

탄소중립 녹색도시 구현을 위한 계획지표 설정에 관한 연구

A Study on the Planning Indicator for Carbon Neutral Green City

김 유 민*

Kim, You-Min

이 주 형**

Lee, Joo Hyung

Abstract

The aim of this dissertation is establishing internal indicator list for achieving policy goal of Carbon Neutrality Green City. First of all, it started to construct the basic system of planning indicator based on through comprehension of current studies such as advanced researches, government guidelines and green building certifications. And then it was set up final indicator list through inspecting FGI (Focus Group Interview), Verification of suitability, and Analysis of importance). As a result of this research, the planning indicator divided three steps and there were classified four fields in the top-level; Green Land and Ecology, Green Energy, Green Resource and Transportation, Green Living and Institution. According to the data, it deducted four items (ratio of green land, site plan, heat island and management of climate, base of nature ecology) and twelve index in the field of green land and ecology, three item(energy conservation and self-supporting, energy efficiency, new regeneration energy) and twelve index in the field of green energy and regeneration, five items(water resources utilize and circulation, other resource reduction and circulation, public transportation, green transportation plan) and fifteen index. Totally, Planning Indicators of forty nine were deducted. Therefore, there was the result of importance analysis that the indicators of plan and maintain management as the side of space for carbon neutrality were more appreciated than carbon reduction of individual building.

키워드 : 탄소중립, 녹색도시, 계획지표, FGI, AHP

Keywords : Carbon Neutral, Green City, Planning Indicator, Focus Group Interview, Analytic Hierarchy Process

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

지구 온난화에 따른 홍수, 가뭄, 해수면 상승 등 기상이변과 생태계 변화가 감지되면서 환경 문제는 인류 최대 관심사로 부상했다. 인류의 생명을 급격히 위협하는 양상으로 표출되어 기후변화 대응 중요성이 증대되어 온실가스의 주요 원인인 이산화탄소의 저감 대책마련에 각국은 박차를 가하고 있다. 이에 녹색도시(Green City), 저탄소도시(Low Carbon City), 무배출도시(Zero Emission City), 탄소중립도시(Carbon Neutral City)등 새롭고 다양한 도시 개념이 확립되었으며, 경제, 환경, 사회 발전 정책과 맞물려 지속가능한 개발(Sustainable Development)이 가능한 도시 개발에 미국, 유럽, 일본 등 선진국들은 총력을 기울이고 있다.

기후변화 대책 마련을 위해 세계 주요 나라들은 세계기후회의(1972), 리우환경회의(1992), 교토의정서(2005), 발리로드맵(2007), G8정상회의(2008) 등을 통하여 온실가스 배

출 저감을 위한 협의를 하고 있으며 대책 마련에 고심하고 있다. 특히 제17차 기후변화협약 당사국총회(COP17)에서는 선진국의 '교토의정서 연장'과 함께 2020년 이후부터는 '한국'은 물론이고 중국, 인도, 주요 개도국을 포함한 '모든 당사국이 온실가스 감축체계에 참여'하는 '더반 플랫폼(Durban Platform)'을 채택하는 등 다양한 정책을 마련하고 있다. 이를 통해 주요 온실가스 배출국이 모두 온실가스 감축에 참여하게 됐으며, 단일 법적 체제에서 온난화 방지 조치를 하는 '강제성'을 부여하게 되었다. 기후변화대응에 따른 온실가스 감축 노력이 일부 국가가 아닌 전 세계적인 규범이 되었다는 것에 의의가 있으며 이 회의를 통하여 한국 정부도 감축 의무국으로 지정되어 2020년까지 온실가스 배출 전망치 대비 30% 의무 감축뿐만 아니라 2020년 이후에도 추가 감축 목표의 필요성이 대두되었다.

IPCC 4차 보고서에 따르면 이러한 온실가스 배출의 주원인은 도시에서 발생하고 있으며 전체 발생량의 70%를 차지하고 있는 것으로 분석되고 있다. 이에 도시에서의 탄소량 배출 저감 노력이 화두가 되고 있으며, 도시 기획, 계획에서부터 체계적인 온실가스 저감 노력을 위한 제도적인 장치가 필요하다.

* 주저자 및 교신저자, 한양대학교 도시대학원 박사 수료 (loretta@greencode.kr)

** 공동저자, 한양대학교 도시대학원 교수 (hyleejh@hanmail.net)

국내의 경우 2002년부터 친환경건축물인증 실시를 통하여 온실가스 저감 및 에너지 효율 향상 등 다양한 효과를 기대하고 있다. 그러나 친환경건축물인증에 경우 온실가스 배출량이 많은 도시보다는 건축물 및 일부 구조물에 한정됨에 따라 도시 전반에 영향을 주는 큰 효과를 기대하기는 어려운 실정이다. 따라서 온실가스 저감은 물론, 탄소중립을 위한 녹색 도시를 구현할 수 있는 새로운 제도적 장치 마련이 시급하다.

이에 본 연구에서는 ‘탄소중립 녹색도시’라는 정책목표를 달성하기 위해 국내에 적용 가능한 지표 체계를 구축하는 것을 연구의 목적으로 하였다. 이는 시범도시 추진 및 계획단계에 있는 현시점에서는 계획지표로 활용될 수 있을 것이며, 사업이 완료된 시점에서는 평가지표로 활용될 수 있다. 더욱이 저탄소 녹색도시라는 목적 하에 조성된 도시가 아닐지라도 본 지표 체계를 적용하여 도시의 탄소저감 및 친환경의 정도가 현재 어느 수준정도인지 자치단체가 자체적으로 점검할 수 있는 가이드로 활용될 수 있을 것이다.

1.2 연구의 방법

본 연구의 분석방법 및 연구내용은 다음 <그림 1>과 같다.

첫째, 계획지표 정립을 위해 1차적으로 도시·주거단지를 대상으로 탄소저감에 대해 연구한 기존 문헌을 토대로 저탄소 또는 탄소중립을 위한 제도 및 지침, 친환경 건축물 인증제도의 지표 등을 활용하여 본 연구의 1차적인 지표 체계를 구축한다.

둘째, 1차적으로 정립된 계획지표들을 전문가 FGI를 통해 지표 체계 및 개별 지표들의 탄소중립 녹색도시의 계획지표로 적합한지를 검증한다.

셋째, 검증된 최종 분석 체계 및 지표를 바탕으로 지표들 간의 상대적 중요도를 분석하여, 도시차원에서 저탄소 또는 탄소중립을 위한 기획, 계획 및 유지 관리측면에서 상대적으로 중요하게 운용할 필요가 있는 계획지표를 도출한다. 넷째, 분석결과에 따른 시사점 그리고 본 연구의 한계를 제시한다.

