

기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획체계의 상관관계 및 상대적 중요도 분석

An Analysis of Interrelation and Relative Importance of Energy Self-sufficiency Urban Planning System Responding Climate Change

김 강 민* 이 태 희** 오 덕 성***
Kim, Kang-Min Lee, Tae-Hee Oh, Deog-Seong

Abstract

This study aims to set up Energy self-sufficiency urban planning system responding climate change by reducing fossil energy consumption and carbon emission, and to suggest effective application method. This study has 3 levels. First, it defines energy self-sufficient city responding climate change theoretically. Second, it set up planning system of Energy Self-sufficient city responding climate change. Third, ANP method was applied to introduce priority of application according to relative importance of planning section. As ANP method has to construct network to show interrelation among elements, 1st questionnaire survey was carried out to figure out interrelation. 2nd questionnaire survey introduced to judge relative importance of planning aspects and sections. In conclusion, this study shows interrelation among planning sections. By considering the relative importance, Energy environment and Energy consumption was derived as important planning aspects, and Architecture, Landuse, and Production of renewable energy was estimated as s important planning elements.

키워드 : 기후변화대응, 에너지 자립, 지속가능한 에너지, ANP기법, 상관관계

Keywords : Climate change response, Energy self-sufficient, Sustainable energy, ANP method, interrelation

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 인류는 온실가스에 의한 지구온난화와 환경파괴에 의한 생태계 존속의 위협, 자원의 고갈의 위기에 봉착하였다. 특히 에너지 문제는 기후변화의 주요인으로 화석연료가 지목되면서 반드시 해결해야할 숙제가 되고 있다.

세계 에너지 공급을 살펴보면 화석연료가 에너지공급의 86%를 차지하며(EIA, 2007), 화석연료의 75%는 도시에 의해 소비되고 있다.(Droege, 2006; Swin and Hughes, 2007). 또한 선진국으로 갈수록 도시 부문의 에너지 소비 비중이 커지는 경향이 있으며 도시화가 진행되고 소득이 증가할수록 도시 에너지 소비 비중은 증가한다.¹⁾ 즉, 인류를 위협하는 지구온난화와 도시의 에너지 소비는 밀접한 관계가 있다. 이에 선진국들은 다양한 해결책과 기후협약에 대한 논의를 진행하고 있으며, 도시의 에너지 소비를 절감하기위해 건축물 단위부터 도시차원

까지 관련분야의 연구를 활발히 진행하고 있다. 국내에서도 도시계획차원에서 저탄소 도시, 저탄소 녹색도시, 탄소중립도시, 스마트그린시티와 같은 기후변화 대응형 도시에 대한 연구가 이루어지고 있다.

이러한 연구들은 계획의 초점을 탄소의 저감 및 흡수에 맞추고 있으나, 광범위한 도시의 활동 영역과 탄소배출 사이의 복잡한 관계 때문에 계획을 효율적으로 적용하거나, 효과를 검증하는데 어려움이 있다. 그리고 기후변화문제와는 별개로 에너지소비의 증가에 따라 에너지 고갈문제에 직면하고 있기 때문에 한정된 화석에너지로부터의 에너지자립이 필요하다.

따라서 본 연구는 화석에너지 소비를 절감하여 도시의 탄소배출 줄이고, 신재생에너지에 의해 에너지자립을 달성 할 수 있는 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획체계를 설정하고 계획요소들의 관계 및 우선순위를 파악하여 적용의 방향성을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 진행 및 방법

본 연구는 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 개념과 계획체계를 정의하고 계획체계의 분석을 통해 효율적인 적용방안을 도출하고자 연구의 진행을 3단계로 한다.

첫째, 이론 고찰을 통한 기후변화대응 에너지 자립형

* 주저자, 충남대학교 대학원 건축공학과 석사 (miles33@naver.com)

** 부저자, 충남대학교 대학원 건축공학과 박사수료 (archi@sch.ac.kr)

*** 교신저자, 충남대학교 건축학과 교수(ds_oh@cnu.ac.kr)

1) 변병설, 저탄소 에너지 절약형 신도시, 국토해양부, 2008

도시의 개념을 정의하고 원리와 구조를 설정한다. 둘째, 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획요소를 도출하고, 계획측면과 계획부문으로 구분한 계획체계를 정립한다.²⁾ 셋째, 도출된 계획체계의 효율적인 적용방안을 모색하기 위해 계획부문간 상관관계를 파악하고, ANP분석을 통해 상대적 중요도를 도출한다.

2. 이론적 고찰

2.1 기후변화대응 에너지 자립형 도시

본 연구가 지향하는 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 개념 정의를 위해 선행연구에서 지속가능한 에너지와 기후변화 대응형 도시의 개념을 살펴보았으며, 이 두 가지 개념을 통합하여 다음과 같이 개념을 정의하였다.

제퍼슨(2005)³⁾과 헨릭스(2007)⁴⁾가 설정하고 있는 지속가능한 에너지의 개념을 살펴보면, 신재생에너지를 지속가능한 에너지로 설정하고 에너지와 에너지가 집약된 자원의 소비를 최소화하고, 신재생에너지를 생산하여 화석연료로부터 자립이 이루어진 상태를 의미한다. 반영운(2008)⁵⁾과 김정근(2010)⁶⁾은 기후변화 대응형 도시의 개념을 탄소중립도시로 정의하고 있는데, 이를 살펴보면 기후변화의 원인인 탄소의 배출을 억제 혹은 제로화하기 위해서 화석에너지 의존도를 낮추고, 에너지 절약 및 신재

생에너지를 활용하며, 순환형신진대사가 이루어지는 도시로 종합된다.

따라서 기후변화대응 에너지 자립형도시를 화석에너지로부터의 자립을 통해 기후변화에 대응하는 도시로서, 에너지 및 자원에 순환형신진대사의 원리가 적용되며 신재생에너지의 활용, 에너지저장 및 효율적 이용이 이루어지는 도시로 정의할 수 있다.

2.2 원리와 구조 : 도시의 순환구조체계

일반적으로 도시의 순환구조체계(Urban Metabolism)란 도시를 생물학적 견지에서 조망하고, 신체와 마찬가지로 신진대사를 이룬다고 가정한 개념이다. 도시의 순환구조체계는 1965년에 울먼(Wolman)에 의해 처음 소개되어, 1970년대 초부터 본격적인 연구가 시작되었다(Duvigneaud and Denayer-De Smet 1975; Hanya and Ambe 1976; Newcombe et al. 1978).

