그램 선정과 평가에서 4위 핵심과제로 ‘Global Leading Zero Carbon City 조성 기술’ 선정
- 수요조사 결과에 의해 사업단 규모 과제로 선정된 ‘첨단 무탄소도시 (Smart Green City)’는 도시전체의 CO₂ 발생 50% 이상, 사회적비용 20%이상 저감 목표를 하고 있음

순위	과제명	순위	과제명
1	Zero Carbon 그린빌딩 기술 통합 및 실증사업	19	Intelligent Green Bridge
2	Urban Closed Loop Recycling (도시 폐기물 순환 재활용)	20	기후변화 대응 하천 운영 및 관리 기술
3	파력·해상풍력 복합발전 및 융합기술 개발	21	수소(생산·공급)인프라 건설기술 개발
4	Global Leading Zero Carbon City 조성 기술	22	해양공간 친환경 활용 구조물 기술 개발
5	Ocean Energy Farm 조성기술 개발	23	바다샘(Sea Spring) 실용화 기술
6	Energy Harvesting SOC	24	녹색기술 국토공간정보 연구개발 계획 전략
7	저탄소 Green Road	25	기후변화 및 해양생태계 관리를 위한 해양 그린바이오돔 구축 및 운용
8	그린 하이브리드 담수플랜트 개발	26	친환경 해양 장비 및 기반기술 개발
9	원자력 추진선의 안전설계기술 개발	27	Green Metal (녹색금속자원) 상용화 기술 개발
10	탄소 저감형 대도시권 대심도 입체 지하교통네트워크 구축 기술	28	항공 배출가스 관리시스템 및 녹색 공항시설 기술 개발
11	SLIM(Smart Lifeline Infra Matrix)형 도시기반 복합플랜트 구축기술 개발	29	녹색 해양 바이오 산업소재 통합 시스템
12	물류거점간 대량수송 자동시스템 기술개발	30	그린 해상 초고속 피더 운송 시스템 기술
13	차세대 탄소제로 철도 스마트 에너지 시스템 개발	31	그린해상 G-Navigation
14	극한해역 해저탐사 및 에너지·자원 생산 장비 개발	32	지하물류 활성화를 위한 시설 및 장비 기술
15	스마트 그린(Green) 컨테이너 터미널 개발 기술	33	그린 무인항공기 시스템을 활용한 국토해양 항공영상정보 시스템 구축 및 운영
16	녹색 해양신공간 창조를 위한 민공성 및 연륙해저터널 기술 개발	34	심해저 극한건설 플랜트(시추/생산/수송/시공플랫폼) 개발
17	미래 해양 에너지자립 플랜트 기술 개발	35	해양 생물 에너지 융합 시스템 개발
18	IT 융합 철도시스템 유지관리 기술개발	36	미래형 항공교통수단(PAV) 및 운용체계 개발

<표1-1> 국토부 기술개발 핵심과제 목록

- 따라서 본 기획연구는 이상과 같이 국제적인 온실가스 저감현황, 우리나라의 감축목표, 그를 달성하기 위한 국가법률 제정 및 정책발표, 그에 따른 녹색기술의 국토해양 R&D 혁신 로드맵에 근거하여 추진하는 과제임
- 이러한 기획연구에 주관으로 참여하는 LH는 현재 아산탕정, 인천검단, 동탄2 신도시 등 저탄소, 에너지자립형 도시 조성을 추진 중에 있으며, 다양한 연구개발과 기획, 실무설계, 시공경험 등을 토대로 ‘첨단 무탄소도시 (Smart Green City)’ 조성을 위한 실체적 기획을 담당하고자 함



※ 녹색기술 세부 분야의 국제화를 추진하고 있는 전문기관인 KAIST와 녹색도시 조성 관련 사업 전문기업인 ‘에코아이’가 공동·위탁기관으로 참여하고, 무탄소도시조성에 성공적 성과와 경험이 풍부한 미국, 독일, 영국, 일본, 벨기에, 네덜란드, 홍콩 등의 관련 기관 및 프로젝트 담당자와 전문가 네트워크를 구축하고자 함

나. 내용적 배경

- 탄소배출로 인한 기후변화와 에너지 문제의 심각성 증가
 - 우리나라는 에너지 자원의 97%를 해외에 의존하고 있으나 1인당 연간 에너지 소비량은 최근 20년 동안 약 3배 증가하였고, 온실가스 배출량은 세계 9위, 온실가스 배출증가율은 OECD국가 중 1위를 기록하고 있음
 - ※ 1인당 에너지 소비추이를 살펴보면 석유는 1980년 0.76kl→2009년 2.54kl를 소비하였으며, 전력은 1980년 859kWh→2009년 8,092kWh를 소비하였음
 - 토양과 산림파괴로 인해 수많은 탄소가 발생되고 있으며, 환경, 인명, 재산피해 뿐만 아니라 도시기반시설 및 도시에너지 공급체계 등은 최근 기후변화에 심각한 취약성을 나타내고 있음
 - ※ 1998년 허리케인 미치와 아마존과 보르네오의 산불로 인한 탄소흡수원 파괴, 2003년 유럽의 폭염으로 3만 5000명 이상 사망, 세계의 3분의 1이 가뭄 위기에 처함
- 기후와 에너지위기 시대의 국제사회에서 정부의 역할과 의무 요구 증가
 - 탄소배출량 감축은 국제사회에서 요구되고 있는 사안이며, 탄소배출 억제에 성공한 도시가 국제사회에서 인정받는 경쟁력 있는 도시로 등장
 - 대표적인 예로 도시분야의 Freiburg, Copenhagen, Adelaide, 단지분야의 BedZED, Kronsberg, Messestadt Riem, Vauban, Solarcity Linz 등의 조성 사례와 도시의 미래상을 제시하고 있는 Masdar City, Dongtan City모델 등이 있음
 - 우리나라에서는 아직 국제사회에서 인정받을 수 있는 저탄소 도시의 모범사례는 전무하며, 다만 LH가 추진하고 있는 평택소사벌 택지개발지구의 신재생에너지 도입계획이 CDM인증을 받은 사례가 있음
 - 따라서 국제사회에서 평가받을 수 있는 성공적, 모범적 Smart Green City 모델 개발 및 실증적 조성사례가 시급함
- 정부 녹색성장 정책의 성공은 화석 에너지 도시에서 탈화석 에너지 도시로의 전환에 있음
 - 온실가스의 80% 이상, 특히 주택, 교통, 산업 등 도시 내 활동으로부터 배출되는 온실가스가 43%를 차지하고 있는 도시에서 변화는 지구온난화 방지와 기후변화 문제 대응을 위한 선택이 아니라 필수 사안임
 - 이를 위해서는 국가 또는 도시의 기술현황과 잠재력, 에너지 소비구조 등에 대한 정확한 분석에 근거하여 국가, 도시별 탄소저감 목표 설정과

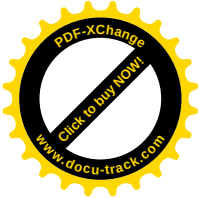


실천방안이 마련되어야 할 것임

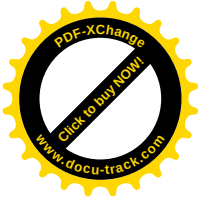
- 1970년 오일쇼크 이 후 지속적인 에너지 소비구조 변화를 통해 탄소배출 억제와 녹색성장을 동시에 성공적인 성과를 거둔 스웨덴, 덴마크, 독일 등은 세계에서 가장 모범적 사례로 평가되고 있음
- 저탄소 도시공간구조와 신재생에너지를 이용한 스마트 그리드 기반 도시 에너지 공급체계, 무배출 청정 자원순환체계 구축 등을 통한 탈화석에너지 도시로의 전환에 대한 요구 증가
 - 기존 도시의 중앙집중식 에너지공급체계는 수송과정에서 전기와 열의 손실이 커 생산량의 50%이하만 이용 가능함
 - 따라서 에너지저감형 도시공간구조와 토지이용을 기반으로 생산에너지 이용률이 90%가 넘는 분산집중형 도시에너지 공급체계(Decentralized Energy System)로의 변화가 시급
 - ※ 독일 Frankfurt am Main시는 도시에너지 공급체계를 분산 집중형 에너지 공급체계로 전환하고 있으며, 2007년 110개 이상의 소형열병합발전설비를 설치하여 약 76만 톤의 탄소를 저감하였고, 새로운 에너지 공급체계는 재생가능에너지 이용프로젝트와 연계하여 추진
 - 하지만, 국내에서 재생에너지원과 폐기물자원·에너지화 등은 높은 비용 부담으로 인하여 건축물 등 개별적 사업위주로 추진되고 있는 현실을 고려할 때, 무엇보다도 도시에너지 체계의 변화와 이를 구현하기 위한 도시공간구조 개편 등 도시차원의 연구개발을 통해 저비용, 저에너지, 저자원의 도시조성 기술개발이 절대적으로 필요한 실정임
 - 최근 유럽에서는 에너지 효율극대화를 목표로 분산 집중형 에너지 공급 체계 구축을 위해 차세대 지능형전력망(Smart Grid)을 통해 도시에너지 체계의 변화를 위한 연구·개발들이 적극 추진 중에 있음
 - ※ 차세대 지능형전력망 (Smart Grid): 기존 전력망에 IT기술과 접목하여 전력공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 도시에너지 공급시스템

2.]획연구 필요성

- 상기와 같은 배경에서 추진이 필요한 첨단 무탄소도시(Smart Green City)의 실현상의 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 체계적인 연구기획이 필요함
 - Smart Green City 조성 기술의 개별적, 분산적 적용에 따른 효율성 저하
 - 사업간 연계성부족, 민간의 관심과 참여부족, 관련기술 및 인력부족 등으로 추진동력의 확보와 가시적 성과도출에 장애 발생
 - Smart Green City 조성 기술 이용을 위한 체계적·전문적 기술표준화 및 가이드라인 부족
 - Smart Green City 조성사업의 제도적 기반과 실용적 전략 부족
 - Smart Green City 조성관련 도시, 건축분야의 관련 융·복합 분야 전문성 부족



- 탄소배출의 주원인 제공자인 도시문제 진단과 종합적인 연구개발 접근 필요
 - 도시차원의 탄소중립은 정량적 효과와 투자비용 등의 이유로 주로 단일 사업 형식의 신·재생에너지원 이용으로는 국제사회와 정부정책이 요구하는 탄소감축 목표달성이 어려움
 - 도시차원의 Smart Green City를 구현하기 위해서는 탄소저감과 배출된 탄소를 흡수하는 방안이 함께 마련되어야 하며,
 - 이를 위해서는 재생가능에너지원의 잠재력 및 기술적용 기법, 가이드라인, 탄소배출원과 흡수원에 대한 도시기반의 시스템적 구축과 연구개발이 시급함
- Smart Green City 조성 기술의 핵심 분야인 저탄소, 저에너지, 저자원 기술의 핵심인 녹색기술의 활성화를 위한 도시차원의 연구 및 적용기술 개발 필요
 - 우리나라에 잠재량이 높은 재생에너지원과 녹색기술을 집중 육성하고, 이를 Smart Green City 조성정책과 연계·추진하여 기후변화 문제에 대응하고 녹색성장을 통해 경제 활성화에도 기여할 수 있는 종합적인 연구개발 필요
 - 도시차원에서 녹색기술 적용을 위한 문제점 진단과 개선방안을 위한 제도, 재생가능 에너지원의 잠재량 분석, 신·재생가능 에너지원 적용 계획·설계·기술 가이드라인 등 마련 필요
- Smart Green City 조성 기술의 효율화를 위해 탄소저감 및 흡수와 관련된 기술현황분석을 통한 목표 및 실천전략 마련 필요
 - 지속가능한 도시 패러다임의 등장에 따라 화석연료 중심의 에너지 소비형 도시에서 재생가능연료와 에너지 저감형 도시로 전환하기 위한 국내 도시에 대한 체계적 진단과 조성 기법 개발을 위한 연구필요
 - 국제사회에서의 역할이 강화되면서 탄소 배출증가율이 높은 우리나라에 대한 저감 요구가 더욱 증가되고 있음을 고려할 때 탄소배출의 주원 제공자인 도시차원의 대안마련 시급
 - 국가차원의 탄소배출 감축목표 설정방식, 접근방식, 시나리오 구성방식은 국제사회의 기준 등과 비교하여 정책에 반영하고 지속적인 탄소배출에 대한 관리시스템 개발 필요
 - Smart Green City의 핵심인 탄소중립의 원칙을 구성하는 탄소저감 및 흡수방안과 관련하여 적용 가능한 국내외 기술동향 및 현황분석, 탄소배출 원인 진단방법, 재생에너지 잠재력과 활용을 위한 계획체계, 수립 방법, 활용기술 연구개발 시급
- 국내외적 요구에 부응하는 Smart Green City의 최종목표인 탄소중립도시 모델의 개발과 조성을 통해 도시 분야의 국제경쟁력 확보 필요
 - 우리나라의 국제사회의 역할 증가와 탄소배출 억제에 대한 압력 등에 대응한 국제적 탄소중립도시 모델 개발을 통해서 해외수출 및 국내 상



용화를 위한 Test Bed 및 실증 시범사업 필요

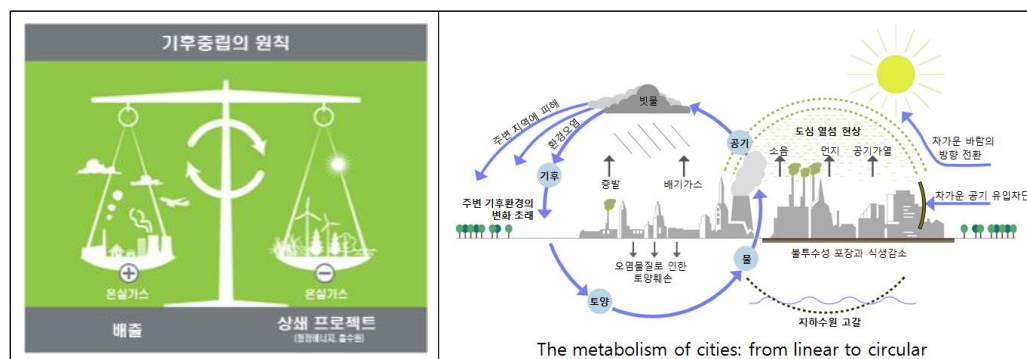
- 탄소저감 목표는 탄소배출 원인 진단과 억제방안을 연계하여 예측하고, 녹색기술과 에너지원의 잠재력 등을 근거로 정량적, 정성적 실천전략 마련 필요
- 또한 이를 추진하기 위해서는 비용과 시간을 고려한 체계적이고 단계적인 연구 및 기술개발 필요
- 도시의 자원과 에너지 소비형태의 유입과 유출이 사용·배출되는 체계(linear metabolism)에서 사용·재사용 체계(circular metabolism)로 전환하고, 궁극적으로 불필요한 시설이나 비용투자를 억제할 수 있는 탄소중립도시 모델 개발이 필요
- Smart Green City 조성을 위한 제반 기술/계획/설계/정책 분야의 융·복합적 연구 필요
 - 다양하고 복잡한 기술체계를 가지고 있는 탄소중립도시 조성을 위해서는 비용과 자원저감 계획, 설계기술, 에너지 효율화를 위한 도시에너지 생산/저장/분배 체계, 도시조성 모델개발을 위한 기술들이 정책 및 제도 분야, 계획 및 설계 분야 등과 연계된 융·복합이 절대적으로 필요
 - 이를 위해서는 탄소중립도시 모델개발 및 시범도시 구상을 추진하고 있는 국내·외 전문가와 도시개발 전문기관이 중심이 되어 실용화, 국제적 표준화 등을 위한 체계적 연구개발과 사업이 추진될 수 있는 융·복합적 R&D조직이 필요
 - 특히, 탄소중립도시 분야는 국내에서 경험이 미비한 사업이므로, 탄소배출 저감에 성공적인 성과를 이룬 해외 국가, 프로젝트팀, 관련 전문가와 긴밀한 네트워크를 구축하여 지식과 경험을 교류하고
 - 이를 기반으로 추진된 연구개발 성과를 토대로 실증사업(Test-bed) 또는 시범사업(Pilot Project)을 통하여 실용화되어 함
 - 이러한 Test Bed의 추진은 현장제공 능력, 신도시 및 기존도시 개발사업의 프로세스를 이해할 수 있는 국내외 전문 산·학·연 공동연구의 수행이 절대적으로 요구됨

2장 기술개발전략 수립

1절 기획 필요성

1. 기획 배경

- 기후변화와 에너지 문제의 피해가 급속도로 증가하면서 국내 · 외적으로 정책, R&D개발, 산업 등 모든 분야에서 새로운 변화, 즉 저탄소 사회가 등장되었으며, 정부는 이에 일환으로 저탄소 녹색성장 정책과 탄소저감 목표를 발표하고, 국토해양부는 건설, 교통 등의 분야에서 실천적 방안마련을 위해 'Green-Up 30'R&D사업을 추진 중에 있음
- 최근 기후변화와 에너지 문제의 주된 원인이 되고 있는 화석연료 소비 및 의존 도시분야에서 탈화석에너지 도시로 전환하기 위한 연구와 저탄소 도시(Low Carbon City), 탄소배출이 없는 도시(Zero Emission City), 탄소중립 도시(Carbon Neutral City), 스마트 그리드 도시(Smart Grid City) 등의 모델들이 개발되고 있으며, 이들은 저비용 · 저자원 · 저에너지 도시건설을 위해 자원의 입 · 출력 체계가 선형 신진대사 도시(linear metabolism)에서 순환형 신진대사(circular metabolism) 도시로의 전환하여 탄소중립의 원칙을 준수하는 융 · 복합의 R&D가 추진되고 있음¹⁾



<그림2-1> 탄소중립과 순환형 도시신진대사 원칙

- 이미 1973년 OPEC국가들이 석유 금수조치에 따른 석유위기 발생 이후 세계최초 ‘석유의존 제로’ 국가를 목표를 수립하여 녹색 기술분야 R&D 사업에 투자와 지속적인 실증 도시조성을 통해 탄소저감과 녹색성장을 동시에 성공시키고 있는 대표적인 스웨덴, 덴마크를 비롯하여 독일, 일본, 미국, 영국 등의 사례를 벤치마킹하고
- 특히, 위의 국가들의 성공적 기반이 되고 있는 지속적인 탈 화석에너지 산업과 첨단에너지 효율화 기술을 도시건설에 적용하여 상용화, 실증화 모델개발과 관련분야의 국제적 경쟁력 확보 및 세계 최고 우위를 확보할 수 있는 R&D개발이 시급히 요구됨

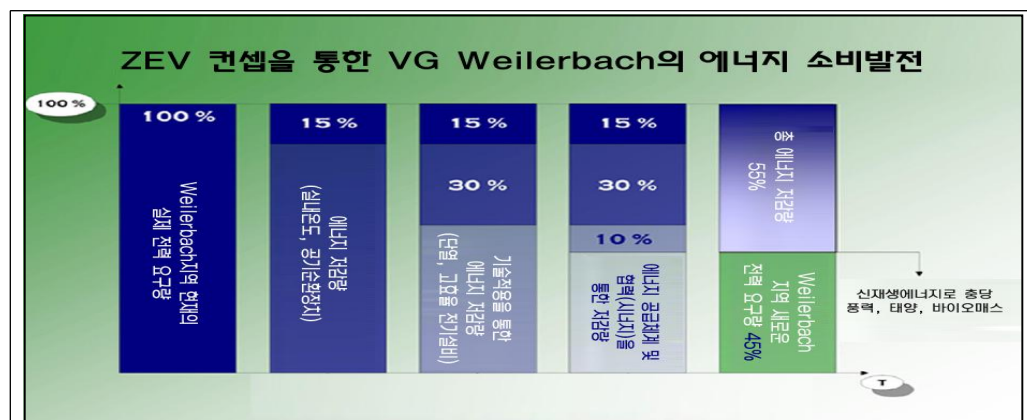
1)StMUGV 2007/ Girardet, H., Mendonca, M. 2009

- 무엇보다도 녹색건설 및 관련 기술분야의 기술성장기에 있는 우리나라는 기후변화와 에너지 위기를 동시에 해결할 수 있는 도시구현을 위해서는 더 이상 개별적인 기술개발로는 한계가 있으며, 통합적 관점에서 다양한 기술과 기법, 요소들이 연계된 융·복합적 R&D가 마련되어야 할 것임
- 따라서 기후에너지 시대, 저탄소 사회에서 도시의 국제적 경쟁력확보를 위한 도시모델로 등장하고 있는 탄소중립형 Smart Green City 실현을 위한 체계적인 R&D사업추진이 반드시 필요함

2. 기획 목적 및 추진방향

가. 기획의 목적

- 기후변화와 에너지 문제를 동시에 해결할 수 있는 미래 도시로 등장한 첨단 무탄소 도시(이하 Smart Green City로 함)의 개념 정립과 방향 설정
 - Smart Green City란 첨단 녹색기술을 이용하여 탄소중립을 구현하는 도시
 - 탄소중립 도시(Carbon Neutral City)란 도시의 경제활동으로 인해 불가피한 탄소배출은 최소화하고, 지속적으로 도시에너지 체계를 탄소배출이 없는 재생가능 에너지원으로 대체하는 탈화석에너지 도시이며, 이를 위해서는 에너지 저감, 효율적 에너지 공급 및 수요 체계, 재생가능에너지 이용의 활성화를 위한 방안을 마련하고 배출된 탄소를 흡수하여 탄소중립을 유지하는 도시²⁾
- Smart Green City 조성 기술 연구과제 발굴을 위한 경제, 사회 및 기술 분야의 동향 및 예측 분석을 바탕으로 기획의 시급성, 중요성, 적절성 등을 종합적으로 판단하여 활용 및 실증화 연구개발이 되도록 유도



<그림2-2> 탄소중립 도시 구현을 위한 목표와 방안예시 (IfaS 2007)

- 국가적 차원에서 국가 탄소발생량 감축 목표를 달성할 수 있는 Smart Green City 도시 조성 기술 개발과 동시에 도시차원에서 '탄소중립도시(Carbon Neutral City)'라는 최종목표를 구현할 수 있는 구체적인 R&D내용과 규모, 추진방안 등을 도출하고 연구과제별 연계성과 체계적인 추진

2) First Climate Group 2009

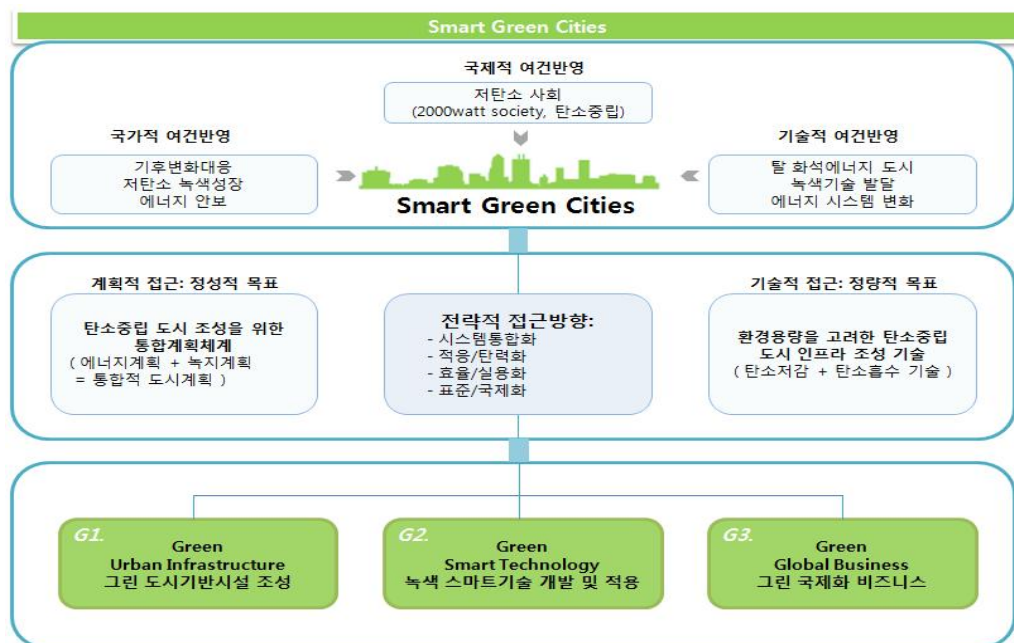
체계 등을 제시 (참조 그림 2-2)

- 국내 녹색기술을 적용한 Smart Green City 조성 모델 및 해외수출 모델 등을 개발하여 Smart Green City 활성화를 통한 녹색성장을 유도하고, 국제적 경쟁력 확보에 기여할 수 있도록 추진

2. 기획 목적 및 추진방향

가. 기획목적

- 기후변화와 에너지 위기를 동시에 극복하고 국제적 경쟁력 확보를 위한 R&D기획
 - 도시활동에서 발생된 탄소 배출 최소화, 흡수, 관리할 수 있는 기후친화형 탄소중립도시의 실현을 위한 녹색도시기반시설 (Green Urban Infrastructure)에 관련된 기술 연구개발 및 추진전략을 마련
 - 탄소중립형 도시시스템의 조성기술 및 기법, 통합적 계획 및 시뮬레이션 기법, 탄소저감 및 흡수 산정·예측 평가와 이와 연계한 탈화석에너지 도시로 전환을 위한 녹색첨단 기술(Green Smart Technology)기반의 도시에너지 체계에 관련된 연구개발 및 추진전략 마련
 - 연구개발성과의 경제성 및 실용성, 세계기준과의 호환성, 사회·경제적 여건변화에 대한 탄력성, 도시유형 및 입지별 적응성 등을 제고한 탄소중립 도시 구현을 위한 기존도시의 전환 및 실증적 도시모델, 해외수출 모델 개발을 통한 그린 글로벌 비즈니스(Green Global Business) 방안 마련



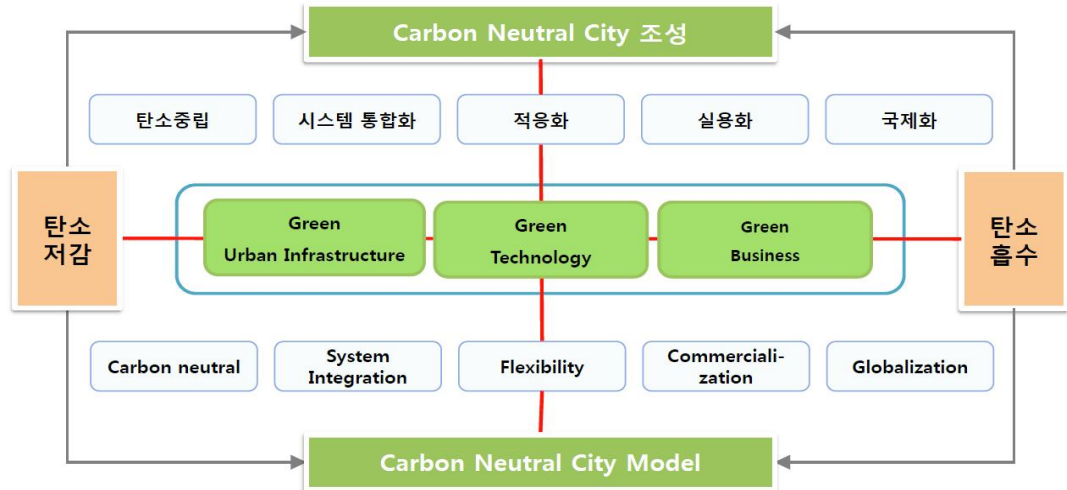
<그림2-3> Smart Green City 연구개발 목적

- 국가의 탄소발생량 감축 목표를 달성하고, 도시차원 탄소중립 도시를 구현할 수 있는 탄소중립형 Smart Green City 조성 기술 연구 기획
 - 국가 탄소발생량 감축 목표에 달성을 위해, 도시에서 발생되는 탄소배

출량을 30% 이상 감축이 가능한 Smart Green City 조성 기술 개발 방향을 설정하고 기술 과제를 기획

나. 기획의 추진방향

- 국가 탄소저감 목표달성과 동시에 탄소중립도시(Carbon Neutral City) 구현을 위한 Smart Green City 조성기술 개발과 실용화, 세계화를 목표로 비전과 전략을 수립하고, 연구과제 및 연구개발 운영체계 기획

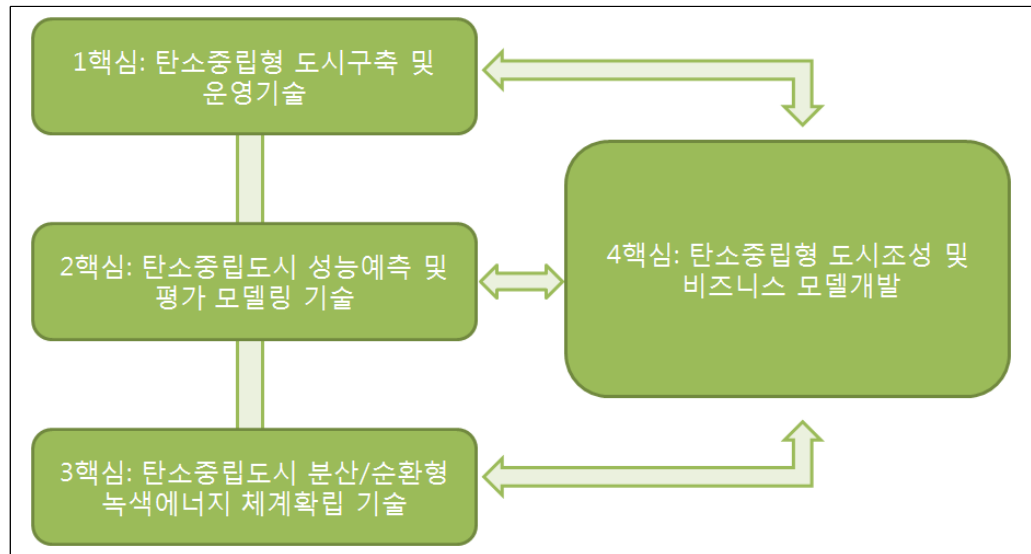


<그림2-4> Smart Green City 조성기술 기획 연구 개발 방향

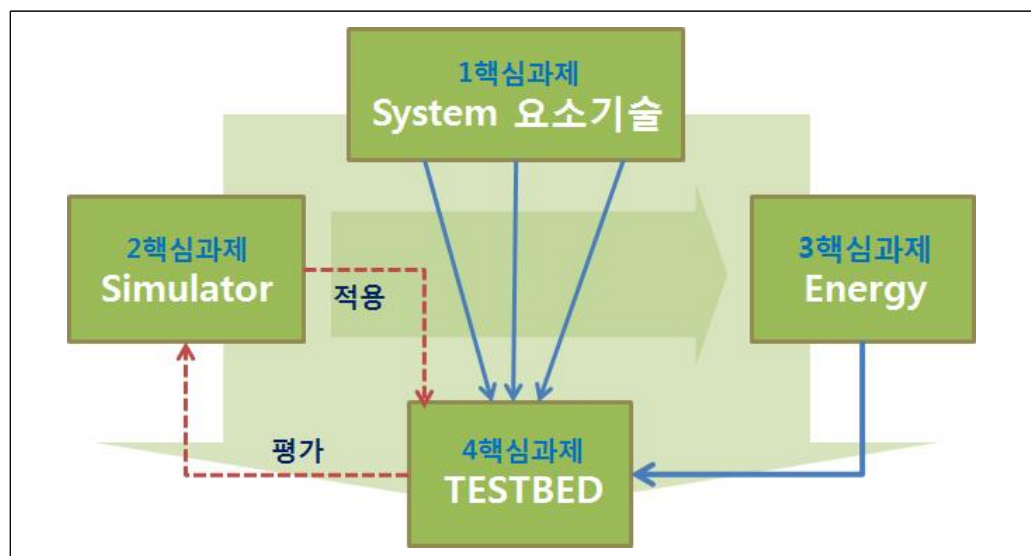
- 국내외 동향분석을 통해 향후 기술발전단계 및 연구개발 방향을 전망
 - 시장동향·기술동향·특허동향 및 정책 동향의 조사분석을 통해 관련 분야의 기술개발사업 추진에 따른 시사점을 도출하고 국내외 기술발전 단계와 향후 개발방향을 검토
 - 해당기술 분야의 선진국 동향 및 연구활동을 파악하여 기술의 성숙도, 기술의 전략적 중요성, 최신기술 상황 및 기술발전경로 파악
- 기술수요 및 기술예측을 통한 기술개발방향 설정
 - 기술수준조사를 통해 확보해야 할 기술의 우선순위를 파악하고, 미래수요예측 방법론 설정을 통해 Smart Green City 분야의 미래수요를 예측
 - ※ 후보과제 선정에 위해서는 관련 기술들의 시장수요 및 파급효과 측면에 대한 조사분석이 필요하며 특히, 신기술의 경우는 미래의 기대가치나 위험도에 대한 정보가 부족하여 미래수요예측방법 적용을 통해 미래시장의 규모와 증가율 추정
 - 수요자 중심의 실효성 있는 기술개발과제 도출을 위해 산·학·연 등의 전문가를 대상으로 폭넓은 수요조사를 통해 해당 연구개발사업의 기술 성격과 부합하는 과제 발굴
- 기술의 전체적인 체계와 기술개발 흐름을 파악하여 기술발전의 로드맵 제공
 - SWOT분석을 통해 기술개발의 방향과 지향점을 설정하고 기술개발 목표를 도출함으로써 전략 수립의 기반 마련
 - 동향분석 및 기술수요조사·예측 결과를 바탕으로 기술개발 비전과 목

표에 부합하는 중점 후보 과제를 도출

- 탄소중립도시 구현을 위한 도시 조성 기술 관련 중점 연구분야들은 개별과제 연구가 아닌 상호 연계성을 반영한 융·복합의 연구체계 설정



<그림2-5> 중점추진분야 연구과제별 상호관계성



<그림2-6> 중점추진분야 연구성과별 상호관계성

2절 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책동향 및 분석

가. 국외 정책동향 및 분석

- 환경기술에서 비교우위를 갖고 있는 유럽 및 미국, 일본 등 환경선진국을 중심으로 새로운 경제 패러다임의 도출과 시장선점을 위해 기술개발과 병행하여 입법 및 정책적 노력이 경주되고 있음

(1) 유엔기후변화 협약

- 기후변화에 대응하기 위한 전 세계적인 노력의 일환으로 1992년 리우에서 개최된 바 있는 유엔환경개발회의에서 채택되고 1994년에 발효된 유엔기후변화협약(UNFCCC)은 그 영향력이 점차 커지고 있음

구 분	시 기	장 소	주요 논의 내용
기후변화협약채택 (리우환경회의)	'92.06	브라질 (리우)	· 지구온난화 완화방안 논의
제1차 당사국총회 (COP1)	'95.03	독일 (베를린)	· 선진국 온실가스 감축 실무회의 설치와 '97년까지 의정서 채택 합의
제2차 당사국총회 (COP2)	'96.07	스위스 (제네바)	· 제2차 총회 결과 재확인
제3차 당사국총회 (COP3)	'97.12	일본 (교토)	· 선진국의 온실가스 감축 목표를 설정한 교토의정서 채택
제4차 당사국총회 (COP4)	'98.11	아르헨티나 (부에노스아이레스)	· 쟁점사항을 2000년 제6차 총회에서 최종 결정기로 함
제5차 당사국총회 (COP5)	'99.10	네덜란드 (헤이그)	· 제6차 당사국총회 준비회의
제6차 당사국총회 (COP6)	'00.11	독일 (본)	· 교토의정서 이행방안 합의 실패
제6차 당사국총회 (COP6-bis)	'01.07	독일 (본)	· 교토의정서 이행방안 기본합의 도출
제7차 당사국총회 (COP7)	'01.10	모로코 (마라케시)	· 교토의정서 이행방안 최종합의(Marrakesh Accords)
제8차 당사국총회 (COP8)	'02.10	인도 (뉴델리)	· WSSD 결과를 토대로 지속 가능한 발전과 기후변화협약과의 관계 모색
제9차 당사국총회 (COP9)	'03.12	이탈리아 (밀라노)	· WSSD 협약이행노력 평가, 개도국 지원, 협약 예산 승인 검토
제10차 당사국총회 (COP10)	'04.12	아르헨티나 (부에노스아이레스)	· 기후변화협약 10년간의 성과 평가 및 교토의정서 이행 문제 논의
제11차 당사국총회 (COP11)	'05.12	캐나다 (몬트리올)	· post-Kyoto협상 실무협의체 구성 합의 (twotracks)
제12차 당사국총회 (COP12)	'06.11	케냐 (나이로비)	· 선진국 추가의무부담, 장기대화 협력제제, 의정서 9조 논의
제13차 당사국총회 (COP13)	'07.12	인도네시아 (발리)	· post-2012기후변화 협상의 기본방향 및 일정을 담은 발리로드맵 채택

구 분	시 기	장 소	주요 논의 내용
제14차 당사국총회 (COP14)	'08.12	폴란드 (포즈난)	· 향후 기후변화체제(post-2012) 마련을 위한 작업계획 마련
제15차 당사국총회 (COP15)	'09.12	덴마크 (코펜하겐)	· 주요국 정상들 간 비공식 회합을 통해 정치 적 합의문인 코펜하겐 합의문 도출
제16차 당사국총회 (COP16)	'10.12	멕시코 (칸쿰)	· post-2012체제의 중기감축목표 협상, 구체 적인 계획 수립 및 새로운 기후변화협약을 위한 기초 확립

<표2-1> 유엔기후변화협약 관련 논의 동향

(2) 미국

- 미국 연방정부의 중장기 신재생에너지정책은 2006년 ‘ 선진 에너지정책 (AEI, Advanced Energy Initiative) ’ 과 2007년 ‘ 2017년 에너지 비전 (Twenty in Ten) ’ , 2007년 통과된 ‘ 2007년 에너지 독립 안보법 ’ 에 근거하고 있음
- 2009년 출범한 오바마 행정부는 ‘ 기후변화와의 전쟁 ’ 추진을 대선공약으로 내세워 2050년까지 1990년 수준대비 80%의 온실가스 감축목표를 설정
- 미국 연방정부는 교통부문 연료의 탄소배출량을 2020년까지 현행대비 10%감축하고, 2025년까지 미국 내 전기소요량의 25%를 신재생에너지로 대체하는 목표를 수립. 그에 따라 2015년까지 1백만 대의 전기자동차 가동, 선진기술이 적용된 자동차 구입 시 세금감면 등의 수단이 마련됨

구 분	정 책 구 분	정 책 목 표
부시 행정부	선진에너지정책(AEI)	· 대체 에너지 개발을 통해 2025년까지 중동 원유수입 75%감축
	2017신재생에너지 비전(Twenty in ten)	· 2017년까지 가솔린 소비 20%감축
	에너지 독립안보법 (Energy Independence and Security ACT)	· 부시행정부 에너지 정책에 맞서기 위해 하원의장의 주도로 제 110회 의회에서 입법처리 됨 · 2022년까지 에탄올 사용 증가를 위해 재생연료기준 (RFS, Renewable Fuel Standard) 의무화
오바마 행정부	재생에너지산업육성정책	· 청정에너지에 10년간 1,500억불 투자, 500만개의 그린 칼라 일자리 창출
	신에너지기술개발정책	· 화석연료 대체 에너지 산업 육성(바이오 등)
	전기자동차개발정책	· 2015년까지 하이브리드 차량 1백만 대 보급
	에너지 효율향상정책	· 2030년까지 에너지 효율 50%향상
	기후변화 정책	· 온실가스를 2050년까지 1990년 수준대비 80%감축

<표2-2> 미국연방정부 행정부 별 에너지 관련 분야 주요 정책1)

- 2008년에는 미국 동북부 지역 10개주에서 온실가스 감축을 위한 정책수립도 진행되었다. 미국 주정부 및 도시에서 수립한 정책은 아래 <표 2-3>와 같음3)

구 분	정 책 구 분	정 책 목 표	주 요 내 용
주 정부	California Energy Action Plan (California)	· 탄소발생량 감축 및 대체에너지자원 개발	· 재생에너지 개발 관련 인센티브 지급 · 재생에너지 생산기업 세금 감면 혜택
	Renewable Energy Action Plan (Oregon)	· 2025년까지 재생 에너지원으로부터의 에너지생산 확대, 경제발전 및 환경보호	· 새로운 풍력 에너지 개발 · 오레곤주 판매가솔린에 5%의 에탄올 포함 의무화
	Hawaii Clean Energy Initiative, HCEI (Hawaii)	· 2030년까지 에너지 수요의 70%를 재생 에너지로 전환 및 에너지 안보능력 제고	· 지열 에너지 사용을 통해 총 전력수요 20%담당 · 해조류와 식물성 기름을 합성한 바이오 연료 개발
	청정공동체법, 바이오 연료법 등 (Massachusetts)	· 2030년까지 총 전력사용량의 25%를 재생에너지로 전환 · 바이오에너지 소비 촉진 및 탄소감축	· 에너지 가격 체계 개선 · 주택지붕에 태양열판 설치금지 조치 해제 · 재생에너지 시스템 구입 시 소비세 면제
도시	Fresno Green (Fresno City, California)	· 2025년까지 녹색의 지속 가능한 도시	· 자연서식지 보호 및 재생가능에너지 분야의 고용 창출, 지역의 녹색프로그램 개발계획 수립
	e2 비즈니스 프로그램 (Salt Lake City, Utah)	· Salt Lake City의 경제 및 환경의 지속성 확보	· 민관 협조 하에 지역에너지 절감, 청정교통수단 이용 · 물 사용 절약 추진
	그린파워 프로그램 (Santa Clara, California)	· 재생가능 에너지 공급 확대추진	· 지역 내 풍력발전시설 건설 · 필요한 양 만큼의 재생에너지 구입 기회 확대

<표2-3> 미국 주정부 및 도시의 에너지 관련 분야별 주요 정책

- 앞으로 미국은 신재생에너지 사용에 관한 정책을 확대할 것(행정안전부, 2009). 또한 연방정부 뿐 아니라 주 정부와 도시에서의 에너지 관련 정책이 확대되고 있음
- 그러나 오바마 행정부가 에너지 산업 정책을 경기부양의 중요한 수단으로 활용하고자 함에도 불구하고, 정책에 따른 세부 계획이 마련되어 있지 않는 실정(반영운 외, 2010)

(3) 캐나다

- 캐나다 연방정부는 2007년 기후변화 및 대기오염 대응조치를 망라한 'ECOACTION'을 제시함. 이 정책은 효율적인 에너지 사용을 위한 범정부 차원의 관리, 운영과 소관부처의 집행을 구분하여 제시하였으며 부문별 특정 슬로건 하에 수립됨. 'ECOACTION'의 분야별 주요 계획은 아래 <표 2-4>와 같음)

3) 녹색성장위원회 2009/ 행정안전부 2009/ 과학기술정책연구원 2009 /한국지방자치단체 2009
4) 과학기술정책연구원 2009

구 분	정 책 목 표	주 요 내 용
Turning the Corner	2020년까지 온실가스 2006년대비 20%감축	· 산업체에 온실가스 감축량목표 의무설정 · 자동차 중 2011년 모델부터 연비규제
EcoEnergy	에너지이용 효율화	· 자동차의 연료사용 감축 및 온실가스 배출 감소
Chemical Substance	화학물질 관리	· 화학물질의 정상적 사용, 폐기에 관한 정보 제공
Eco Agriculture	바이오연료 생산 촉진	· 생산시설 구축에 정부자금 지원 · 전문가 고용한 바이오연료 사업 지원
Eco Transport	수송산업 연료절감	· 선박연료사용 절감 · 화물수송 기업의 배출감소기술 구매 시 비용 지원

<표2-4> 'ECOACTION'의 분야별 주요 계획

- 캐나다는 연방정부에서 수립한 'ECOACTION'외에도 주정부 차원의 에너지 정책을 수립하고 세부 계획을 정하여 추진 중. 주정부에서 수립한 대표적인 에너지정책은 Ontario 주의 재생에너지 정책사례이며 풍력, 태양광, 수력발전 등 6개의 재생에너지 분야를 중점적으로 육성하는 목표를 수립함. 이에 따라 재생에너지 생산량을 2010년에서 2025년까지 점진적으로 확대하는 세부계획을 진행 중이며 또한 민간개발업자 및 개인의 참여를 유도하고 국제회의 개최를 통한 기술 협력방안을 모색함
- 캐나다는 생태계 등 자연환경 보전에 관한 국민의 관심 및 정부의 규제 등으로 환경에서의 선진국이라는 것이 일반적인 평가이나 기후변화 대응을 위한 온실가스 배출규제 등에 있어서는 국제적으로 높은 평가를 받고 있지 못하는 실정. 또한 연방정부 차원의 에너지 정책인 'ECOACTION'이 아직은 구체적인 기준제시를 하지 못하고 있으며, 주정부 및 도시차원에서 정책수립이 미흡한 실정임
- 캐나다 연방정부는 'ECOACTION'에서 제시한 산업체의 온실가스 감축량과 감축기간에 따라 예외규정 및 보완대책을 마련하고는 있으나 구체적인 내용이 제시되지 않음. 변화하는 산업구조와 소비자 행태 등에 대한 고려가 되어있지 않아 일관적인 정책적용이 가능한지 검토할 필요가 있음

(4) 일본

- 일본은 1970년대 오일쇼크를 겪으며 에너지 관련 정책을 수립하기 시작. 가장먼저 시작된 정책은 '선샤인 계획'으로 신재생에너지 개발에 중점을 두어 진행되었고 이후 '문라이트 계획' 및 '뉴 선샤인 계획' 등을 수립하여 에너지 효율성 제고, 신재생에너지 개발 등의 노력을 기울인 결과 에너지 효율이 기존에 비해 약40% 가량 상승하는 성과를 이룸
- 1997년 교토 의정서 체결 이후, 일본은 녹색성장을 '신 성장 정책'으로 정립하고 일본형 탄소배출권 거래제, 탄소배출량 표시제 등의 온실가스 배출 감축정책을 추진

- 2000년대에 들어서도 다양한 정책이 수립되었는데 2005년 ‘ 지구온난화 대책의 추진에 관한 법률 ’ 및 ‘ 교토의정서 목표달성 계획 ’ 등 온난화에 따른 온실가스 배출 관련 법률을 제정. 기타 일본의 에너지 관련 정책은 다음 <표 2-5>와 같음⁵⁾

구 분	정 책 목 표	주 요 내 용
지구온난화 대책의 추진에 관한 법률 (2005년)	· 종합적이고 계획적인 지구 온난화 방지대책 마련	· 법률에 기초한 대책본부를 내각에 설치
교토의정서 목표달성 계획 (2006년)	· 도시구조에서의 대응책 확보	· 도시구조에 따른 대응책 마련 및 온실가스 배출량 산정, 보고, 공표제도 마련
신 국가 에너지 전략 (2006년)	· 신재생에너지 도입 증대 및 에너지 효율 제고	· 2030년까지 현재대비 에너지 효율 30% 이상 개선 · 화력발전 수준 감소 및 차세대자동차 도입 촉진
Cool Earth 50구상 (2007년)	· 2050년까지 세계 탄소배출량 절반 감축	· 탄소배출 저감에 필요한 에너지 혁신기술 선정 및 기술개발을 위한 국제협력 추진
후쿠다 비전 (2008년)	· 탄소배출량을 2050년까지 현재대비 60%-80% 감축	· 2020년까지 탄소배출량 14% 감축 · 개도국 지원에 12억 달러 투입
저탄소사회 구축 행동계획 (2008년)	· 후쿠다 비전을 구체적으로 실현하기 위한 종합대책	· 2050년까지 일본 내부 탄소배출량 60%-80% 감축 · 기술개발 추진을 위해 5년간 300억 달러 투입예정

<표2-5> 일본 에너지 관련 정책 및 법률

- 일본 국토교통성은 저탄소형 도시 및 지역 조성을 위해 ‘ 지구온난화 대응 추진정책 ’ 을 수립. 이 정책은 집약형 도시구조의 실현 및 도시녹화추진, 하수도자원의 유효이용 등에 초점이 맞춰짐. 환경성의 ‘ 지구온난화 대책 추진계획 ’ 의 경우 일본 지자체의 온실가스 배출량 현황, 미래추계에 관한 가이드라인, 온실가스 감축을 위한 정책수립 등을 포함한 내용을 다룸. 이 밖에도 일본의 지역 및 도시차원의 정책은 다음 <표 2-6>와 같음
- 일본은 1970년대 오일쇼크 이후 정부와 민간을 통한 에너지 절약 정책을 통해 산업구조의 전환 및 새로운 에너지 기술 도입 등 에너지 관련 정책분야의 진전을 보임. 또한 일본은 에너지 절약 준수 여부를 확인하기 위한 현지조사를 통해 정책에 기초한 철저한 에너지 관리를 실시함
- 하지만 가계부문 환경변화, 예를 들면 세대수의 증가, 국민 선호도의 변화, 사무실 및 상업시설 증가 등이 고려되지 않아 이에 따른 적절한 대응방안이 필요한 실정
- 일본은 다양한 에너지 관련 정책을 통한 지속적인 지원을 통해 세계적 수준의 에너지 저감 기술과 실질적인 에너지 사용 개선(오일쇼크 대비 에너지 효율 40% 개선, 신재생에너지 6%보급 등)의 성과를 거둠. 향후 급변하

5) 과학기술정책연구원 2009

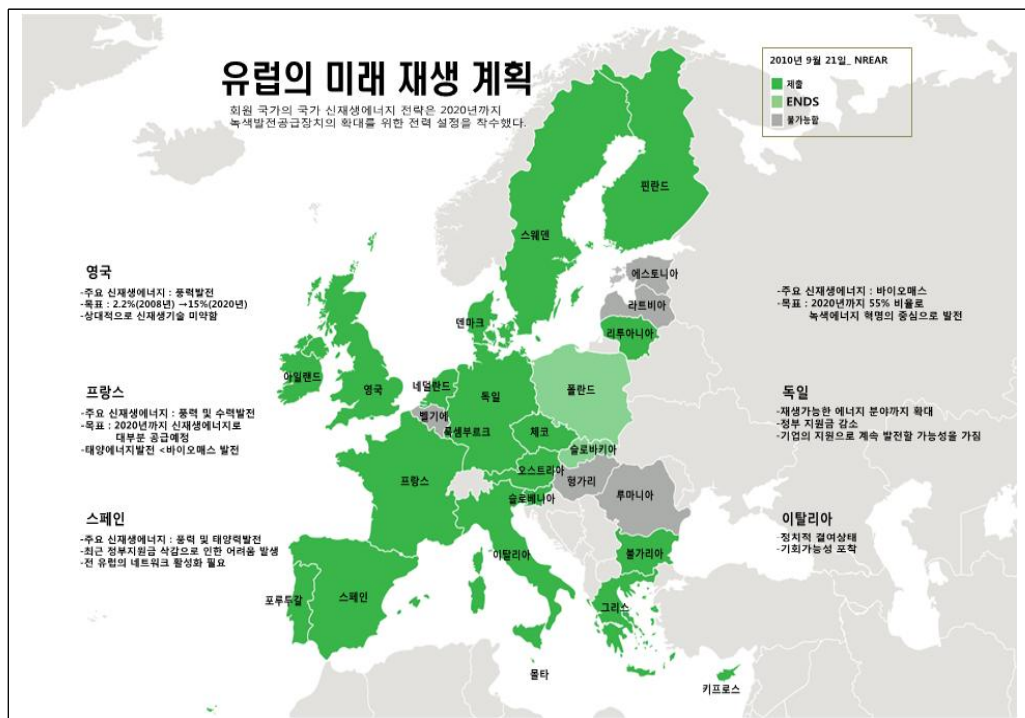
는 환경변화를 고려한 구체적인 정책 마련을 통해 에너지 사용 개선의 효과를 지속하는 것이 필요

구 분		정 책 목 표	주 요 내 용
규슈 지방	· 쿨 규슈 프로젝트	· 저탄소사회 지향 및 지역 경제 활성화 (에너지, 환경의 종합정책)	· 태양광 등의 클린에너지 사업 추진 및 환경보호의 생활화 · 환경솔루션 선도지역의 형성 및 아시아 환경 비즈니스 선도
규슈지방 (후쿠오카 현)	· 수소하이웨이 · 환경리사이클링 사업	· 클린에너지 사용을 확대 및 환경보호 선도	· 수소타운 건설 및 수소 스테이션 설치 · 환경산업에 따른 인프라 확대
간사이 지방 (효고 현)	· 환경솔루션행동 계획	· 환경 적합형 사회구현	· 환경을 먼저 생각하는 사회구현을 위한 사업자, 소비자 대상의 실천계획 · 온실가스 및 폐기물 배출량 감축 및 친환경재 사용 확대
도호쿠 지방 (이와테 현)	· 구즈마키 신 에너지 선언	· 지역 내 청정에너지를 통한 전력생산의 확대	· 재생가능에너지 활용을 통한 전력생산 · 바이오매스 플랜트 운용 및 친환경 지원정책

<표2-6> 일본 지방 및 현 에너지 관련 정책 및 법률

(5) EU

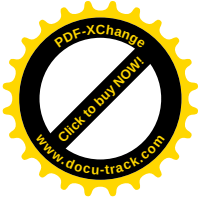
- EU는 기후 및 에너지 포괄 법안(2009. 4)을 토대로 법적 구속력이 있는 기후변화와 에너지관련 목표를 세계최초로 실시할 수 있게 됨



<그림2-7> 유럽의 재생에너지 사업 현황7)

6) 행정안전부 2009

7) ENDS 2010, Renewable Energy Europe



- 법적 구속력이 발생하는 2020년까지를 목표로 온실가스를 1990년 대비 20% 삭감, 재생에너지 비율 20% 증가를 목표로 설정
- 배출량 거래제도(Emissions Trading System, EU-ETS)의 도입, ETS 비대상 배출량에 대한 법적 구속력이 있는 회원국을 대상으로 국가별 목표 설정, 재생가능 에너지원 비율을 증가시키기 위한 법적 구속력이 있는 회원국의 목표를 설정
- 이외에도 CO2 회수 및 저장기술 이용을 법제화하고, 승용차 CO2 배출기준과 연료처리시 발생하는 온실가스 감축 목표를 설정

(6) 프랑스

- 프랑스에서는 사르코지 대통령의 제안으로 지속가능발전에 대한 사회적 합의 도출하기 위해 그르넬(Grenelle de l'environnement) 환경법 추진(' 07.5~)
- 그 과정에 정부, 노조, 기업, NGO, 지방자치단체, 일반국민이 9만명 이상 참여하여 국가, 유럽연합, 범세계 수준에서 이행되어야 할 정책제안을 도출하고 이를 공개토론
- 기후변화, 생물다양성, 환경보건, 지속가능 소비·생산, 생태정의, 지속가능 고용 등 6개 작업반을 구성하고 공청회 등을 통해 사회적 합의 도출
- 그르넬 원탁회의(' 07.10.24~25)에서 종합 정책보고서 채택
- 채택된 제안을 바탕으로 기후변화 대응 종합법인 그르넬 환경법(Loi de programme relatif a la mise en oeuvre du Grenelle de l'Environnement) 수립
- 기후변화, 생물다양성과 자연환경, 환경과 건강에 대한 위험 예방, 모범적 국가, 해외영토에 대한 특별 조치 등의 내용 포함

(7) 영국

- 영국 정부는 2007년 EU정상회의에서 합의한 신재생 에너지 목표치를 중심으로 2020년까지 신재생에너지 비중을 20%까지 높일 계획을 수립
- 또한 2008년에는 그린혁명 계획을 통한 탄소 제로형 국가를 선언하고 ' 기후변화법 ', ' 에너지법 ', ' 계획법 ' 을 통과시켰다. 이 세 법의 계획정책지침을 마련하여 전체적인 계획정책과 2050년까지 온실가스 배출 80%저감, 에너지·기후변화부 신설 등의 내용을 담고 있으며, 이와 관련된 주요 정책은 다음 <표2-7>과 같음

정 책 구 분	정 책 목 표	주 요 내 용
저탄소 경제촉진 정책	· 에너지 효율성 확립 및 환경기준 강화	· 저탄소 기술투자 및 인센티브 강화 · 정부와 산업체의 에너지기술연구소 설립
그린혁명계획	· 2050년까지 전력생산에 있어 화석연료 사용 0%	· 2020년까지 1천억 파운드 투자하여 에너지 공급체계 혁신 · 신재생에너지 발전비중 의무적 확대

정 책 구 분 ⁸⁾	정 책 목 표	주 요 내 용
기후변화법	· 탄소저감을 통한 기후변화방지	· 5년간 ‘ 탄소예산 ’ 도입하여 배출목표 달성방안 제시 · 기업들이 기업보고서에 계획으로 반영
에너지법	· 탄소저감을 위한 신재생 에너지 사용 확대	· 원자력발전시설 개발 보완 및 신재생에너지 확대 · 신기술 적용 지원(탄소포집 및 스마트 미터)
계획법	· 에너지 효율성 제고	· 주택 에너지 효율 문제 제고 · 대규모 에너지 기반시설 보급을 가속화

<표2-7>영국정부의 에너지 관련 주요 정책

- 영국은 도시차원에서 탄소제로 도시사업(Eco-town project)을 추진 중. 가장 대표적인 사례로 런던 Sutton지역 Beddington시의 베드제드(BedZED)는 영국 내에서 단지개발을 통한 탄소제로 도시의 가장 성공적인 사례로 평가됨. 또한 영국은 현재 Bristol 지역의 탄소 제로형 주택보급을 통한 탄소제로 도시 만들기를 추진 중에 있음
- 영국은 지속적인 에너지 수요의 증가가 예상되어(과학기술정책연구원, 2009), 국가나 도시차원에서의 다양한 탄소저감 정책을 추진 중. 영국 정부는 온실가스 저감 및 효율적인 에너지 사용에 대한 중요성을 인식하고 다양한 미래 가능성을 고려한 포트폴리오 접근 방식을 통한 정책 수립을 지향하고 있음⁹⁾

(8) 네덜란드

- 네덜란드는 2020년 EU의 정책목표에 따라 에너지 효율 향상 및 온실가스 감축 등을 중심으로 에너지 정책 목표를 수립. 이 중 ‘ Energy Transition ’의 추진을 통해 2050년까지도 에너지 공급이 지속가능한 시스템이 될 수 있도록 정부와 민간의 협력을 추진 중. 네덜란드에서는 ‘ Energy Transition ’ 외에 2007년 ‘ Clean and Efficient Program ’ 정책을 수립 하였고 정책의 내용은 다음 <표2-8>과 같음
- 네덜란드는 2002년 신도시인 Amersfoort city를 개발함. Amersfoort city는 탄소저감 및 청정에너지 신기술 실현을 목적으로 개발되었으며 계획단계에서부터 태양광 발전을 다양한 분야에 적용하도록 고려됨.
- ‘ Clean and Efficient Program ’ 정책과 신도시 개발 등을 통해 네덜란드는 자연환경을 이용한 청정에너지 기술을 이용하여 탄소저감 및 지속가능한 에너지 사용을 장려. 이는 우리나라의 저탄소 녹색성장 10대 과제 중 하나인 탈석유, 에너지 자립강화의 구체적 방안모색에 참고할 만한 사항임

8) 충청북도 2010 /과학기술정책연구원 2009

9) 과학기술정책연구원, 2009

구 분 ¹⁰⁾	주 요 내 용
지속가능한 에너지 보조금 확대	· 해양풍력, 풍력, 바이오메스 등에 연간 3-5억 유로 지원
세계의 그린화	· 바이오연료 사용 촉진, 그린 투자, 에너지투자 환급확대
열병합 발전의 촉진	· 신규 열병합발전, 건축, 바이오 열병합 발전의 지원 및 촉진
Built environment	· 지열 등 열사용의 촉진, 지속가능 빌딩의 재정적 지원
풍력발전, 바이오메스의 확대	· 해상풍력, 바이오메스 추가건설 및 인증
에너지 인프라	· 철차 간소화, 네트워크 강화, 및 국제적 연결 등에 관한 연구
청정 화석연료	· 대규모 프로젝트 시행, CO2 분리저장의 촉진
에너지, 기후변화 관련 이노베이션	· 이노베이션의 가속화, 데몬스트레이션(demonstration) 촉진 · 부문별 에너지 전환 프로그램의 시행.