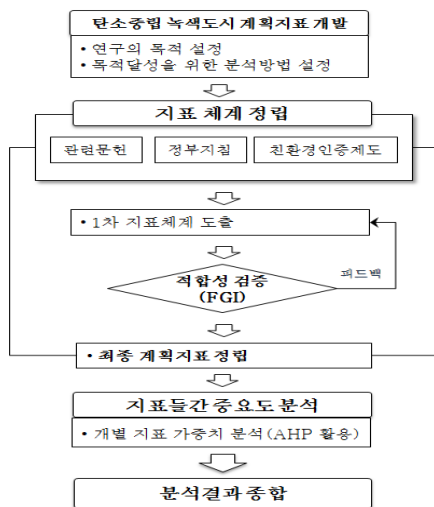


그림 1. 지표개발의 흐름도

2. 선행연구 고찰 및 연구의 차별성

2.1 관련 선행연구 고찰

저탄소 녹색성장이 이명박 정부의 국정 운영목표로 설정된 이후로 시기적으로는 2009년부터 저탄소 녹색도시에 관한 연구가 본격적으로 이루어지기 시작하였다. 그러나 건축물 단위가 아닌 주거단지, 도시차원에서 탄소저감에 대한 계획요소에 대한 연구는 많지 않다. 관련 연구는 다음과 같다.

가장 최근자료로 국토해양부(2012)는 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시·군 계획수립 지침을 훈령으로 발표하였다. 이는 계획 지표 및 평가 방식을 제시한 것이 아니라 지자체에서 수립해야 할 방향 설정 및 지침안이라 할 수 있다.

한국건설기술연구원(2012)은 인천 검단신도시를 대상으로 탄소절감을 위한 계획지표를 구상 및 탄소배출량 계산하여 녹색도시 모델을 구축하고자 하였다. 그러나 도시적 측면에서 접근하였으나 계획지표는 건축적 측면에 대한 고려가 주로 이루어졌다. 비슷한 연구로 한국토지공사(2010)의 연구는 동탄2신도시와 검단신도시를 대상으로 저탄소 녹색도시 조성을 위한 시범도시 조성계획 및 향후 과제를 제시하였다. 이밖에 이경기(2010)는 탄소저감형 신도시 토지이용계획 모델 구축방안으로 토지이용계획 과정에서 탄소저감을 위한 공간단위 별 계획요소를 도출하고 연계성 모색을 통한 탄소저감형 신도시 토지이용계획 모델 구축하고자 하였다.

다음으로 국토연구원(2009)은 기후변화에 대비한 도시계획적 대응방안 연구로 문헌조사, 현장방문과 집담회 및 사례조사를 통해 6개 부분 12개의 계획 요소를 제시하였으며, 박상헌(2010)은 국내의 사례분석을 통한 저탄소 녹색도시 조성방향 저탄소녹색도시의 국외(독일, 일본, 영국, 미국 등)사례와 국내(대구, 대전 등)사례 조사를 통해 조성 시사점 제시하였다. 또 한국토지주택공사(2010)은 저탄소 녹색도시 모델개발 및 기본구상 연구로 국외 사례조사 및 전문가 회의 등을 통해 녹색도시 모델을 정립하고 모델 적용 최적지 선정을 위한 입지기준 및 지표를 개발하였으며, 변병설(2009)은 저탄소 에너지 절약형 신도시 해외사례 및 조성전략 연구로 해외 선진사례 분석 및 적용된 계획요소들을 비교/분석하여 4개의 탄소 저감요소, 1개의 탄소흡수요소, 2개의 탄소저감 및 흡수요소, 2개의 지원체계 요소를 제시하였다. 이상의 연구들은 사례를 통해 계획지표에 대한 시사점을 제시하였으며, 주로 국외 사례에 초점이 맞춰져 있었다.

한편으로는 본 연구와 비슷한 목적으로 계획지표에 대한 시사점 제시를 목적으로 한 연구가 있었다. 이상문(2012)은 국내의 탄소중립도시 관련 이론 및 사례를 종합하여 탄소중립도시 계획지표 및 계획기준을 제시하였으며, 이강식·이명식(2009)은 탄소중립단지의 계획요소기술에 관한 연구로 탄소중립도시에 대한 개념과 목표 제시 및 사례분석을 통한 탄소중립 도시/단지의 기술요소를 제시하였다. 또한 반영운(2008)은 기후변화에 대응한 국토 및 도시 개발전략으로 탄소중립도시 조성을 위한 27개의 세부 계획요소를

