

2013년도 ‘열린 연구, 행복한 충남’ 연구지원 사업 보고서

〈충청남도 7개시 대상 도시 인프라 녹색지표 분석〉

○ 연구 개요

제안 과제명	충청남도 7개 시 대상 도시 인프라 녹색지표 분석			
연구 기간	2013년 9월 1일 ~ 2013년 10 월 31일 (계약일로부터 2개월)			
연구진	이름	연구 책임 : 최창규 연 구 진 : 신종석	소속	KAIST
	연락처		e-mail	simonchoi@kaist.ac.kr
연구 예산	3,000,000원			

목 차

1. 연구배경 및 목적	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구 목적 및 범위	1
2. 연구방법 및 내용	2
2.1 재생도시 인프라 성능평가 시스템	2
2.2 충청남도 7개 도시 대상 인프라 녹색지표 현황 분석	12
2.3 충청남도 주요 도시의 녹색도시 조성 시나리오 분석	17
3. 충청남도 7개 시 도시 인프라 녹색지표 현황 및 시나리오 분석	19
3.1 충청남도 7개 시 도시 인프라 녹색지표 현황 및 시나리오 분석 ...	19
3.2 충청남도 주요 도시의 녹색도시 조성 시나리오 분석	28
4. 충청남도 녹색도시 조성 방향 수립	32
4.1 충청남도 7개 도시 녹색도시 현황 평가	32
4.2 주요 도시 녹색도시 조성 방향 수립 및 녹색 사업/기술/정책의 평가	33
4.3 추가 고려 사항	33
부록	35

1. 연구 배경 및 목적

1.1 연구 배경

(1) 인프라 성능평가의 필요성

- 도시의 지속가능한 발전, 그리고 기후변화 및 탄소저감에 기여하기 위해 녹색도시의 조성이 화두가 되고 있음.
- 녹색도시 조성을 위해 인프라 재생 시, “과연 이 계획이 녹색도시에 기여를 하는가?”, “가장 효과적인 대안인가?”, “얼마나 녹색도시 조성에 기여하는가?”에 대한 답이 제시되어야 함
- 즉, 녹색도시 조성을 위한 인프라 재생의 방향 수립이 적합한지, 대안들이 효과적인 대안들인지에 대한 평가가 수행되어야 정책결정에 도움을 줄 수 있음
- 또한 효과적으로 녹색도시 조성을 위해 다양한 대안들 중 가장 효과적이고 우선적인 대안을 선정하기 위해서도 체계적이고 정량적인 분석결과가 요구됨

(2) 충청남도 도시의 녹색도시 조성을 위한 평가의 필요성

- 충청남도 도시들의 녹색도시 조성에 대하여 도시의 현황 및 기반시설(인프라)에 대한 분석/평가가 요구됨
- 또한 녹색도시 조성 계획을 수립 시 체계적이고 정량적인 근거 마련을 통해 그 방향성 및 효과성을 검토할 필요가 있음

1.2 연구 목적 및 범위

- ▷ 충청남도 7개 도시를 대상으로 도시 인프라의 녹색성장을 위한 각 도시의 현황에 대해 녹색지표를 활용하여 분석 및 비교 검토
- ▷ 충청남도 주요 도시를 대상으로 녹색도시 조성 후의 시나리오 분석

2. 연구 방법 및 내용

2.1 재생도시 인프라 성능평가 시스템

(1) 시스템의 비전 및 목표

- 도시 인프라를 재생함에 있어 “과연 녹색도시 조성에 기여하는가?”, “얼마나 기여하는가?”, “어느 대안이 보다 효과적인가?”에 대한 답을 제시하고 도시 인프라 재생 사업을 수행하기 위해 요구되는 사항들을 만족 시키는 평가 시스템을 개발하고자 함
- 목표: 녹색도시 조성을 위해 인프라가 갖춰야한 “공학적 원칙”을 통해 녹색도시 조성에 있어서 방향성을 제시하고 재생 전후의 성능향상 정도 및 개별 녹색기술/정책의 기여도를 정량적으로 측정하고자 함.

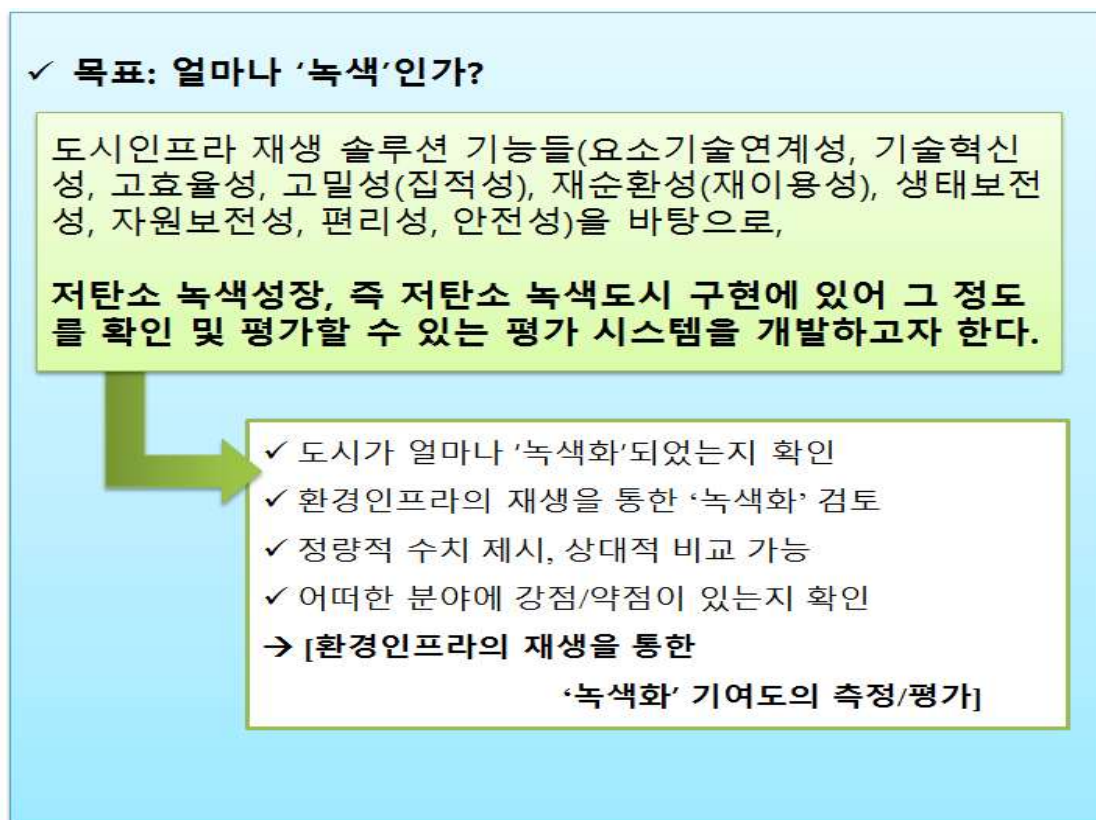


그림 1 재생도시 인프라 성능평가 시스템의 목표

(2) 평가 시스템의 구성

- 이론적, 시스템적, 정량적인 측면으로 구성됨
- 이론적 측면 : 생태계의 생존을 위한 특성을 기반으로
“저탄소 녹색도시 인프라를 위한 공학적 원칙”을 제시
- 시스템적 측면 : 체계적이고 합리적인 설계(Design)을 위한
공리적 설계(Axiomatic Design) 기법을 활용하여 평가체계를 도출
- 정량적 측면 : 정량적인 평가 지표를 도출

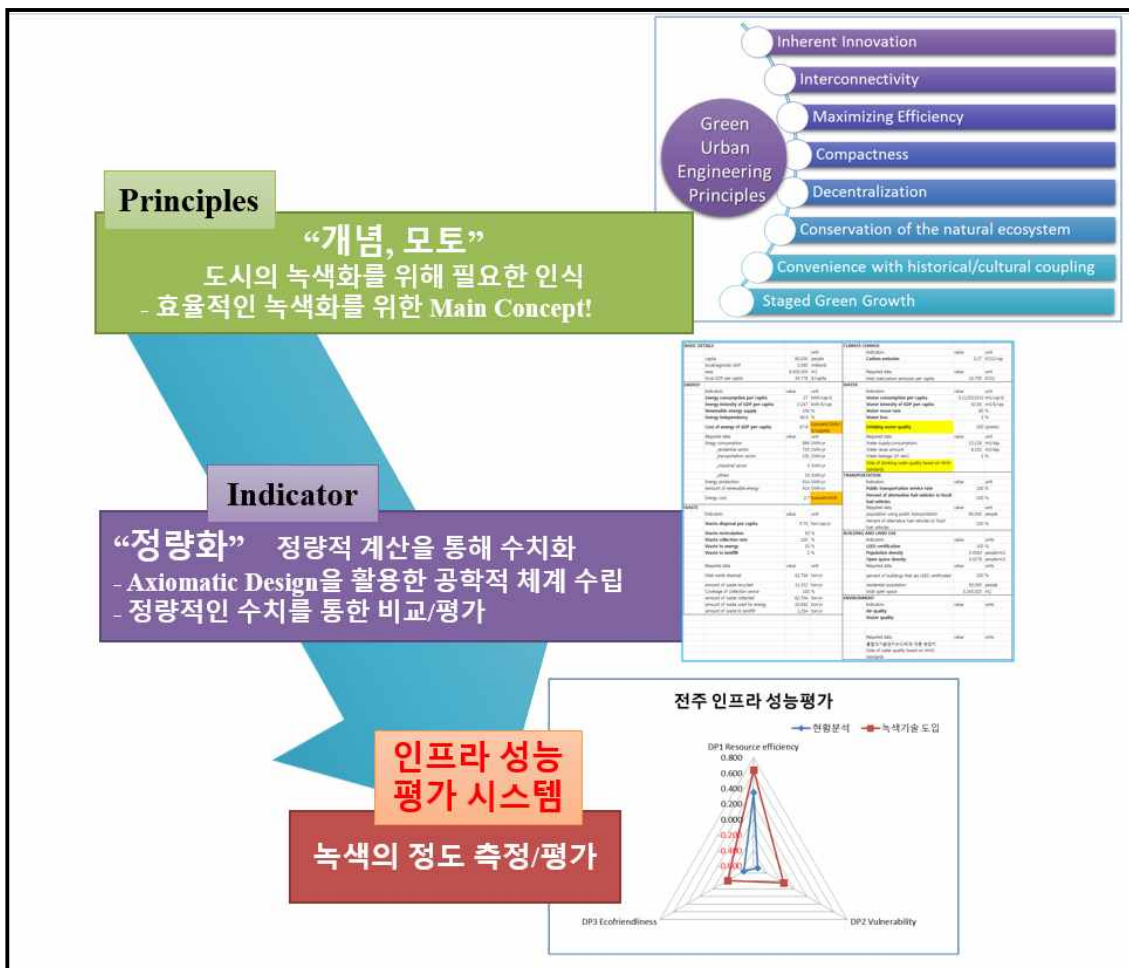


그림 2 평가 시스템의 구성

(3) 평가 시스템 구성별 상세 내용

○ 저탄소 녹색도시 인프라를 위한 공학적 원칙

- 생태학적인 접근을 통해 자연 생태계의 생존을 위한 특성들을 도출
- 자연 생태계의 생존을 위한 특성들을 기반으로 도시 시스템의 생존을 위해 인프라가 갖춰야 할 개념/요소/특징들을 원칙으로서 제시함
- 원칙들을 통해 녹색도시 조성을 위한 방향성을 수립하며 정책결정자에서 실무자에 이르기까지 의식의 전환을 촉구

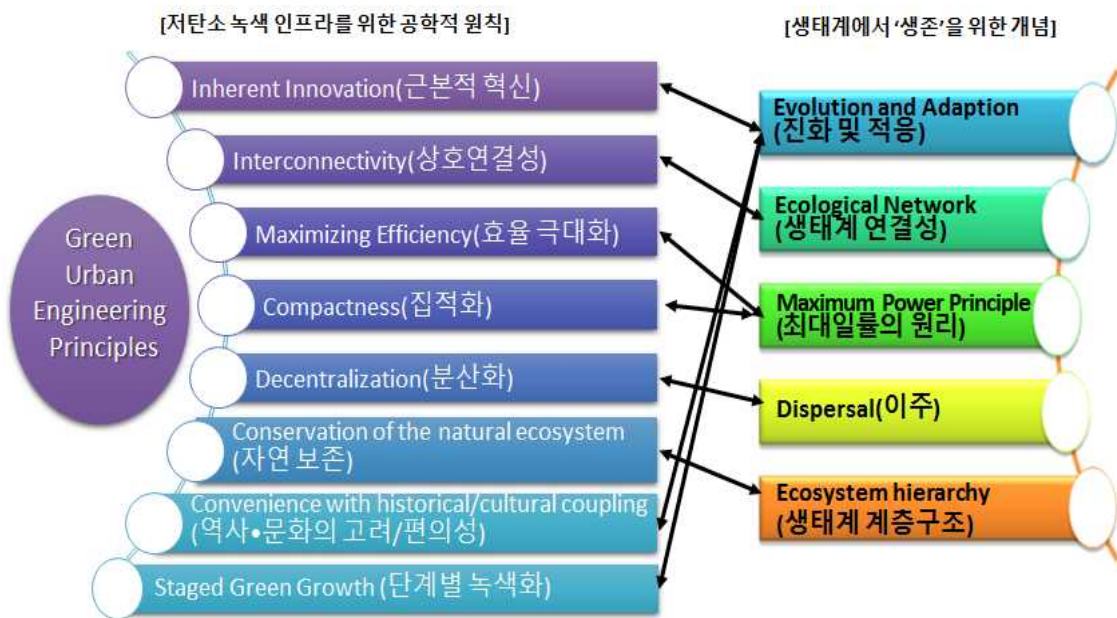


그림 3 저탄소 녹색도시 인프라를 위한 공학적 원칙

표 1 저탄소 녹색도시 인프라를 위한 공학적 원칙 상세

원칙	상세 설명
본질적 혁신	녹색도시의 추구에 있어서 장래 인프라는 효율을 증가하거나 폐기물 배출량을 감소하는 데에 그치지 않고 혁신적인 아이디어로 문제를 본질적으로 해결하는 것이다. 에너지 시스템을 예로, 화석연료에 의존하는 현재 상황에서 탄소 발생량을 줄이는 것 보다는 에너지원 자체를 변화시키는 기술에 우선권이 부여된다.
상호 연결성	물질이용 효율의 극대화를 위한 방편으로 전체 인프라 시스템의 각 구성요소들 간의 연결성을 높이려는 산업생태학의 기본전제를 강조한다. 게다가 세부기술들의 연결성을 높이는 노력은 폐기물을 해당 도시 내에서 새로운 편익을 창출하게 된다.