<표2-8> Clean and Efficient Program

나. 국내 정책동향 및 분석

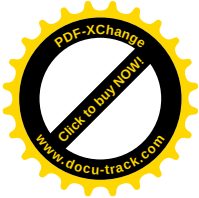
- 한국은 1990년부터 2005년까지 온실가스 배출 증가율이 세계에서 가장 높은 국가로, 세계 10위의 온실가스배출량을 기록하고 있음
- 제조업 중심의 온실가스 다배출 산업구조를 가진 한국의 경우 무리한 온실가스 감축목표 설정은 산업구조의 급격한 전환 및 비용증가에 따른 국제 경쟁력 저하를 야기할 수 있음

(1) 저탄소 녹색성장

정책목표 11)	3대 전략	10대 정책방향	추진방안
2020년 까지 세계 7대, 2050년 까지 세계 5대 녹색강국 진입	기후변화 적응 및 에너지 자립	· 효율적 온실가스 감축	· 탄소를 줄여가는 저탄소 한반도 구현
		· 신 성장 동력 창출	· 에너지 자립도 제고
		· 삶의 질 개선과 · 국가위상 강화	· 효과적 기후변화 적응대책 수립 지원 및 위기대응능력 강화
	신 성장 동력 창출	· 녹색기술개발 및 성장 동력화	· 녹색기술 사업화, 투자의 확대
		· 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성	· 자원 순환형 경제, 산업구조 구축
		· 산업구조의 고도화	· 첨단 융합산업의 육성 및 고부가 서비스산업 육성
	삶의 질 개선과 국가위상 강화	· 녹색경제 기반 조성	· 탄소시장 활성화 및 녹색금융 인 프라 구축
		· 녹색국토, 교통의 조성	· 녹색교통수단의 활성화
		· 생활의 녹색혁명	· 녹색성장 교육 확대 및 국민인식 제고
		· 세계적인 녹색성장 모범국가 구현	· 국제사회기여 및 이미지 정립

<표2-9> 저탄소 녹색성장 3대 전략 및 10대 정책방향

10) 행정안전부 2009, 지식경제부 2011



- 우리나라는 2008년 신 국가 패러다임으로 저탄소녹색성장을 제시. 저탄소 녹색성장은 2020년 까지 세계7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 비전으로 설정되었으며 크게 3대전략, 10대 정책방향이 수립되었고 저탄소 녹색성장의 정책방향은 다음 <표2-9>과 같음
- 저탄소 녹색성장 전략에는 10대 정책 방향에 따라 산림의 탄소흡수량 확충, 석유가스 자주개발을 확대, 수자원 확보 등의 세부 사항을 포함하고 있으며 목표연도와 절감목표 등의 기준을 구체적으로 수립

(2) 1차 국가에너지 기본계획(2008~2030)

(가) 특징

- 에너지 분야의 최상위계획으로서 저탄소 녹색성장 정책을 에너지 분야에서 뒷받침하고, 석유 이후 시대에 전략적으로 대응하기 위한 장기에너지 정책의 비전을 제시
- 에너지 수요 전망과 강력한 절감 목표를 제시하였으며, 환경, 효율, 안보 등 정책목표를 고려한 최적의 장기에너지 공급믹스 도출

(나) 목표

- 에너지를 덜 쓰면서 건실한 성장을 구현하는 사회, 에너지를 쓰더라도 환경오염을 최소화하는 사회, 그린에너지 산업이 일자리와 성장동력을 창출하는 사회, 에너지 위기에도 강건한 에너지 자립 및 복지사회 구현

(다) 추진전략

- 저에너지, 저탄소 생활양식 정착
- 그린카 4대 강국 실현
- 저탄소·고효율 수송시스템 정착
- 건물에너지 효율 등급제 도입
- 에너지제로·탄소중립 건물 개발 및 보급 확대
- 공공건물 에너지 총량제 도입
- 원자력의 역할 강화는 피할 수 없는 선택이므로 원전의 사회적 수용성 제고를 위해 원전건설의 혜택이 주변지역에 직접적으로 확산되는 ‘지역공존형 원전 건설’을 추진하여 주변지역 지원사업을 획기적으로 개선

(3) 기후변화 종합대책(1차~4차) 및 기후변화대응 종합기본계획(안)

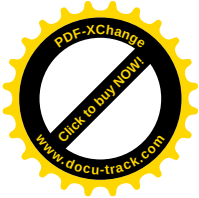
- 우리나라는 1993년 기후변화협약에 가입하고 2002년 교토의정서 당사국이 되었으며, 1998년 국무총리 주관의 기후변화협약 범정부대책위원회 설립됨
- 기후변화협약대책위원회는 1999년부터 4차례에 걸쳐 “기후변화 종합대책”을 수립하였으며, 이러한 기후변화협약 종합대책은 총 4차에 걸쳐 수립, 보완 되었으며 구체적인 내용은 다음 <그림 2-1>과 같이 정리될 수 있음

- 2008년 6월에 수립된 “기후변화대응 종합기본계획(안)”은 온실가스 감축노력 강화, 기후친화산업 육성 및 연구개발 강화, 체계적인 기후변화 예측·적응·홍보 추진, 글로벌 리더십 발휘, 기후변화 추진기반 구축 등 5개 전략별 추진과제 제시



<그림2-8> 기후변화대응 종합대책 및 종합기본계획(안)

- 우리나라 기후변화 협약 종합대책에서 앞으로 보완할 과제로는 각 정책별로 온실가스 감축을 위한 방안을 모색하는 것. 구체적으로는 예상되는 온실가스 감축효과를 추정하여 정책시행을 모색하고 인센티브를 통한 온실가스 감축 참여를 확대하며, 온실가스 배출주체들의 감축계획을 구상하는 것 등이 제시될 수 있음
- (4) 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립 지침(국토해양부, 2009. 7. 15)
 - 도시계획 수립 시 온실가스 저감 등 기후변화에 대응하기 위하여 공간구조, 교통체계, 환경의 보전과 관리, 에너지 및 공원녹지 등 도시계획 각 부문에 대한 지침 제시
 - 온실가스의 배출 감축과 흡수를 유도할 수 있는 도시계획 수립 지침 제시
 - 각급 차원의 도시계획(광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획)에의 적용 방안 제시
- (5) 녹색도시·건축물 활성화 방안(국토해양부, 2009. 11)
 - (가) 내용
 - 녹색도시·건축의 필요성과 의의, 계획요소 명시
 - 추진방향으로 에너지 절약형 도시계획, 자원순환형 도시기반구축, 생태형 도시공간을 명시



- u-eco city나 smart grid에 대한 고려를 통해 녹색도시의 구현을 모색하고, 녹색도시의 해외수출방안 모색

(나) 녹색도시 구상

- 신재생에너지 도입 등을 통해 10개 혁신도시를 광역경제권별 녹색성장 거점 도시로 발전할 수 있도록 개발
- 강원도 강릉시를 대상으로 저탄소 녹색도시 시범사업 추진 중(환경부, 국토해양부 공동)
- 2012년까지 경포지구를 세계적인 모범도시로 조성하고, 가시적 성과를 토대로 녹색도시의 전국적 확산을 유도
- 5+2 광역경제권별로 지역 특성에 맞는 녹색성장 거점도시 조성을 위한 기존도시 재생형 녹색도시 시범사업 추진

(6) 2009년 이후 기타 녹색기술관련 정책

- 2009년에 수립된 녹색뉴딜사업은 녹색경제를 이용한 일자리 창출을 통한 경제위기 극복 및 경제성장을 위해 수립된 정책으로 녹색뉴딜사업은 산림 바이오매스, 자원재활용, 녹색 생활공간 조성이 주된 내용이며 수변 환경 정비, 하이브리드 카 기술개발 확보 등을 세부 내용으로 담고 있음
- 2009년 녹색기술연구개발 종합대책(안)이 수립. 녹색기술연구개발 종합대책(안)은 녹색과학기술 역량을 높이고 녹색산업 기술 강화를 통한 일자리 창출을 통해 선진국 수준의 경쟁력을 확보하는 것을 목표로 함. 이 계획은 전통적 기술(재생에너지, 청정에너지 등)과 신기술(정보기술, 생명공학기술, 나노기술 등) 개발의 투자를 확대하고 녹색기술의 인프라 구축이 기본적인 발전 전략
- 신성장동력 종합추진계획은 2009년 수립되었으며 3대 분야 17개 신성장동력으로 구성. 17개 신성장 동력은 앞으로 3년 이후 단기적으로 가시화될 예정이며 민간의 적극적인 참여를 통한 정책의 효율성을 높이는 것이 목적 정부는 이 정책에 5년간 24조 5천억원을 투입할 예정인데 투입분야는 첨단융합산업, 녹색기술산업, 고부가 서비스 산업 등이 해당함

2. 국내외 경제동향 및 분석

가. 시장환경

(1) 기후변화와 에너지 위기에 따른 녹색·탄소경제의 등장

- 기후변화에 원인이 되고 있는 에너지 소비에서 발생된 온실가스 배출에 대한 권리를 시장 논리에 적용하여, 온실가스 배출권에 대한 경제적 가치를 부여하는 구조. 즉, 온실가스를 배출하기 위해서는 그에 상응하는 비용을 지불해야 한다는 개념 등장
- 교토의정서에서 감축의무를 규정함에 따라 선진국들이 교토의정서에서 할당받은 온실가스 감축량을 자국 내에서의 노력만으로 달성하기 위해서



는 막대한 비용이 소요될 것으로 예상되기 때문에 비용 대비 효과적인 방법으로 교토메커니즘을 채택

- 교토메커니즘은 Annex B 국가들이 비용대비 효과적으로 교토의정서의 감축의무 목표를 달성할 수 있도록 시장원리에 입각한 새로운 온실가스 감축수단으로 공동이행제도(JI : Joint Implementation), 청정개발체제(CDM : Clean Development Mechanism)와 배출권거래제(ETS : Emission Trading Scheme)를 포함

구 분	주요 내용
공동이행제도 (JI : Joint Implementation)	· 온실가스 감축 비용이 높은 선진국은 비용이 상대적으로 싼 다른 의무 감축국과 공동으로 사업을 벌여 온실가스를 줄일 수 있는 제도
청정개발체제 (CDM : Clean Development Mechanism)	· 선진국과 개도국이 공동으로 추진하는 온실기체 감축사업으로 CDM 사업을 통해 선진국은 개도국에서 온실가스를 줄일 수 있게 되어 자국의 감축 비용을 최소로 낮출 수 있고, 개도국은 친환경 기술에 대한 해외 투자를 받게 되어 자국의 개발을 지속가능한 방향으로 유도할 수 있는 제도
배출권거래제 (ETS : Emission Trading Scheme)	· 온실 기체 감축의무가 있는 사업장, 혹은 국가 간 배출 권한 거래를 허용하는 것으로 탄소배출권을 시장에서 거래할 수 있게 하는 제도

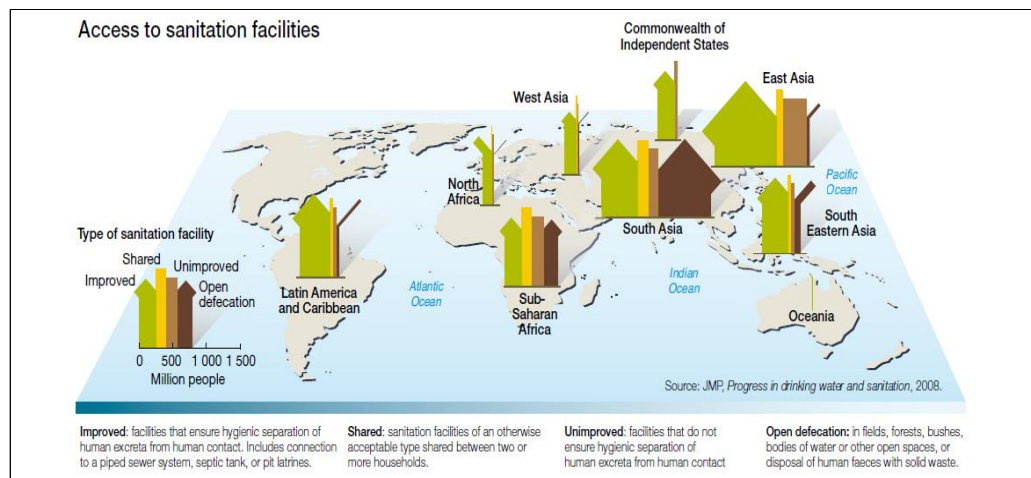
<표2-10> 교토메커니즘

(2) 녹색경제 현황 및 예측

- 녹색경제 관련분야에서는 2050년 3조 달러 이상의 부가가치를 창출하고, 2,500만명의 고용을 창출할 것으로 예상됨
 - 유럽과 일본 등 환경선진국들이 녹색기술에 대한 개발 및 투자와 함께 규제에 대한 국제적 합의도출에 강한 드라이브를 걸고 있음
 - 국제규제에는 미온적인 미국마저도 경기침체를 극복하기 위한 ‘ 신뉴딜 정책 ’ 차원에서 녹색성장에 적극 나서고 있으므로 우리나라 역시 기술 개발 및 투자를 늦출 수 없음
- 탄소배출권 시장
 - 2002년 런던 증권거래소에서 온실가스 배출권 거래 시작
 - 2005년 독일, 노르웨이에서 배출권 거래
 - 2008년 말 기준 전 세계에 약 10여개 이상의 탄소배출권 거래소가 운용되고 있으며, 허용량 시장과 프로젝트 시장을 포함하여 전 세계적으로 1,264억 달러의 탄소배출권이 거래되었는데, 이는 2005년도의 110억 달러 대비 11배가 증가한 수치임
 - World Bank(2009)는 탄소배출권 시장의 규모가 2006년 301억 달러(전년 대비 2.8배), 2007년 640억 달러(전년 대비 2.1배)로 급속히 성장했고 2010년에는 1,500억 달러로 2006년 대비 5배 성장할 것으로 분석
 - 2020년 전세계 온실가스 시장 규모는 1조유로(1,500조원)에 이를 것으로

예측(LG 경제연구원, 2008)

- 우리나라는 OECD 국가 중 온실가스 배출량 6위, 배출량 증가율 1위를 기록하고 있어 현재 교토의정서상 온실가스 의무감축국은 아니지만 주요 온실가스 배출국가로 2013년부터의 포스트 교토 체제하에서는 의무감축국으로 편입될 것이 거의 확실시 됨
- 신재생에너지 시장
 - 전세계 시장규모가 2007년 773억 달러에서 2017년 2,545억 달러로 성장할 것으로 예상됨
 - 국내 대체에너지 시장의 경우 정부의 대체에너지보급사업 등으로 꾸준히 증가하는 추세이나 산업화에 많은 투자가 소요되며 가격경쟁력이 없어 기술발전과 적용방안이 더 연구되어야 함
- 청정공급시설 시장
 - WHO/UNICEF에 의하면 2005년 기준 전 세계적으로 약 26억명에 해당하는 인구가 충분한 위생적 공급시설의 혜택을 받지 못하고 있음.
 - 2007년 유럽연합 보고서에 의하면 인구 15만 이상 유럽의 대도시 중 60% 정도만이 하수처리시설이 보급되어 있고 장래 청정공급시설의 공급처는 다음 <그림2-9>과 같이 개발도상국을 중심으로 상당히 많은 것으로 추정할 수 있음.



<그림2-9> 전세계 공급처리시설 접근가능 인구 현황

- 물 관련 기반 시설의 공급 시장은 주로 기존의 재래식 처리시설에 비하여 3km 이내의 하수도 시설 혹은 분산형 처리시설의 도입은 25%의 비용절감 효과를 나타내며, Zero emission 개념의 처리 시스템 도입으로 그 경제적 가치는 더욱 크게 나타날 것으로 예측됨.
- (3) 세계 녹색건설 시장 전망
 - 세계 건설시장은 2007년 기준 약 4.6조 달러로 추산되며, 글로벌 금융위기에도 불구하고 연평균 3.4%씩 성장하여 2012년에 5.5조 달러 규모가 될 것으로 전망
 - 지속가능한 개발 개념의 확산과 지구온난화 및 기후변화 이슈화로 선진



국의 건설산업은 지속가능(Sustainable) 또는 녹색건설산업으로 빠르게 변화되고 있음

- 유럽연합(EU) 집행위원회는 2006~2020년 기간을 대상으로 전망한 혁신적인 시장 잠재력을 가진 6개 분야를 제시
 - 6개 분야 중 '지속가능한 건설 시장' 과 '재생에너지 시장'이 2020년 가장 큰 시장규모를 가질 것으로 예측
 - 2020년 지속가능한 건설 시장의 규모는 2006년보다 3배 이상 증가한 790억 유로(약 150조원)로 전망

(단위:백만달러,%)

	2007	2012	2020	2030	연평균증가율 (2007~2030)
세계건설시장	4,623,100	5,464,318	7,140,000	9,975,000	3.4
세계녹색건설	126,259	199,671	415,719	1,039,695	9.6

<표2-11> 세계시장규모 전망

- 건설시장은 유럽연합 국내 총생산의 10%, 최종에너지 소비의 42%, 전체 온실가스배출원인의 35%를 차지함
 - 전 세계 녹색 건설시장은 녹색빌딩 시장 위주로 형성되고 있으며 아직 까지 미국과 유럽이 중심에 있음

(4) 국내 녹색건설 시장 전망

- 대규모 공사 수주액 기준으로 생태공간 조성 등 녹색도시 관련 기술 적용 분야의 2007년 국내 건설시장 규모는 868억 달러임
 - 세계 건설시장과 동일한 성장률을 적용할 경우 2012년 1,026억 달러, 2030년 1,874억 달러로 성장 예상
 - 녹색도시 관련 기술이 적용될 분야의 녹색건설 시장 규모는 2012년 384억 달러, 2030년 700억 달러 정도로 추산됨

구분	공급량				
	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
공급량(천ton)	2,127.3	2,453.2	2,917.3	4,436.4	5,038.8
전년대비증가율(%)	12.1	15.3	118.9	52.1	13.6
대체에너지공급률(%)	1.1	1.2	1.4	2.1	2.3

<표2-12> 연도별 총 대체에너지 공급량

(단위:백만달러,%)

구분		2007	2012	2020	2030	비고
국내 건설수주액		86,864	102,669	134,154	187,417	성장률3.4%
	주택	47,975	56,704	74,094	103,551	-
	토지조성	3,991	4,724	6,173	8,624	-
	도로 및 교량	7,245	8,563	11,189	15,631	-
	상하수도	1,190	1,407	1,838	2,568	-
녹색건설		3,020	41,813	52,558	69,950	-
	녹색주택	2,399	33,208	41,711	55,555	-
	생태적 토지조성	200	2,767	3,478	4,628	-
	생태 도로	362	5,015	6,304	8,389	-
	생태적 물순화	60	824	1,036	1,378	-

<표2-13> 국내 녹색건설 시장 전망

(5) 국내 녹색성장 관련 시장환경 변화 전망

- 상기 계획목표를 실현하기 위해 정부가 책정한 재정투자 계획은 다음 과 같음
 - 녹색성장 지원을 위해 총107.4조원(' 09~ ' 13)의 예산 소요 추정
 - GDP의 연평균 약 2% 수준의 재정투자 목표

	2009	2010~2011	2012~2013	증가율(%)
계(조원)	17.5	48.3	41.5	10.2
기후변화 적응 및 에너지 자립	8.6	29.2	19.2	14.0
신성장동력	4.8	10.7	13.1	9.4
삶의 질 개선과 국가위상 강화	5.2	10.5	12.2	3.6

<표2-15> 녹색성장을 위한 연차별, 분야별 재정투자 계획

- 상기 계획목표의 실현에 따른 경제적 기대효과는 다음과 같음
 - 2009~2013년간 약182~206조원의 생산유발효과 예상
 - 이는 연평균 36.3~41.2조원 수준으로 2009년 추정 GDP의 약3.5~4.0%
 - 2009~2013년간 총118~147만명 고용유발효과 예상
 - 이는 연평균 23.6~29.4만명 수준으로 '09년 ¼분기 전체 실업자의 26.0~32.4%에 달하는 수치임
- 「녹색성장 국가전략 및 5개년계획」에서 제시하고 있는 국내시장의 현황 및 예상 규모는 다음 표와 같음

* GDP 1천불을 생산하기 위해 소비된 에너지량(TOE)

구분		2009	2013	2020	2050
에너지	탈석유·에너지자립강화 투자(조원)	2.8	3.6		
	신재생에너지보급율(%)	2.7	3.8	6.08	30
	에너지자립도(%)	32(추정치)	42	50	100
	에너지 원단위(TOE/천\$)*	0.317		0.233	0.101
	자원순환율(%)	15	17	17.6	19.8
온실가스	효율적온실가스감축 투자(조원)	1.0	1.3		
	국내 탄소시장(조원)	-	0.5	2	5
	탄소 정보 공개도(%)	10	40	60	80
	산림 탄소 저장량(백만tCO ₂)	1,452		1,854	2,465
	국가 산림자원 총량(백만m ³)	862		1,087	1,431
녹색국토도시	녹색국토·교통의 조성 투자(조원)	4.7	5.9		
	UN 녹색 우수 도시 조성(개)	-		5	10
	그린 산업단지(개)	5	10	20	45
	생태 보호지역 면적(만ha)	10	12	15	25
	대중교통분담률(%)	50	55		
	철도여객수송분담률(%)	18	22	26	30
	자전거교통수단분담률(%)	1.5	5	10	20
	전국자전거 네트워크(km)			3,114(2018)	
	녹색마을센터(개)	-	100	500	1,000
	그린 홈 100만호, 신재생 에너지 우수마을 200개, 저탄소 녹색마을 600개 조성				
녹색기술	녹색기술개발 및 성장동력화 투자(조원)	2.0	2.8		
	정부 R&D 투자 중 녹색 R&D 비중(%)	16	20	25	
	산업의 녹색화 및 녹색산업육성 투자(조원)	0.8	1.0		
	녹색기술 세계시장 점유율(%)	2	8	10	18
	녹색기술 투자비중(%)	16	20	25	30
	주력산업 녹색기술수출 비중(%)	10	15	22	35
	IT융합산업수출액(억\$)	755		1,443	3,489
에너지	생활의 녹색혁명 투자(조원)	0.4	0.4		
	녹색가구(만 가구)	16		150	400
	초·중·고교 녹색성장 관련교과 선택 비율(%)	10		30	80

<표2-14>국내 시장현황 및 추이 예측

(6) 녹색경제 기반 조성을 위한 정부의 움직임

- 배출권 거래제도 도입 및 탄소시장 활성화 추진을 위한 계획으로 거래제 운영방식과 구성 요소별 주관기관 등 배출권거래제 기본추진 계획 마련, 배출권거래제 시행에 필요한 배출권거래제법 제정 추진, 국제협상 추이 등을 고려하여 시범사업 실시 본격 도입, 탄소 전문금융기관 설립 및 해외 배출권사업(CDM 등)지원 계획
- 녹색기술·산업에 대한 정책자금 지원 확대 방안으로 국책은행과 모태펀드의 지원, 민관 매칭펀드 조성 등 녹색기업에 대한 여신 및 투자를 확대하고, 녹색기업에 대한 정책보증 확대 및 우대, 녹색기술·산업의 해외수출 촉진을 위한 수출보험의 지원 계획



- 유가증권 · 코스닥 유망 녹색기업 대상 주가지수 개발하고, 녹색금융투자업 육성 및 녹색기업 분석평가체계의 강화 계획
- 기업 녹색경영 정보를 공개, 금융기관의 정보 활용 유도를 위해 기업의 상장 · 경영공시 여건 등에 ESG(Environment, Social, Governance)요소 반영을 검토하고, 기업의 환경정보 및 해외 금융상품정보 지원 체계 구축을 계획
- One-Stop 종합 녹색은행 설립을 검토 하여 탄소배출권 및 녹색산업의 산업개발자금 지원, 수출금융, 환율헷지, 보증 등 종합 녹색금융 서비스 제공을 계획
- 에너지 · 자동차 관련 세제를 환경 친화적 세제로 개편하고, 친환경상품, 친환경자동차 등에 대한 세제 지원 확충을 위해 환경마크 · GR마크 등 친환경상품에 대한 세제 지원방안 검토
- 온실가스 감축 지원 및 규제 개선, 녹색등급 · 인증 등 녹색 상품 생산, 구매 촉진 제도 마련을 위해 선진국 수준의 자동차 연비기준, 온실가스 배출허용 기준 도입 및 기업의 온실가스 감축활동에 대한 인센티브 등을 제공하고, 생산 · 운반 · 사용 · 폐기 등 전 과정에서의 CO2 발생량을 표기하는 탄소라벨링 인증제품 점진적 확대하며, 에너지소비제품 온실가스 배출량 표시 및 건물 에너지 효율을 평가하는 녹색건축물 등급 · 인증제의 도입 계획
- 저소득층 주택 에너지효율 개선, 고효율 조명기기 도입 등 기초에너지 안정적 사용 지원을 위해 저소득층 거주 주택의 냉 · 난방 효율을 제공함으로써 에너지비용의 근원적 절감 및 사회복지시설의 노후화된 에너지 설비를 신재생에너지 설비로 교체하는 등 환경친화적 개보수를 지원하기로 하였고, 에너지빈곤 개념 및 에너지빈곤층 선정기준 확립 등을 통한 에너지 복지 사각지대 해소를 위해 에너지 빈곤가구 비중을 현재 7.3%에서 2013년까지 5%로 감축 추진
- 그린 사회적 기업 집중 육성을 통한 신규 녹색일자리 창출을 위해 Green 사회적 기업을 2013년까지 300개를 신설하고, Green 자격증 도입 및 녹색노동시장 정보체계화를 통한 고용 원활화 도모를 계획
- 대학 · 출연연 공동 연구센터, 녹색기술 분야 선도 연구센터 등을 육성 · 지원하고, 기후변화 대응, 신재생 에너지 등 녹색기술 · 산업 분야 특성화 대학원 육성 지원을 통한 고급인력 양성을 추진

· 산업구조 및 경쟁력

(1) 기후변화 대응 혁신적 경제

- 2008년 지구환경보고서는 지속가능한 경제를 위해서는 탄소 경제 (Carbon Economy)라는 혁신적 변화를 제시함. 즉, 화석 연료에 의존하는 경제에서 탈화석 연료에 의존하는 경제로의 혁명적 변화를 없이는 더 이상의 경제력은 없을 것이라고 지적함



- 덴마크는 2007년 풍력으로 전기의 21%를 생산하였으며, 특히 서부지역은 첨두수요의 100% 이상 생산 함. 유럽의 태양에너지 생산 80%이상을 차지하고 있는 독일의 4개 주는 풍력으로 전기의 40% 이상 생산하는 등 재생가능에너지 산업의 지속적 증가를 나타내고 있음. 독일항공우주센터(German Aerospace Center)의 보고서에 의하면 2030년까지 20경제대국 중 13개국에서 재생가능에너지가 전기의 최소 40%를 공급할 것이며, 2050년까지 전력의 최소 50%, 일부국가는 90%까지 공급하게 될 것으로 예측 함¹²⁾
- 이처럼 재생에너지 잠재력을 개발함으로써 화석연료에서 탈피하여 기후변화의 위협을 줄이고 더욱 안전하고 오염이 적은 에너지 시스템 개발이 전세계적 추세이며, 이는 새로운 산업구조와 성장동력과 더불어 미래의 새로운 경쟁력을 제시하고 있음
- 탄소시장은 탄소배출을 줄이기 위해 시장의 힘을 동원하는 구상으로 온실가스 감축단위(emissions reduction unit)를 국제탄소시장 서로 사고팔 수 있는 제도로 영국국영석유회사(BP)등 산업계가 이 제도를 받아들이면서 시작됨.¹³⁾ 2005년초부터 시작된 유럽배출권 거래제(ETS), 자발적으로 만들어진 시카고 기후거래소(Chicago Climate Exchange)등이 운영되고 있으며, World Bank(2009)는 탄소배출권 시장의 규모가 2006년 301억 달러(전년 대비 2.8배), 2007년 640억 달러(전년 대비 2.1배)로 급속히 성장했고 2010년에는 1,500억 달러로 2006년 대비 5배 성장할 것으로 분석, 2020년 전 세계 온실가스 시장 규모는 1조유로(1,500조원)에 이를 것으로 예측 함 (LG 경제연구원, 2008)

(2) 기후변화 대응 혁신적 산업

- 기후에너지 시대가 등장되면서 산업분야의 변화가 가장 빠르게 변화하고 있으며, 기술분야의 경쟁력은 바로 위와 같은 변화에 얼마만큼 혁신적으로 대처하느냐에 결정됨. 특히 ' 제2의 산업혁명 ' 또는 ' 6차 물결 ' 이라는 불리우는 새로운 산업은 바로 탈화석 연료기술인 녹색기술이 중심이 되고 있음¹⁴⁾ (그림2-10참조)
- 저탄소, 무탄소 에너지 관련 산업의 대표적인 재생가능에너지이며, 이 분야에 산업구조와 경쟁력 전 세계에서 가장 선도국인 된 독일은 1990년 초 재생가능에너지 산업이 없었지만 10년 후인 2000년 전기의 6.3%를 재생가능에너지로 생산하고 2020년까지 30%를 목표로 하고 있음. 독일이 산업구조 변화와 세계 최고의 경쟁력을 확보하게 된 것은 확고한 판단과 효과적인 제도가 있었기에 빠르게 성공적 결과를 얻을 수 있었음
- 정부는 제2차 그린에너지 로드맵에서 그린에너지 세계시장 점유율을 현재 1.2% 수준에서 2030년 18%까지 확대 목표를 수립하고 고용창출 150만명,

12) 월드워치연구소 2009

13) Giddens, Anthony 2009

14) Pietsch, Juergen 2011

내수시장 창출 94조원, 해외수출 328조원, 탄소저감 2.1억톤의 기대효과를 예측하고 있음¹⁵⁾

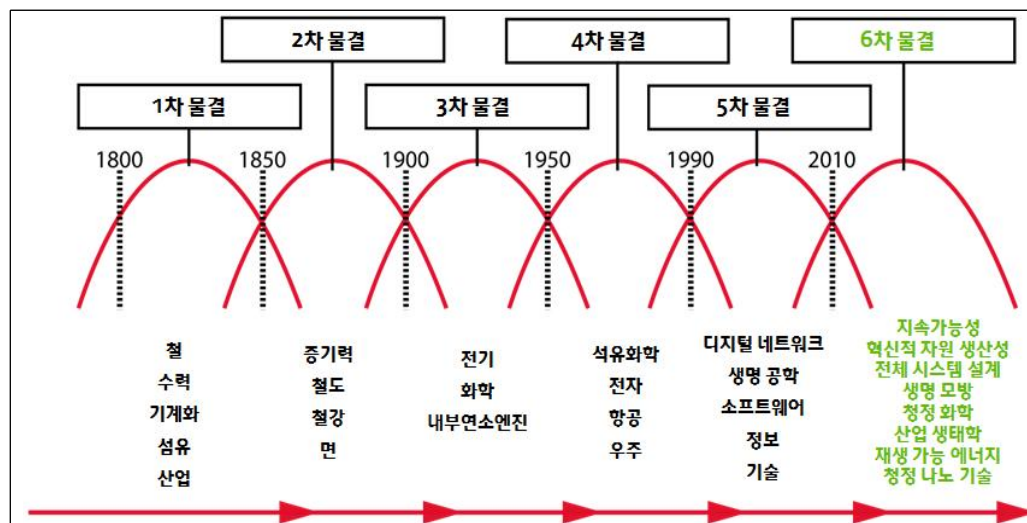
- 따라서 기후변화와 에너지 위기에 대처하기 위해 산업구조의 혁신적 변화와 그린에너지 로드맵과 같은 정부정책이 마련됨으로서 높은 국내·외적 경쟁력 확보가 예상되며, 이는 탄소중립도시를 목표로 하는 Smart Green City 조성 및 해외수출사업에도 커다란 영향이 기대됨

3. 국내외 기술개발 동향 및 분석

가. 특허분석

(1) 탄소중립형 Smart Green City 기술 분야의 특허등록 추세

- Smart Green City 기술 분야에서 한국은 2000년 초부터 서서히 증가하는 추세이며, 2004~2005년에 다소 출원량이 감소했으나 현재까지 상승하는 추세를 보이고 있음
- 일본은 유효데이터인 1996년 이전에도 상대적으로 활발한 특허활동을 하고 있었으며, 최근까지도 출원활동이 유지되는 추세를 보이고 있음



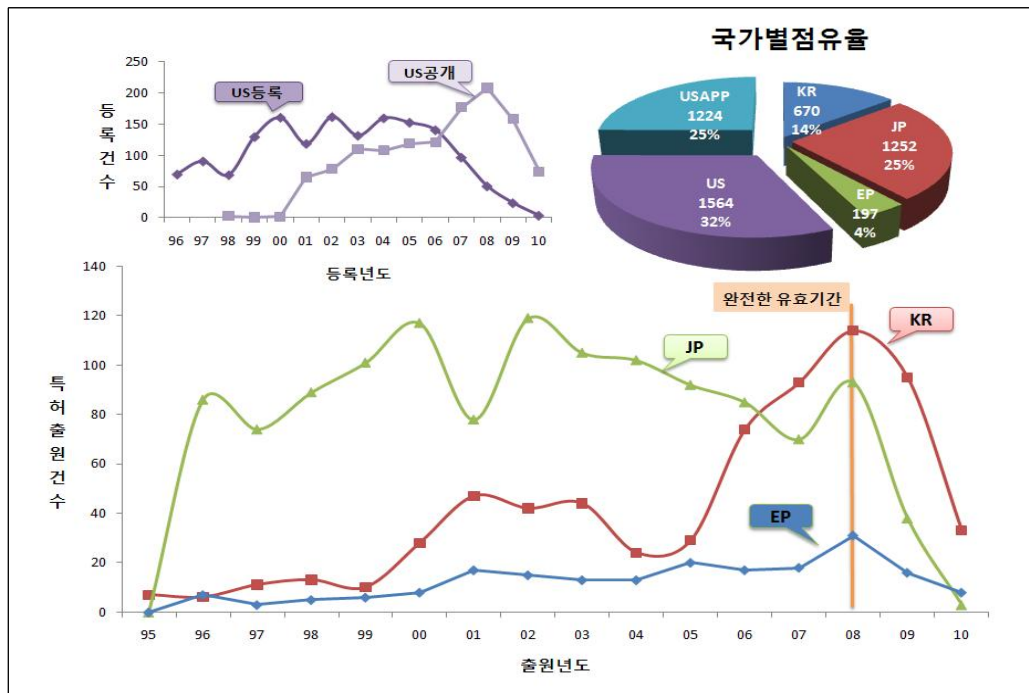
<그림2-10> 혁신의 물결

- 미국에서는 위에서 언급한바와 같이 등록특허와 공개특허로 구분되어 미국등록특허의 경우 최근에 하향추세를 보이는 것처럼 보이지만 실제로는 가장 활발한 활동을 보이는 것으로 나타났으며, 유럽에서는 상대적으로 저조하지만 꾸준한 특허활동을 보이고 있는 것으로 나타남

(2) Smart Green City 기술 분야의 특허점유율

- 주요국 전체특허에서 미국이 57%, 일본이 25%로 상대적으로 높은 점유율을 나타내고 있으며, Smart Green City 기술 분야에서 선도국임을 알 수 있음

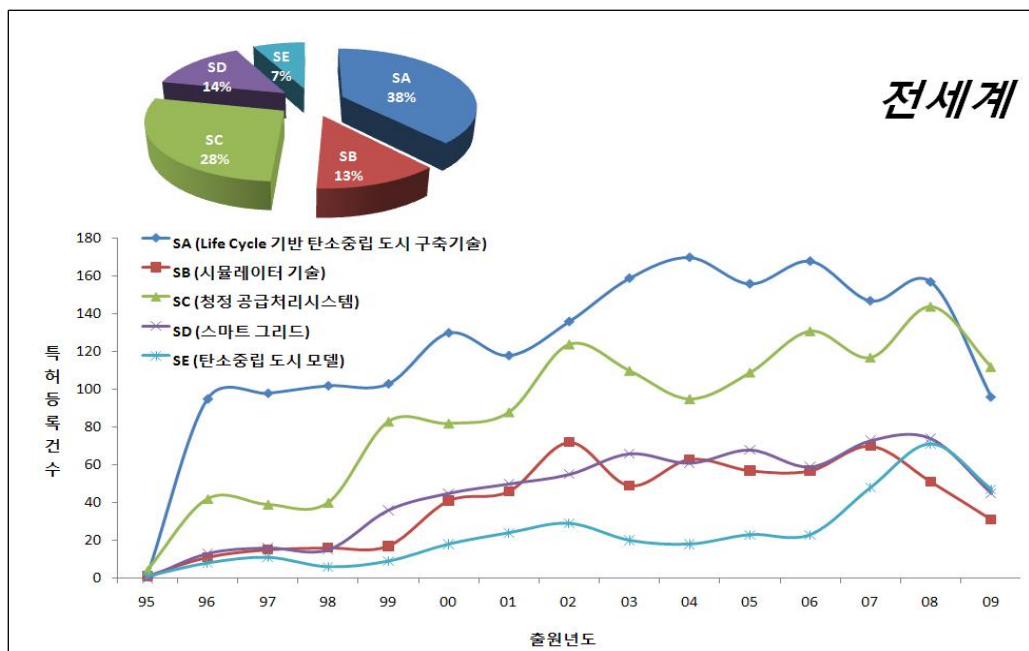
15) 지식경제부 2011



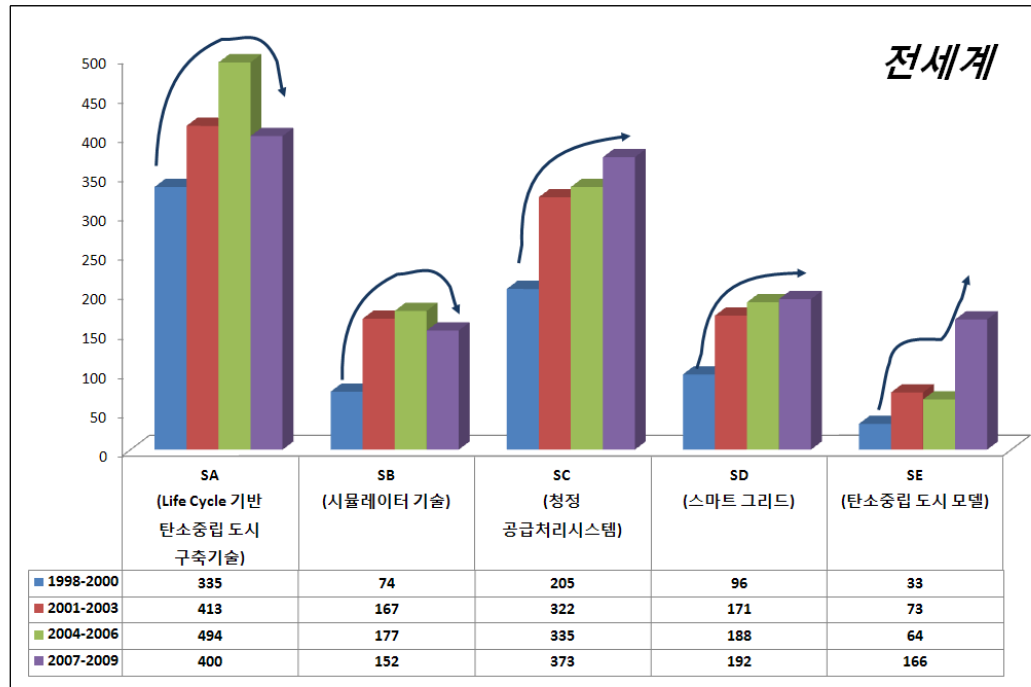
<그림2-11> Smart Green City 기술 분야 특허출원 동향

(3) Smart Green City 기술 분야의 출원동향

- 전 세계의 기술분야별 출원동향을 살펴보면, Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야의 특허활동이 가장 활발하게 나타나고 있으며, 또한 90년대 중반 이전부터 지속적인 특허활동을 하고 있는 분야는 Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야와 청정 공급처리시스템(SC) 분야인 것으로 보여지며, 첨단 무탄소도시 기술 전반적으로 상승추세를 보이고 있음



<그림2-12> Smart Green City 기술 분야 특허등록 동향

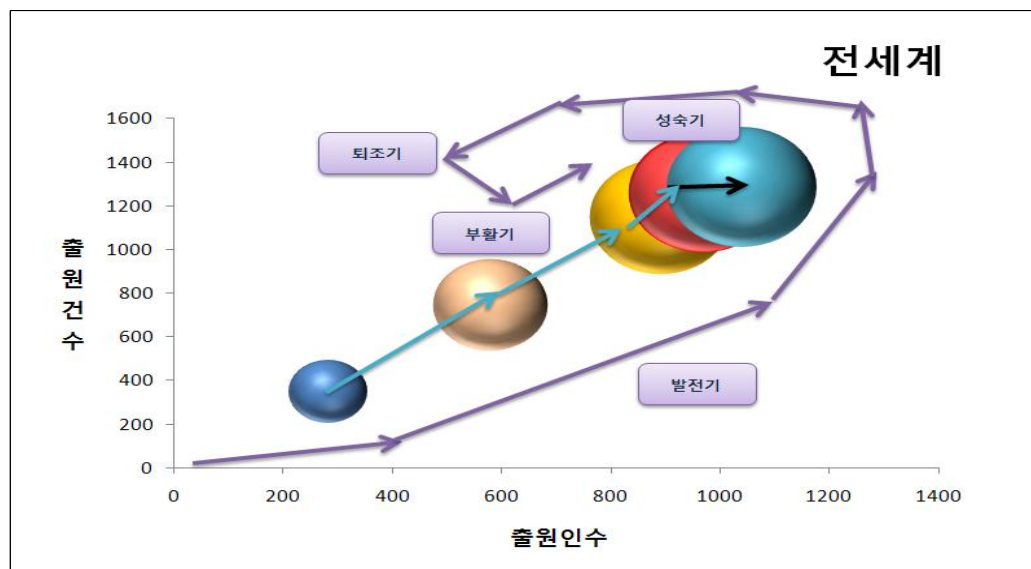


<그림2-13> Smart Green City 기술 분야별 특허출원 동향

- 전체 특허동향을 살펴보면, Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야가 38%의 상대적으로 높은 특허점유율을 보이고 있으며, 뒤이어 청정 공급처리시스템(SC) 분야가 28%, 스마트 그리드(SD) 분야가 14%, 시뮬레이터 기술(SB) 분야 및 탄소중립 도시 모델(SE) 분야가 7%의 점유율을 나타냄

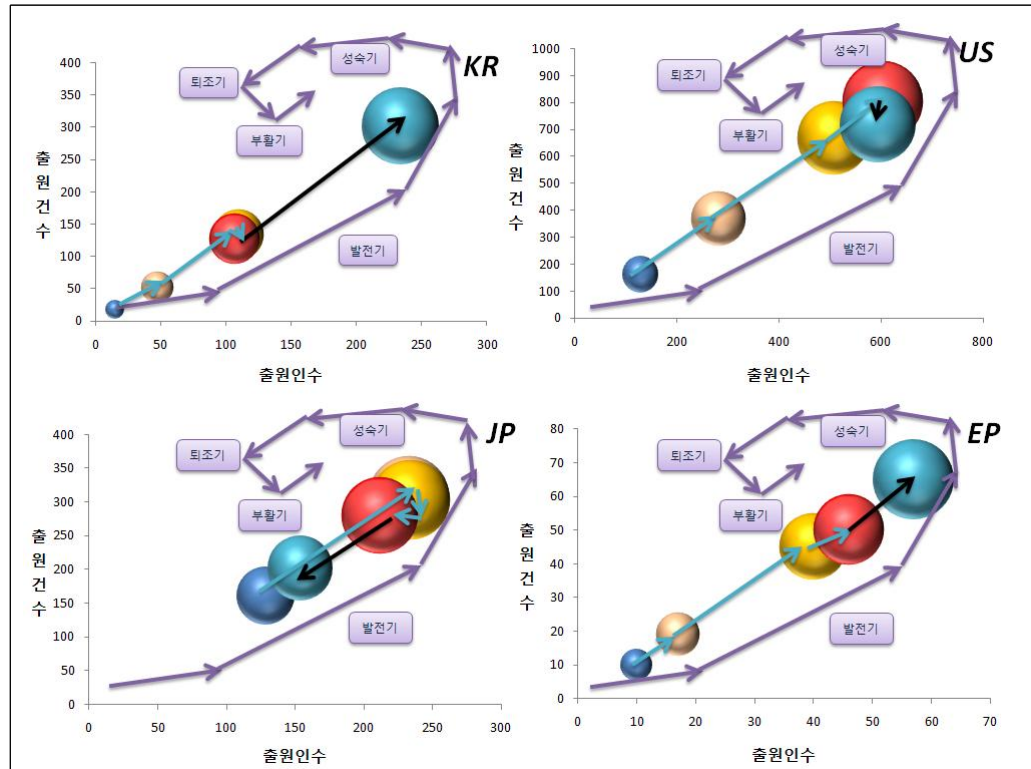
(4) Smart Green City 기술 분야의 포트폴리오

- 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 한국특허와 유럽특허는 전형적인 성장기 단계에 있는 것으로 나타났음



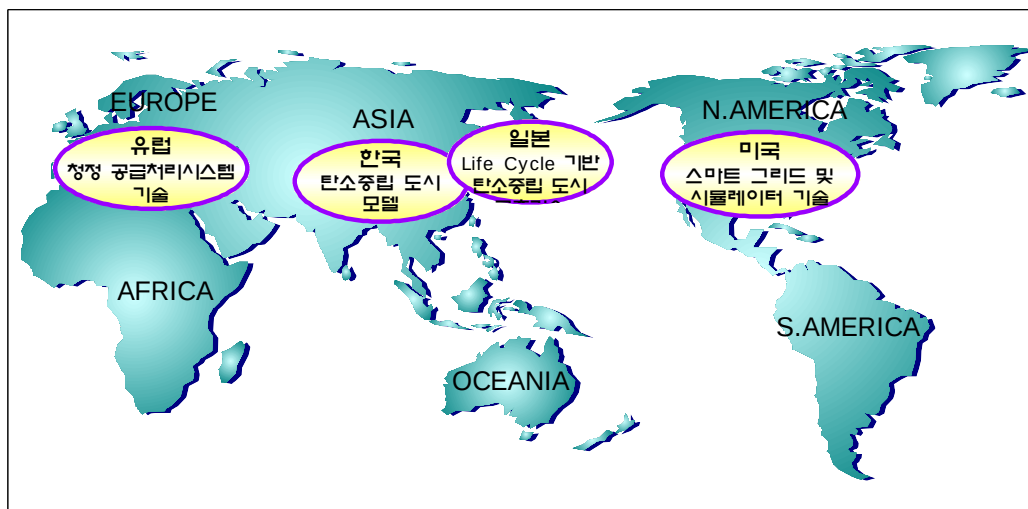
<그림2-14> 전세계 Smart Green City 조성기술 특허 포트폴리오

- 미국특허는 발전기와 성숙기 단계를 거치는 양상을 보일 것으로 예상되며, 일본특허는 발전기에서 갑자기 퇴조하는 모습을 보이고 있는 것으로 보여지나, 2004년도부터 출원량이 증가하는 추세를 고려한다면 부활기의 단계를 거칠 것으로 보여짐



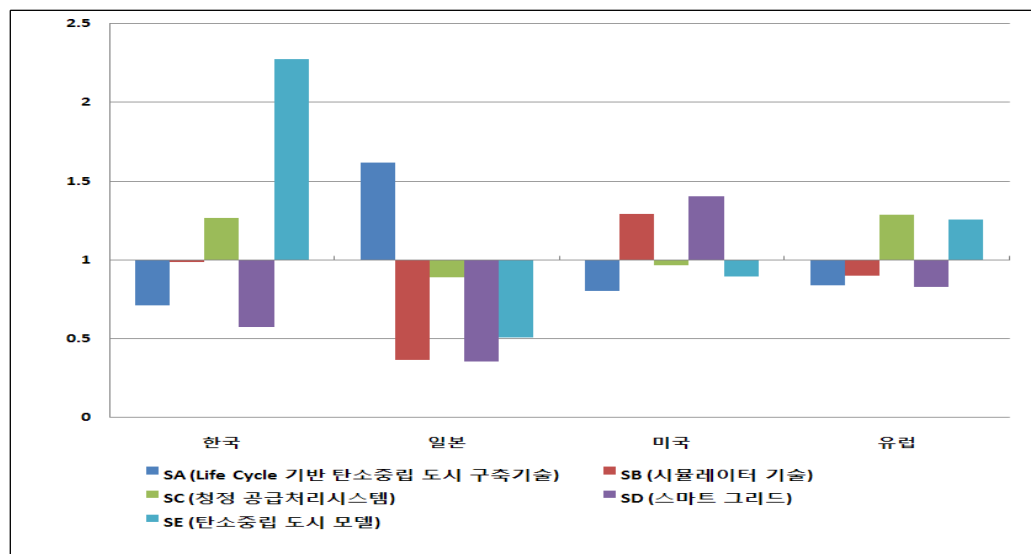
<그림2-15> Smart Green City 조성기술 특허 포트폴리오(한국, 미국, 일본, 유럽)

(5) 주요국별 기술역점분야



<그림2-16> 주요국별 기술역점 분야

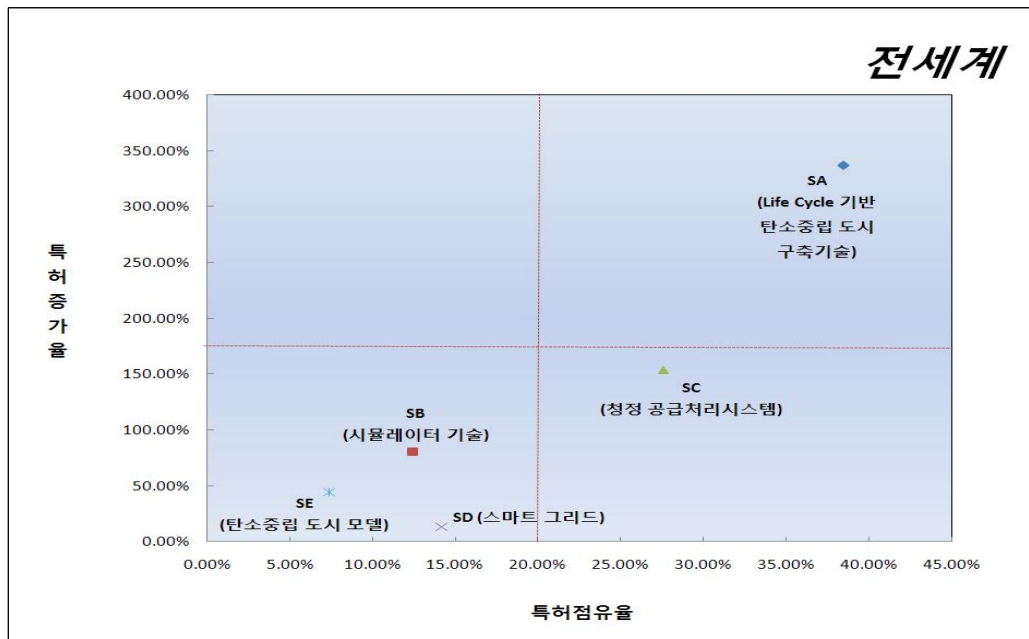
- 한국은 탄소중립 도시 모델(SE) 분야가 상대적으로 활동이 활발한 역점분야이며, 일본은 Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야가 타국가, 타 기술분야와 비교해 상대적으로 활발한 특허활동을 하는 것으로 보임
- 미국은 스마트 그리드(SD) 분야와 시뮬레이터 기술(SB) 분야에서도 상대적으로 활발한 특허활동을 하는 것으로 나타나며, 유럽은 청정 공급처리시스템(SC) 분야에서 상대적으로 특허활동이 가장 활발한 역점분야인 것으로 나타남



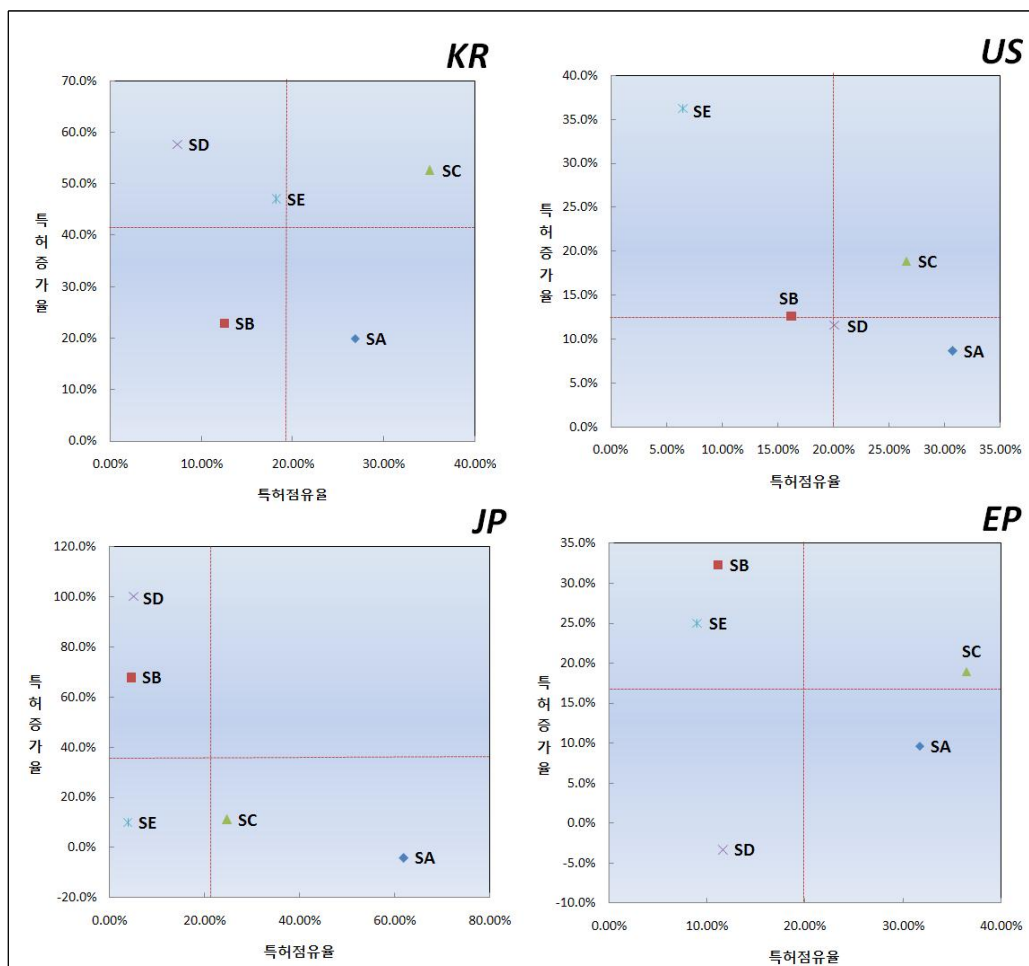
<그림2-17> 주요국별 기술역점 분야

(6) 전세계 Smart Green City 부문별 특허점유율

- 전세계적으로 지속적인 관심을 받고 있으며 꾸준히 연구개발에 힘쓰는 분야는 Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야로 나타났으며, 최근에 다소 특허출원이 감소추세에 있는 기술 분야는 청정 공급처리시스템(SC)분야로 나타났음
- 시뮬레이터 기술(SB) 분야, 스마트 그리드(SD) 분야 및 탄소중립 도시 모델(SE) 분야는 기술 도입기의 기술로서 최근의 기후변화와 더불어 기술 수준의 상승으로 대두되고 있으며, 최근에 꾸준한 연구개발이 이뤄지고 있음



<그림2-18> 전세계 Smart Green City 부문별 특허점유율

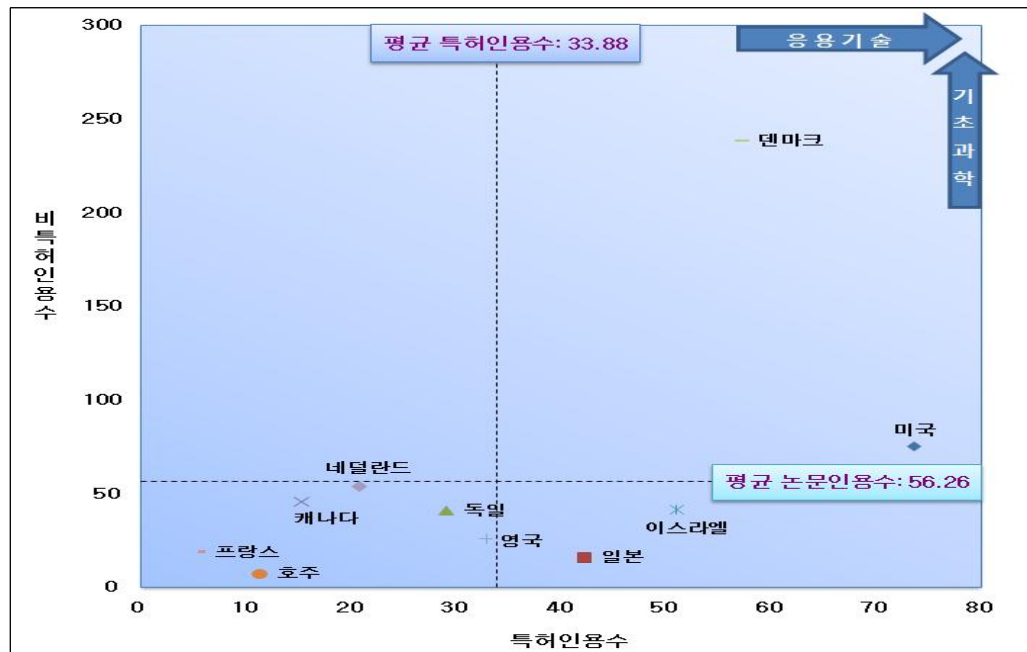


<그림2-19> Smart Green City 부문별 특허점유율(한국, 미국, 일본, 유럽)

- 한국에서는 최근에 가장 활발한 특허활동을 하고 있는 기술분야는 스마트 그리드(SD) 분야와 탄소중립 도시 모델(SE) 분야이며, 미국에서는 시뮬레이터 기술(SB) 분야와 탄소중립 도시 모델(SE) 분야임
- 일본에서는 시뮬레이터 기술(SB) 분야와 스마트 그리드(SD) 분야이며, 유럽에서는 시뮬레이터 기술(SB) 분야와 탄소중립 도시 모델(SE) 분야로 나타나는 등 기술 선도국이라고 할 수 있음
- 미국, 일본, 유럽에서는 공통적으로 시뮬레이터 기술(SB) 분야에 관한 연구개발이 활발하며, 한국, 미국, 유럽에서는 공통적으로 탄소중립 도시 모델(SE) 분야에 최근 특허활동이 활발함