표 1. 저탄소 도시 관련 선행연구 고찰을 통한 계획지표 종합표

| 구분 | | 계획요소 | 지표 출처(주요 연구) |
|---------------------------------|-------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 녹색 토지 | 녹색 토지용 | 녹지율(공공녹지율, 민간 조경공간) | 국토해양부(2012), 건설기술연구원(2012), 행안부(2011), |
| | | 수공간비율(하천, 호수, 연못, 습지) | 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 토지공사(2009), 이경기(2010) |
| | 단지 계획 | 농수산물 생산자립률(면적 및 비율) | 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 국토연구원(2009) |
| 단지배치(지리적 특성을 고려한 토지이용, 지형 및 경사) | | 이상문(2012), 지승운(2010), 이경기(2010), 변병설(2010) | |
| 2. 녹색 생태 | 열섬 및 기후 관리 | 단지지형(조망권 경관 확보, 일조고려 배치) | 이상문(2012), 지승운(2010), 토지공사(2009) |
| | | 입지분석(신재생에너지 적용가능 및 유형) 및 밀도(주거 밀도를 고려한 개발) | 국토해양부(2012), 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 이강식·이명식(2009) |
| | | 바람길(도시 바람통로계획, 자연통풍을 고려한 향배치) | 국토해양부(2012), 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 국토연구원(2009) |
| | 자연 생태 기반 | 대기오염도 계획(지역별 계획 및 가이드라인) | 토지공사(2009), 이강식·이명식(2009), 변병설(2010), 정광섭(2009) |
| | | 그린 네트워크(면적 및 도시 내 비율) | 이상문(2012), 지승운(2010) |
| | | 생태면적율 확보(가로수 및 수목, 녹도, 조경) | 박천보(2011), 이상문(2012), 지승운(2010), 이강식·이명식(2009), 토지공사(2009), 이경기(2010) |
| 3. 녹색 에너지 | 에너지 절약 및 자립 | 생태문화체험 및 콘텐츠 | 이상문(2012), 이경기(2010), |
| | | 소동물 서식지 조성 | 박천보(2011), 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 지승운(2010), 이강식·이명식(2009), 이경기(2010), 국토연구원(2009), 변병설(2010) |
| | | 에너지 소비율 목표 설정 | 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 이상문(2012), |
| | | 천연자원을 활용한 에너지 | 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 토지공사(2009), 이경기(2010) |
| | | 방출열 회수(폐열회수 및 활용) | 국토해양부(2012), 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 지승운(2010) |
| | | 에너지 관리(에너지 자립 및 모니터링 비율) | 박천보(2011), 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 변병설(2010) |
| | 에너지 효율화 | 고효율 에너지 기자재 및 설비 | 박천보(2011), 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 변병설(2010) |
| | | LED 조명(전기절약 설비) | 박천보(2011), 이상문(2012), 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증 |
| | | 외피 시스템(단열 : 외벽 내벽) | 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 이강식·이명식(2009), 토지공사(2009), 이경기(2010), 변병설(2010) |
| | | 녹화(벽면녹화, 옥상녹화, 주차장녹화, 밀집식재, 자연지반 노출) | 박천보(2011), 이상문(2012), 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 이강식·이명식(2009), 토지공사(2009), 변병설(2010) |
| | | 신재생에너지 적용 비중 및 규모(면적, 비율) | 국토해양부(2012), 이상문(2012), 건설기술연구원(2012), 이강식(2009) |
| | | 열원 재생에너지(태양열, 태양광, 풍전지, 지열) | 박천보(2011), 이상문(2012), 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 지승운(2010), 이강식·이명식(2009), 토지공사(2009), 국토부(2009) |
| 4. 녹색 자원 | 수자원 활용 및 순환 | 재생에너지(풍력, 열병합발전, 하수열, 탄소 포집 및 활용, 바이오매스, 폐기물 활용 등) | 국토해양부(2012), 박천보(2011), 이상문(2012), 건설기술연구원(2012), 지승운(2010), 이강식·이명식(2009), 토지공사(2009), 김소진(2008), |
| | | 신에너지(연료전지, 수소에너지, 석탄액화가스화) | 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 국토연구원(2009), |
| | | 물 소비량 관리 및 제어 | 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증(2013), 이상문(2012), 박천보(2011) |
| | | 우수 관리, 우수의 활용 및 비율 | 지승운(2010), 변병설(2010), 토지공사(2009), 김소진(2008), 국토연구원(2009) |
| 5. 녹색 교통 | 대중교통 | 중수의 활용 및 비율 | 국토해양부(2012), 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 박천보(2011) |
| | | 하수와 우수 활용 | 박천보(2011), 한국건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 이상문(2012), 지승운(2010), 김소진(2008), 국토부(2009), 변병설(2010) |
| | | 건축 폐기물 절감(재활용 및 자원절약) | 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 이상문(2012), 국토부(2009) |
| 6. 녹색 생활 | 유지관리 및 운영 | 산업 및 생활 폐기물 절감(재활용 및 자동집하시스템) | 박천보(2011), 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 이상문(2012) |
| | | 음식물 쓰레기 절감 | 건설기술연구원(2012), 녹색건축인증, 이상문(2012), 지승운(2010), 이강식·이명식(2009), 국토부(2009), 변병설(2010) |
| | | 매연 배출량 측정 및 제어, 기능별 도로배치 규모제한 | 국토해양부(2012), 건설기술연구원(2012), 김소진(2008), 변병설(2010) |
| 7. 녹색 제도 | 제도적 기반 | 대중교통중심의 교통체계, 환승시스템 연계 | 국토해양부(2012), 이상문(2012), 박천보(2011), 토지공사(2009), 김소진(2008), |
| | | 대중교통시설과의 거리(각 단지별, 각 지역별 배분) | 녹색건축인증, 이상문(2012), 행안부(2011), 국토연구원(2009) |
| | | 기계식 주차 제어, 관리 | 이상문(2012), 박천보(2011), 김소진(2008), 변병설(2010) |
| 6. 녹색 생활 | 녹색 소비 | BRT, 경전철, LRT, 노면전차 | 이상문(2012), 박천보(2011), 김소진(2008), 변병설(2010) |
| | | 녹색도로(보행자 및 자전거 전용) | 박천보(2011), 이상문(2012), 토지공사(2009), 국토부(2009) |
| | | 주차장 설치기준 확대 | 이상문(2012), 행안부(2011), 이강식(2009), 토지공사(2009), 정광섭(2009) |
| | 녹색 소비 | 친환경 자동차 이용 | 박천보(2011), 지승운(2010), 김소진(2008), 국토부(2009), 변병설(2010) |
| | | 녹색소비 실천방안 | 박천보(2011), 이상문(2012), 토지공사(2009), 국토부(2009), 변병설(2010) |
| | | 교육 및 참여 유도(교육, 시민 참여) | 행안부(2011), 토지공사(2009), |
| 7. 녹색 제도 | 제도적 기반 | 인센티브 제도(탄소포인트제) | 이상문(2012), 행안부(2011), 토지공사(2009), |
| | | 녹색건축인증 제도(적용 및 의무화, 실시 비율) | 국토해양부(2012), 건설기술연구원(2012), 이상문(2012), 행안부(2011) |
| | | 지자체별 조례 및 가이드라인(온실가스감축 전략방안) | 국토해양부(2012), 이상문(2012), 행안부(2011), 김소진(2008), 변병설(2010) |
| 7. 녹색 제도 | 제도적 기반 | 기후행동 지침, 방재 및 안전계획(호우, 열파, 한파 등) | 국토해양부(2012), 이상문(2012), 행안부(2011), 토지공사(2009), 변병설(2010) |
| | | 지역내 탄소중립 녹색도시 시범사업 | 이상문(2012), 행안부(2011), 토지공사(2009), 국토부(2009), |

도출하고 이를 도시개발과정에 적용하기 위한 방안 모색하였으며, 행안안전부(2011)는 지역의 녹색경쟁력 지표로 녹색교통, 녹색건축물, 녹색생활, 녹색기반 등 5개 분야 15개 지표를 제시하였다.

이어서 오용준(2009)은 저탄소 에너지 절약형 도시계획의 정책과제 및 추진전략연구로 저탄소에너지 절약형 도시계획의 체계 정립 및 도시 계획 수립방안을 이론적 측면에서 제시하였으며, 이재준(2009)은 기후변화 대응을 위한 지구단위계획 차원에서 탄소완화 계획요소 개발에 관한 연구로 전문가 조사를 통해 지구단위계획 차원에서 적용 가능한 7개 부문 73개 친환경 생태도시 계획요소를 도출하였다. 지승운(2010), 저탄소 녹색주거단지 설계요소 중요도 분석에 관한 연구로 저탄소 녹색 주거단지를 계획하는데 있어 중요하게 고려해야 하는 설계요소를 도출하고 회귀분석을 통해 종합중요도 영향요인을 도출하였으며, 김소진(2008)은 환경친화적 도시개발을 위한 계획요소의 설정과 평가연구로 토지이용, 교통 및 통신, 에너지 및 자원, 생태환경 분야에서 12개의 주요계획 요소를 도출하여 11개 지구의 국민임대주택단지를 대상으로 환경친화성을 평가하였다. 하지만 이들 연구들은 단편적으로 지표 제시에만 그치고 저탄소 녹색도시를 위해 보다 중요하게 고려해야 할 지표들에 대한 고려는 미흡하였다.

2.2 연구의 차별성

본 연구는 탄소중립 녹색도시 구현을 위한 계획지표 제시에 관한 연구이다. 선행연구로는 저탄소(탄소제로) 도시 및 주거단지의 개념 확립 및 사례분석 등의 연구가 있었으며, 도시차원에서 계획 및 운영될 필요가 있는 기준들이 제시되었다. 그러나 대부분의 연구들이 건축물 차원에서 탄소저감을 할 수 있는 계획지표에 치중되어 도출되었다는 한계를 가지고 있으며, 도출된 지표들 가운데 탄소중립 녹색도시를 계획하는 단계에서 상대적으로 중요하게 반영해야 할 지표에 대한 고려는 미흡하였다.