효율의 극대화	상호연결성을 통해 전체 인프라의 효율을 향상시키는 노력에 더해, 인프라 각각에서 물질소비와 시간 및 공간이용에 있어서 효율을 극대화해야 한다.
집적화	물질의 소비와 이동으로 인한 엔트로피 증가를 억제하기 위해 인프라의 집적화가 강조된다. 공간적 집적화를 통해 물질의 이동을 최소화시키고 활동의 집적화를 통해 물질 소비를 최소화할 수 있는 인프라가 중시된다.
분산화	녹색도시를 위해 집적된 인프라만을 적용할 수는 없다. 전체 시스템의 다양성을 추구하고 예측하기 힘든 위험에 대한 적응력을 높이는 데에는 정반대의 개념인 분산화가 강조되어야 한다. 분산화된 인프라는 항상 복잡한 관리시스템을 요구하는 단점이 있으나, 인프라 서비스의 위험이 높을수록 그리고 예상되는 피해가 클수록 그 필요성이 증가된다.
자연환경 의 보전	도시생태계는 주위를 둘러싼 자연생태계 내의 부분 시스템이다. 따라서 도시생태계가 생존하기 위해서는 상위의 자연생태계의 항상성 유지가 필수적이다. 하지만 자연생태계의 수용능력을 알 수 없는 상황이기 때문에 가능한 도시생태계에서 외부로 부하되는 오염물질을 최소화할 수 있는 인프라가 선호되어야 한다.
편리성 및 역사/문화 와의 조화	인프라가 분산화·집적화되고 환경보전의 요구수준이 보다 엄격해지며 과거와 다른 행동방식이 요구되는 변화들은 도시민들에게 큰 불편이 될 수 있다. 따라서 이 같은 변화가 쌍방향으로 긍정적인 효과를 내기 위해, 서울시의 여행(女幸) 프로젝트에서와 같이, 인프라가 이전 보다 큰 편리성을 도시민들에 제공할 수 있어야 한다. 아울러 지역마다 다양한 문화·역사·전통에 대한 고려를 통해 도시민들에게 친근한 환경을 조성해주어야 할 것이다. 이러한 문화·역사·전통들이 중시되어야 도시의 활력을 증대시킬 수 있을 것이다.
단계별 녹색화	나라별·지역별로 경제적 여건이 다양하기 때문에 일률적인 방식으로 녹색도시를 추구할 수는 없다. 현재 선진국에서 주도하고 있는 녹색도시 조성 사례들은 좁은 지역에 최첨단 기술을 도입하기 위해 엄청난 비용이 투자되고 있다. 만일 개발도상국들 또는 국내 중소규모 지자체에 이러한 방식을 강요할 경우 녹색도시는 경제성과 비용수급으로 인해 실패할 수 있음을 고려해야 한다. 기술의 녹색화 정도가 다소 낮더라도 동일한 비용으로 더 넓은 지역의 인프라를 개선하는 것이 이 도시전체로 봤을 때에 바람직할 수 있다는 점이 고려되어야 한다.

○ 공리적 설계(Axiomatic Design) 기법을 활용하여 평가체계를 도출

- 저탄소 녹색도시 인프라를 위한 공학적 원칙은 도시 내 인프라가 갖춰야 할 요소들을 강조하지만, 그 개념이 구체적으로 제시되지 않아 계획 수립 혹은 평가에 있어 적용하기에 어려움이 있음. 따라서 보다 구체적으로 갖춰야 할 요소들을 제시할 수 있는 체계가 요구됨
- 본 연구는 체계적이고 효율적으로 저탄소 녹색도시 인프라를 위한 공학적 원칙을 세분화하기 위해 공리적 설계 (Axiomatic Design)를 적용하여 체계를 수립하고자 함. 이러한 체계는 추후 평가 지표를 도출하기 위한 평가체계로서 역할을 수행함
- 공학적 원칙들을 재조정하여 공리적 설계의 소비자 요구(customer needs, CN)로 설정하고 이에 따른 기능적 요구(functional requirement, FR)를 도출함. 아울러 기능적 요구(FR)에 따른 설계인자(design parameter, DP)를 도출하여 세분화함.
- 저탄소 녹색도시 인프라를 위한 공학적 원칙을 바탕으로 다음과 같이 4개의 상위 기능적 요구(FR)와 10개의 세부 기능적 요구(FR), 각각 부합되는 설계인자(DP)를 도출함.
- 이들 기능적 요구(FR)와 설계인자(DP)는 공리적 설계에서 요구하는 독립 공리(independence axiom)을 충족시킴으로서 각각 기능적 요구(FR)와 그에 해당되는 설계인자(DP)가 상호독립적인 관계임을 확인할 수 있음. 이를 통해 해당 설계인자(DP)들을 바탕으로 지표를 도출할 경우 평가에 있어 중복을 피하고 효율적인 평가를 수행할 수 있음.

표 2 공리적 설계를 통해 도출된 기능적 요구(FR)과 설계인자(DP)

FR0	CONTRIBUTE TO URBAN GREEN GROWTH	DP0	GREEN INFRASTRUCTURE
FR1	Maximize efficiency of energy and material use	DP1	Resource Efficiency
FR11	Enhance efficiency from source	DP11	Source Input
FR12	Enhance efficiency from sink	DP12	Reuse
FR13	Enhance efficiency in each process	DP13	Process Loss
FR2	Cover external impacts (of climate change)	DP2	Vulnerability
FR21	Reduce the effect of external impact	DP21	Sensitivity
FR22	Enhance the capability to cope external impact	DP22	Adaptive Capacity
FR3	Conserve the environment	DP3	Eco-friendliness
FR31	Eliminate emission	DP31	Emission
FR32	Conserve the urban environment	DP32	Environmental protection
FR4	Increase attraction of infrastructure	DP4	Attractiveness
FR41	Increase chances of pleasure/recreation	DP41	Amenities
FR42	Raise convenience in urban life	DP42	Convenience
FR43	Vitalize unique local characteristics	DP43	Preservation of local characteristics (heritage/tradition)

표 3 기능적 요구(FR)과 설계인자(DP) 행렬의 비연성화 확인

		DP				DP			DP			DP			
		1	11	12	13	2	21	22	3	31	32	4	41	42	43
FR	1	X				O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	11		X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	12		O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	13		O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
FR	2	O	O	O	O	X			O	O	O	O	O	O	O
	21	O	O	O	O		X	O	O	O	O	O	O	O	O
	22	O	O	O	O		O	X	O	O	O	O	O	O	O
FR	3	X	O	X	O	O	O	O	X			O	O	O	O
	31	X	X	X	X	O	O	O		X	O	O	O	O	O
	32	X	O	X	O	O	O	O		X	X	O	O	O	O
FR	4	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X			
	41	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X		X	X	O
	42	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O		O	X	O
	43	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O		O	O	X

○ 정량적인 평가지표 도출

- ☐ 공리적 설계를 통해 도출된 설계인자(DP)들은 개념적인 지표로서 인식될 수 있음
- ☐ 하지만 DP만을 이용하여 평가를 수행하기에는 정량적인 결과를 도출하지 못해 어려움이 있음
- ☐ 기존 지속가능한 발전, 환경 보전, 녹색성장 등과 관련된 지표들을 바탕으로 각각 지표들이 나타내는 공통 사항과 특이 사항들을 분석하여 정량적인 지표를 도출하고 이들을 설계인자(DP)들과 부합시켜 평가지표를 최종적으로 도출함.
- ☐ 다음의 지표들을 중점적으로 검토하였음
 - Green City Index (Siemens, Europe(2009) & Asia(2011))
 - 지속가능한 도시평가지표개발에관한연구(한국건설교통기술평가원, 2003)
 - 지방단위 지속가능한 발전지표연구(한국환경정책평가연구원, 2005)
 - Urban sustainability indicators (European foundation, 1998)
 - Indicators for sustainable development (International Institute for Sustainable development, 1999)
 - Indicators for sustainable development (UN, 2007)
 - 저탄소 녹색성장종합평가지수개발 (과학기술정책연구원, 2009)
- ☐ 자료 확보의 용이성을 고려하여 지표 계산을 위해 요구되는 자료는 현장 조사를 원칙으로 하되, 통계자료를 통해서도 수집될 수 있도록 함.
- ☐ 세부 지표와 각각의 계산식¹⁾

표 4 지수와 핵심 및 세부 지표, 그에 따른 계산식

DPs	핵심지표	세부지표	계산식	비고	
DP1 resource efficiency					
DP11 source input					낮을수록 좋음(-)
	intensity	1인당 에너지 소비량	에너지 소비량 / 인구		낮을수록 좋음(-)
		1일당 물 소비량	1인1일 급수량		낮을수록 좋음(-)

1) 설계인자 DP4 Attractiveness의 경우 사례별 전문가의 판단을 통해 평가가 이루어지는 것이 일반적인 관계로 본 연구에서는 제외하였음.

		1인당 자원 소비량	폐기물 발생량 / 인구	전체 물질 사용/소비량을 알기 어렵기 때문에 상대적으로 자료수집이 가능한 폐기물 배출량을 통해 유추	낮을수록 좋음(-)
	input reduction	신재생에너지 사용비율	신재생 에너지 생산량 / 에너지(전력) 소비량	신재생에너지의 생산량 전량 소비되는 것으로 가정	높을수록 좋음(+)
DP12 reuse					높을수록 좋음(+)
	(material) reuse/recycling	폐기물 재활용율	폐기물 재활용량 / 폐기물 발생량		높을수록 좋음(+)
		단위면적당 물 재이용량	단위면적당 물 재이용량(천톤/년)		높을수록 좋음(+)
DP13 process loss					낮을수록 좋음(-)
	loss	상수도 누수율	상수도 누수율	단독 지표로서 의미를 잃는다고 생각됨.	낮을수록 좋음(-)
		에너지 손실율	송전 손실율	자료의 부재로 생략	낮을수록 좋음(-)
	target density	인구밀도	인구 / 총 면적		높을수록 좋음(+)
DP2 vulnerability					
DP21 sensitivity					낮을수록 좋음(-)
	risk	관리되지 않는 토지율	(1-관리되는 토지율)	취약성의 개념이 도입되지 않은 정도를 표현하고자 함	낮을수록 좋음(-)
	stress	Water vulnerability	급수 사용량(유수수량) / 인구		낮을수록 좋음(-)
DP22 adaptive capacity					높을수록 좋음(+)
	minimum damage	자연재해에 의한 피해액	호우, 태풍, 강풍, 대설에 의한 피해액 합산		낮을수록 좋음(-)
	preparation	물재해에 대한 대비	유수지 면적 / 총 면적		높을수록 좋음(+)
	self-reliance	용수 공급 능력	단위면적당 용수 공급용 저수용량		높을수록 좋음(+)
		재정 자립도	재정자립도		높을수록 좋음(+)
DP3 eco-friendliness					
DP31 emission					낮을수록 좋음(-)
	anthropogenic emission	1인당 폐기물/폐수 배출량	폐기물 발생량 /인구		낮을수록 좋음(-)
			폐수 방류량 /인구		낮을수록 좋음(-)
		1인당 Air pollutant 배출량	(CO, SOX, NOX, PM10, VOC 배출량)/인구		낮을수록 좋음(-)
		단위면적당 탄소 배출량	CO2 배출량/면적		낮을수록 좋음(-)

DP32 environmental protection					높을수록 좋음(+)
	pollution level	대기오염도	오존, 미세먼지, SOX, NOX 농도		낮을수록 좋음(-)
		수질오염도		자료수집의 어려움으로 생략	낮을수록 좋음(-)
		토질오염도		자료수집의 어려움으로 생략	낮을수록 좋음(-)
		유기물질 처리비율	1-(유기물질 부하량(방류)/유기물질 부하량(발생))		높을수록 좋음(+)
	ecological protection	녹지율	녹지면적 / 총면적		높을수록 좋음(+)

- ☐ 각 지표간의 가중치는 동일한 것으로 가정.
- ☐ 지표의 지수화를 위해 일반적으로 사용되는 Rescoring 기법을 활용하여 지표를 표준화함. 표준화된 지수값은 spider-map을 통해 결과를 보여줌.

수식 1 표준화 기법(rescaling)

$$I = \frac{X - \min}{\max - \min}$$

(4) 평가 시스템의 특징 및 기대효과

○ 특징

- ☐ 녹색도시 구성에 있어 정성적인 측면과 정량적인 측면 모두를 아우르는 평가 시스템임. 녹색도시 인프라를 위한 공학적 원칙을 통해 이론적인 기반을 바탕으로 정성적으로 녹색도시 구성의 방향성을 제시하고 정책결정자 및 실무자의 인식 전환을 유도하고, 평가지표를 통해 정량적인 평가 결과를 제시하여 대상 인프라에 대해 녹색도시를 추구함에 있어 현재의 상황 (강점 및 약점)에 대한 분석을 수행할 수 있음
- ☐ 하나의 통합된 지표가 아닌 spider map의 형태로 평가 결과를 제시하여 대상 인프라에 대한 부문별 강·약점을 확인할 수 있음. 이를 통해 각 대상들이 약점을 보완하거나 강점을 더욱 강화하는 등 지역 특색(사회적·문화적)에 맞는 녹색도시 개발 전략을 수립할 수 있도록 정량적이고 이론적인 근거를 마련

○ 기대효과

- 녹색도시 인프라를 위한 공학적 원칙을 도출하는 이론적인 접근을 통해 녹색도시 조성에 있어 정책 결정자 뿐 아니라 실무자에 이르기까지 녹색도시를 위한 방향성을 확립할 수 있음. 다시말해 이러한 공학적 원칙들은 녹색도시 조성에 있어 개념적인 가이드라인의 역할을 수행할 수 있음
- 아울러 정량적인 지표를 통해 녹색도시 조성을 위한 계획/정책/전략 수립시 의사결정을 위한 근거로서 활용이 가능함. 즉, 녹색도시 조성에 있어 현황에 대한 분석을 통해 가장 시급한 부문을 확인할 수 있으며, 아울러 다양한 대안들(녹색기술, 정책 등) 간 비교가 가능하여 가장 효과적인 대안의 결정이 가능함.
- 명확하지 않은 녹색도시 조성의 체계(framework)를 확립하여 무분별한 녹색도시 조성으로 인한 효율 저하 및 거주민의 불편을 최소화할 수 있을 것으로 기대함.