(8) 국가별 연구개발 방향

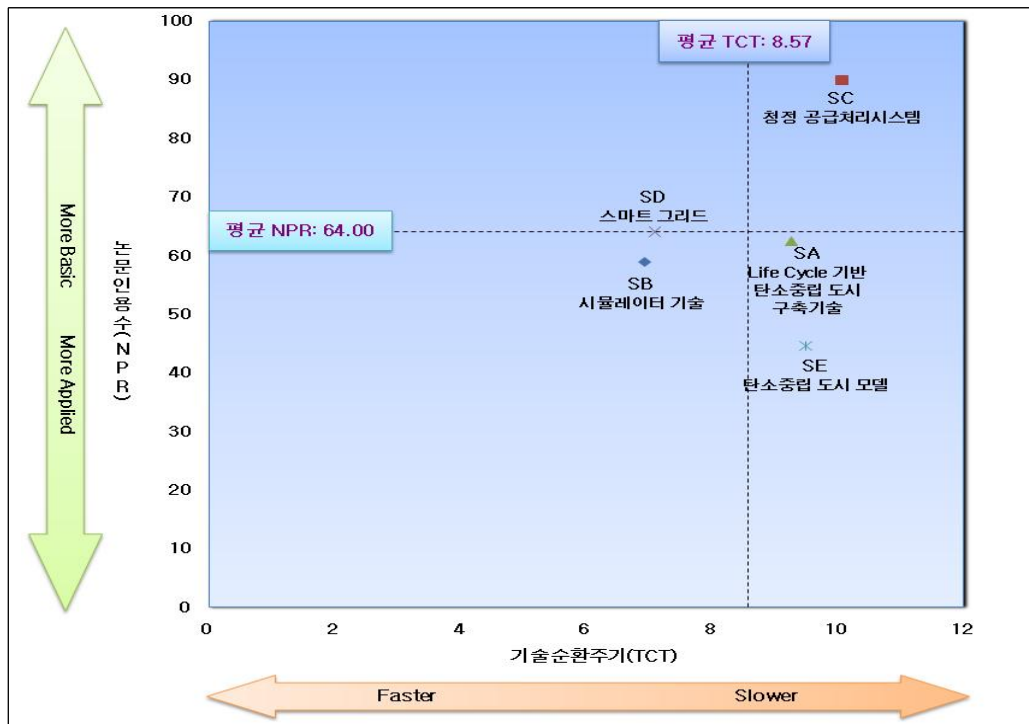
- Smart Green City 기술 분야에서 상위 10개국의 평균 논문 인용수는 56.26으로 높게 나타났으며, 평균 특허인용수는 33.88건으로 나타나 아직은 실용적인 응용기술과 대량생산을 위한 기술개발이 아닌 기초과학에 집중하고 더 중점을 두고 연구개발을 하는 것으로 보임
- 한국의 경우, Smart Green City 기술 분야에서의 미국 내에서의 특허활동이 미비하고 세계시장(미국시장)에서 선도국과의 기술수준 차이를 비교할 수 있는 등록특허조차 미비한 것으로 나타남



<그림2-20> 국가별 특허동향

(9) 각국의 기술발전도

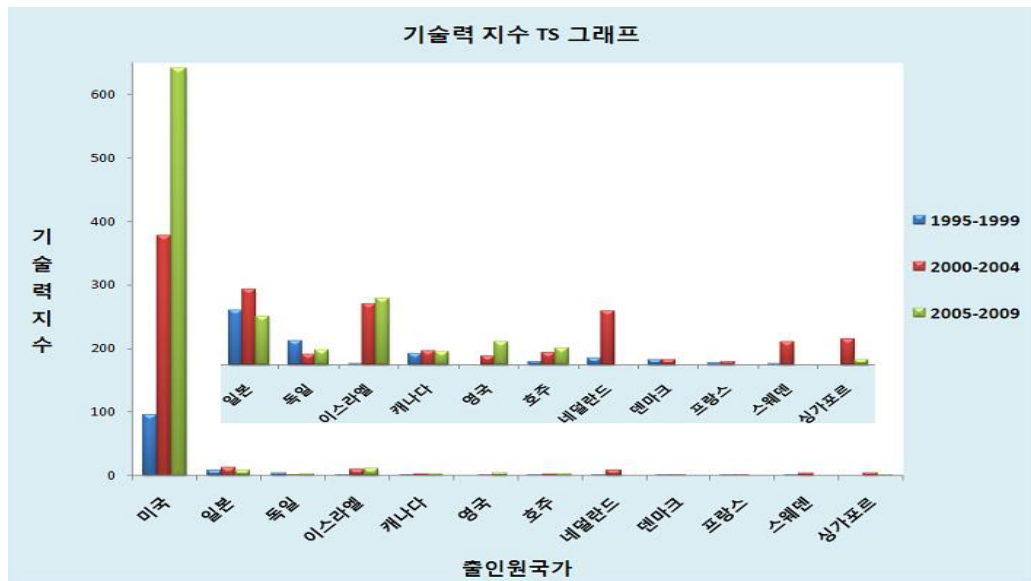
- 상대적으로 기술 발전속도가 빠른 기술분야는 시뮬레이터 기술(SB) 분야와 스마트 그리드(SD) 분야로써 상대적으로 타기술에 비해 빠른 기술순환주기를 갖는 등 상대적으로 한국 등 후발주자들이 단기간 집중 투자를 통해 기술격차를 좁히기가 비교적 용이한 분야라고 보여짐



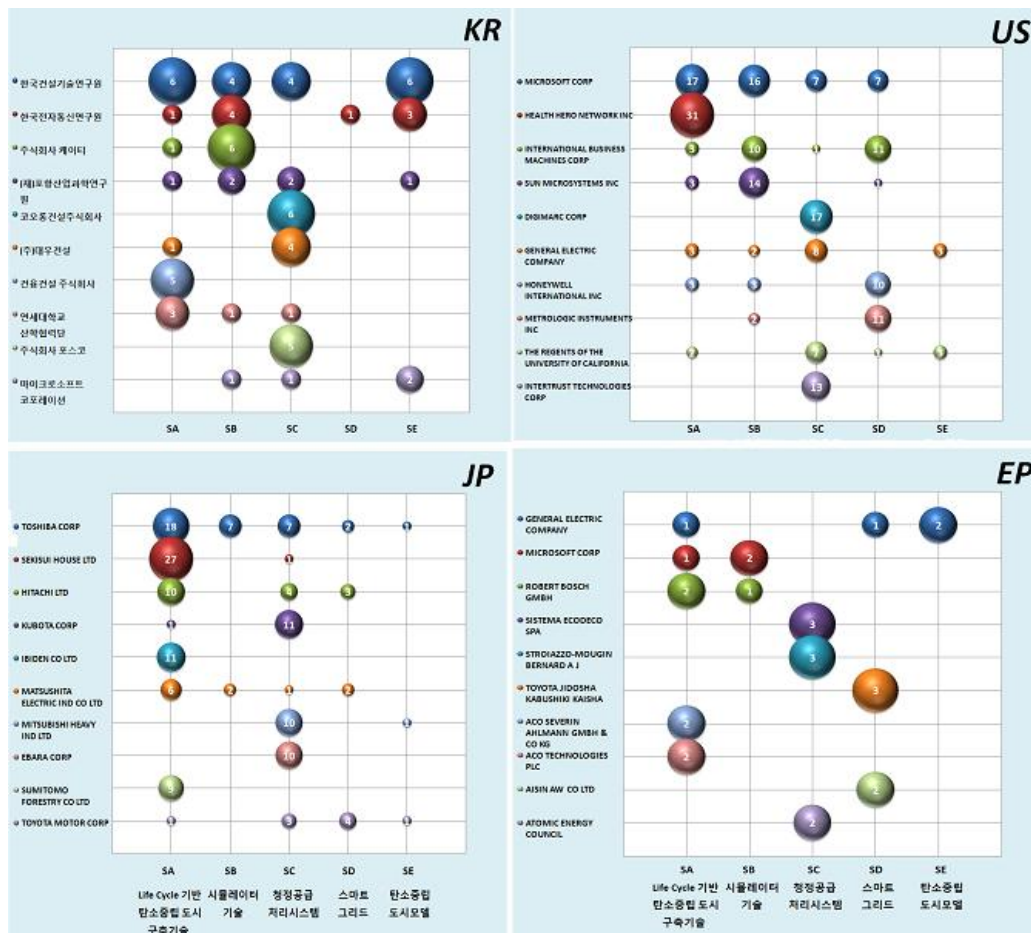
<그림2-21> 기술발전도

(10) 각국의 기술력 비교

- 기술력지수(TS)에서는 1구간(1995년~1999년)에서는 미국이 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 뒤를 이어 일본, 독일 순이며, 2구간(2000년~2004년)에서도 역시 미국이 가장 높고, 그 뒤를 일본, 이스라엘, 네덜란드, 스웨덴 및 싱가포르 등이 차지하고 있음
- 3구간(2005년~2009년)에서는 미국이 가장 높고, 이스라엘, 일본, 독일 및 영국 순으로 기술력지수가 높은 것으로 보여지며, 미국의 경우 첨단 무탄소도시 기술 개발 분야에서 1구간에서 3구간까지 질적으로나 양적으로도 수준이 높은 연구개발을 통한 특허활동을 하는 것으로 나타남
- 영향력지수(PII)에서는 1구간에서는 일본이 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 뒤를 이어 미국, 캐나다, 독일 및 덴마크 순이며, 2구간에서는 이스라엘이 가장 높고, 그 뒤를 싱가포르, 네덜란드, 미국, 스웨덴 및 일본 등이 차지하고 있으며, 3구간에서는 미국이 가장 높고, 이스라엘, 일본, 캐나다, 영국 및 싱가포르 등이 기술영향력이 높은 것으로 보여지며, 미국의 경우 최근 구간인 3구간까지 동일한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타남



<그림2-22> 국가간 기술력지수 비교



<그림2-23> 주요 출원인의 관심기술 분야(한국, 미국, 일본, 유럽)

(11) 기술혁신의 주체

- 미국, 한국, 유럽의 경우 최상위 다출원인으로 다양한 출원인이 포진되어 있으며, 특정 출원인에 의한 기술 장벽의 형성은 찾아보기 어려움

(12) 국가간 기술흐름과 기술자립도

- 전 세계적으로 특허출원 전에 미국특허를 많이 인용하고 있으며, 등록 후 피인용되는 즉, 자국의 기술을 기술혁신활동에 높게 이용하는 국가는 미국이며, 전 세계 출원국가는 특허출원시 상대적으로 미국, 덴마크 및 일본 국적의 특허를 주로 모니터링 하여 자국 내 기술혁신을 수행하고 있으며, 등록 후 미국, 일본 및 영국 국적의 특허의 영향을 많이 받고 있는 것으로 나타남
- 미국은 특허출원시 자국의 특허를 87.03% 인용하고 등록 후 피인용율이 89.06%으로 자국의 기술을 기술혁신활동에 가장 높게 이용하는 것으로 나타나 기술자립도가 높은 국가이며, 덴마크는 특허출원시 자국의 특허를 45.27% 인용하며 등록 후 피인용율은 8.00%이며, 미국 국적의 등록특허에의 피인용율이 76.00%로 자국기술을 이용함에 있어서는 상대적으로 낮은 기술자립도를 나타내며, 일본은 특허출원시 자국의 특허를 30.21% 인용하고 등록 후 피인용율이 22.96%로 자국의 기술을 기술혁신활동에 상대적으로 낮게 이용하는 것으로 나타나 기술자립도가 낮은 국가로 분석되며, 미국 국적의 등록특허에의 피인용율이 69.39%로 덴마크 보다는 자립도가 높은 것으로 나타남

특허 출원 전 인용한 특허의 특허권자 국적							국적	특허 등록 후 피인용된 특허의 특허권자 국적						
캐나다	영국	덴마크	독일	이스라엘	일본	미국		미국	일본	이스라엘	독일	덴마크	영국	캐나다
1.49	1.49	0.12	1.82	0.50	7.55	87.03	미국	89.06	5.85	1.97	1.81	0.17	0.95	1.80
0.73	1.69	0.12	1.82	0.30	30.21	65.13	일본	69.39	22.96	0.26	2.90	0.00	0.00	4.49
3.65	0.30	0.00	0.61	1.22	9.88	84.35	이스라엘	85.53	5.92	1.97	1.32	0.00	1.32	3.95
1.10	0.18	0.00	6.07	2.02	11.95	78.68	독일	83.78	8.11	0.00	6.31	0.00	0.00	1.80
0.40	0.20	45.27	8.25	0.00	10.87	35.01	덴마크	76.00	0.00	0.00	4.00	8.00	12.00	0.00
2.29	4.01	0.57	4.01	0.00	13.47	75.64	영국	53.33	23.33	3.33	3.33	0.00	16.67	0.00
4.80	0.30	0.30	1.20	0.30	7.81	85.29	캐나다	78.38	8.11	2.70	0.00	0.00	2.70	8.11

<표2-16> 국가간 기술흐름과 기술자립도

(13) 특허동향 분석결과 시사점

- 저탄소 및 기후변화와 관련된 국외 특허를 살펴본 결과 대부분 미국과 일본에서 특허를 보유하고 있어 미국과 일본의 기술력이 뛰어나다는 사실을 알 수 있음
- 보유 기술로는 에너지 저장 기술, 탄소기술, 물 관리, 수에너지 등 에너지 및 수자원 관련 특허가 주를 이룸
- 국내 특허 기술로는 저탄소 콘크리트, 친환경 포장재, 옥상녹화, 저탄소 단열재 등 건축에 관련된 특허가 주를 이루고 있음

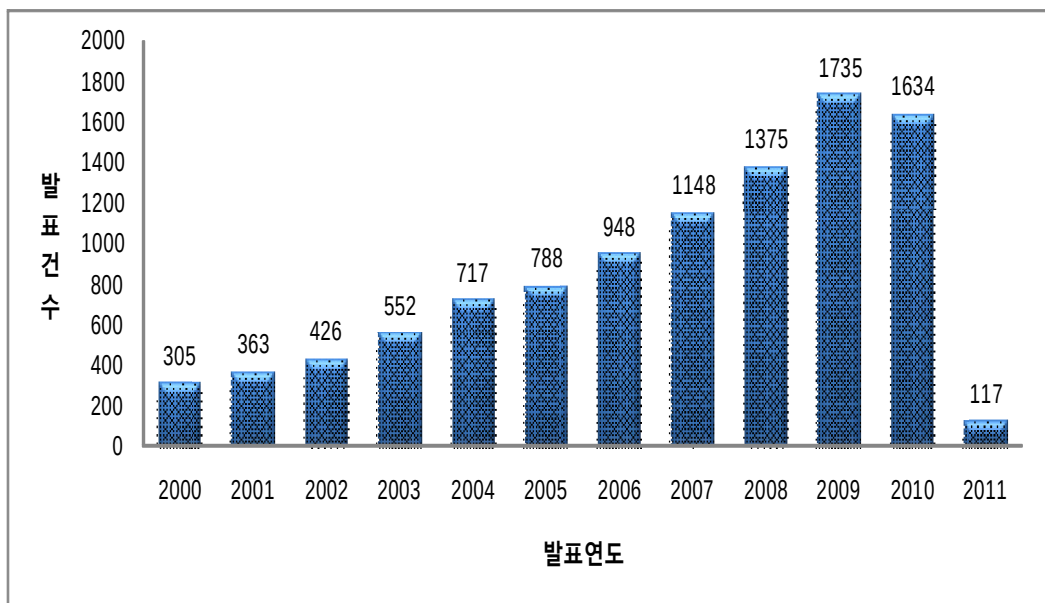
나. 논문분석

- R&D 기획과제의 성공적인 추진을 위해서는 기존 소수의 전문가위원회 방식에서 나아가 정확한 계량정보분석 방법의 적용이 필요함
- 따라서 국제 저널 Web DB인 SCOPUS를 통해 데이터를 수집하고 현황 및 전망을 분석하기 위해 2000년 이후 발표된 논문을 대상으로 연도별, 국가별 등 계량분석을 실시하였음

(1) 녹색기술 및 스마트시티(Smart City) 부문 논문 분석

(가) 녹색기술(Green Technology)관련 논문 분석

- 녹색기술(Green Technology)을 키워드로 검색하여 연도별 발표건수, 국가별 발표건수, 저자 키워드별 발표건수를 분석한 결과 아래와 같음
- 전세계 연도별 녹색기술관련 논문 발표건수
 - 녹색기술관련 논문은 총 8,57건(2000년 이후)으로 1980년대부터 꾸준히 증가추세에 있었으며, 2000년 이후 급격히 증가하기 시작하였음. 특히 2009년 가장 많은 논문이 발표되었으며 여전히 증가추세에 있다고 볼 수 있음



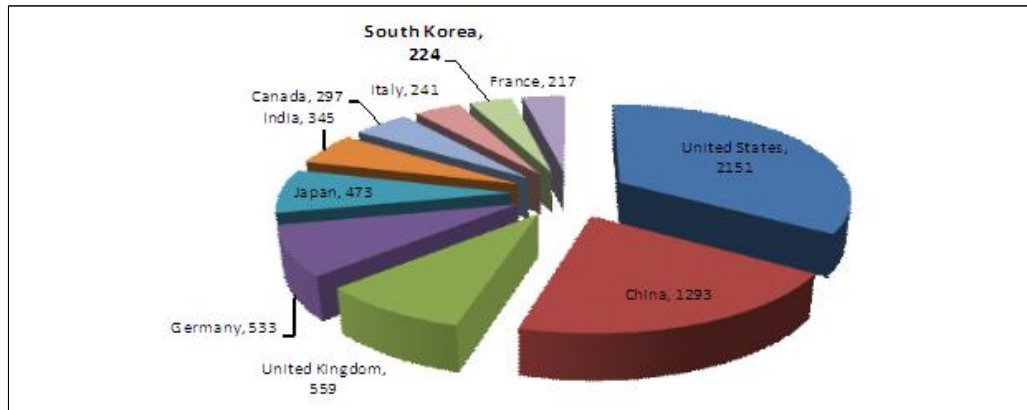
<그림2-24> 전세계 연도별 녹색기술관련 논문 발표건수

논문명	저널	내용
지자체 온실가스 인벤토리 구축연구- 전라북도 사례	대한환경 공학회지 (2009)	· 전라북도 사례로 온실가스 인벤토리를 구축하고 그 결과에 따라 온실가스 저감전략 기본방향을 수립함. · 2006년 총배출량 중 에너지 연소에 의한 이산화탄소가 87.1%로 가장 많았으며, 메탄 8.1%, 기타 부문 이산화탄소 2.2%, 아산화질소 1.6%, F-가스(HFCs, PFCs, SF6)는 1.0%를 차지함. 2006년 총배출량은 에너지(88.0%), 농업(7.6%), 폐기물(2.3%), 산업공정(2.1%) 부문 순으로 배출비중이 높았으며, 에너지 부문은 전력을 포함한 에너지산업, 제조업 및 건설업, 수송, 광업/ 농림어업/ 가정상업/ 공공기타 순으로 발생량이 많음.

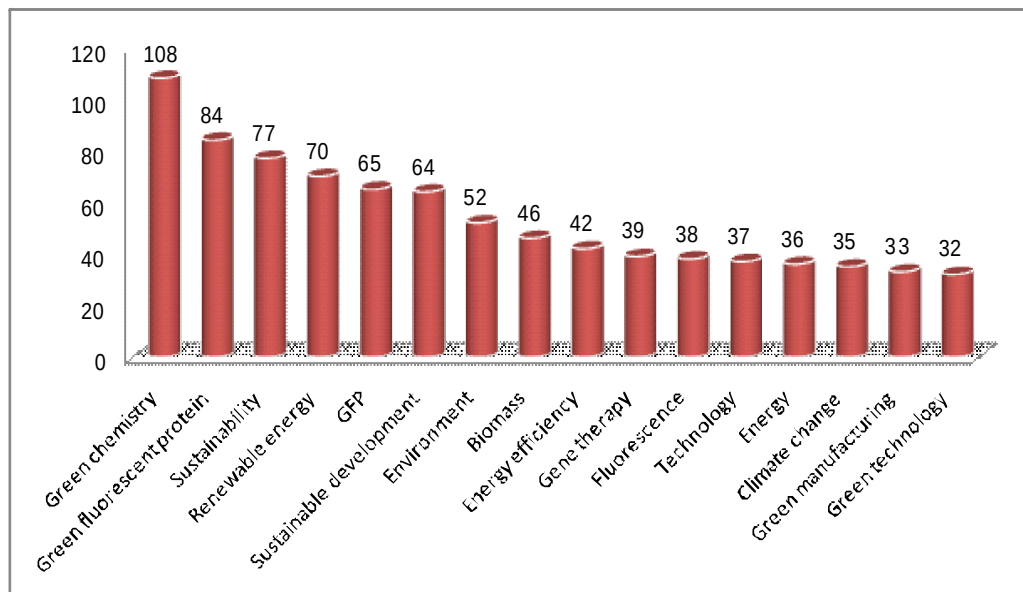
논문명	저널	내용
Methodology for inventorying greenhouse gas emissions from global cities	Energy Policy (2010)	· 10개의 도시 및 지역에서 온실가스 산정 방법론 제시. · (Los Angeles County, Denver City and County, Greater Toronto, New York City, Greater London, Geneva Canton, Greater Prague, Barcelona, Cape Town and Bangkok) · 전력, 히팅 및 산업 연료, 지상 교통 연료, 공기 및 해양 연료, 산업 공정, 폐기물 관련 온실가스 배출량 산정 식 이용. · 가솔린 사용량은 세가지 접근법 (지역적 연료 판매, 지역 연료 판매 비율, 교통 이동거리)으로 산정. · 매립 폐기물에는 IPCC 방법론 적용. · 전반적으로 세가지 방법론 제안됨. · (i) 도시 경계안에서 실제 배출량 (ii) 도시의 신진대사와 관련된 단일 공정 배출량 (iii) 도시의 신진대사와 관련된 life-cycle 배출량
A low-carbon scenario creation method for a local-scale economy and its application in Kyoto city	Energy Policy (2010)	· 교통에서 온실가스 저감 시나리오에 따른 온실가스 감축잠재량 및 경제성을 평가하고, 경제성 확보 위한 대응책을 기술함. · 저감 대책 없을 경우, 2000년부터 배출량은 12% 증가하며, 에너지 효율을 증가시켰을 경우 주거(15%) 및 상업(18%) 부문에서 저감 가능성이 상대적으로 큼. · 특히 정부 정책이 중요한 영향 미치는 대중교통에서의 저감 가능성은 전체의 17%를 차지함. · 민감도 분석 결과, 수출이 10% 증가하면 CO2 배출량이 8.5% 증가하고, 도시 외부로부터 통근버스 이용을 늘리면 3.5%의 CO2저감 가능.
Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques	Renewable and Sustainable Energy Reviews (2009)	· 부문별 에너지 사용에 적용되는 다양한 모델링 기법 분석. · top-down과 bottom-up의 두 가지 접근 방식의 차이점 기술.(top-down 접근 방식은 주거 부문 에너지 지표를 사용하고 개별적 end-uses를 고려하지 않음. bottom-up 접근방식은 개별 가정에서 산정한 에너지 사용량에 근거하여 추정하며, 두가지 방법론(the statistical method와 the engineering method)을 포함함.) · 각 모델링 기법에 대한 장단점 및 목적을 기술.

<표2-17> 국내외 녹색기술 관련 논문 및 내용

- 국가별 녹색기술관련 논문 발표건수
 - 국가별 논문 발표건수는 미국(United States) 2,151건, 중국(China) 1,293건으로 2개국의 발표건수가 전체 발표된 논문의 절반 이상으로 상당히 많은 부분을 차지하고 있음. 우리나라의 경우 224건으로 조사되었음
- 저자 키워드별 빈도 분석
 - 녹색기술관련 논문의 저자 키워드를 분석해 본 결과 다양한 키워드가 조사되었음. 특히 Green chemistry가 가장 빈도가 높은 것으로 조사되었으며 Sustainability, Renewable energy, Biomass 등 다양한 녹색기술 분야의 키워드가 추출되었음



<그림2-25> 국가별 녹색기술관련 논문 발표건수

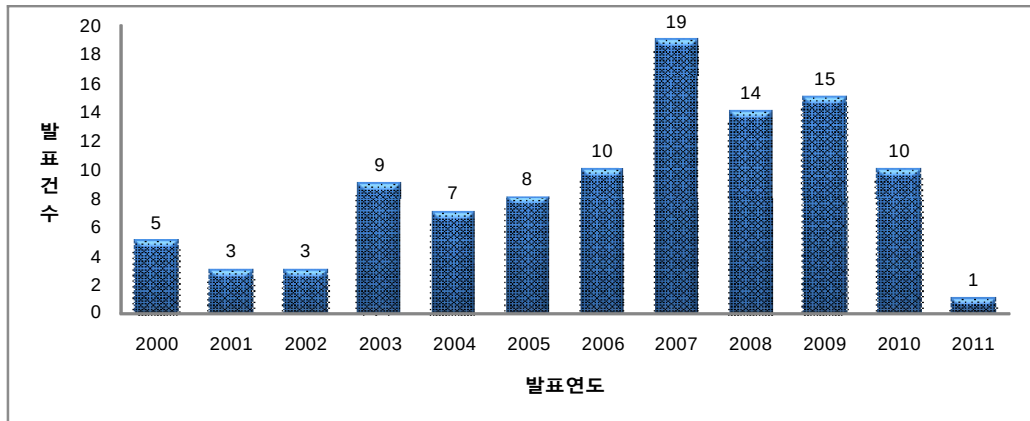


<그림2-26> 저자 키워드별 빈도 분석

(나) Zero Emission 관련 논문 분석

◦ 전세계 연도별 Zero Emission관련 논문 발표건수

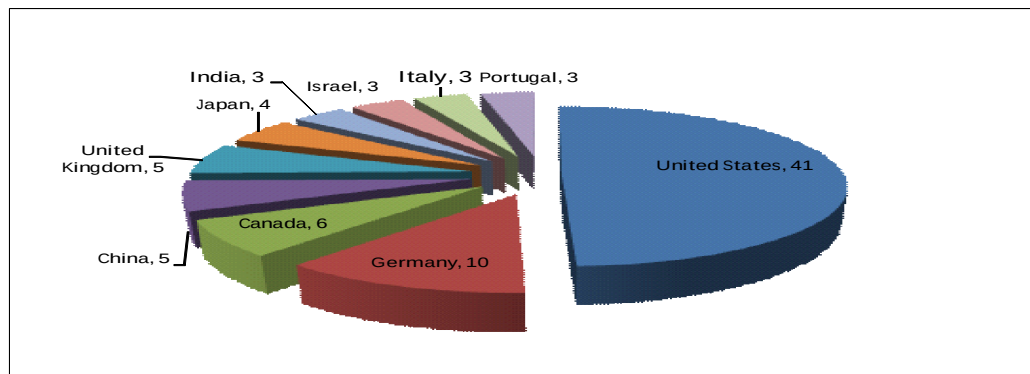
- Zero Emission관련 논문은 총 94건(2000년 이후)으로 전체 발표건수가 적은 편이며, 2007년 19건으로 가장 많이 발표되었으며, 2000년 이후 대체적으로 증가추세에 있음. Zero Emission의 경우 비슷한 다른 용어가 많아 검색에서 전체 검색건수는 적은 것으로 판단됨



<그림2-27> 전세계 연도별 Zero Emission관련 논문 발표건수

◦ 국가별 Zero Emission 관련 논문 발표건수

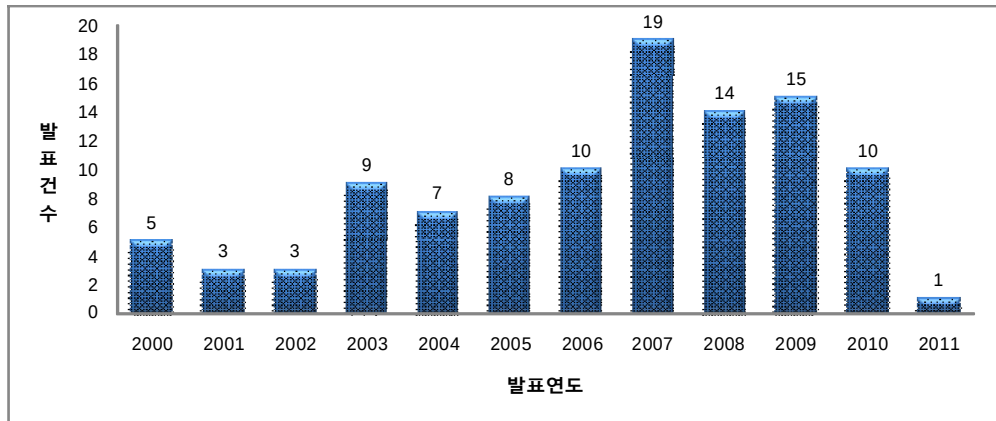
- 국가별 논문 발표건수는 미국(United States) 41건으로 절반에 가까운 비율을 차지하고 있었으며, 독일(Germany) 10건, 캐나다 6건 등의 순서를 보였음. 국내의 경우 관련 논문 발표 데이터가 없었음



<그림2-28> 국가별 Zero Emission 관련 논문 발표건수

(다) Smart city 관련 논문 분석

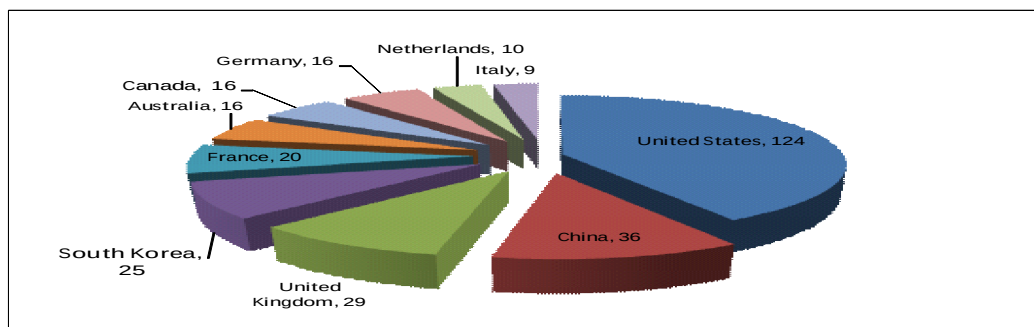
- Smart City를 키워드로 검색하여 연도별 발표건수, 국가별 발표건수, 저자 키워드별 발표건수를 분석한 결과 아래와 같음
- 전세계 연도별 Smart City관련 논문 발표건수
 - Smart City관련 논문은 총 421건(2000년 이후)으로 꾸준히 증가추세에 있으며, 2010년 101건으로 작년 한해에 가장 많은 논문이 발표되었음. 급격히 증가하는 것을 아니지만 꾸준한 증가로 올해 가장 많은 논문이 발표 될 것으로 예상됨



<그림2-29> 전세계 연도별 Zero Emission관련 논문 발표건수

◦ 국가별 Smart City관련 논문 발표건수

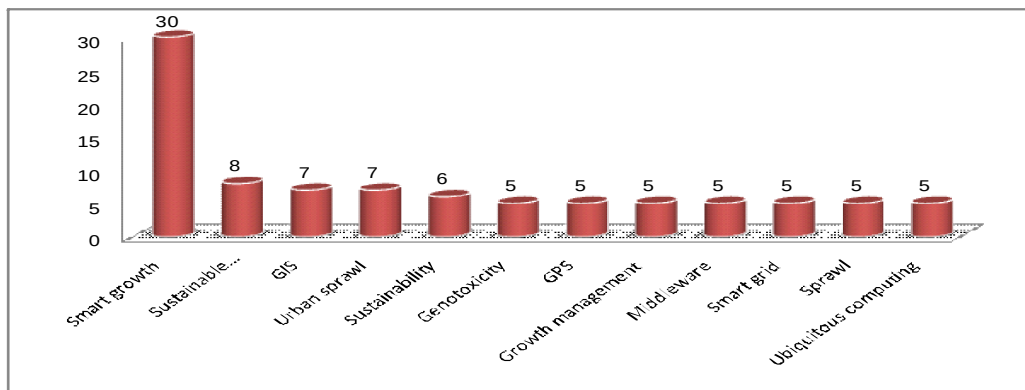
- 국가별 논문 발표건수는 미국(United States) 124건으로 가장 많은 논문을 발표하였으며, 중국 36건, 영국 29건의 순서이며, 우리나라의 경우 25건으로 상대적으로 많은 비율의 논문을 발표한 것으로 볼 수 있음



<그림2-30> 국가별 Smart City관련 논문 발표건수

◦ 저자 키워드별 빈도 분석

- Smart City관련 논문의 저자 키워드를 분석해 본 결과 다양한 키워드가 조사되었음. 특히 Smart Growth 30건으로 가장 빈도가 높은 것으로 조사되었으며 다른 키워드의 경우 비슷한 빈도를 보였음. Sustainable Development, GIS, smart meter등 다양한 키워드가 추출되었음

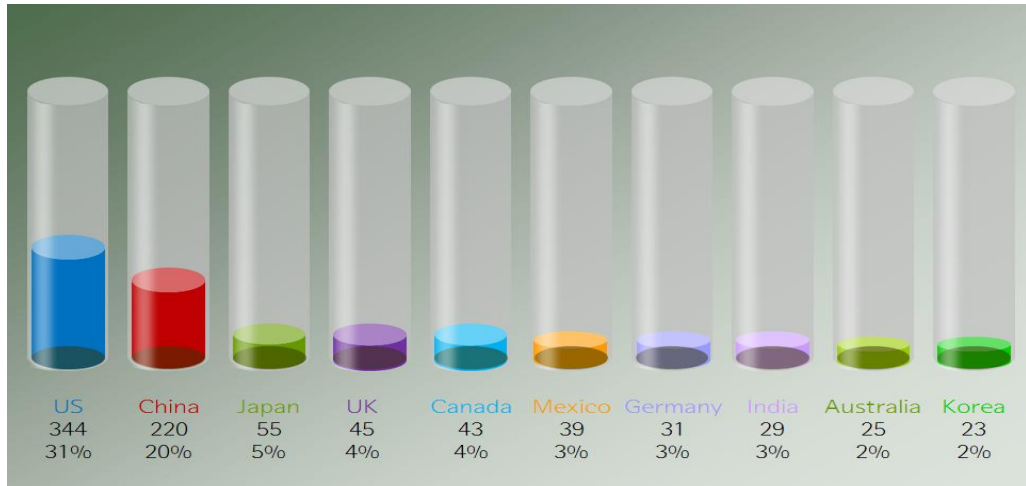


<그림2-31> 저자 키워드별 빈도 분석

(2) 중점 추진분야별 논문 분석

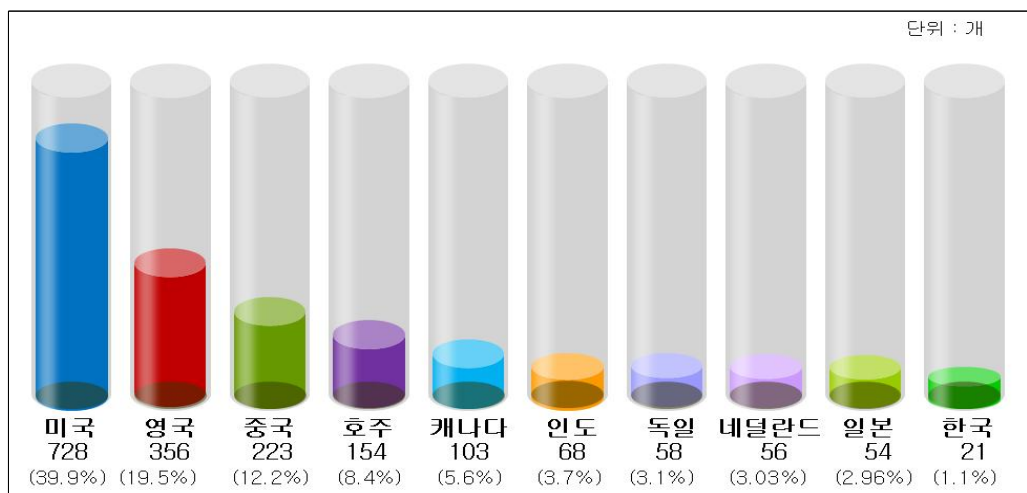
(가) 탄소저감 도시구축 기술 개발 분야

- 국제 저널 Web DB 인 SCOPUS를 통해 Low Carbon City 및 Climate change & Urban 으로 검색한 결과는 다음 그림과 같음



<그림2-32> Low Carbon City 관련 논문현황(2000~2011년)

- Low Carbon City를 keyword로 검색한 결과 국내의 논문은 23편으로 검색된 전체 논문 수의 2%를 차지하며 가장 많은 편수의 논문을 보유하고 있는 미국과는 300편 이상의 차이를 보이며 아시아 지역의 국가 중에서도 하위권에 위치하고 있는 것으로 파악되었음



<그림2-33> Climate Change & Urban 관련 논문 수(2001~2011.01)

- Climate change & Urban을 keyword로 검색한 결과 국내의 논문은 21편으로 검색된 전체 논문 수의 1.1%를 차지하며 가장 많은 편수의 논문을 보유하고 있는 미국과는 700편 이상의 차이를 보이며 아시아 지역의 국가 중에서도 하위권에 위치하고 있음
- 기후정책의 과학적·정치적 관심은 온실가스 완화에 초점이 맞춰져 왔으나 (Biesbroek et al., 2009), 현재는 도시 차원에서의 통합적·종합적 접근에

대한 필요성이 강조되고 있음(Bart, 2010; Becken, 2005; Biesbroek et al., 2009; Chang and House-Peters, 2010; Falloon and Betts, 2009; Hamin and Gurrán, 2009; Jo et al., 2009; Larsen and Gunnarsson-Ostling, 2009; Laukkonen et al., 2009; Puppim de Oliveira, 2009; Roy, 2009; Saavedra and Budd, 2009; Schwarz et al., 2010; Wagner et al., 2008; Wilbanks et al., 2003)

- 특히 지속가능성 과학(Sustainability Science)적 측면의 입장을 보이고 있는 도시계획 영역은 주로 완화를 중심으로 접근하여 적응은 상대적으로 소홀히 다루어져 왔으며(Chang and House-Peters, 2010) 통합적 기후변화 대응을 위한 도시계획 체계의 설정 역시 초기 수준의 연구에 머무르고 있음
- 한편 Falloon et al.(2009)은 농업과 물의 기후변화 영향을 평가함에 있어 상호작용(interaction)과 피드백(feedback)의 중요성을 살펴보고 정량적으로 평가하는 연구를 진행하였음
- Wende et al.(2010)은 압축적 도시 공간구조 구축을 위한 방안을 제시하면서 종합적인 계획 방안을 제시할 필요가 있다고 제안하였음. 따라서 기후변화에 통합적이고 종합적으로 대응할 수 있는 도시계획 모델의 개발이 필요하다는 사실을 알 수 있음

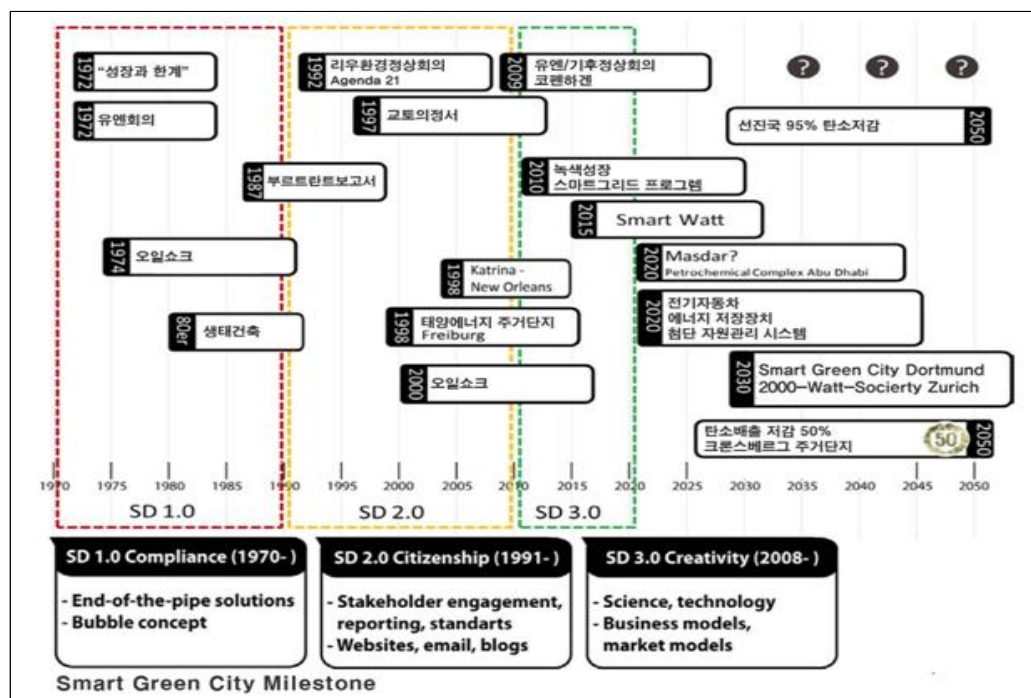
연구자	완화	적응	생태적 어울림
Ruth and Rong (2006)	·수송기반시설 : 도로, 토지이용 ·에너지 시스템	·물 공급 시스템 ·수질 및 홍수관리 시스템 ·도시열섬현상 ·종의 건장	-
Murley (2007)	·건물 ·토지이용계획 ·재생가능한 녹색 에너지 수송 ·폐기물 관리	·도시경관 ·물과 폐수	·경제발전 ·교육과 홍보
Falloon and Betts (2009)	·농업의 완화/적응 ·물의 완화/적응 ·생태계의 완화/적응		-
Wagner (2008)	·간소화된 교통체계 ·건축물	-	·시민참여 ·정책과 실천전략
Griffiths et al.(2007), Bulkeley and Kern(2006), Grandberg and Elander(2007)	-	-	·기후변화 대응 거버넌스 ·도시거버넌스
국가에너지 통계시스템	·전력에너지 ·수송에너지	-	-
확장된 계획 영역	·도시 공간구조 : 수송 기반시설, 토지이용 계획 ·산업·자원 : 폐기물, 산업 공정	-	·공동체 형성

<표2-18> 연구자별 부문별 계획요소

- 국내에서는 변병설과 채정은(2009)이 기후변화대응계획 지표를 도출하였

으며, 이재준과 최석환(2009), 김홍배와 김재구(2010), 남궁근 외(2010)는
완화 부문의 계획 요소를 도출한 바 있음

- 적응분야의 연구로는 비오톱, 바람길, 홍수피해 등에 대한 분석내용을 중
심으로 계획 기법을 제시하는 연구가 수행되고 있음(변혜선 외, 2009; 엄
정희, 2010; 조현길과 이기의, 2000; 최충익과 김원; 2006)
- 이처럼 국내외 연구에서 도시차원의 통합적 기후변화 대응 계획 관련 연
구는 초기 수준에 머물러 있음을 알 수 있음. 따라서 체계적이고 종합적인
도시계획 모델의 개발이 시급함을 알 수 있음
- 저탄소 녹색도시에 대한 통일된 개념적 정의는 없으며, 탄소중립도시, 제
로배출도시 등으로 사용되고 있으며, 최근 유럽 등에서는 ‘Smart Green
City’라는 용어로도 사용하고 있음. 김정곤 외 (2010)은 기후변화 대응체계
와 도시계획적 전략을 중심의 저탄소 녹색도시와 탄소중립 도시에 대한
연구들이 진행되어 왔으며, 이론적 개념으로는 생태도시와 지속가능한 개
발과 연계하여 설명되기도 함¹⁶⁾



<그림2-34> 기후에너지 시대와 도시개발 패러다임 (Pietsch 2011)

- 또한 아래 제시된 이은엽 외(2009) 등의 연구에서 알 수 있듯이 녹색도시에
대한 개념을 연구자들마다 다양하게 이해되고 있으며. 김정곤 외 (2011)은
탄소중립도시 구현을 위해서는 에너지 저감, 효율적 에너지 수요 및 공급,
신재생에너지 에너지 이용이 단계별 연계하도록 제안하고 있음

16) 왕광익 외 2009

구분17)	녹색도시 개념	비고
이재준(2008)	· 탄소의 저감과 흡수를 목표로 하여 에너지 저감, 자원저감, 녹지, 수자원의 계획 측면에서 탄소 배출을 최대한 억제하고 친환경 도시 및 산업기반을 통해 도시경쟁력 강화를 도모하고 지속가능한 도시로의 구조변환을 추구하는 도시	저탄소 녹색도시
이상문(2009)	· 국지적인 지구변화에 대한 대응 전략으로서 탄소저감, 탄소상쇄, 탄소회피의 계획목표를 가지고 생태초석, 토지이용, 청정환경, 자연공생, 기후안정, 자연감성의 측면을 고려하여 공간환경계획이나 설계기술을 통해 발생될 수 있는 이산화탄소를 저감하고, 주민들의 적극적 참여를 통해 저탄소 커뮤니티를 창출하는 도시	저탄소 녹색도시
변병설(2009)	· 탄소의 저감과 흡수, 에너지 절약을 목표로 친환경토지이용, 녹색교통, 자연생태, 에너지효율화, 자원순환, 지원체계의 측면을 고려한 환경 친화적이고 지속가능한 도시	저탄소 에너지 절약형 신도시
최정은(2008)	· 환경파괴를 최소화하고 자연환경을 최대한 활용하여 화석 에너지 소비를 최소화하는 것을 목표하는 도시	생태주거 단지
김강민 외 (2009)	· 환경파괴를 최소화하고 자연환경을 최대한 활용하여 화석 에너지 소비를 최소화하는 것을 목표하는 도시	저탄소 녹색도시
한국토지공사 (2009)	· 녹색성장 개념을 도시적 차원에서 구현한 미래도시 · 탄소배출을 최대한 억제하고, 친환경 도시계획 및 녹색산업기반을 통해 지속가능한 도시경쟁력을 추구하는 도시	녹색성장 도시
대한주택공사 (2009)	· 가급적 재생 불가능한 자원을 보존하고 가능한 재생 가능한 자원을 이용하여, 폐수에서 추출한 바이오가스를 연료로 사용하고, 버려진 쓰레기를 재활용하거나 에너지로 사용하며, 입력물과 산출물 사이에 순환적 신진대사 작용을 하는 도시	녹색도시
윤용한(2009)	· 가급적 재생 불가능한 자원을 보존하고 가능한 재생 가능한 자원을 이용하여, 폐수에서 추출한 바이오가스를 연료로 사용하고, 버려진 쓰레기를 재활용하거나 에너지로 사용하며, 입력물과 산출물 사이에 순환적 신진대사 작용을 하는 도시	녹색도시
POSCO 경영 연구소 (2010)	· 탄소 배출을 최대한 억제하고 환경과 경제가 조화를 이루는 지속 가능한 친환경도시	저탄소 녹색도시

<표2-19> 녹색도시 개념

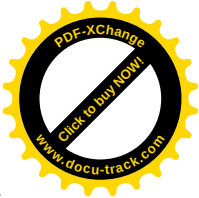
(나) 인간활동기반 시뮬레이터 기술 개발 분야

- 국내 논문을 살펴보면 저탄소와 관련한 연구들이 활발히 진행되고 있음. 도시 차원의 연구들을 살펴보면 김홍배와 김재구(2010)는 도시차원에서 이산화탄소 배출량을 산정할 수 있는 모형과 이산화탄소 저감을 위한 핵심부문을 제시. 어재훈 외 3명(2010)은 진주시를 대상으로 토지이용변화에 따른 인구유입과 탄소배출량을 추정하고 탄소배출량을 관리하기 위한 도시관리계획의 방향을 제시
- 박종철과 김정연(2010)은 일본과 한국의 저탄소녹색도시 사례분석을 통해 계획의 6가지 기본요소(토지이용, 교통, 녹지·생태환경, 수(水)환경, 물질환경, 대기·기상환경)를 도출. 변혜선의 2명(2009)은 고양시 덕양구 지축동을 대상으로 비오톱 지도와 도시기후분석을 통한 환경생태계획을 적용하여 토지이용구상 프로세스를 제시

17) 이은엽 외, 2009/김강민 외, 2010, 기후변화 대응한 녹색도시 개발 전략



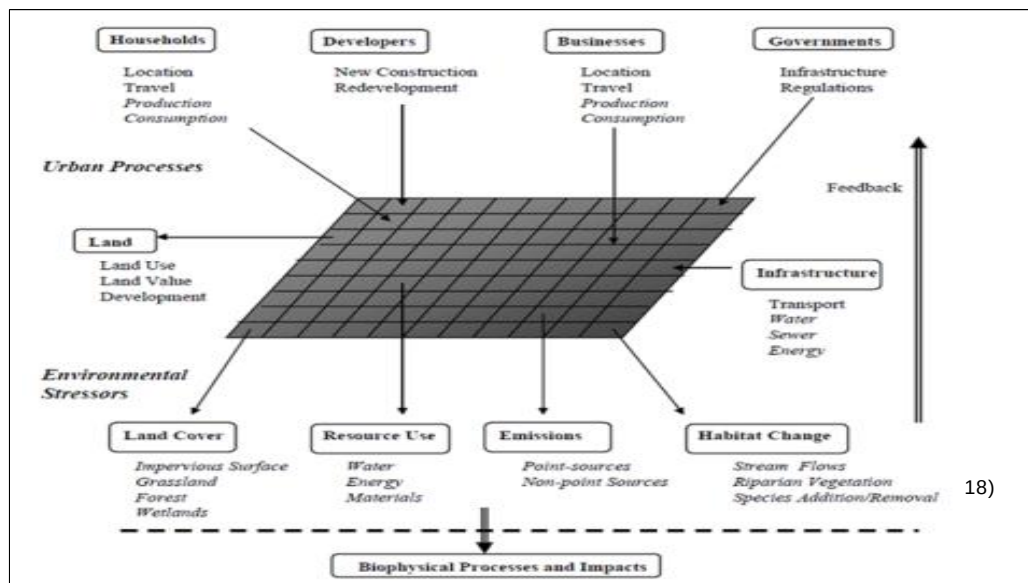
- 국외 논문을 살펴보면 Dhakal(2009)은 베이징, 상하이, 텐진, 충칭의 사례를 통해 도시지역에서 에너지사용과 탄소배출량 등의 시간적인 변화를 설명. Sakamoto, Dalkmann and Palmer(2010)은 도시 수송교통에 초점을 두고 기후변화 영향을 줄이려는 선진국 우수 사례와 교통기술 개발을 조사 분석
- Bongardt, Breithaupt and Creutzig(2010)는 신도시에서 복합토지이용과 교통계획을 통합하여 계획하는 것이 탄소저감에 가장 효율적인 것임을 제시. Escobedo와 4명(2010)은 도시 내 기존 숲과 생태계를 보존한 결과 탄소 흡수 작용으로 인하여 도시 내 탄소발생량을 감소시켰다는 결과를 제시
- 국내외 논문을 고찰한 결과 그들의 연구는 공통적으로 도시 차원에서 다양한 방법으로 접근하고 있으나 연구의 한계점은 도시를 구성하는 가구의 행태적 측면을 고려 못함
- Huber, Kortman, Benito and Scharp(2010)는 행태적 측면을 고려한 연구로서 EU국가들의 기후변화에 대응하기 위한 정책동향과 주거부문에서의 에너지소비량 패턴을 분석. 특히 경제학적, 심리학적, 사회학적 관점에서의 사람들의 행태 변화에 대한 이론적 고찰을 바탕으로 행태 변화를 유도할 수 있는 다양한 전략 및 정책의 개발 및 실행을 위한 내용을 구성. 그러나 도시 차원에서 접근한 연구가 아니라 국가적 차원에서 접근한 연구
- Huber, Kortman, Benito and Scharp(2010)의 연구와 같이 행태학적 접근 방식을 국가 차원이 아닌 도시 차원의 행태적 접근을 해야만 에너지 체계의 변화를 구체적으로 인식하고 도시의 탄소 저감 모형을 개발하고 이를 이용하여 탄소저감을 위한 도시개발 및 관리 전략을 수립할 수 있음
- 미국의 대도시들을 중심으로 도시형태에 따른 온실가스배출 영향을 측정하고자 하는 노력이 진행중. 이러한 시도는 북미지역에서 새로운 규제사항으로 떠오른 온실가스 배출기준에 대응하기 위하여 수립된 온실가스저감정책의 효과를 검증하기 위한 필요에서 기인함. Miller et. al.(2008)은 현재 온실가스배출을 줄이기 위한 다양한 도시정책을 검증할 수 있는 계량적 도시분석 툴에 대한 폭넓은 조사를 실시. 광역단위로부터 건물·필지단위에 이르는 다양한 공간단위에 대응한 시뮬레이션 툴의 기능 및 유용성을 분석하였는데, 이러한 툴들이 갖는 한계로 각각이 갖는 분석의 장점을 통합하여 정보를 효과적으로 사용자에게 전달하기 어렵다는 점을 지적
- 현재 도시관련 시뮬레이션 툴로서 활발히 연구되고 있는 대표적인 것들을 성격별로 구분해보면 다음과 같음
 - 공간적 툴: MetroQuest, INDEX 등과 같은 GIS 기반 분석툴들은 특정 현상의 공간적 분포를 효과적으로 분석해낼 수 있는 장점이 있으나, 매우 복잡하고 폭넓은 도시 변수들에 대한 공간 데이터(GIS)를 필요로 하며, 분석 과정 역시 복잡하여 많은 시간과 노력 필요



- Top down/Bottom up 방식: RETScreen, Building Energy Model 등은 특정 개발단위나 건물단위로부터 발생하는 온실가스 배출량을 분석하여 도시 전체에 대한 효과를 예측하는 반면, Cell-based Model 이나 대부분의 교통모형 등은 지역 단위의 시나리오로부터 시작하여 하위 공간에 미치는 영향을 예측하는 방식 사용
- Process based/Observation based 방식: ESP-r, UrbanSim 등과 같은 틀은 전체 도시 시스템을 구성하는 다양한 요인들간의 상호작용을 통한 특정 현상의 패턴을 분석하는 방식인 반면, 대부분의 spread sheet 방식의 모델들은 샘플데이터 혹은 특정 대표사례에 대한 결과를 근거로 하여 현상을 예측하는 방식을 취함
- 이러한 다양한 시뮬레이션 틀에 대한 분석결과로서 Mill et. al. (2008)은 기후변화 관련 현상들을 연구하기 위한 이상적인 시뮬레이션 틀이 지향해야 할 특성으로서 사용자중심의 인터페이스, 데이터에 대한 지속적 관리 편의성, 단순하고 직관적인 구조 등을 제안
- 도시 배치를 가상공간에서 수행하고 최적의 솔루션을 얻을 수 있는 다양한 프로그램들이 존재한다. SUMO(Simulation of Urban MObility), Cityone, UrbanSim 등이 있는데, 특히 UrbanSim의 경우, 인구현황, 지역경제 전망, 토지이용계획 등의 변수들을 통해 미래의 결과를 예측할 수 있어 전 세계에서 많이 사용되고 있음
- 교통 시뮬레이션은 그 규모에 따라 거시적인 시뮬레이션과 미시적인 시뮬레이션으로 나뉨. 대표적인 거시적인 알고리즘은 CTM(CELL Transmission Model, Daganzo) 있고 이는 교통 현상을 유체역학적으로 해석한 모형임. 거시적인 모형은 빠르다는 장점이 있어, 도시 차원 등 규모가 큰 경우에 적합하나, 차로 변경 등 인간의 활동을 세밀하게 적용할 수 없다는 단점이 있음. 미시적인 시뮬레이션 모형은 차량 단위의 알고리즘을 적용하여 다양한 인간활동을 시뮬레이션 할 수 있음. 미시적 시뮬레이션을 위하여는 다양한 모형들 (GM, Helly, Gipps, Krauss, Psycho-physical model 등)이 존재하고 다양한 상용 소프트웨어(AIMSUN, VISSIM, PARAMICS 등)가 이를 구현하고 있으나, 인간 개개인의 행태와 연관지어 시뮬레이션을 구성하는 경우에는 독자적인 모형과 프로그램이 필요로 함. 이에 적합한 모형으로는 NGSIM OFFA (Yeo et al.)모형이 있음
- Land-Use/Cover Change(LUCC)를 예측하고 시뮬레이션 하는 모델링에는 Equation-Based Model, System Model 그리고 가장 보편적으로 쓰이는 Statistical approach가 있음. 그러나 이론적인 고찰이 없는 통계적 접근 방법은 사회적 현상을 정확하게 파악하지 못하고 그로 인해 변화를 정확히 예측할 수 없음. 이 뿐만 아니라, 신경망 네트워크를 활용하여 미래의 변화를 예측하는 유전적 모델링 방법과 Cellular automata(CA)와 마르코브 모델을 활용하는 Cellular model(CM)이 있음. 마지막으로 Agent based

modeling 기법은 토지 경관 변화에 초점을 맞추고 있는 Cellular model과는 달리 인간 행동 형태(Human action)에 관심을 갖고 그에 따라서 토지 이용이 어떻게 변화하는지 예측하는 모델링 방법이 있음

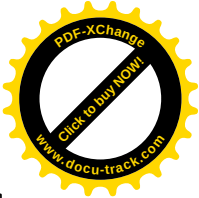
- Urban logistics demand를 예측하고 모델링을 하는 이유는 도시경제와 물류 수요 간의 관계를 파악하고 그에 맞는 도시 물류 계획을 짜기 위해 필요한 decision-making data를 제공하기 위함. 따라서 미래의 수요를 예측하기 위해 이동평균법, 지수평활법, 회귀모형법등의 방법을 많이 사용하였으나, 최근에는 신경망 네트워크를 활용하는 유전적 알고리즘(GA)이 많이 적용됨
- Land Use-Urban Growth에 대해 특히, Urban residential dynamics는 그 지역에 거주하는 개개인의 choice에 따라 실시간으로 변화하기 때문에 예측을 위한 agent 기반의 모델링(ABM) 연구가 활발히 진행 중에 있음. 또한 agent 기반의 모델링을 통한 traffic optimization, 더 나아가서는 urban-ecological 시뮬레이션 모델로 확장하여 urban dynamics에 관해 해외에서는 꾸준히 연구 중



<그림2-35> Urban and Ecological Dynamics

- 이 외에 ABM과 GIS를 통합하려는 시도가 지속적으로 이루어지고 있으나, 많은 연구가 개념적 접근에 그치고 있기 때문에 보다 복잡하고 공간구조 혹은 다른 dynamic process가 가능하기 위해서는 GIS를 통합한 agent based modeling과 simulation에 관한 보다 심도 있는 연구가 필요함
- 스마트그리드(Smart Grid)란 전력망에 정보기술(IT)를 접목하여, 전력공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환, 에너지효율을 체적화하며 새로운 부가가치를 창출하는 차세대 전력망임. 현재 한국 스마트그리드 사업단에서 주도적으로 국가적인 에너지문제, 환경문제에 대응하기 위해

18) Urban and Ecological Dynamics, <http://www.prism.washington.edu/lc/urbanecology.pdf>

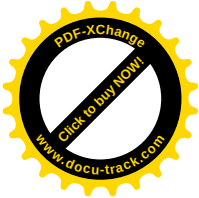


사업을 추진하고 있음. 앞으로 제주도 북동부에 실증단지를 조성함으로써 기술개발의 결과를 평가하고 기술의 상용화 및 수출산업화의 기반을 마련함으로써, 미국, 일본, 유럽 등의 경쟁국가들 사이에서 스마트그리드 선도 국가로서의 입지를 강화할 계획