본 연구는 건축물이 아닌 도시차원에서 적용가능한 계획지표라는 측면에서 접근하였기 때문에 건축물과 관련된 탄소저감과 흡수에 많은 영향을 주는 요소가 포함되어 기존 연구들과 차별성을 갖는다고 할 수 있으며, 추가적으로 탄소저감과 관련한 다양한 지표들을 대상으로 상대적 중요도를 고려하여 가중치를 고려한 지표 체계를 구축하였다.

3. 분석지표 설정 및 자료수집

3.1 1차 분석지표 선정 및 최종 지표체계 구축

1) 1차 분석지표의 선정

기존 연구들과 정부의 지침, 녹색건축인증제도 등에서 연구결과로 제시된 항목들을 종합하여 탄소중립 녹색도시 계획지표 체계를 <표 1>과 같이 구축하였다. 구축된 1차 지표 체계는 녹색 토지, 녹색 생태, 녹색 에너지, 녹색 자원, 녹색 교통, 녹색 생활, 녹색 제도 등 7개로 분류하였으며, 7개의 개념 하에 총 49개의 지표를 종합하였다.

2) 최종 지표 체계 구축

앞서 1차로 구체화된 지표 체계들이 탄소중립 녹색도시의 계획지표로서 적합하며 그 체계는 적절한지, 또 보완할 점은 없는지를 전문가 표적인터뷰(FGI: Focus Group Interview)를 통해 검증하였다. 이 때 각 지표별로 그 적합성은 참석자들의 단일합의로 판단하였다. 이러한 만장일치적 접근방법은 본 연구와 같이 특수한 전문적 지식이 요구되는 상황에서는 더 적합하다고 할 수 있기 때문이다(정광섭 외, 2009).

FGI는 건설기술연구원, LH공사, 국토연구원, 시설안전공단, 대학 등 탄소저감 업무 및 연구를 수행해본 경험이 있는 관련 전문가인 교수 및 연구원, 실무자(교수 1인, 연구원 6인, 실무자 3인) 총 10인을 대상으로 2013년 2월 19일에 실시하였다.

표 2. FGI를 통해 조정된 최종 탄소 중립 녹색도시 계획지표체계

| 분야 | 상위항목 | 세부지표 |
|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 녹색토지 및 생태 (12개) | 녹색토지용(3개) | 녹지용(공공녹지용, 민간 조경공간), 수공간비율(하천, 호수, 연못, 습지), 농수산물 생산자립률(면적 및 비율) |
| | 단지계획(3개) | 단지배치(지리적 특성 고려 토지이용), 단지지형(조망권 경관 확보, 일조고려 배치), 밀도(주거 밀도를 고려한 개발) |
| | 열섬 및기후 관리(3개) | 바람길, 대기오염도 계획(지역별 요소별 계획 및 가이드라인), 그린 네트워크(면적 및 도시 내 비율) |
| | 자연 생태 기반(3개) | 생태면적용 확보(가로수 및 수목, 녹도, 조경 조성), 생태문화체험 및 콘텐츠, 소동물 서식지(비오톱 등) 조성 |
| 녹색에너지 (12개) | 에너지 절약, 자립(3개) | 에너지 소비율 목표 설정, 천연자원을 활용한 에너지, 방출열 회수 |
| | 에너지 효율화(5개) | 에너지 관리(에너지 자립 및 모니터링 비율: 주거단지, 건물, 교통, 산업 등), 고효율 에너지 기자재 및 설비, LED 조명(전기절약 설비), 외피 시스템(단열: 외벽 내벽), 녹화(벽면녹화, 옥상녹화, 주차장녹화, 밀집식재, 자연지반 노출) |
| 녹색자원 및 교통 (15개) | 신재생에너지(4개) | 신재생에너지 적용 규모(면적, 비율), 열원 재생에너지(태양열, 태양광, 광전지, 지열 등), 재생에너지(풍력, 열병합발전, 하수열, 냉난방, 바이오메스, 폐기물 활용 에너지), 신에너지(연료전지, 수소에너지, 석탄 액화가스화) |
| | 수자원 활용, 순환(4개) | 물 소비량 관리 및 제어, 우수의 활용 및 비율, 중수의 활용 및 비율, 하수와 오수 활용 |
| | 기타자원 절감, 순환(3개) | 건축 폐기물 절감(재활용 및 자원절약, 생활 및 산업폐기물 절감(재활용 및 자동집하시스템), 음식물 쓰레기 절감) |
| | 대중교통(5개) | 매연 배출량 측정 및 제어, 대중교통 환승시스템 연계, 대중교통시설과의 거리, 기계식 주차 제어, 관리, BRT(간선 급행 버스 체제), 경전철LRT(Light Rail Transit), 노면전차 |
| 녹색생활 및 제도 (10개) | 녹색교통계획(3개) | 녹색도로(보행자 및 자전거 전용), 주차장 설치기준 확대, 친환경 자동차 이용 |
| | 유지관리 및 운영(3개) | BEMS(건물에너지관리시스템) 운영, 운영유지관리 매뉴얼, 통합관리 운영시스템 |
| | 녹색 소비(3개) | 녹색소비 실천방안, 교육 및 참여 유도(교육, 시민 참여), 인센티브 제도(탄소포인트제) |
| | 제도적 기반(4개) | 녹색건축인증 제도(의무화, 실시 비율), 지자체별 조례(가이드라인), 기후행동 지침, 탄소중립 녹색도시 시범사업 |

FGI를 통해 신에너지(수소에너지·석탄액화가스 등) 지표와 BRT·경전철 지표는 현재 측정불가능하거나 대형 사업에서만 적용할 수 있는 지표라는 측면에서 지표에서 제외시켜야 한다는 의견이 제시되었으나 장기적인 측면에서 지표로 반영될 필요가 있는 것으로 의견이 모아졌다. 그리고 현재 고려된 지표들로 충분하다는 결론이 도출되었다.

다만, 기존의 7개의 분야(녹색토지, 녹색생태, 녹색에너지, 녹색자원, 녹색교통, 녹색생활, 녹색제도)는 지표간의 편중이 크고 또 유사한 성격을 갖는 분야끼리 조정될 필요가 있다는 의견에 따라 최종적으로 기존 7개 분야에서 녹색토지 및 생태, 녹색에너지, 녹색자원 및 교통, 녹색생활 및 제도 등 4개의 분야 체계로 압축하였다.

이에 최종 구축된 평가지표는 <표 2>와 같으며, 녹색토지 및 생태, 녹색에너지, 녹색자원 및 교통, 녹색생활 및 제도 등 4개의 분야로 종합되었으며, 각 분야별로 총 49개의 지표 체계가 구축되었다.