2.2 충청남도 7개 도시 대상 인프라 녹색지표 현황 분석

(1) 현황 분석 방법

- 앞서 제시된 평가 시스템을 활용하여 충청남도 7개 도시(천안, 공주, 보령, 아산, 서산, 논산, 계룡)에 대한 현황 분석을 실시함
- 녹색도시에 대한 구체적인 목표가 수립되어 있지 않기에, 현황 분석 결과를 전국 지자체 평균, 광역시 평균과 비교하여 국내의 도시들에 비해 우선적으로 시급한 부문과 강점이 부문을 확인함
- 현황 분석을 통해 각 도시별 녹색도시 조성을 위한 방향을 수립함

(2) 충청남도 7개 도시 현황 조사

- 자료 수집
 - 각 도시들에 대하여 통계자료를 수집하였음

표 5 충청남도 7개 도시들에 대한 자료 수집

천안				공주			
입력항목				입력항목			
항목	단위	입력값	비고	항목	단위	입력값	비고
기본 입력자료				기본 입력자료			
대상지명:		천안		대상지명:		공주	
인구수	명	551,423		인구수	명	126,542	
GRDP	백만원	14,895,322		GRDP	백만원	2,117,819	
총면적	m2	636,210,000		총면적	m2	940,360,000	
재정자립도	%	52.5		재정자립도	%	18.5	
유수지 면적	m2	41,712		유수지 면적	m2	-	
에너지 소비				에너지 소비			
전력사용량	MWh	703,833	추산	전력사용량	MWh	161,517	추산
도시가스 판매량	1000 m3	256,905	추산	도시가스 판매량	1000 m3	58,955	추산
프로판가스 판매량	ton	46,360	추산	프로판가스 판매량	ton	10,639	추산
부탄가스	ton	132,857	추산	부탄가스	ton	30,488	추산
신재생에너지 사용량	kWh	1,260.9	추산	신재생에너지 사용량	kWh	497.7	추산
물사용				물사용			
1인1일 물 사용량	Lpcd	325		1인1일 물 사용량	Lpcd	289	
급수 사용량 (유수수량)	m3	68,856,077		급수 사용량 (유수수량)	m3	7,449,000	
상수도 누수율	%	7.60		상수도 누수율	%	4.90	
단위면적당(km2) 물 재이용량	천톤/년	2,289		단위면적당(km2) 물 재이용량	천톤/년	3,383	
단위면적당 용수 공급용 저수용량	1000 m3	776		단위면적당 용수 공급용 저수용량	1000 m3	1326	
하수도 발생량				하수도 발생량			
하수 발생량	m3/일	163,471		하수 발생량	m3/일	34,154	
폐수 발생량	m3/일	101,222		폐수 발생량	m3/일	5,238	
폐수 방류량	m3/일	77,603		폐수 방류량	m3/일	5,170	
유기물질 부하량-발생	kg/일	67,497		유기물질 부하량-발생	kg/일	3,263	
유기물질 부하량-방류	kg/일	1,649		유기물질 부하량-방류	kg/일	30	
폐기물				폐기물			
폐기물 재활용량	ton/일	379		폐기물 재활용량	ton/일	58	
폐기물 발생량	ton/일	658		폐기물 발생량	ton/일	114	
토지이용				토지이용			
녹지면적	m2	94,041,000		녹지면적	m2	51,138,000	
관리되는 토지율	%	46.0	추산	관리되는 토지율	%	46.0	추산
대기오염 배출량				대기오염 배출량			
CO 배출량-주거난방외	kg	1,376,170.0		CO 배출량-주거난방외	kg	337,191.0	
CO 배출량-산업배출	kg	304,508.0		CO 배출량-산업배출	kg	24,529.0	
SOx 배출량-주거난방외	kg	439,341.0		SOx 배출량-주거난방외	kg	204,055.0	
SOx 배출량-산업배출	kg	1,125,980.0		SOx 배출량-산업배출	kg	121,847.0	
NOx 배출량-주거난방외	kg	978,503.0		NOx 배출량-주거난방외	kg	216,496.0	
NOx 배출량-산업배출	kg	2,066,200.0		NOx 배출량-산업배출	kg	205,856.0	
PM10 배출량-주거난방외	kg	26,213.4		PM10 배출량-주거난방외	kg	12,150.9	
PM10 배출량-산업배출	kg	29,517.1		PM10 배출량-산업배출	kg	4,070.5	
VOC 배출량-주거난방외	kg	32,265.9		VOC 배출량-주거난방외	kg	4,158.4	
VOC 배출량-산업배출	kg	9,328,210.0		VOC 배출량-산업배출	kg	754,692.0	
CO2 배출량	1000 ton	10,173.7	추산	CO2 배출량	1000 ton	2,334.7	추산
대기오염도				대기오염도			
오존 농도	ppmV	0.0297		오존 농도	ppmV	0.0329	
미세먼지 농도	µg/m3	26.3663		미세먼지 농도	µg/m3	22.6192	
가스상 NOx 농도	ppmV	0.0163		가스상 NOx 농도	ppmV	0.0117	
가스상 SOx 농도	ppmV	0.0043		가스상 SOx 농도	ppmV	0.0033	
입자상 NOx 농도	µg/m3	4.1318		입자상 NOx 농도	µg/m3	4.1371	
입자상 SOx 농도	µg/m3	4.4649		입자상 SOx 농도	µg/m3	4.2393	
재난에 의한 피해				재난에 의한 피해			
호우에 의한 피해액	천원	26,585,844		호우에 의한 피해액	천원	7,551,624	
태풍에 의한 피해액	천원	8,308,055		태풍에 의한 피해액	천원	2,276,638	
강풍에 의한 피해액	천원	15,000		강풍에 의한 피해액	천원	12,187	
대설에 의한 피해액	천원	5,326,845		대설에 의한 피해액	천원	67,106,832	

보령			
입력항목			
항목	단위	입력값	비고
기본 입력자료			
대상지명:		보령	
인구수	명	108,141	
GRDP	백만원	2,196,171	
총면적	m2	568,990,000	
재정자립도	%	23.7	
유수지 면적	m2	9,144	
에너지 소비			
전력사용량	MWh	138,030	추산
도시가스 판매량	1000 m3	50,382	추산
프로판가스 판매량	ton	9,092	추산
부탄가스	ton	26,055	추산
신재생에너지 사용량	kWh	203.0	추산
물사용			
1인1일 물 사용량	Lpcd	304	
급수 사용량 (유수수량)	m3	6,924,548	
상수도 누수율	%	13.60	
단위면적당(km2) 물 재이용량	천톤/년	2,047	
단위면적당 용수 공급용 저수용량	1000 m3	893	
하수도 발생량			
하수 발생량	m3/일	42,520	
폐수 발생량	m3/일	10,497	
폐수 방류량	m3/일	6,080	
유기물질 부하량-발생	kg/일	999	
유기물질 부하량-방류	kg/일	58	
폐기물			
폐기물 재활용량	ton/일	35	
폐기물 발생량	ton/일	85	
토지이용			
녹지면적	m2	16,056,000	
관리되는 토지율	%	46.0	추산
대기오염 배출량			
CO 배출량-주거난방외	kg	273,137.0	
CO 배출량-산업배출	kg	4,094,290.0	
SOx 배출량-주거난방외	kg	142,612.0	
SOx 배출량-산업배출	kg	3,223,150.0	
NOx 배출량-주거난방외	kg	163,998.0	
NOx 배출량-산업배출	kg	60,290,400.0	
PM10 배출량-주거난방외	kg	7,207.1	
PM10 배출량-산업배출	kg	990,465.0	
VOC 배출량-주거난방외	kg	3,525.9	
VOC 배출량-산업배출	kg	1,346,140.0	
CO2 배출량	1000 ton	1,995.2	추산
대기오염도			
오존 농도	ppmV	0.0380	
미세먼지 농도	µg/m3	19.2453	
가스상 NOx 농도	ppmV	0.0063	
가스상 SOx 농도	ppmV	0.0023	
입자상 NOx 농도	µg/m3	4.1222	
입자상 SOx 농도	µg/m3	3.9760	
재난에 의한 피해			
호우에 의한 피해액	천원	7,329,969	
태풍에 의한 피해액	천원	7,227,620	
강풍에 의한 피해액	천원	438,734	
대설에 의한 피해액	천원	7,504,378	

아산			
입력항목			
항목	단위	입력값	비고
기본 입력자료			
대상지명:		아산	
인구수	명	246,324	
GRDP	백만원	15,355,946	
총면적	m2	542,160,000	
재정자립도	%	49.5	
유수지 면적	m2	221,695	
에너지 소비			
전력사용량	MWh	337,381	추산
도시가스 판매량	1000 m3	123,147	추산
프로판가스 판매량	ton	22,223	추산
부탄가스	ton	63,685	추산
신재생에너지 사용량	kWh	228.4	추산
물사용			
1인1일 물 사용량	Lpcd	331	
급수 사용량 (유수수량)	m3	21,318,000	
상수도 누수율	%	16.20	
단위면적당(km2) 물 재이용량	천톤/년	1,951	
단위면적당 용수 공급용 저수용량	1000 m3	903	
하수도 발생량			
하수 발생량	m3/일	44,386	
폐수 발생량	m3/일	104,528	
폐수 방류량	m3/일	77,107	
유기물질 부하량-발생	kg/일	48,435	
유기물질 부하량-방류	kg/일	253	
폐기물			
폐기물 재활용량	ton/일	40,946	
폐기물 발생량	ton/일	86,931	
토지이용			
녹지면적	m2	41,890,000	
관리되는 토지율	%	46.0	추산
대기오염 배출량			
CO 배출량-주거난방외	kg	600,145.0	
CO 배출량-산업배출	kg	210,663.0	
SOx 배출량-주거난방외	kg	201,893.0	
SOx 배출량-산업배출	kg	740,138.0	
NOx 배출량-주거난방외	kg	378,062.0	
NOx 배출량-산업배출	kg	1,463,390.0	
PM10 배출량-주거난방외	kg	12,179.5	
PM10 배출량-산업배출	kg	26,578.2	
VOC 배출량-주거난방외	kg	10,367.8	
VOC 배출량-산업배출	kg	6,694,150.0	
CO2 배출량	1000 ton	4,876.7	추산
대기오염도			
오존 농도	ppmV	0.0325	
미세먼지 농도	µg/m3	24.2332	
가스상 NOx 농도	ppmV	0.0126	
가스상 SOx 농도	ppmV	0.0036	
입자상 NOx 농도	µg/m3	4.0844	
입자상 SOx 농도	µg/m3	4.3164	
재난에 의한 피해			
호우에 의한 피해액	천원	10,162,292	
태풍에 의한 피해액	천원	13,593,450	
강풍에 의한 피해액	천원	182,400	
대설에 의한 피해액	천원	4,243,653	

서산 입력항목				논산 입력항목			
항목	단위	입력값	비고	항목	단위	입력값	비고
기본 입력자료				기본 입력자료			
대상지명:		서산		대상지명:		논산	
인구수	명	161,238		인구수	명	129,597	
GRDP	백만원	7,812,233		GRDP	백만원	2,018,570	
총면적	m2	740,550,000		총면적	m2	554,850,000	
재정자립도	%	34.5		재정자립도	%	18.299	
유수지 면적	m2	-		유수지 면적	m2	32,556	
에너지 소비				에너지 소비			
전력사용량	MWh	205,803	추산	전력사용량	MWh	165,417	추산
도시가스 판매량	1000 m3	75,120	추산	도시가스 판매량	1000 m3	60,379	추산
프로판가스 판매량	ton	13,556	추산	프로판가스 판매량	ton	10,896	추산
부탄가스	ton	38,848	추산	부탄가스	ton	31,224	추산
신재생에너지 사용량	kWh	1,098.0	추산	신재생에너지 사용량	kWh	297.3	추산
물사용				물사용			
1인1일 물 사용량	Lpcd	286		1인1일 물 사용량	Lpcd	322	
급수 사용량 (유수수량)	m3	11,246,000		급수 사용량 (유수수량)	m3	9,016,799	
상수도 누수율	%	13.70		상수도 누수율	%	12.10	
단위면적당(km2) 물 재이용량	천톤/년	2,665		단위면적당(km2) 물 재이용량	천톤/년	1,996	
단위면적당 용수 공급용 저수용량	1000 m3	22261		단위면적당 용수 공급용 저수용량	1000 m3	877	
하수도 발생량				하수도 발생량			
하수 발생량	m3/일	36,034		하수 발생량	m3/일	41,517	
폐수 발생량	m3/일	32,686		폐수 발생량	m3/일	3,464	
폐수 방류량	m3/일	28,277		폐수 방류량	m3/일	2,358	
유기물질 부하량-발생	kg/일	15,689		유기물질 부하량-발생	kg/일	2,228	
유기물질 부하량-방류	kg/일	219		유기물질 부하량-방류	kg/일	51	
폐기물				폐기물			
폐기물 재활용량	ton/일	84		폐기물 재활용량	ton/일	74	
폐기물 발생량	ton/일	170		폐기물 발생량	ton/일	145	
토지이용				토지이용			
녹지면적	m2	108,196,000		녹지면적	m2	39,890,000	
관리되는 토지율	%	46.0	추산	관리되는 토지율	%	46.0	추산
대기오염 배출량				대기오염 배출량			
CO 배출량-주거난방외	kg	399,304.0		CO 배출량-주거난방외	kg	352,010.0	
CO 배출량-산업배출	kg	1,984,190.0		CO 배출량-산업배출	kg	10,621.4	
SOx 배출량-주거난방외	kg	324,177.0		SOx 배출량-주거난방외	kg	222,962.0	
SOx 배출량-산업배출	kg	7,935,850.0		SOx 배출량-산업배출	kg	114,475.0	
NOx 배출량-주거난방외	kg	294,145.0		NOx 배출량-주거난방외	kg	233,892.0	
NOx 배출량-산업배출	kg	4,571,020.0		NOx 배출량-산업배출	kg	105,702.0	
PM10 배출량-주거난방외	kg	15,505.3		PM10 배출량-주거난방외	kg	14,722.5	
PM10 배출량-산업배출	kg	52,206.9		PM10 배출량-산업배출	kg	3,349.5	
VOC 배출량-주거난방외	kg	6,401.0		VOC 배출량-주거난방외	kg	4,524.5	
VOC 배출량-산업배출	kg	20,792,200.0		VOC 배출량-산업배출	kg	974,194.0	
CO2 배출량	1000 ton	2,974.8	추산	CO2 배출량	1000 ton	2,391.0	추산
대기오염도				대기오염도			
오존 농도	ppmV	0.0384		오존 농도	ppmV	0.0331	
미세먼지 농도	µg/m3	19.5718		미세먼지 농도	µg/m3	22.1727	
가스상 NOx 농도	ppmV	0.0060		가스상 NOx 농도	ppmV	0.0107	
가스상 SOx 농도	ppmV	0.0022		가스상 SOx 농도	ppmV	0.0036	
입자상 NOx 농도	µg/m3	4.1788		입자상 NOx 농도	µg/m3	4.3217	
입자상 SOx 농도	µg/m3	3.9689		입자상 SOx 농도	µg/m3	4.2880	
재난에 의한 피해				재난에 의한 피해			
호우에 의한 피해액	천원	3,592,407		호우에 의한 피해액	천원	7,028,670	
태풍에 의한 피해액	천원	42,695,664		태풍에 의한 피해액	천원	8,321	
강풍에 의한 피해액	천원	91,768		강풍에 의한 피해액	천원	214,858	
대설에 의한 피해액	천원	1,237,791		대설에 의한 피해액	천원	98,728,480	

계통 입력항목			
항목	단위	입력값	비고
기본 입력자료			
대상지명:		계통	
인구수	명	42,941	
GRDP	백만원	402,490	
총면적	m2	60,740,000	
재정자립도	%	21.2	
유수지 면적	m2	2,049	
에너지 소비			
전력사용량	MWh	54,810	추산
도시가스 판매량	1000 m3	20,006	추산
프로판가스 판매량	ton	3,610	추산
부탄가스	ton	10,346	추산
신재생에너지 사용량	kWh	174.0	추산
물사용			
1인1일 물 사용량	Lpcd	235	
급수 사용량 (유수수량)	m3	3,225,163	
상수도 누수율	%	2.60	
단위면적당(km2) 물 재이용량	천톤/년	219	
단위면적당 용수 공급용 저수용량	1000 m3	116	
하수도 발생량			
하수 발생량	m3/일	15,817	
폐수 발생량	m3/일	243	
폐수 방류량	m3/일	212	
유기물질 부하량-발생	kg/일	16	
유기물질 부하량-방류	kg/일	2	
폐기물			
폐기물 재활용량	ton/일	18	
폐기물 발생량	ton/일	32	
토지이용			
녹지면적	m2	45,210,000	
관리되는 토지율	%	46.0	추산
대기오염 배출량			
CO 배출량-주거난방외	kg	83,717.3	
CO 배출량-산업배출	kg	1,537.5	
SOx 배출량-주거난방외	kg	24,869.7	
SOx 배출량-산업배출	kg	1,296.6	
NOx 배출량-주거난방외	kg	60,129.9	
NOx 배출량-산업배출	kg	5,872.3	
PM10 배출량-주거난방외	kg	1,472.8	
PM10 배출량-산업배출	kg	111.3	
VOC 배출량-주거난방외	kg	2,111.4	
VOC 배출량-산업배출	kg	13,213.0	
CO2 배출량	1000 ton	792.3	추산
대기오염도			
오존 농도	ppmV	0.0319	
미세먼지 농도	µg/m3	23.1085	
가스상 NOx 농도	ppmV	0.0126	
가스상 SOx 농도	ppmV	0.0037	
입자상 NOx 농도	µg/m3	4.2624	
입자상 SOx 농도	µg/m3	4.3307	
재난에 의한 피해			
호우에 의한 피해액	천원	3,008,267	
태풍에 의한 피해액	천원	4,860,223	
강풍에 의한 피해액	천원	43,397	
대설에 의한 피해액	천원	4,273,914	

2.3 충청남도 주요 도시의 녹색도시 조성 시나리오 분석

(1) 시나리오 분석 도시 선정

○ 충청남도 7개 도시 중 천안시를 대상으로 녹색도시 시나리오 조성

○ 방법

□ 녹색도시 조성을 위한 녹색기술 도입 시나리오 작성.