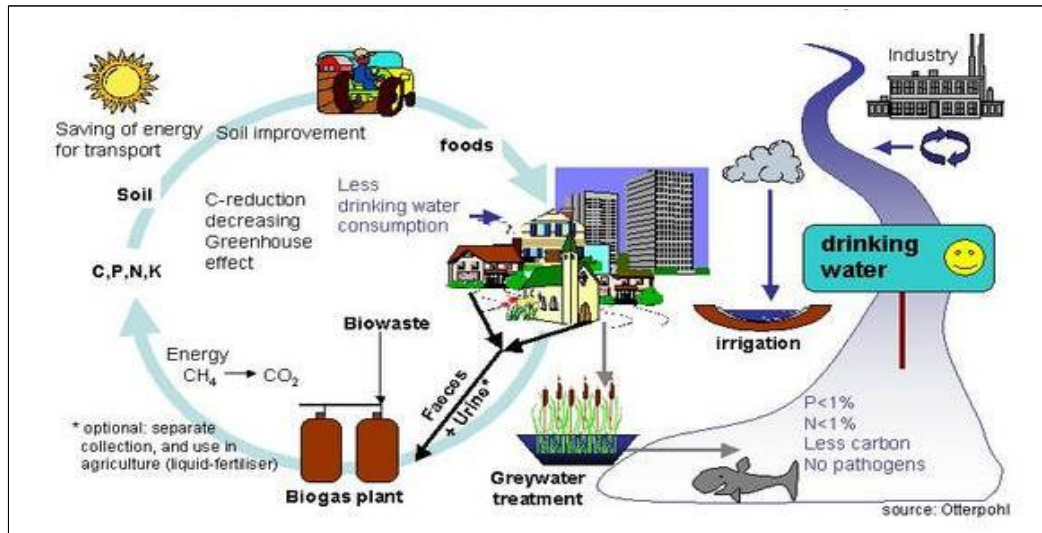
- 토지이용 변화 예측 모델과 더불어, 그에 따라 변화하는 탄소 배출 모델 및 시뮬레이션은 현재 많은 연구가 진행되고 있지 않음. 따라서 선진국의 교통 통합모델을 벤치마킹하여 우리나라에서도 도시계획 수립에 온실가스 배출량 예측과 잠재력을 통합적으로 평가할 수 있는 표준평가체계의 구축이 필요로 함. 특히나 일부 자치단체에서 수립한 온실가스 감축목표는 탄소저감을 위한 명확한 실천수단의 부재, 실현가능성 검토를 위한 평가체계와 지속적인 운영관리체계가 전무함

(다) 청정 공급처리시스템 기술 개발 관련 분야

- MSW의 에너지화
 - Incineration/Combustion: Homogeneous한 연료가 아니기 때문에 연소 효율을 높이는 방법에 대한 연구가 활발히 진행 중 (미국, 유럽, 중국, 일본)
 - Incineration/Combustion의 경우 현존하는 연소가능 물질 중 가장 복잡한 연소 미케니즘을 가지기 때문에 연소 미케니즘 및 연소 방식에 대한 관한 연구가 주로 이루어짐 (미국, 중국)
 - Co-Fire: 기존 화석연료 보다 낮은 연소열 때문에 Co-Fire의 형태의 연구 진행 (미국, 중국, 독일, 네덜란드, 덴마크)
 - 연소 중 발생하는 오염원 제어에 관한 연구 (미국, 일본, 중국)
 - 연소 시 발생하는 Fly Ash에서 Metal oxide의 회수에 관한 연구 (미국, 일본, 한국)
 - 연소 시 발생하는 Bottom Ash, Fly Ash를 플라즈마로 처리하여 유리결정화하는 연구 (Thermo-Select 기술: 독일, 일본)
 - MSW 열분해를 통한 Liquid Fuel, Chemical Feedstock 회수에 관한 연구 (미국, 중국, 일본)
 - MSW의 가스화 반응을 통한 합성가스 제조에 관한 연구 (미국, 중국)
 - 하수슬러지를 Pallet화 (한국, 일본)
 - 하수슬러지의 Co-Fire 기술에 관한 연구 (미국, 한국, 일본)
 - 음식물 쓰레기의 혐기소화 (한국, 일본)
 - 폐플라스틱의 열분해를 통한 가스 및 액체연료 전환에 관한 연구 (미국, 중국)
- 수생바이오매스 (3세대) 에 관한 연구
 - 수생 바이오매스의 배양에 관한 연구 (종선발, 오일함량 증대기술)(미국, 유럽, 중국, 일본, 이스라엘, 한국)
 - 수생 바이오매스 거대조류(미역, 우뚝가사리등)를 이용한 바이오에탄올, 바이오부탄올 생산 (미국, 일본, 유럽, 한국)
 - 수생 바이오매스 미세조류를 이용한 바이오 디젤 생산 연구 (미국, 중국, 일본, 한국, 유럽)



- 배가스를 이용한 수생바이오매스의 배양에 관한 연구 (한국)
- 수생 바이오매스를 이용한 열분해 공정에 관한 연구 (중국, 미국, 한국)
- 수생 바이오매스 확보를 위한 수거 방법에 관한 연구 (한국, 일본)
- 생활하수를 이용 광반응기를 사용한 미세조류 생산에 관한 연구 (미국, 유럽, 한국, 일본)
- Comprehensive Biorefinery에 대한 연구 (미국, 네덜란드)
- 지속가능한 공급과 통합적 자원 재순환의 실현을 위하여 물 관련 기반시설의 분산형 기술 개발이 유럽의 선진 각국에서 인식되어 그에 대한 연구와 기술의 실제 응용을 위한 사업이 진행되고 있음
 - 기존의 중앙집중식 대형화 기반시설의 에너지 및 온실가스의 배출증가에 의한 단점을 보완하여 에너지 자급 및 무 배출형 기반시설로 발전시키는 계기가 되고 있음.
 - 기존의 중앙집중식 상·하수 기반시설의 건설에 대한 경제적 부담을 갖는 도시(특히 인구감소 도시)가 늘어나고 있고, 음용수와 같은 고도의 수질을 가진 물을 타 용도로 사용하는데 대한 모순의 인식에 기초함
 - Urban water mining 및 Zero emission 개념의 물 관리 아이디어는 빗물, Grey water, Black water의 분리 배출 및 처리에 근거함
 - 빗물의 분산형 저류 및 자연 침투 기술의 개발 연구, Grey water의 무동력 처리 및 재이용 그리고 Black water의 바이오 가스화 및 퇴비화 기술 등의 연구가 이루어지고 있음
 - <그림2-35>는 유럽을 중심으로 정립되어 있는 Decentralized Sanitation and Reuse technologies (DESAR) 개념으로 단위지역에서 발생하는 오수를 Black water(대변)과 Yellow water(소변), Grey water(주방, 세탁, 목욕수)로 나누어 처리 및 자원의 재순환 이용함.
 - 영국(약150개소 운영)의 예를 들면 물 소비량 25% 절감으로 하수처리량 감소에 의한 에너지 절약(72,816GJ/yr)과 Biogas의 생성 및 재이용으로 에너지 생산(343,009GJ/yr) 효과로부터 탄소배출량 감소 148.4×10^6 톤/yr로 보고되고 있음
 - 독일의 예: 음용수 공급량 80% 절감, 자연환경으로 오염 무배출, 연간 질소 및 인 비료 생산 각각 750kg 및 150kg 효과, 바이오가스 생산 1,900m³/yr
 - 또 다른 연구 논문에 의하면 예상한 효과에 비하여 상당히 낮은 결과를 나타낸 경우도 있어 보다 깊은 연구의 여지를 남기고 있어 DESAR 개념을 접목한 Zero emission 하(폐)수 관리에 대한 기술의 개발은 그린시티의 완성을 위한 전망이 높음
- 국내에서는 청정공급시스템과 관련하여 온실가스 배출량 산정 관련 연구가 2000년대 중반 이후부터 다양한 기술 및 시설에 대하여 이루어짐. 하지만, 본 연구에서 기획예정인 청정공급기술은 첨단 기술로 아직 실용화 및 일반화가 되지 않은 기술이므로 관련된 온실가스 배출량 산정 틀은 적용 환경 등을 고려하여 새로이 마련해야 함



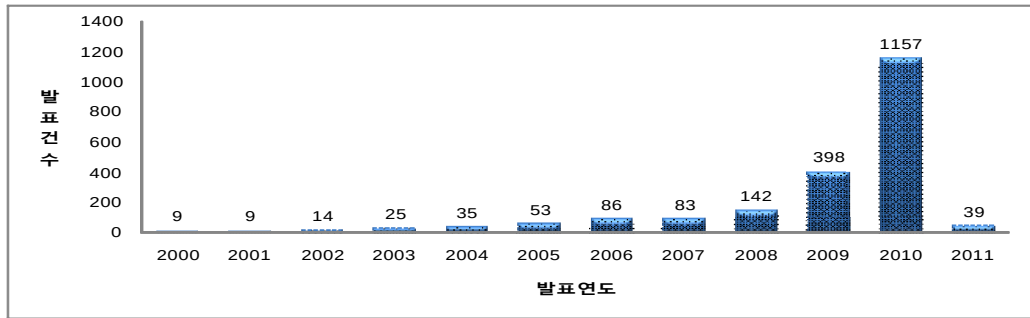
<그림2-36> Material flows of DESAR concept

- 양형재 외 2명(2008)은 하수처리 공정별 아산화질소(N_2O)의 배출계수를 산정하였음. 하수처리 공정에 따라 온실가스 배출계수의 차이를 분석하기 위해 운전 중인 4개의 하수처리 공정을 대상으로 조사. 하수처리 공정별 오염물질 유입부하에 대한 N_2O 배출계수 산정결과 5-stage 공정, 활성슬러지공정, Denipho공정, SBR공정 순으로 낮게 산정됨¹⁹⁾
- 임지영 외 6명(2003)은 매립지에서의 VOCs 배출특성과 배출량 산정에 관한 연구를 진행하였음. 매립지의 경우 국가별로 매립되는 폐기물의 성상 차이 및 국내 매립지별 특성이 매우 강하므로 이를 일반화시키기 위한 연구 수행. 국내 매립지에서 적용가능한 활동도를 이용, 매립지에서 배출되는 VOCs 배출특성 파악 및 배출량 산정이 이루어짐²⁰⁾
- 정병원 외 4명(2010)은 대전광역시 환경기초시설에서의 온실가스 실측 결과를 이용하여 배출량을 산정하는 연구를 진행함. 온실가스(CH_4 , CO_2 , N_2O) 측정방법에 대한 신뢰도 평가 및 Tier 2,3 방법에 준하여 대전광역시 환경기초시설의 온실가스 배출량을 실측/산정하여 시설별 배출계수를 산정하고자 함

(라) 스마트그리드 에너지 기술 개발 관련 분야

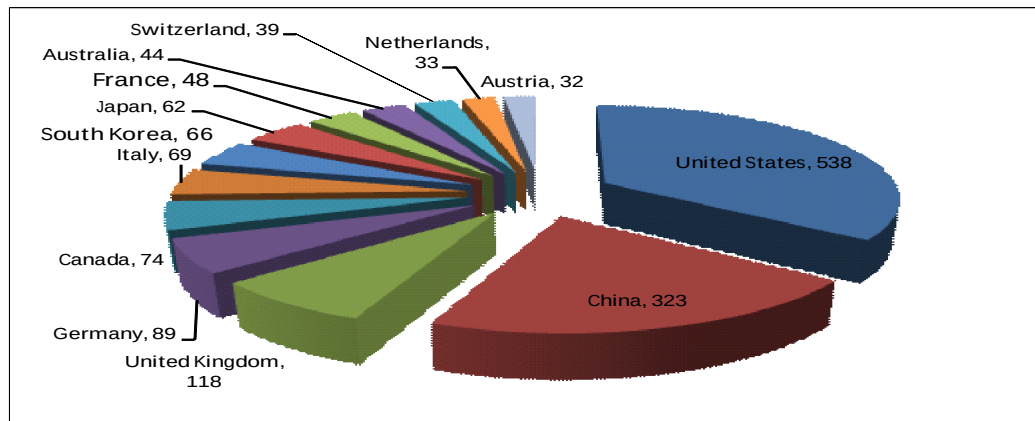
- 스마트그리드(Smart Grid)를 키워드로 검색하여 연도별 발표건수, 국가별 발표건수, 저자 키워드별 발표건수를 분석한 결과 아래와 같음
- 전세계 연도별 스마트그리드 관련 논문 발표건수
 - 스마트그리드관련 논문은 총 854건(2000년 이후)으로 2000년 이후 서서히 증가하다가 2009년, 2010년 폭발적인 증가추세에 있음. 현재(2011년)에도 스마트그리드분야의 논문 및 연구 활동이 활발히 이루어지고 있을 것으로 예상됨

19) 양형재 외 2 2008,
20) 임지영 외 6 2003



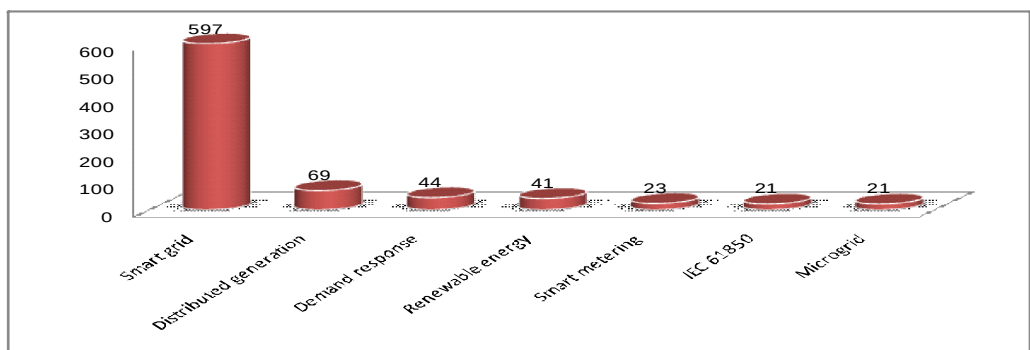
<그림2-37> 전세계 연도별 스마트그리드 관련 논문 발표건수

- 국가별 스마트그리드관련 논문 발표건수
 - 국가별 논문 발표건수는 미국(United States) 538건, 중국(China) 323건으로 2개국의 발표건수가 전체 논문의 절반 이상으로 상당히 많은 부분을 차지하고 있음. 우리나라의 경우 66건으로 조사되었음



<그림2-38> 국가별 스마트그리드관련 논문 발표건수

- 저자 키워드별 빈도 분석
 - 스마트그리드관련 논문의 저자 키워드를 분석한 결과 다양한 키워드가 조사되었음. 특히 Smart Grid 가장 빈도가 높은 것으로 조사되었으며 다른 키워드의 경우 비슷한 빈도를 보였음. Distributed generation, smart meter 등 다양한 키워드가 추출되었음



<그림2-39> 저자 키워드별 빈도 분석

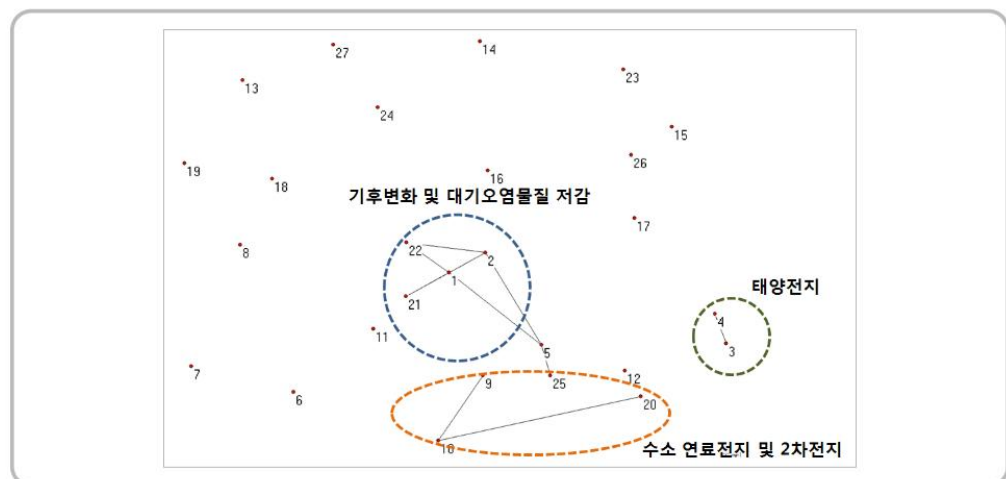
- (마) 탄소중립 도시모델 개발 및 온실가스 감축량 평가 기술 개발 관련 분야
- 녹색기술과 관련된 세계 및 국내 논문DB를 이용하여 중점육성기술의 과학맵을 작성한 결과 중점육성기술간 전반적인 연관성이 존재
 - 모든 중점육성기술에서 연계연구가 활발한 것으로 나타나지만, 연결 네트워크가 복잡하여 중심 네트워크 파악이 어려움

대분류	중분류	소분류	기술 번호	중점육성 기술명	
예측기술	기후변화 예측 및 영향평가	기후변화예측	1	· 기술변화 예측 및 모델링개발 기술	
		기후변화적응	2	· 기술변화 영향 평가 및 적응기술	
에너지원 기술	재생에너지	태양광	3	· 실리콘계 태양전지의 고효율, 저가화 기술	
			4	· 비실리콘계 태양전지 양상 및 핵심원천 기술	
		바이오에너지	5	· 바이오에너지 생산요소기술 및 시스템 기술	
			원자력/핵융합	6	· 개량형 경수로 설계 및 건설 기술
	원자력	7		· 친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵주기시스템 개발 기술	
		핵융합		8	· 핵융합로 설계 및 건설 기술
	수소연료전지	수소제조 및 수소저장	9	· 고효율 수소제조 및 수소저장 기술	
		연료전지	10	· 차세대 고효율 연료전지 시스템 기술	
	고효율화 기술	화석연료 활용성 향상 및 고효율화	석탄액화(CTL) 및 가스화	11	· 석탄가스화 복합발전 기술
		수송부문 효율성향상	자동차, 철도, 선박해양, 우주항공, 교통물류	12	· 고효율 저공해 차량기술
13				· 지능형 교통, 물류기술	
녹색국토		그린시티	14	· 생태공간 조성 및 도시재생기술	
		그린홈/그린빌딩	15	· 친환경 저에너지 건축기술	
친환경 제조공정/소재 효율성향상		제조공정/소재 효율성향상	16	· 환경부하 및 에너지 소비 예측 을 고려한 Green Process 기술	
		친환경공정 및 제품	17	· 친환경 식물성장 촉진기술	
전력효율성 향상		LED, IT기기	18	· 조명용 LED· 그린 IT 기술	
		초전도활용, 전력IT	19	· 전력 IT 및 전기기기 효율성 향 상 기술	
		에너지저장	20	· 고효율 2차 전지기술	
사후처리 기술	대기오염 모니터링 및 제어	CO2포집 저장 처리	21	· CO2 포집, 저장, 처리기술	
		Non-CO2 모니터링 및 처리	22	· Non-CO2(이산화탄소제외 온실 가스)처리기술	
	수질환경	수처리	23	· 수계수질평가 및 관리기술	
		수자원확보	24	· 대체수자원 확보기술	
	폐기물	폐기물 자원화 및 에너지화	25	· 폐기물 저감, 재활용, 에너지화 기술	
	환경보건	위해성평가	26	· 유해성물질 모니터링 및 환경정 화기술	
무공해 산업경제 (지식기 반) 육성	CT, 소프트기반IT 및 지식 서비스 등	가상현실	27	· 가상현실 기술	

※ 과학맵에 나타난 번호는 중점육성기술의 기술번호를 의미함

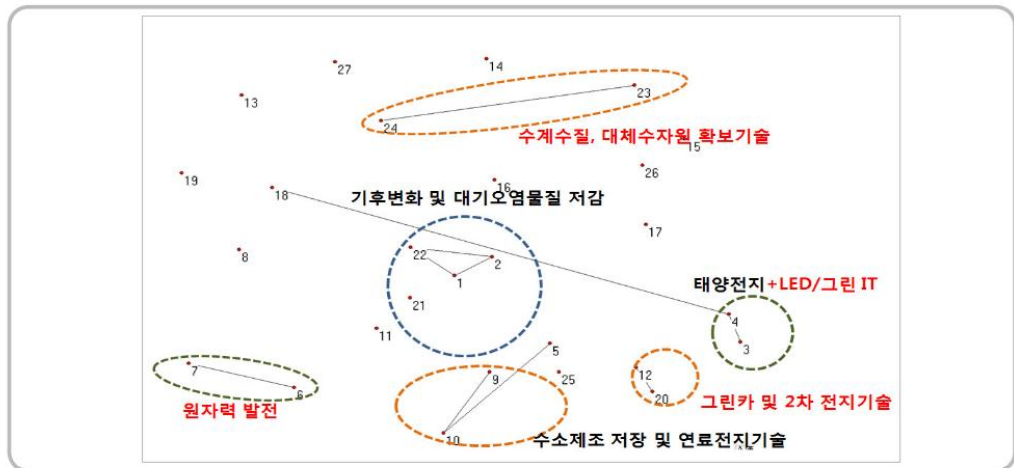
<표2-20> 27대 녹색중점육성기술 목록

- 세계논문 DB를 이용하여 과학맵을 분석한 결과 기후변화 예측 및 모델링 개발 기술, 기후변화 영향평가 및 적응기술, CO₂ 및 Non-CO₂ 처리기술의 연계연구가 가장 활발한 것으로 나타남
 - 태양전지 분야, 수소제조 및 수소저장기술, 2차전지 기술 분야에서의 연계연구도 타 분야에 비해서 활발한 수준
 - 실리콘계 태양전지 고효율 저가화 기술과 비실리콘계 태양전지 양산 및 핵심원천 기술의 연계 네트워크 강도가 가장 높은 것으로 나타났으나 이는 두 기술분야의 검색 키워드가 일부 동일하여 발생하는 현상임
- 논문분석 결과 국내에서는 기후변화, 대기오염물질 저감분야의 연계연구가 활발한 것으로 나타남
 - 2차전지 기술은 세계에서는 연료전지 기술과 연계연구가 활발히 이루어졌으나 국내에서는 친환경 고효율 차량기술과 연계연구가 활발
 - 태양전지 분야의 연계연구가 활발한 것은 세계연구동향과 동일하나 국내는 태양전지분야와 LED/그린 IT분야의 연계연구가 상대적으로 활발
 - 그 이외에 수계수질 평가 및 관리기술, 대체수자원 확보 기술, 원자력 발전기술 분야가 세계 연구네트워크에 비해서 상대적으로 우선순위가 높음



<그림2-40> 중점육성기술별 과학맵(국내논문,'02~'08)

- 세계 및 국내에서 가장 연계네트워크가 활발한 분야는 기후변화예측 및 모델링개발 기술, 기후변화영향평가 및 적응기술, CO₂ 포집·저장·처리기술, Non-CO₂ 처리기술 등 4개 분야로, 기후변화 연구 및 온실가스 처리기술 관련분야로 나타남



* 투과(Percolation) 방법으로 클러스터링 수행

* 세계분야 연구동향과 비교하여 차이가 나는 부분을 붉은색 글씨로 표시

<그림2-41> 중점육성기술별 과학맵(세계논문, '02~'08)

다. 기술경쟁력 분석

(1) 국내외 탄소중립도시 조성 기술

(가) 국외 탄소중립도시 건설사례

- 국외의 탄소중립도시는 오스트리아의 린츠, 뉘른베르크, 에미레트의 마스다르, 미국의 샌프란시스코, 중국의 동탄 등에서 건설되고 있음



<그림2-42> 탄소중립도시 해외건설동향

조성기술 분야		오스트리아 린츠(Linz)	독일 울름(Ulm)	독일 크론스버그(Kronsberg)
완 화	에너지	·운수를 태양에너지로 제 공(34%)	·친환경 에너지 이용 및 생산 ·원격 열 연결장치 및 열병합 발전시설	·에너지 절약 시범마을 ·단지 내 풍력발전기 설치 ·열병합 발전에 의한 지역난 방
	도시 공간구조	·Traffic_Local Public Transport	·도심 내 자동차 통행 금지 ·왕복 6차선에서 2차선으로 축소	·격자형의 도시구조개발
	건축	·열을 보호위한 빌딩 shell ·입구 공기는 열교환기에 의해 예열	·외피 면적-부피비의 최적화 ·완전한 단열과 열교현상 방 지 ·폐열의 회수가 가능한 환기 장치	·외벽은 30센티미터 넘는 두 께로 절연체로 시공, 남향 배 치 ·창문은 모두 세 겹의 유리, 아 르곤 가스로 열전도 차단
	녹지 및 농업	·생태계 보존을 고려한 건 물 배치 및 녹지공간 조 성	·지형을 고려한 녹지보존	·건설발생 토사를 경관형성에 이용
적 응	바람길 확보	-	·산과 산 사이의 골짜기를 최 우선 지역으로 설정하여 보 호	·바람통로를 접하고 있는 단 지 내부에 녹지공원을 조성
	물 관리	·우수는 분산시스템에 의 하여 순환	-	·집집마다 우수집수 파이프 설치
지 원 체 계	프로그램	·태양에너지 시스템 시공 자에 재정적 지원	·커뮤니티센터를 통한 주민교 육 및 홍보프로그램 운영	·리모델링으로 CO2저감에 성 공한 건축물에 인증표시판 부착
	운영체계	·도시운영조직을 조직하 여 시청은 전체 운영과정 을 조정	·도시 간의 문제의 합의를 위 해 조정위원회를 설치	-

<표2-21> 해외 탄소중립도시 조성기술개발 동향-1

조성기술 분야		독일 리셀펠트(Rieselfeld)	독일 보봉(Vauban)	캐나다 도크사이드 그린(Dockside Green)
완 화	에너지	· passive solar energy · 태양 에너지 활용 및 wood pellet heating에 의한 에너지 확보	· 태양광과 바이오매스가 주 에너지원 · 바이오가스를 통한 열병합 발전 · 폐목재 재활용 · 태양 집열판을 통해 에너지 확보	· 태양광 시스템을 통한 전력 생산 · 바이오 매스 플랜트를 통한 온수와 열공급
	도시 공간구조	· 고밀개발(용적률 100%, 3~5층) · 전차로를 따라 지구 중심축 개발 · 전차로 주변 고밀개발, 외곽으로 가면서 밀도 저하	· 고밀 복합용도개발(건폐율 50%, 용적률 140%) · 보차 철저 구분 · 자전거 도로 네트워크 · 전차길을 중심으로 주요 시설 배치	· 복합된 지구로 개발
	건축	· 에너지 절약형 건축 의무화	· 완벽한 단열시스템 · 에너지 절감건축 의무화 · 남향 배치	· 건물 고단열 및 옥상, 벽면녹화 · LED 조명 및 동작인식기반 조명
	녹지 및 농업	· 기존 식생 최대한 보존 · 포장을 최소화	· 기존 녹지와 연계 강조 · 자연과 연계되는 가로수길 및 green fingers · 두 개 주거동이 녹색중정 neighborhood green yard 형성	· 리빙월(Living wall, 벽면녹화)을 통한 실내온도 저감
적 응	바람길 확보	· 수로축 형성을 통해 바람길 확보	-	-
	물 관리	· 자연지형을 이용한 수로 조성	· 우수 저장장치를 통한 빗물 재활용	· 하수 및 우수의 재활용
어 울 림	프로그램	-	· 카셰어링(car sharing) · 공용주차장 운영	· 카셰어링(car sharing) 프로그램 실시 · 에너지 사용량 모니터링
	운영체계	· 예비 입주자 계획참여 · 프로젝트 그룹과 주민 단체 간의 정기 워크숍 · 규제보다 소통을 최우선으로 함 · 교구 개신교 단체의 적극 참여	· 포럼 보봉이라는 시민자치모임 주축으로 생태마을 조성	-

<표2-22> 해외 탄소중립도시 조성기술개발 동향-2

조성기술 분야		아랍에미리트 마스다르(Masdar)	호주 애들레이드(Adelaide)	독일 메세스타트 림(Messestadt Riem)
완 화	에너지	· 태양열, 풍력, 쓰레기 재활용을 통한 전력 생산 · 에너지 소비가 유사 규모 도시의 20%	· 신재생 에너지 활용 · 자연재료 사용	· 태양에너지 이용
	도시 공간구조	· 신재생에너지를 고려 한 토지이용 · 친환경 대중교통기반 도시공간구조 · 저층, 고밀의 근린주 구 개발	· 복합용도개발 지향 · 보행위주의 공간구조 · 도심을 관통하는 교통 체계	· 압축도시(Compact city)형 도시개발 지향
	건축	· 건물전체의 에너지 효 율 높임 · 바람길 확보 · 1층 개방으로 보행자 통로 이용	· 패시브 솔라	· 친환경 건축자재 사용 · 건설폐기물을 지하철도 건 설 또는 방음벽 설치시 재활 용
	녹지 및 농업	· 지하저장 빗물로 녹지 조성	· 지역 생태를 고려한 수 환경 체계 및 녹지체계 건설	· 전체 개발면적의 49%에 달 하는 녹지계획 · 비오톱 네트워크
적 응	바람길 확보	· 자연통풍 활용 · 지역적 특색 최대 이 용	-	· 바람길 형성을 고려한 단지 배치
	물 관리	· 담수화 작업 통한 도 시전체 물 리사이클링	-	· 지붕의 넓이, 지붕녹화 유 무, 건물 층수(주거밀도) 등 에 따라 다양한 우수활용 계 획
어 울 림	프로그램	· Masdar City를 달성하 기 위한 주요 원리 설 정 · Clean tech 펀드 운영	· 연방정부 지원으로 태 양광 활용 에너지 시스 템 구축 · 복합용도개발지침서 작성	· 2개 주거단지에서 ‘ 자동차 없는 삶 ’ 프로그램 시행
	운영체계	· U-IT 기술을 통한 자 발적 에너지 절감 시 스템	-	· 뮌헨시와 민간개발업체가 개발주체로 참여하여 3차레 국제현상공모를 통해 추진

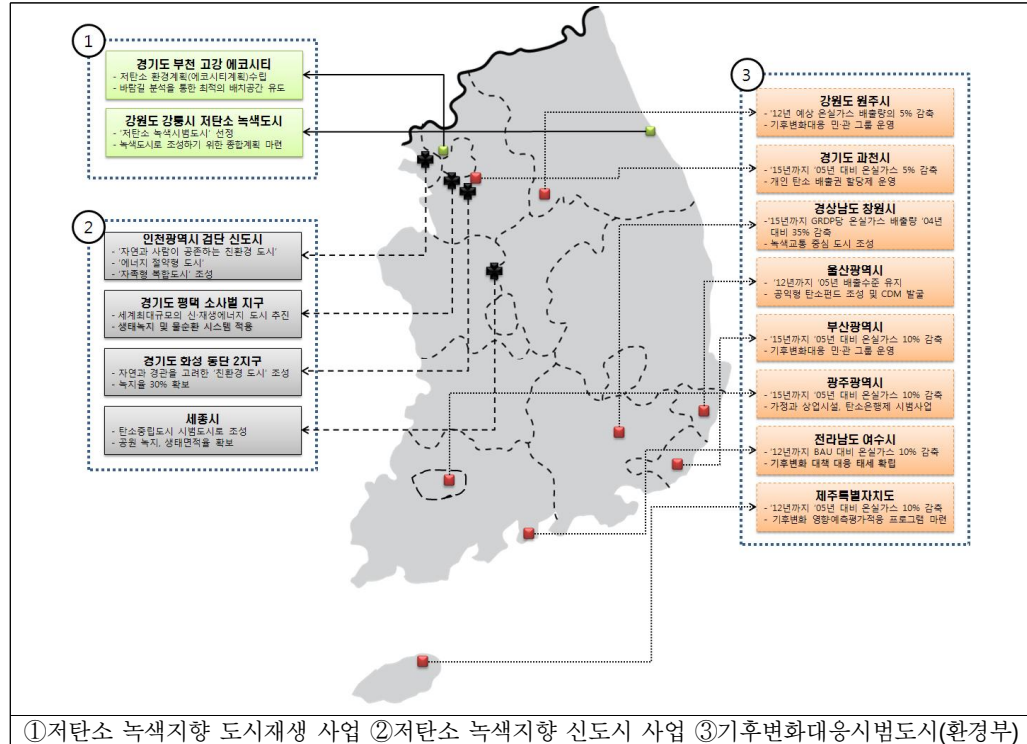
<표2-23> 해외 탄소중립도시 조성기술개발 동향-3

조성기술 분야		스웨덴 하마비 허스타드	핀란드 비키(Viikki)	중국 충밍성 동탄 신도시
완 화	에너지	·하마비 모델 Hammarby Model 개발 ·쓰레기를 이용한 지역난방 ·바이오가스, 태양집열판을 이용한 에너지 확보 ·우수를 이용한 power grid station	·태양광 패널 설치	·모든 에너지 수요를 바이오, 풍력, 태양광 등으로 충당함
	도시 공간구조	·주거지역의 중심으로 인접 및 격자형 그리드 계획 ·노면전차 중심의 대중교통 시스템 구비 ·대중교통, 자전거, 보행 위주의 교통체계 ·대중교통의 교통수단 분담률 80%	·환경친화적 주거복합도시 지향	·에너지 절약형 교통 시스템 ·전용도로 설치
	건축	·신축 주택자재에 재활용 건축자재 사용	·건물 위 환풍장치 설치로 공기 순환 ·햇빛을 잘 받을 수 있는 남향 배치	·건축물 높이를 8층 이하로 제한함 ·지붕을 잔디 및 녹색식물로 녹화
	녹지 및 농업	·단지 내부의 텃밭 조성 ·생태 습지 조성 ·우수를 이용해서 건물 녹화	·그린핑거 ·비키 총 면적의 70%를 차지하는 자연보전지구	·단지 내부 텃밭 조성 ·습지공원 조성
적 응	바람길 확보	·녹지대 및 수생식물대 조성을 통한 바람길 확보	·계절별 바람길 예측을 통한 주동 배치	·수생식물대 조성 및 오픈 스페이스 확보
	물 관리	·수질정화습지, 호수내부 습지, 수변습지 조성 ·친수 실재천 및 생태수로로 보행로와 연계 배치 ·우수의 자연정화 수로 시스템 ·폐수를 정화해서 중수 이용, 발생 에너지로 지역난방	·자연형 실개천 및 습지 보존 ·우수 저장, 생활용수로 재이용	·집수, 수처리 재활용 시스템 설치
어 울 림	프로그램	·친환경 시스템을 최대한 활용하기 위한 환경 인포메이션 도시홍보센터 설치 및 주민 교육/홍보 ·보유차량 대수 제한 / 카셰어링	·샤우나 · 세탁 등 공유시설 이용 ·도시조성 모니터링 실시	·2005년 영국과 상하이 산업 투자공사 간에 ‘동탄 도시개발 계약’을 체결
	운영 체계	·2002년 스톡홀름시 설계국의 친수생태도시계획 운영체계가 지속되고 있음 ·환경 정보 센터와 도시홍보센터 설치	-	-

<표2-24> 해외 탄소중립도시 조성기술개발 동향-4

(나) 국내 탄소중립도시 건설사례

- 국내의 탄소중립도시로는 강릉 저탄소 녹색도시, 부천 고강 에코시티, 동탄 2 신도시, 세종시, 평택 소사별, 서울의 마곡지구, 아산의 탕정지구 등에서 건설되고 있거나 계획에 있으며 그 외에 환경부에서 지정한 기후변화대응시범도시가 있음



<그림2-43> 국내 저탄소 녹색도시 건설 동향

조성기술 분야		서울시 마곡지구	아산 탕정지구
완화	에너지	· 신재생 에너지 적극 도입	· 태양광/태양열 활용 · 폐기물을 통한 에너지 취득
	도시 공간구조	· Tree형 공간골격 · 친환경 교통/공간 적용	· 일조채광을 고려한 단지배치
	건축	· Passive design 도입 · 기후순응형 디자인 · 초고층 건물 제한	· 벽면 및 지붕녹화
	녹지 및 농업	· 기존 녹지와 연결한 녹지축	· 가로수 식재로 탄소흡수
적응	바람길 확보	· 기후맵을 이용한 단지구획으로 열섬현상 방지	· 바람길을 고려한 단지구획
	물 관리	· Water Front 조성 · 생태하천 조성	· 신재생에너지와 연계한 하수처리시설 · LID 빗물관리 시스템 · Grey water 처리 인공습지
어울림	프로그램	· 유비쿼터스 인프라를 활용한 공공/민간 서비스 제공 · u-City 통합운영센터	-
	운영 체계	· CCI와 의 협력을 통해 기후공정개발 표준안 마련	-

<표2-25> 국내 탄소중립도시 조성기술개발 동향-1

조성기술 분야		강원도 강릉시 저탄소 녹색도시	부천 고강 에코시티	동탄 2 신도시
완화	에너지	· 신재생에너지 복합단지 조성 · 신재생에너지 R&D 단지 조성	· 신·재생에너지 도입 · 가로등 및 보안등 LED 램프	· 신재생에너지 시범마을 조성 · 고단열, 고기밀, 고효율 창호 · 폐열회수 환기장치의 도입
	도시 공간 구조	· 친환경 녹색교통 시스템 도입	· Car Free System 도입	· 중심지구 토지이용의 고도화, 복합화, 입체화 · 중심부에 대규모 광역비즈니스 콤플렉스 개발을 추진
	건축	· 해수열 지역냉난방 및 신재생에너지공급, 옥상녹화, 벽면녹화	· 자연형 건축기법 적용	· 지열 등을 이용한 패시브 하우스(Passive House) 기법 적용
	녹지 및 농업	· 개발예정지의 57%를 생태녹지로 조성	· 녹도조성, 인공습지 조성 · 아파트 단지 생태면적률 35% 이상, 상업지역 20% 이상 확보	· 특화공원 조성 · 녹지네트워크 형성
적응	바람길 확보	· 바람길을 통해 열섬현상을 완화하고 미세먼지 제거	· 3개소에 자동기상관측장비(AWS) 설치 · 최적의 배치공간 유도	· 우수 등 수자원 및 바람길을 통한 미기후 조절
	물 관리	· 수변 네트워크 구축	· 수류순환망 구축 · 옛 물길 살리기와 수 환경 창출	· 도시 순환하는 실개천 조성 · 오산천 중심 물 순환망 구축
어울림	프로그램	· 그린 패스권 발행 (온라인 전기자동차, 자전거 등 이용)	· Car Free System · 저탄소 환경(에코시티)계획 수립 · 지역 NGO, 주민, 조사전문가가 합동으로 지역 어메니티자원 조사	· U-City 첨단 기술과 접목된 ITS형 임대자전거 제도 등 녹색교통지원프로그램 마련 · 도시재생 프로그램 수립
	운영체계	· 사업별 분과위원회를 구성하여 운영하는 '주민협의체' 구성	· 에코시티 연구진으로 구성된 (사)도시환경 연구센터	· 건교부와 지자체간 고위급 협의회와 실무협의회 구성

<표2-26> 국내 탄소중립도시 조성기술개발 동향-2

조성기술 분야	기후변화 대응 시범도시 (전국종합)	세종시	평택 소사별
완화	에너지	· 신재생에너지로 에너지 소비량의 10% 보급	· 시범주거단지 개발
	도시 공간구조	· 환상형 도시구조 · 저밀 주거지역으로의 개발	-
	건축	· 공공청사 등의 에너지 효율 등급 기준 1등급으로 상향 조정 · 인센티브 제공	· 주택건설 계획 수립 · 자연에너지 활용을 극대화할 수 있는 건물 배치
	녹지 및 농업	· 탄소흡수원 증대사업, 친환경적 녹화사업 추진 · 공원 녹지 조성 사업, 비오톱 조성 등	· 개발예정지역 53% 공원 · 녹지 · 친수공간 등으로 조성 · 녹지축(31km) 조성
적응	바람길 확보	· 도시의 계획단계부터 바람길을 고려하여 탄소상쇄량 극대화	· 녹지대를 활용한 바람길 조성 · 바람길을 고려한 식재 계획
	물 관리	· 빗물 저류 시스템 도입 · 친수공간 조성사업	· 물순환 시스템 도입 · 생태공원 조성 및 자연하천정비사업과의 연계
어울림	프로그램	· 친환경 연료(바이오 디젤) 전환 · 차없는 날, 에너지의 날, 칠석소등 행사 실시 · 지능형 교통체계(ITS) 구축	· 녹색교통지원프로그램 마련 · 도시재생 프로그램 수립
	운영 체계	· 민·관 전문가 그룹 구성 · 운영, 기후변화 대응 T/F팀 구성·운영 · 기후변화대응 통합적 체계 및 인프라 구축	· 청정개발체제(CDM) 사업화 · 다양한 에너지 체험 교육 실시
		· 세종시민관위원회 구성 · 운영 · 관계 국무위원 및 민간의 명망가들로 위원회를 구성	· 지역안정화 대책협의회 · 관계기관과의 공동협의체 구성

<표2-27> 국내 탄소중립도시 조성기술개발 동향-3

(2) 국내외 청정공급처리시스템 기술

(가) 바이오매스를 활용한 대체에너지 기술

- 부시, 오바마 미 대통령은 국정연설에서 석유의존도 완화를 위한 대체 에너지 개발구상을 천명
 - 부시 미 대통령은 미국이 “ 석유 중독증 ” 에 걸렸다고 진단하고 MSW를 포함한 대체에너지 R&D 투자를 22% 증액하겠다고 선언
 - 미국의 MSW의 연소열량을 단순비교 시 미국에서 수입하는 원유의 2/3를 대체 가능
 - 대체에너지 기술개발을 통해 2025년까지 중동산 원유 수입량의 75%를 감축할 계획
- 미국에서는 석유를 지원하던 부시 정권이 막을 내리면서 신재생에너지 분

야에 엄청난 지원과 관심을 쏟으면서 태양광전지 이후에 최대 산업으로 부상하고 있음

- 민주당이 제출한 신재생에너지 법안에 따르면 2020 1까지 국가 에너지원의 20% 1 신재생 에너지원으로부터 조달하는 것을 목표로 함
- 법안은 MSW 1 에너지로 전환하는 방식을 풍력이나 태양열처럼 신재생 에너지원으로 정의함
- 현재 미국에서 발생하는 MSW 54% 1데 소각되는 에너지화 되는 비중은 13% 33% 1 재활용되고 있음

◦나사의 오메가프로젝트는 석유생산이 2020 1크오일에 정점을 찍고 하강하면서 값이 너무 비싸지면 대체에너지를 찾던 많은 국가들이 미세조류가 그린오일(Green oil) 1라 불리면서 석유를 대신할 것이라 판단하여 추진하는 프로젝트임

- 미세조류 연료, (1 : Greener Dawn)
 - 미국의 엑슨모빌, 1, 1노코필립스 등 정유업체들의 미세조류 연료화 연구개발 활발
 - 엑슨모빌, Synthetic Genomics 5 6 (09 1, 07 1)
 - 다우화학은 Algenol 1, '08 Solazyme 1는 바이오연료 개발을 위해 세브론과 파트너십 강화, 09 8 BP 1 조류로부터 영양보조제 개발에 특화된 Mart Biosciences 1에 천억달러 이상 투자
 - 바이오연료 투자, “ 1세조류 바이오연료 개발 프로젝트가 쉽지 않을 것이며 수십년이 걸릴 수 있고 성공을 보장하지 않는 것을 알면서도 향후 증가하는 에너지 수요를 충족하기 위해서는 새로운 기술 개발이 필요하며 미세조류를 이용하는 방법이 가장 유력한 것으로 판단했음”

◦도심고형쓰레기 (MSW) 1, 1, 1, 1, 1가 폴에서 활발히 진행되고 있음

- 미국의 경우 Covant Energy, HCR, Veolia 1에서 과거 매립지 매립 중심에서 MSW 50% MSW 1 처리
- 지정학적인 이유로 싱가포르, 1, MSW 95% 1 상 소각 에너지로 전환
- 미국, 1, 1, 1, 2008-2009 1 세계 경제 위기 속에서도 많은 수익을 창출했으며 경상투자 및 R&D 1자비를 증액 중
- 월스트리트 저널에 따르면 최근 MSW 1너지화가 매립보다 에너지 생산성이 높다는 연구 발표가 나왔으며 의회가 관련법을 마련하면서 에너지 회수 MSW 1리 산업 활성화 예고
- 미국 환경보호청 (EPA) MSW 1 매립지에 묻는 대신 에너지화 함으로써 더 많은 에너지를 얻을 수 있다는 연구 결과를 발표하였으며, EPA의 최근 연구에 따르면 MSW 10 1 이상

의 전력을 생산할 수 있다고 보고하였고, 1원으로 활용 가능한 메탄가스의 양은 매립지에서 포집하는 것보다 35%이지만 에너지 발생량을 고려할 때 한층 효과적이라 보고

- 일본은 폐기되는 종이, 플라스틱, 금속, 유리, 고무, 섬유, 하수 오니와 같은 폐기물계 바이오매스를 에너지화
 - 일본 폐기물계 바이오매스의 연간 부존량으로서는 습윤중량으로는 약 30,500만톤, 에너지 환산시 약 930PJ (2,400만톤)에 상당함
 - 탄소량으로 환산한다면 2,200만톤, 이것은 일본에서 사용되고 있는 플라스틱에 포함되어 있는 전 탄소량의 약 2.2%에 달함
- 환경부는 지방자치단체에서 설치 운영 중에 있는 전국 38개 대형 생활폐기물 소각시설의 폐열 자원화 실태를 조사한 결과 05년 쓰레기 소각과정에서 발생한 폐열 총 4,951 Gcal 중 89.3%인 4,419 Gcal이 회수 이용했으며 이를 중유로 환산하면 491천kl, 1,500억원의 중유 수입절감효과 발생
 - 충북 청주시는 2010년 운영에 들어간 흥덕 휴안동의 청주권 광역소각장은 쓰레기를 태울 때 나오는 열에너지를 판매하거나 이를 전기로 바꿔 팔아 한달 평균 1억 9000만원 수익
 - MSW 4억원의 판매수입을 얻었고, 288억원 상당의 전력비 절감
- 환경부는 고유가시대를 맞이하여 환경보전은 물론 국가 경제적인 측면에서 폐기물의 자원화 적극 추진
 - 각 지방자치단체의 소각시설에서 발생하는 폐열의 회수·이용률을 높이기 위하여 폐열 공급처 확대, 열병합발전시설 설치 등 다각적인 방안을 검토하고 있음
 - 우리나라의 신·재생에너지보급실적('04년 기준) 1%인 2.3% 수준이며 이중 폐기물 에너지가 72.4%로, 재생에너지 보급률을 2011년 5%로 끌어올릴 계획, RDF(Refuse Derived Fuel)는 폐기물을 대대적으로 에너지화 계획

(나) 온실가스 인벤토리 구축기술

- 온실가스 감축사업이나 탄소배출권 등의 크레딧 활용시장에 활용하기 위하여 인벤토리 구축에 대한 수요가 국가·기업·지역으로 확대되어지면서 가장 유망한 시장으로 떠오르고 있음
- 건축물 부문을 포함한 대부분의 분야에서, 국제 기후변화 협약에 대응하기 위해서는 건설, 운영, 폐기 단계에 이르는 전 과정에 걸친 온실가스 배출 특성에 대한 국가통계 구축 및 국가 온실가스 인벤토리 구축 체계의 정비 필요하나, 아직까지는 미흡한 실정임²¹⁾

21) 건축도시공간연구소, 2010, 국내의 건축물 온실가스 배출 현황과 관련 정책동향

- 정부차원에서 온실가스 인벤토리 DB
2005 (11) 1 시작으로 국가 기업 온실가스 인벤토리를 구축하였으며, 이후에도 표본 조사 등을 통한 배출량 자료를 구축할 예정이다22)

온실가스 인벤토리 구축 계획									
1차 사업('05~'07)			2차 사업('08~'10)			3차 사업('11~'13)			
행정정보DB구축사업			온실가스통계DB구축(도입기)			온실가스통계DB구축(완성기)			
2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
1차 의무기간('08~'12)					2차 의무				
산업부문 (광업제조업)	대규모조사 (11만개)	표본조사 (8천개)	표본조사 (8천개)	대규모조사 (11만개)		대규모조사	시계열 표본조사	시계열 표본조사	
가정상업 부문		대규모조사 (10만개)	표본조사 (8천개)	대규모조사 (11.6만개)		대규모조사	시계열 표본조사	시계열 표본조사	
수송부문			대규모조사 (4.6만개)		대규모조사	대규모조사	시계열 표본조사	시계열 표본조사	

<그림2-44> 국내 온실가스 인벤토리 구축 계획(출처: 에너지관리공단)

(3) 국내외 스마트그리드 적용기술

(가) U-City

- 유비쿼터스 기술(UT)을 기반으로 기존도시에 IT 기술을 접목하여 도시의 효율성을 높이기 위한 사업
- U-City는 IT 시설을 구축하고 관련된 서비스를 제공하는 측면의 성격이 강함
- 다루고 있는 분야가 IT 분야로 한정되어 있으나, U-City에서 구상하고 있는 인프라 및 서비스 들은 스마트 시티 구성에 있어서 꼭 필요한 요소임
- U-City 사업의 IT 시설에 기반하여, 에너지 관리 기술과 Smart Grid 요소가 추가 된다면 두 사업 모두 Win-Win 할 수 있는 효과를 기대할 수 있음

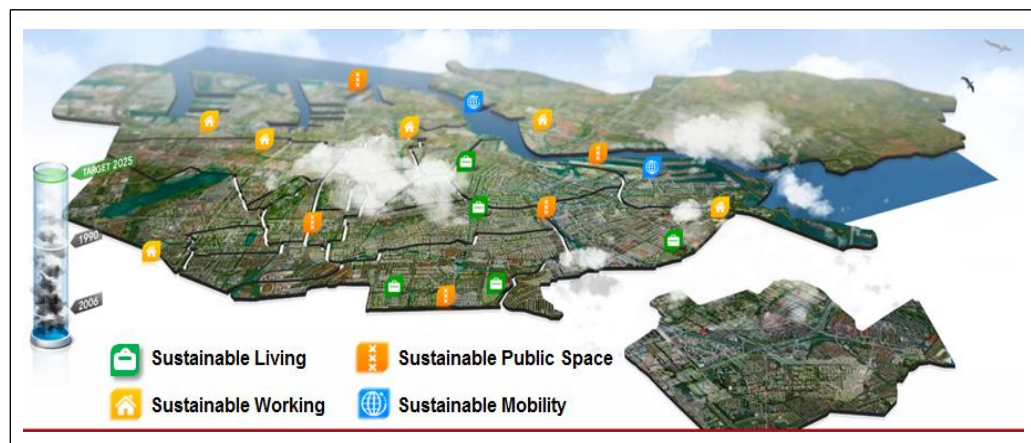


<그림2-45> 스마트그리드와 U-City 기술의 융합을 통한 스마트 그린 시티 구성

(나) K-MEG

- K-MEG(Korea Micro Energy Grid)은 기존의 마이크로그리드 에너지관리 시스템(EMS)에 건물에너지 관리 시스템(BEMS)이 통합된 개념
- 대상이 건물 단위 또는 마이크로 그리드 단위로서 그 규모가 한정됨

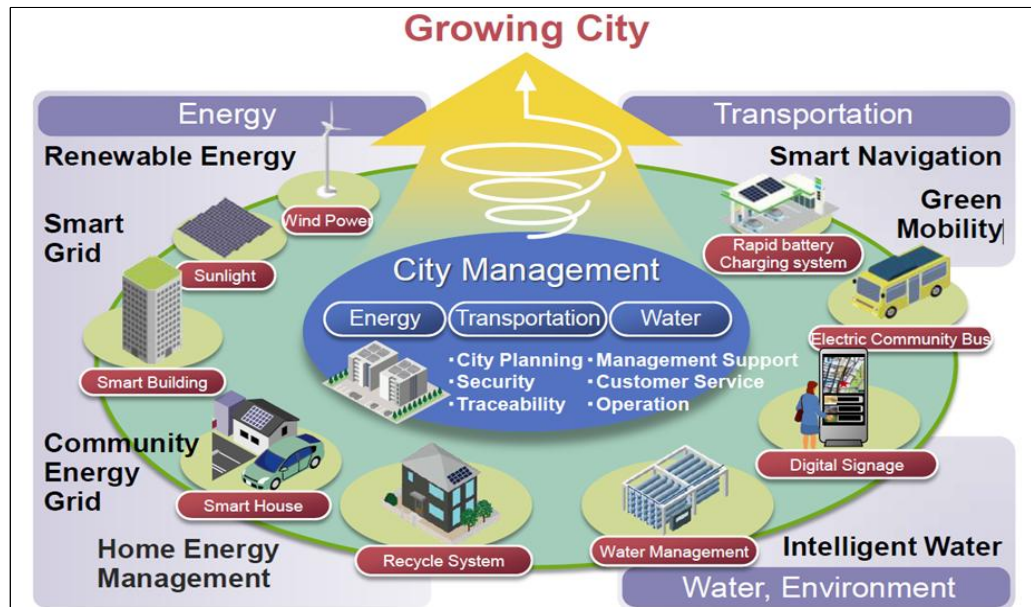
22) 에너지관리공단, 2009, 기업온실가스 인벤토리 구축현황 및 향후 계획



<그림2-46> 암스테르담의 스마트시티 프로젝트

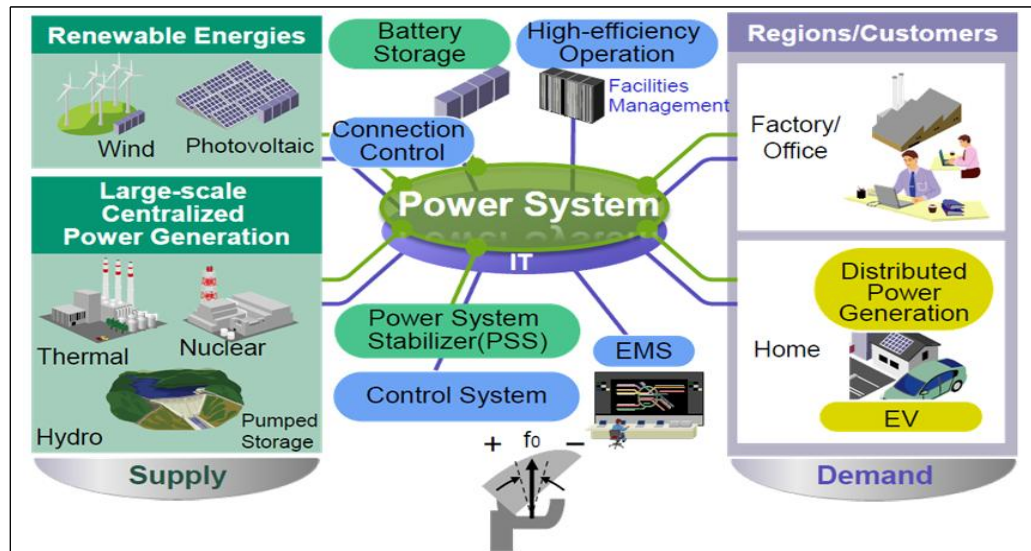
◦ 친환경 도시 구축,

Zero Emission 1 추진목표로 함

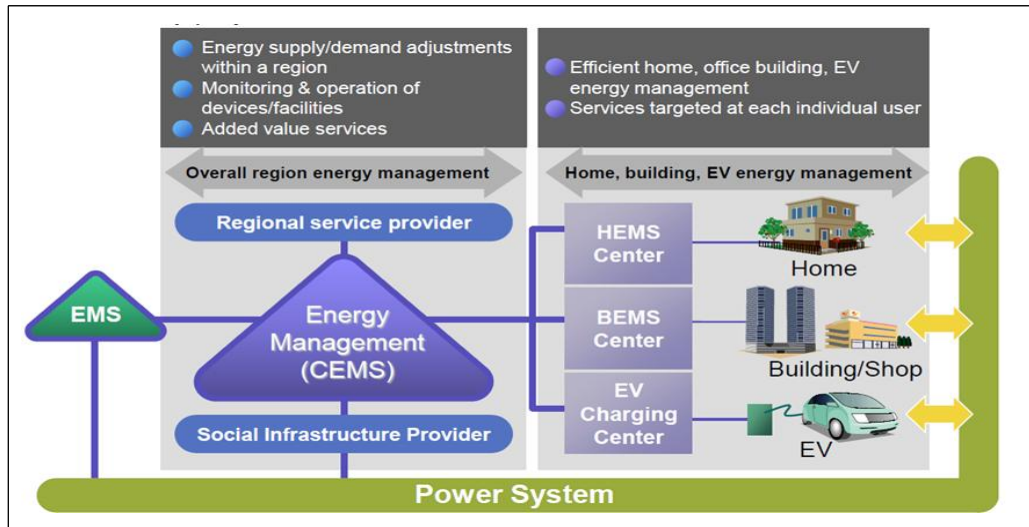


<그림2-47> Growing City의 구상도

- 전력 인프라의 경우 화력, 원자력, 수력 등 기존의 발전설비 뿐만 아니라, 풍력 태양광과 같은 신재생에너지원 및 분산전원, 에너지 저장장치, 전기 자동차 등을 포함
- EMS에 IT 기술이 융복합됨으로써 수용가에 맞는 전력 서비스 공급이 가능하고, 저탄소, 고품질의 경제적인 전력 공급 가능



<그림2-48> Growing City의 전력 인프라 구성

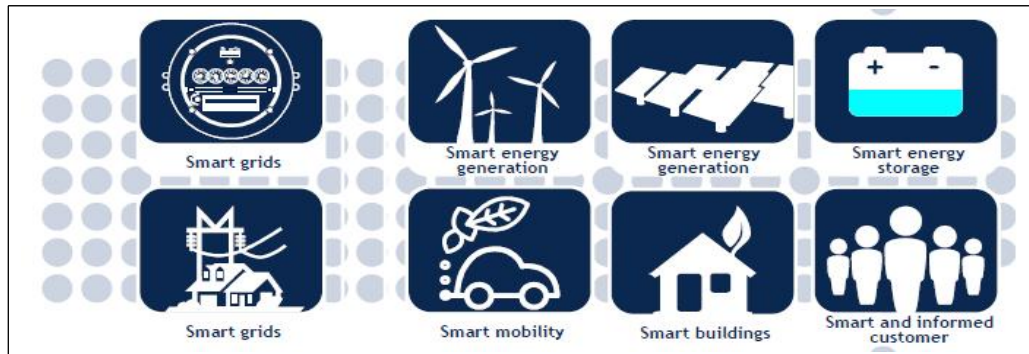


<그림2-49> Growing City의 CEMS 구상도

- CEMS(Community Energy Management System)을 통해서 가정, 빌딩, 전기차 등 전반적인 도시 에너지의 감시 및 운영을 통해 에너지 소비의 효율성을 증대
- HEMS(Home), BEMS(Building), EV Charging Center 등 에너지 소비 대상에 맞는 관리 센터와 함께 기존의 EMS가 결합됨으로써, 대상에 맞는 효율적인 에너지 공급 가능
- 도시 내 전기자동차의 충방전을 위한 인프라를 구축하고, 다양한 에너지 관리 서비스를 제공하는 것을 통해 전기자동차의 활용도를 높이고, 도시의 탄소배출 절감에 기여

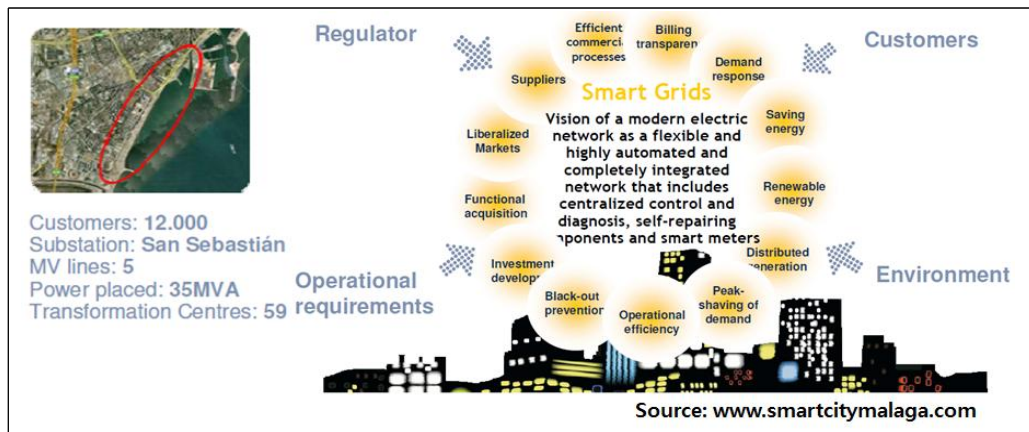
(바) Malaga - 스페인

- 현재 에너지 사용량의 20% 6,000 Ton
의 CO₂ 배출 감소 기대
- Spanish Utility 11 14 연구소가 컨소시엄을
구성하여 사업에 참가
- 사업규모는 약 3100 (550) , EU (75%) +
민간 자금 유치(25%) 를 통해 충당
- 사업은 Smart Energy Generation, Energy Storage, Energy Management,
Buildings, Mobility, and Informed Customer 를 구성