1990년대 후반부터 도시에서 수자원, 에너지, 자원, 생산물/바이오매스 등의 흐름과 축적을 정량화하는 개념으로 새롭게 각광을 받았으며(Baccini 1997; Newman 1999; Hendriks et al. 2000; Warren-Rhodes and Koenig 2001; Gasson 2002; Sahely et al. 2003)⁷⁾, 최근에는 기후변화대응을 위해 기존도시의 문제를 파악하고 개선하기 위한 계획의 원리로서 적용되고 있다.⁸⁾

국내외 주요선행연구에서 정의한 도시의 순환구조체계의 구조와 원리는 살펴보면, 뉴먼(Newman)⁹⁾은 「Sustainability and cities」에서 도시의 지속가능성을 위해 순환체계를 인류의 정주활동의 범주에서 적용하여 확장된 순환체계 모형(Extended Metabolism Model) 제시하고 있다. 뉴먼의 모형은 자원의 투입(Resource Input), 정주활동(Dynamics of Settlement), 거주성(Livability), 폐기물의 배출(Waste Output)로 구성되며, 자원의 투입을 최소화하면서 거주성을 높이는 것을 지향하고 있다. 기라뎃(Giradet Herbert)¹⁰⁾은 지역적 생태시스템을 바탕으로 유입(Input)측면에서 에너지의 최소화하고 재사용(Recycle)을 통해 배출(Output)측면에서 폐기물 및 오염의 최소화하여 생태발자국(ecological footprint)을 감소시키고 생태계에 영향을 최소화하는 순환형 신진대사를 주장하였다. 김정근(2011)¹¹⁾은 기라뎃의 순환구조체계의 개념을 천연자원 이용에서 효율을 향상해 소비를 최소화하고 자원재활용을 극대화하는 도시의 원리로 설명하고 하며, 순환체계를 탄소의 배출과 흡수, 저감에 적용함으로써 기후변화에 대응하는 탄소중립도시를 달성하는 원리로 적용하

2) 본 논문에서는 계획체계의 위계를 에너지 관점의 상위요소와 도시계획관점의 하위요소로 설정하고, 이를 '계획측면'(상위요소), '계획부문'(하위요소)의 용어로 구분하였다.

3) Jefferson W. Tester 외 4명, sustainable energy: choosing among options, Massachusetts Institute of Technology, 2005.

제퍼슨은 지속가능한 개발을 에너지 관점으로 정의한 것으로 미래 세대를 위한 에너지가 집약된 재화와 서비스의 이용에 있어서 동등한 유용성과 지구의 보존 사이의 조화라고 언급하며 신재생에너지를 지속가능한 에너지로 소개하였다.

4) Henrik Lund, Renewable energy strategies for sustainable development, Energy, Volume 32, No.6, 2007

헨릭스는 신재생에너지를 지속가능한 에너지원으로 보고 지속가능한 에너지 개발을 소비측면에서의 에너지절감, 에너지생산측면에서의 효율향상, 화석연료에서 다양한 신재생에너지로 전환이라는 세 가지 주요 측면에서 접근과 신재생에너지의 생산을 통해 달성할 수 있다고 주장하였다.

5) 반영운 외 5명, 기후변화에 대응한 국토 및 도시개발전략, 대한민국도시계획학회 정보지 통권 제318호 3-17, 2008.9

반영운(2008)은 탄소중립도시를 탄소배출을 최소화 하고 발생된 탄소를 흡수하여 대기 중의 CO₂농도를 제로화하는 도시로 정의하고 에너지의 절약과 자금자족화, 대체 에너지 사용을 통한 화석연료의 사용량의 절감의 방법이 필요하다고 설명하였다.

6) 김정근 외 1명, 탄소 중립도시 조성을 위한 도시계획전략 연구, 한국도시계획학회 학술논문, 2010.4

김정근(2010)은 탄소중립도시란, 화석에너지 이용 때문에 발생하는 탄소배출을 억제하기 위해서 화석에너지 의존도 및 에너지 소비를 최소화하고 불가피한 탄소배출량은 재생 가능한 에너지원의 지속적 이용 및 에너지 효율 극대화를 통해 중립 또는 제로화하는 도시로 정의한다. 따라서 도시공간은 분산적 집중형 공간구조가 적용되어야 하며, 순환형 신진대사 도시가 이루어져야 한다. 에너지저감, 효율적 에너지 공급 및 수요, 재생에너지의 이용의 조성전략을 따라야한다고 설명하였다.

7) Natalia Codoban 외, Metabolism of Neighborhoods, JOURNAL OF URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT, 2008.3, 21p를 인용함.

8) 신재훈, 순환체계관점에서 본 탄소중립도시의 적용구조 분석, 충남대학교 석사학위논문, 2011.8

9) Newman, Sustainability and cities, Island Press, Washington D.C, 1999.

10) Herbert Giradet 외, A Renewable World, Green Books, 2009.9

11) 김정근 외 1명, 탄소 중립도시 조성을 위한 도시계획전략 연구, 2010.4

고 있다. 신재훈(2011)¹²⁾은 탄소중립도시를 이루기 위한 원리로 유입단계(Input)와 배출단계(Output), 이 두 단계 사이에서 일어나는 소모단계(Consumption)로 구분하고 소비의 효율화, 유입물의 최소화과 폐기물의 재사용을 통한 순환체계구축이 필요하다고 주장하였다.

선행연구들에서의 정의된 도시의 순환구조체계를 에너지관점으로 보면, 에너지 및 자원의 효율적인 소비(Consumption)를 통해 배출(Output)된 폐에너지 및 폐기물을 재사용(Recycle)하여 도시 내에서 에너지 및 자원이 순환할 수 있도록 하는 과정으로 볼 수 있다. 이 과정에서 도시가 에너지 자립을 달성하기 위해 화석에너지에서 신재생에너지로 전환할 수 있도록 하는 에너지 생산측면과 에너지를 효율적으로 이용하고 절감하여 에너지 소비량을 최소화할 수 있도록 하는 에너지 수요측면, 에너지 생산측면과 에너지 수요측면 사이의 효율적 관리와 운영을 고려하는 에너지 관리측면으로 에너지의 순환구조체계가 구성되어야 하며, 각 구성에 다음과 같은 원칙이 적용되어야 한다.

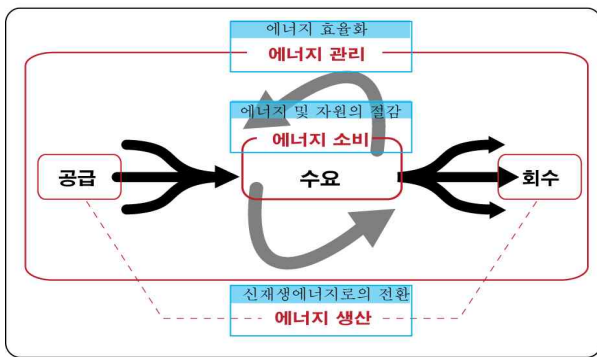


그림 1. 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 구조와 원리

에너지 생산측면은 유입(Input)에 해당하며 환경적 악영향을 미치는 화석에너지의 공급을 배제하고 신재생에

너지의 생산을 최대화하여 신재생에너지로 에너지원을 전환하는 원칙이 적용되어야 한다. 에너지 수요측면은 소비(Consumption)에 해당하며 지속가능하지 않은 에너지의 사용을 배제하기 위해 에너지 및 에너지가 집약된 자원의 소비를 최소화하고 화석에너지 사용을 억제하는 원칙을 적용하여 신재생에너지의 공급만으로 도시의 수요 에너지를 충족할 수 있도록 해야 한다. 에너지 관리측면은 유입(Input), 배출(Output), 소비(Consumption)단계 사이의 순환과정에 해당하며 도시의 에너지 공급과 수요사이에서 에너지 이용 및 관리에 대한 효율성을 최대화하여 에너지 손실을 줄이고 에너지의 소비와 공급 사이의 균형적 관리를 통해 에너지 자립의 상태가 안정되도록 하는 원칙이 필요하다.

3. 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획체계

3.1 에너지 관점에 의한 계획측면의 도출

기후변화대응 에너지 자립형 도시의 원리와 구조는 에너지 관점으로 정의되고 있으므로 도시계획에 적용하기 위해서는 에너지계획과 도시계획의 연관관계가 정리되어야 한다. 따라서 에너지 자립형 도시의 계획체계를 설정하는데 있어서, 에너지계획 관점과 도시계획 관점의 선행연구를 각각 종합하고 상호관계를 정리하는 과정으로 진행하였다.