3.2 자료조사의 개요 및 응답자 특성

1) 자료조사의 개요 및 일관성 검증

최종 선정된 지표 체계를 토대로 지표들 간의 중요도를 분석할 수 있는 설문지를 작성 후 전문가 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 2013년 2월 21일부터 3월 4일까지 실시하였으며, 설문조사 대상 전문가는 앞서 FGI에서 대상으로 한 기관 및 연구원, 교수들을 대상으로 하였다. 조사방법은 면접조사를 기본으로 하였으나 부득이한 경우 개별면접을 통해 설문조사의 취지 및 목적을 설명하고 설문지를 배부한 뒤 웹 메일이나 우편으로 수거하는 방법을 사용했다. 전체 설문부수는 102부를 배부하였으며 그 중 회수된 설문지의 수는 78부로 총 76.5%의 회수율을 나타냈다.

이 중 설문결과를 AHP를 통해 분석해보기 위해서는 설문 응답결과가 신뢰성이 있는지 검토해봐야 하는데, AHP에서는 이를 일관성 검증을 통해 살펴볼 수 있다. 일반적으로 일관성비율(CR, Consistency Rate)로 의사결정자의 유의성을 판단하는데, CR이 10%(0.1)이하이면 의사결정에 있어서 합리적인 일치성을 갖는다고 보고 10%(0.1)보다 크면 일치성이 부족한 것으로 판단하여 다시 의사결정자에게 평가속성별 쌍대비교를 하도록 한다. 분석결과 일관성 지수(C.R)가 0.1 이하로 90점 이상의 수준을 가지는 설문지는 총 78부 중 71부로 나타났으며 평균 약 0.07(7%)의 일관성을 가지는 것으로 나타났다. 따라서 향후 중요도 분석에는 71부만을 활용하여 분석하였음을 밝혀둔다.

2) 응답자 특성

응답자 특성은 다음 <표 3>과 같으며, 응답자 특성을 살펴보면 30세에서 60세 사이의 경험이 많은 전문가들로 응답자가 구성되어 있음을 알 수 있다. 응답자의 근무 및 연구경력은 평균 10년 정도의 경험 많은 전문가인 것으로 나타났다.

4. 탄소중립 녹색도시 계획지표 중요도 분석

4.1 중요도 분석의 개요

본 연구에서 중요도 분석은 도시차원에서 저탄소 또는 탄소중립을 위한 기획, 계획 및 유지 관리측면에서 상대적으로 중요하게 운용할 필요가 있는 계획지표를 도출하기 위해서 실시된다. 그렇기에 계획지표로 고려할 수 있는 지표로 49개라는 많은 수의 지표들이 고려되었다. 이에 본 연구에서는 상위항목과 하위항목의 2단계 구조가 아닌 4개의 분야, 분야 별 상위항목, 분야별 각 상위항목별 세부지표라는 3단계 구조로 분석을 실시하였다.

표 3. 응답자 특성

| 구 분 | | 빈도 | 백분율(%) |
|----------|---------------|----|--------|
| 성별 | 남자 | 60 | 84.5 |
| | 여자 | 11 | 15.5 |
| 학력 | 대졸 | 46 | 35.2 |
| | 대학원 이상 | 25 | 64.8 |
| 연령 | 25~30세 | 2 | 2.8 |
| | 30~40세 | 24 | 33.8 |
| | 40~50세 | 34 | 47.9 |
| | 50~60세 | 10 | 14.1 |
| | 60세 이상 | 1 | 1.4 |
| 근무 기간 | 1년 미만 | 2 | 2.8 |
| | 1년 이상~3년 미만 | 5 | 7.0 |
| | 3년 이상~5년 미만 | 8 | 11.3 |
| | 5년 이상~7년 미만 | 15 | 18.3 |
| | 7년 이상~10년 미만 | 22 | 31.0 |
| | 10년 이상~15년 미만 | 13 | 21.1 |
| | 15년 이상~20년 미만 | 6 | 8.5 |

4.2 탄소중립 녹색도시 지표 4개 분야 중요도 분석

본 연구의 탄소중립 녹색도시 지표 체계에서 가장 큰 분류(1단계)인 녹색토지 및 생태, 녹색에너지, 녹색자원 및 교통, 녹색생활 및 제도 4개 분야의 중요도 분석을 실시하였다.

분석결과는 <표 4>와 같다. 녹색에너지가 0.268로 1순위, 녹색자원 및 교통이 0.263으로 2위로 나타났으며, 녹색토지 및 생태가 0.258로 3위, 녹색생활 및 제도가 0.211로 4위로 나타났다. 1위부터 3위까지 거의 중요도 차이가 크지 않은 것으로 나타났으며, 4위로 나타난 녹색생활 및 제도 분야는 다른 분야들에 비해 탄소중립 녹색도시 측면에서 계획지표로 상대적으로 중요도가 낮게 평가되었다. 이러한 결과는 4개의 분야가 함축적으로 담고 있는 지표내용이 많기 때문인 것으로 중요도 차이가 크지 않다고 볼 수 있다.

표 4. 1단계 4개 분야 중요도 분석결과

| 구분(4개 분야) | 가중치 | 비율 | 순위 |
|-----------|-------|-------|----|
| 녹색토지 및 생태 | 0.258 | 25.8% | 3 |
| 녹색에너지 | 0.268 | 26.8% | 1 |
| 녹색자원 및 교통 | 0.263 | 26.3% | 2 |
| 녹색생활 및 제도 | 0.211 | 21.1% | 4 |

4.3 각 분야별 상위항목 지표 중요도 분석

다음으로 4개의 각 분야별 상위항목 지표들 중요도 분석을 실시하였다.

1) 녹색토지 및 생태 분야 4개 상위항목 중요도 분석

녹색토지 및 생태 분야의 4개의 상위항목들(녹색토지율, 단지계획, 열섬 및 기후관리, 자연생태기반) 간 중요도 분석을 실시하였다.

분석결과는 다음 <표 5>와 같다. 열섬 및 기후관리(0.293)가 1위, 녹색토지율(0.261)가 2위, 자연생태기반(0.244)이 3위, 단지계획(0.202)이 4위로 나타났다. 전반적으로 4개의 상위항목 지표들 간에 중요도 차이는 크게 나지 않으며, 1순위로 도출된 열섬 및 기후관리 항목이 다른 지표들에 비해 상대적으로 중요하게 고려될 계획지표인 것으로 나타난 반면, 4위로 나타난 단지계획은 상대적으로 중요도가 떨어지는 것으로 나타났다.

표 5. 녹색토지 및 생태분야 상위항목 중요도 분석결과

| 상위항목 | 가중치 | 비율 | 순위 |
|-----------|-------|-------|----|
| 녹색토지율 | 0.261 | 26.1% | 2 |
| 단지계획 | 0.202 | 20.2% | 4 |
| 열섬 및 기후관리 | 0.293 | 29.3% | 1 |
| 자연생태기반 | 0.244 | 24.4% | 3 |

2) 녹색에너지 분야 3개 상위항목 중요도 분석

녹색에너지 분야의 3개의 상위항목들(에너지절약 및 자립, 에너지 효율화, 신재생 에너지) 간 중요도 분석을 실시하였다.