<그림2-50> Malaga 스마트시티 프로젝트 구성요소

- 총 4년 기간의 시범사업(demonstration project)으로 진행중이며, 스마트 에너지, 스마트 그리드, 관련 기술 개발 중심으로 에너지 효율화 사업 추진
- "에너지 효율화 관련 정부 정책 및 비즈니스 계획의 효과를 측정해 볼 수 있는 살아 있는 실험실(living lab)로 육성할 예정



<그림2-51> Malaga 스마트시티 프로젝트 개요

- 향후 추진 계획
 - 12,000명 수준의 에너지 소비자 집단을 대상으로 산 세바스티안 지역부터 프로그램 적용 중
 - 향후 적극적인 홍보활동을 통해 관련 기업의 투자를 유치
 - 필요시 해당 분야에서 외국 정부와의 공동 프로젝트를 통해 사업 확대 예정
- (4) 국내외 녹색도시 조성기술 R&D 투자 현황
- (가) 녹색도시 조성기술 관련 국외 R&D 프로젝트 현황
- ① 도시공간 시뮬레이션 분야²³⁾

23)The state and prospects of European energy research (European Union Publications Office, 2006

국가	Project
EU	· 경제, 정책, 문화를 반영한 다양한 시나리오를 통해 도시공간시물레이션 및 분석 · 새로 구축되는 Infrastructure와 green technology의 상관관계 모델링 연구 · 수요의 변화에 따른 모델링 연구
미국	· US DOE's sequestration programme

<표2-28> 국외 도시공간 시물레이션 프로젝트 현황

② 바이오매스 및 폐기물 에너지화 분야²⁴⁾

국가	투자비용 (million EUR/year)	Project
EU	103 (2006)	-
미국 EPA	20.28 (2010) 21.73 (2011 예산확보) 28.98 (2012 예산확보)	· The Biomass Research and Development Initiative (biomass 분야)
미국	0.018 (2004)	· Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance (산업폐기물 분야)
미국, CA	0.1 (2000)	· California Integrated Waste Management Board (폐기물재이용 분야)
미국, Florida	2.9 (2000~2001)	· Florida Department of Environmental Protection (폐기물재이용 분야)
핀란드	70 (2004-2008)	· ClimBus programme (biomass 분야)
스웨덴		· 총 재생에너지 R&D분야의 60% (biomass 분야)

<표2-29> 국외 바이오매스 및 폐기물 에너지화 프로젝트 현황

③ CO₂ (2006)²⁵⁾

국가	투자비용 (million EUR/year)	Project
EU	121.9	· CSS분야 R&D관련 18개 프로젝트 창설(2006) · 독일, 영국, 프랑스가 유럽국가중 CSS분야 기술에 선두주자
독일	10~20	· COORETEC programme (2004)
영국	29.1 ('05-'08)	· Cleaner Fossil Fuels Programme
프랑스	25 ('07)	· CO ₂ separation and storage programme (10M EUR/y) · New Energy Technologies R&D programme (15M EUR/y)
이탈리아	3-5	-
노르웨이	58.8 ('97-'02)	· Norway Climate Technology R&D Programme (KLIMATEK)
미국	47.09	· US DOE's sequestration programme

<표2-30> 국외 CO₂ 포집 및 저장 프로젝트 현황

24) The state and prospects of European energy research (European Union Publications Office, 2006 (미국 EPA : http://attra.ncat.org/guide/a_mvbiomass.html, 미국 각 주 : <http://www.epa.gov/osw/conserve/rrr/imr/cdm/grants.htm>)

25) The state and prospects of European energy research (European Union Publications Office, 2006

④ 스마트그리드 분야²⁶⁾

국가	투자비용 (million EUR/year)	Project
미국	21.73 (2010)	· Smart Grid R&D Program (2010, The Office of Electricity Delivery and Energy Reliability)
일본	105.6 (2004)	· New Energy and Industrial Technology Organisation (2004)
프랑스	40 (2006)	· Electricity grids and interconnection of DG resources with the grid (2006, EDF)
핀란드	50 (2003-2007)	· Five-year (2003-2007) programme (DENSYS)

<표2-31> 국외 스마트그리드 프로젝트 현황

(나) 국내 녹색기술 R&D 투자현황

- 녹색기술 R&D에 대한 투자는 '06년 이후 에너지 R&D투자가 급속도 증가하였으며, 정부의 에너지 R&D투자 총액('88- '10) 3.7조원 중 최근 5년간 투자비가 전체의 67.9%를 차지하고 있음
 - 2001년 정부의 에너지 분야 R&D 투자는 903억에서 2010년 6,521억으로 7배 이상 증가하였으며 이중 그린에너지 15대 분야의 R&D투자는 2010년 기준 62%를 차지하였음
- 녹색기술 R&D에 대한 투자 중 중점녹색기술 분야에 대한 투자 비중은 2008년 72.1%에서 2009년 73.2%로 1.1%p 증가

(단위 : 억원)



1) 녹색기술 R&D 비중(%) = (녹색기술 R&D)/(전체 R&D)

2) 중점녹색기술 R&D 비중(%) = (중점녹색기술 R&D)/(녹색기술 R&D)

<그림2-52> 녹색기술 R&D 투자현황(2008-2009)

- 녹색기술 R&D에 대한 투자규모 및 중점녹색기술 R&D의 투자비중의 증가는 정부의 R&D 투자계획에 따라 이행되고 있음
 - ※ 녹색기술의 투자목표 : 녹색기술 R&D 2012년 2.8조원 대비 2009년 1.9조원 달성(68%)

26) The state and prospects of European energy research (European Union Publications Office, 2006
(미국 : <http://www.grants.gov/search/search.do?mode=VIEW&oppld=53952>)

- 2010년도 예상 투자규모(2조 3,156억원)은 당초 계획(2.2조원)보다 5.3% 증가한 규모로, 현재의 투자기조 유지시 '12년은 3.0조원이 투자되어 목표(2.8조원)를 초과 달성할 것으로 전망
- 중점녹색기술별 투자유형*에 따라 녹색기술 R&D 예산 증가분을 27대 중점녹색기술에 집중 투자할 계획 ('08년 71.7% → '10년 77.3% → '12년 82.1%)²⁷⁾

구분		2008	2009	2010	2011	2012	비고
국가R&D	투자목표	11.1	12.3	13.7	14.9	16.6	-
녹색기술R %D	투자목표(비중) ¹	1.4 (12.6%)	1.9 (15.4%)	2.2 (16.1%)	2.5 (16.8%)	2.8 (16.9%)	연평균 19%증가
	투자실적 및 계획*	1.4	2.04	2.32	2.63P	2.98P	'11년, '12년은 추정치
중점녹색기 술 R&D	투자목표(비중) ²	1.0 (71.7%)	1.4 (72.0%)	1.7 (77.3%)	2.0 (80.0%)	2.3 (82.1%)	연평균 23.4%증가
	투자실적 및 계획*	1.0 (71.7%)	1.4 (72.0%)	1.8 (77.3%)	2.1 (80.0%)	2.4 (82.0%)	-

※부처별 제출된 '10년도 녹색기술 연구개발 시행계획' 근거

* '08 ~ '09년은 조사·분석 실적치, '10 ~ '12년은 투자목표 비율 적용

¹ 녹색기술 R&D중 비중(%) =(녹색기술R&D)/(전체R&D)

² 중점녹색기술 R&D중 비중(%) =(중점녹색기술R&D)/(전체R&D)

<표2-32> 녹색기술 R&D투자실적 및 계획(2008-2012)

(다) 중점녹색기술 유형별 투자현황

- 중점녹색기술 유형별 투자현황은 단기집중형 11.3%(1,608), 장기집중형 30.1%(4,286), 42.0%(5,993), 장기점증형 16.6%(2,366) 차지
- 기술별 투자규모를 살펴보면, 1,510 억원 (7.8%), IT 1,318 억원(6.8%), Green Process 1,238 (6.4%), 효율 저공해 차량기술 1,015 (5.2%) 등의 순으로 나타남
- 2008 , 차량형 경수로 설계 및 건설기술(14,488.4%, 384), 이어서 지능형 교통·류 기술(495.7%, 1,256), (221.2%, 134), 대체수자원 확보기술(195.1%, 394), (184.6%, 108 억원), 2 (124.3%, 245) 등으로 나타남
- 정부는 " ("09.5)" 이서 중점녹색기술 개발 투자전략을 4 가지 투자유형별로 제시
- 단기간 실증 보급, → , 차량형 경수로, LED, [Hybrid]

- 중기 경쟁력 확보로 시장우위선점 필요 기술 → 고효율 저공해 차량[, 연료전지 등], , Green Process, 2 , Non-CO2 , =계수 질 관리, , |기물 저장
- 세계적인 선도기술로 육성 필요 기술 → 고속로, , , |료전지, , IGCC, , , , CCS, , |후변화예측 기후변화 영향평가· |응
- 지속투자로 기초원천 확보 필요 기술 → 비실리콘계 태양전지, |이오에 너지, |능형 교통물류

(단위 : 억원, %)

투자 유형	구 분	2008년				2009년				증감	
		사 업 수	세부 과제 수	금액 (A)	비중	사 업 수	세부 과제 수	금액 (B)	비중	금액 (B-A)	% ((B-A)/A)
단기 집중	<3> 실리콘계태양전지의 고효율 저가화기술	24	79	538	5.1	16	93	586	4.1	48	9.0
	<6> 개량형 경수로 설계 및 건설 기술	1	1	3	0.03	3	14	387	2.7	384	14,488.4
	<18> 조명용 LED·그린IT 기술	30	179	355	83.4	38	183	635	4.5	280	79.0
	소 계	55	259	897	8.5	57	290	1,608	11.3	712	79.6
중기 집중	<13> 고효율 저공해 차량기술	33	169	929	8.8	16	184	1,015	7.1	86	9.2
	<17> Green Process 기술	63	618	1,473	14.0	55	508	1,238	8.7	△235	△15.9
	<20> 고효율 이차전지 기술	25	75	197	1.9	33	132	442	3.1	245	124.3
	<22> Non-CO2 처리기술	14	35	95	0.9	12	52	140	1.0	45	47.3
	<23> 수계 수질평가 <3> 실리콘 계태양전지의 고효율저가 화기술및 관리 기술	24	108	210	2.0	15	123	254	1.8	44	21.1
	24> 대체수자원 확보 기술	12	70	202	1.9	23	103	596	4.2	394	195.1
	<25> 폐기물저감, 재활용, 에너지 화기술	31	212	520	4.9	33	144	435	3.1	△85	△16.4
	<27> 가상현실기술	12	19	58	0.6	25	49	166	1.2	108	184.6
	소 계	216	1,306	3,684	35.0	212	1,295	4,286	30.1	602	16.3
장기 집중	<1> 기후변화 예측 및 모델링 개 발기술	16	60	122	1.2	21	60	250	1.8	128	104.5
	<2> 기후변화 영향평가 및 적응 기술	35	74	215	2.0	38	103	393	2.8	178	82.8
	<7> 친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵주기 시스템기술	1	20	213	2.0	7	35	362	2.5	149	69.8
	<8> 핵융합로 설계 및 건설기술	9	49	768	7.3	8	59	882	6.2	114	14.8
	<9> 고효율 수소재료 및 수소저 장기술	24	75	263	2.5	25	79	226	1.6	△37	△14.2
	<10> 차세대 고효율 연료전지시 스템기술	34	110	896	8.5	38	158	819	5.7	△77	△8.6
	<11> 친환경 식물성장 촉진기술	15	28	61	0.6	28	117	195	1.4	134	221.2
	<12> 석탄가스화 복합발전 기술	5	9	158	1.5	8	9	115	0.8	△43	△27.2
	<15> 생태공간 조성 및 도시재생 기술	19	37	316	3.0	11	29	282	2.0	△34	△10.7
	<16> 친환경 에너지 건축 기술	23	94	362	3.4	24	103	407	2.9	45	12.3

(단위 : 억원, %)

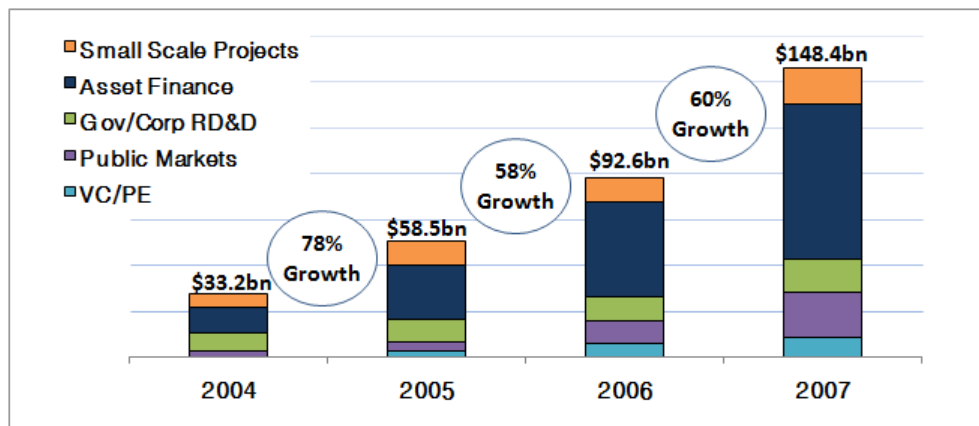
투자 유형	구 분	2008년				2009년				증감	
		사 업 수	세부 과제 수	금액 (A)	비중	사 업 수	세부 과제 수	금액 (B)	비중	금액 (B-A)	% ((B-A)/A)
	<19> 전력IT 및 전기기기 효율성 향상기술	37	276	1,301	12.4	39	378	1,318	9.2	17	1.3
	<21> CO2 포집, 저장, 처리기술	14	79	263	2.5	17	78	360	2.5	98	37.3
	<26> 유해성물질모니터링 및 환 경정화기술	38	119	241	2.3	29	189	384	2.7	143	59.2
	소 계	270	1,030	5,179	49.3	293	1,397	5,993	42.0	814	15.7
장기 집중	<4> 비실리콘계태양전지 양산 및 핵심 원천기술	29	90	289	2.7	23	103	426	3.0	137	47.3
	<5> 바이오에너지 생산요소기술 및 시스템기술	31	101	215	2.0	43	138	431	3.0	216	100.5
	<14> 지능형 교통-물류	18	30	253	2.4	42	159	1,610	10.6	1,256	495.7
	소 계	78	221	757	7.2	108	400	2,366	16.6	1,609	212.5
중점녹색기술 총액		619	2,816	10,516	100.0	670	3,382	14,252	100.0	3,736	35.5

<표2-33> 중점녹색기술 투자유형별 투자현황(2008-2009)

(5) 녹색기술분야 경쟁력

(가) 에너지·자원·환경분야 경쟁력

- 전 세계적으로 에너지 산업구조는 화석연료 기반에서 신재생에너지 기반
으로 급격히 변모하고 있음
- 그와 관련된 신재생에너지, , 수소산업 및 관련 업종의 성장세
가 두드러짐



<그림2-53> 전 세계 녹색에너지 투자 추이

- 다음 표에서 볼 수 있듯이 OECD 11 에너지 대비 신재생에너지
비율은 평균 10.25% 2.5% 4 정도 우위를 보이고
있음

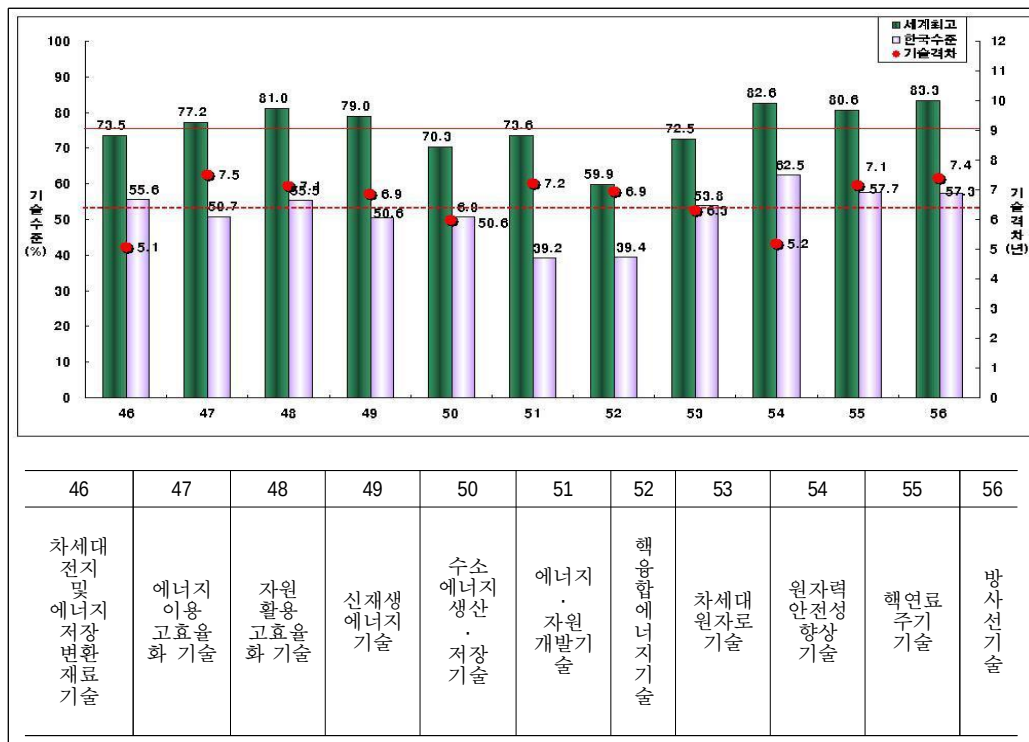
구분	태양열	태양광	바이오	풍력	수력	폐기물	지열	해양	합계	총 1차에너지 (ktoe)	공급 비중 (%)
덴마크	10	0	1,835	617	2	953	13	0	3,430	20,366	16.8
프랑스	35	2	10,702	348	5,004	2,282	130	45	18,548	268,349	6.9
독일	318	301	16,230	3,397	1,745	1,987	184	0	24,602	334,790	7.2
일본	568	0	5,089	241	6,481	1,044	2,817	0	16,240	522,482	3.1
스웨덴	6	0	8,137	123	5,680	1,030	0	0	15,371	49,977	30.5
영국	36	1	3,245	530	439	963	1	0	5,215	226,940	2.3
미국	1,506	2	71,974	2,777	21,539	10,118	10,722	0	118,638	2,366,984	5.0
한국	30	121	580	147	606	4,558	22	0	6,086	243,311	2.5

※ 주요선진국의 신재생에너지 발전량 : 2007년 기준 / 한국의 신재생에너지 발전량 : 2009년 기준

※ 자료 : 신재생에너지센터 통계자료(2009)

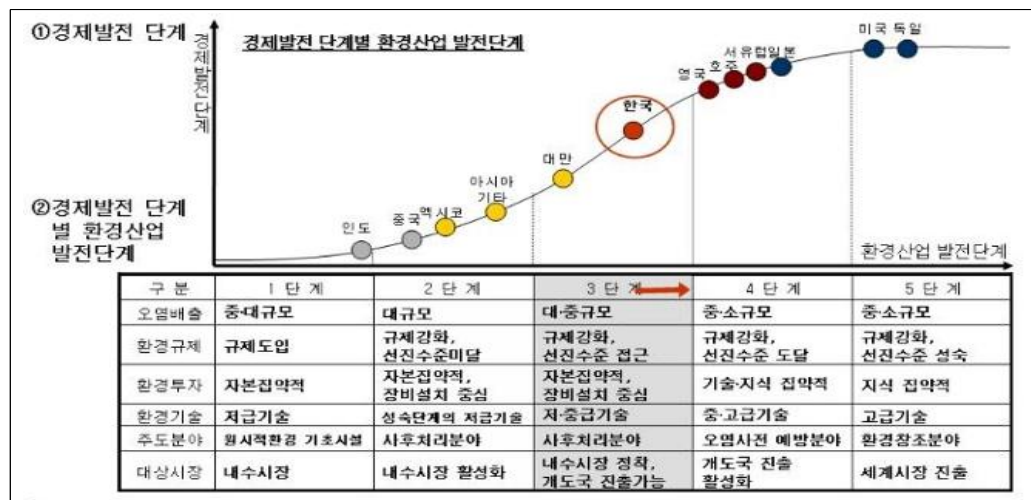
<표2-34> 국내 및 OECD 주요국가 신재생에너지 비율

- 2009년 기준, 2013년 5% R&D 투자현황 및 계획을 살펴보면 중국 3,970억 원, 1,720억 원, 660억 원, 한국 460억 원 (, 2009)
- 우리나라의 녹색경쟁력 지수는 15위, 11위, 13위, 8위 (, 2008)
- 현재 우리나라의 에너지·자원분야의 기술수준은 세계 최고 기술보유국의 기술수준을 100% , 69.5% 6.6 () 책기획실, 2009)



<그림2-54> 에너지·자원분야의 기술수준 및 기술격차 비교

- 핵심기술의 대부분을 선진국에서 보유하고 있으며, 우리나라는 원천 기술력의 부족으로 대부분 수입에 의존하고 있음(: (75%), (99%))
- 일본(Green IT Initiative) (Action Plan for Green IT) : 녹색성장 과 관련하여 IT 3의 활용을 통해 녹색산업 분야로 기술융합추진을 확대 하고 있음(, 2009)
- 녹색기술연구개발중합대책(2009) IT, BT, NT 3 녹색기술을 융합하는 기술에 대해 투자할 계획을 제시하고 있음
- 국내 환경산업은 발전단계 면에서 현재 중간단계에서 선진국을 추격하는 단계로 진입하고 있음



<그림2-55> 환경산업의 발전

- 우리나라의 환경산업 종합기술수준은 선진국 대비 77% (2010) 으로 선진국 수준에 도달하기 위해서는 약 6 1 정도의 기간이 필요
- 환경산업의 시장규모는 2007 34 2006 16.9% 증가 하였음(, 2008)

구분	기술선도국	국내기술수준	기술격차
미국	33%	60%	6.9년
일본	12%	62%	5.8년
유럽	55%	62%	6.3년

<표2-35> 국내 환경기술의 선진국 대비 기술수준 및 기술격차

- ① 녹색성장 국가전략 및 5 1년계획 상의 목표
- 우리나라의 IT 2008 70% 2013 1 90~100% 수준에 도달하는 것을 목표로 하고 있음
- 2013 RFID/USN 3 1권 진입을 목표로 하고 있음
- 신재생에너지의 세계시장 점유율을 현재의 0.7% 2030 15% 이상 확



대하는 것을 목표로 함

(나) 국내 녹색기술 기반 역량수준

- 우리나라의 전반적 녹색경쟁력* 15 11 |에 해당됨
 - 저탄소화 지수는 13 , 8 |
 - ※ 저탄소화와 녹색산업화를 통해 녹색성장을 실현할 수 있는 국가경쟁력
- 신·재생에너지 활용과 에너지 효율성이 매우 취약하나, 전반적인 과학기술과 환경 경영 분야에서 강점 보유
 - ※ 신·재생에너지 전력생산량은 4.2kWh로 1위 미국의 0.4% 수준('05)
- 재생에너지, 수소·연료전지, 전력 효율성 향상 등 주요 녹색에너지 시장의 세계 시장점유율은 1.4% 수준('07)
 - 단기간 보급목표 달성을 위해 원천기술 개발보다는 수입에 치중한 결과
 - ※ 수입의존도 : 태양광 75%, 풍력 99.6% 등
- 일본, 미국, EU 등의 선진국이 시장을 점유(60~80%)하고 있으며, 자국의 환경시장의 포화에 따라 ODA(Office Development Assistance) 등을 이용한 개도국 시장진출 확대추진
- 녹색기술 수준은 선진국 대비 50~70%로 낮은 실정*이며, 온실가스 배출은 지속적으로 증가
 - ※ 재생에너지(62%), 원자력·핵융합(64%), 수소·연료전지(55%) 등
 - ※ 온실가스 배출량은 세계 16위, CO2 배출량은 세계 10위
- 환경, 0.15 % 우리나라 전체 기술무역수지 0.39 | 비해 매우 낮은 수준

(다) 탄소중립도시 조성 관련 기술개발 현황 및 기술수준

- 국내에서 생태공간 조성 및 도시재생기술' | 각 세부기술별로 진행되고 있는 연구개발 현황을 살펴보면, 다음과 같이 요약됨

세부기술명	연구개발 현황
친환경 생태공간 조성기술	· 환경·생태계획을 수립·적용한 사례가 증가하고 있으나, 과학적 정보 등 객관성 확보가 미흡하고 2차원 계획으로 개발용량 판단에 한계 · 인공지반·옥상녹화 등 생태공간조성 기술 국산화 노력은 지속 · 생태단지·도로·하천 개념이 포함된 설계·시설 도입이 검토되고 있으나, 초기 단계임 · 공간정보통신기술(Geomatics) 활용 연구의 활발한 진행 및 상용화 서비스도 제공되고, 다양한 응용기술 연구가 진행 중임
물순환 제어기술	· 하수재이용을 위한 표준공정 개발, 분산식 빗물관리에 대한 기초 기술의 개발이 추진되었으나, 기술 상용화가 잘 이루어지지 않음 · 수환경 조성, 하천복원과 관련된 연구는 수행되었으나, 기 조성된 수로 등 수질의 체계적 관리 및 모니터링은 미흡 · 도시용수(상수·하수·중수·하수처리수·재이용수 등)의 데이터관리 시스템의 비표준화와 도시 물순환에 대한 통합관리시스템의 부재
지속가능한 도시환경 재생·복원 기술	· 단지차원에서 신재생에너지 도입 및 공동주택을 위한 신재생에너지활용시스템 연구가 수행 중 · 도시폐기물의 환경오염에 대한 분석 및 재활용에 대한 연구는 수행되고 있으나 신재생에너지와 폐기물 처리를 통해 생산된 에너지를 활용하는 저탄소형 인프라에 대한 연구는 미흡함 · 에너지·자원순환 사용에 대한 정책·제도적 결합으로 건축 및 도시차원에서 에너지와 자원 공급시스템의 연계기술 및 통합관리 인프라 구축 미비

<표2-36> 세부기술 연구개발 현황

- 국내 녹색도시·주택 분야의 도시 계획, , 1공기술은 선진국 대비 약 50%, 50% 정도 수준이나 인프라 구축 정도는 상대적으로 낮은 것으로 조사됨
- 특히, 1환경 에너지 확보기술 및 생태적 공간실현에 필수적인 요소기술의 융합 및 통합화 기술은 선진국 대비 20~30% 이하 불과한 것으로 평가됨

세부항목	기술수준(%)	전문인력 보유정도(%)	인프라 구축정도(%)
계획 및 설계·시공 기술	50	50	50
생태도시 건설 관련 BT	50	50	50
생태도시 건설 관련 ET	50	50	50
생태도시 건설 관련 에너지 확보 기술	30	30	30
요소기술의 융합화 및 통합화 기술	20	20	20
인프라 개발 및 보급기술	20	20	20

출처 : 국토해양부(2007), U-Eco City 사업단 사전기획 연구

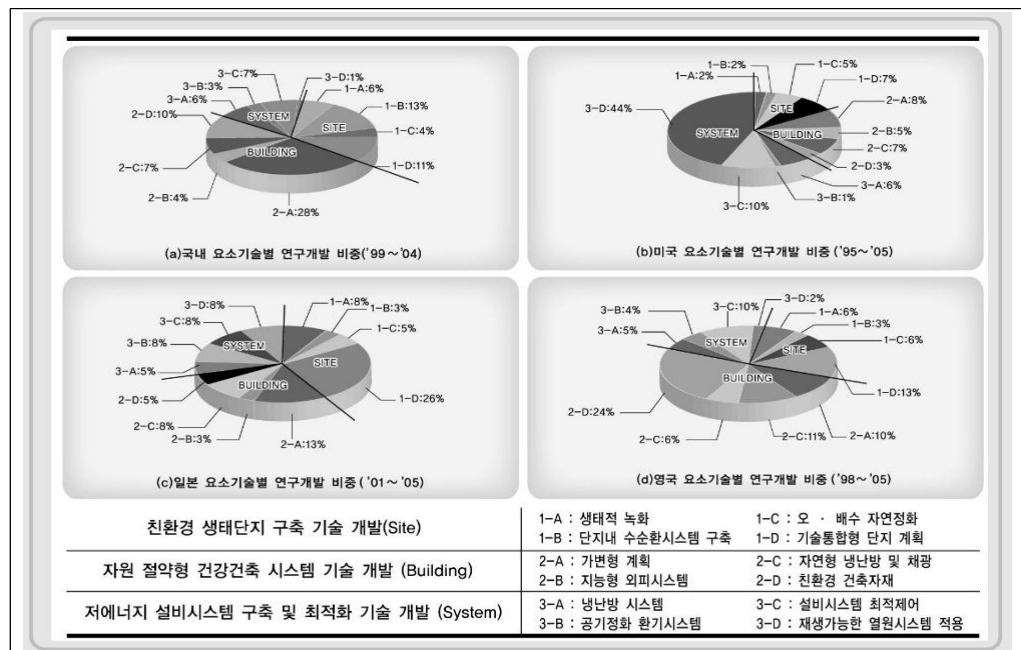
<표2-37> 연구개발 기술수준

(라) 국가별 요소기술별 연구개발 비중 비교

- 현재 진행 중인 연구개발 중 녹색도시와 관련된 요소기술 분야를 크게 친

환경 생태단지구축(Site), (Building), 저에너지
설비시스템(System) 3 분야로 구분하여 비교함

- 각국의 분야별 연구개발 비중을 살펴보면 국내 연구는 자원절약형 건강건축 시스템 분야의 가변형 계획기술(28%) 이 집중되어 있음
 - 반면, 미국은 저에너지 설비시스템 분야의 재생가능한 열원시스템 적용 기술(44%) , 일본은 친환경 생태단지 구축 분야의 기술통합형 단지 계획(26%) 이 집중하고 있음
 - 영국은 자원절약형 건강건축 시스템 분야의 친환경 건축자재(24%) 이 친환경 생태단지(12%) 이 (13%) 이 집중하고 있음

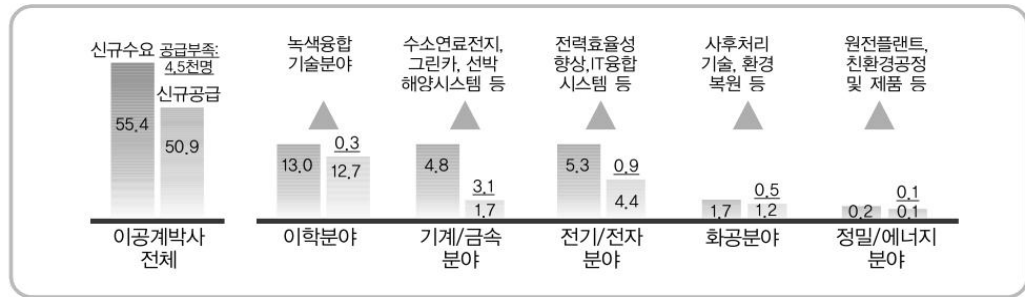


<그림2-56> 요소기술별 연구개발 비중 비교

4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석

가. 녹색기술 연구인력

- 이공계 인력 수급전망('05)에 따르면 향후 박사 전체 인력이 4,500명정도 부족 할 것으로 전망됨
 - 신재생에너지 산업인력은 '07~ '15년까지 범용인력은 8% 정도 초과 공급이 예상되나 석·박사급 인력은 19% 부족할 것으로 예상됨(에너지경제연구원, '07)



<그림2-57> 이공계인력 수급전망('05~'14)

- 환경기술인력 중 산업현장 수요에 부응하는 전문성을 갖춘 인력은 부족한 실정으로 , , !야의 분포에 있어서도 수질과 대기분야가 대부분을 차지하는 등 일부 분야에 치중
- 현재 최고 수준의 경쟁력을 보유하고 있는 반도체, 자동차 산업 등에 녹색 개념을 융합하여 글로벌 경쟁력 있는 녹색기술 확보
 - 우리는 반도체를 중심으로 한 IT !야 등에서 뛰어난 기술력을 갖고 있으며, !진국 에서도 보기 힘들 정도로 철강· !유화학 등 기초소재에서 전자· 자동차 등 완제품에 이르는 산업구조를 지님
 - 녹색기술은 비단 에너지 분야만이 아니라 우리가 이미 확보한 세계 수준의 생산 기술, , , !계설비기술 등 인프라스트럭처산업과의 접목이 매우 중요함

나. 녹색기술 연구기관 분석

- 02년부터 '08년까지 27대 중점육성기술분야 논문을 출판한 연구기관 수는 총 27,605개 기관
 - 이 중 2편이상의 논문을 출판한 기관은 9,045개 기관
 - 300개 기관 중 국내연구기관은 12개가 포함됨
- 해외기관과 국내기관의 주요 연구분야와 다소 차이가 있음
 - IfaS (Institut fuer angewandtes Stoffmanagement !용자원관리 연구소) Zero Emission City !로젝트 중점 연구기관으로 독일뿐만 아니라 해외 약 12 ! 사업을 추진하고 있음
 - 해외기관은 주로 기후변화예측 및 모델링개발기술, !후변화영향평가 및 적응기술, !융합로설계 및 건설기술 등을 주로 수행함
 - EURATOM, Lawrence Livermore Natl Lab, NASA, NOAA, Max Planck Inst Meteorology !은 특정 기술분야를 중점적으로 연구하는 연구기관인 반면, Chinese Academy Sciences, Univ Tokyo !은 특정 기술분야에 치우치지 않는 종합적 연구를 수행하고 있음
 - 국내기관은 주로 실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술, !량형 경수로설계 및 건설기술, , !세대 고효율 연료전지 시스템기술 등을 연구하는 것으로 해외연구현황과 차이가 확인됨
 - 국내기관은 대부분 종합연구소 또는 종합대학이므로 모든 기술분야에

대한 종합적 연구가 수행되고 있으나, 1자력연구원은 개량형경수로설계 및 건설기술을 주로 연구하고 서울대학교는 타 국내기관에 비하여 기후변화예측 및 모델링개발기술 연구

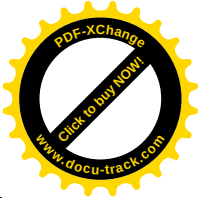
- 토지주택연구원은 실제 LH 사업지구를 대상으로 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시, , , 자원순환 등 융복합 연구전문인력을 중심으로 도시조성 기술에 관한 연구를 수행 중
- 기후변화영향평가 및 적응기술에 활발한 연구활동도 하고 있는 것으로 나타남
- 유럽, 미국은 EURATOM, Max Planck Inst. Meteorology, NOAA, NASA, Lawrence Livermore Natl Lab 등 특화된 연구소가 네트워크의 허브역할을 수행
- 중국, 일본, 한국은 Chinese Academy Sciences, Univ Tokyo, 서울대학교, KIST 등 종합대학 및 종합연구소가 네트워크의 허브역할을 수행
- 최근 미국의 National Center가 급부상하고 있음
- 이는 미국이 정부주도하에 연구소보다는 규모가 작은 national center를 기술별로 중점 육성하기 때문임
- 유럽, 미국은 기후변화예측 및 모델링개발기술, 기후변화영향평가 및 적응기술, 핵융합로설계 및 건설기술을, 한국은 실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술, 개량형 경수로설계 및 건설기술, 핵융합로설계 및 건설기술, 차세대 고효율 연료전지 시스템기술 등을 중심으로 공동연구 네트워크가 형성됨

' 02- ' 06 중심도 순위/ 국가명/ 연구기관명			Degree Centrality	EgoNet Size
1	BELGIUM	EURATOM	15.52	97
2	USA	Lawrence Livermore Natl Lab	14.85	142
3	USA	Oak Ridge Natl Lab	14.11	125
4	USA	Gen Atom Co	13.22	87
5	UK	UKAEA Euratom Fus Assoc	11.33	87
6	USA	Univ Calif San Diego	11.16	130
7	USA	Princeton Plasma Phys Lab	10.78	77
8	USA	Columbia Univ	10.46	125
9	USA	Univ Wisconsin	10.27	147
10	USA	MIT	10.19	133
11	USA	Univ Calif Los Angeles	9.97	124
12	USA	NASA	9.38	147
13	JAPAN	Univ Tokyo	8.80	117
14	USA	Princeton Univ	8.43	133
15	CHINA	Chinese Acad Sci	8.23	161
16	JAPAN	Japan Atom Energy Res Inst	8.04	76
17	USA	NOAA	7.68	120
18	GERMANY	Max Planck Inst Plasma Phys	7.36	70
19	USA	Univ Calif Berkeley	6.68	146
20	USA	Univ Texas	6.65	123

' 02- ' 06 중심도 순서/ 국가명/ 연구기관명			Degree Centrality	EgoNet Size
.....				
100	KOREA	Seoul Natl Univ	1.67	59
102	KOREA	Korea Adv Inst Sci & Technol	1.65	50
149	KOREA	Yonsei Univ	1.10	32
172	KOREA	Korea Inst Sci & Technol	0.92	12
186	KOREA	Korea Univ	0.82	28
242	KOREA	Korea Atom Energy Res Inst	0.55	16
249	KOREA	Korea Atom Energy Res	0.51	18
261	KOREA	Pusan Natl Univ	0.43	25
272	KOREA	Hanyang Univ	0.36	17
279	KOREA	Pohang Univ Sci & Technol	0.33	20
281	KOREA	Sungkyunkwan Univ	0.32	12
289	KOREA	Inha Univ	0.27	10

<표2-38> 연구기관별 연계 목록

- EURATOM(EU, 벨기에 위치), Lawrence Livermore Natl Lab, Oak Ridge Natl Lab, General Atomics(Gen Atom Co., 미국) 등의 기관 및 회사가 연결중심도가 매우 높은 것으로 나타남
 - EURATOM은 유럽원자력공동체로 핵융합로건설과 관련하여 연구 네트워크의 중심 역할을 하는 것으로 나타남
 - Lawrence Livermore Natl Lab과 Oak Ridge Natl Lab은 미국 DOE 산하의 종합연구소로 최근 에너지, 환경 등의 영역에 활발한 연구활동을 하고 있는 것으로 나타남
 - General Atomics는 미국 San Diego에 위치한 핵기술관련회사로, 핵연료와 관련된 기초연구를 수행하는 회사임
- 대부분 미국 연구기관의 연결중심도가 높으나, 최근 중국, 일본 등의 약진이 두드러짐
 - 중국 Chinese Academy Sciences(Chinese Acad Sci)의 연결중심도 순위는 15위에서 6위로 급격히 높아졌고, 공동연구를 수행하는 기관 수도 161개 기관에서 202개 기관으로 매우 많아져 녹색기술분야 연구가 매우 활발한 것으로 나타남
 - 일본의 연구기관 중 연결중심도가 높은 기관은 Univ Tokyo이며, 최근 Kyushu Univ의 연결중심도도 높아진 것으로 나타남
- 유럽은 핵융합로건설과 관련된 연구기관의 연결중심도가 높음
 - EU의 EURATOM, UKAEA Euratom Fusion Association(영국), Max Planck Inst Plasma Physics(독일) 등은 핵융합로건설과 관련된 기관임
 - 이는 핵융합로건설이 대규모 국제공동연구로 진행되는 특성이 나타남 것으로 볼 수 있음한국의 경우 논문 수 기준 300위 이내에 12개 연구기관이 포함됨
 - 그 중 서울대학교의 연결중심도가 가장 높고, 공동연구를 수행하는 연구기관 수는 59개에서 77개로 공동연구가 확대된 것으로 나타남
 - 그 외 KAIST, 연세대학교, KIST, 고려대학교, 원자력연구원, 에너지기술



연구원, 부산대학교, 한양대학교, 포항공대, 성균관대학교, 인하대학교 등이 연구활동이 활발한 것으로 나타남

◦ '02~'06 연구기관 분석

- 유럽 EURATOM을 중심으로 가장 큰 연구그룹이 형성되어 있음
- 독일 Max Planck Inst. Meteorology(기상학)를 중심으로 한 연구그룹이 존재
- 미국 Lawrence Livermore Natl Lab, NASA(항공, 우주), NOAA(해양, 대기분야) 등이 연구그룹의 중심역할을 수행
- 중국 Chinese Academy Sciences를 중심으로 한 연구그룹이 상당히 큰 것으로 나타남
- 일본은 Univ Tokyo가 연구그룹의 중심역할을 수행
- 우리나라 연구그룹의 중심은 서울대학교와 KIST 등인 것으로 나타남
- 서울대학교는 특히 전체 네트워크와 연결되는 가교역할도 수행

◦ '04~'08 연구기관 분석

- 유럽 EURATOM을 중심으로 한 연구그룹은 여전히 활발한 네트워크 관계를 유지하고 있음
- 새롭게 등장한 중심기관들은 National Center for Atmospheric Research (대기), Princeton Plasma Physics Lab(플라즈마), US Department of Agriculture Research Services(농업) 등 미국의 National Center가 대부분
- Chinese Academy Sciences(중국), Univ Tokyo(일본)을 중심으로 한 그룹이 여전히 활발하고, 이탈리아의 종합연구소인 CNR의 역할이 커진 것으로 나타남
- 우리나라 연구그룹은 서울대학교, KAIST 등이 여전히 중심역할을 수행하고 있는데, KAIST-MIT 사이의 링크가 전체 네트워크에 대한 가교역할을 하는 것으로 나타남

◦ '08~ 연구기관 분석

- Smart Green City 조성 관련 연구기관으로 토지주택연구원, 한국건설기술연구원, 국토연구원 등이 중심역할을 수행하고 있으며, 최근 토지주택연구원은 약 42건의 관련 연구를 수행하고 있는 것으로 나타남

3절 기술 수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

가. 기술수요조사 개요

(1) 기술수요조사의 목적 및 특성 정의

- Smart Green City 과제발굴과 기술로드맵의 합리적 설정을 위해 각 분야의 전문가를 대상으로 중요성 및 시급성을 고려하여 향후 추진 필요성이 있는 기술을 도출하는데 있음

(2) 기술수요조사 내용

- Smart Green City가 추구하는 탄소중립형 도시 조성을 위해 요구되는 중요기술개발의 방향과 내용, 필요성, 기술개발효과 등을 중점적으로 파악하였음

(3) 기술수요조사 대상

- 기술수요조사는 국내외 전문가들을 대상으로 한 설문조사를 통해 수행되었음
 - 기획위원회 위원, 국내외 자문단, 그리고 유관 산업계의 전문 종사자들을 대상으로 하여 설문조사를 실시하여 기술수요를 조사 수행

나. 기술수요조사 방법

(1) 기술수요조사서 작성

- 관련 분야 전문가들을 대상으로 하여 총 80부를 이메일로 발송 하였으며, 1단계에서는 총 30 부를 회수하였음

(2) 주요 조사항목

- 설문은 필수입력사항과 선택사항으로 구분하여 구성하였으며, 1단계에서는 정책적, 산업적 이슈, 기술개발의 중요성과 필요성, 연구개발 목표 및 내용, 연구개발 동향 및 파급효과, 기대효과 등을 중점 사항으로 구성하였음

(3) 기술수요조사 대상 집단별 조사방법

대상	조사 방향	조사 방법
정책입안자	· 관련 부처 공무원을 대상으로 정책목표 달성을 위한 기술수요	· 해당 관련부처(국토부, 환경부, 지경부 등) 공무원 대상 수요조사서 배포
관련 산업체	· 건설 산업체의 기술수요, 기술개발 애로사항, 정부지원 요구사항	· 건설사 엔지니어링 기업 등 관련 협회대상 대상 수요조사서 배포
전문가	· 국내 산학연의 전문가로부터 유망 수요 유망 기술 pool 도출	· 국내 관련 기술 산학연 전문가 대상 수요조사서 배포
선진국	· 선진국(EU, 일본, 미국) 기술개발 현황, 관련 협약에 대한 분석과 기술수요	· 국외 자문단 그룹의 전문가 대상 수요조사서 배포
기존연구	· 관련 기존연구	· 문헌분석 · 기 수행/수행 중인 연구 Data fitting

<표3-39> 기술수요조사 대상 집단별 조사방법



(4) 자료정리 및 분석

- 분야별로 구분하여 기술수요 결과를 정리하였음
- 기술수요 조사를 통해 수집된 자료를 5개 중점 추진분야별로 구분하여 내용들을 분석함

다. 기술수요 조사결과

(1) 탄소저감 도시구축 기술 개발 부문

() 정책적 · 산업적 이슈

- 도시기후변화에 의한 도시공공인프라 개선노력이 지속되고 있으나, 세계 최고의 단지계획 기술을 보유하고 있음에도 국제경쟁력 부족
- 국내 개발사업에서의 사회적 비용을 절감할 수 있는 개발관리기술 필요
- 산업전반의 온실가스 감축기술이 다수 개발되고 있으나 국내 도시거주자의 삶의 질 개선에 대한 명확한 연계고리 부족
- 국제적으로 녹색도시 개발 평가도구와 인증제도가 수립되고 있으나 국내에는 적절한 프로그램이 없어 국제시장 진출시 경쟁력 저하와 국외경쟁업체의 국내 진입이 용이하다는 한계 지남
- 저탄소 녹색도시가 기술위주의 개발방식을 채택함에 따라 기술개발의 국내시장 마케팅과 확산의 어려움
- 도시 인프라에 대한 계획기법 개발을 통해 녹색도시 조성전략의 수립을 통해 수출화 전략 수립 가능

(나) 기술개발의 중요성과 필요성

- 기술개발의 중요성
 - 전 세계 인구의 절반이 도시에 거주하고 있고, 온실가스의 70%가 도시 지역에서 배출되고 있어 저탄소 녹색도시 기반구축 기법 발굴 중요
 - 녹색도시에 대한 수요에 대응하기 위해 표준화된 도시계획 및 설계평가 기준이 없으므로 도시의 질적 수준이 계획가의 역량과 성향에 좌우됨
 - 도시지역의 저탄소 녹색성장을 위해서는 도시의 환경인프라가 중요하며, 이러한 환경인프라를 계획함에 있어 체계적이고 효율적인 방안 수립 필요
 - 도시기반시설들이 제 기능을 발휘할 수 있도록 유지관리 차원에서 기술 개발 중요
- 기술개발의 필요성
 - 저탄소 녹색도시의 중요성이 부각됨에 따라 녹색도시 조성을 위한 효율적 도시인프라 구축 기법 개발 필요
 - 현재 녹색도시를 추구하기 위한 환경 인프라 조성은 단편적이며 대부분 시범단지 차원의 계획단계에 그치고 있음
 - 저탄소 녹색도시의 추구를 위해 효율적으로 환경 인프라를 조성, 계획, 관리할 수 있는 기법 요구
 - 탄소배출이 없는 유지관리 시스템 개발 필요



(다) 연구개발 목표 및 내용

- 저탄소 개념을 바탕으로 공리적 설계를 통해 효율적인(저비용, 저자원, 저에너지)환경 인프라 조성을 위한 계획기법 개발
- 삶의 질 향상을 위한 Smart Green City 계획평가 모델 개발
- 탄소중립도시 조성을 위한 도시생애주기별 그린 인프라 구축
- 탄소저감을 위한 교통체계 구축 개발
- 도시기반 자원 및 에너지 순환을 고려한 기반구축 기법 개발
- 탄소중립형 도시환경 조성 거버넌스 및 생활방식모델 개발
- 도시시설물의 지능형 유지관리를 위한 시스템 개발
- 관련 분야에 대한 연구개발 예상개발 기간은 2-4년으로 제안됨

(라) 연구개발 동향 및 파급효과

- 국내외 연구개발 동향
 - 도시계획평가시스템은 현재 미구축된 상태
 - 일본의 경우 CASBEE-UD(Urban Design) 개발
 - 무공해형 센서활용을 통해 녹색유지관리시스템 활성화 기술 개발
 - 국외의 경우 지표를 이용해 저탄소 녹색도시에 대한 정량적 평가를 통해 조성전략의 방향성을 제시하는 연구추진
 - 국외의 경우 세부적 녹색기술 적용 및 도입 분석에 대한 연구 추진중
 - 녹색에너지를 활용한 센서 기술개발 진행
- 파급효과
 - 자원의 낭비없이 효율적인 환경인프라 조성 기대
 - 녹색에너지, 교통 기술의 향상 기대
 - 도시기반시설의 지능형 유지관리 시스템 개발 활성화
 - 국가 녹색성장의 활성화 촉진과 해외 수출의 기회제공
 - 개발사업에 있어 비용절감, 공기단축 방안의 도출 가능
 - 녹색도시의 국제적 표준화 및 시장점유의 토대 마련
 - 국내에 적합한 평가시스템 개발로 시장보호 및 해외진출 발판 마련
 - 거버넌스 체계 도입을 통해 사회적 합의를 바탕으로 탄소중립도시 건설 사업 추진

(2) 인간활동기반 공간배치 시뮬레이터 기술 개발 부문

(가) 정책적·산업적 이슈

- 탄소저감은 실질적으로 도시공간에서 이루어져야 함. 국가 및 도시에 영향을 최소화하면서 온실가스를 저감할 수 있는 방안 모색
- 탄소저감기술과 신재생에너지 기술의 개발에 따라 산업구조와 에너지 수요도 변화가 예상되며, 이를 고려한 탄소저감기술 모색 필요

(나) 기술개발의 중요성과 필요성

◦ 기술개발의 중요성

- 이산화탄소 배출량의 대부분은 공간적으로 도시에서 발생하고 있어 도시의 산업구조를 파악하고 산업별 에너지 수요의 이산화탄소 발생량을 예측하는 것이 중요
- 지속가능한 Smart Green City의 구현을 위해서는 탄소저감 및 완화가 가능한 도시배치모형 확립 필요
- 도시자원 이용현황을 파악하여, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 에너지 효율적인 공간구조, 교통체계 계획에 중요

◦ 기술개발의 필요성

- 에너지 효율적인 도시계획과 운영을 위해서는 사람들의 도시자원 이용을 파악할 수 있는 도시민들의 패턴분석과 효율적 에너지 제어가 필요
- 도시민의 편의를 최대화하고 에너지 낭비를 최소화시키기 위해서는 일률적인 규제 시행보다는 사람 패턴 기반의 지능적 정책 필요
- 신도시 뿐만아니라 기존도시에도 적용 가능한 도시 메타볼리즘 설계모델 발굴 필요
- 도시형태와 토지이용 최적화 기술을 위한 패러미터 개발 필요
- 현행 토지이용계획에의 적용을 위한 정책적 제안 필요

(다) 연구개발 목표 및 내용

- 도시경제 내 생산요소의 스톡을 예측하고 경제활동을 예측하며 탄소발생량 산정
- 도시에너지 투입산출표의 작성과 산업별 이산화탄소 배출원단위의 결정
- 도시형태 및 토지이용에 영향을 미치는 패러미터 개발
- 도시형태가 외생변수에 미치는 영향 및 그에 따른 도시오염원의 공간적 분포
- 토지이용 및 교통의 통합모델 개발
- 탄소배출, 흡수 및 분산에 관한 도시형태와 토지이용패턴 개발
- 도시 메타볼리즘의 평가지표별 정량화 기법 및 매트릭스 구축
- 스마트폰 이용자의 이동 행위 모니터, POI(Points of Interests)의 확률적 학습
- 학습 및 추론기반 에너지 제어를 통한 탄소배출량 최적화 시스템

(라) 연구개발 동향 및 파급효과

◦ 연구개발동향

- 도시의 기반산업과 경제를 구체적으로 예측하고 이를 바탕으로 도시에서 발생하는 탄소발생량을 예측하는 연구는 드문 실정
- 런던플랜에서는 도시정책에서 도시 메타볼리즘 측면을 고려하고 있음
- 교통 등과 연계된 Passive적인 도시모델 개발 연구는 미진
- 국내의 경우 2010년부터 일부 대학과 기업이 경로와 POI 자동인지 및 적용에 관한 연구 시작
- 현재, 서울대, 연세대, 숭실대, 솔트룩스에서 활발히 연구 진행중



- 해외에서는 2006년부터 이동경로와 POI를 바탕으로 사용자들의 개인경로를 파악하고 이를 다양한 분야에 적용
- 핵심기술을 이용한 대표적인 업체로 노키아, 마이크로소프트 등이 있음
- 영국은 도시민의 이동경로 패턴을 이용한 도시계획 및 도시계획 전체에 대한 연구협의체인 rudy.net이 있음
- 독일은 이동체계의 효율성 제고를 위한 도시정책 제안

◦ 파급효과

- 탄소발생을 Passive적으로 최소화
- 지능형 개인화된 위치기반시스템(Location Based System)기술 제공
- 도시의 경제성장과 에너지수요, 그리고 탄소발생량 등을 구체적으로 예측가능

(3) 청정 공급처리시스템 기술 개발 부문

(가) 정책적·산업적 이슈

- 도시발생 폐자원의 순환적 자원 재이용
- MSW의 에너지화를 통한 자원재순환 및 도시에너지 자립도 증대
- 자원 재순환을 통한 지속가능성 확보 및 MSW 자원에너지화의 원천기술과 Plant 수출 가능
- 매년 물수요의 급증으로 미국은 향후 25년간 수요가 70% 이상 증가될 전망이며, 전 세계의 수요도 매년 20% 이상 증가 예상
- 국내의 경우도 선진외국 사례와 같이 수자원, 폐기물자원의 효율적인 에너지화 및 사용을 위한 통합관리시스템 기술 필요성 증대

(나) 기술개발의 중요성과 필요성

- 기술개발의 중요성
 - 청정공급시스템 분야의 도시자원 활용 및 관리기술은 도시모델 개발의 핵심사항으로 중요성 증대
 - 탄소배출량 감축을 위한 청정공급시스템 분야의 도시자원의 활용은 도시자원 전반에 대한 계획과 관리를 중심으로 하는 새로운 패러다임 요구
 - 도시발생자원(하수와 탄산가스)의 효율적 재이용을 통한 대체에너지 개발 기술 중요
 - 도시 물순환 시스템을 안정적으로 확보 및 활용하는 것은 매우중요
 - 도심고형쓰레기(MSW)의 에너지화를 통한 Urban Metabolism을 높임으로서 도시 에너지 자립도를 높여 이산화탄소 발생량을 근본적으로 축소
- 기술개발의 필요성
 - 친환경 기술을 적용하여 도시자원의 활용을 극대화하고 에너지 소비를 최소화시킬 수 있는 공간창출과 이를 통합 관리할 수 있는 시스템 필요
 - 도시 발생자원의 재활용 모델 개발 필요
 - 도시자원의 재이용을 통한 대체에너지원의 개발 필요

- 물순환 관련 기존 연구는 도시 물순환 시스템의 부분적 구성요소간의 수문해석 연구가 주로 이루어져 있으며 도시하천, 도시물순환인프라 등 도시내 모든 물순환 시스템의 구성요소들을 통합한 시스템 연구 부족
- 도시내 하천 및 지하수 등의 수자원 문제를 해결하기 위해 도시 물관련 기술 및 인프라를 개발하는 연구는 많으나 이들을 도시특성 및 환경변화에 대하여 효과적으로 활용할 수 있는 방안 연구 필요
- MSW의 단순소각 에너지화를 탈피한 고효율 에너지 전환시스템 기술 필요

(다) 연구개발 목표 및 내용

- 수자원(하수, 폐수 등), 폐자원의 효율적인 에너지화 및 지역내 순환이용을 위한 통합 자원화 시설의 구성
- 분산형 청정 공급처리시스템의 개발
- 통합자원화 시설의 설계를 위한 설계인자 도출, 기준 및 지침, 시공방안 연구
- 첨단 무탄소도시 물순환 통합시스템 구축 및 적응형 기법개발
- 첨단 무탄소도시 물순환 통합시스템 평가인자 및 기법개발
- 하수 최적 이용기술 및 이산화탄소 고정 최대화 기법 발굴
- 저에너지 투입형 바이오매스 에너지 전환기술 개발
- 도시공급시스템 구성요소별 도시 전과정 탄소관리시스템 개발
- 공급처리시스템에서 온실가스 배출량저감과 효과를 산출할 수 있는 Carbon calculator 기법 개발

(라) 연구개발 동향 및 파급효과

- 연구개발동향
 - 국내에서는 소규모 하수종말 처리시스템으로서 기존도시에 적용되고 있으나 도시규모의 분산형 청정 공급처리 시스템 개발은 거의 없음
 - 국외의 경우 2000년대 도시내 수자원개발의 일환으로 분산형 오수처리 및 재이용시스템 개발 연구가 이루어져 시범적으로 진행
 - 초점이 공급처리시스템의 경우 지금까지는 운전조건 최적화는 처리효율에만 맞추어져 왔음. 미국의 경우는 수처리시스템에서 온실가스를 배출하는 펌프의 효율을 증가시키고 에너지를 적게 사용할 수 있는 프로그램 개발
 - ※ 비올리아와 수에즈는 상하수 분야에서 유입, 처리, 방류, 모니터링 부분 LCA 및 SDA기법을 도입하여 에너지 사용량 감축 기술 개발
 - 외국의 경우 MSW의 에너지화로 수입석유량의 30% 절감을 위한 연구 중
 - 유역관리 비점오염원 관리, 수변지역관리, 도시건천화 등 도시물순환 및 물질순환의 해석에 대한 관심 증대
 - 미세조류에서 바이오연료로의 정제 기술 연구개발중
- 파급효과



- 지역 하천에 미치는 영향 감소 및 정수처리장의 원수에 대한 불안감 감소
- 첨단도시의 청정공급처리시스템으로 무탄소 도시구현 인프라 조성
- 고효율, 집적형 하, 폐수 및 폐기물 처리기술 향상기대
- 첨단무탄소 도시 조성산업 중 환경기초시설의 기술향상
- 도시 하폐수의 자원화 및 에너지화 기술향상
- 도시 물순환시스템에 있어 물의 유량, 오염에 관한 흐름을 평가하여 도시물환경 수량, 수질 관리 크게 개선
- MSW의 에너지 전환기술 설비 플랜트 및 기술 수출 기대
- 도시 공급시스템의 효율적 탄소관리

(4) 스마트그리드 기반 에너지관리 기술 개발 부문

(가) 정책적·산업적 이슈

- 2010년부터 50만 TOE 이상 사업장 대상 에너지 목표 관리제 시행됨에 따라 에너지 소비 절감 요구
- 에너지경영시스템(EMS) 분야 국제표준인 ISO50001이 올해 6월 정식 국제인증으로 발효될 것으로 예상되며, 이에 대응할 수 있는 에너지관리시스템 구축 필요
- 정부는 에너지 목표관리제 대상 사업장을 순차적으로 확대할 것을 계획하고 있음. 이에 따라, 대규모 에너지 사용 기관 및 사업장은 탄소 배출 억제 및 에너지 절감을 위한 다양한 해법을 모색

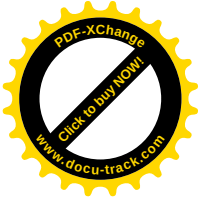
(나) 기술개발의 중요성과 필요성

- 기술개발의 중요성
 - 강화되는 환경규제 및 탄소거래제도 시행에 대응하기 위해, 에너지 소비를 모니터링, 분석, 제어할 수 있는 시스템 필수
- 기술개발의 필요성
 - SCADA 기술 기반 에너지소비 모니터링 및 제어 기술 필요
 - 통계적 기법 및 예측 기법을 활용한 에너지소비 분석 기술 필요
 - 신재생에너지 통합/연계 운영이 가능한 에너지관리시스템 기술 필요
 - 향후 스마트그리드 수용가 단위 운영시스템으로 연계 적용될 기반 솔루션