□ 관련 녹색기술들의 효과성에 대한 평가를 통해 시나리오 도입 전후를 비교분석, 녹색도시 조성에 대한 기여도를 정량적으로 제시.

○ 시나리오 작성

□ 현재 개발된 다양한 녹색기술 혹은 정책들을 모두 반영하여 시나리오를 작성할 수 없기에, 도시재생 사업에서 현재 Testbed를 추진 중인 녹색기술들을 활용하여 시나리오 분석을 수행함.

□ 본 연구에서의 시나리오 작성은 녹색도시 조성을 위한 사업 검토 시 녹색 사업의 효과성을 정량적으로 도출하고 비교분석의 사례로서 제시함. 본 시나리오 분석 결과를 실제 현장에 적용하고자 할 경우 보다 세부적인 분석 및 자료수집이 요구됨.

○ 시나리오 적용 녹색기술 세부 설명

□ 현재 기 개발되어 있거나 개발 중인 녹색기술은 셀 수 없이 많으나, 본 연구는 수많은 녹색기술들 중 현재 국토해양부 도시재생사업²⁾ Test bed를 통해 현장 적용 중인 녹색기술들에 대한 정보를 활용하여 시나리오를 작성하고자 함.

2) 도시재생 사업에 대한 보다 상세한 내용은 도시재생R&D사업단 (<http://www.kourc.or.kr>) 웹페이지 혹은 “박희경 외(2010, 도시재생사업 4핵심과제: 성능환경복원기술 개발- 4차년도 진도보고서, 대한주택공사, 국토해양부”를 참조 바람.

□ 적용 가능한 녹색기술³⁾

■ 도시재생 사업에서 추진하고 있는 녹색기술들은 “그린단지 시스템”으로 통합되어 상호 연계하여 운영되도록 구성되어 있음. 그린단지 시스템기술은 (1) 도시의 지구 및 단지를 대상으로 물리적으로 도시의 인프라를 재생시키며, (2) 실질적으로 주민자력 도시재생이 가능하도록 기반기술을 제공하고, (3) 도시개발에서 다소 소외되기 쉬운 노후 주거지 혹은 쇠퇴상가지역의 주민들에게 도시재생으로 인해 주거 및 생활복지 증진·경제 활성화로 인한 혜택을 누릴 수 있도록 하는 시스템 기술임.

■ 구체적으로 “그린단지 시스템”은 도시에서 물, 지하수, 우수, 유기성 폐기물 등을 통합한 시스템임. “그린단지 시스템”의 구성 요소기술은 대표적으로, (1) 그린박스(유기성 폐기물 자원화 기술), (2) 그린 하마 기술 (우수재생을 위한 무막힘 우수 블록 기술), 우수정화 시설 재생기술 (재생용수 생산 기술), (4) 도시 농장 기술(재생용수, 재생 에너지, 재생 비료등을 활용하여 도시농업을 추진하는 기술)이 있음. 또한 이들 기술들을 비전문가도 쉽게 운용할 수 있기 위해서 그린단지 시스템(총괄 및 요소기술)·녹색도시 마스터플랜 매뉴얼, 웹기반 녹색도시 평가 S/W 통합 패키지등을 제공함.

3) 보다 자세한 내용은 [부록1 그린단지 시스템 소개]를 참조.

3. 충청남도 7개 시 도시 인프라 녹색지표 현황 및 시나리오 분석

3.1 충청남도 7개 도시 인프라 녹색지표 현황

○ 평가 결과

- 충청남도 7개 도시(천안, 공주, 보령, 아산, 서산, 논산, 계룡)에 대한 평가를 수행하였음.

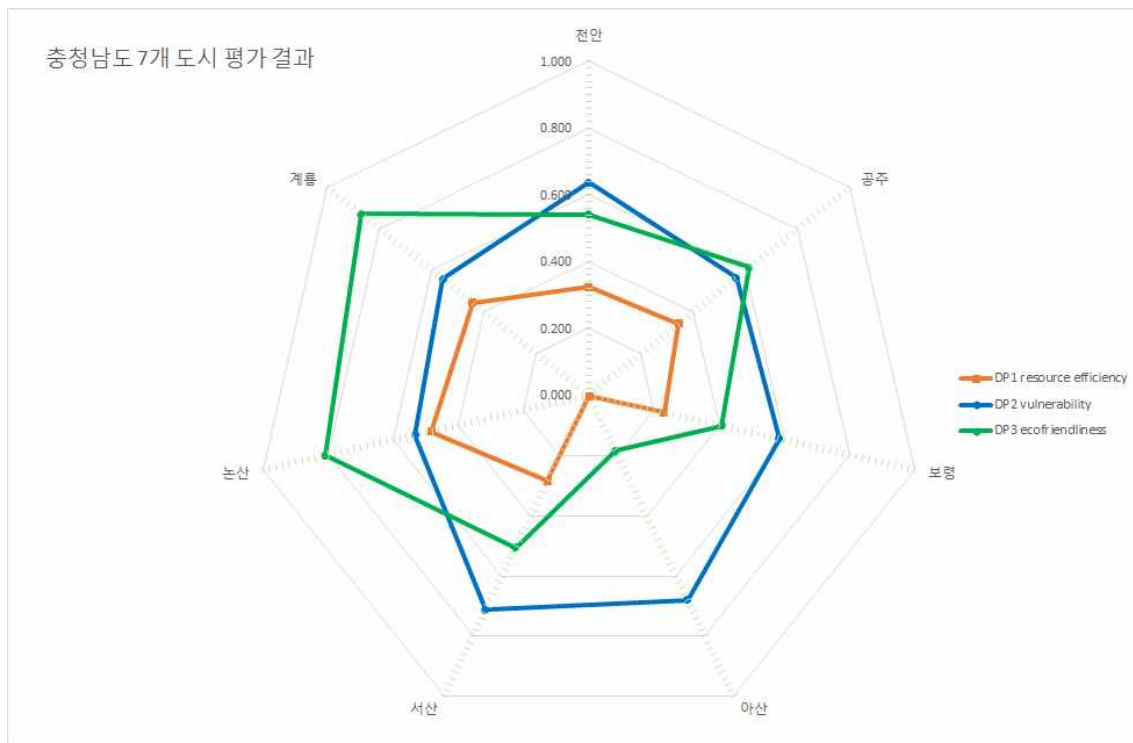


그림 5 충청남도 7개 도시 평가결과

- 평가 값은 분석의 용이성을 위해 Rescore 기법을 활용하여 0 ~ 1.0사이의 상대값으로 환산하였음.
- 평가 결과 도출되는 spider-map은 자원이용 효율성(DP1 Resource efficiency), 취약성(DP2 Vulnerability), 친환경성(DP3 Ecofriendliness) 측면에서 평가 대상이 되는 도시 인프라가 얼마나 녹색도시 구성에 기여하는지 제시함 (각각의 평가결과는 높을수

록 좋은 것을 의미함⁴⁾)

- 충청남도에 대한 평가결과와 국내 광역시 (서울, 부산, 인천, 대전, 광주, 대구, 울산)의 평균값을 함께 제시하여 비교를 위한 자료로 활용하였음.
- 종합적으로 7개 도시의 자원이용 효율은 광역시 및 충청남도 평균에 미치지 못하고 있으며, 취약성은 유사함. 또한 친환경성은 계룡시 및 논산시를 제외한 나머지 도시들은 광역시의 평균에 미치지 못하였음.
- 세부적으로 7개 도시 중 아산시가 취약성 및 자원이용 효율 측면에서 가장 취약한 것으로 평가되었으며, 계룡시와 논산시가 친환경성 측면에서 가장 우수한 평가를 받았음.

○ 녹색지표 현황 분석

□ DP1 Resource Efficiency

- 자원이용 효율 측면에서 7개 도시는 충청남도 전체와 광역시 평균보다 낮은 값을 보임.
- 7개 도시 중 아산시가 가장 낮은 값을 보였으며, 논산시가 가장 높은 평가 결과를 보였음.
- 그 이유로서,
 - (1) 아산시는 물소비량, 자원 소비량, 신재생에너지 사용의 비율이 다른 도시들에 비해 상대적으로 낮고 상수도 누수율이 높음
 - (2) 논산시의 경우 에너지, 물, 자원의 소비량이 상대적으로 높고 물 재이용량 또한 높으며 상수도 누수가 가장 적은 것으로 나타나 자원 이용효율이 높다고 판단됨.
- 하지만 7개 도시 모두 광역시 평균에 미치지 못해 광역시 수준의 자원이용 효율을 달성하는 것을 1차적인 목표로 삼을 수 있음.

4) 취약성은 민감도(sensitivity)와 대응능력(adaptive capacity)을 나타내며, spider-map상 수치가 높을수록 취약하지 않음을 의미함.

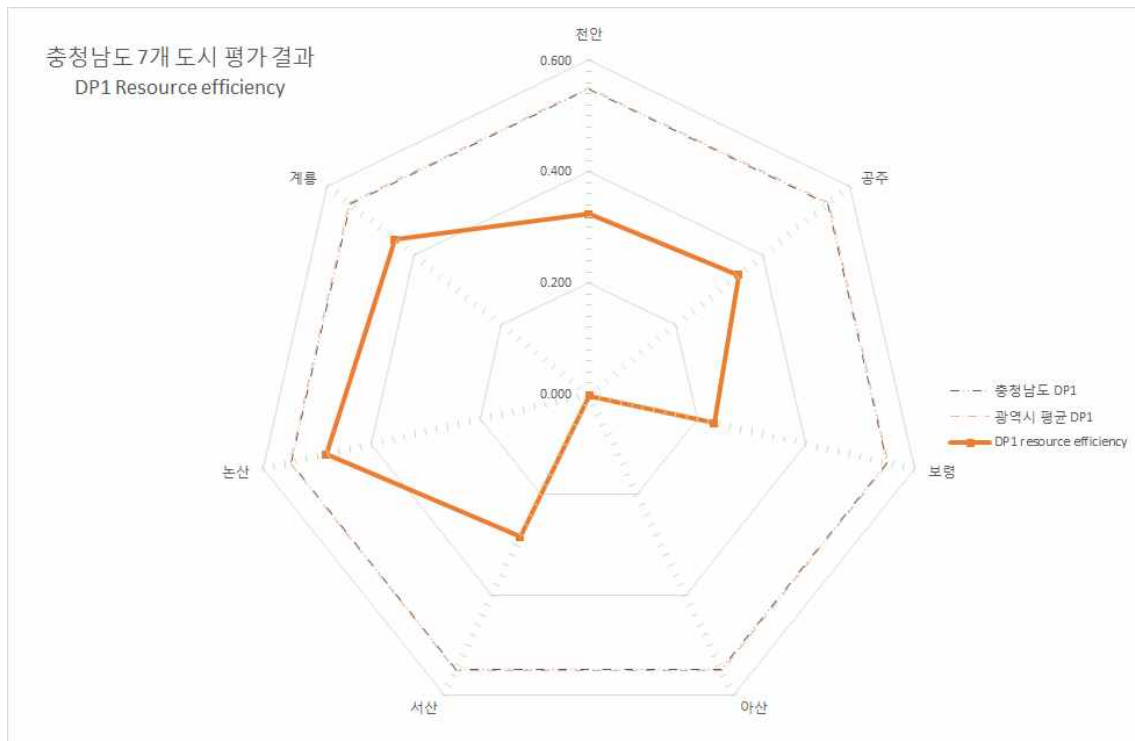


그림 6 DP1 Resource Efficiency 관련 평가결과

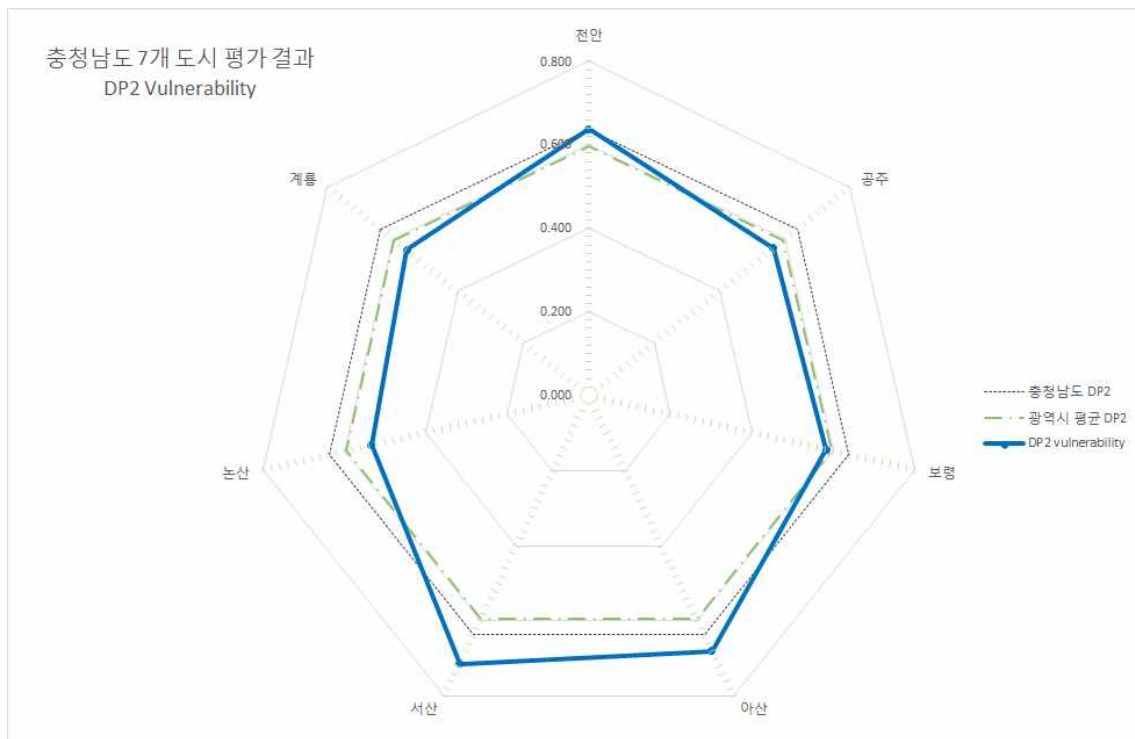


그림 7 DP2 Vulnerability에 대한 평가 결과

□ DP2 Vulnerability

- (외부 변동에 대한) 취약성의 경우 서산이 가장 높으며 논산이 가장 낮은 것으로 평가되었음.
- 서산의 경우 용수공급 능력이 7개 도시 중 가장 높고 전반적으로 취약성에 대처하기 위한 능력이 확보되어 가장 높은 평가 결과를 보였음.
- 반면 논산의 경우 자연재해에 의한 피해가 높으며 용수공급 능력과 재정자립도가 7개 도시 중 가장 낮아 극단적인 기후변화와 같은 외부 변동에 대처할 능력이 부족하다고 판단됨.
- 7개 도시 모두 광역시 수준을 달성했음을 확인할 수 있음. 이는 광역시에 비해 적은 인구를 바탕으로 외부 변동에 유연하게 대처할 수 있기에 가능한 것으로 판단됨.