분석결과는 다음 <표 6>과 같다. 에너지절약 및 자립(0.362)이 1위, 에너지 효율화(0.339)가 2위, 신재생에너지(0.299)가 3위로 나타났다. 1순위로 도출된 에너지절약 및 자립의 경우 에너지 소비율 목표 등 계획적 측면에서 중요도가 높은 것으로 평가되었으며, 고효율 에너지 자재, LED 조명 등이 지표로 반영되어 있는 에너지 효율화 항목은 쉽게 적용 가능한 계획지표들인 반면, 기술기반이 떨어지고 사업대상지가 대규모일 경우 적용하기 용이한 신재생에너지 항목은 상대적으로 중요도가 떨어지는 것으로 평가되었다.

표 6. 녹색에너지 상위항목 중요도 분석결과

| 상위항목 | 가중치 | 비율 | 순위 |
|------------|-------|-------|----|
| 에너지절약 및 자립 | 0.362 | 36.2% | 1 |
| 에너지 효율화 | 0.339 | 33.9% | 2 |
| 신재생 에너지 | 0.299 | 29.9% | 3 |

3) 녹색자원 및 교통 분야 4개 상위항목 중요도 분석

녹색자원 및 교통 분야의 4개의 상위항목들(수자원 활용 및 순환, 기타자원 절감 및 순환, 대중교통, 녹색교통계획) 간 중요도 분석을 실시하였다.

분석결과는 다음 <표 7>과 같다. 대중교통(0.311)이 1위, 녹색교통계획(0.276)이 2위, 수자원 활용 및 순환(0.236) 3위, 기타자원 절감 및 순환(0.177) 4위로 나타났다. 도시차

원에서 저탄소 또는 탄소중립을 위한 기획, 계획 및 유지관리 측면에서 수자원 활용 및 순환, 기타자원 절감 및 순환에 비해 대중교통과 녹색교통계획 항목이 상대적으로 중요한 것으로 볼 수 있다.

표 7. 녹색 자원 및 교통분야 상위항목 중요도 분석결과

| 상위항목 | 가중치 | 비율 | 순위 |
|--------------|-------|-------|----|
| 수자원 활용 및 순환 | 0.236 | 23.6% | 3 |
| 기타자원 절감 및 순환 | 0.177 | 17.7% | 4 |
| 대중교통 | 0.311 | 31.1% | 1 |
| 녹색교통계획 | 0.276 | 27.6% | 2 |

4) 녹색생활 및 제도 분야 3개 상위항목 중요도 분석

녹색생활 및 제도 분야의 3개의 상위항목들(유지관리 및 운영, 녹색소비, 제도적 기반) 간 중요도 분석을 실시하였다.

분석결과는 다음 <표 8>과 같다. 제도적 기반(0.432), 유지관리 및 운영(0.341), 녹색소비(0.227) 순으로 중요도가 높게 나타났다. 녹색생활 및 제도분야에서는 녹색건축인증제도의 실시비율, 시범도시 추진 등의 제도적 기반항목들이 가장 중요한 항목으로 평가되었다.

표 8. 녹색 생활 및 제도분야 상위항목 중요도 분석결과

| 상위항목 | 가중치 | 비율 | 순위 |
|-----------|-------|-------|----|
| 유지관리 및 운영 | 0.341 | 34.1% | 2 |
| 녹색소비 | 0.227 | 22.7% | 3 |
| 제도적 기반 | 0.432 | 43.2% | 1 |

4.4 각 상위항목별 세부 구성지표 중요도 분석

앞선 상위항목 중요도 분석에 이어, 각 상위항목별 세부 지표들 간 중요도 분석을 실시하였다. 분석결과는 다음 <표 9>와 같다.

우선, 녹색토지율 항목의 3개 지표들은 녹지율(공공녹지율, 민간 조경공간), 수공간비율(하천, 호수, 연못, 습지), 농수산물 생산자립률(면적 및 비율) 순으로 중요도가 높게 평가되었으며, 단지계획 항목의 3개 지표들은 단지배치(지리적 특성을 고려한 토지이용, 지형 및 경사), 밀도(주거 밀도를 고려한 개발), 단지지형(조망권 경관 확보, 일조고려 건물 배치) 순으로 중요도가 높게 평가되었다. 열섬 및 기후관리 항목의 3개 지표들은 대기오염도 계획(지역별 요소별 계획 및 가이드라인), 그린 네트워크(면적 및 도시 내 비율), 바람길(바람통로, 자연통풍을 고려한 향배치 등) 순으로 중요도가 높게 평가되었으며, 자연생태기반 항목의 3개 지표들은 생태면적을 확보(가로수 및 수목, 녹도, 조성), 생태문화체험 및 콘텐츠, 소동물 서식지 조성 순으로 중요도가 높게 평가되었다.

다음으로 녹색에너지 분야에서 에너지 절약 및 자립 항목의 3개 지표들은 에너지 소비율 목표 설정, 천연자원을 활용한 에너지, 방출열 회수 순으로 중요도가 높게 평가되었으며, 에너지 효율화 항목의 5개 지표들은 고효율 에너지 기자재 및 설비, 녹화(벽면녹화, 옥상녹화, 주차장녹화, 밀집식재), 자연지반 노출, 에너지 관리(에너지 자립 및 모

니터링 비율: 주거단지, 건물, 교통, 산업 등), 외피 시스템(단열 : 외벽 내벽), LED 조명 (전기절약 설비) 순으로 중요도가 높게 평가되었다. 이어 신재생에너지 항목의 4개 지표들은 신재생에너지 적용 규모(면적, 비율), 열원 재생에너지(태양열, 태양광, 광전지, 지열 등), 재생에너지(풍력, 열병합발전, 하수열, 냉난방, 탄소 포집, 바이오메스, 폐기물 활용), 신에너지(연료전지, 수소에너지, 석탄 액화가스

화) 순으로 중요도가 높게 평가되었다.

녹색자원 및 교통분야에서 수자원활용 및 순환 항목의 4개 지표들은 물 소비량 관리 및 제어, 하수와 오수 활용, 우수의 활용 및 비율, 중수의 활용 및 비율 순으로 중요도가 높게 평가되었으며, 기타자원 절감 및 순환 항목의 3개 지표들은 생활 및 산업폐기물 절감(재활용 및 자동집하시스템), 음식물 쓰레기 절감, 건축 폐기물 절감(재활용 및 자원