에너지 관점에 의한 계획측면의 설정은 크게 3단계로 진행하였다. 첫 번째로 선행연구들이 설정하고 있는 주요 요소들을 살펴보고 종합하였다. 두 번째로 종합된 에너지 차원의 구성요소들을 도시차원의 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 구조와 원리의 개념을 적용하여 재해석한 후, 마지막으로 재해석된 특성에 따라서 용어를 설정하였다.

에너지계획의 선행연구로는 지속가능한 에너지와 관련한 헨릭 룬드(Henric Lund), 이브라힘 단서(Ibrahim

표 1. 에너지 관점의 의한 계획측면 도출

선행연구의 주요요소			종합	기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획측면 정립	
헨릭 룬드	이브라힘 단서	앤딘 머스타파 오머	구성요소	기후변화대응 에너지 자립형 도시의 구조와 원리를 적용한 도시계획적 재해석	
신재생 에너지	엑서지 투입 (Exergy Input)	에너지 공급 (Energy Supply)	신재생 에너지 공급 최대	▶ 생산	신재생에너지생산량의 최대화로 도시에 지속가능한 에너지의 공급하는 계획
효율성	엑서지 손실 (Exergy Loss)	에너지 효율가치 (Energy Values)	에너지 효율가치 향상	▶ 관리	도시의 에너지의 공급과 수요 사이의 저장 및 공급조절 등의 에너지 관리를 통해 에너지의 유효가치를 향상시키는 계획
		에너지 억제 (Energy Constraints)	에너지 소비억제 환경조성	▶ 소비	도시의 에너지 소비와 간접적인 관계에 있는 경제, 환경, 사회적 인식에 대한 계획
유연한 기술의 통합적 시스템		에너지 손실 최소화 (Energy Destruction Minimisation)	에너지 손실 최소화		자원에 투입되는 에너지의 손실을 최소화하기 위해 자원의 절감 및 효율적 이용에 대한 계획
에너지 절감	엑서지 산출 (Exergy Output)	에너지 이용 (Energy Uses)	에너지 수요절감		냉난방, 조명, 펌핑 등과 같은 직접적으로 에너지 이용을 최소화하는 계획
					용어 설정
					▶ 에너지 공급
					▶ 에너지 운영
					▶ 에너지 환경
					▶ 에너지 손실
					▶ 에너지 소비

12) 신재훈, 순환체계관점에서 본 탄소중립도시의 적용구조 분석, 충남대학교 석사학위논문, 2011.8

표 2. 도시계획 관점에 의한 계획부문 도출

선행연구의 주요요소				▶	▶	기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획부문 정립		
이재준	김정곤	양은경	박지혜			구성요소	용어설정	
에너지 지 감	에 너 지	신재생에너지	자연에너지	▶	▶	에너지 관점으로 세부요소 재분류	▶	신재생에너지
		미활용에너지	미활용에너지			태양광, 태양열, 지열, 수열, 풍력, 수력, 연료전지, 바이오매스		에너지 회수
		도시 에너지 효율향상 설비	일조 및 일사, 단열 및 환기			폐기물에너지, 폐수열		그린 IT
		건축 에너지 효율향상 설비				제어, 모니터링		네트워크
토지이용	토지이용	토지이용, 공간계획	스마트그리드 시스템	건축				
교통	교통	교통계획	자연형기법, 패시브기법, 액티브 기법	그린커뮤니티				
녹지, 수자원	녹지	녹지계획, 수자원	시민참여, 지원제도	단지계획, 녹지공간	미기후			
물	생물서식 환경조성, 공원 및 녹지		녹색교통	복합용도, 압축개발, 역세권개발	토지이용			
자원 저감	폐기물	수자원	공기순환, 수순환, 자원순환	그린·블루 네트워크	교통			
						개별차량억제, 자전거/보행공간시스템, 친환경교통수단, 대중교통시스템		수자원
						우수활용 시스템구축, 물이용 효율화		폐기물
						폐기물 최소화		

Dincer), 압딘 머스타파 오머(Abdeen Mustafa Omer)의 계획개념 및 모델을 살펴보았다. 이브라힘 던서¹³⁾는 지속 가능한 개발을 위해서는 에너지와 환경사이에서 지속가능한 개발을 위해서는 지속가능한 엑서지(Exergy)를 효율적으로 이용하고 환경적 파괴를 줄이는 것이라고 설명하고 있으며, 엑서지의 생산과 투입, 손실 사이의 관계로 엑서지의 효율성을 정의하고 있다.¹⁴⁾ 헨릭 룬드¹⁵⁾는 지속 가능한 신재생에너지로의 전환을 위해 에너지의 절감, 에너지 효율, 유연한 기술에 의한 통합적인 에너지 시스템의 구축을 주요 계획측면으로 설정하고 있다. 압딘 머스타파 오머¹⁶⁾는 지속가능한 에너지의 계획을 위한 계획체계를 에너지의 공급과 수요 측면으로 접근하면서, 에너지의 효율성을 고려하기 위해 엑서지(Exergy)의 개념을 바탕으로 한 최적의 에너지 모델(Exergy-based optimal energy model)을 제안하고 있다.

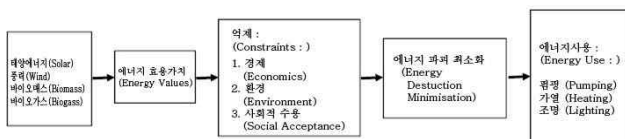


그림 2. 엑서지 기반의 최적 에너지 모델 (Abdeen Mustafa Omer, 2007)

선행연구에서는 공통적으로 지속가능한 에너지를 달성하기 위해서 에너지를 절감하고 신재생에너지를 생산하여 공급하는 에너지의 생산과 소비의 측면에서 에너지의

효율성을 강조하였다. 그 중 이브라힘 던서와 압딘 머스타파 오머는 에너지 효율성을 위해 엑서지(Exergy)¹⁷⁾의 개념을 도입하였으며, 특히 압딘 머스타파 오머의 모델을 다른 선행연구의 개념들을 포괄하면서도 물리학적 개념의 에너지를 경제적·사회적 측면이 연결된 인간정주환경으로 해석하고 있기 때문에 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 관점과 유사하여 본 연구에 주요하게 반영하였다.

압딘 머스타파 오머가 설정하고 있는 5개의 요소에 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 구조와 원리로 재해석하고 계획측면으로 정립하였다. 따라서 에너지 공급(Energy Supply), 에너지 효율가치(Energy values), 에너지 억제(Energy Constrains), 에너지 손실 최소화(Energy Destruction Minimisation), 에너지 이용(Energy Uses)을 에너지 공급, 에너지 조절, 에너지 손실, 에너지 환경, 에너지 수요로 정립하였으며, 계획특성은 다음과 같이 정의하였다.

에너지 공급은 지속가능한 에너지의 생산측면을 적용하여 신재생에너지의 생산을 최대화하고 폐에너지를 회수하기 위한 계획적 특성을 갖는다. 에너지 운영은 에너지의 공급과 수요 사이의 효율적 운영을 통해 에너지의 효율가치를 향상시키기 위한 계획적 특성이 있으며, 에너지 환경은 에너지 소비를 둘러싼 경제, 환경, 사회적 인식에 대한 계획을 통해 간접적으로 에너지 소비를 억제하는 계획적 특성을 갖는다. 에너지 손실의 계획특성은 자원의 절감 및 효율적 이용으로 자원의 생산·가공과정에 투입되는 에너지의 손실을 최소화하는 것이며, 에너지 소비의 계획특성은 냉난방, 조명, 펌핑 등과 같은 직접적인 에너지 이용을 최소화하는 것으로 정의하였다.