□ DP3 Ecofriendliness

- 친환경성은 계룡시가 가장 높고 아산시가 가장 낮은 평가 결과를 보였음.
- 계룡시의 경우 1인당 폐기물, 폐수, 대기오염 물질의 배출이 가장 적은 것으로 확인되었으며 녹지율 또한 7개 도시 중 가장 높은 값을 보였음.
- 아산시의 경우 계룡시와 반대로, 폐기물, 폐수, 대기오염 물질의 배출이 가장 높은 것으로 평가되었음. 이는 아산시가 충청남도 주요 산업단지임을 고려할 때 공단으로부터의 방류 및 배출에 대한 규제가 강화되어야함을 시사함.
- 7개 도시 중 천안, 공주, 보령, 서산과 아산의 경우 광역시 평균보다 낮은 친환경성을 보였음. 아산시와 같이 특수한 경우 (공단 밀집 도시)를 제외하고 보았을 때 이들 도시에 추가적인 친환경 사업들이 요구됨.

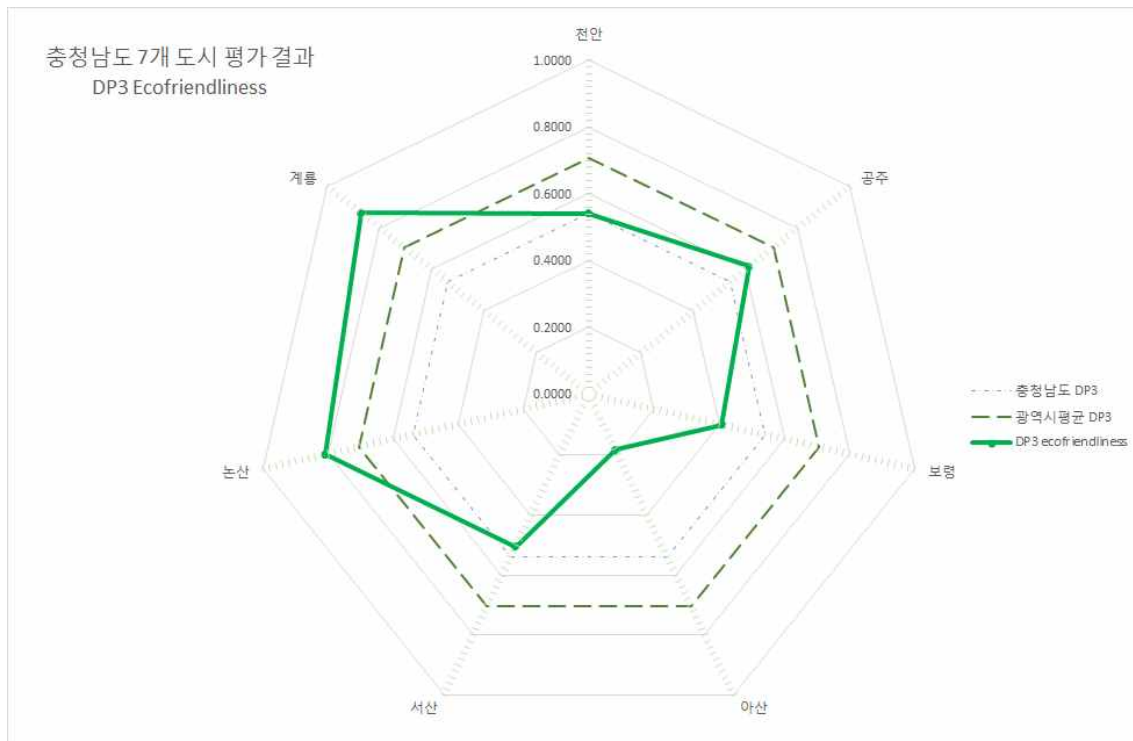


그림 8 DP3 Ecofriendliness에 대한 평가 결과

○ 도시별 평가결과

- 각 도시별 spider-map을 통해 현재 도시가 충청남도 및 광역시 평균에 비해 어떤 부문이 향상이 필요한지 직관적으로 알 수 있음⁵⁾.
- 일례로, 천안시의 경우 취약성 지수는 충청남도 및 광역시 평균과 유사하나 자원이용 효율 및 친환경성은 상대적으로 약세를 띄고 있음. 따라서 이 두 부문(취약성, 친환경성)에 대한 정책/사업을 우선적으로 추진하여야 함을 확인할 수 있음.
- 또한 계룡시와 같이 친환경성이 뛰어난 경우 친환경성에 대한 추가적인 노력없이 현 상태를 유지할 수 있도록 지속적으로 모니터링 할 필요가 있으며 다른 두 부문(자원이용 효율 및 취약성)에 대한 노력이 요구됨.