표 9. 분야별 상위항목들의 세부지표 중요도 분석결과 및 전체 분석결과 종합

| 분야 | 세부 지표 | | 가중치 | | 순위 | | |
|-----------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|---------------|---------|---------|----|----|
| | | | 항목별 | 종합 | 항목별 | 종합 | |
| 1. 녹색 토지 및 생태 | 녹색 토지용 | 녹지율(공공녹지율, 민간 조경공간) | 0.401 | 0.02700 | 1 | 6 | |
| | | 수공간비율(하천, 호수, 연못, 습지) | 0.340 | 0.02289 | 2 | 16 | |
| | | 농수산물 생산자립률(면적 및 비율) | 0.259 | 0.01744 | 3 | 32 | |
| | 단지계획 | 단지배치(지리적 특성을 고려한 토지이용, 지형 및 경사) | 0.382 | 0.01991 | 1 | 24 | |
| | | 단지지형(조망권 경관 확보, 일조고려 건물 배치) | 0.297 | 0.01548 | 3 | 40 | |
| | | 입지분석 및 밀도(주거 밀도를 고려한 개발) | 0.321 | 0.01673 | 2 | 35 | |
| | 열섬 및 기후관리 | 바람길(바람통로, 자연통풍을 고려한 항배치 등) | 0.287 | 0.02170 | 3 | 22 | |
| | | 대기오염도 계획(지역별 요소별 계획 및 가이드라인) | 0.371 | 0.02805 | 1 | 5 | |
| | | 그린 네트워크(면적 및 도시 내 비율) | 0.342 | 0.02585 | 2 | 8 | |
| | 자연생태기반 | 생태면적율 확보(가로수 및 수목, 녹도, 조경 조성) | 0.389 | 0.02449 | 1 | 11 | |
| | | 생태문화체험 및 콘텐츠 | 0.349 | 0.02197 | 2 | 19 | |
| 소동물 서식지 조성 | | 0.262 | 0.01649 | 3 | 36 | | |
| 2. 녹색 에너지 및 신재생 | 에너지 절약 및 자립 | 에너지 소비율 목표 설정 | 0.414 | 0.04016 | 1 | 1 | |
| | | 천연자원을 활용한 에너지 | 0.331 | 0.03211 | 2 | 2 | |
| | | 방출열 회수 (폐열회수 및 활용) | 0.255 | 0.02474 | 3 | 10 | |
| | 에너지 효율화 | 에너지 관리(에너지 자립 및 모니터링 비율: 주거단지, 건물, 교통, 산업 등) | 0.193 | 0.01753 | 3 | 30 | |
| | | 고효율 에너지 기자재 및 설비 | 0.241 | 0.02190 | 1 | 21 | |
| | | LED 조명 (전기절약 설비) | 0.162 | 0.01472 | 5 | 42 | |
| | | 외피 시스템(단열 : 외벽 내벽) | 0.191 | 0.01735 | 4 | 33 | |
| | 신재생 에너지 | 녹화(벽면녹화, 옥상녹화, 주차장녹화, 밀집식재, 자연지반 노출) | 0.213 | 0.01935 | 2 | 25 | |
| | | 신재생에너지 적용 규모(면적, 비율) | 0.309 | 0.02476 | 1 | 9 | |
| | | 열원 재생에너지(태양열, 태양광, 광전지, 지열 등) | 0.274 | 0.02196 | 2 | 20 | |
| | | 재생에너지(풍력, 열병합발전, 하수열, 냉난방, 탄소 포집, 바이오메스, 폐기물 활용) | 0.221 | 0.01771 | 3 | 29 | |
| | 신에너지(연료전지, 수소에너지, 석탄 액화가스화) | 0.196 | 0.01571 | 4 | 39 | | |
| 3. 녹색 자원 및 교통 | 수자원활용 및 순환 | 물 소비량 관리 및 제어 | 0.278 | 0.01725 | 1 | 34 | |
| | | 우수의 활용 및 비율 | 0.232 | 0.01440 | 3 | 43 | |
| | | 중수의 활용 및 비율 | 0.231 | 0.01434 | 4 | 44 | |
| | | 하수와 오수 활용 | 0.259 | 0.01608 | 2 | 38 | |
| | 기타자원 절감 및 순환 | 건축 폐기물 절감(재활용 및 자원절약) | 0.293 | 0.01364 | 3 | 46 | |
| | | 생활 및 산업폐기물 절감(재활용 및 자동집하시스템) | 0.376 | 0.01750 | 1 | 31 | |
| | | 음식물 쓰레기 절감 | 0.331 | 0.01541 | 2 | 41 | |
| | 대중교통 | 매연 배출량 측정 및 제어 | 0.198 | 0.01620 | 3 | 37 | |
| | | 대중교통 중심의 교통체계, 대궐교통 환승시스템 연계 | 0.281 | 0.02298 | 1 | 15 | |
| | | 대중교통시설과의 거리 (각 단지별, 각 지역별 배분) | 0.244 | 0.01996 | 2 | 23 | |
| | | 기계식 주차 제어, 관리 | 0.131 | 0.01071 | 5 | 49 | |
| | | BRT(간선 급행 버스 체제), 경전철, LRT(Light Rail Transit), 노면전차 | 0.146 | 0.01194 | 4 | 47 | |
| | 녹색교통계획 | 녹색도로(보행자 및 자전거 전용) | 0.403 | 0.02925 | 1 | 4 | |
| | | 주차장 설치기준 확대 | 0.335 | 0.02432 | 2 | 12 | |
| | | 친환경 자동차 이용 | 0.262 | 0.01902 | 3 | 27 | |
| | 4. 녹색 생활 및 제도 | 유지관리 및 운영 | BEMS COVERING | 0.308 | 0.02216 | 3 | 17 |
| | | | 운영유지관리 매뉴얼 | 0.329 | 0.02367 | 2 | 14 |
| 통합관리 운영시스템 | | | 0.363 | 0.02612 | 1 | 7 | |
| 녹색 소비 | | 녹색소비 실천방안 | 0.249 | 0.01193 | 3 | 48 | |
| | | 교육 및 참여 유도(교육, 시민 참여) | 0.289 | 0.01384 | 2 | 45 | |
| | | 인센티브 제도(탄소포인트제) | 0.462 | 0.02213 | 1 | 18 | |
| 제도적 기반 | | 녹색건축인증 제도(적용 및 의무화, 실시 비율) | 0.210 | 0.01914 | 3 | 26 | |
| | | 지자체별 조례 및 가이드라인 (온실가스 감축 전략방안) | 0.261 | 0.02379 | 2 | 13 | |
| | | 기후행동 지침, 방재및 안전계획 (홍수,열파, 한파,해수면 범람 등) | 0.205 | 0.01869 | 4 | 28 | |
| | | 지역내 탄소중립 녹색도시 시범사업 | 0.324 | 0.02953 | 1 | 3 | |

절약) 순으로 중요도가 높게 평가되었다. 이어 대중교통 항목의 5개 지표들은 대중교통 환승시스템 연계, 대중교통시설과의 거리, 매연 배출량 측정 및 제어, BRT(간선 급행버스 체계), 경전철, LRT(Light Rail Transit), 노면전차, 기계식 주차 제어, 관리 순으로 중요도가 높게 평가되었으며, 녹색교통계획 항목의 3개 지표들은 녹색도로(보행자 및 자전거 전용), 주차장 설치기준 확대, 친환경 자동차 이용 순으로 중요도가 높게 평가되었다.

녹색생활 및 제도분야의 유지관리 및 운영 항목의 3개 지표들을 살펴보면, 통합관리 운영시스템, 운영유지관리 매뉴얼, BEMS COVERING 순으로 중요도가 높게 평가되었으며, 녹색 소비 항목의 3개 지표들은 인센티브 제도(탄소포인트제), 교육 및 참여 유도(교육, 시민 참여), 녹색소비 실천방안 순으로 중요도가 높게, 제도적 기반항목의 4개 지표들은 지역내 탄소중립 녹색도시 시범사업, 지자체별 조례 및 가이드라인, 녹색건축인증 제도(적용 및 의무화, 실시 비율), 기후행동 지침 순으로 중요도가 높게 평가되었다.