13) Ibrahim Dincer and Marc A. Rosen, exergy : energy, environment, and sustainable, Elsevier Ltd, 2007,
 14) 엑서지 효율성 = 엑서지 생산 / 엑서지 투입
 엑서지 손실 = 엑서지 투입 - 엑서지 생산
 15) henrik Lund, Renewable energy strategies for sustainable development, 2006.10, Energy, Volume 32, No.6, 2007
 16) Abdeen Mustafa Omer, "energy, environment, and sustainable development", ScienceDirect, Renewable and Sustainable Energy Reviews 12(2008), 2007.4

17) 엑서지(Exergy)란 종합적인 에너지의 유효이용도(有效利用度)를 평가하는 데 쓰이는 단위이다. 주어진 환경조건에서 어떤 계(系)로부터 외부로 꺼낼 수 있는 최대의 기계적 작업'을 그 계의 엑서지(Exergy)라 한다. (위키디피아 요약정리: <http://en.wikipedia.org/wiki/Exergy>)

표 3. 1차 설문에 의한 상관관계의 종합

구분		에너지 소비		에너지 환경			에너지 손실		에너지 운영		에너지 공급	
		건축	교통	토지 이용	미기후	그린 커뮤니티	수자원	폐기물	그린IT	네트워크	신재생 에너지	에너지 회수
에너지 소비	건축		1.90	2.55	2.29	2.06	2.06	2.13	2.52	2.26	2.35	2.32
	교통	1.90		2.52	1.55	1.84	0.97	1.03	2.00	1.84	1.71	1.19
에너지 환경	토지이용	2.48	2.58		2.19	1.77	2.06	1.68	1.52	1.87	1.68	1.45
	미기후	2.23	1.45	2.35		1.52	1.68	1.23	1.23	1.29	1.84	1.35
	그린커뮤니티	2.19	1.77	1.74	1.45		1.61	1.52	1.94	1.68	1.58	1.58
에너지 손실	수자원	1.90	0.84	2.19	1.68	1.68		1.58	1.45	1.42	2.48	2.13
	폐기물	2.23	0.97	1.65	1.39	1.39	1.39		1.74	1.48	2.42	2.71
에너지 운영	그린IT	2.55	1.74	1.48	1.23	1.84	1.29	1.71		2.16	1.87	1.87
	네트워크	2.10	1.58	1.87	1.13	1.65	1.26	1.29	2.13		1.97	1.90
에너지 공급	신재생에너지	2.32	1.52	1.58	1.71	1.65	2.26	2.52	1.97	2.03		2.58
	에너지회수	2.19	1.29	1.65	1.39	1.52	2.10	2.71	1.74	2.06	2.58	

상단항목이 좌측항목에 영향을 주는 정도를 점수로 표시함
 2.5이상 2.5미만~2.0이상 2.0미만~1.5이상

3.2 도시계획 관점에 의한 계획부문 도출

도시계획 관점에서는 에너지 절감형 및 기후변화 대응형 도시계획에 관한 연구로서 박지혜(2010), 양은경(2010), 김정곤(2010), 이재준(2008)을 살펴보았다.

박지혜(2010)¹⁸⁾는 에너지 절약도시를 에너지의 절약, 에너지 수요 최소화, 에너지 효율 최대화, 신재생에너지 활용 극대화, 에너지 순환 최대화, 에너지 환경 최적화의 측면으로 설정하고 토지이용, 공간계획, 녹색교통, 일조 및 일사, 단열 및 환기, 자연에너지, 미활용에너지, 공기순환, 수순환, 자원순환, 공원 및 녹지, 생물서식환경조성으로 구분하고 있다. 양은경(2010)¹⁹⁾은 에너지 절약형 저탄

소도시를 에너지의 생산과 효율의 측면으로 분류하고 도시계획의 신재생에너지, 미활용에너지, 토지이용, 교통, 녹지계획, 수자원, 건축 에너지 효율 향상설비, 도시 에너지 효율 향상 설비로 도시의 계획요소를 분류하고 있다. 김정곤(2010)²⁰⁾은 탄소중립도시를 위해 에너지의 저감, 에너지의 공급 및 관리, 재생가능에너지 이용의 원칙을 녹지, 토지이용, 교통, 에너지, 물, 폐기물의 도시계획 체계와 연계하여 탄소의 저감과 흡수효과로 탄소의 중립화를 지향하고 있다. 이재준(2008)²¹⁾²¹⁾은 탄소중립도시를 위해서 탄소 저감측면에서 에너지의 저감, 자원의 저감의 계획부문과 탄소 흡수의 측면에서 녹지, 수자원의 계획부문

표 4. 상관관계에 따른 계획부문의 등급별 분류

구분	계획부문	1차 관계 (2.5이상)	2차 관계 (2.5미만~2.0이상)	3차 관계 (2.0미만~1.5이상)
에너지 소비	건축	그린IT	토지이용, 미기후, 그린커뮤니티, 폐기물, 네트워크, 신재생에너지, 에너지회수	교통, 수자원
	교통	토지이용	-	건축, 그린커뮤니티, 그린IT, 네트워크, 신재생에너지
에너지 환경	토지 이용	건축, 교통	미기후, 수자원	그린커뮤니티, 폐기물, 네트워크, 신재생에너지, 에너지회수
	미기후	-	미기후, 토지이용	교통, 수자원, 신재생에너지
	그린 커뮤니티	-	건축	교통, 토지이용, 미기후, 수자원, 폐기물, 그린IT, 네트워크, 신재생에너지, 에너지회수
에너지 손실	수자원	-	건축, 토지이용, 신재생에너지, 에너지회수	미기후, 그린커뮤니티
	폐기물	신재생에너지, 에너지회수	-	토지이용, 그린커뮤니티, 수자원, 그린IT
에너지 운영	그린 IT	건축	교통, 네트워크	토지이용, 그린커뮤니티, 폐기물, 신재생에너지, 에너지회수
	네트워크	-	건축, 그린IT, 신재생에너지, 에너지회수	교통, 토지이용, 그린커뮤니티
에너지 공급	신재생에너지	에너지 회수	건축, 수자원, 폐기물	교통, 토지이용, 그린커뮤니티, 그린IT, 네트워크
	에너지 회수	폐기물, 신재생에너지	건축, 수자원	그린커뮤니티, 그린IT, 네트워크

18) 박지혜, 지구단위계획수립에 있어서 에너지절약 계획요소의 도출과 적용방법, 석사학위논문, 2010.0

19) 양은경, 에너지 절약형 저탄소 도시의 계획방향에 관한 연구, 충남대학교 석사학위논문, 2010.8

20) 김정곤 외 1명, 탄소 중립도시 조성을 위한 도시계획전략 연구, 한국도시설계학회 학술논문, 2010.4

21) 반영운 외 5명, 기후변화에 대응한 국토 및 도시개발전략, 대한국토도시계획학회 정보지 도시정보, 2008, 9p

으로 구성하여 계획요소를 분류하고 있었다.

선행연구에서 분류하고 있는 계획측면들 종합하여 토지이용, 녹색교통, 그린·블루 네트워크, 미활용에너지, 자원순환, 에너지, 그린 빌딩으로 정리하였다. 종합된 계획측면들은 도시계획의 분야와 저탄소 관점이 계획요소들을 분류하고 있기 때문에 에너지 관점으로 계획요소를 재분류하여 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획부문으로 설정하였다. 따라서 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획부문을 토지이용, 교통, 수자원, 폐기물, 에너지회수, 신재생에너지, 그린IT, 네트워크, 건축, 미기후, 커뮤니티로 도출하였다.