5) 본 연구에서 제시하는 도시별 평가 결과는 지자체들 자체적인 분석을 위함

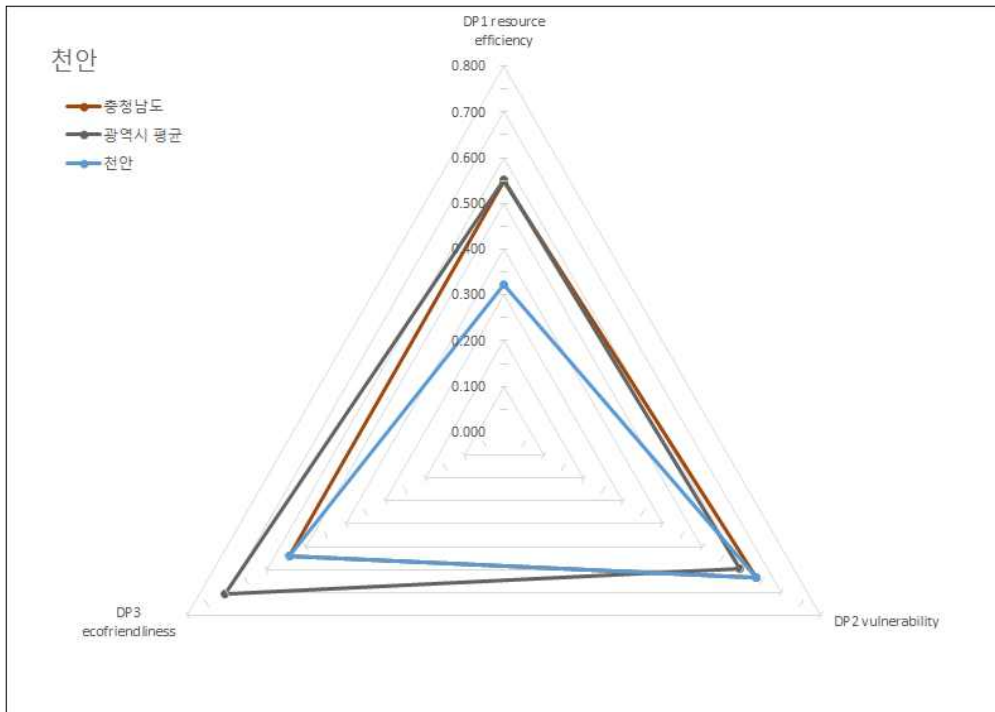


그림 9 천안시 평가 결과

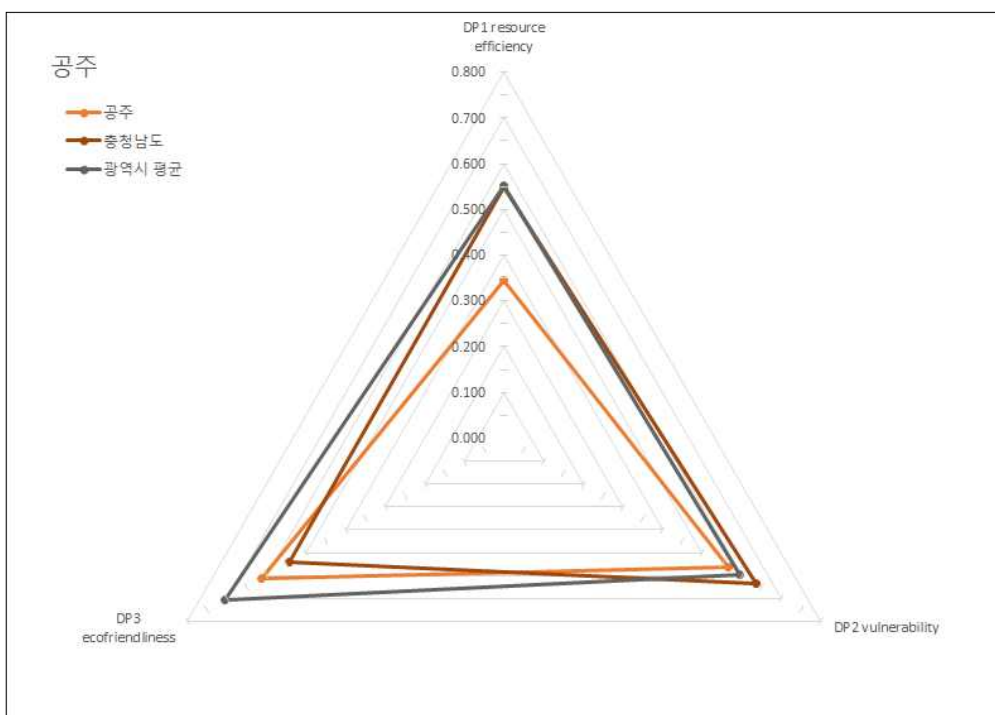


그림 10 공주시 평가 결과

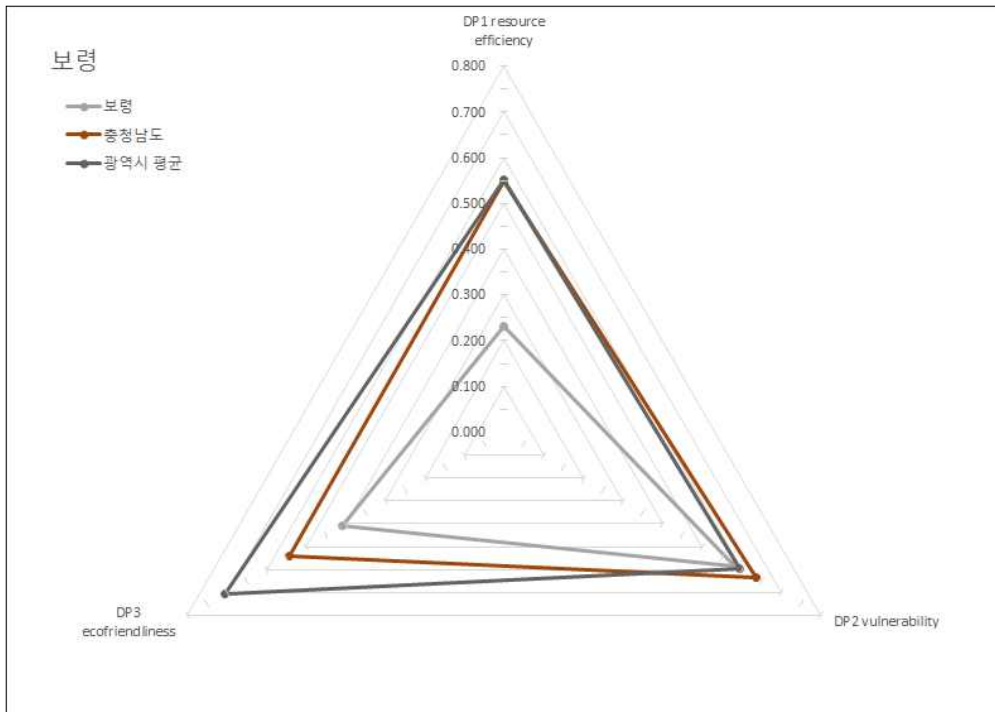


그림 11 보령시 평가 결과

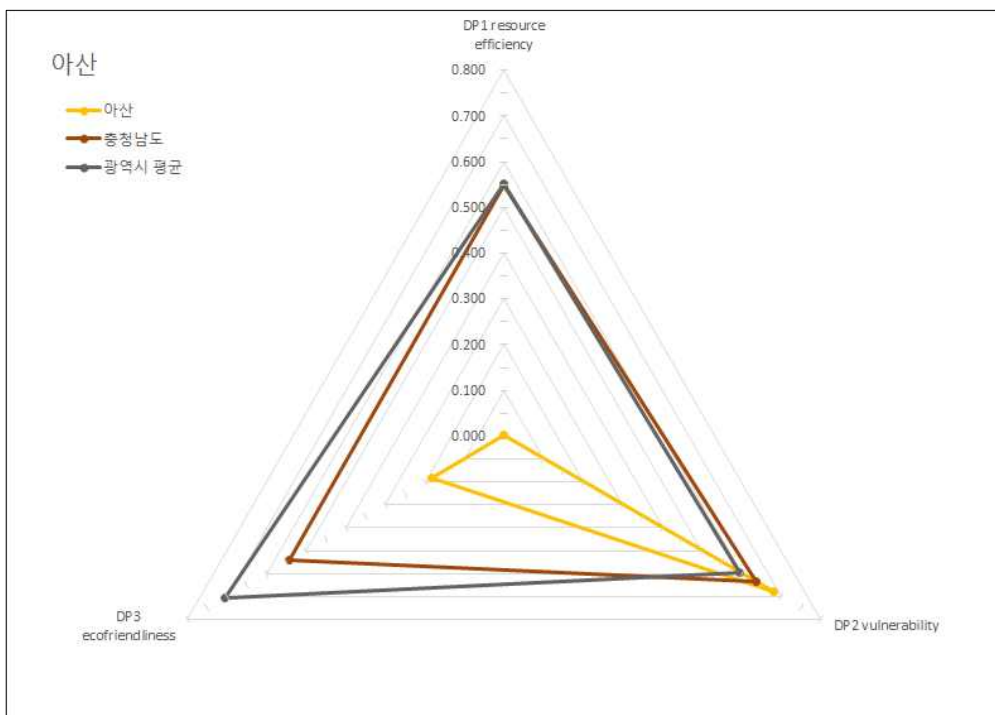


그림 12 아산시 평가 결과

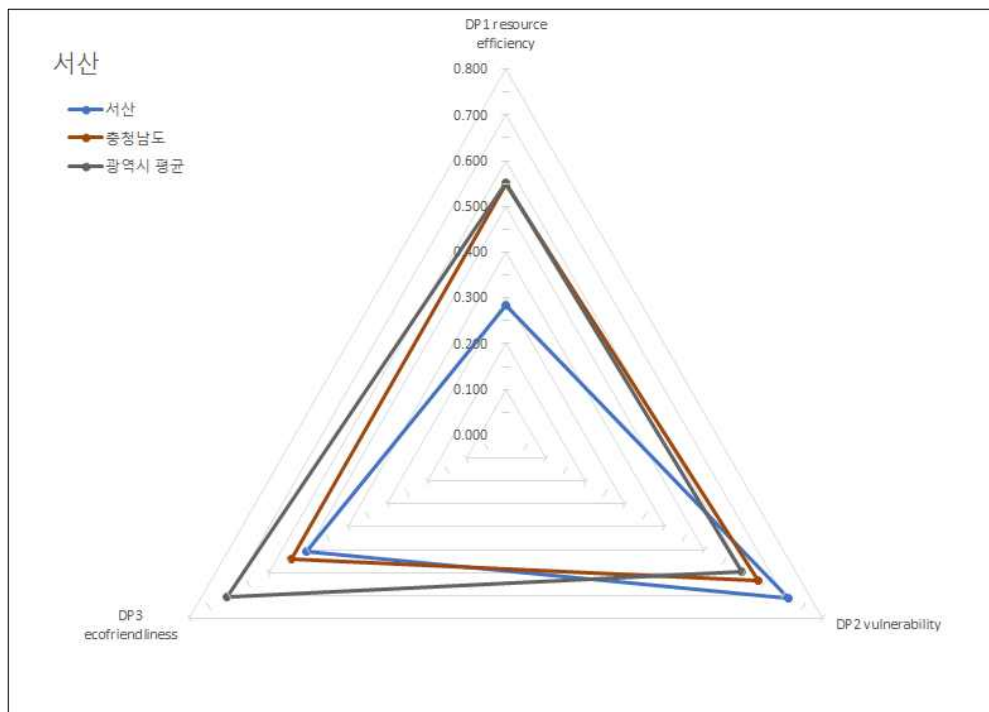


그림 13 서산시 평가 결과

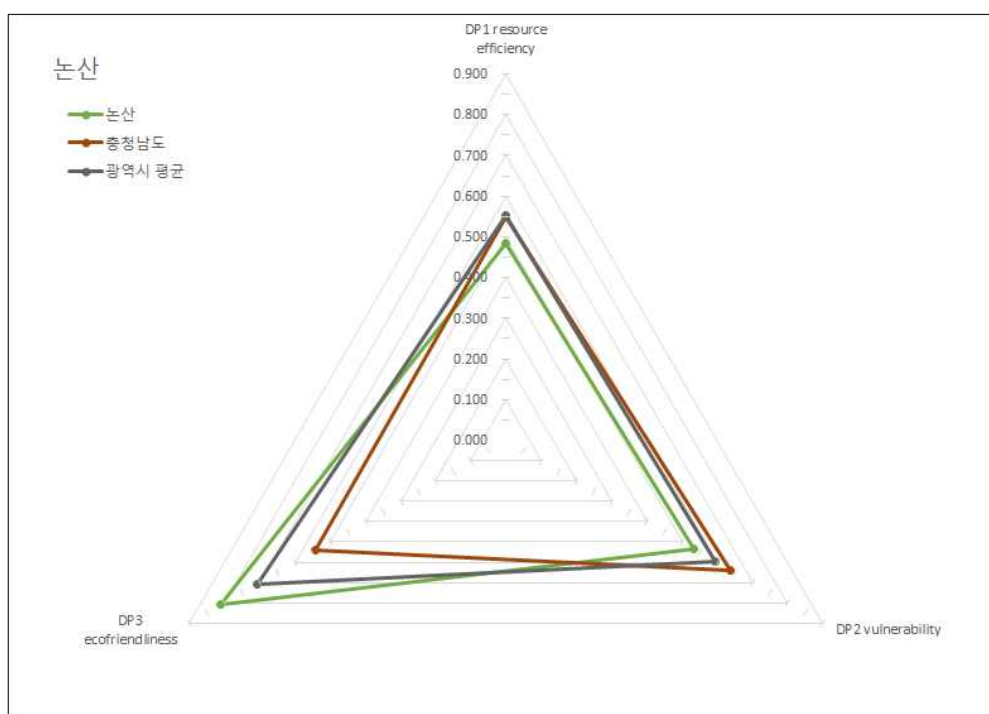


그림 14 논산시 평가 결과

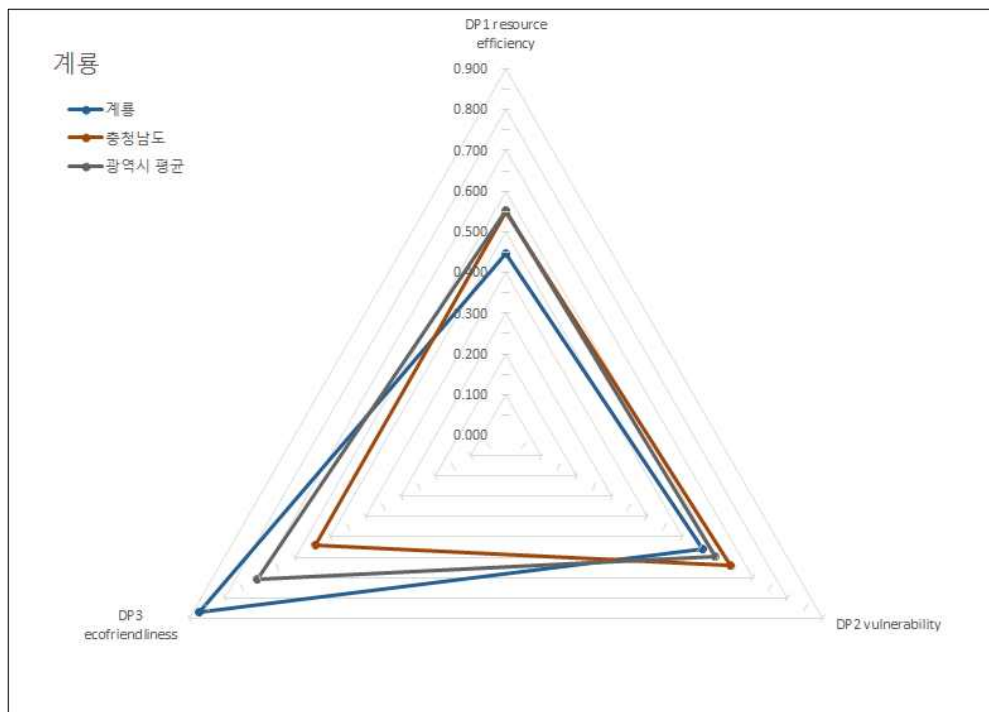


그림 15 계룡시 평가 결과

3.2 충청남도 주요 도시의 녹색도시 조성 시나리오 분석

○ 작성 시나리오

□ “그린단지 시스템” 도입

■ 천안시에 앞서 소개한 도시재생사업의 녹색기술들(“그린단지 시스템”)을 도시 전체에 적용한다고 가정함.

■ 적용되는 기술(그린박스, 그린하마, 오수정화시설 재생기술, 도시농장 기술)들을 통해 다음과 같은 효과를 기대할 수 있음:

- (1) 재생에너지 사용율 20% 향상 또는 전기에너지 5% 분담
- (2) 도시 우수 재이용율 20% 기술
- (3) 단지 내 물 재이용율 50% 및 도시 내 물 재이용율 20% 향상
- (4) 자원재이용율 30% 증가 및 주민 건강성 5% 증진

■ 상위 기술들의 향상 정도를 기반으로 천안시의 현황을 증진 시키는 시나리오 작성⁶⁾.

■ 시나리오:

- 전력 사용량 5% 감소 (유기성 폐기물 자원화를 통해 전량 전력 생산으로 가정)
- 신재생에너지 사용량 20% 증대
- 물사용량 20% 감소
- 물 재이용량 20% 증대
- 폐기물 재활용량 30% 증대
- 녹지면적 증대 (도시농장으로 인한 주민친화 녹지공간 조성. 본 연구에서는 총 면적의 10% 증대로 가정하였음)
- 탄소 배출량 감소 (배출원별 탄소 배출계수를 토대로 감소하는 전력 사용량, 물 사용량, 폐기물 발생량을 반영하였음)⁷⁾

6) 본 평가 시스템의 정확도를 높이기 위해서는 상대적인 수치가 아닌 각 항목별 절대 수치를 입력하는 것이 원칙임. 부득이한 경우 상대적 비율(%)을 활용하여 계산을 수행할 수 있으나, 계산상의 오류 가능성과 정확도가 떨어질 수 있음.

7) 다양한 국방부 직할부대 및 기관의 탄소 배출계수 중 대전충남 녹색연합의 배출 계수 활용, 출처: <http://blog.naver.com/ralpe98?Redirect=Log&logNo=130068761228>

표 6 천안시 시나리오 분석 입력 자료

항목	단위	입력값	비고	시나리오에 따른 변화량	시나리오에 따른 변화값
기본 입력자료					
대상지명:		천안			천안
인구수	명	551,423			551,423
GRDP	백만원	14,895,322			14,895,322
총면적	m2	636,210,000			636,210,000
재정자립도	%	52.5			53
유수지 면적	m2	41,712			41,712
에너지 소비		N/A			N/A
전력사용량	MWh	703,833	추산	-35191.65	668,641
도시가스 판매량	1000 m3	256,905	추산		256,905
프로판가스 판매량	ton	46,360	추산		46,360
부탄가스	ton	132,857	추산		132,857
신재생에너지 사용량	kWh	1,260.9	추산	252.18	1,513
물사용		N/A			N/A
1인1일 물 사용량	Lpcd	325		-65	260
급수 사용량 (유수수량)	m3	68,856,077		-13771215.4	55,084,862
상수도 누수율	%	7.60			8
단위면적당(km2) 물 재이용량	천톤/ 년	2,289		457.80	2,747
단위면적당 용수 공급용 저수용량	1000 m3	776			776
하수도 발생량		N/A			N/A
하수 발생량	m3/일	163,471			163,471
폐수 발생량	m3/일	101,222			101,222
폐수 방류량	m3/일	77,603			77,603
유기물질 부하량-발생	kg/일	67,497			67,497
유기물질 부하량-방류	kg/일	1,649			1,649
폐기물		N/A			N/A
폐기물 재활용량	ton/일	379		113.70	493
폐기물 발생량	ton/일	658			658
토지이용		N/A			N/A
녹지면적	m2	94,041,000		4,702,050	98,743,050
관리되는 토지율	%	46.0	추산		46
대기오염 배출량		N/A			N/A
CO 배출량-주거난방외	kg	1,376,170.0			1,376,170
CO 배출량-산업배출	kg	304,508.0			304,508
SOx 배출량-주거난방외	kg	439,341.0			439,341
SOx 배출량-산업배출	kg	1,125,980.0			1,125,980
NOx 배출량-주거난방외	kg	978,503.0			978,503
NOx 배출량-산업배출	kg	2,066,200.0			2,066,200
PM10 배출량-주거난방외	kg	26,213.4			26,213
PM10 배출량-산업배출	kg	29,517.1			29,517
VOC 배출량-주거난방외	kg	32,265.9			32,266
VOC 배출량-산업배출	kg	9,328,210.0			9,328,210
CO2 배출량	1000 ton	10,173.7	추산	-2208.359953	7,965

대기오염도		N/A			N/A
오존 농도	ppmV	0.0297			0.02968
미세먼지 농도	μg/m3	26.3663			26.36629
가스상 NOx 농도	ppmV	0.0163			0.01627
가스상 SOx 농도	ppmV	0.0043			0.00428
입자상 NOx 농도	μg/m3	4.1318			4.13177
입자상 SOx 농도	μg/m3	4.4649			4.46491
재난에 의한 피해		N/A			N/A
호우에 의한 피해액	천원	26,585,844			26,585,844
태풍에 의한 피해액	천원	8,308,055			8,308,055
강풍에 의한 피해액	천원	15,000			15,000
대설에 의한 피해액	천원	5,326,845			5,326,845

○ 시나리오 비교분석 결과

- 천안시의 현황 분석에서 확인한 바와 같이, 천안시는 자원이용 효율 부문을 우선적으로 향상 시킬 필요가 있는 것으로 확인되었음.
- 그린단지 시스템이 천안시 전체에 도입된다고 가정할 경우, 천안시에 대한 평가 결과는 다음과 같이 변화함.

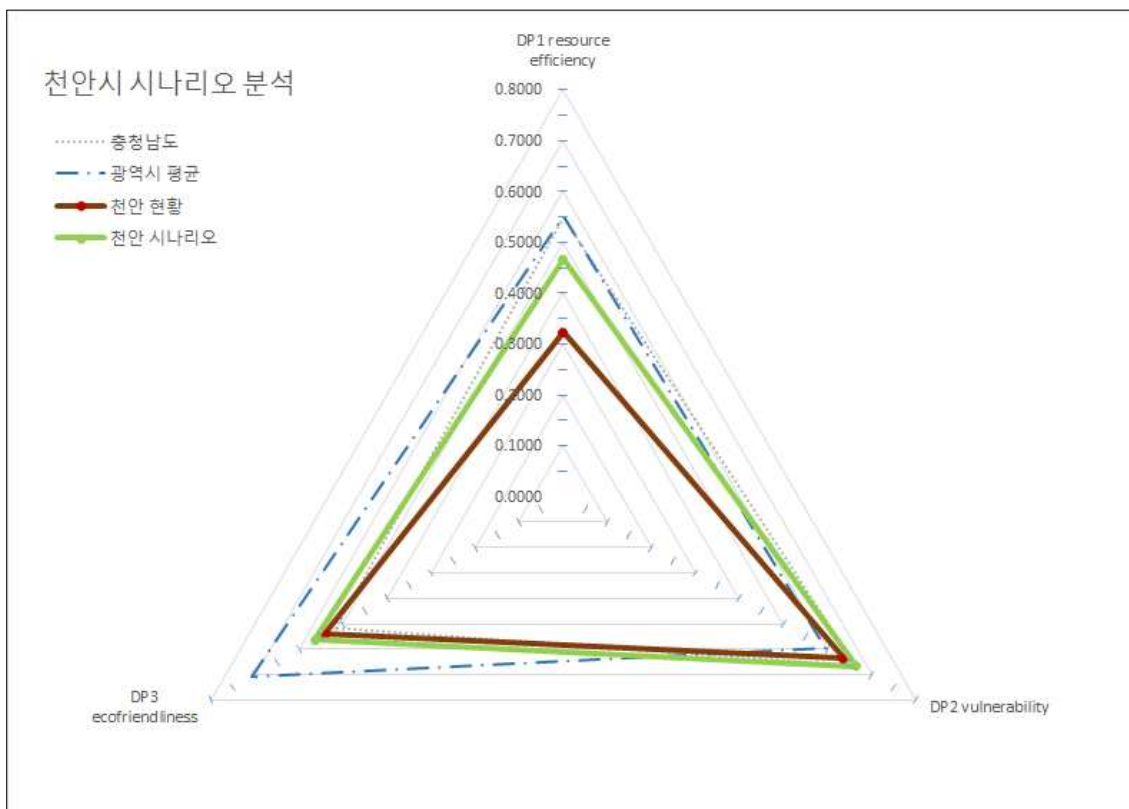


그림 16 천안시 시나리오 분석 결과

표 7 천안시 현황 및 시나리오 평가 결과

	DP1 Resource Efficiency	DP2 Vulnerability	DP3 Ecofriendliness
천안시 현황	0.323	0.637	0.541
천안시 시나리오	0.466	0.666	0.563
충청남도	0.549	0.663	0.516
광역시 평균	0.552	0.595	0.708

- 그린단지 시스템의 도입으로 인하여 자원이용 효율이 확연하게 향상되었으며 (약 44%) 이에 반해 취약성과 친환경성은 그 향상 정도가 크지 않음을 확인하였음 (각각 4.5%, 4%).
 - 이는 그린단지 시스템이 물질 재활용에 초점을 맞추어 물질대사의 순환율을 높이는 목적이 강함에서 나타나는 현상이라고 판단됨
 - 아울러 그린박스의 도입으로 인해 주거지역에서 난방 및 취사를 위한 화석 연료 사용이 줄게 되어 대기오염 배출량이 감소하고, 우수 시스템을 통해 미세먼지 또한 감소할 것으로 기대되는 부분을 고려하면 친환경성 측면에서 향상 정도가 더 클 것으로 예상됨.
- 시나리오의 적용을 통해서 우선적으로 향상되어야 할 자원이용효율 측면에서의 향상을 기대할 수 있으나, 이는 아직 광역시 평균에 미치지 못하기에 추가적인 대안이 적용되어야 함을 시사함.