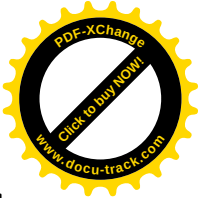
(다) 연구개발 목표 및 내용

- 사업장 및 기관에서 소비하는 에너지에 대하여 모니터링, 분석, 제어가 가능한 에너지통합관리시스템
- ISO50001 기준에 맞는 에너지경영시스템 대응
- 통합 플랫폼(Platform)을 활용하여 신재생에너지, SCP, 계측기, SCADA 등 관련 기기 통합 DB 운영
- 에너지경영시스템 연계 및 ERP 연계
- 에너지관리시스템 운영 및 에너지소비패턴 분석 시스템 구축

(라) 연구개발 동향 및 파급효과



- 국내외 연구개발 동향
 - 에너지목표관리제에 대응하여 대기업을 중심으로 소비모니터링 시스템 구축 등 움직임
 - 빌딩이나 공장을 대상으로 에너지 소비에 대한 원격 모니터링, 제어 및 에너지 비용 절감 솔루션 제공
 - 파급효과
 - 에너지관리시스템 도입을 통하여 에너지목표관리제 대응 및 에너지경영시스템 인증 대비 가능
 - 온실가스 배출원 및 배출량을 산출하여 배출현황 파악
 - 에너지사용 분석을 통하여 개선 사항 도출 및 에너지 절감 성과 모니터링
 - 에너지관리시스템을 통한 에너지소비 및 탄소배출 감소 실적을 통하여 녹색산단의 해외수출 기회 마련
- (5) 탄소중립도시모델 개발 및 온실가스감축량 평가 기술 개발 부문
- (가) 정책적·산업적 이슈
- 선진 외국은 도시를 중심으로 온실가스 감축 목표치를 설정하고 도시기본계획, 환경계획, 산업계획을 통합, 조정하여 기후변화 대응 도시조성 추진
 - 선진국의 기존도시 재개발, 개도국은 신도시 개발 중심으로 녹색도시를 건설 중이며, 세계 첨단 그린도시(Eco-City)관련 시장은 2018년까지 2,400억달러에 이를 것으로 전망
 - 탄소배출을 억제하고 친환경 산업구조로 전환을 추구하는 지속가능한 도시로 패러다임 변화 중
- (나) 기술개발의 중요성과 필요성
- 기술개발의 중요성
 - 도시 이산화탄소 배출비율이 타 기능에 비해 높은 산업시설의 탄소배출을 줄이기 위해서는 현재 진행되고 있는 생태산업단지 개발 이외에 주거, 상업 및 산업기능이 접목된 단지의 기능연계를 도모하는 조성모델 필요
 - 탄소중립도시모델 및 구성 기술 : 온실가스의 80% 이상이 도시에서 발생되며 특히 교통, 주택 등 도시생활 관련이 전체 온실가스 배출의 43%를 차지하므로, 지구 온난화 방지를 위한 탄소중립도시로의 전환은 매우 중요한 과제임(SERI, 2009)
 - 기술개발의 필요성
 - 건설기술 특성에 비해 비교적 단기간(5년 내외)의 연구개발로 실용적 연구성과 도출(Test-bed)을 추진하고 있으나 낮은 요소기술 수준과 선진국과 현저한 기술 격차를 보이는 요소기술의 융합/통합화 기술로 성과도출에 어느 정도 한계와 장애가 있을 것으로 예상되므로, 국가/지방자치단체 차원의 협력과 지원이 요구됨
 - 녹색성장기본법 시행에 따라 온실가스 및 에너지 감축 목표제 도입 본격화



- 향후 탄소거래제도에 따라 산업시설의 CO₂에 대한 구체적 대책 마련 필요
- 녹색성장 5개년 계획에 탄소중립형 신도시 개발 내용 포함

(다) 연구개발 목표 및 내용

- 산업과 주거, 상업 등 도시의 기본기능이 접목된 탄소중립형 복합단지 조성 모델 개발
- 저탄소 녹색성장을 위해 토지이용을 고밀화하여 교통이동을 감소시키는 복합단지 조성
- 자원 및 에너지 순환형 저탄소 도시공간 공간조성 모델 개발
- 탄소중립을 위하여 산업과 기타기능을 일정공간에 배치시
- 도시내 온실가스 배출량 예측모델 개발

(라) 연구개발 동향 및 파급효과

- 국내외 연구개발 동향
 - 2000년대 이후 생태산업단지가 활발하게 건설되고 있으며, 개별 단지별로 온실가스를 줄이기 위한 노력을 시작한 상태임
 - 저탄소 녹색성장의 화두에 적합한 에너지 절약형 단지 조성을 위한 연구들을 추진 중에 있음
 - 일본의 경우 Sustainable Urban Design 연구를 통하여 도시에 대한 온실가스 배출량 산정 및 저감요소 도출에 대한 연구추진
 - UAE 수도 아부다비에 재생에너지로 전체 동력을 공급하는 탄소무배출 도시(Zero-Carbon City)세계 최초로 건설 시작
- 파급효과
 - 저에너지, 고효율형 복합단지 조성 기술 확대
 - 저공해형 복합산업단지 건설을 통한 저탄소형 복합산업단지 개발 활성화
 - 에너지사용 분석을 통하여 개선 사항 도출 및 에너지 절감 성과 모니터링
 - 탄소중립형 도시조성 모델의 수출화 도모

2.]술예측조사 및 결과

가. 기술예측의 개요

- 기술혁신의 동향을 예측하여 이를 토대로 효과적인 R&D 계획을 수립하고 합리적인 의사결정 수립
- 대상 시장의 기술수요와 미래시장의 기술수요 예측조사
 - 기존의 도시 유형별 적용 가능한 탄소중립도시모델을 개발하는 기획과제를 위해, 30년 이상 지속가능한 도시를 건설해온 독일, 스웨덴, 덴마크 등 유럽 국가들과 일본의 우수사례를 대상으로 추후 국내 도시유형에 적합한 탄소중립도시모델의 특징 파악 및 수요 예측이 필요함
 - 또한, 이를 조성하는데 필요한 저탄소 녹색기술, 신재생에너지, 스마트

그리드 및 CDM 사업 등 탄소중립도시모델의 구성 요소에 대한 수요 예측 또한 필요함

- 부문별 관련 국가정책상의 필요기술 예측
- 국가 저탄소 녹색성장정책 및 국토해양 R&D 전략에 부합하는 기술이 요구되므로 분야별 관련 정책 분석 및 기술예측 실시 추진
- 국내외 해당 기술분야 관련 전문가를 대상으로 기술예측조사를 실시하고 그 결과를 정리하여 서술
- 기술예측조사 항목 : 제안하는 기술의 시장동향·시장규모·점유율, 그리고 기술개발 완료시의 기술개발 수준 등

나. 기술예측조사 방법

- 첨단 무탄소도시 분야와 관련된 기술, 경제, 사회발전에 내재된 구조를 밝히고, 이를 통해 미래의 실현가능성과 시장규모, 발전잠재력을 파악하고자 기술예측조사 실시
- 기술예측조사는 문헌조사, Mini-델파이 기법 및 시나리오 기법을 종합적으로 적용하여 분석해 보는 접근법을 활용함



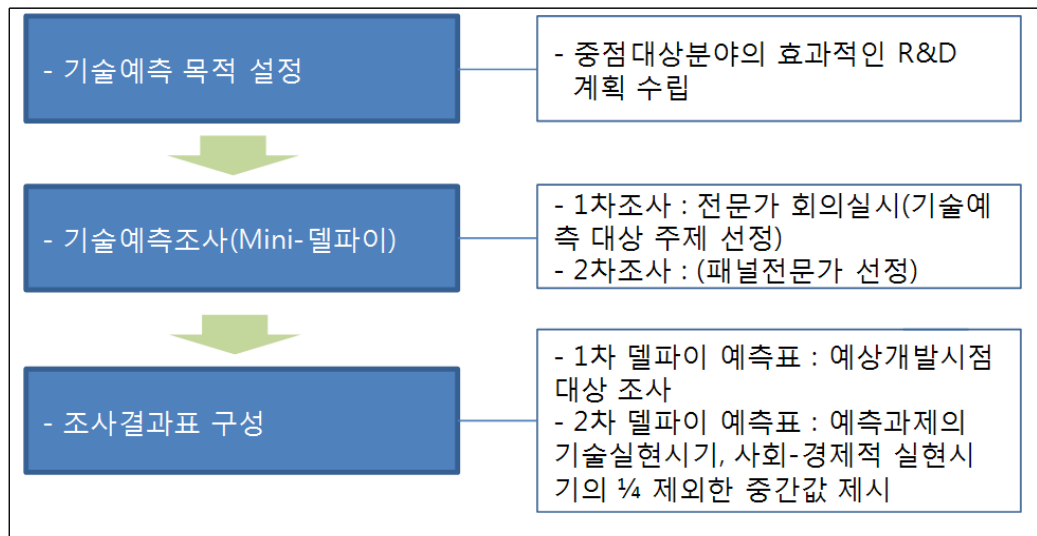
<그림2-58> 기술수요예측조사 방법

(1) 문헌조사

- 기존의 탄소저감을 위한 도시 계획 및 설계, 탄소중립도시 조성, 도시공간 시뮬레이션 기법, 청정생산공급시스템 분야, 스마트그리드 기술, 환경기술 분야, 에너지저장 기술분야, 온실가스감축 시장 등에 관한 문헌조사
- 문헌조사를 통해 각 부분별 미래시장 전망과 수요변화 등을 분석하여 첨단 무탄소도시분야의 미래시장변화 및 시장변화 규모 등을 파악함

(2) Mini-델파이 기법

- Mini-델파이 기법을 적용하여 시장동향 및 시장규모를 파악하고 기술개발 완료시의 기술개발 수준 등을 추가적으로 파악하는 데 활용
- 기술예측조사 대상 : 기획위원회, 기술자문위원회 대상 기술수요조사 실시



<그림2-59> 기획단계의 기술예측 전략수립 Flow chart

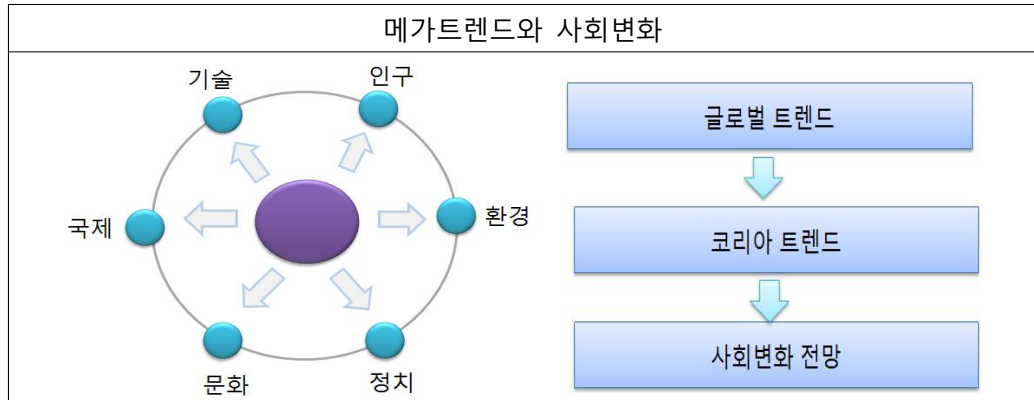
세부과제	현재 기술수준				기술개발완료시 기술수준			
	기술수준		선진국 대비 기술격차 (년)	비고	기술수준		선진국 대비 기술격차 (년)	비고
	국내	선진국			국내	선진국		
저탄소 LCA 도시계획, 설계, 건설·유지관리기술 개발	65	80	3	성숙	85	90	1	경쟁 단계
인간 활동기반차세대 도시공간배치 시뮬레이터 개발	50	80	8	시작	65	85	5	성숙
Zero emission 청정 공급처리시스템 개발	40	70	4	시작	70	85	3	성숙
스마트그리드 기반의 에너지관리 및 모니터링 기술	70	85	3	시작	90	90	-	성숙
Global Leading 저탄소 생태도시 모델 개발 및 온실가스 감축 잠재량 평가	45	80	5	성숙	75	85	1	경쟁 단계

<표2-40> 예시-연구기획중점분야별 기술개발 수준(안)

(3) 시나리오 기법

- 미래사회 이슈 및 미래기술과제 분석과 이를 토대로 한 다양한 미래의 변화모습을 스토리 형식으로 작성하여 예측
- 문헌조사, 연구진 토론 및 기획위원그룹간의 브레인스토밍을 통해 일반적 미래사회 이슈를 도출하고 이를 토대로 기술부문별 기술구현 시나리오 예측

미래사회 변화 전망을 위한 메가트렌드 도출		
● 국내외 기존연구 검토	● 연구진 토론	● 기획위원회 브레인스토밍



미래사회 환경변화
첨단 무탄소 도시 부문 관련 영향과 전망

<그림2-60> 시나리오 분석절차

다. 기술예측 조사 결과

(1) 문헌조사 결과

(가) 녹색기술의 시장 규모

- 현재 : \$1,370 billion
- 2020년까지 : \$2,740 billion

항목	현재(2008년)	2020년
에너지 효율 개선 기술	USD617 billion	USD1,233 billion
쓰레기 관리/재활용	USD41 billion	USD63 billion
물공급/처리/효율	USD253 billion	USD658 billion
지속가능한 교통 (고효율엔진, 하이브리드, 연료셀, 대체연료 등)	USD247 billion	USD493 billion
기타	USD212 billion	USD293 billion
합 계	USD1,370 billion	USD2,740 billion

<표2-41> 녹색기술의 시장 규모

- 녹색산업의 고용효과 (2006년 기준)
 - 신재생에너지 분야의 경우, 현재 230만 명에서 2030년까지 2천만 명으로 고용 증대 예상

Renewable Energy Source	World*	Selected Countries	
wind	300,000	· Germany · United States · Spain · China · Denmark · India	· 82,100 · 36,800 · 35,000 · 22,200 · 21,000 · 10,000
Solar PV	170,000**	· China · Germany · Spain · United States	· 55,000 · 35,000 · 26,449 · 15,700
Solar Thermal	624,000-plus	· China · Germany · Spain · United States	· 600,000 · 13,300 · 9,142 · 1,900
Biomass	1,174,000	· Brazil · United States · China · Germany · Spain	· 500,000 · 312,200 · 266,000 · 95,400 · 10,349
Hydropower	39,000-plus	· Europe · United States	· 20,000 · 19,000
Geothermal	25,000	· United States · Germany	· 21,000 · 4,200
Renewables, Combined	2,332,000-plus		

<표2-42> 신재생에너지 분야의 고용창출 효과

- 건축부분에서 에너지 효율개선에 의한 고용창출 효과

국가	프로젝트	고용창출 효과
캐나다	· 국가 규모의 건축 재생 사업	· 5,600~7,840명의 전일제 고용 창출
EU	· EU 에너지 소비를 20% 감소	· 100만 명
	· 주거건축에서 75% CO2 저감	· 2030년까지 25억8천5백만명 고용 창출
인도	· 9백만 가정에서 전통적인 스토브(stove)대신 바이오 매스 cooking 기술로 대체	· 15만명 고용창출
미국	· 녹색건축 파이낸싱, 세금혜택 제공, R&D투자에 USD89.9 billion 투자	· 827,260명 고용창출
	· 세탁기, 온수기, 형광등에 대한 기준 적용	· 2020년까지 12만명 고용창출

<표2-43> 건축부분의 에너지효율개선에 의한 고용창출 효과

- 각 부분별 2006년 기준 녹색산업의 고용 효과

에너지 공급 부분	신재생	· 급속히 성장 중 · 세계적으로 2백30만명 · 풍력: 30만명 · 태양광: 17만명 · 태양열: 60만명
	바이오연료	· 대략 신재생의 절반 수준
	화석연료 산업	· 고용이 점차 감소
	CCS (탄소 포집 및 저장)	· 큰 고용효과는 없는 편임
건축 부분	에너지효율 개선	· 매년 USD1.4 million 투자
	녹색 건축	· 현재 기술로 80% 이상 에너지 절감 가능
	건축 재생	· 건축부분에서 가장 온실가스 감축 잠재량 큼 · 2001년~2006년: USD26.1 billion 투자 · 독일의 건축재생 사업: 342개 아파트 대상 145,000명의 고용 효과
	에너지 효율 전기사용 제품 (조명기구, 절연기구, 에어컨, 온수기)	· 미국: 2020년까지 12만명 고용 창출 예상
교통 부분	철도	· 고용 감소 추세 · 중국: 5.1백만명에서 3.1백만명으로 감소 (1992~2002) · 유럽도 감소 추세
	도시 대중 교통	· 디젤버스에서 CNG사용 버스로 전환 · 뉴델리: 6,100대의 CNG버스 도입으로 1.8만명 고용
	자동차	· 녹색자동차 제조 일자리: 25만명
기초 산업 부분	철강	· 철강 스크랩 재활용: · 20만명 고용
	알루미늄	· 알루미늄 스크랩 재활용: · 미국: 6,000명 · 일본: 12,000명 · 유럽: 10,000명
	시멘트	· 대체 시멘트, 재활용 시멘트 · 고용 창출 효과 적음
	펄프 및 제지	· 종이 재활용 산업 급성장 · 브라질: 28,000명 고용
	재활용	· 150만명 고용
농업	도시 농업	· 8억명이 도시지역에서 자체사용 목적으로 농작 물 재배중
	유기농업	· USD100 billion 매출
	지속가능한 소규모 농업	· 영세하여 생존이 어려워지고 있으나 환경적 효과 는 상당히 큼. 정책적 보호 필요
산림	조림	· 많은 고용 창출 효과
	농림업	· 외부 편당에 의존
	지속가능한 산림 관리(SFM)	· 향후 증가 예상

<표2-44> 부분별 기준 녹색산업의 고용효과

◦ 녹색기술 수요 및 시장 전망

- 풍력 발전 설비: USD8 billion (2003년)에서 USD60.8 billion (2016년)
- 태양광 모듈: USD4.7 billion (2003년)에서 USD69.3 billion (2016년)
- 바이오연료: USD20.5 billion (2006년)에서 USD80 billion (2016년)
- 연료전지: USD1.4 billion (2006년)에서 USD103 billion (2020년)
- 지열발전: USD35 billion 로 성장 (2020년)
- 조류 발전: USD10 billion 로 성장 (2012년)
- 스마트 그리드 시장규모 예상 (단위: billion USD)

시장별	2009	2010	2011	2012	2013	2014
세계시장	693	897	1,101	1,305	1,510	1,714
미국	214	257	300	343	386	428

<표2-45> 년도별 녹색기술 수요 및 시장 전망

- 스마트 그리드 관련 각국의 중점 전략

국가	중점 전략
한국	IT융합기술 접목 및 녹색성장 수출유망 산업으로 육성 실증을 통한 스마트 그리드 통합시스템 구현에 주력
미국	노후 전력 설비 교체를 통한 경기 부양 분산전원 개발 및 전기 자동차 산업 활성화에 주력
유럽	전력시스템 안전화 및 에너지 효율제고 국가간 전력거래 및 신재생에너지 보급 확대
일본	통합시스템 구축보다 강점 보유기술 분야 주력 태양광기술을 활용한 마이크로 그리드 구축 주력

<표2-46> 국가별 중점 전략

◦ 도시 건설 시장 전망

- 중국 또는 인도와 같은 국가들에서는 중산층의 확대되고 있고 도시화가 가속화되고 있음
- 세계 신규 건설의 50% 이상이 아시아에서 수행됨. 주로 중국에서 수행됨(연간 20억 평방미터의 면적이 추가로 건설)
- 향후 20년 동안 3억의 중국인들이 도시로 이주할 것으로 예상
- 건설 부분의 성장률은 중국의 경우 연간 7%, 인도와 동남아의 경우 5%로 예상
- 에너지, 물, 자원의 소비가 급격히 증가할 것으로 예상

(2) Mini-델파이 분석결과

(가) 탄소저감 도시구축 기술 개발 부문

◦ 국외 최고 기술 보유국가 및 기업

- 탄소저감 도시계획 평가모형 기술 부문의 경우는 최고기술 보유국가는



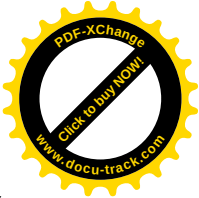
- 미국이며, 최고기술 보유 기업은 U.S. Green Building Council임
- 무탄소 유지관리 기술개발 부문의 최고기술 보유국은 미국, 최고기술 보유기업은 미국의 NI(National Instruments Ltd)社임
 - 선진국 대비 국내 기술수준
 - 탄소저감 도시계획 평가모형 기술 부문의 기술수준은 선진국 대비 40%, 기술격차 3년 수준으로 나타남
 - 무탄소 유지관리 기술 부문은 선진국 대비 기술수준은 65%, 기술격차 4년 정도로 나타남
 - 대상기술의 상용화 예상기업
 - 탄소저감 도시계획 평가모형의 기술부문의 상용화 예상기업으로는 Green City 인증기관, 지자체, 공기업, 건설사 및 시행사 등이 있음
 - 시장동향 및 규모
 - 탄소저감 도시계획 평가모형 부문의 경우 인증이 큰 폭으로 확산될 전망이며, 특히 북미, 유럽, 중국 등에서 교육시스템을 구축하고 자격인증과 기술인증을 추진하고 있음
- (나) 인간활동기반 시뮬레이터 기술 개발 부문
- 국외 최고 기술 보유국가 및 기업
 - 인간 이동 과정 및 경로 자동 학습 기반 무탄소 제어 부문의 경우 최고 기술 보유국가는 미국이며, 최고기술 보유 기업은 마이크로소프트사임
 - 탄소배출 저감을 고려한 공간배치와 밀도배치에 대한 모형개발 부문의 최고기술 보유국은 일본, 최고기술 보유기업은 일본의 시미즈건설 및 세끼스이 건설 등으로 나타남
 - 선진국 대비 국내 기술수준
 - 인간 이동 과정 및 경로 자동 학습 기반 무탄소 제어 부분 기술 부문의 기술수준은 선진국 대비 30%, 기술격차 3년 수준으로 나타남
 - 탄소배출 저감을 고려한 공간배치와 밀도배치 기술 부문은 선진국 대비 기술수준은 10%로 매우 저조한 실정이며, 기술격차 5년 정도로 나타남
 - 대상기술의 상용화 예상기업
 - 인간 이동 과정 및 경로 자동 학습 기반 무탄소 제어 기술부문의 상용화 예상기업으로는 도시계획 및 건설업체, 센서기반 모바일 기기생산업체 등으로 볼 수 있음
 - 탄소배출 저감을 고려한 공간배치와 밀도배치 기술 부문의 상용화 예상기업은 SOC구축 공기업, 대규모 건설사 등이 있음
 - 시장동향 및 규모
 - 인간 이동 과정 및 경로 자동 학습 기반 무탄소 제어 부문의 경우 국내 시장은 2013년에는 국내 최소 1,000억원, 매년 최소 5%의 성장을 보일 것으로 전망. 국외 시장은 약 5조원의 시장이 형성되어 있으며, 매년 최소 20% 성장세 전망



- 탄소배출 저감을 고려한 공간배치와 밀도배치 기술 부문은 아직 초기단계이며 사례가 많지 않으므로 국가적 사업으로 미래를 대비할 필요가 있음

(다) 청정 공급처리시스템 기술 개발 부문

- 국외 최고 기술 보유국가 및 기업
 - 바이오매스를 활용한 대체에너지 생산기술은 최고기술 보유국가는 미국이며, 최고기술 보유 기업은 Solix Biofuel Co.ltd, 미국국립에너지재생연구소임
 - MSW분야의 최고기술 보유국은 미국, 독일, 일본 등이며, 최고기술 보유 기업은 Covanta, Veolia, HCR 등
 - 도시공급시스템 구성을 위한 탄소관리시스템(ULCCM)개발 부문의 최고 기술 보유국은 일본이며, 일본의 환경성에서 최고기술을 보유하고 있음
 - 분산형 청정공급처리시스템의 최고기술 보유국은 영국
 - 에너지화 및 순환 이용을 위한 통합자원화시설 개발 부문의 최고 기술 수준 국가는 일본으로 Hitachi사가 최고기술 보유
- 선진국 대비 국내 기술수준
 - 바이오매스를 활용한 대체에너지 생산기술 부문의 기술수준은 선진국 대비 60%, 기술격차는 4년 정도 차이 발생
 - MSW 부문의 경우 기술수준은 선진국 대비 70% 수준이며, 기술격차는 3년 정도 차이 발생
 - 도시공급시스템 구성을 위한 탄소관리시스템(ULCCM)개발 부문은 선진국 대비 기술수준이 50%이며, 기술격차는 3년 정도의 차이 발생
 - 에너지화 및 순환 이용을 위한 통합자원화시설 개발 부문은 선진국 대비 70% 수준이며, 기술격차는 5년 정도 차이 발생
- 대상기술의 상용화 예상기업
 - 바이오매스를 활용한 대체에너지 생산기술 부문의 상용화 예상기업으로는 발전소, 제철소, 바이오에너지 생산시설 및 유통업체, 국가, 지자체, 산단 사업시행자 등이 있음
 - MSW를 활용한 에너지 생산 부문의 경우 국가, 지자체, 산단 관련 사업시행자, 민간기업, POSCO 등에서 수요가 발생될 것으로 보여짐
 - 에너지화 및 순환 이용을 위한 통합자원화시설 개발 부문의 경우 환경기술보유업체, 환경기초시설 시공 및 유지관리 업체에서 생산가능하며, 주요 수요자로는 국가, 지자체, 산단사업 시행자, 민간기업 등이 있음
 - 분산형 청정공급처리시스템의 생산가능 기업은 산업폐기물 재활용업체, 오염물질 제거기술 보유기업, 용수재활용 기술 개발관련 기업 등이며, 수요기업으로는 국가, 지자체, 공사, 산업단지내 입주기업 등이 있음
- 시장동향 및 규모
 - 미국의 조류 바이오연료 시장은 12-18년 사이 연평균 115% 성장세 예상



- 국내의 경우 MSW의 에너지 부문은 북미, 유럽, 일본 대비 상대적으로 낮으며, 미국은 2020년까지 국가에너지원의 20%를 신재생에너지로 충당할 계획임
- 물순환 부문의 경우 국내의 경우 2015년에는 14.558백만달러 규모로 세계 8위의 시장 규모 형성 예상, 국외는 세계 물자원의 5%정도가 산업화되면서 물산업 규모가 약 500조원으로 석유시장의 40%에 달할 것으로 추정
- 물산업 부문의 경우 2030년까지 22조 6천억달러의 규모로 시장 성장 예측

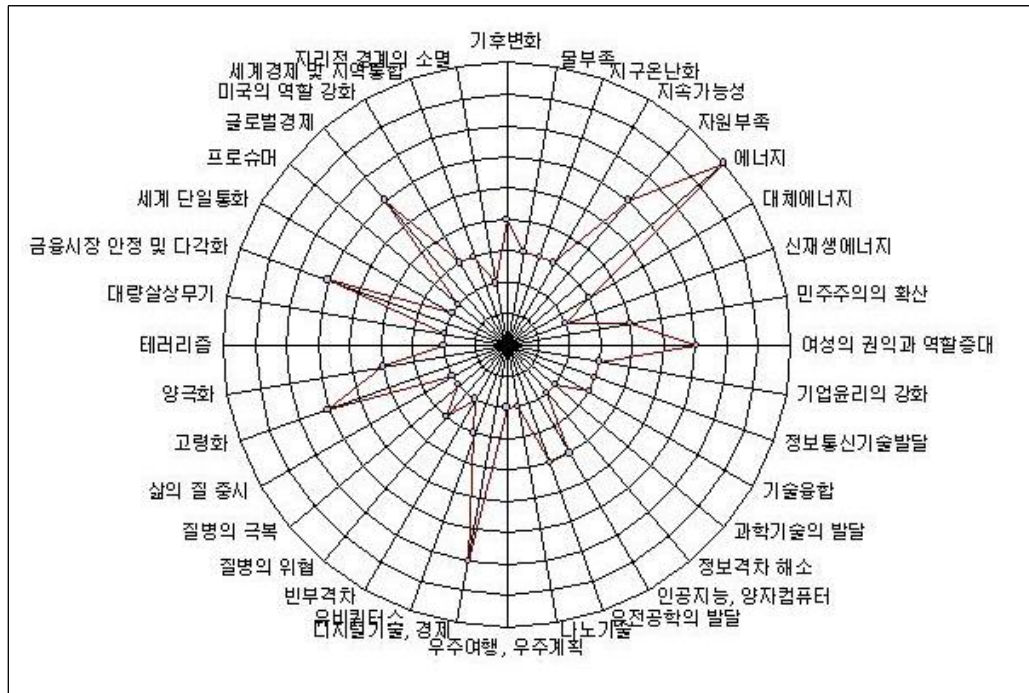
(라) 스마트그리드 에너지 기술 개발 부문

- 국외 최고 기술 보유국가 및 기업
 - 에너지 관리 시스템 개발 부문의 최고기술 보유국은 프랑스이며, 최고 기술 보유 기업은 프랑스의 Schneider Electric사
- 선진국 대비 국내 기술수준
 - 에너지 관리 시스템 개발 부문의 기술수준은 선진국 대비 630%, 기술격차 3년 수준으로 나타남
- 대상기술의 상용화 예상기업
 - 에너지 관리 시스템 개발 부문의 생산가능 기업은 SCADA, AMI 등을 포함한 요소기술 및 시스템 통합 기술을 가진 기업, 수요기업으로는 에너지 목표관리제 대상 기업, 사업장을 중심으로 에너지 소비 관리가 필요한 공장, 빌딩 등이 있음
- 시장동향 및 규모
 - 2010년 4월 녹색성장기본법 시행령에 따라, 국내 374개 기업 및 사업장은 온실가스 감축, 에너지 절감 및 에너지 이용효율 목표를 부여받아 준수해야 함. 이에 따라 해당 기업 및 사업장은 에너지 관리 시스템 도입이 필수적임
 - 에너지다소비업체 14개 사업장을 대상으로 에너지경영시스템 시범인증 심사 진행 중
 - 전세계적으로 에너지정책의 초점을 에너지 수요관리 중심으로 전환하여 기후변화 대응에 노력
 - 2011년 6월, 에너지경영시스템(ISO50001)이 ISO 국제규격으로 제정 예정 (ISO PC 242)

(마) 탄소중립도시모델 및 온실가스 감축량 평가 기술 개발 부문

- 국외 최고 기술 보유국가 및 기업
 - 탄소중립도시모델 및 구성 기술 : 30년 이상 자원과 에너지 저감을 위한 생태도시, 지속가능한 도시를 건설해온 독일, 스웨덴, 덴마크 등 유럽 국가들과 일본, 미국
 - 녹색산업단지 부문의 최고기술 보유국은 영국이며, 최고기술 보유 기업은 영국의 ISL사

- 도시의 온실가스감축잠재량 평가 기술 : 각 국가별로 온실가스배출량 및 감축잠재량에 대한 평가가 이루어지고 있으며, 특히 캐나다 및 미국이 지역별로 온실가스배출량 및 감축잠재량에 대한 활발한 산출 방법 개발 중
 - 선진국 대비 국내 기술수준
 - 탄소중립도시모델 및 구성 기술 : 도시의 각 분야별로 온실가스 감축을 위한 기술개발에 초점을 맞추고 있으며, 온실가스 감축 기술을 종합적으로 도시에 적용하고 감축잠재량을 종합적으로 산정한 사례는 적음
 - 녹색산업단지 개발 부문의 기술수준은 선진국 대비 70%, 기술격차 3년 수준으로 나타남
 - 국내 기술성숙도는 EU 및 미국, 일본 대비 낮은 기술 수준
 - 대상기술의 상용화 예상기업
 - 녹색산업단지 개발 부문의 생산가능 기업은 산업폐기물 재활용 기업, 오염물질 제거기술 보유기업, 용수재활용 기술개발 관련 기업이며, 수요기업으로는 국가, 지자체, 공사, 민간기업 등이 있음
 - 시장동향 및 규모
 - 국내 녹색건설 시장은 연간 25조원 규모로 성장
 - ‘ 13년까지 녹색중소기업에 R&D를 지원할 계획에 있어 관련 산업분야 성장 전망
 - 세계 환경산업시장의 규모는 매년 5%씩 성장추세에 있으며, 2015년에는 24조원 규모, 2020년에는 27조원에 달할 것으로 전망(한국생산성기술연구원)
 - 세계 탄소배출권 시장은 계속적으로 성장 추세에 있음
- (3) 시나리오 분석 결과
- (가) 키워드 도출
- 주요 선행연구에 나타난 키워드
 - The Millenium Project(2009), The Next Big Thing(2009), Mapping the Global Future(2004) 등



<그림2-61> 주요 선행연구의 키워드

◦ 키워드의 특징

- 기후변화와 에너지문제, 민주화, 과학기술의 발달, 빈곤과 질병, 삶의 질과 고령화, 테러와 전쟁, 국제경제, 글로벌화 등으로 축약

(나) 메가트랜드와 미래사회 전망

① : - Convergence

◦ 고기술 첨단산업의 비중 지속적 확대

- 기술혁신 가속화 및 신기술 융합산업 발달로 첨단 및 IT산업 비중이 23.5%(' 05)에서 42.3%(' 30)로 증가 (산업연구원, 2006)
- 제조업의 서비스화 및 새로운 제조업 모델 탄생으로 신제품·서비스 출현 가속화

◦ 기술 융복합화 확대

- IT, BT, NT 등 기술 발달 및 융복합 본격화로 부품·소재, 제조공정, 삶의 질 및 환경측면에서 급격한 변화 예상

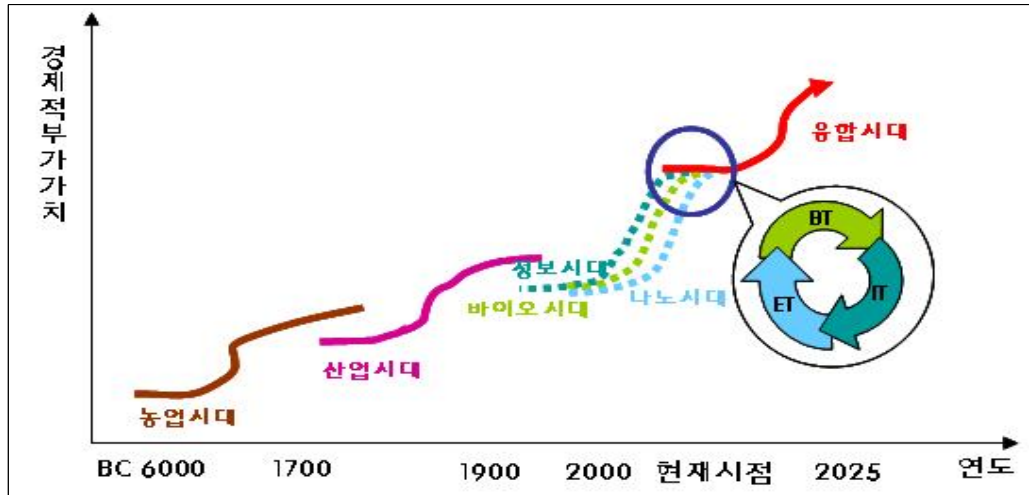
◦ 디지털 네트워크 기술의 지속적 혁신(제2정보혁명 도래)

- 고성능 컴퓨터 등장과 대규모 데이터를 전송할 수 있는 네트워크 발전으로 미래 기술 사회의 기반 조성
- 세컨드 라이프(인터넷 기반의 가상세계), 위키피디아, 유튜브 등

◦ 지식재산권과 표준의 중요성 증대²⁸⁾

- 세계경제 통합화로 소수의 세계적 표준만이 생존함에 따라 세계시장 선점을 위한 국가간, 기업간 기술표준 경쟁 치열
- 지식재산권을 통한 기술 패권주의 부각 전망

28) 한국과학기술기획평가원(2008)



<그림2-62> 미래 산업구조의 변화전망

② : - Catastrophe

- 수요증가 대비 공급부족으로 전 지구적 에너지·자원 확보 경쟁 심화
 - 신재생에너지 및 대체에너지 기술 수요 증가
 - 주요 에너지자원의 자주개발을 제고를 통한 안정적 에너지 공급·확보를 위해 해외자원 개발 확산
 - 재생에너지 시장확대 : 2030년 1조 달러(Morgan Stanley, 2007)
- 지구온난화에 의한 기후변화로 식량생산 악화, 물 부족 전세계로 확산
 - 기후 변화에 따른 폭염, 가뭄, 홍수, 질병 등의 증가 및 생태계 변화로 주요 인프라, 농작물 및 안전에 심각한 영향 (OECD-2030)
 - 기후변화에 따른 식량의 안정적 확보·공급을 위해 '식물재배공장', '도시농업', '해수농업' 등 주목
 - '30년 식량수요 50%증가(미국 NIC, 2008), '50년대 기온 2~3℃ 상승, 10억~20억명 물부족, 1,000만~3,000만 기근 우려(IPCC, 2007)
 - 기후변화, 물부족에 따른 탄소배출권(CO2 배출권)과 담수화 산업시장 확대
- 지구온난화 대응 및 지속가능한 발전을 위한 적응기술 발달
 - 국지성, 불확실한 기상이변으로 기상·기후변화의 예측 정확도를 높이기 위한 수요 증대
 - 재해·재난 예방 및 대응기술 개발 확대
 - 기후변화에 따른 해수면 상승, 홍수빈발로 해변 및 하천 인접의 대규모 개발 방식 위협
 - 사회전반에 걸친 에코리즘의 부각과 녹색생활의 일상화
 - 친환경 건물, 자연식품·유기농 식품 선호 및 다운시프트(Down Shift), 웰빙 등에 대한 가치 추구 확대

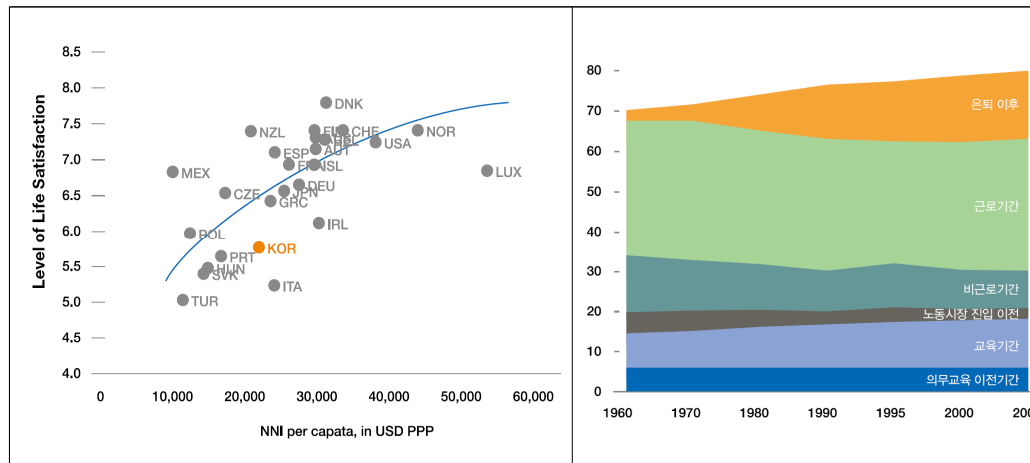
③ 사회문화 :

- Diversification²⁹⁾

29) 한국개발연구원(KDI) 2010

◦ 삶의 질 중시

- 소득증대, 주5일제, 고령화, 가족형태 변화, 정보통신기술 발달 등으로 일·직장에서 가족·여가 중심으로 전환
- 자연생태계에 대한 보전과 보호가 더 강화될 것이고, 친환경적이고 자연스러운 것에 대한 수요 증가



<그림2-63> 소득수준과 삶의 만족도

<그림2-64> 생활시간의 변화
OECD 국가의 전형적인 모습

◦ 개인주의 심화

- IT기반 인터넷을 통해 개인은 시공간의 제약없이 다양하게 소비활동을 할 수 있고, 네트워크상의 교류를 즐김
- 영리한 군중이나 집단지성으로 발전할 수 있는 반면, 폐쇄적 자아를 형성하여 '소속감과 자아 정체성 상실 위험'도 있음

◦ 노동유연화

- 정시 출퇴근제가 점차 감소하고, 재택근무, 플렉스타임제·파트타임제·야간작업의 증가 등 유연적 근무형태 확산

(다) 메가트랜드에 따른 도시 부문의 영향분석

◦ 도시개발 부문

- 시장: 저출산·고령화로 경제활력 저하 및 신규 개발수요 감소
- 정책: 인구변화패턴, 기후변화 대응을 고려한 도시정책 추진 예상
- 변수: 기후변화 대응 및 IT기술이 접목된 녹색·첨단도시 등 새로운 영역의 도시개발 수요증가와 지역·계층간 양극화에 대응한 공공역할 증대

메가트랜드		도시부문의 변화	SGC 영향
인구	저출산·인구감소	· 대규모 신도시개발 수요 감소 · 가구증가에 따른 주택 등 신개발수요와 고령친화 개발모델 수요 증가 예상	· 신도시와 구도시를 모두 고려한 도시개발 · 도시개발 유형별 모델 개발 필요
	가구증가		
	고령화		
산업 기술	첨단화·기술혁신	· IT, 융·복합기술, 디지털네트워크 기술을 적용한 도시개발, 관리 수요의 증대	· 기술의 융복합화 필요 · 도시생애주기를 고려한 기술개발
	융복합화 확대		
	정보혁명		

메가트렌드		도시부문의 변화	SGC 영향
환경	에너지·자원부족	· 탄소·에너지 저감을 위해 도시개발사업 증대 · 기후변화에 따른 재해대응 도시개발 요구 증대	· 에너지, 자원저감형 도시개발 · 탄소저감, 기후변화에 대비한 도시조성
	기후변화		
사회 문화	삶의 질 중시	· 대규모 신도시 개발수요 감소 · 친환경 여가공간과 복합공간 개발수요 증대	· 신도시와 구도심을 적절히 고려한 모델발굴 · 복합개발 및 지속가능성에 바탕을 둔 개발
	개인주의와 다양성 증가		
	노동유연화		

<표2-47> 도시개발 부문

◦ 도시재생 부문

- 시장: 기성시가지 쇠퇴, 개발연대의 신도시 노후화 및 지방낙후지역 확산에 의한 도시재생 수요 증가
- 정책: 도시기능 회복 및 도심쇠퇴지역 활성화를 위한 종합정비제도의 추진
- 변수: 신구도시연계, 사회경제적 재생, 첨단복합화 등에 따른 새로운 도시재생수요 증가

메가트렌드		도시부문의 변화	첨단 무탄소도시 영향
인구	저출산·인구감소	· 인구감소에 따라 대규모 신도시 개발수요가 감소하는 반면, 노후주택 증가로 도시재생 수요 증가	· 구도시 적용 모델 개발 · 사회구조 변화를 고려한 도시조성 모델 발굴
	가구증가	· 다양한 평형의 맞춤형 주택공급 필요성 증대	
	고령화	· 접근성이 양호한 역세권, 편의시설 입지지역에서 재생수요 증가 · 노인을 위한 주거공간 및 시설계획의 중요성 증가	
산업 기술	첨단화·기술혁신	· 초고층 복합건물 및 에너지 저감형 도시재생 확대	· 첨단, 복합화 기술을 적용한 도시모델 개발 · 유형별 조성기법 발굴
	융복합화 확대	· 다양한 복합기능형 도시재생모델 증가 · 지상, 지중을 활용한 입체형 도시재생사업 확대	
	정보혁명	· 직주일체형 재생모델 수요 증가	
환경	에너지·자원부족	· 에너지순환 및 에너지 하비스트형 도심재생사업 확산	· 에너지순환 및 하비스트형 도시조성기법 발굴 · 도시안전에 고려한 조성기법 개발
	기후변화	· 재해발생 우려가 큰 노후지역에 대한 재생수요 증가 · 도시농업(urban farm) 활성화	
사회 문화	삶의 질 중시	· 커뮤니티 해체, 공동화, 거주환경 악화 등에 대응하기 위한 도시재생 전략 중요	· 다양한 도시유형에 대응된 조성기법 개발 · 기술개발뿐만 아니라 쾌적하고 살기 좋은 도시조성기법 개발
	개인주의와 다양성 증가	· 다양한 이해관계자들간 갈등해소를 위한 관리 역할필요	
	노동유연화	· 근로빈곤층을 위한 사회경제적 재생수요, 직주혼합 등 다양한 주택수요 증가	

<표2-48> 도시재생 부문

◦ 경제기반 부문

- 시장: 제조업 비중축소, 부지면적 감소로 산업용지 수요 감소에 따라 대규모 산단보다는 소규모 산업입지조성 증가추세
※ (제조업 비중 '05년 28%→'30년 20%, 원단위 : '96년 118㎡→'15년 39㎡)
- 정책: 수요가 있는 곳에 산업용지 공급 유도, 도심인근 및 경제자유구역



등에 도시첨단산업단지 조성, 신속한 공급을 위해 지자체·민간참여 확대
 - 변수: 동아시아 등의 성장추세에 힘입어 해외 수출형 경제기반사업 확대

메가트렌드		도시부문에의 변화	첨단 무탄소도시 영향
인구	저출산·인구감소	· 산업구조 고도화에 의한 노동력 기반산업입지 필요성 감소	· 산업구조고도화에 따른 기술발전 속도 증가
	가구증가		
	고령화		
산업 기술	첨단화·기술혁신	· 지식기반산업발전 가속화에 의해 탈공업화 사회로 진입 · 신규공급보다는 기존 산업단지의 재생 및 관리기능 역할 증대	· 노후 복합산단 재생사업 중요 · 복합형 산단개발 지향
	융복합화 확대		
	정보혁명		
환경	에너지·자원부족	· 에너지 고소비형에서 에너지 생산형, 저탄소 녹색 산업단지로의 전환하기 위한 노후산단 재생사업 활성화	· 생산공정과 비생산공정에서의 에너지 저소비, 탄소저감형 조성기법 개발 확산
	기후변화		
세계	다극화·다자화	· 초국가적 광역경제권 형성에 따라 낮은 생산성을 보이는 국내 제조업 공동화 현상 심화	· 해외 개발 수요 증대에 따라 한국형 저탄소 복합산단 수출모형 수요 증대
	동아시아 급성장	· SOC, 경제기반 사업은 국내개발 수요보다 해외개발 수요증대로 사업방식 및 수익창출 구조 재편	
사회 문화	삶의 질 중시	· 정주환경 개선에 대한 요구 증대로 도심내 노후산단의 정비 및 재생사업에 대한 수요발생 예상	· 신규 개발방식보다는 기존 노후산단 재생사업 활성화

<표2-49> 경제기반 부문



4절 기술개발 방향 설정

1. 분석결과 종합

가. 기술개발전략 재수립

- 본 과제의 기술개발전략은 Green urban infrastructure 구축을 통한 쾌적하고 살기 좋은 기후 및 에너지 안정 도시조성, Green smart technology 적용을 통한 저탄소형 도시조성, Green global business 발굴을 통한 국제적 비즈니스 모델 개발로 국가경쟁력 향상에 기여를 목표로 설정. 실제로 2020년까지 도시 내 발생 이산화탄소를 에너지부문에서 45%, 교통 20% 감축을 통해 전체 4%('05년 대비, BAU 대비 30%) 감축을 지향하고, 이를 위해 탄소중립형 Smart Green City 구축 및 운영기술 개발, 탄소중립 도시 조성예측 및 평가 모델링 기술 개발, 도시형 스마트 그리드 에너지시스템 구축, 탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델 개발을 세부목표로 하여 각 영역에서 도출된 연구결과의 유기적인 상호 활용을 통해 궁극적인 목표를 달성할 수 있도록 유도. 1단계 기술개발전략 기획연구 기획타당성 검토위원회의 의견을 반영하여 수정된 내용은 다음과 같음

(1) 비전 및 목표부문

- 지나치게 포괄적이기 때문에 구체적인 전략 개발에 어려움이 있다고 판단되어 구체적으로 설정하는 과정을 거쳐 스마트 그린시티에 대한 명확한 개념정의
- 실용화, 실증화 할 수 있는 테스트베드 및 국제적 표준화 비즈니스 모델개발
- 도시의 life cycle별 단계별 기술개발을 반영하여 연계성을 고려한 연구과제 도출
- 에너지 소요뿐만 아니라 생산 효과도 세부연구에 포함
- 각 Tier 별로 핵심지표를 설정하여 비전/목표/전략의 구체화
- 입지적 여건, 에너지 잠재력 등을 반영하여 무탄소/녹색도시가 국가 목표에 기여할 수 있는 수치화된 계량적 목표 제시
- 선진국의 세부기술을 통해 방향, 가능성을 판단하고 국내기술과 비교하여 효율성 및 경쟁력 판단을 통한TRM 설정

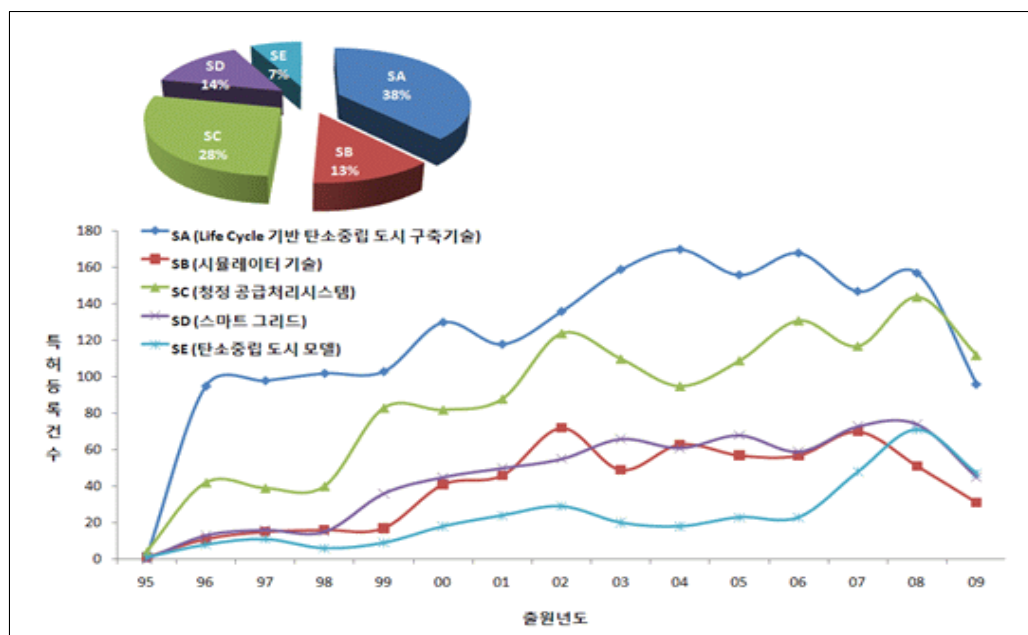
(2) 기타 사항

- 도시설계기업들이 활용할 수 있는 탄소중립도시 조성기술 지식DB구축 및 도시운영관리의 주체를 설정을 위한 비즈니스모델에 대한 구체화
- 계획, 설계, 시공, 관리 등 도시 생애주기 전 과정에 걸친 탄소저감 방안들을 모색하는 접근
- 정책과 시장성에 대한 과제를 추가하여 개발 과제들의 적용성을 높이기 위한 법적, 제도적 여건 및 지원방안에 대한 과제 발굴

- 기술별 세부적인 내용 검토를 통해 우선순위를 정하고 합리적 분석 틀을 활용하여 필요기술들을 선정
- 기술 적용도시의 물리적 범위 규정 및 제시
- 각각의 다양한 기술들을 종합한 탄소중립도시 모델 과제를 통해 network, circulation을 구현하기 위한 통합적 접근 모색
- 학계 및 연구그룹과 현업 실무부서의 전문가들과의 협업을 통한 실현성있는 과제발굴

(3) 국내외 기술분야별 출원동향

- 전세계의 기술분야별-구간별 출원동향을 보면, 청정 공급처리시스템(SC) 분야, 스마트 그리드(SD) 분야 및 탄소중립 도시 모델(SE) 분야가 구간별로 상승추세를 부여주고 있으며, Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야와 시뮬레이터 기술(SB) 분야는 최근 구간에서 다소 감소하였지만, Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야는 여전히 가장 활발한 특허활동을 하는 기술 분야이며, 시뮬레이터 기술(SB) 분야도 다소 감소하였으나, 앞에서 말한바와 같이, 2009년 특허건수가 유효기간에서 5~6개월의 손실분이 있음을 고려하면 상승유지의 수준이라고 보여짐



<그림2-65> 첨단 무탄소도시 기술 분야별 특허출원 동향

- 특히 탄소중립 도시 모델(SE) 분야가 최근 구간인 2007~2009년 구간에서 가파른 상승세를 보이고 있는 등 타 기술분야에 비해서 상대적으로는 특허건수가 많지는 않지만, 최근 구간에서 많은 출원량을 보이고 있는 등 전세계적으로 연구개발이 활발한 분야임을 알 수 있음

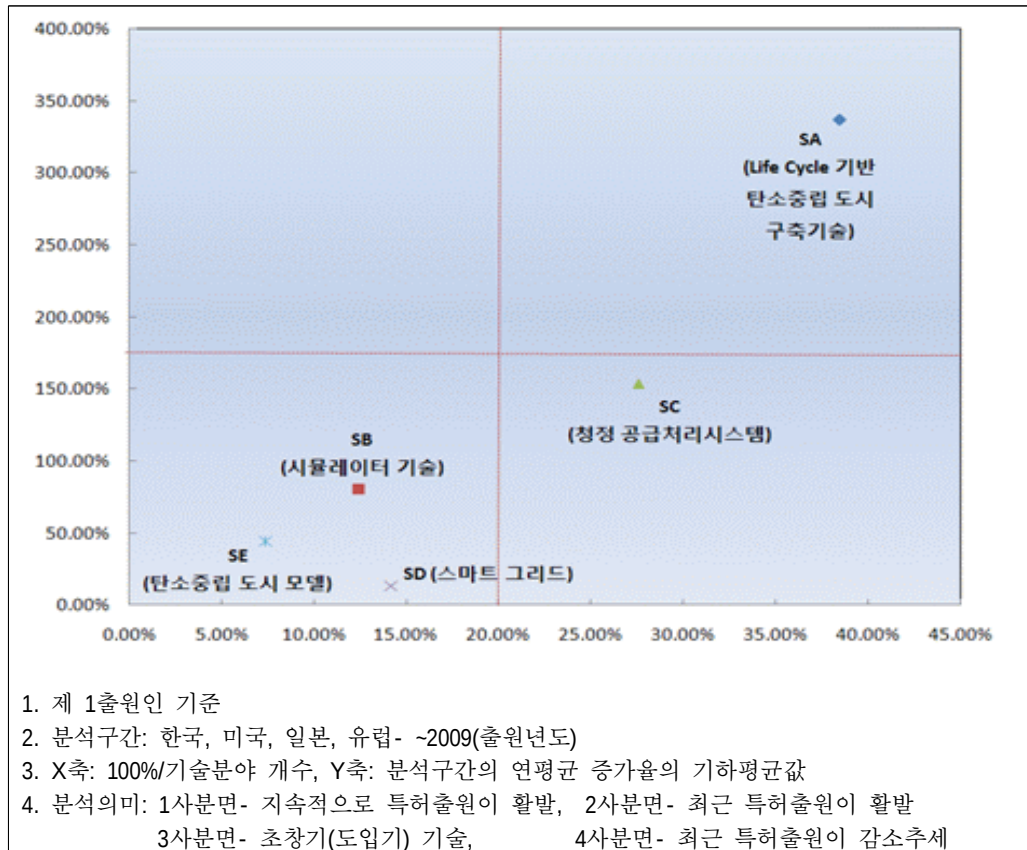
(4) 국내외 기술분야별 특허 증가율 및 점유율

- 출원특허에 대한 점유율과 증가율을 상관분석 함으로써 출원국가들이 어



면 기술 분야에 중점을 두어 연구 활동을 진행하고 있는지 확인 가능하며, 그래프 중간에 있는 빨간색 점선은 특허점유율과 특허증가율 각각의 Average 값임

- 특허의 점유율과 증가율이 모두 높다고 해서 무조건 주요한 특허가 있다는 것은 아니며, 점유율이 높고 증가율이 증가하고 있다는 것은 해당 기술 분야의 기술시장이 커짐과 동시에 경쟁자 수가 그만큼 증가하고 있다는 것이고, 이와 반대로 점유율이 낮고 증가율이 감소한다는 것은 연구 활동이 저조하고, 주목받지 못하고 있지만, 연구 기획시 기술의 보완과 성능을 향상시킨다면 해당기술에 대한 시장을 증폭시킬 수 있는 여지가 있다고 할 수 있음
- 전세계적으로 지속적인 관심을 받고 있으며 꾸준히 연구개발에 힘쓰는 분야는 Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야로 나타났으며, 최근에 다소 특허출원이 감소추세에 있는 기술 분야는 청정 공급처리시스템(SC)분야로 나타났으며, 시뮬레이터 기술(SB) 분야, 스마트 그리드(SD) 분야 및 탄소중립 도시 모델(SE) 분야는 기술 도입기의 기술로서 최근의 기후변화와 더불어 기술 수준의 상승으로 대두되고 있으며, 최근에 꾸준한 연구개발이 이뤄지고 있는 것으로 보여지며, 이러한 기술 분야의 특징을 살려 선도 국가의 기술을 단기간내에 추격할 수 있는 기술 분야라고 판단할 수 있음
- Smart Green City 기술 개발 분야의 한국의 특허점유율 및 증가율에 따른 포트폴리오를 살펴보면, 지속적으로 특허활동이 활발한 기술분야는 청정 공급처리시스템(SC) 분야로 나타났으며, 최근에 가장 활발한 특허활동을 하고 있는 기술분야는 스마트 그리드(SD) 분야와 탄소중립 도시 모델(SE) 분야 인 것으로 나타났으며, 시뮬레이터 기술(SB) 분야는 초기 기술도입 단계에 해당되는 것으로 나타났으며, 최근에 다소 특허출원이 감소하고 있는 분야는 Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야 인 것으로 나타남



<그림2-66> 전세계 특허점유율 및 증가율에 따른 포트폴리오 분석

- Smart Green City 기술 개발 분야의 미국의 특허점유율 및 증가율에 따른 포트폴리오를 살펴보면, 지속적으로 특허활동이 활발한 기술분야는 청정 공급처리시스템(SC) 분야로 나타났으며, 최근에 가장 활발한 특허활동을 하고 있는 기술분야는 시뮬레이터 기술(SB) 분야와 탄소중립 도시 모델(SE) 분야이며, 스마트 그리드(SD) 기술분야는 초기 기술도입 단계이면서, 최근에 상대적으로 다소 특허활동이 감소하는 추세를 보이는 분야로 나타났으며, Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야가 최근에 특허출원이 감소추세에 있는 것으로 나타남
- Smart Green City 기술 개발 분야의 일본의 특허점유율 및 증가율에 따른 포트폴리오를 살펴보면, 최근에 가장 활발한 특허활동을 하는 기술분야는 시뮬레이터 기술(SB) 분야와 스마트 그리드(SD) 분야 인 것으로 나타났으며, 탄소중립 도시 모델(SE) 기술 분야는 기술도입기의 초창기 기술로 나타났으며, Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야와 청정 공급처리시스템(SC) 분야는 최근에 특허출원이 감소하는 추세를 보이는 등 해당 기술 분야의 세부기술 내용을 살펴보면, 한옥 등의 목재를 이용하거나, 도시(건물, 가옥 등)의 녹화를 위한 기술분야 혹은 우수나 중수를 재활하는 장치나 방법, 도시쓰레기를 재활용하는 기술분야는 구조적인 특징을 띄는 분야로서 1996년 이전부터 특허출원이 많은 분야로서 최근 구조적인 특징을 가진 특허의 전략적 특허출원을 통한 출원 감소를 고려할 수 있음
- Smart Green City 기술 개발 분야의 유럽의 특허점유율 및 증가율에 따른