3.3 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획체계 설정

앞서 도출한 계획측면에 각 특성을 기준으로 계획부문을 분류하여 최종적으로 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 체계를 [그림 3]과 같이 설정하였다.

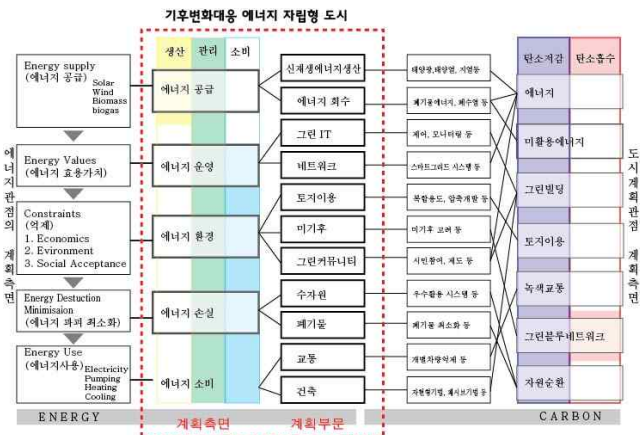


그림 3. 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획체계

에너지 공급에는 신재생에너지의 생산과 공급에 관련한 신재생에너지 생산, 에너지 회수가 포함되며, 에너지 제어에는 공급과 수요 사이의 효율적 운용을 위한 그린IT, 네트워크가 포함된다. 에너지 환경에는 도시의 에너지 수요를 간접적으로 억제하기 위한 토지이용과 미기후, 사회적 접근의 시민참여와 지원제도 같은 그린커뮤니티가 포함되며, 에너지 손실은 도시의 자원소비를 억제하여 에너지 손실을 최소화하기 위한 수자원과 폐기물을 포함한다. 에너지 소비에는 도시에서 직접적으로 에너지가 소비되는 건축물과 교통에서의 에너지 절감을 위해 건축, 교통이 계획부문이 포함된다.

4. 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획체계 분석

4.1 전문가 설문조사의 개요

기후변화대응 에너지 자립형 도시의 효율적인 적용을 위해서는 계획측면과 계획부문의 상관관계와 중요도에 따른 적용의 우선순위를 고려해야하며, 이를 위해 ANP기법(Analytic Network Process)²²⁾을 이용한 전문가 설문을 실시하였다.

을 실시하였다.

ANP기법은 인자 간의 상관관계를 고려하여 상대적 중요도를 도출할 수 있는 의사결정방법으로 계획부문간 상관관계를 파악하는 1차 설문과 계획부문의 상대적 중요도를 도출하는 2차 설문으로 구성하였다. 1차 설문에서는 계획부문간의 상관관계의 정도를 4단계로 구분하여 점수로 표기하도록 하였으며²³⁾, 2차 설문에서는 쌍대비교 방식을 사용하였다.

석사이상, 기후변화대응 에너지 자립형 도시와 관련된 분야의 실무 및 연구에 참여하고 있는 학계전문가 및 연구원, 엔지니어를 대상으로 2011년 10월 10일에서 14일까지 1차 설문을 실시한 후, 1차 설문에 응답자를 대상으로 2011년 10월 23일~11월 12일까지 2차 설문을 실시하였다. 1차 설문의 최종 응답자는 32명(학계 전문가 및 연구원 29명, 엔지니어 3명)이었으며, 2차 설문의 최종응답자는 30명(학계 전문가 및 연구원 29명, 엔지니어 1명)이었다.²⁴⁾

4.2 1차 설문조사 : 상관관계 분석

(1) 계획측면별 상관관계 분석

계획측면들의 상관관계의 정도를 분석하기 위해, 1차 설문의 종합된 데이터의 평균값을 3단계로 구분하여 [표 4]로 정리하였으며, 종합된 결과를 계획측면 별로 살펴보면 다음과 같다.

① 에너지 소비

교통은 1차 관계인 토지이용에 가장 많은 영향을 주는 반면에 건축, 그린커뮤니티, 그린IT, 네트워크, 신재생에너지와 같은 계획요소에는 3차 관계로서 영향력이 낮은 것으로 보이며, 수자원, 폐기물, 에너지 회수에는 영향력이 거의 없을 것으로 판단된다. 건축은 그린IT와 1차 관계로 높은 영향력을 미칠 것으로 판단되며, 그 외의 모든 계획부문과 2·3차 관계로 많은 계획부문에 영향을 미칠 것으로 보인다.

22) ANP는 1970년대 초 Thomas Saaty 교수에 의해 개발된 AHP(Analytic Hierarchy Process : 계층적 의사결정 방법)의 문제점을 보완하여 1996년대 개발된 기법이다. AHP가 단방향의 계층관계를 가진 구조인 반면, ANP는 의사결정수준과 속성들 사이의 복잡한 상호작용의 고려하여 요소간 비선형관계를 모델화하는 복잡한 의사결정을 다룰 수 있다. (이상수, 확장된 Fuzzy-ANP 기법 개발 및 제조협업시스템에의 적용, 한양대학교 석사학위논문, 2007.2, 13-21pp를 참조함)

23) ANP기법의 네트워크 구조를 확인하기 위한 설문에서는 일반적으로 상관관계의 유무만을 표기하도록 되어있으나, 본 연구에서는 상관관계의 정도에 따른 등급을 확인하고자 상관관계가 없으면 0점, 상관관계가 약하면 1점, 상관관계가 보통정도이면 2점, 상관관계가 높으면 3점으로 구분하여 표기하도록 하였다.

24) 2차 설문에서 회수한 30부의 일관성 지수(Consistency Index)는 모두 0.1이상으로 확인되었다.

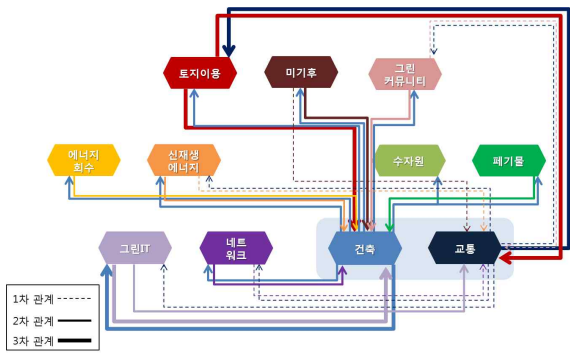


그림 4. 에너지 소비 계획측면의 상관관계도

건축은 교통을 제외한 계획부문에서 영향을 받는다는 결과가 타났는데, 다른 계획부문의 계획요소나 기법들이 주로 건축에 적용되거나 인접한 환경에 적용되기 때문으로 여겨진다.

② 에너지 환경

토지이용은 건축, 교통에 1차 관계로 큰 영향을 미칠 것으로 판단되며, 그린IT에 영향이 거의 없다고 판단할 수 있다. 미기후는 토지이용과 건축에 2차 관계로 미기후를 조절하기 위해서는 토지이용계획과 건축계획을 연계할 필요성을 예상할 수 있다. 2차, 3차 관계의 토지이용, 건축, 교통, 수자원, 신재생에너지를 제외한 계획부문에는 영향이 거의 없을 것으로 예상된다. 그린커뮤니티의 경우, 건축과 비교적 큰 영향력을 미치는 2차 관계이지만, 그 외의 모든 계획부문과는 3차 관계로 간접적인 영향관계이다.