4. 충청남도 녹색도시 조성 방향 수립

4.1 충청남도 7개 도시 녹색도시 현황 평가

○ 충청남도 7개 도시에 대한 현황 분석 결과, 평가 결과를 구성하고 있는 각 측면에 대하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있음.

- 자원이용효율성: 7개 도시 모두 광역시 대비 자원이용 효율이 낮음을 알 수 있음. 즉, 녹색도시를 추구함에 있어 우선적으로 자원이용 효율을 향상시켜야 할 필요가 있음.
- 취약성: 취약성의 평가 결과치가 높을수록 취약하지 않다는 것을 의미함. 취약성 측면에서 광역시 및 충청남도 평균에 미치지 못하는 도시들(공주, 논산, 계룡)의 경우 우선적으로 충청남도 및 광역시 평균을 달성할 수 있도록 추진해야 할 것으로 판단됨. 이미 광역시 평균과 유사하거나 상회하는 도시들(천안, 보령, 아산, 서산)은 다른 부문(자원이용 효율·친환경성 측면)을 향상시키면서 현 상태를 유지하고자 지속적으로 모니터링 해야 할 필요가 있음.
- 친환경성: 계룡시와 논산시의 경우 뛰어난 친환경성을 보였지만, 그 이외 도시들(천안, 공주, 보령, 아산, 서산)은 광역시 평균에 미치지 못하였음. 다시 말해 친환경성을 증진시키기 위한 노력이 요구됨.
- 7개 도시 중 특히 아산시의 경우 자원이용 효율, 친환경성 측면에서 가장 미흡한 수준임을 확인하였음. 그 이유로는 아산시가 공업단지가 밀집한 도시인 관계로 상대적으로 다른 도시보다 이러한 측면에서 불리한 점이 많다고 생각할 수 있음. 따라서 충청남도 전체를 고려해볼 때 최우선적으로 아산시의 자원이용효율, 친환경성을 향상시키기 위한 정책 및 사업을 추진해야한다고 판단됨.
- 아울러 각 도시별 분석을 통해 개개 도시 단위에서 자원이용효율, 취약성, 친환경성 측면을 비교하여 가장 취약한 부문을 우선적으로 증진시켜야 함. (예를 들어 천안시의 경우 취약성, 친환경성 보다 상대적으로 취약한 자원이용 효율 부문을 우선적으로 향상시켜야 할 것임)

4.2 주요 도시 녹색도시 조성 방향 수립 및 녹색 사업/기술/정책의 평가

- 본 연구의 평가 시스템의 시나리오 분석을 통해 녹색도시 조성을 위한 계획 및 정책 수립시 다음과 같은 결과를 도출할 수 있음:
 - 현황 분석을 통해 녹색도시 조성을 위한 방향을 수립할 수 있음: 현황 분석을 통해 가장 취약한 부문을 확인하고 이를 극복하기 위해 우선적으로 관련 녹색 사업/기술/정책을 도입하여 효율적으로 녹색도시를 수립할 수 있음.
 - 또한 녹색도시 조성을 위한 계획 수립 시 부문별(자원이용 효율, 취약성, 친환경성) 취약한 부문을 먼저 채워나가 체계적인 녹색도시 조성 전략을 수립할 수 있음.
 - 다양한 녹색 사업/기술/정책들의 평가를 통해 필요한 사업/기술/정책을 선별할 수 있으며, 정량적인 비교를 통해 유사한 사업간 비교분석이 용이해짐. 아울러 녹색 사업/기술/정책 간 조합을 통한 시너지 효과를 정량적으로 확인할 수 있음.

4.3 추가 고려 사항

- 본 연구에서 고려하지 못했으나 녹색도시 조성에 있어 유념해야 할 사항들이 다음과 같음:
 - 주민 편의에 대한 고려가 이루어져야 함: 주민 삶의 질 향상 또한 녹색도시 조성에 있어 하나의 속성(attribute)이기에 이에 대한 고려가 이루어져야 함 (본 연구에서 제시하는 평가 시스템의 추후 연구로 진행 중임)
 - 경제성 분석의 필요성: 본 연구의 평가 시스템은 녹색도시 조성을 위한 사업/정책/기술 평가시 고려되어야하는 경제적인 측면에 대한 고려가 이루어지지 않고 있음. 이는 본 평가 시스템과 별도로 경제성 분석이 이루어져야 함 (본 평가 시스템은 녹색도시 조성에 있어 기여도를 확인하는 목적으로 개발되었음. 따라서 가능성이 높은 대안들을 선별

한 후 추가적인 경제성 분석을 수행해야 실질적인 현장 적용이 가능함).

[부록 1]

그린단지시스템

□ 개요

그린단지시스템 기술은 쇠퇴한 도시의 지구 및 단지를 대상으로 물리적으로 도시의 인프라를 재생시키기도 하며, 실질적으로 주민자력 도시재생이 가능하도록 기반기술을 제공하고, 도시개발에서 다소 소외되기 쉬운 노후주거지 혹은 쇠퇴상가지역의 주민들에게 녹색기술을 통한 도시재생으로 인해 주거 및 생활복지 증진, 경제활성화로 인한 혜택을 최대한 누릴 수 있도록 하는 시스템 기술임

그린단지시스템은 기존 도시뿐만 아니라 신도시 건설 시 단지별로 인프라에 적용 가능하도록 설계됨

물은 오수와 우수, 지하수가 적정 처리되어 도시의 공공용수(도심 수변공간 유지용수, 청소용수, 도심 하천 유지용수 등)로 재이용되며, 통합적으로 순환·관리됨에 따라 단지 내 하수 무배출 및 재이용 극대화를 달성함

폐기물은 주로 단지에서 외부로 배출 및 처리되는 폐기물 중 유기성 폐기물(음식폐기물, 분뇨, 하수슬러지 등)을 대상으로 그린박스를 통해 바이오가스, 전기 및 액비를 생산하고 이를 단지 내 난방·전기 및 조경용 비료로 사용하게 되어 단지 내 폐기물 무배출 시스템을 가능하도록 구성함

또한, 재생용수와 재생에너지·재생비료를 활용하여 도시민의 건강을 증진시키고, 취약계층의 공공복지를 확충할 수 있는 도시농장 기술을 적용하여 추가 에너지의 사용 없이 주민자력에 의한 도시 재생이 가능하도록 기반 기술을 제공하게 됨

□ 핵심내용

『그린단지 시스템』은 도시에서 물, 지하수, 우수, 유기성 폐기물 등을 통합한 시스템. 도시환경 재생 및 자원화는 도심 재생용수 생산 시스템, 도시기하수 실시간 재생기술, 무막힘 우수블락 포장 및 우수구 기술, 도시 유기성 폐기물 재생 에너지화 기술(그린 박스) 등을 통해 재생산되는 에너지를 도시농장에서 재사용하는 연구임.

이러한 연구를 통해 물질순환 및 자원재이용을 극대화하여 부가가치를 창출하고 지역 소득을 증대시켜 지역경제 활성화와 그로인한 지역 주민 커뮤니티 강화를 기대할 수 있을 것임.

또한 환경오염과 온실가스 및 탄소배출 억제를 통해 에너지·환경·경제 위기를 극복하고 녹색성장을 통해 지속 가능한 도시를 조성하는데 일조함.

그린단지 시스템의 각 요소기술은 그린박스, 우수재생을 위한 무막힘 우수 블락 기술, 도시농장 기술, 오수정화시설 재생기술, 그린단지시스템 총괄 및 요소기술매뉴얼, 녹색도시 마스터플랜 매뉴얼, S/W의 웹기반 통합패키지 등이 있으며 각 요소기술은

통합매뉴얼을 통해 비전문가도 쉽게 운용 가능하도록 구성되어 있음.

□ 요소 기술

아이콘	그린단지시스템	적용 기술 내용	적용
	GUBS-Water 도심 재생용수	기존 개별 오수정화시설 재생을 통한 도심재생용수 생산 ▶ 하천 수량 및 수질 확보	 
	GUBS-Rainwater 무막힘우수블락	우수유입구, 보도, 운동장 등에 무막힘우수블락 기술 적용을 통해 비점 오염원관리 및 우수배수기능 향상, 우수재이용의 극대화 효과	 
	GUBS-Groundwater 지하수 재생, 사계절 건강지킴이	도심지역의 오염/유출 지하수를 정화하여 수자원으로, 지하수 열을 신재생 에너지로 활용 ▶ 사계절 건강 지킴이(지하수 활용 운동기구) 및 인체접촉가능 수변공간 활용	 
	GUBS-Greenbox 그린박스	도심에서 버려지는 도시유기성 폐기물(음식폐기물 등)을 악취제거가 가능한 그린박스에서 처리 ▶ 전기에너지, 바이오가스, 재생비료, 온수 생산	 
	GUBS-Agropark 도시 농업, 도시 농장, 테라피 농원, 생태연못, 테라피 로드	도시농업, 테라피농원, 생태연못, 테라피로드 등 (물질순환을 통한 자급 자족형 도시구축)	 
	GUBS-Energy 태양광에너지, 에너지수요관리	태양광에너지를 하루 종일 축적 ▶ 재생에너지로 변환하여 사용 ▶ 경제적 효과 에너지 수요관리 시스템의 적용으로 에너지 효율성 증진	 
	GUBS-Lifesafe 생활안전시스템	CCTV, 안전거울, 방범벨, 안전난간, 가로등, 보행등, 벽화 등의 설치로 안전성 보장 및 삶의 질 향상	 
	GUBS-Education 녹색 교육, 녹색 체험	그린단지 시스템 적용에 따른 녹색 교육 및 현장 체험을 통한 현장학습	 

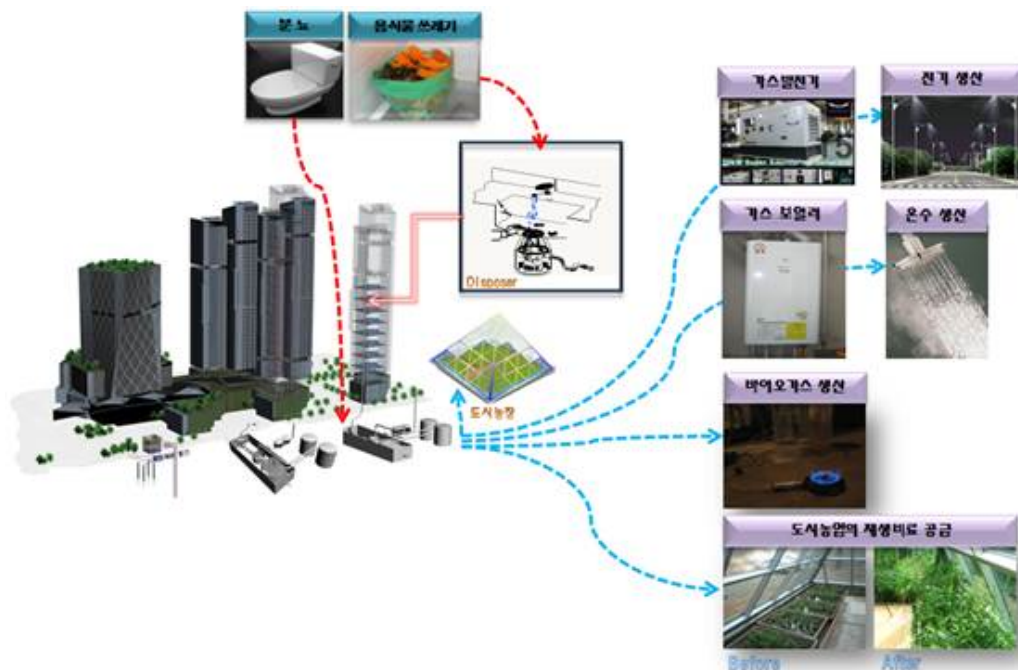
1.1 그린박스

□ 배경 및 개요

도시의 에너지 재이용을 및 그린에너지 생산 비율을 높이기 위하여, 도시 내에서 기존에 폐기물로 배출되는 유기물들을 자원화 할 필요가 있습니다. 또한 도시를 새로 계획할 경우 대규모 도시 유기성 폐기물의 자원화 시설 설치가 가능하나, 기존 도시에서는 여러 가지 문제(대규모 공간 확보, 냄새현상 등)의 발생으로 인해 소규모 시설의 설치가 불가피합니다.

이를 위하여 아파트 단지에 소규모로 적용되는 본 그린박스 시스템을 설치함으로써 유기성 폐기물을 유입할 경우 내부 시스템을 거쳐 바이오가스 발생이 가능하도록 하였습니다.

□ 개념도 및 절차도

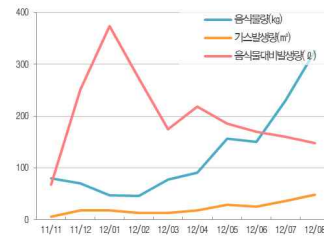


□ 내용

그린박스(Green box)를 활용해 도시의 유기성 폐기물(음식물쓰레기, 분뇨 등)① 로 재생자원(바이오에너지; 바이오가스, 전기, 온수, 재생비료)② 으로 재생산하게 됩니다.

수질검사 (단위:mg/l)		
검사 항목	Greenbox 유입수	Greenbox 유출수
COD	12825	106.50
TP	157.74	20.50
TN	273.38	129.92
SS	—	3.96

① 유입·유출수 분석



② 바이오가스 발생량



본 그린박스 시스템은 아파트 단지에 소규모로 적용되어 도심에 분산 설치가 가능합니다. 또한, 악취제거 시스템이 장착되어 있어 음식물 쓰레기, 분뇨 등의 악취를 효과적으로 제어하여 악취 문제를 해결하였습니다.