포트폴리오를 살펴보면, 지속적으로 특허활동이 활발한 기술분야는 청정 공급처리시스템(SC) 분야 인 것으로 나타났으며, 최근에 가장 활발한 특허 활동을 하고 있는 분야는 시물레이터 기술(SB) 분야와 탄소중립 도시 모델 (SE) 분야 인 것으로 나타났으며, 스마트 그리드(SD) 기술분야는 초기 기술도입 단계에 있는 것으로 나타났으며, Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축기술(SA) 분야가 최근에 특허출원이 감소추세에 있는 것으로 나타남

(5) 국내외 경제 동향 및 분석

구 분		동향 및 환경 분석
녹색건설 시장	국내시장	· '12년 1,026억 달러, '30년 1,874억 달러 수준으로 성장 예상 · 이중 친환경 및 생태적 시장규모는 '12년 384억달러, '30년 700억달러 성장 추정
	국외시장	· 연평균 9.6% 성장을 통해 '20년 4,157억 달러, '30년 9,975억 달러 시장 규모 전망
녹색시장 전망	탄소배출권 시장	· '10년 1,500억 달러 규모에서 '20년 1,500조원 규모의 시장 전망
	신재생 에너지	· '17년 2,545억 달러의 시장 규모 전망

<표2-50> 국내외 경제 동향 및 분석

(6) 특허동향 분석

구 분	동향 및 환경 분석
국가별 기술분야 특허점유율	· 주요국 전체특허에서 미국(57%), 일본(25%)이 상대적으로 높은 점유율을 나타내, 첨단 무탄소도시 기술분야의 선도국으로 나타남
기술분야 출원 동향	· 생애주기 기반 탄소중립도시 구축 기술 분야(38%)>청정공급처리시스템 분야(28%)>스마트그리드 분야(14%)>시물레이터 및 탄소중립도시 모델 분야(7%)의 순으로 점유율을 나타냄 · 관련 기술 분야의 특허 출원은 지속적인 상승 추세를 나타내 주고 있음
특허 기술위치	· 한국 및 유럽의 특허기술은 성장기 단계에 있으며, 미국은 발전기와 성숙기 단계, 일본은 퇴조기를 거쳐 '04년부터 부활기에 접어들
주요국별 기술 역점분야	· 미국, 일본, 유럽에서는 시물레이터 기술 분야에 관한 연구개발이 활발하며, 한국, 미국, 유럽에서는 탄소중립 도시 모델 분야에서 특허활동이 활발함
부문별 기술발전도	· 시물레이터 기술 분야와 스마트그리드 분야가 상대적으로 기술 발전속도가 빠른 분야로 나타남 · 빠른 기술 순환주기로 단기간 집중 투자를 통해 기술격차를 좁히기가 비교적 용이한 분야로 보여짐

<표2-51> 특허동향 분석

(7) 논문 동향 분석

구 분	동향 및 환경 분석
녹색기술 관련 논문 발표 건수	· 미국(United States) 2,151건, 중국(China) 1,293건으로 2개국의 발표건 수가 전체 발표된 논문의 절반 이상 차지 · 국내의 발표건 수는 224건으로 조사됨
Zero Emission 관련 논문 발표 건수	· 미국(United States)이 41건으로 절반에 가까운 비율을 차지하고 있었으며, 독일(Germany) 10건, 캐나다 6건 등의 순서를 보였음 · 국내의 경우 관련 논문 발표 실적이 거의 없는 것으로 나타남
국가별 Smart City 관련 논문 발표건수	· 미국(United States) 124건으로 가장 많은 논문을 발표하였으며, 중국 36건, 영국 29건의 순서로 높게 나타남 · 국내의 경우 25건으로 상대적으로 높은 비율의 논문을 발표한 것으로 나타남

<표2-51> 논문 동향 분석

(8) 녹색기술 분야의 경쟁력 수준

구 분	동향 및 환경 분석
에너지 및 자원부문	· 세계 최고 기술 보유국 대비 69.5% 정도의 기술 수준 보유(6.6년 정도의 기술격차) · 원천 기술 부족으로 대부분 수입에 의존(태양광 75%, 풍력 99%)
환경 부문	· 선진국 대비 77% 수준(6년 정도의 기술격차)
탄소중립도시 조성 관련 기술 수준	· 녹색도시·주택 분야의 계획·설계·시공 기술은 선진국 대비 50% 수준 · 전문인력 보유 50% 정도 수준으로 인프라 구축 정도가 낮음 · 탄소저감을 위한 요소기술의 융복합 및 통합기술은 선진국 대비 20-30% 수준

<표2-52> 녹색기술 분야의 경쟁력 수준

나. 기술수요 및 예측

구 분	조사 결과
탄소저감 도시구축 및 인간활동 기반 시뮬레이터 기술 개발 부문	· 인종 부문이 큰 폭으로 확산될 전망이다, 인간 이동 과정 및 경로 자동 학습 기반 무탄소 제어 부문의 경우 국내시장은 13년에 1,000억원 규모로 성장이 전망되며 매년 최소 5%씩 성장 예측 · 국외시장은 약 5조원 정도로 시장이 형성되어 있으며, 매년 최소 20% 정도의 성장 전망
청정공급 처리시스템 기술 개발 부문	· 미국의 조류 바이오연료 시장은 12-18년 사이 년 평균 115% 성장세가 예상되며, 미국은 2020년까지 국가에너지원의 20%를 신재생에너지로 충당할 계획 · 국내에서 물순환 부문은 2015년에 14,558백만달러 규모로 세계 8위의 시장 규모가 형성될 전망 · 국외는 세계 물자원의 5%정도가 산업화되면서 물산업 규모가 약 500조원으로 석유시장의 40%에 달할 것으로 추정되며, 2030년까지 약 22조 6천억 달러의 규모로 시장 성장 예측
스마트그리드 에너지 관리 기술 개발 부문	· 2010년 4월 녹색성장기본법 시행령에 따라, 국내 374개 기업 및 사업장에서 온실가스 감축, 에너지 절감 및 에너지 이용효율 목표를 부여 받아 준수해야 하는 상황임 · 향후 국내외적으로 탄소배출 감축목표 제시 및 탄소배출거래제 시행시 에너지 관리 시스템 도입으로 스마트그리드 에너지 부문의 시장이 크게 확대될 전망
탄소중립도시 모델 기술 개발 부문	· 국내 녹색건설 시장은 연간 25조원 규모의 성장이 예상되며, 13년까지 녹색중소기업에 R&D를 지원할 계획에 있어 관련 산업분야 성장 전망 · 세계 환경산업시장의 규모는 매년 5%씩 성장추세에 있으며, 2015년에는 24조원 규모, 2020년에는 27조원에 달할 것으로 전망 · 또한, 세계 탄소배출권 시장도 계속적으로 성장할 전망

<표2-53> 기술수요 및 예측

다. STEEP분석 결과

카테고리	내 용
Social (사회/문화)	· 전 세계에 걸쳐 지속가능한 개발, 저탄소 · 녹색성장에 대한 공감대 형성
Technological (기술)	· 녹색기술에 최첨단 정보 통신 기술 등 Smart 기반의 도시 요소기술을 융합하기 위한 연구가 활발히 진행
Ecological (자연 환경)	· 국제적 자원 고갈로 인한 자원 순환 기술 및 대체 청정에너지를 통한 저탄소 에너지 절약한 산업에 대한 수요 증대. 세계탄소시장의 변화
Economic (경제)	· 기후변화에 따른 사회 · 환경적 위기 봉착, 탄소배출 절감을 위한 에너지 절약 및 효율 증대 필요
Political/ Legal (정책/법규)	· 정부는 저탄소 · 녹색성장을 기조로 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위하여 녹색 산업 기술에 대한 정책적 지원이 활발함

<표2-54> STEEP 분석 결과

라. 5 Forces 분석

구 분	내 용
신규 진입장벽 (Barriers to entry)	· 신규기술 개발을 위한 R&D 투자비용 소요 · IT와 녹색기술 결합의 인간활동 기반 통합 모형의 부재
기존 경쟁자 간의 경쟁 (Industrial rivalry)	· 초기 대규모 투자로 인한 경제적 부담 · IT와 탄소중립모델 기술을 활용하여 해외시장에서의 경쟁력 확보
공급자의 교섭력 (Supplier power)	· 기술적 차별화 및 특허 획득으로 독점적 지위 확보 · Test-bed에서의 기술구현을 통해 기술경쟁력 확보 · 스마트그리드 선도국가로서의 위상 확보
구매자의 교섭력 (Buyer power)	· 소비자 욕구의 다양화, 고도화 · 구매자의 정보교류 및 공유 확산 · 공급자 중심에서 소비자 중심의 소비구조로 변화
대체기술의 위협 (Threat of substitutes)	· 기존 U-City, 도시재생 등의 대체기술 활용 · 대체가능한 녹색기술에 의한 위협이 커질 가능성 존재

<표2-55> 5 Forces 분석

마. SWOT 분석 결과

SO 전략	· Smart Green City 모형 개발로 국내의 시장의 선도적 역할 · Green Urban Infrastructure와 Green Smart Technology의 융복합을 통한 국제적 수준의 실용화 모델 개발	WO 전략	· 녹색도시 조성 기술 및 보급을 위한 국제표준모델 개발 및 제품화 · 기존의 연구성과를 토대로 새로운 기술시장 창출
ST 전략	· 도시 Life Cycle을 고려한 다양한 저탄소 도시조성 전략 마련 · 탄소중립도시 조성을 위한 요소기술의 발전과 유사기술 차별성 확보	WT 전략	· Test-bed 구현을 통한 기술의 효율성 부각 · 시스템 구축체계 효율화 및 중장기 로드맵 작성

<표2-56> SWOT 분석 결과

바. 중점 추진분야와 관련 키워드

- (1) 탄소중립형 도시구축 및 운영기술 개발
 - **Urban Green Infrastructure** 및 **Circular Metabolism** 특성 및 요소 분석
 - **완화, 적응, Eco Cultivation** 표준 계획, 설계, 시공 기술 개발
 - **첨단 정보통신 Smart** 기반 효율적 도시 분석 및 조성 기술 개발
 - Green Urban Infrastructure와 Green Smart Technology 융복합 및 실용화
 - **Waste Zero** 시스템개발 · **수직형 청정공급시스템개발**
 - 청정공급 시스템 통합설계 및 운영기술개발
- (2) 탄소중립도시 조성예측 및 평가모델링 기술
 - 스마트 녹색 도시 구현을 위한 **행태기반** 구축
 - 도시형태 및 토지이용에 영향을 미치는 **패러미터** 개발
 - 탄소저감형 **첨단그린시티** 도시개발 **의사결정 지원 시스템** 구축
 - **도시 시뮬레이터** 개발
 - 부문별(경제-공간구조-에너지)시뮬레이터 개발
- (3) 도시형 스마트그리드 에너지시스템 구축
 - 도시내 분산전원, 신재생, 열병합의 에너지 관리를 위한 **EMS 시스템** 구축
 - 적정비용의 일반주택, 소비전력이 **큰 건물 중심 AMI** 보급
 - 공공기관, 공공장소 등을 중심으로 Smart Building, Smart school 등을 적용
 - **전기자동차/자전거 충방전**을 위한 **인프라** 구축
 - 다양한 형태의 **신재생/분산전원을 연계** 운전할 수 있는 인프라 구축
 - 분산 전원의 설비 투자를 위해 발전 사업자들의 참여유도
 - **에너지 저장장치(Battery,Fuel Cell,EV등)** 개발
 - Gas,Water를 포함하는 **Total Energy Solution**으로 확대
- (4) 탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델 개발
 - 도시자원의 입 · 출력 체계개선을 통한 **비용저감 도시개발**
 - 해외수요 대응 **탄소중립 도시 비즈니스 모델** 개발을 통한 수출화 전략
 - **기존도시 에너지 저감, 효율극대화 체계** 구축방안 마련
 - **탄소중립형 도시** 구현을 위한 **모델 및 시범사업** 개발
 - 신재생에너지 기술 적용 **에너지 절약도시** 조성
 - 도시기능/유형/규모별 **탄소중립도시 실현 Test-Bed** 개발
 - **탄소배출 예측/관리 시스템** 적용 도시조성 및 상용화

2. 중점추진분야 설정



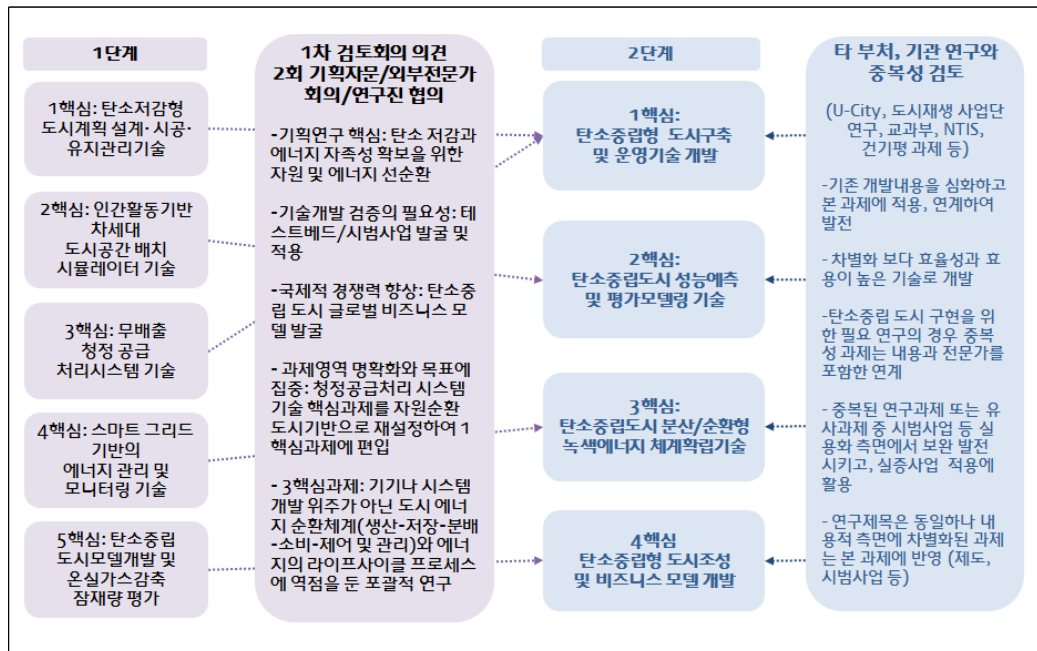
가. 중점추진분야 설정

(1) 비전 및 목표 재설정

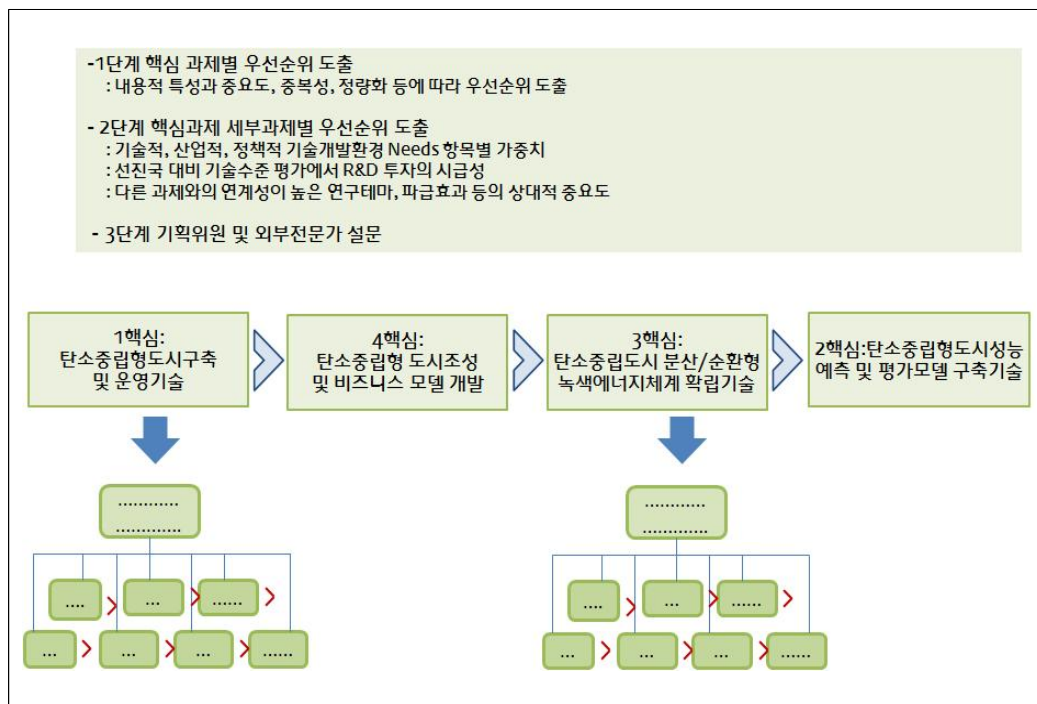
- Green urban infrastructure 구축을 통한 쾌적하고 살기 좋은 기후 및 에너지 안정 도시조성
- Green smart technology 적용을 통한 저탄소형 도시조성
- Green global business 발굴을 통한 국제적 비즈니스 모델 개발로 국가경쟁력 향상에 기여를 목표
- 실제로 2020년까지 도시 내 발생 이산화탄소를 에너지부문에서 45%, 교통 20% 감축을 통해 전체 4%('05년 대비, BAU 대비 30%) 감축을 지향
- 이를 위해 탄소중립형 도시구축 및 운영기술 개발, 탄소중립도시 조성예측 및 평가 모델링 기술 개발, 탄소중립도시 분산/순환형 녹색에너지 체계 확립기술 개발, 탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델 개발을 세부목표로 하여 각 영역에서 도출된 연구결과의 유기적인 상호 활용을 통해 궁극적인 목표를 달성함

(2) 중점추진분야 재설정

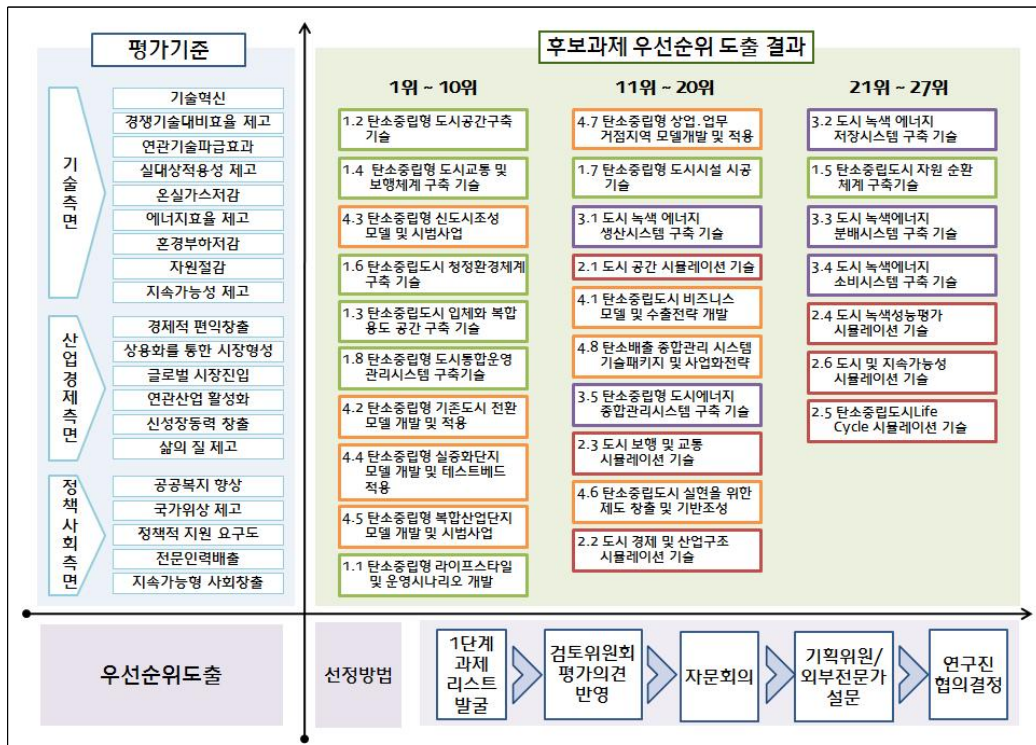
- 중점추진분야의 국제적 경쟁력을 지니고 있는 IT분야를 탄소저감 도시구축 기술개발 4대 기반시설 부문에 추가
- 인간활동기반 시뮬레이터 기술 부문에서 인간행태와 탄소메카니즘을 연계시켜 탄소저감기법 및 과제 발굴, 기술개발 방법과 목적의 구체화
- 지경부에서 개발중인 Smart Grid 연구결과를 활용 및 신규기술 발굴
- 대체에너지 공급처리시스템을 통한 청정공급처리시스템 기술개발
- 과제선정은 3단계로 추진되었음. 1단계는 기획위원, 워킹그룹, 자문회의, Workshop, 해외전문 의견수렴, 사례조사 등 분야별 전문가, 다양한 계층, 대상 등의 의견수렴 수렴 및 기술개발의 조사, 분석방업을 통해 1차 연구과제를 도출하였으며, 2단계는 1차 검토위원 의견을 토대로 타 정부기관에서 시행되는 과제와 중복성 검토와 전문가 자문회의 및 설문 등을 통해 기술 보완 및 발전시켰으며, 3단계에는 자문회의, 전문가 심포지움 등을 통해 재설정 함
- 중점추진분야 설정에 따른 후보과제는 3단계 과정을 통해 우선순위를 평가하고, 이를 다시 탄소저감효과, 기술수준 등에 따라 재검토를 실시 함



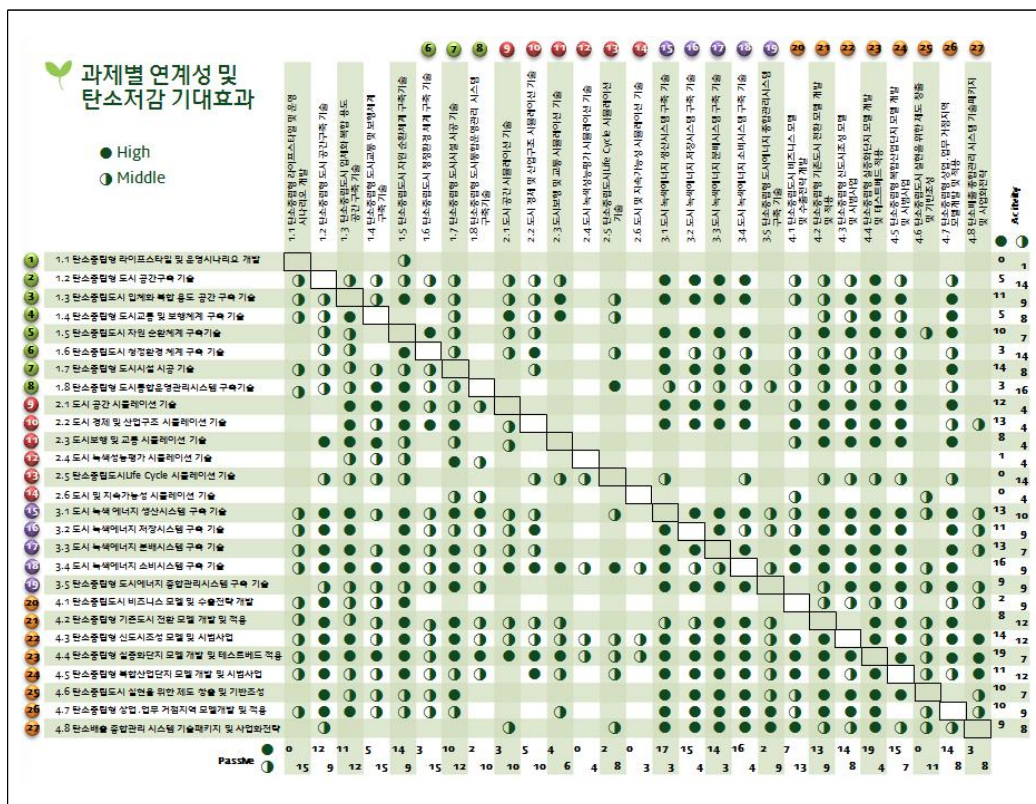
<그림2-67> 중점추진 분야 설정 단계 및 결과



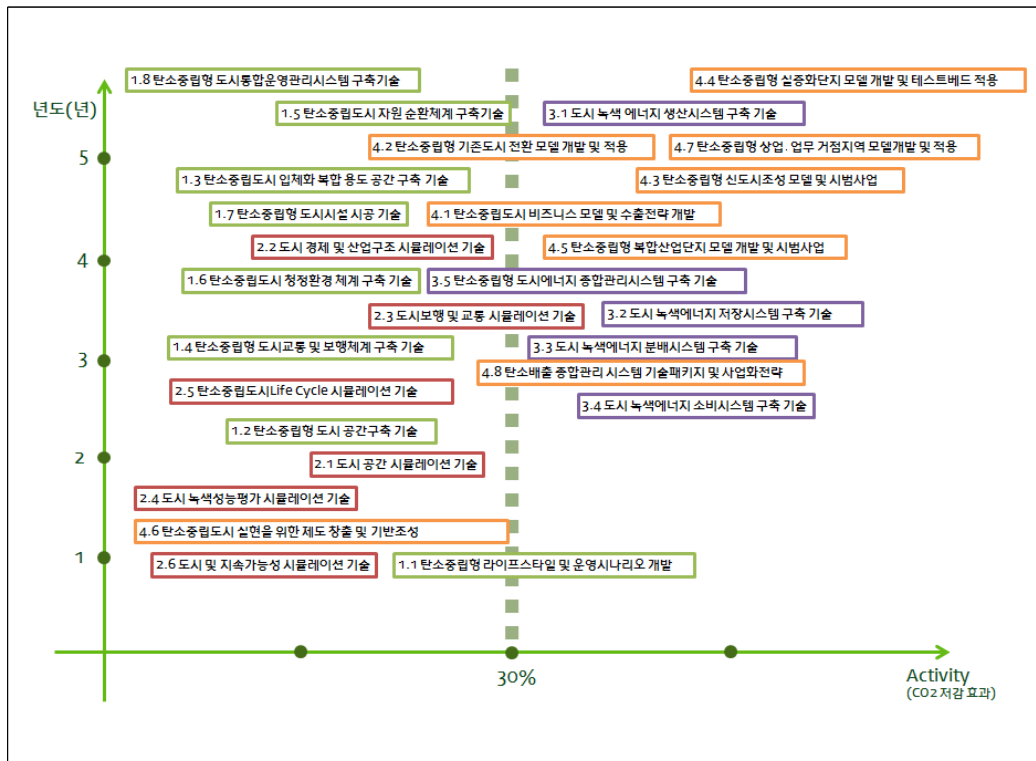
<그림2-68> 중점추진 분야별 후보과제 도출과정



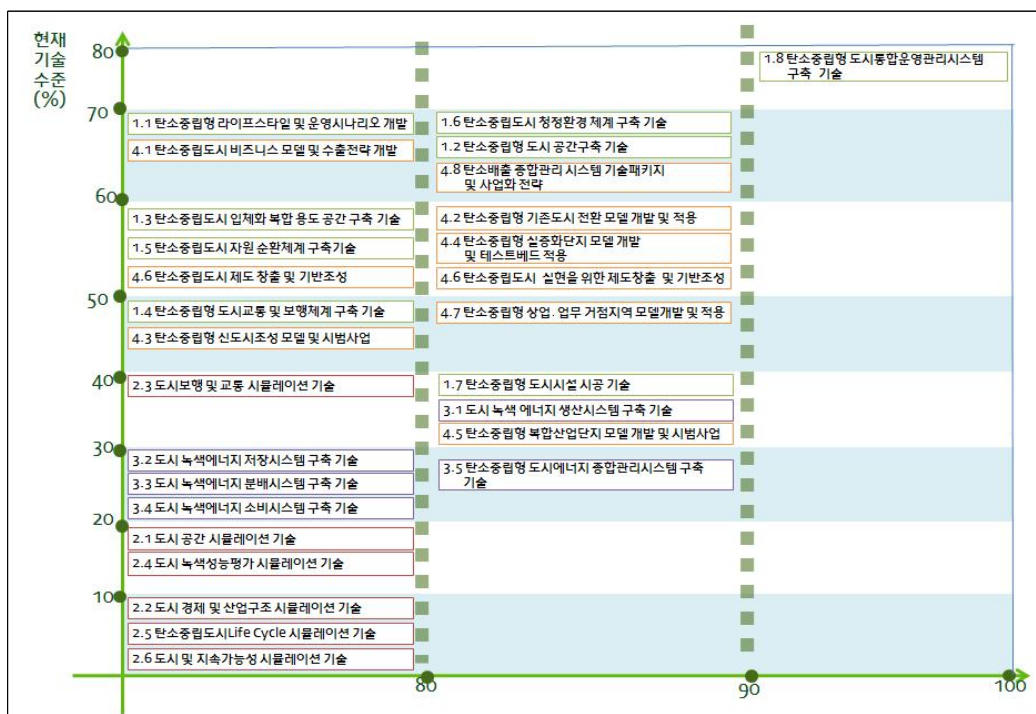
<그림2-69> 중점추진 분야별 후보과제 도출결과



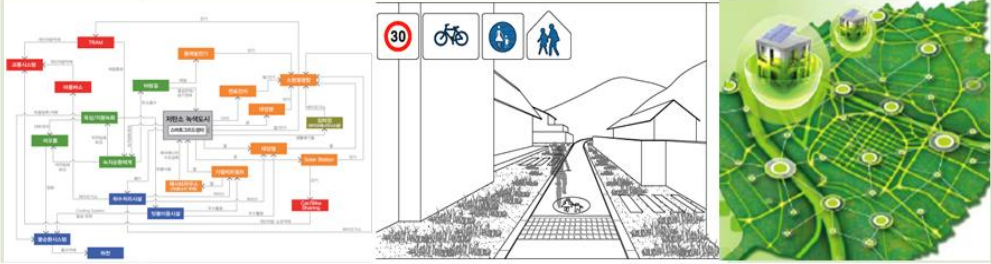
<그림2-70> 후보과제별 연계성을 통한 탄소저감 효과



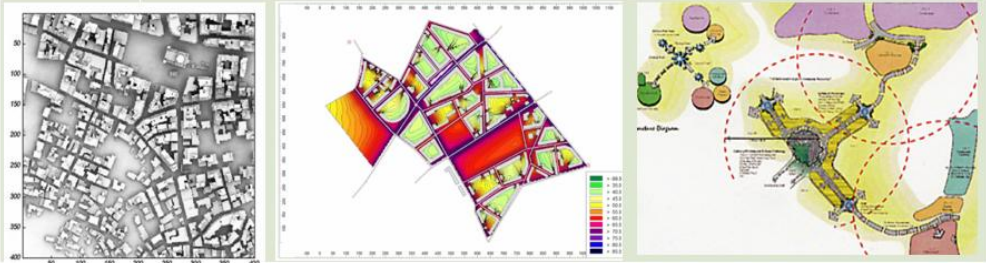
<그림2-71> 후보과제별 연구추진 단계와 탄소저감 기대효과



<그림2-72> 후보과제별 기준수준

중점추진분야	탄소중립형 도시구축 및 운영 기술
목표	- Green Urban Infrastructure 및 Circular Metabolism에 기반한 탄소중립형 도시 구축 - 탄소 및 에너지 저감형 계획, 설계, 시공 기술 개발 - 탄소중립 도시 통합 운영관리시스템 구축
세부과제	- 탄소중립형 라이프스타일 및 운영시나리오 개발 - 탄소중립형 도시공간 구축 기술 - 탄소중립도시 입체화 복합용도 공간 구축 기술 - 탄소중립형 도시교통 및 보행체계 구축 기술 - 탄소중립도시 자원 순환체계 구축기술 - 탄소중립도시 청정환경 체계 구축 기술 - 탄소중립 도시시설 시공 기술 - 탄소중립형 도시통합운영관리시스템 구축 기술
	

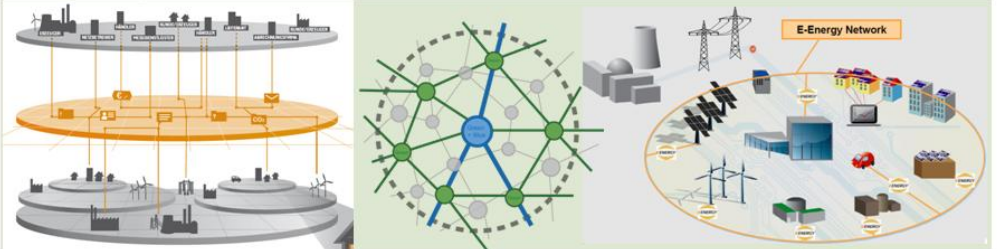
<그림2-73> 탄소중립형 도시구축 및 운영기술 분야의 목표와 연구과제

중점추진분야	탄소중립도시 성능예측 및 평가 모델링 기술
목표	- 도시기반 시설의 체계적 관리를 통해 관리 비용 20% 절감 - 도시의 탄소발생, 에너지순환 및 지속가능성을 예측, 평가하고 시뮬레이션 하는 기술 개발 - 세계 최고 수준의 도시지속가능성 평가 시뮬레이터 개발
세부과제	- 도시공간 시뮬레이션 개발 - 도시 경제 및 산업구조 시뮬레이션 개발 - 도시보행 및 교통 시뮬레이션 개발 - 도시 녹색 성능평가 시뮬레이션 개발 - 탄소중립 Life-Cycle 시뮬레이션 개발 - 도시 및 지속가능성 평가 시뮬레이션 개발
	

<그림2-74> 탄소중립도시 성능예측 및 평가모델링 기술 분야의 목표와 연구과제

중점추진분야	탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델개발
목표	- 탄소배출 50% 감축의 탄소중립형 신도시 건설전략 및 실행방안 제시(IPCC권고 기준) - 탄소배출 100% 구현의 탄소중립형 실증화 단지 및 테스트 베드 구축 - 탄소중립도시 실현화를 위한 법적,제도적 지원방안 및 재정확보수단 도출
세부과제	- 탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발 - 탄소중립형 기존도시전환 모델개발 및 적용 - 탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업 - 탄소중립형 실증화단지 모델개발 및 테스트베드 적용 - 탄소중립형 복합산업단지 모델 개발 및 시범사업 - 탄소중립도시 실현을 위한 제도 창출 및 기반조성 - 탄소중립형 상업,업무 거점지역 모델개발 및 시범사업 - 탄소중립형 종합관리 시스템 기술 패키지 및 사업화 전략
	

<그림2-75> 탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델개발 분야의 목표와 연구과제

중점추진분야	탄소중립도시 분산/순환형 녹색에너지 체계확립 기술
목표	- 탄소중립도시 내의 효율적인 녹색 에너지 생산/저장/분배/소비 시스템 구축 기술 개발 - 탄소중립형 도시의 종합 관리 시스템 구축 및 운영 기술 개발
세부과제	- 도시 녹색 에너지 생산 시스템 구축 기술 - 도시 녹색 에너지 저장 시스템 구축 기술 - 도시 녹색 에너지 분배 시스템 구축 기술 - 도시 녹색 에너지 소비 시스템 구축 기술 - 탄소중립형 도시에너지 종합관리시스템 구축 기술
	

<그림2-76> 탄소중립도시 분산/순환형 녹색에너지 체계확립 기술 분야의 목표와 연구과제

나. 중점추진분야

(1) 탄소중립형 도시구축 및 운영기술 개발

배경	· 전 세계적으로 특허출원동향을 살펴보면, ‘Life Cycle 기반 탄소중립 도시 구축 기술’ 분야가 38%, ‘청정 환경체계 구축’ 분야가 28%로 높은 점유율을 나타냄 · 탄소배출 저감을 고려한 공간배치와 밀도배치 기술 부문은 초기단계이고 사례도 많지 않아 국가적 사업으로 미래를 대비할 필요가 있음 · ‘청정 환경체계 구축’ 분야와 관련하여, 미국의 조류 바이오연료 시장은 12~18년 사이 년 평균 115% 성장세가 예상됨. 미국은 2020년까지 국가에너지원의 20%를 신재생에너지로 충당할 계획임 · 국내의 MSW 에너지 부문은 북미, 유럽, 일본에 비해 상대적으로 낮은 상황임 · 국내에서 물순환 부문은 2015년에 14,558백만달러 규모로, 세계 8위의 시장 규모가 형성될 전망이다. 국외는 세계 물자원의 5%정도가 산업화되면서 물산업 규모가 약 500조원으로 석유시장의 40%에 달할 것으로 추정되며, 2030년까지 약 22조 6천억달러의 규모로 시장 성장이 예측됨 · 국내 녹색건설 시장은 연간 25조원 규모로 성장이 예상되며, 13년까지 녹색중소기업에 R&D를 지원할 계획에 있어 관련 산업분야의 성장이 전망됨 · 세계 환경산업시장의 규모는 매년 5%씩 성장추세에 있으며, 2015년에는 24조원 규모, 2020년에는 27조원에 달할 것으로 전망(한국생산성기술연구원)됨. 아울러 세계 탄소배출권시장은 계속적으로 성장 추세에 있음
목표	· Green Urban Infrastructure 및 Circular Metabolism에 기반한 탄소중립형 도시 구축 · 탄소중립형 라이프 스타일 및 도시공간, 교통, 자원/에너지, 환경복원 기술을 개발, 연계하여 에너지가 순환하는 탄소중립형 도시 구축 · 탄소 및 에너지 저감형 시공 기술 개발 및 탄소중립도시 통합 운영관리시스템 구축
주요내용	· 탄소중립형 라이프스타일 및 운영시나리오 개발 - 탄소중립도시의 비전 및 개발전략을 수립하고, 이를 위한 라이프스타일 및 운영시나리오 개발 · 탄소중립형 도시 공간구축 기술 - 탄소중립형 도시공간구조와 토지이용계획 기술, 도시 기반시설 및 계획시설 조성 기술, 기후변화 방지 및 적응형 도시공간 구축 기술, 이상기후/재난 대응시설 구축 기술 개발 · 탄소중립도시 입체화복합용도공간 구축 기술 - 탄소중립형 도시시설 입체화, 혼합밀도 복합공간 구축 및 활용, 지하공간 구축 및 활용을 위한 기술 개발 · 탄소중립형 도시교통 및 보행체계 구축 기술 - 탄소중립형 도시를 위한 녹색 대중교통체계 구축, 도로 및 보행 시설 구축, 녹색교통 통합운영 및 관리시스템 구축 기술 · 탄소중립도시 자원 순환체계 구축기술 - 도시 자족형 농축산 시스템 구축 기술, 자원/에너지 연계순환시스템 구축 및 평가 기술 개발 · 탄소중립도시 청정환경 체계 구축 기술 - 청정 수순환 및 하폐수 자원/에너지 회수체계 구축, 폐기물 청정처리 및 재활용 시스템 구축, 대기 및 토양 청정유지 및 복원 시스템 구축, 도시 청정 환경체계 대안평가 기술 개발 · 탄소중립형 도시시설 시공 기술 - 탄소 및 내재에너지 저감형 건설자재 활용 기술 및 탄소저감형 도시시설 시공 프로세스 관리 기술 개발, 탄소중립도시 구축시설 커미셔닝 기술 개발 · 탄소중립형 도시통합운영관리시스템 구축기술 - 탄소중립도시 운영 및 관리 시스템 모델링 기술, 탄소중립도시 센서네트워크 포설 및 운영기술, 탄소중립도시 통합관계 센터 구축 기술 개발

<표2-57> 탄소중립형 도시구축 및 운영기술 개발

(2) 탄소중립도시 조성예측 및 평가모델링 기술

배경	· 도시 활동 및 성장을 예측하는 노력으로 UrabnSim 등의 소프트웨어가 있으나, 종합적인 지속가능성 시뮬레이터 관점에서는 부족, · 각국의 탄소 감축 목표이행을 위하여, 탄소감축 잠재량 및 도시수준의 지속가능성을 예측, 평가하는 시뮬레이션 기술 개발이 필요
목표	· 도시의 탄소발생, 에너지 순환 및 지속가능성을 예측, 평가하고, 이를 시뮬레이션하는 기술을 개발. · 도시내 인간활동의 모델링을 기반으로 거시적인 산업, 경제, 공간구조와 연계된 도시 성장을 예측하고, 이에 따른 장기적인 탄소 발생량을 모델링하는 세계최초의 통합 기술의 개발 · 교통, 물류, 에너지 사용을 예측 평가하고, 탄소 중립 도시를 위한 생애주기 비용 산정 모형 개발 · 도시 기반시설의 체계적인 관리로 관리 비용 20% 절감 · 세계최고 수준의 통합 도시지속가능성 평가 시뮬레이터 개발
주요내용	· 도시 활동을 예측, 시뮬레이션하고 활동으로부터 발생하는 탄소, 에너지, 비용을 예측하여, 도시의 지속가능성을 종합적으로 평가하는 시스템을 개발한다. · 도시 공간 시뮬레이션 기술 - 도시 공간 구조모형 개발 - 토지의 이용을 고려한 공간배치 예측 모형 개발 · 도시 경제, 산업구조 시뮬레이션 기술 - 거시환경 연계 도시기반 산업 파급효과 예측 모형 개발 - 도시 녹색 산업 경제 파급효과 모형 · 도시보행 및 교통 시뮬레이션 기술 - 토지이용으로부터 도시의 교통, 물류 수요를 예측하고, 도시내에서 발생하는 교통량, 탄소 발생량을 시뮬레이션 하는 기술 - 도시 보행 및 녹색 교통 영향 평가 모형 개발 · 도시 녹색 성능평가 시뮬레이션 기술 - 도시탄소 발생 예측 및 평가 관리 모형 - 도시 에너지 수요 예측 및 최적공급 모형 개발 - 도시 환경영향 예측 및 평가 모형 · 탄소중립 Life-Cycle 시뮬레이션 기술 - 탄소중립도시 기반시설 생애주기 비용 예측 모형 개발 - 탄소중립도시 Life-Cycle 통합관리 모형 개발 · 도시 지속가능성 평가 시뮬레이션 기술 - 도시 지속가능성 종합 평가 모형 개발 - 인간활동기반 도시 통합 예측 평가 모형 개발

<표2-58> 탄소중립도시 조성예측 및 평가모델링 기술

(3) 도시형 스마트그리드 에너지시스템 구축

배경	· 탄소중립형 녹색 에너지 연구는 태양광, 풍력 등 신재생 에너지원 개발 및 기존 에너지원의 효율성 증대를 중심으로 진행됨 · 다양한 에너지원에서 생산/저장되는 복합적인 에너지자원을 효율적으로 분배/소비할 수 있는 사회기반에 대한 도시차원의 시스템 구축 방안에 대한 시도는 많지 않음 · 최근 전 세계 적으로 스마트 그리드에 대한 관심 증대 및 스마트 그리드의 두뇌라고 할 수 있는 스마트 에너지 관리 시스템 (EMS)의 개발을 통해 에너지 사용 효율을 높이려는 노력이 계속되고 있음 · 이러한 가운데 스마트 그리드를 도시 개발에 적용하여 탄소저감 및 에너지 이용을 증대 시키려고 하는 스마트 도시 개발 사업이 활발히 진행되고 있음 · 현재 에너지 절감을 위해 빌딩이나 상업용 건물에 적용되는 에너지 관리 시스템 (BEMS)에 대한 연구 개발이 활발히 이루어지고 있으나, 도시 에너지 인프라 차원에서 스마트그리드 연동한 상기 기술들을 효율적으로 운영할 수 있는 기반 구축 기술 및 특히 실시간 전력 가격제, 실시간 수요관리기술, 양방향 전력거래체계 및 마이크로그리드 운용 기술 등을 이용한 에너지 절감 기술은 기술 개발 및 실증이 미흡한 상태임 · 전기자동차의 활성화를 위해서는 충방전 인프라의 구축 및 운영방안 개발이 필수적이기 때문에 해외에는 현재 시범도시를 중심으로 인프라 구축 사업이 활발히 진행 중에 있으며, 국내의 경우도 최근 한전에서 전기자동차 충전기 (급속 및 완속) 개발 (2011.1)을 이미 완료하였으며, 테스트를 거쳐 점점 보급을 늘릴 계획 · 전기동력 운송수단 등 다양해지는 에너지 수요에 효과적으로 대응할 수 있는 도시 에너지 시스템 구축을 뒷받침할 사회기반자원의 부지설정, 관리체계 정립, 생애주기 비용 평가 등의 필요성에 대한 인식 확산 · 풍력발전이나 태양광 발전 등 대표적인 신재생 에너지 발전 사업의 경우 최근 정책적 지원에 따라 대규모 발전단지의 조성이 크게 증가하고 있으며, BIRE(Building Integrated Renewable Energy) 등 다양한 형태로 도시 내 적용도 크게 증가하는 추세 · 전력 계통 측면에서는 신재생 에너지원의 점유율 증가와 함께 이로 인한 계통의 안정성 문제가 대두되고 있어서, 이를 극복하기 위해 신재생 에너지와 에너지 저장장치의 협조제어를 통해 신재생 에너지원의 출력을 제어하는 연구가 진행 중에 있음 · 스마트 그린 시티 개발의 대표적인 사례로는 네덜란드의 Amsterdam, 스페인의 Malaga city 사업이 있으며, 해당 사업의 경우 개별 프로젝트 중심의 Smart City 연구 및 구축이 진행 중 · 일본 Hitachi 社の 경우 Smart City의 전체적인 구성요소와 함께 도시 에너지 인프라 (Heat/Water/Gas) 요소를 통합 관리할 수 있는 EMS 시스템에 대한 Business Plan을 구상
목표	· 탄소중립도시 내의 효율적인 녹색 에너지 생산/저장/분배/소비 시스템 구축 기술을 개발하고 이를 종합적으로 관리할 수 있는 시스템 구축 및 운영 기술 개발
주요내용	· 도시 녹색 에너지 생산 시스템 구축 기술 · 도시 녹색 에너지 저장 시스템 구축 기술 · 도시 녹색 에너지 분배 시스템 구축 기술 · 도시 녹색 에너지 소비 시스템 구축 기술 · 탄소중립형 도시에너지 종합관리시스템 구축 기술

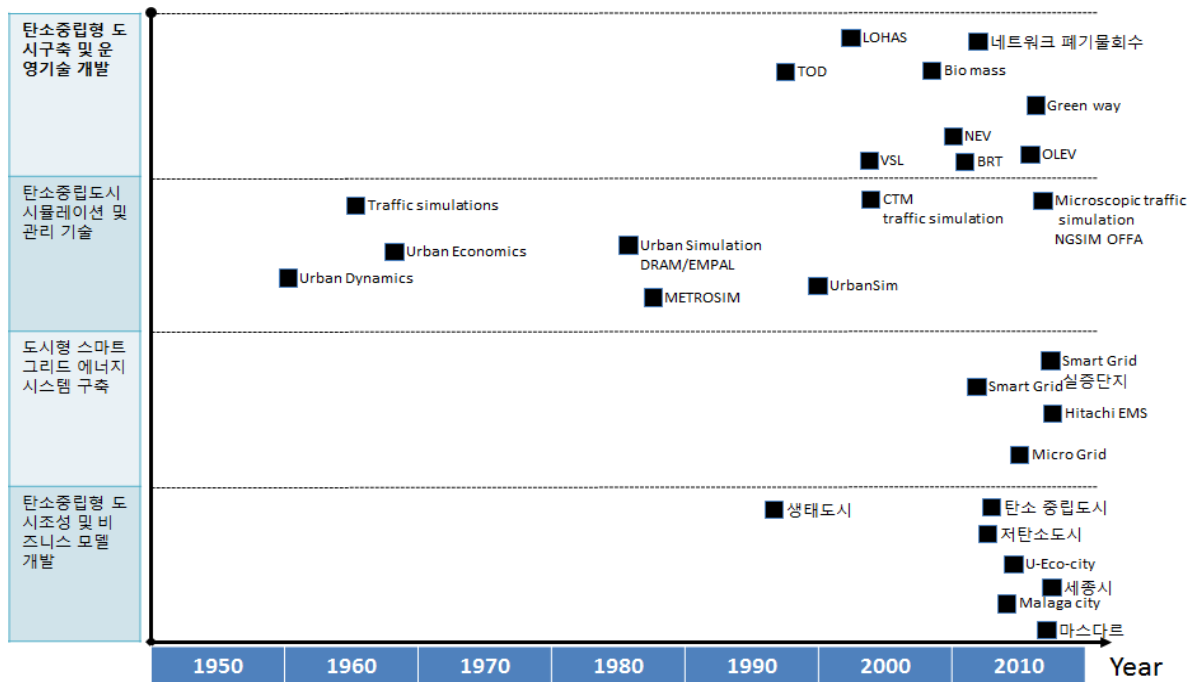
<표2-59> 도시형 스마트그리드 에너지시스템 구축

(4) 탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델 개발

배경	· 범 지구적 기후변화 및 에너지위기에 공동 대응하기 위해 국가별로 온실가스 감축 목표치 설정과 국제사회의 참여와 이행에 대해 공감대를 형성하고 있어 탄소중립 시장 규모가 확대될 전망이다 · 녹색도시 관련기술 적용분야의 2007년 국내 건설시장 규모는 868억 달러로써, 2012년 1,026억 달러, 2030년 1,874억 달러로 성장 예상 · 국내 녹색건설 시장은 연간 25조원 규모로 성장이 예상되며, 13년까지 녹색중소기업에 R&D를 지원할 계획에 있어 관련 산업분야의 성장이 전망됨 · 세계 환경산업시장의 규모는 매년 5%씩 성장추세이며, 2015년에 24조원, 2020년에 27조원에 달할 것으로 전망 · 국내의 친환경 생태적 공간 융합 및 통합화 기술은 선진국 대비 20~30%에 불과하며, 녹색도시분야의 계획, 설계, 시공기술은 선진국의 약 50%, 전문인력 보유는 50% 수준임 · 중국, 인도 등의 신흥 개발도상국가들의 중산층 확대와 도시화도 가속화되고 있어 향후 새로운 탄소중립도시 조성이 형성될 전망이다 · 세계 각국이 탄소중립도시 조성을 위한 새로운 그린오션 시장 활성화와 탄소중립도시를 구현할 수 있는 Test-Bed 역할을 수행할 것으로 예상됨
목표	· IPCC가 권고하는 도시차원의 탄소배출 50% 감축시키기 위한 탄소중립형 신도시 건설전략 및 실행방안 제시 · 탄소배출 100% 구현의 탄소중립형 실증화 단지 및 테스트 베드 구축 · 탄소중립도시 실현화를 위한 법적·제도적 지원방안 및 재정확보수단 도출
주요내용	· 탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발 - 탄소중립도시 비즈니스 모델개발을 위한 수요 및 예측분석, 탄소중립도시 비즈니스모델개발, 탄소중립도시 수출모델 및 사업화 방안 개발 · 탄소중립형 기존도시전환 모델개발 및 적용 - 탄소중립형 도시적용을 위한 리모델링 모형 개발, 도시유형/규모별 탄소중립형 도시적용을 위한 기존도시개발 모델, 탄소중립형 기존도시 전환모델 실현화 방안 · 탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업 - 탄소중립형 신도시 조성모델 구축 기법 개발, 탄소중립도시 모델 개발, 시범사업 모델 및 사업화 방안 · 탄소중립형 실증화단지 모델개발 및 테스트베드 적용 - 100% 신재생에너지 탄소중립 단지모델개발 및 적용, 에너지 자립형 주거단지 모델 개발 및 적용, 테스트베드 실현 및 활용방안 · 탄소중립형 복합산업단지 모델 개발 및 시범사업 - 탄소중립형 복합산업단지 모델 개발, 유형 및 규모별 탄소중립형 복합산업단지 구축기법 개발, 탄소중립형 복합산업단지 조성 시범사업 · 탄소중립도시 실현을 위한 제도 창출 및 기반조성 - 탄소중립도시 실현을 위한 국내 법·제도 개발, 탄소중립도시 인증체계 및 인센티브 부여 기준 개발, 탄소중립도시의 해외수출 지원을 위한 관련 법제도 개발 · 탄소중립형 상업·업무 거점지역 모델개발 및 시범사업 - 탄소중립형 상업·업무 거점지역 조성 모델 개발, 유형 및 규모별 상업·업무 거점지역 구축기법 개발, 탄소중립형 상업·업무 거점지역 조성 시범사업 · 탄소중립 종합관리 시스템 기술 패키지 및 사업화 전략 - 도시의 온실가스 배출량을 계량화하기 위한 방법론 개발, 모니터링 기술 개발 및 적용, 온실가스 배출을 종합적으로 관리할 수 있는 시스템 구축 및 매뉴얼 개발, 탄소중립도시 개발사업의 탄소배출권 획득 모델 개발, 해외 수출형 탄소배출 종합 관리 시스템 기술 패키지 모델 개발

<표2-60> 탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델 개발

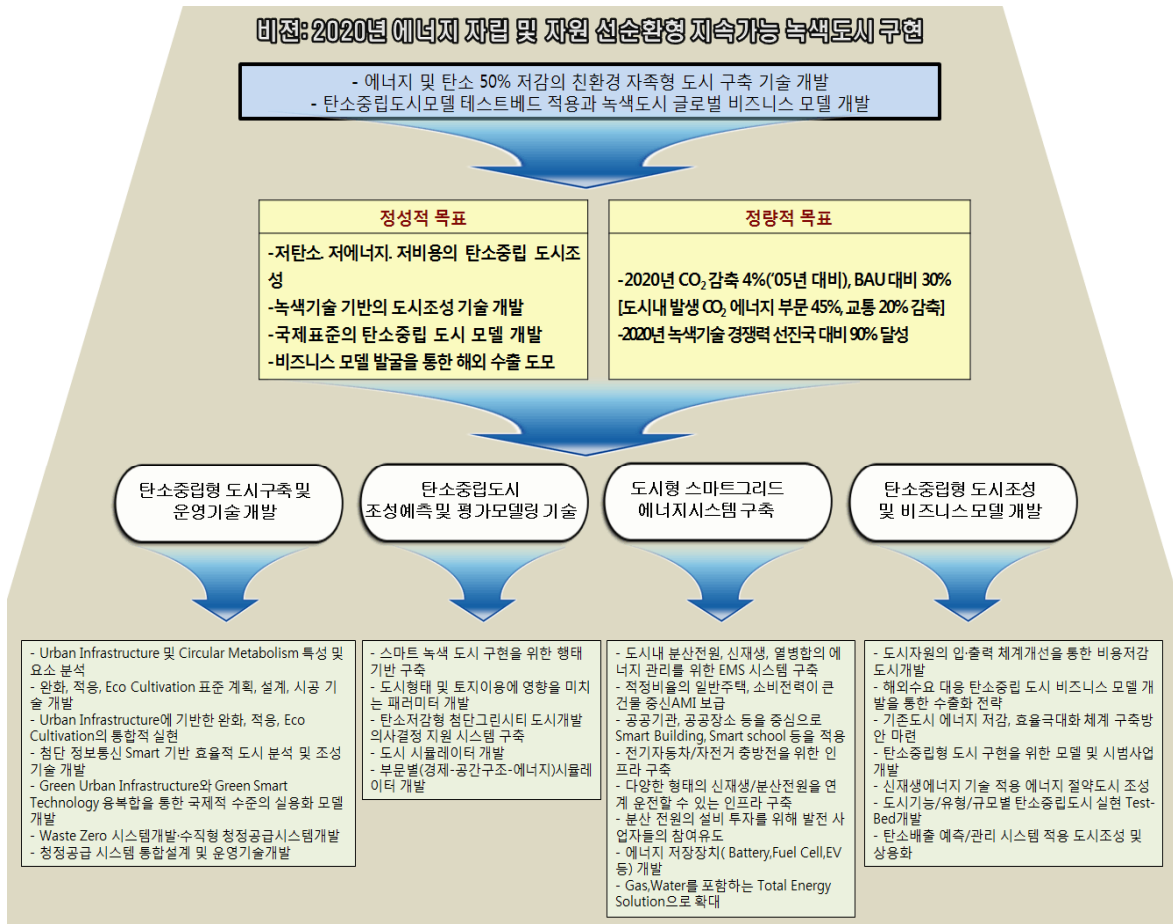
3. 중점추진분야별 기술발전단계



<그림2-77> 중점추진분야별 기술발전단계

5절 비전 및 목표 수립

1. 비전 및 목표

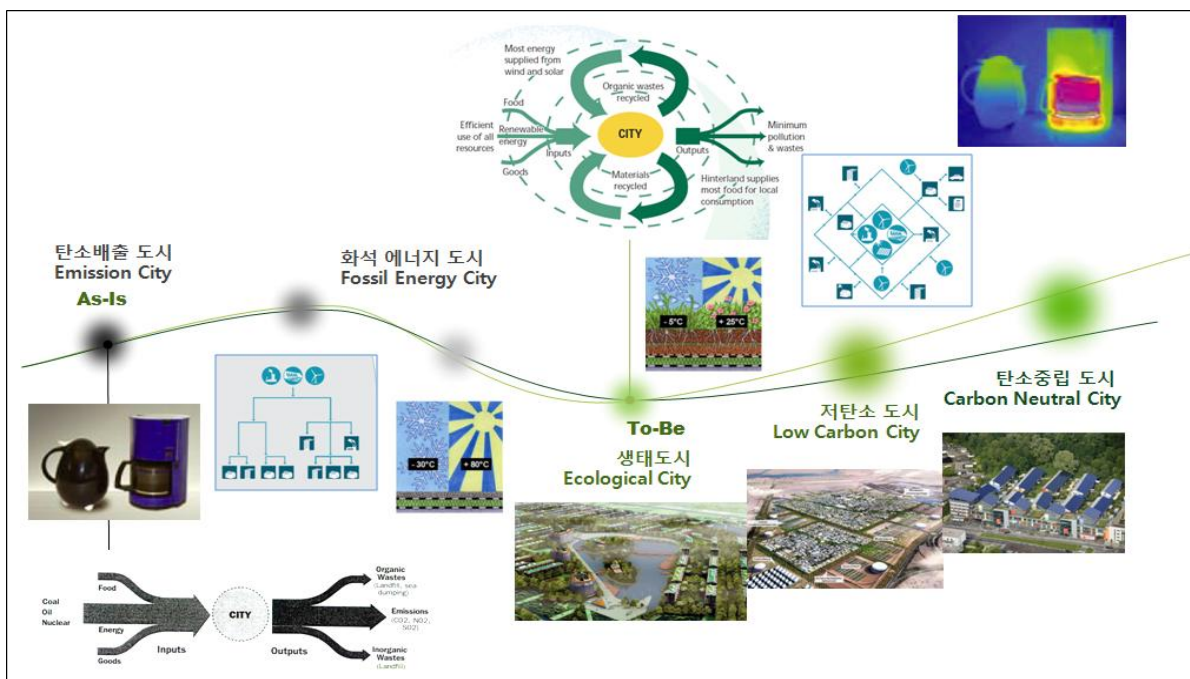


<그림2-78> Smart Green City의 비전 및 목표

2. 기술개발에 따른 미래상



<그림2-79> Smart Green City의 미래상-1



<그림2-80> Smart Green City의 미래상-2

6절 후보과제 도출 및 정의

- 1 단계에 도출했던 과제 리스트에서 그동안 평가위원 및 자문위원 의견과 자체적
! 협의를 통해 과제 리스트를 재정립하는 과정을 수행함
- 당초 기획과제 출발시 언급된 5 4 |의 후보 핵심 영역으로
!편하였고 모든 과제는 자체 중복을 피하고 가능하면 추상적인 표현 보다는 구
!적이고 의미의 경계가 명확하게 기술하려고 의도함
- 기존의 스마트 그리드 관련 영역은 스마트그리드가 일종의 방법이나 기술이고 우
!리고
!식경제부에서 추진 중인 스마트그리드 관련 과제와 중복의 오해를 불러 일으킬
! . 스마트 그리드의 세부
!항은 향후 단위과제에서 정의 할 수 있도록 함
- 기존의 청정공급 시스템이라는 용어가 추상적이고 일반인이 무슨 뜻인지 이해가
! , , ,
!기물에 대한 청정성 유지를 위한 연구들을 포함함
- 당초 RFP |에서 인간활동 기반 공간배치 시뮬레이터로 명명된 연구영역은 그 의
!를 확장해서 탄소중립도시 구축에 필요한 예측 및 평가모델이나 시뮬레이션 개
! , |은
!구를 제공하는 역할을 부각
- 테스트베드나 실구축 프로젝트 등과 관련하여 신도시, |생도시에 대한 모델링과
!스트베드를 모두 포괄하면서 가능하면 탄소중립도시를 만드는데 필요한 주요기
! .
1) |존의 개발내용을 심화하
2) |별화하여 보다 효율성과
3) |별화하여 보다 효율성과
! , |로 두번째와 세번째 방식을 가
! , |복성에 대한 우려 때문
! 온전한 탄소중립도시를 구성하기에 필요한 요소과제들을 무조건 누락시켜서는
!된다는 입장을 견지함
- 전문가 자문 및 1 단계 평가에서 지적된 대로 기술적인 해결책만이 아닌 제도나
! , |책 등 실제 탄소 중립도시의 구현을 위한 배경을 이루는 제도권의 변화
!향에 대한 연구가 필요하다고 판단되어 이를 과제 리스트에 포함함
- 탄소중립도시 녹색 에너지체계와 관련해서는 에너지의 생산, , , |
! 및 관리 측면으로 대별하여 다양한 시설 유형 및 에너지 처리 메카니즘을 수용
! 수 있는 여지를 열어두고 기기나 시스템 개발 위주가 아닌 에너지의 라이프사
!클 프로세스에 대한 각 단계별 관련 기술과 처리 방식들을 포괄적으로 연구할
! 있게 프레임을 조절