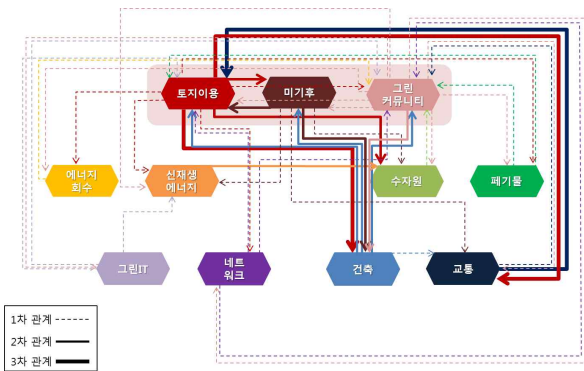


그림 5. 에너지 환경 계획측면의 상관관계도

에너지 환경에 속한 계획측면들은 거의 대부분의 계획 부문에 간접적인 영향을 미친다는 결과가 확인되었다. 이러한 결과는 에너지 환경의 제도와 시민의식 등으로 다른 계획부문에 간접적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사한다.

③ 에너지 손실

수자원이 건축, 토지이용, 신재생에너지, 에너지 회수에 2차 관계정도의 영향을 미치지만, 그 외의 계획부문에는 약한 영향을 미치거나 거의 없는 것으로 보인다. 폐기물

은 1차 관계로서 신재생에너지, 에너지 회수와 밀접한 영향력이 있으며, 3차 관계인 토지이용, 그린커뮤니티, 수자원, 그린IT에 다소 영향을 미치지만, 교통과 네트워크에는 영향이 거의 없는 것으로 보인다.

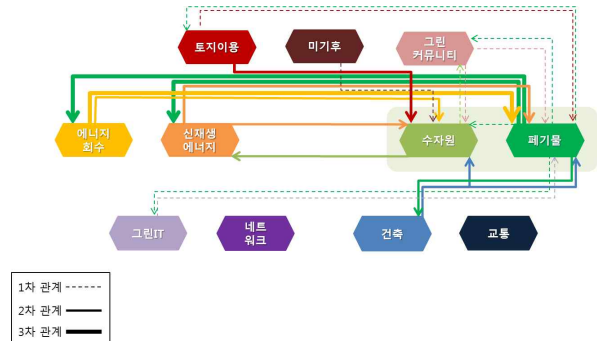


그림 6. 에너지 손실 계획측면의 상관관계도

수자원과 폐기물은 에너지 회수, 신재생에너지와 상호 영향이 큰 것으로 결과가 도출되었으며, 이는 수자원과 폐기물이 에너지 공급을 위한 요소로서 활용되는 특성이 반영된 것으로 판단된다.

④ 에너지 운영

그린IT는 건축에 1차 관계로서 큰 영향이 있는데, 이는 에너지 사용의 제어나 모니터링과 같은 계획요소가 주로 건축차원에서 적용되기 때문으로 추측할 수 있다. 2차 관계로서 교통, 네트워크가 있으며, 3차 관계에는 토지이용, 그린커뮤니티, 폐기물, 신재생에너지, 에너지회수가 있다. 미기후와 수자원에는 영향력이 없는 것으로 예상된다. 네트워크는 스마트그리드와 같은 전력망 계획으로서 건축, 그린IT, 신재생에너지, 에너지회수에 2차 관계, 교통, 토지이용, 그린커뮤니티가 3차 관계로 나타나지만, 미기후, 수자원, 폐기물에는 영향이 없는 것으로 나타났다.

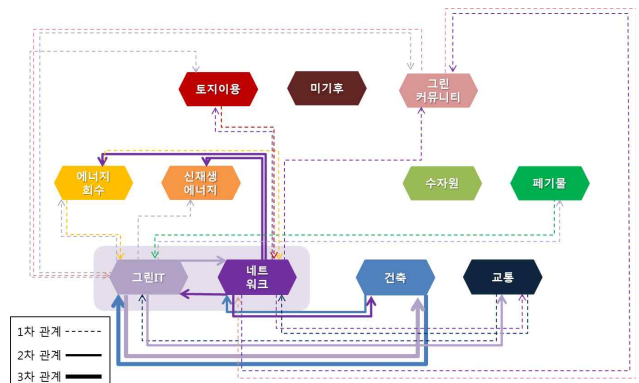


그림 7. 에너지 운영 계획측면의 상관관계도

에너지 운영의 그린IT와 네트워크는 생산된 에너지를 에너지가 필요한 계획부문으로 전달하는 계획적 특성이 있기 때문에 에너지 공급에 속한 에너지 회수, 신재생에너지와 에너지 소비에 속한 건축과 교통에 주로 영향을 주고받는 것으로 생각된다.

⑤ 에너지 공급

신재생에너지와 에너지 회수의 계획부문은 서로 1차 관계에 있어 상호 영향력이 높으며, 신재생에너지의 경우 수자원과 폐기물, 건축과 2차 관계이고, 그 외의 계획부문과 모두 3차 관계이다. 에너지 회수는 폐기물에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 보이며, 그린커뮤니티와 그린 IT, 네트워크와는 3차관계이다. 에너지 회수는 교통과 토지이용, 미기후에는 영향력이 없는 것으로 나타났다.

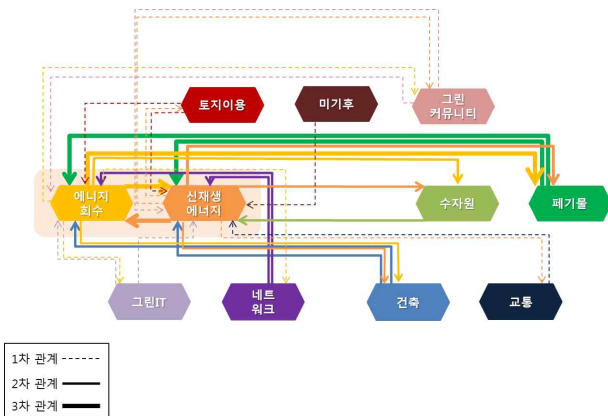


그림 8. 에너지 공급 계획측면의 상관관계도

에너지 공급의 에너지 회수와 신재생에너지는 에너지 손실의 수자원과 폐기물, 에너지 운영의 네트워크, 에너지 소비의 건축과 교통에 밀접한 상호 영향력을 주고받는 경향이 나타났으며, 이는 에너지의 생산에서 소비과정의 연관성을 반영하는 것이다.

(2) 상관관계 네트워크 구축

1차 설문에 의한 상관관계 네트워크를 구축 시에 상관관계의 성립이 많을수록 2차 설문에서 항목 간의 쌍대비교가 많아져서 설문의 용이성과 신뢰도가 낮아질 수 있는 반면에 상관관계에 대한 고려가 높아지는 장점이 있다. 이러한 관계를 고려하여 상관관계의 유무의 기준을 1.8 이상으로 설정하고, 네트워크 구조를 구축하였다.²⁵⁾ [그림 10]는 ANP기법의 구현에 사용되는 프로그램인 Super Decisions 1.6을 이용하여 구축된 네트워크 구조이다.

25) 본 연구에서 1차 설문의 상관관계를 기준 값 2.0으로 설정할 경우 37개의 상관관계가 성립되고, 2차 설문에서 50개의 문항수가 설정된다. 상관관계의 기준 값을 1.8로 설정할 경우, 49개의 상관관계가 성립되고 2차 설문에서 65개의 문항수가 설정된다. 상관관계의 기준을 1.5로 설정할 경우, 79개의 상관관계가 성립되면서 2차 설문에서 103개의 문항수가 설정된다.