추가 에너지 공급 없이 내부온도유지가 가능해 비교적 고온을 유지해야하는 소화시설의 적정 온도 유지가 가능합니다.

조립형으로 설계되어 협소한 장소에도 설치가 가능하고, 현장상황에 따라 시스템을 유연하게 구축할 수 있습니다.

□ 차별성

내부 공정의 지식 없이 사용자가 도시 유기성 폐기물만 유입하면 재생에너지를 생산할 수 있는 'black-box' 시스템입니다.

악취제거 시스템 및 내부온도유지 시스템 등의 유지관리 시스템이 포함되어 있습니다. 소규모 조립형으로 어느 현장에서든지 적용 가능성이 높습니다.

□ 기대효과 ③

- 바이오가스, 전기에너지, 온수, 재생비료 생산으로 경제적 상승효과
- 탄소발생량 감축으로 녹색성장에 기여
- 폐기물 수거 불편감소 및 처리비용 절감
- 단지 내 재생에너지 사용률 20% 향상 또는 전기에너지 5% 분담



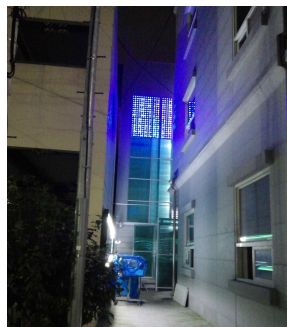
③ 전기에너지 활용



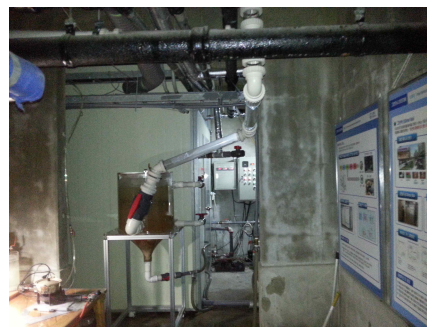
③ 바이오가스 활용

□ 적용사례

전주시 중앙시장 활성화 그린단지시스템④, 대전 문화주공 APT⑤ 등의 현장에 TB수립 후 그린박스를 적용하여 실효성을 검증하였습니다.



④ 전주 중앙시장 그린박스 적용



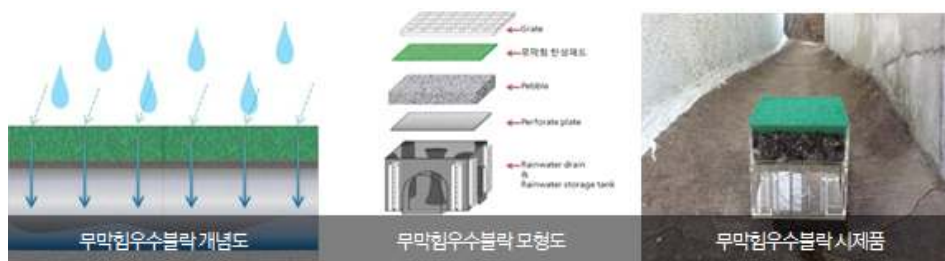
⑤ 대전 문화주공 APT 그린박스 적용

1.2 우수재생을 위한 무막힘 우수 블록 기술

□ 배경 및 개요

도시지역에서 증가된 불투수층으로 인하여 왜곡된 물 순환 체계를 무막힘 표면여과 탄성포장기술이 접목된 침투, 저류 시설을 통해 자연적 물순환 체계로 변환시키며, 우수를 도시공공용수에 사용하도록 하여 도시지역의 물 순환을 증진시키는 시스템입니다. 이는 도심 내에서 발생하는 비점오염 물질을 최소의 설비와 기존관거 (분류식 우수거)를 통해 전체적으로 제거할 수 있는 시스템입니다.

□ 개념도 및 절차도



□ 내용

기존 도시지역 비점오염원 제어는 도시 전체적 비점오염원 관리가 아닌 비용, 시설 설치 공간의 한계, 시설 용량의 한계 등으로 인한 부분적인 비점오염원 관리였으며 실효성이 떨어진다는 단점이 있었습니다.

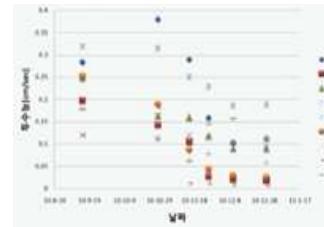
이에 우수재이용 시 중요한 기술적 특성(투수능/지속능, 여과기능, 저류기능, 침투기능)을 보유하고 있는 무막힘 우수블락 기술(Unclogging surface filtering elastic paving; USFEP)을 우수재생시스템에 적용합니다. 무막힘 우수블락 기술(USFEP)이 적용된 비점오염원 관리 시스템(우수유입구)은 높고 지속적인 투수능①을 유지하며, 강우 유출수내 포함되어 있는 토사와 같은 비점오염물질을 제거 효율②이 높고, 저류 및 침투 기능을 가지며, 기존의 비점오염원 처리 시설에 비해 용량대비 낮은 설치비와 유지관리비가 소요되어 도시 전체적인 비점오염원 관리를 가능하게 합니다.

빗물 관리를 위한 요소기술은 (1)빗물 유출저감 기술, (2)도시 물순환 개선 기술, (3) 빗물처리 및 활용 기술, (4)도시 비점오염원 관리 기술로 세분화 됩니다.

(단위: mg/l)

수질항목	BOD	SS
최저 기준치	3 미만	6 미만
유출수	1.25	20.0
재생용수	1.12	3.0

❶ 재생용수 수질 분석



❷ 투수능 평가



□ 차별성

기존의 도시 배수구(e.g. 우수유입구)와 연계하여 설치가 가능하여 설치비 및 시간이 단축됩니다. 또한 설비처리를 위한 공간이 거의 필요 없고, 높은 처리용량을 지니고 있습니다.

기존 도시 배수구에 적용 시 도시의 전체적인 비점오염원 관리가 가능하며 우수 재이용 시스템과 연계하여 일차 처리된 우수를 시스템으로 유입시킬 수 있습니다.

□ 기대효과 ❸

- 우수 및 배수 기능의 향상
- 재생 우수를 활용한 식물재배와 수변공간에 활용함으로써 물 순환체계 회복을 통한 하천 건천화 방지
- 도시 우수 재이용률 20% 향상



③ 재생우수 재이용

④ 전주중앙시장 무막힘우수블락 적용

□ 적용사례

전주초등학교 에코스쿨 그린단지시스템, 전주 중앙시장 활성화 그린단지시스템④, 창원 노산동 녹색 테마거리⑤, 대전 문화주공 APT⑥ 등의 현장에 적용하여 실효성을 검증하였습니다.



⑤ 창원 녹색테마가로 무막힘우수블락 적용



⑥ 대전 문화주공 APT 무막힘우수블락 적용

1.3 오수정화시설 재생기술

□ 배경 및 개요

이산화탄소 저감을 위해 도시지역에서의 물 재이용은 필수적이며, 이를 위해 도시지역의 단지에 산재해 있는 오수정화시설을 재생하여 재생용수를 만들어 냄으로써 하수 재이용율을 획기적으로 높일 수 있는 기반기술을 제공합니다. 국내 기존도시에 단지별로 분산되어 있는 260만개가 넘는 오수정화시설을 활용하여 도시에서 발생하는 오수정화시설을 활용하여 도시에서 발생하는 오수, 우수, 폐지하수의 통합처리를 통해 도시공공용수(조경용수, 수변공간 유지용수, 하천유지용수 등)로 재이용할 수 있도록 재생, 설계 가능한 기술입니다.

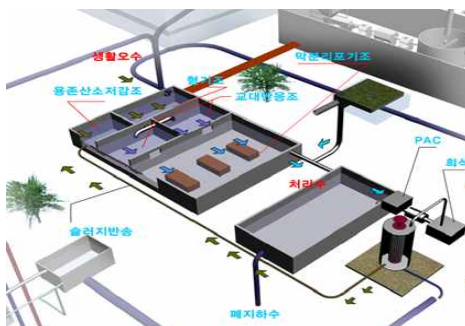
□ 개념도 및 절차도

도시 재생용수의 공급을 위한 오수 정화 시설 재생



□ 내용

분산형 재생용수 생산 기술은 생활하수, 우수, 지하수 등 재이용 가능한 도시내 모든 수자원의 처리를 통하여 도시 공공용수(단지내 친수용수, 조경용수, 도심 실개천 및 하천 유지용수 등) ①로 재이용함으로써 도시 공간내 효율적인 물순환 시스템을 구축하고, 도시의 물에너지 효율을 향상시킵니다.



문화주공 APT: 2010년 2월~ 현재 (단위: mg/l)

수질항목	최저기준치	오수정화조유출수	재생용수(LPCF)
BOD	10미만	27.6	7.8
COD	40미만	39.0	20.4
SS	10미만	20.0	0.0
TN	20미만	28.3	18.2
TP	2미만	3.6	0.2
대장균	3000CFU 미만	280	불검출

주) 최저기준치: 환경부-IV지역 방류수 수질기준

① 재생용수 수질 분석

적용되는 기술은 하수처리 공법인 현장공법 BNR과 응집-LPCF를 조합한 시스템으로 다양한 입지조건에 따라 다르게 적용됩니다. 이를 통해, 새로 재개발 및 재건축되는 도시에 신설하는 것은 물론이고, 노후화된 도시에 기존에 운영 중인 개별하수처리시설의 개선을 통해 시스템의 운영이 가능하게 됩니다. 또한, 각 시스템에 대하여 자동제어 및 감시 시스템을 적용함으로써 유지관리 및 운영의 자동화를 달성합니다.

□ 차별성

기존 시설을 개보수함으로써 기존 시설을 재생하여 이용하며, 기존 설비 또한 최대한 활용하여 시스템을 정상화시킬 수 있는 최적 방안을 마련합니다.

부지면적을 최소화하여 기존 시설 내에서 적용가능하며, 남은 부지의 추가활용이 가능합니다.

유기성 폐기물 에너지화 시스템과의 연계로 매일 발생하는 하수슬러지를 이용한 신재생에너지 발생을 도모하고, 우수, 지하수 시스템과의 유기적인 연계로 단지내 물 재이용률을 극대화 할 수 있습니다.

오수, 우수, 폐지하수의 통합처리가 가능하므로 대상하수의 수질 및 발생량에 따라 다양하게 시스템을 운영할 수 있습니다.

□ 기대효과 ②

- 도시 열섬현상 저감 및 냉·난방비 절감과 도심재생용수 사용을 통한 경제적 효과
- 사람들을 모이게 함으로써 주변상권 활성화
- 단지 내 물 재이용률 50% 및 도시 내 물 재이용률 20% 향상

⑥ 적용사례

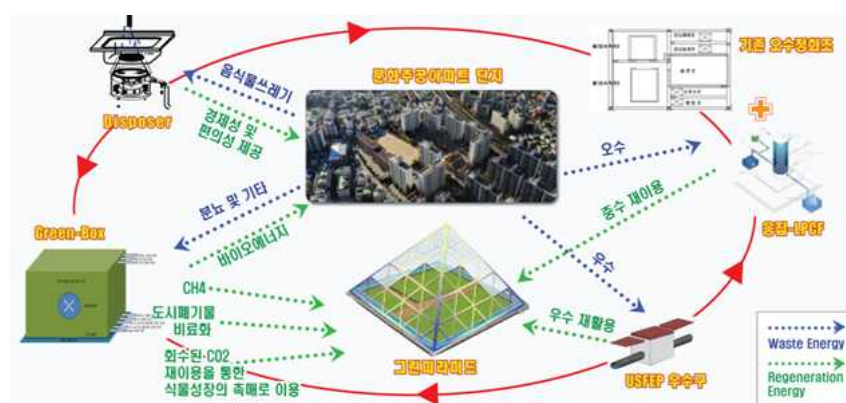
대전 문화주공 APT③ 등의 현장에 적용하여 실효성을 검증하였습니다.

Responsibility	Percentage
Current government	85%
Previous government	10%
No government	5%

□ 배경 및 개요

단지 내에서 발생하는 중수와 우수 등의 재생용수, 바이오 에너지와 태양열 등의 재생에너지, 도시 폐기물로부터 조성된 재생비료와, 포집된 CO₂를 성장촉진제로 재사용하여 운영되는 도시농장은 도시 내 물질이용 효율을 극대화 하여 녹색도시 조성에 기여할 것입니다.

□ 개념도 및 절차도



물질·자원 순환도

□ 내용

유기성 폐기물은 그린박스 안의 바이오에너지를 만들기 위한 과정을 거친 뒤 CH₄가스를 포집할 수 있고 이는 도시농장(Urban Agropark)에 히팅 시스템으로 공급이 가능합니다. 이 바이오에너지는 도시농장에 주 에너지원으로 사용될 뿐만 아니라 단지 내에 바이오 에너지로도 이용 가능합니다.

그린박스에서 발생하는 도시폐기물(비료생성)과 포집되는 CO₂를 바이오에너지로 사용하여 작물 성장촉진을 위한 촉진제❶로 재이용하며, 오수정화시설 그린재생을 통한 중수를 활용해 도시농장 주위에 수변공간을 조성하거나 도시농장 내부에 조경용수 등으로 공급하여 이용할 수 있습니다.

구 분	수돗물 500ml		재생용수 500ml	
	높이 (mm)	무게 (g)	높이 (mm)	무게 (g)
비트시비×	5	67	7	73
비료250ml	9	69	10	78
비료500ml	11	86	13	112
비료1000ml	10	107	11	121

① 식물 생육도



□ 차별성

단지 내에서 발생하는 유기성폐기물(분뇨, 음식폐기물)등이 그린박스를 거쳐 생성되는 재생비료와 오수, 지하수, 우수를 재처리하여 도시농장의 조경용수로 재사용하여 물질·자원순환이 가능해 집니다.

농촌의 농장은 대량생산이 목적이지만, 도시농장은 주민들이 근거리에서 농촌생활을 체험하면서 여가공간으로 활용할 수 있습니다.

□ 기대효과 ②

- 도시 내 버려지는 자원을 재생에너지로 전환하여 새로운 형태로 재사용함으로써 재생에너지의 효율 극대화
- 그린단지시스템에서 생산된 도심재생용수, 재생비료, 바이오가스 등을 활용한 물질순환형 자급자족형 도시농장임으로 경제적 상승효과
- 재생비료와 재생용수를 활용해 공기정화 식물을 재배하여 CO2 저감뿐만 아니라 내부의 여가공간에 쾌적한 공기를 제공
- 제로카본(zero-carbon) 운영을 기반으로 도시농장 내부공간은 주민들을 위한 그린여가시설인 식물재배 등의 형태로 주민에게 편의공간 및 여가공간 등을 제공하면서 지역민의 커뮤니티 증진 등 ‘삶의 질 향상’
- 자원재이용률 30% 증가 및 주민 건강성 5% 증진



② 식물의 성장



② 커뮤니티 활성화



③ 전주 초등학교 도시농장 적용



④ 대전 문화주공 APT 도시농장 적용(GreenPyramid)

□ 적용사례

전주초등학교 에코스쿨 그린단지시스템③, 창원 녹색테마가로 조성, 대전 문화주공 APT④ 등의 현장에 적용하여 실효성을 검증하였습니다.