- 모든 후보과제들은 인력양성 측면에서 대학원에서의 석박사 학위, 연구소에서의 R&D 결과를 상용화하거나 테스트베드에 적용하기 위한 베이스를 쌓는 등 다양한 인력양성의 기회가 부여될 수 있도록 과제들의 폭과 혁신성 및 실제 적용 가능성을 염두에 두고 정리함

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	탄소중립형 라이프스타일 및 운영시나리오 개발	·탄소중립도시 비전 및 개발전략 분석 및 탄소저감형 도시 라이프스타일,탄소중립도시 운영시나리오에 대해 개발
2	탄소중립형 도시 공간구축 기술	·탄소중립형 도시공간구조 및 토지이용계획을 수립하고 탄소중립형 도시기반시설 및 도시계획시설 조성 기술을 연구, 기후변화 방지 및 적응형 도시공간 구축 기술과 함께 이상기후/재난 대응시설 구축 기술 연구
3	탄소중립도시 입체화복합용도공간 구축 기술	·탄소중립형 도시시설 입체화 기술, 탄소중립형 혼합밀도 복합공간 구축 및 활용 기술 및 탄소중립형 지하공간 구축 및 활용 기술 연구
4	탄소중립형 도시교통 및 보행체계 구축 기술	·탄소중립형 녹색 대중교통체계, 도로 및 보행 시설 구축 기술, 도시 녹색교통 통합운영 및 관리시스템 구축 기술에 대해 연구
5	탄소중립도시 자원 순환체계 구축기술	·도시 자족형 농축산 시스템 및 도시 자원/에너지 연계순환시스템 구축 및 도시 자원/에너지 연계 순환체계 대안 평가기술 연구
6	탄소중립도시 청정환경 체계 구축 기술	·청정 수순환, 하폐수 자원/에너지 회수체계, 폐기물 청정처리 및 재활용 시스템 연구, 대기 및 토양 청정유지 및 복원 시스템 구축기술, 도시 청정 환경체계 대안평가 기술 연구
7	탄소중립형 도시시설 시공 기술	·탄소 및 내재에너지 저감형 건설자재 활용 및 탄소저감형 도시시설 시공 프로세스 관리, 탄소중립도시 구축시설 커미셔닝 기술에 대해 연구
8	탄소중립형 도시통합운영관리시스템 구축기술	·탄소중립도시 운영 및 관리 시스템 모델링, 센서네트워크 포설 및 운영기술 개발, 탄소중립도시 통합관계 센터 구축 기술 연구
9	도시 공간 시뮬레이션 기술	·도시 도시공간구조모형, 토지이용 및 공간배치모형 개발
10	도시 경제 및 산업구조 시뮬레이션 기술	·거시환경연계 도시기반산업 파급효과예측 모형 및 도시녹색산업 경제파급효과 모형 개발
11	도시보행 및 교통 시뮬레이션 기술	·도시 물류수요 및 교통량 예측모형, 도시보행 및 녹색교통시설 영향평가모형 기술 개발
12	도시 녹색성능평가 시뮬레이션 기술	·생애주기별 도시 탄소배출 예측 및 평가 관리 모형, 도시 에너지 수요예측 및 최적공급 모형, 도시 환경영향 예측 및 평가모형 개발
13	탄소중립도시Life Cycle 시뮬레이션 기술	·탄소중립도시 기반시설 생애주기비용 예측 모형 및 Life-Cycle 통합관리 모형 개발
14	도시 및 지속가능성 시뮬레이션 기술	·도시 지속가능성 종합평가 모형 및 인간활동기반 도시통합 예측평가모형 개발

15	도시 녹색 에너지 생산시스템 구축 기술	· 도시 시설별 녹색 에너지 생산기술 및 분산형 도시 에너지 생산 체계 구축 기술 연구
16	도시 녹색 에너지 저장시스템 구축 기술	· 패시브/고효율 도시 에너지저장기제 개발 및 도시 시설별 에너지 저장시스템 구축, 분산형 도시 에너지 저장체계 구축 기술 연구
17	도시 녹색 에너지 분배시스템 구축 기술	· 고효율 손실방지형 탄소중립도시 에너지분배기제 개발 · 도시 에너지부하 대응 최적분배시스템 구축기술
18	도시 녹색에너지소비시스템 구축 기술	· 도시에너지 미터링 및 소비 패턴 분석기술, 전기자동차 충전 인프라 구축 기술 연구 및 도시 에너지소비 저감 라이프스타일 확산 기술 연구
19	탄소중립형 도시에너지 종합관리시스템 구축 기술	· 도시 통합에너지 관리 모형 개발, 실시간 도시 에너지 모니터링 인프라 구축 기술 및 탄소중립도시 종합 에너지관리시스템 구축 및 운영 기술 연구
20	탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	· 녹색산업시설 및 생산시설 경제성 분석, 탄소중립도시 인프라 및 도시계획시설 유형별 편익 분석, 비즈니스 모델 개발 및 홍보전략 개발
21	탄소중립형 기존도시 전환 모델 개발 및 적용	· 탄소중립형 도시 리모델링 모형 개발 및 도시유형/규모별 탄소중립형 도시 리모델링 기법 개발, 탄소중립형 도시리모델링 테스트베드 구축 및 운영 기술 연구
22	탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	· 탄소중립형 신도시 구축모형 개발 및 도시유형/규모별 탄소중립형 신도시 시설 구축 기법 개발, 탄소중립형 신도시 테스트베드 구축 및 운영 기술 연구
23	탄소중립형 실험단지 모델 개발 및 적용	· 탄소중립형 주거단지 구축모형 개발, 유형과 규모별 탄소중립형 주거단지 구축기법 개발 및 테스트베드 구축 및 운영 기술 연구
24	탄소중립형 복합산업단지 모델 개발 및 시범사업	· 녹색산업단지 구축모형 및 유형, 규모별 녹색산업단지 구축기법 개발, 녹색산업단지 테스트베드 구축 및 운영 기술 연구
25	탄소중립도시 조성(관련) 제도 및 정책 개발	· 탄소중립도시 실현을 위한 국가전략 및 정책제도, 탄소중립도시 인증체계 및 인센티브 부여 기준 개발
26	탄소중립형 상업·업무 거점지역 모델개발 및 적용	· 탄소중립도시 상업·업무 거점지역 모델개발, 단지 조성 및 유형별 가이드라인
27	탄소배출 종합관리 시스템 기술패키지 및 사업화전략	· 탄소중립도시 유형별 기술패키지 모형 개발 및 탄소배출 모니터링 매뉴얼 및 탄소배출 통합관리 시스템

<표2-61> 후보과제도출 및 정의

3장 연구개발과제 추진 체계

1절 기획대상과제 선정결과

연번	과제명	제안기관	비고
1	·지역특성 및 폐기물 성상을 고려한 청정 폐기물 에너지화 기술 ·도시내 폐기물에너지 순환 공급망 구축 설계 기술	·고려대 ·고려대	통합 필요
2	·탄소저감형 이송기술 및 인공지능형 선별/집하시스템 개발	·고려대	
3	·도시 및 지속가능성 시뮬레이션 기술 ·도시녹색성능평가 시뮬레이션 기술 ·첨단도시 탄소관리 (Carbon Management) 시뮬레이션 개발 ·도시 공간 시뮬레이션 기술 ·통행 활동별 탄소배출량 산출 기술 ·일체적 탄소저감 성능평가기법 및 유지관리 기술개발 ·탄소배출 종합관리 시스템 기술패키지 및 사업화전략 ·도시부 도로 탄소관리 시스템 개발 ·도시공간배치 시뮬레이션 기술	·LH ·LH ·고려대 ·LH ·고려대 ·고려대 ·LH ·고려대 ·고려대	통합 필요
4	·탄소중립형 도시에너지 종합관리시스템 구축 기술 ·도시 녹색에너지 소비 시스템 구축 기술 ·도시 녹색에너지 생산 시스템 구축 기술 ·도시 녹색에너지 분배 시스템 구축 기술 ·도시 녹색에너지 저장 시스템 구축 기술 ·에너지 수요예측 및 부하관리 기술 개발	·LH ·LH ·LH ·LH ·LH ·고려대	통합 필요
5	·탄소중립형 기존도시 전환 모델 개발 및 적용	·LH	
6	·에너지설비의 스마트그리드 대응 Auto DR 기술 개발 ·마이크로그리드 단위 에너지 Sharing 기술 개발	·고려대 ·고려대	통합 필요
7	·탄소중립도시 자원 순환체계 구축기술 ·자원순환형 자립화 평가시스템 개발	·LH ·고려대	
8	·탄소중립도시 조성(관련) 제도 및 정책 개발 ·무탄소도시 계획·설계 기준 제안 및 관련 기준 적용을 위한 법·제도 개선	·LH ·고려대	통합 필요
9	·관리 및 압착 기능을 가진 탄소저감형 폐기물회수시스템 개발	·고려대	
10	·탄소중립형 도시 공간 구축 기술 ·탄소중립형 라이프스타일 및 운영시나리오 개발	·LH ·LH	통합 필요
11	·탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	·LH	
12	·탄소중립형 도시교통 및 보행체계 구축 기술 ·도시보행 및 교통 시뮬레이션 기술 ·GIS기반 도시교통 시나리오 구현 및 평가시스템 개발	·LH ·LH ·고려대	통합 필요
13	·탄소중립도시 청정환경 체계 구축 기술 ·도시계획 연계형 무탄소도시 CDM 개발	·LH ·고려대	통합 필요
14	·도시 활동별 토지이용을 고려한 통행체인 및 스케줄링 예측기술	·고려대	
15	·탄소중립형 도시시설 시공 기술 ·탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	·LH ·LH	

2절 기획대상과제 조정결과

1. 기획대상과제 조정결과

연 번	기존과제		조정결과			조정사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제 성격	예산 (백만원)	
10	탄소중립형 도시 공간 구축 기술	정부 7,500	1.1 탄소중립형 도시 공간 구축 기술	응용	총 7,500 : 정부 6,250 : 민간 1,250	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 통합하되, 도시공간 구축 단계에서 CDM의 내용이 반영될수 있도록, 연번 13 에서 CDM관련과제를 분 리하여 연번 10번과 통합 함
	탄소중립형 라이프스타일 및 운영시나리오 개발	정부 4,000				
13	도시계획 연계형 무탄소도시 CDM 개발	(고려대) 정부 1,180				
1	도시내 폐기물에너지 순환 공급망 구축 설계 기술	(고려대) 총 1,350 :정부 1,000 :민간 350	1.2 청정환경 및 자원순환시설 구축기술	응용	총 7,000 : 정부 5,800 : 민간 1,200	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 과제를 통합하되, 폐기물 의 효율적, 친환경적 처리 와 자원 순환시설 구축에 관련된 여러 과제를 각 연 번으로부터 분리하여 통합 함
2	탄소저감형 이송기술 및 인공지능형 선별/집하시스템 개발	(고려대) 총 2,000 :정부 1,500 :민간 500				
7	탄소중립도시 자원 순환체계 구축기술	정부 5,000				
	자원순환형 자립화 평가시스템 개발	(고려대) 정부 1,500				
9	관리 및 압착 기능을 가진 탄소저감형 폐기물회수시스템 개발	(고려대) 총 1,350 :정부 1,000 :민간 350				
13	탄소중립도시 청정환경 체계 구축 기술	정부 5,000				
3	도시부 도로 탄소관리 시스템 개발	(고려대) 정부 5,000	1.3 탄소중립형 도시교통 및 보행시설 구축 기술	응용	총 6,000 : 정부 5,000 : 민간 1,000	과제통합 · 도시교통과 보행시설에 관 한 연구를 따로 분리하여 구성. 연번 3과 12에서 분 리하여 통합함
12	탄소중립형 도시교통 및 보행체계 구축 기술	정부 4,500				
8	탄소중립도시 조성(관련) 제도 및 정책 개발	정부 500	1.4 탄소중립도시 조성 관련 제도 및 정책 개발	정책	총 5,500 : 정부 4,550 : 민간 950	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 과제통합
	무탄소도시 계획·설계 기준 제안 및 관련 기준 적용을 위한 법·제도 개선	(고려대) 정부 2,000				

연 번	기존과제		조정결과			조정사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제 성격	예산 (백만원)	
3	도시 공간 시뮬레이션 기술	정부 3,000	2.1 도시공간 및 토지이용 시뮬레이션 기술	기초	총 4,000 : 정부 3,300 : 민간 700	과제통합 ·검토위원회의 의견에 따라 통합하되, 연번 3에서 도시 공간 시뮬레이션에 관련된 과제만 분리하여 통합
	도시공간배치 시뮬레이션 기술	(고려대) 정부 3,000				
3	통행 활동별 탄소배출량 산출 기술	(고려대) 총 3,000 :정부 2,000 :민간 1,000	2.2 녹색도시 교통시뮬레이션 기술	기초	총 3,500 : 정부 2,900 : 민간 600	과제 통합 ·검토위원회의 의견에 따라 통합하되, 교통 시설에 관 련된 부분은 1.3 에 통합하 고, 교통시뮬레이션 관련 된 과제를 여러 연번에서 분리하여 통합함
12	도시보행 및 교통 시뮬레이션 기술	정부 3,000				
	GIS기반 도시교통 시나리오 구현 및 평가시스템 개발	(고려대) 민간 2,000				
14	도시 활동별 토지이용을 고려한 통행체인 및 스케줄링 예측기술	(고려대) 민간 1,000				
3	일체적 탄소저감 성능평가기법 및 유지관리 기술개발	(고려대) 정부 5,000	2.3 도시 탄소배출 관리 기술 개발	기초	총 4,500 : 정부 3,750 : 민간 750	·도시 탄소배출 관리기술을 따로 구성하기 위해 연번3 에서 분리하여 구성
3	탄소배출 종합관리 시스템 기술패키지 및 사업화전략	정부 5,000	2.4 도시 지속가능성 평가 시뮬레이션 기술	기초	총 3,000 : 정부 2,500 : 민간 500	과제통합 ·연번 3에서 기존 두 기관에 서 제안한 과제들의 중복 을 제거하고, 지속가능성 평가시뮬레이션 기술과 관 련된 과제만을 분리하여 통합함
	도시 및 지속가능성 시뮬레이션 기술	정부 3,000				
	도시녹색성능평가 시뮬레이션 기술	정부 4,500				
	첨단도시 탄소관리 (Carbon Management) 시뮬레이션 개발	(고려대) 총 4,700 :정부 3,600 :민간 1,100				
1	지역특성 및 폐기물 성상을 고려한 청정 폐기물 에너지화 기술	(고려대) 총 2,000 :정부 1,500 :민간 500	3.1 도시 청정에너지 생산 기술 개발	응용	총 6,500 : 정부 5,400 : 민간 1,100	과제통합 ·기존 타부처 스마트그리드 관련 과제와의 중복을 피 하기 위해 2핵심 과제의 체 계를 도시에너지의 생산- 저장 및 분배- 최적화, 중 합관리, 4개로 구성함 ·검토위원회의 의견에 따라 과제를 통합하되, 이 구성 에 맞게 재조합했음 ·에너지 생산에 관련된 내 용을 연번 1과 연번 4에서 분리하여 통합
4	도시 녹색에너지 생산 시스템 구축 기술	정부 2,500				

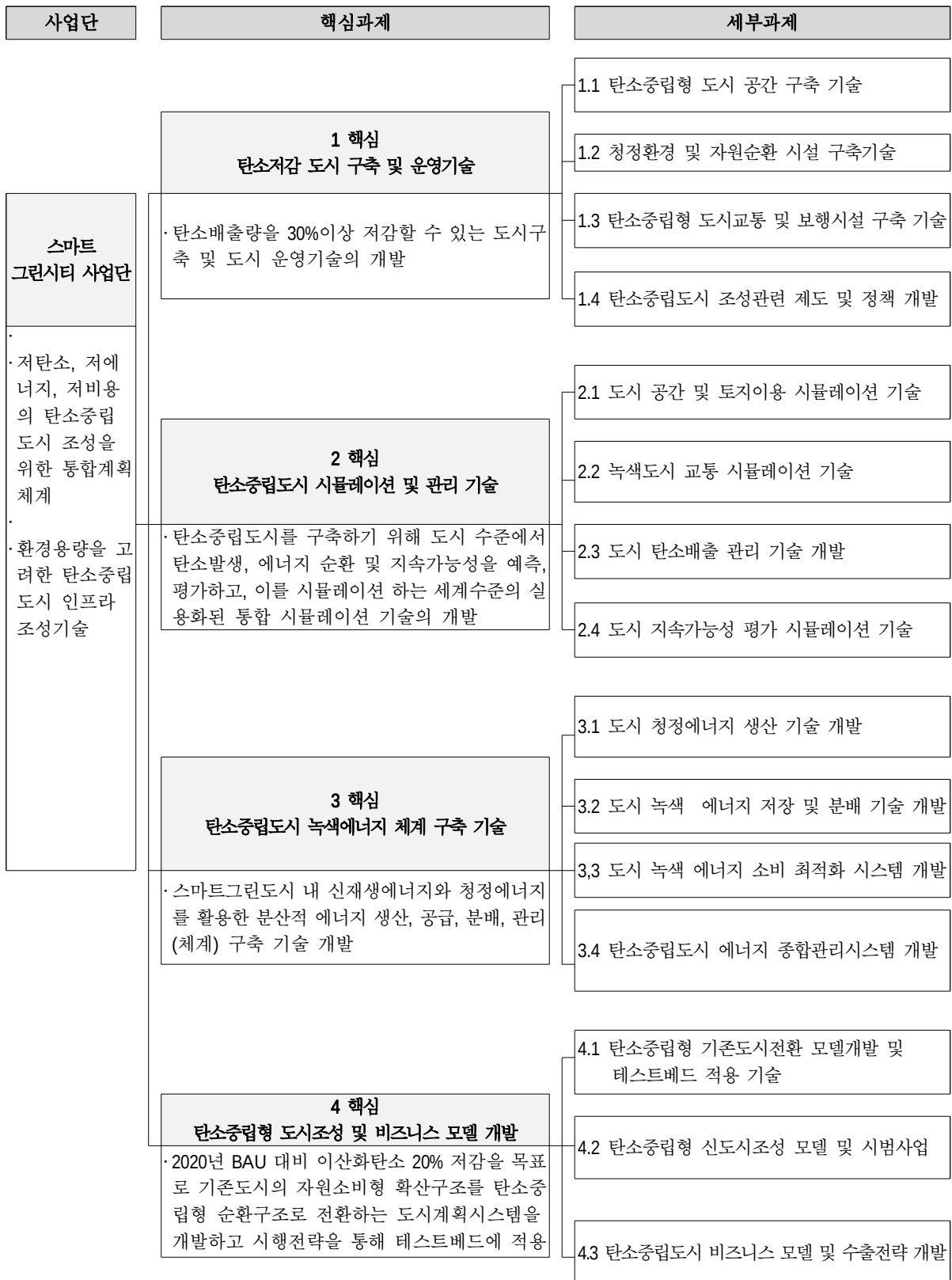
연 번	기존과제		조정결과			조정사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제 성격	예산 (백만원)	
4	도시 녹색에너지 분배 시스템 구축 기술	정부 5,000	3.2 도시 녹색 에너지 저장 및 분배 기술 개발	응용	총 4,500 : 정부 3,750 : 민간 750	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 과제를 통합하되 연번 4에 서 도시에너지저장과 분배 에 관련된 내용을 통합
	도시 녹색에너지 저장 시스템 구축 기술	정부 2,500				
4	도시 녹색에너지 소비 시스템 구축 기술	정부 2,500	3.3 도시 녹색 에너지 소비 최적화 시스템 개발	응용	총 5,000 : 정부 4,100 : 민간 900	
4	탄소중립형 도시에너지 종합관리시스템 구축 기술	정부 5,000	3.4 탄소중립도시 에너지 종합관리시스템 개발	응용	총 6,000 : 정부 5,000 : 민간 1,000	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 통합하되 연번 4에서 에너 지 종합관리시스템에 관련 들 모두 과제를 분리하여 연번 6과 통합
	에너지 수요예측 및 부하관리 기술 개발	(고려대) 총 3,000 :정부 2,250 :민간 750				
6	에너지설비의 스마트그리드 대응 Auto DR 기술 개발	(고려대) 총 3,000 :정부 2,250 :민간 750				
	마이크로그리드 단위 에너지 Sharing 기술	(고려대) 총 3,000 :정부 2,250 :민간 750				
5	탄소중립형 기존도시 전환 모델 개발 및 적용	총 5,000 :정부 3,700 :민간 1,300	4.1 탄소중립형 기존도시전환 모델 개발 및 테스트베드 적용	실용 화	총 4,500 : 정부 3,750 : 민간 750	· 검토위원회의 의견에 따라 기존의 틀을 유지
15	탄소중립형 도시시설 시공 기술	정부 1,500	4.2 탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	실용 화	총 5,000 : 정부 4,100 : 민간 900	과제통합 · 검토위원회의 의견에 따라 과제 통합
	탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	총 4,700 :정부 3,500 :민간 1,200				
11	탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	총 5,000 :정부 3,700 :민간 1,300	4.3 탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	실용 화	총 4,000 : 정부 3,300 : 민간 700	· 검토위원회의 의견에 따라 기존의 틀을 유지

2.]획대상과제 정의

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	탄소중립형 도시 공간 구축 기술	· 탄소배출량 30% 감축을 목표로 기후변화 대응 및 적응형 도시공간의 구축과 도시민 라이프스타일, 토지이용 계획, 청정개발체계를 개발
2	청정환경 및 자원순환시설 구축기술	· 탄소중립도시 구축에 중심이 될 청정환경 및 자원순환체계구축 기술을 개발하고, 탄소저감형 폐기물 회수 및 이송시스템과 자원순환형 자립화 평가시스템을 개발
3	탄소중립형 도시교통 및 보행시설 구축 기술	· 도시교통부문 탄소 발생을 수요차원에서 억제할 수 있는 도시 교통 및 보행체계를 구축기술을 개발
4	탄소중립도시 조성 관련 제도 및 정책 개발	· 탄소중립도시 구현과 해외 수출을 지원할 수 있는 제도, 인증체계와 관련 정책을 개발
5	도시공간 및 토지이용 시뮬레이션 기술	· 도시공간구조 및 토지이용의 변화를 예측하기 위한 인간활동 중심 시뮬레이션 기술을 개발
6	녹색도시 교통시뮬레이션 기술	· 도시의 녹색교통을 평가하기 위해서, 미시적인 관점에서 교통 탄소 발생, 교통수요, 교통행태 및 보행시뮬레이터를 개발
7	도시 탄소배출 관리 기술 개발	· 도시기반시설물의 탄소배출 저감 방안과 탄소배출 종합관리 시스템을 개발하고, 탄소배출 관리 사업전략화 방안을 개발
8	도시 지속가능성 평가 시뮬레이션 기술	· 탄소중립도시의 기반산업과 에너지 체계 변화를 예측하는 모형을 개발하고 도시 내 에너지원별 대체관계를 분석함으로 도시 지속가능성을 시뮬레이션하는 기술을 개발
9	도시 청정에너지 생산 기술 개발	· 자족형 도시 청정에너지 생산 시스템 구축을 위해, 도시내의 청정에너지 생산노드들을 분산 설치, 잠재된 청정에너지를 발굴, 획득 및 에너지 순환을 위한 바이오매스 에너지화 기술을 개발
10	도시 녹색 에너지 저장 및 분배 기술 개발	· 스마트 그리드에너지 부하의 시공간적인 변화에 유연하게 대응하기 위해, 도시내 에너지의 분산형 저장, 분산형 분배기술, 및 운영시스템 구축 기술을 개발
11	도시 녹색 에너지 소비 최적화 시스템 개발	· 도시민 에너지 소비 최적화와 에너지 절감 라이프스타일 확산을 위해 에너지소비패턴에 근거한 도시에너지 소비모형 개발, 스마트 미터링, 에너지 소비정보 인터페이스 구축 기술을 개발
12	탄소중립도시 에너지 종합관리시스템 개발	· 기존 전력 중심의 분산형 에너지 관리 시스템을 넘어서 도시차원의 에너지원, 가스, 열원까지 통합적으로 운영, 관리하는 시스템을 개발
13	탄소중립형 기존도시전환 모델 개발 및 테스트베드 적용	· 탄소배출을 고려하지 않은 기존도시를 탄소중립도시로 전환하는 모델과 이의 실현화 방안을 개발
14	탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	· 기존 도시 건설을 탄소중립형 도시건설로 전환하기 위해, 탄소중립형 신도시 조성기술과 조성모델을 개발하고, 시범사업모델 및 사업화 전략을 개발
15	탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	· 탄소 중립형 도시의 해외 수출을 위한 비즈니스 모델을 개발하고, 사업화 전략을 개발

3절 연구개발과제 추진체계

1. 연구개발과제 추진체계



4장 연구개발과제 주요내용 및 기대효과

1절 연구개발과제 주요내용

1. Smart Green City ^L축 기술 개발 과제

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
사업단 총괄	스마트그린시티 사업단		
1핵심과제	탄소저감 도시 구축 및 운영기술		
1세부	탄소중립형 도시 공간 구축 기술	- 탄소중립형 라이프스타일 및 운영 시나리오 개발 - 탄소중립형 도시 공간구축 기술 - 탄소중립도시 입체화복합용도공간 구축 기술 - 탄소배출시장 선점에 필요한 CDM 체계도입 기술	탄소중립형 라이프 스타일과 운영 시나리오에 기반한 탄소중립형도시 구축기술 및 운영기술의 특허 확보
2세부	청정환경 및 자원순환 시설 구축기술	- 청정환경 및 자원 순환체계 구축 기술 - 탄소저감형 폐기물 회수 및 이송 시스템 개발 - 자원순환형 자립화 평가시스템 개발	- 청정환경 및 자원 순환체계 관련 기술의 지적 재산권 확보 - 탄소저감형 폐기물 회수 및 이송 관련 기술의 지적 재산권 확보 - 탄소 저감량 평가 지표 확보
3세부	탄소중립형 도시교통 및 보행시설 구축 기술	- 도시 도로 탄소관리 시스템 구축 기술 - 탄소중립형 도시 대중 교통 및 보행 체계 구축 기술 - 친환경 차량을 이용한 교통 체계구축 기술	- 도시도로의 탄소배출 관리기술 - 도시 차량 통제 알고리즘 및 소프트웨어 - 탄소중립형 녹색교통 도시 구축방안 - 도시 교통 부문 탄소 발생 실시간 탄소 발생 예측 기술 - 친환경 차량을 위한 교통체계 수립 방안
4세부	탄소중립도시 조성관련 제도 및 정책 개발	- 탄소중립도시 실현을 위한 법제도 및 정책 개발 - 탄소중립도시 인증체계 및 인센티브 부여 기준 개발 - 탄소중립도시의 해외수출 지원을 위한 관련 법제도 개발	- 탄소중립도시 조성을 위한 관련 법. 제도 정비 및 개선방안 - 탄소중립도시 조성을 위한 인센티브 정책 및 재정지원방안 도출 - 탄소중립도시 평가기준과 인증제도 지침 및 제도 구축 방안 - 탄소중립도시 해외수출을 위한 매뉴얼 및 사업대상 국가의 법·제도적 실행전략
2핵심과제	탄소 중립도시 시뮬레이션 및 관리 기술		

	1세부	도시공간 및 토지이용 시뮬레이션 기술	·인간활동 기반 도시 공간구조 변화 예측 기술 개발 ·도시 공간 배치 시뮬레이터 개발 ·보행 행태 기반 공간 구조 및 토지 이용 최적화 모델 개발	·연구 보고서 ·도시 공간 배치 시뮬레이터 프로그램 ·도시 공간 배치 시뮬레이터 평가 보고서
	2세부	녹색도시 교통 시뮬레이션 기술	·도시 통행활동 예측 시뮬레이터 개발 ·도시 교통 탄소발생량 산출 기술 개발 ·교통, 보행 시뮬레이터 개발	·연구 보고서 ·교통, 보행 시뮬레이터 프로그램 ·교통, 보행 시뮬레이터 평가 보고서
	3세부	도시 탄소배출 관리 기술 개발	·도시 산업경제 구조 예측 시뮬레이션 기술 개발 ·도시 에너지, 탄소배출 평가 및 시뮬레이션 기술 개발 ·도시 녹색성능 평가 시뮬레이션 기술 개발 ·도시 지속가능성 평가 시뮬레이터 개발	·연구 보고서 ·도시 녹색성능평가 시뮬레이터 프로그램 ·도시 지속가능성 평가 시뮬레이터 프로그램
	4세부	도시 지속가능성 평가 시뮬레이션 기술 개발	·도시 탄소배출 종합 관리 시스템 개발 ·도시 기반 시설물 탄소배출 저감 방안 연구 ·도시 탄소배출 저감 및 관리 사업화 전략	·연구 보고서 ·탄소 배출 사업화 전략 보고서 ·탄소배출 종합 관리 시스템 프로그램
3핵심과제		탄소중립도시 녹색에너지 체계 구축 기술		
	1세부	도시 청정에너지 생산 기술 개발	·도시시설별 분산형 청정에너지 생산노드 구축기술 ·도시시설 및 공간 내재형 잠재적 청정에너지 획득 및 폐에너지 회수 기술 ·도시 내 에너지순환을 위한 발생 폐기물 및 바이오매스 에너지화 기술 개발	·도시특성별 폐기물 에너지화 및 미활용에너지 회수 시스템 계획기준 ·건물 및 공간단위별, 시설별 청정에너지 생산설비 제어 알고리즘
	2세부	도시 녹색 에너지 저장 및 분배 기술 개발	·도시시설 및 공간별 분산형 에너지 변환 및 저장기술 ·도시내 녹색 에너지 분배 인프라 구축 기술 ·전기동력 운송수단의 분산형 충방전 인프라 구축 기술	·분산형 도시에너지 저장시스템을 위한 고효율 에너지 저장기술 ·탄소중립도시의 에너지 분배 알고리즘 및 운영모델 ·전기동력 교통수단 충방전 인프라 최적 입지선정 및 분산배치 모델
	3세부	도시 녹색 에너지 소비 최적화 시스템	·프로슈머 '형 도시에너지 소비 모형 개발 기술 ·도시 통합 스마트미터링 시스템 구	·소비자가 참여가능한 도시에너지 포털 시스템 ·도시단위 소비자 에너지 이용정보

		개발	- 축 및 에너지 소비패턴 분석기술 - 도시 에너지소비 저감 라이프스타일 확산 기술	- 분석모델 - 실시간 요금제와 연동된 에너지 소비정보 인터페이스 기술
	4세부	도시 녹색 에너지 종합관리시스템 개발	- 도시 녹색에너지 생산, 공급, 저장, 소비 모니터링 및 제어 인프라 구축 기술 - 탄소중립도시 통합 에너지 수요예측 및 공급특성 분석 기술 - 실시간 수요대응형 탄소중립도시 통합 에너지 관리시스템 구축 기술	- 수요처 및 에너지원의 구성에 따른 빌딩/도시구역 단위의 수요예측모델 - 탄소중립도시 에너지 종합관리시스템 - 센서 네트워크 기반 실시간 도시에너지 모니터링 및 제어 인프라
	4핵심과제	탄소중립형도시 조성 및 비즈니스 모델 개발		
	1세부	탄소중립형 기존도시전환 모델개발 및 테스트베드 적용 기술	- 탄소중립도시 전환 모델개발 여건 분석 - 탄소중립도시 전환 개발모델 제시 - 탄소중립도시 전환 모델 실현화 방안	- 탄소중립형 도시전환을 위한 계획 및 개발전략 매뉴얼 - 탄소중립형 기존도시의 도시계획적 전환전략 및 모델 - 테스트 베드 사업지역 탄소중립형 개발전략 적용 보고서 - 탄소중립 기존도시 전환을 위한 유형별 가이드라인 수립
	2세부	탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	- 탄소중립형 신도시 조성 기술 개발 - 탄소중립형 신도시 조성 모델 개발 - 탄소중립형 신도시 시범사업 모델 및 사업화 전략 개발	- 탄소중립형 신도시 조성 적용기술서, 보고서, 가이드라인 - 탄소중립형 신도시 조성 시범사업 매뉴얼
	3세부	탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	- 탄소중립도시 비즈니스모델 개발 여건분석 - 탄소중립도시 비즈니스모델 개발 - 탄소중립도시 비즈니스 모델 수출 및 사업화 전략 개발	- 탄소중립도시 비즈니스 매뉴얼 및 모델개발 - 도입국가, 지역 및 사업별 유형에 따라 개발계획 수립 및 타당성 검토가 가능하도록 표준화 - 탄소중립형 도시 조성 비즈니스 모델의 개발도상국 수출전략 및 도시 유형별 적용방안 마련

2절 연구개발과제 성과활용방안

1. Smart Green City 2차 기술 개발 과제

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
사업단 총괄	스마트그린시티 사업단			
1핵심과제	탄소저감 도시 구축 및 운영기술			
1세부	탄소중립형 도시 공간 구축 기술	· 탄소중립형 라이프 스타일과 운영 시나리오에 기반한 탄소중립형도시 구축기술 및 운영기술의 특허 확보	관련 정부기관, 기업체	· 기후변화 대응에 국민의 관심이 높아짐에 따라, 탄소중립형 도시 구축 및 운영 기술을 토대로, 일상생활에서의 에너지 및 탄소 저감을 달성하고 이에 따른 수익 (CER)을 탄소중립도시 시민에게 환원하여 참여를 유도함
2세부	청정환경 및 자원순환 시설 구축기술	· 청정환경 및 자원 순환체계 관련 기술의 지적 재산권 확보 · 탄소저감형 폐기물 회수 및 이송 관련 기술의 지적 재산권 확보 · 탄소 저감량 평가 지표 확보	관련 정부기관, 기업체	· 중앙정부의 중장기 국토종합발전계획의 기초자료로 활용 · 도시의 개발 계획 수립 시 가이드라인으로 이용 · 신도시 개발 및 도시재생의 목표 수립에 이용 · 무탄소 첨단도시 구축 기술 해외 수출
3세부	탄소중립형 도시교통 및 보행시설 구축 기술	· 도시도로의 탄소배출 관리기술 · 도시 차량 통제 알고리즘 및 소프트웨어 · 탄소중립형 녹색교통 도시 구축방안 · 도시 교통 부문 탄소 발생 실시간 탄소 발생 예측 기술 · 친환경 차량을 위한 교통체계 수립 방안	관련 정부기관, 기업체	· 신도시 설계시 녹색교통도시 구축가이드라인으로 활용 · 도시재생시 전체 도시의 녹색교통체계를 고려한 도시 재생방안수립 · 도시 녹색교통시스템 구축을 위한 인프라시스템 구축에 활용
4세부	탄소중립도시 조성관련 제도 및 정책 개발	· 탄소중립도시 조성을 위한 관련 법, 제도 정비 및 개선방안 · 탄소중립도시 조성을 위한 인센티브 정책 및 재정지원방안 도출 · 탄소중립도시 평가기준과 인증제도 지침 및 제도 구축 방안 · 탄소중립도시 해외수출을 위한 매뉴얼 및 사업대상 국가의 법·제도적 실행전략	관련 정부기관, 기업체	· 탄소중립도시 조성을 위한 법제도 개발을 통해 제반 기술들의 효율적 적용이 가능하여 탄소중립도시 조성이 확산될 수 있으므로 관련 기술을 개발하는 민간기업과 도시조성을 추진하게 될 사업시행사, 그리고 인증관련 업무를 대행하게 될 유관 기관, 관련 정책입안자 등이 주요 수요자가 될 전망임

2핵심과제	탄소 중립도시 시뮬레이션 및 관리 기술			
1세부	도시공간 및 토지이용 시뮬레이션 기술	· 연구 보고서 · 도시 공간 배치 시뮬레이터 프로그램 · 도시 공간 배치 시뮬레이터 평가 보고서	관련 정부기관, 기업체	· 탄소중립형 도시 구현을 위한 관련기술 제공 · 탄소중립형 도시관리계획의 수립 및 집행에 활용 · 도시 및 지역의 경제 및 환경 예측 · 녹색기술산업을 지원하는 지역 정책 수립 시 활용
2세부	녹색도시 교통 시뮬레이션 기술	· 연구 보고서 · 교통, 보행 시뮬레이터 프로그램 · 교통, 보행 시뮬레이터 평가 보고서	관련 정부기관, 기업체	· 중앙정부, 지자체, 공공기관의 공동투자 분석 및 정책 개발을 위한 기초자료로 활용 · 각 도시별 개발 계획, 교통환경 개선사업 및 교통투자분석 과정에서 활용
3세부	도시 탄소배출 관리 기술 개발	· 연구 보고서 · 도시 녹색성능평가 시뮬레이터 프로그램 · 도시 지속가능성 평가 시뮬레이터 프로그램	관련 정부기관, 기업체	· 중앙정부의 중장기 전국 도시 개발계획의 기초 자료로 활용 · 도시별 녹색성능평가에 따른 인센티브 결정시 활용 · 신도시 개발 및 도시재생을 위한 환경목표 수립 및 시설물 계획시 활용 · 민간부문의 환경 IT 컨설팅의 핵심적인 기술이며, 특히, 해외 도시개발 대형 사업을 위한 판로개척에 유용하게 활용가능
4세부	도시 지속가능성 평가 시뮬레이션 기술 개발	· 연구 보고서 · 탄소 배출 사업화 전략 보고서 · 탄소배출 종합 관리 시스템 프로그램	관련 정부기관, 기업체	· 신도시 또는 도시 재생시 도시 차원의 탄소종합관리시스템 구축 · 탄소배출권 획득 전략을 활용하여 국내 신도시 및 기존도시에서 탄소 저감활동을 위한 재원으로 활용 · 해외에서 탄소배출저감사업을 선도적으로 수행하여 탄소배출권 확보 · 탄소배출 종합관리 시스템의 특허권을 확보하여 국부 창출 · 개별 도시의 개발계획수립시 가이드 라인으로 이용
3핵심과제	탄소중립도시 녹색에너지 체계 구축 기술			

	1세부	도시 청정에너지 생산 기술 개발	· 도시특성별 폐기물 에너지화 및 미활용에너지 회수 시스템 계획기준 · 건물 및 공간단위별, 시설별 청정에너지 생산설비 제어 알고리즘	관련 정부기관, 기업체	· 도시공간 내부에 잠재된 청정그린 에너지원 발굴 · 녹색에너지를 활용한 분산적 도시에너지 생산시스템 구축에 활용
	2세부	도시 녹색 에너지 저장 및 분배 기술 개발	· 분산형 도시에너지 저장 시스템을 위한 고효율 에너지 저장기술 · 탄소중립도시의 에너지 분배 알고리즘 및 운영모델 · 전기동력 교통수단 충방전 인프라 최적 입지선정 및 분산배치 모델	관련 정부기관, 기업체	· 신도시, 재생사업 등 도시개발계획의 에너지계획 수립시 에너지분배인프라 구축방안에 활용 · 에너지 저장소 및 아웃렛 관련 인프라 구축정책 및 계획기준 수립에 활용 · 신재생에너지 의존도 증가에 대응하는 효율적 운용시스템 구축에 활용
	3세부	도시 녹색 에너지 소비 최적화 시스템 개발	· 소비자가 참여가능한 도시에너지 포탈 시스템 · 도시단위 소비자 에너지 이용정보 분석모델 · 실시간 요금제와 연동된 에너지 소비정보 인터페이스 기술	관련 정부기관, 기업체	· 도시 에너지 관리 인프라를 이용한 실시간 에너지요금제 하에서의 에너지 수요관리시스템 구축 및 정책수립에 활용 · 빌딩에너지관리시스템(BEMS)와 연동하여 도시단위 에너지수급 최적화 방안 수립에 활용
	4세부	도시 녹색 에너지 종합관리시스템 개발	· 수요처 및 에너지원의 구성에 따른 빌딩/도시구역단위의 수요예측모델 · 탄소중립도시 에너지 종합관리시스템 · 센서 네트워크 기반 실시간 도시에너지 모니터링 및 제어 인프라	관련 정부기관, 기업체	· 기존 도시재생사업의 에너지관리시스템 활용 · 국내 신도시개발 또는 해외사업 진출시 에너지전략 수립 및 운영체계 활용 · 분산화된 도시에너지 공급 및 수요관리 정책수립에 활용 · 도시 단위의 중장기 에너지전략 또는 온실가스 감축전략 수립에 활용
4핵심과제		탄소중립형도시 조성 및 비즈니스 모델 개발			
1세부		탄소중립형 기존도시전환 모델개발 및 테스트베드 적용 기술	· 탄소중립형 도시전환을 위한 계획 및 개발전략 매뉴얼 · 탄소중립형 기존도시의 도시계획적 전환전략 및 모델 · 테스트 베드 사업지역 탄소중립형 개발전략 적용 보고서 · 탄소중립 기존도시 전환을 위한 유형별 가이드라인 수립	관련 정부기관, 기업체	· 국내 기존 도시의 탄소중립형 물리, 경제, 사회, 환경적 재생기법 개발 및 도시유형별 적용으로 미래 저탄소 녹색도시 개발 기반 구축 · 탄소중립도시 전환 위한 도시개발 계획 수용방안 제시 및 적용 · 도시재생사업 시행 지역에 탄소중립형 계획 가이드라인 배포 · 연구를 통해 도출된 모델 수출 및 탄소저감 기술, 연구인력 지원



	2세부	탄소중립형 신도시조성 모델 및 시범사업	·탄소중립형 신도시 조성 적용기술서, 보고서, 가 이드라인 ·탄소중립형 신도시 조성 시범사업 메뉴얼	관련 정부기관, 기업체	·국내 기 추진 중인 도시유형별 적용가능한 탄소중립형 신도시 조성 모델 구축·활용 ·탄소중립형 신도시 구축을 위 한 도시 및 단지 개발사업 적용
	3세부	탄소중립도시 비즈니스 모델 및 수출전략 개발	·탄소중립도시 비즈니스 메뉴얼 및 모델개발 ·도입국가, 지역 및 사업 별 유형에 따라 개발계획 수립 및 타당성 검토가 가능하도록 표준화 ·탄소중립형 도시 조성 비 즈니스 모델의 개발도상 국 수출전략 및 도시 유 형별 적용방안 마련	관련 정부기관, 기업체	·국내 신개발에 적용 가능한 탄 소중립형 도시 비즈니스 모형 구축 ·개발도상국 스마트 그린 도시 개발 전략 활용성 제고



3절 기대효과

1. Smart Green City 2차 기술개발기획 기대효과

가. 사회적 관점

- IPCC 권장 탄소감축 50% 대응 실천모델 개발 및 시범도시 조성을 통해 기후변화 선도적 대응 및 적응 기반 향상
- 탄소중립도시 구현을 위해 도시의 물질순환 전 과정에 도시기반 구축 기술 개발을 통해 기후변화 및 에너지 위기에 적극적으로 대응
- 전 세계적인 온실가스 감축 계획에 능동적으로 참여함으로써 대한민국의 녹색정책의 위상을 확립하고 장기적인 국가의 경쟁력 향상에 기여
- 탄소저감을 통해 쾌적한 도시 삶의 질에 대한 시민 욕구 충족과 녹색생활 기틀 마련
- 탄소저감 관련기술을 타국 벤치마킹 도시에 제공하여 국내기술수준 홍보
- 개발도상국 탄소중립형 스마트그린 도시모형 개발의 선도역할 수행
- 탄소완화, 탄소흡착, 탄소적응 기술이 조화된 기존 도시재생의 통합적 대응 전략 모색
- 국토해양부 도시계획시설기준의 변화를 유도하는 도시계획 체계변환 및 적용
- 국내 도시 거점지역의 경제성 창출을 통한 지자체 경쟁력 향상 및 균형발전 성취
- 지속가능한 자족형 도시발전을 통해 저탄소 사회형성 기여 및 더불어 사는 사회공동체 회복 가능성 증대
- 탄소중립형 도시구축 및 운영 기술 개발을 통해 도시·국가 단위의 온실가스 저감량 예측 및 기후변화 적응과 2013년 post 교토체제 준비를 위한 가이드라인 제시에 이용 가능
- 녹색도시 라이프스타일 분석 및 개발로 스마트 그린도시의 실제 탄소저감 목표 달성에 큰 도움이 될 것으로 기대되며 에너지와 탄소배출량을 현격하게 줄일 수 있는 시설적/행동적 측면의 다각적인 노력이 실효를 거둘 것으로 판단
- 탄소중립도시 운영 시나리오 도출로 테스트베드 구성과 성능검증 과정에 중요한 지침이 제공될 수 있을 것으로 판단
- 도시 내 교통부분 탄소 배출량 감소로 인한 온실가스 저감 효과 및 지속가능한 도시구축에 핵심적으로 기여
- 탄소중립도시 확대를 위한 정책 수립 및 지원 기반 마련, 이를 통해 탄소



저감 및 적응 기술의 적용확대와 기술 향상 기회 제공

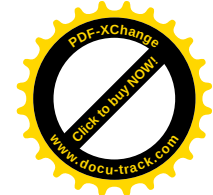
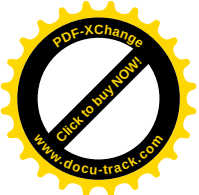
- 세계 수준의 하이브리드 교통 시뮬레이터 개발로 정확한 탄소 발생량 산정, 교통분야의 녹색도시화에 기여
- 도시 녹색성능을 반영한 각종 탄소배출 예측 및 평가 모형을 개발함으로써 향후 Smart Green City 사업과 관련된 장애 요소들을 사전에 검토하고 시설물 계획을 구체화하며 합리적으로 제도 수립

나. 경제적 관점

- 탄소중립형 도시구축 및 운영 기술 개발을 통해 국내외 CDM 및 ETS 시장, 에너지시장의 활성화를 촉진하고 산업적 수요와 경제적 이익을 창출
- Smart Green City 활성화를 통해 관련된 탄소시장, 에너지시장의 확대 및 새로운 시장의 형성은 새로운 녹색 일자리 창출
- 탄소중립형 해외수출 모델개발과 도시구축 기술을 package 상품화하여 도시개발분야의 새로운 시장 개척 및 고용창출
- 실증적 표준화된 탄소중립형 신도시 조성 기술을 개발하여 해외수출 상품화뿐만 아니라 지방경제 및 산업활성화에 증진 기여
- 주택 및 빌딩 에너지 관리와 관련된 노하우를 축적하고 통합 스마트미터링 기술을 선점함으로써 해당 기술을 적용한 해외 도시건설 시장 공략시 전략적으로 활용
- 탄소중립도시 인증제도 마련을 통해 경쟁력 있는 탄소중립도시 조성과 관련된 산업 부문의 발전 유도
- 개발도상지역인 중앙아시아, 동남아시아, 아랍, 아프리카 도시개발 패러다임의 탄소중립형 전환에 기여하고 관련사업의 국내기업 참여여건 강화
- 국내 수도권 및 지방 탄소중립도시 건설여건을 개선하고 사업추진을 촉진
- 도시의 에너지인프라 통합관리를 통한 에너지 효율 향상, 에너지 수급 전반을 모니터링하고 수요자에게 정보를 제공함으로써 에너지 소비문화 변화 유도(온실가스 20% 감축)
- 교통 수요저감 및 관리로 인하여, 추가적인 기술개발의 부담을 최소화시켜 경제적인 탄소중립도시 수립에 기여
- 녹색교통도시 개발 기술의 수출로, 향후 해외도시건설 사업에 있어 유리한 위치를 선점하고, 녹색 도시개발 부문에서 한국이 선도적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대

다. 기술적 관점

- 탄소중립도시 조성을 위한 요소기술을 확보
- 분산적 에너지 생산시스템을 구축함으로써 도시지역 및 소구역 단위에서



에너지자립률 30% 이상 확보 및 폐기물 무배출화 기대

- 세계 수준의 도시 배치 시뮬레이터 보유로 탄소중립도시 및 도시재생 등의 사업에 사용되어, 정확한 예측을 통하여 도시 탄소발생 저감에 기여
- 지능형 도시에너지 체계의 효율적이고 경제적인 에너지 운용기술 및 적용 기술 개발을 통해 선진국 수준의 에너지 분야 경쟁력 확보
- 국내 지열, 태양열(광), 연료전지, 풍력 등 신재생에너지 잠재력을 활용 및 적용하여 기술개발 촉진 및 녹색산업 활성화 유도
- 신재생에너지 도시기반시설 확충을 통한 탄소중립형 도시건설 인프라 및 기술 구축
- 신재생에너지원의 효율적인 저장과 자가진단이 가능한 분배기술을 도시 내에 적용함으로써 에너지 공급 안정성 확보 및 신재생에너지 의존도증가
- 도시간의 벤치마킹이 가능하므로, 추후 녹색기술 보급의 동기를 제공하고, 해당 녹색산업의 역량 강화

5장 연구개발과제 소요예산

1절 스마트그린시티 구축기술 개발 과제 소요예산

- 심과제, 1부과제별로 연구기획을 통해 산정된 연도별 소요예산을 합산하여 사업단의 소요예산을 산정함

1. 스마트 그린시티 구축 기술 개발 사업단

과제(단위:억원)		총연구비	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
사업단	합계	76,500	13,360	16,745	16,725	16,705	12,965
	정부	63,450	11,090	13,885	13,870	13,855	10,750
	민간	13,050	2,270	2,860	2,855	2,850	2,215

가. 1핵심과제: 탄소저감 도시구축 및 운영기술

과제(단위:억원)		총연구비	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
1핵심	합계	26,000	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200
	정부	21,600	4,320	4,320	4,320	4,320	4,320
	민간	4,400	880	880	880	880	880
1핵심1세부	합계	7,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
	정부	6,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
	민간	1,250	250	250	250	250	250
1핵심2세부	합계	7,000	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
	정부	5,800	1,160	1,160	1,160	1,160	1,160
	민간	1,200	240	240	240	240	240
1핵심3세부	합계	6,000	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	정부	5,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	민간	1,000	200	200	200	200	200
1핵심4세부	합계	5,500	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
	정부	4,550	910	910	910	910	910
	민간	950	190	190	190	190	190

나. 2핵심과제: 탄소중립도시 시뮬레이션 및 관리기술

과제(단위:억원)		총연구비	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
2핵심	합계	15,000	3,760	3,760	3,740	3,740	-
	정부	12,450	3,120	3,120	3,105	3,105	-
	민간	2,550	640	640	635	635	-
2핵심1세부	합계	4,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-
	정부	3,300	825	825	825	825	-
	민간	700	175	175	175	175	-
2핵심2세부	합계	3,500	875	875	875	875	-
	정부	2,900	725	725	725	725	-
	민간	600	150	150	150	150	-



2핵심3세부	합계	4,500	1,135	1,135	1,115	1,115	-
	정부	3,750	945	945	930	930	-
	민간	750	190	190	185	185	-
2핵심4세부	합계	3,000	750	750	750	750	-
	정부	2,500	625	625	625	625	-
	민간	500	125	125	125	125	-

다. 3핵심과제: 탄소중립도시 녹색에너지 체계 구축 기술

과제(단위:억원)		총연구비	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
3핵심	합계	22,000	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400
	정부	18,250	3,650	3,650	3,650	3,650	3,650
	민간	3,750	750	750	750	750	750
3핵심1세부	합계	6,500	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300
	정부	5,400	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080
	민간	1,100	220	220	220	220	220
3핵심2세부	합계	4,500	900	900	900	900	900
	정부	3,750	750	750	750	750	750
	민간	750	150	150	150	150	150
3핵심3세부	합계	5,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	정부	4,100	820	820	820	820	820
	민간	900	180	180	180	180	180
3핵심4세부	합계	6,000	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	정부	5,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	민간	1,000	200	200	200	200	200

라. 4핵심과제: 탄소중립형 도시조성 및 비즈니스 모델 개발 과제

과제(단위:억원)		총연구비	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
4핵심	합계	13,500	-	3,385	3,385	3,365	3,365
	정부	11,150	-	2,795	2,795	2,780	2,780
	민간	2,350	-	590	590	585	585
4핵심1세부	합계	4,500	-	1,135	1,135	1,115	1,115
	정부	3,750	-	945	945	930	930
	민간	750	-	190	190	185	185
4핵심2세부	합계	5,000	-	1,250	1,250	1,250	1,250
	정부	4,100	-	1,025	1,025	1,025	1,025
	민간	900	-	225	225	225	225
4핵심3세부	합계	4,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000
	정부	3,300	-	825	825	825	825
	민간	700	-	175	175	175	175

[참고 문헌]

- 건축도시공간연구소, 2010, 국내의 건축물 온실가스 배출 현황과 관련 정책동향
- 경기개발연구원 2006, 기후변화협약에 대한 경기도의 대응방안
- 과학기술정책연구원 2009, 저탄소 녹색성장 종합평가지수 개발
- 광주광역시 2008, 기후변화대응 저탄소 시범도시 조성계획
- 국토연구원 2008, 기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리(I)
- 국토해양부 2008, 기후변화 대응 국토공간계획 평가 및 과제
- 국토해양부 2010, 저탄소 녹색성장과 기후변화대응을 위한 국토해양부 녹색 성장 추진계획
- 김장민 외 2010, 기후변화 대응한 녹색도시 개발 전략
- 김정곤 외 2010, 저탄소 녹색도시 모델개발 및 시범도시 구상, 토지주택연구원 연구보고서
- 김정곤 외 2011, 탄소중립 도시조성을 위한 도시계획전략 연구, 한국도시설계학회지 제 12권 제2호
- 김홍배 2010, 도시 내 탄소발생량 산정과 저탄소도시 개발의 핵심부문에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지, 제45권 제1호
- 녹색성장위원회 2009, 녹색성장 국가전략
- 녹색성장위원회 2010, 도시농업의 저탄소 기여 효과
- 반영운 외 2010, 탄소중립형 중부신도시 건설 기본구상
- 삼성경제연구소(2007) 「그린 삼성(여름호:통권 제83호)」
- 석광설 외 2009, GHG-CAPSS 신뢰도 향상을 위한 개선방안 연구. 국립환경과학원 보고서
- 양형재 외 2008, 하수처리 공정별 아산화질소(N₂O) 배출계수 산정
- 에너지관리공단, 2009, 기업온실가스 인벤토리 구축현황 및 향후 계획
- 오덕성 외 2010, 저탄소 녹색정장을 위한 그린시티 대전 추진전략
- 왕광익 2009, '저탄소 녹색도시의 국내외 정책 및 계획사례'
- 왕광익 외 2010, 저탄소 녹색성장지향형 도시계획 수립방안 공동연구
- 월드워치연구소 2009, 기후의 역습, 2009 지구환경보고서
- 이관규 외 2010, 기후변화 대응형 저탄소 토지이용계획 수립을 위한 온실가스 환경영향평가제도 활용방안 연구, 환경부 보고서
- 이관규 외 2010, 저탄소 녹색도시 조성 가이드라인 및 평가지표 연구, 환경부 보고서
- 이미홍 외(2009) 녹색성장으로 가는 길. 저탄소 녹색국토·녹색도시 조성방안, 국토도시연구원 연구보고서
- 이은엽 외 2009, 녹색도시 조성을 위한 요건도출 및 계획 적용방안
- 임지영 외 2003, 매립지에서의 VOCs 배출특성과 배출량 산정에 관한 연구
- 조공장 외 2009, 온실가스 항목의 효율적 환경영향평가 방안, 환경부 보고서
- 주택도시연구원 2008, 기후변화 대응 Zero Emission City 실현방안 예비연구
- 지식경제부 2011, 제2차 그린에너지 로드맵



- 충청북도 2010, 탄소중립형 중부신도시 건설 기본구상
- 한국지방자치단체 2009, 해외 녹색성장기술 정책사례
- 행정안전부 2009, 저탄소 녹색성장 각 국별 사례집
- 환경부·강원도 2009, 저탄소 녹색도시 모델개발 및 기본구상 연구
- ABB2009,AufdemWegzumintelligentenStromnetz
- Agentur fuer Erneuerbare Energien e.V. 2009,
Der volle Durchblick in Sachen Erneuerbare Energien
- BBR(Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) 2008,
Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel
- ENDS 2010, Renewable Energy Europe
- European Commission 2006, European Smart Grids Technology Platform
- First Climate Group 2009, Kommunaler Klimaschutz und Klimaneutralität,
Forschungsworkshop
- Giddens, Anthony 2009, The Politics of Climate Change
- Girardet, H. 1999, Creating Sustainable Cities
- Girardet, H., Mendonca, M. 2009, A Renewable World, Energy, Ecology, Equality
- <http://www.prism.washington.edu/lc/urbanecology.pdf>
- IfaS(Institute fuer angewandtes Stoffstrommanagement) 2007,
Zero Emission Campus
- Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2002, Null-Emissions-Stadt
- Mark A. Benedict, Edward T. McMahon 2001,
Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century
- Pietsch, Juergen 2011, Stadtoekologie fuer Smart Green Cities
- Rahmstorf, S., Schellnhuber, H.J. 2007, Der Klimawandel
- Rogers, R. 1997, Citiesforasmallplanet
- Siemens Schweiz AG 2009, European Green City Index
- StMUGV (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz)
2007, Wegweiser zur Klimaneutralität
- The state and prospects of European energy research
(European Union Publications Office, 2006)
- The state and prospects of European energy research
(European Union Publications Office, 2006)
- The state and prospects of European energy research (European Union
Publications Office, 2006
(미국 : <http://www.grants.gov/search/search.do?mode=VIEW&oppld=53952>)
- The state and prospects of European energy research (European Union
Publications Office, 2006
(미국 EPA : http://attra.ncat.org/guide/a_m/biomass.html,
미국 각 주 : <http://www.epa.gov/osw/conservation/rrr/imr/cdm/grants.htm>)