표 5. 상관관계의 기준 값에 의한 상관관계 개수

상관관계 기준 값	2.0	1.8	1.5
상관관계 개수	26	39	54
2차 설문 문항 수	50	61	103

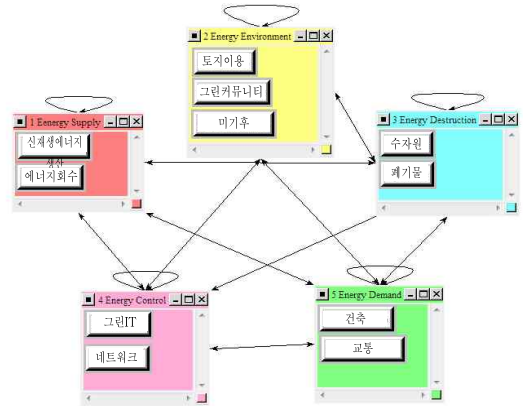


그림 9. 계획부문의 상관관계에 따른 네트워크 구축 (Super Decisions 1.6 활용)

(3) 상관관계 네트워크의 분석

계획부문간의 상관관계의 분석과 네트워크의 구축을 통해 계획부문간 상호 복잡한 관계가 있음을 확인하였다. 이러한 관계는 각 계획측면에서 내부존성적인 경향보다 외부의존성적인 경향이 강하며, 대부분 계획부문간 피드백 관계가 있음을 보이고 있다.²⁶⁾ 즉, 계획부들은 영향력을 상호 주고받으며, 이러한 상관관계가 계획측면 내부의 계획부문 사이에서 보다 외부의 계획측면에 속한 계획부문과 관계한다고 할 수 있다. 따라서 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획 및 적용에 있어서 개별 계획부문 혹은 개별 계획측면에서의 접근이 아닌, 통합적 접근이 필요할 것으로 보인다. [그림 11]은 기후변화대응 에너지 자립형도시의 계획부문의 계상관관계도를 종합한 것이다.

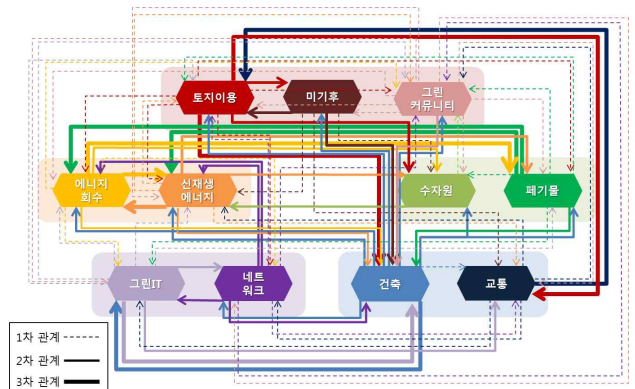


그림 10. 계획부문간 상관관계도

건축, 토지이용, 그린커뮤니티, 신재생에너지는 대부분의 계획부문에 상관관계가 있어, 전체 계획부문과 함께 통합적인 접근이 필요하다. 특히 건축부문은 상관관계의 정도가 대부분의 부문에서 높은 편이기 때문에 계획의 적용 시에 가장 많은 고려가 요구된다.

26) ANP 분석을 위한 네트워크 구축과정에서 집합과 요소들 사이의 내·외부관계를 확인할 수 있다. 외부의존성이란 집합들 간의 의존성을 갖는 경우이며, 내부의존성이란 집합내에서 의존성을 갖는 경우이다. 본 연구에서는 계획측면이 집합, 계획부문이 요소에 해당한다.

표 5. 계획측면 및 계획부문의 상대적 중요도와 우선순위 종합

계획측면	전체 계획측면		구조적 측면			계획부문	계획측면별		전체 계획부문		주요접근방식		
	중요도	우선순위	생산	소비	관리		중요도	우선순위	중요도	우선순위	물리환경	기술	사회
에너지 공급	0.18950	③	●		○	신재생에너지 생산	0.59027	①	0.111856	③	○	●	
						에너지 회수	0.40973	②	0.077644	⑥	○	●	
에너지 환경	0.291853	①		●	○	토지이용	0.57220	①	0.166998	②	●		○
						커뮤니티	0.05279	③	0.015408	⑪			●
						미기후	0.37501	②	0.109447	④	●	○	
에너지 손실	0.116997	⑤		●	○	수자원	0.64131	①	0.075031	⑦	○	●	
						폐기물	0.35869	②	0.041966	⑩	○	●	
에너지 운영	0.141945	④	○	○	●	그린IT	0.41761	②	0.059277	⑨	○	●	
						네트워크	0.58239	①	0.082668	⑤	○	●	
에너지 소비	0.259706	②		●	○	건축	0.73502	①	0.190889	①	●	○	
						교통	0.26498	②	0.068817	⑧	●	○	

※ 음영된 표시는 상대적 중요도 값이 평균보다 높은 계획측면 및 계획부문임
직접적 관련 : ● 간접적 관련 : ○

상관관계가 강한 계획부문끼리 그룹화하면, 건축과 그린IT, 건축과 토지이용과 교통, 신재생에너지와 에너지 회수와 폐기물로 그룹화할 수 있으며, 이를 바탕으로 한 통합적 계획과 적용이 필요하다.

4.3 2차 설문조사 : 상대적 중요도 분석

(1) 계획측면의 상대적 중요도

2차 설문의 실시하고 ANP기법에 따라 분석한 결과, 계획측면의 상대적 중요도가 에너지 환경(0.291853), 에너지 소비(0.259706), 에너지 공급(0.1895), 에너지 운영(0.141945), 에너지 손실(0.116997)의 순으로 도출되었다.

5개의 측면들의 평균중요도인 0.2을 기준으로 구분하면, 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 소비구조에 해당하는 에너지 환경과 에너지 소비의 중요도가 상대적으로 높다고 판단된다.

이 결과는 기후변화대응 에너지자립형 도시의 구조인 생산, 관리, 소비 중에서도 에너지 소비를 억제하기 위한 직·간접적인 계획이 가장 중요함을 시사한다. 특히, 에너지 환경측면이 가장 높은 중요도를 보이는데, 에너지 소

비와 간접적인 관계임에도 불구하고 토지이용 및 미기후, 제도, 사회적 인식 등이 도시계획 전범위에 걸쳐 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 직접적인 신재생 에너지 공급의 향상과 에너지 소비감축 이전에 도시의 물리환경, 사회·경제적 여건이 중요함을 암시하는 것이다.

각 계획측면 별로 계획부문간의 상대적 중요도를 비교하여 보면, 에너지 공급에서는 신재생에너지(0.40973), 에너지 회수(0.59027), 에너지 환경에서는 토지이용(0.37501), 커뮤니티(0.05279), 에너지 손실에서는 폐기물(0.64131), 수자원(0.35869), 에너지 운영에서는 네트워크(0.58239), 그린IT(0.41761), 에너지 소비에서는 건축(0.58239), 교통(0.41761)로 확인되었다.

이러한 계획측면별 계획부문의 상대적 중요도는 각각의 계획부문이 상위의 계획측면에 미치는 상대적인 영향력으로 해석할 수 있다. 따라서 에너지 공급에 신재생에너지의 생산, 에너지 환경에서 토지이용, 에너지 손실에서 폐기물, 에너지 조절에서 네트워크, 에너지 수요에서 건축이 각 계획측면에 영향력이 큰 계획부문이다.

(2) 계획부문의 상대적 중요도

계획부문의 상대적 중요도는 건축(0.190889), 토지이용(0.166998), 신재생에너지 생산(0.111856), 미기후(0.109447), 네트워크(0.082668), 에너지 회수(0.077644), 수자원(0.075031), 교통(0.068817), 그린IT(0.059277), 폐기물(0.041966), 커뮤니티(0.015408)의 순서로 도출되었다.

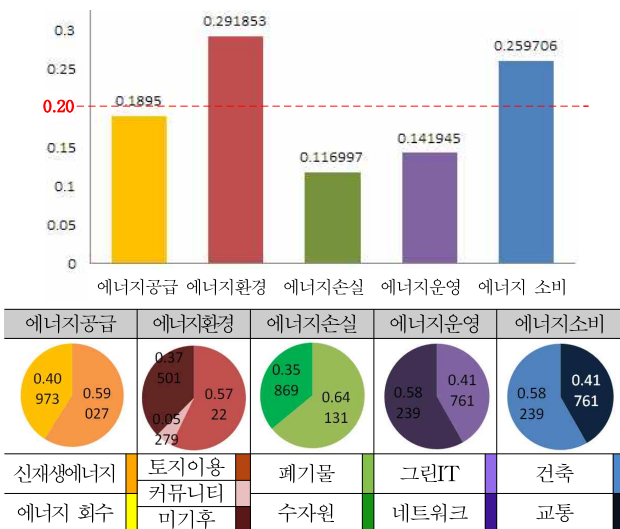


그림 11. 계획측면별 상대적 중요도 및 계획부문의 비율



그림 12. 계획부문별 상대적 중요도

11개의 계획부문의 평균중요도 인 0.909로 구분하면, 신재생에너지, 미기후, 건축이 평균보다 높은 상대적 중요도를 갖고 있었다. 특히 건축부문과 토지이용 계획부문이 매우 높은 중요도를 보여 가장 우선적이고 주요하게 다룰 필요성이 있다고 판단되며, 그 중에서 에너지 환경 토지이용과 건축, 미기후 계획부문은 도시의 물리적 환경 계획과 관련성이 높아 물리환경에 대한 계획이 우선시되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 기후변화와 에너지 문제에 도시계획적 대응을 위해 기후변화대응 에너지 자립형 도시를 정의하고 계획체계를 설정하였다. 또한 적용의 효율성을 위해 ANP 기법을 활용하여 계획체계의 상관관계와 상대적 중요도를 도출하였다.

기존 기후변화 대응형 도시의 개념들은 탄소의 저감과 흡수의 관점에 맞추어져 있지만, 본 연구는 에너지의 소비, 생산, 관리의 관점으로 도시계획체계를 수립하고 있다는 점에서 연구의 의의가 있다. 또한 계획체계의 상관관계를 규명하고, ANP분석을 통해 상대적 중요도를 도출함으로써 효율적인 적용을 도모하고 있다.

본 연구를 진행함에 따른 결과와 시사점은 다음과 같다.

첫째, 기후변화대응 에너지 자립형 도시는 에너지 자립을 통해 기후변화와 에너지 문제에 대응하는 도시로 에너지자립을 위해 도시순환구조체계의 원리와 구조가 적용된다. 따라서 에너지 소비, 에너지 생산, 에너지 관리의 구조와 신재생에너지로의 전환, 에너지 및 자원의 절감, 에너지 효율화의 원리가 적용된다.

둘째, 기후변화대응 에너지 자립형 도시의 계획체계는 계획측면과 계획부문으로 나뉜다. 계획측면에는 에너지 생산, 에너지 환경, 에너지 운영, 에너지 손실, 에너지 소비로 구분되며 계획부문에는 신재생에너지 생산, 에너지 회수, 토지이용, 커뮤니티, 미기후, 수자원, 폐기물, 그린 IT, 네트워크, 건축, 교통으로 구성된다.

셋째, 계획부문은 서로 복잡한 상관관계에 있어, 상관관계가 높은 부문들을 그룹화하여 계획할 필요가 있다. 상관관계가 강한 건축과 그린IT, 건축과 토지이용과 교통, 신재생에너지와 에너지 회수와 폐기물은 그룹화 하여 통합적인 계획과 적용을 해야 한다.

넷째, ANP기법을 활용하여 상대적 중요도를 도출한 결과, 계획측면은 에너지 환경, 에너지 소비, 에너지 공급, 에너지 운영, 에너지 손실의 순서로 확인되었으며, 계획부문은 건축, 토지이용, 신재생에너지 생산, 미기후, 네트워크, 에너지 회수, 수자원, 교통, 그린IT, 폐기물, 커뮤니티의 순서로 나타났다. 상대적 중요도에 따라서 계획측면에서는 에너지 환경, 에너지 소비를 우선적으로 고려해야 하며, 계획부문에서는 건축, 토지이용, 신재생에너지 생산, 미기후를 우선적으로 고려해야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 기후변화 및 에너지 문제에 대응하고자 도

시의 에너지 자립을 목표로 하여 도시의 계획체계를 에너지 관점에서 접근하고 있다. 하지만 계획체계의 관계 및 상대적 중요도가 정성적 분석에 그치고 있다는 한계를 갖는다. 이를 보완하는 향후 연구와 더불어 계획부문에 속하는 세부계획요소의 분석을 통해 구체적인 도시계획의 전략을 도출하는 연구가 진행되어 할 것이다.

본 연구는 2011년도 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음 (관리번호 : 2011-1505)

참고문헌

1. 변병설, 저탄소 에너지 절약형 신도시 해외사례 및 조성전략, 대한국토도시계획학회 세미나, 2009.09
2. 반영운 외 5명, 기후변화에 대응한 국토 및 도시개발전략, 대한국토도시계획학회 정보지 통권 제318호 3-17, 2008.09
3. 김정곤 외, 탄소중립도시를 위한 도시계획전략 연구, 한국도시설계학회 v.12 n.2, 2011.04
4. 신재훈, 순환체계(Circular Metabolism)관점에서 본 탄소중립도시 적용구조 분석, 충남대학교 석사학위논문, 2011.08
5. 박현신, 기후변화에 대비한 저탄소 신도시 계획 지표 개발 연구, 인하대학교 석사학위논문 2010.02
6. 박지혜, 지구단위계획수립에 있어서 에너지 절약 계획요소의 도출과 적용방법, 충남대학교 석사학위논문, 2010.02
7. 양은경, 에너지 절약형 저탄소 도시의 계획방향에 관한 연구, 충남대학교 석사학위논문, 2010.08
8. Jefferson W. Tester 외, sustainable energy: choosing among options, Massachusetts Institute of Technology, 2005.
9. Henrik Lund, Renewable energy strategies for sustainable development, Energy, Volume 32, No.6, 2007
10. Natalia Codoban 외, Metabolism of Neighborhoods, JOURNAL OF URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT, 2008.3
11. Newman, Sustainability and cities, Island Press, Washington D.C, 1999
12. Ibrahim Dincer and Marc A. Rosen, exergy : energy, environment, and sustainable, Elsevier Ltd, 2007
13. Abdeen Mustafa Omer, EXERGY : Energy, environment and sustainable development, Elsevier, 2007.09
14. Herbert Giradet 외, A Renewable World, Green Books, 2009.09

투고(접수)일자: 2012년 2월 28일
 수정일자: (1차) 2012년 7월 22일
 (2차) 2012년 8월 29일
 게재확정일자: 2012년 8월 30일