다음으로 전체 분석결과를 종합하여 전체 49개의 지표들의 종합가중치를 산정하였다. 산정방법은 1단계에서 고려된 4개 분야별 각 가중치와 2단계에서 고려된 각 분야별 상위항목들의 개별 가중치, 3단계에서 고려된 각 상위항목별 세부지표들의 개별 가중치를 각각 곱한 값을 최종 종합가중치로 도출하였다. 그리고 이 종합가중치를 모두 더한 값은 1이 된다.

종합 분석결과, 49개 지표의 1위부터 49위까지의 개별 가중치가 도출되었으며, 49개 지표의 평균 종합가중치는 0.0204로 나타났다. 따라서 49개 지표 가운데 평균을 기준으로 중요도가 높은 상위 그룹에 속하는 지표들과 상대적 하위그룹을 구분할 수 있다. 49개 지표 가운데 22개의 지표가 상위그룹에 속하는 것으로 나타났다.

해당 22개 지표들을 종합중요도가 높게 나온 순서대로 살펴보면, 1위 에너지 소비율 목표 설정, 2위 천연자원을 활용한 에너지, 3위 지역 내 탄소중립 녹색도시 시범사업, 4위 녹색도로(보행자 및 자전거 전용), 5위 대기오염도 계획(지역별 요소별 계획 및 가이드라인), 6위 녹지율(공공녹지율, 민간 조정공간), 7위 통합관리운영시스템, 8위 그린네트워크(면적 및 도시 내 비율), 9위 신재생에너지 적용 규모(면적, 비율), 10위 방출열 회수, 11위 생태면적율 확보(가로수 및 수목, 녹도, 조경 조성), 12위 주차장 설치기준 확대, 13위 지자체별 조례 및 가이드라인, 14위 운영유지관리 매뉴얼, 15위 대중교통 환승시스템 연계, 16위 수공간비율(하천, 호수, 연못, 습지), 17위 BEMS COVERING, 18위 인센티브 제도(탄소포인트제), 19위 생태문화체험 및 콘텐츠, 20위 열원 재생에너지(태양열, 태양광, 광전지, 지열 등), 21위 고효율 에너지 기자재 및 설비, 22위 바람길(바람통로, 자연통풍을 고려한 향배치 등) 등이다.

이상 21개 지표는 탄소중립 녹색도시 계획지표로서 저탄소 또는 탄소중립을 위한 기획, 계획 및 유지 관리 측면에서 우선적으로 중요하게 운용할 필요가 있는 계획지표들이라 할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 '탄소중립 녹색도시'라는 정책목표를 달성하기 위해 국내에 적용 가능한 지표 체계를 도출하고 그 가운데에서도 보다 중요하게 고려해야 할 계획지표를 분석하여 계획지표 체계를 구축하는 것을 연구의 목적으로 하였다.

기존연구(선행연구, 정부지침, 녹색건축인증제도 등)를 종합하여 계획지표의 기본 체계를 구축하였으며, FGI를 통한 적합성 검증 및 중요도 분석을 실시하여 최종 지표 체계를 정립하였다.

'탄소중립 녹색도시' 계획지표는 3단계로 구축되었다. 최상위단계는 '녹색도시 및 생태', '녹색에너지', '녹색자원 및 교통', '녹색생활 및 제도' 등 4개 분야로 구축되었다. 이 중 '녹색도시 및 생태 분야'는 녹색도시, 단지계획, 열섬 및 기후관리, 자연생태 기반의 4개 항목 12개 지표, '녹색에너지'는 에너지 절약 및 자립, 에너지 효율화, 신재생에너지의 3개 항목 12개 지표, '녹색자원 및 교통'은 수자원 활용 및 순환, 기타자원 절감 및 순환, 대중교통, 녹색교통계획의 5개 항목 15개 지표로 총 49개의 계획지표가 도출되었다. 그리고 3단계에 걸친 중요도 분석 결과, 21개의 중요 계획지표를 도출하였다.

분석결과에 따른 시사점을 제시해보면, 탄소중립 녹색도시를 계획할 경우 도시의 에너지 소비율 목표 설정, 천연자원을 활용한 에너지 활용계획, 시범사업 추진, 녹색도로 및 그린네트워크 구축, 대기오염도 계획 및 통합관리운영시스템 운영 지자체별 조례 및 가이드라인 마련, 대중교통 환승시스템 연계, 인센티브 제도(탄소포인트제) 운영 등의 계획지표를 중요 설계요소로 적용할 필요가 있다. 상기 지표들은 본 연구의 분석을 통해 탄소중립 녹색도시의 기획, 계획 및 유지 관리 측면에서 우선적으로 중요하게 운용할 필요가 있는 계획지표들이므로 분석되었다.

이러한 결과는 개별 건축물의 탄소저감과 관련된 지표보다는 공간적인 측면에서 저탄소 또는 탄소중립을 위한 계획 및 유지관리와 관련된 지표들이 중요도가 높게 평가되었기 때문에 실제로 LED 조명(전기절약 설비), 벽면 및 옥상, 주차장 녹화 등과 같은 개별건축의 탄소발생량 감축을 위한 계획지표보다는 에너지 소비율 목표 설정, 지역 내 탄소중립 녹색도시 시범사업, 지자체별 조례 및 가이드라인, 운영유지관리 매뉴얼 작성 등의 제도나 시스템의 중요도가 높게 나왔다. 이는 그동안 탄소저감을 위한 기술개발(태양열, 쓰레기 재활용, 전기 등 에너지 절약기술 등)에 비해 제도나 시스템 마련이 계획단계에서 중요하게 고려되지 못하였다는 점에서 향후 중요하게 고려될 계획지표임을 의미한다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 분석에 고려한 지표선정의 한계이다. 본 연구에서 지표로 고려하지 못하였지만 탄소중립 녹색도시를 위해서 계획지표로 고려될 필요가 있는 지표들이 있을 수 있다. 둘째, 본 연구결과에 대한 실증 검증이 미흡하였다. 본 연구에서 정립한 49개의 계획지표들 가운데 22개의 지표가 상대적으로 중요한 계획지표로 도출되었다. 이처럼 중요도가 높게 도출된 지표들이 실

제로 탄소발생량 감축에 어떠한 효과를 미치는지 또 그 효과가 정말로 영향력이 큰지 실증적으로 분석해볼 필요가 있다. 이상의 한계점을 반영 및 보완한 후속연구가 이루어질 필요가 있다.

참고문헌

1. 강상준, 김아현(2009), 탄소저감을 위한 친환경 공간구성 방안연구, 경기개발연구원
2. 국토해양부(2012), 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시·군 계획 수립지침(훈령)
3. 국토연구원(2009), 기후변화에 대비한 도시계획적 대응방안 연구.
4. 김소진(2008), 환경친화적 도시개발을 위한 계획요소의 설정과 평가연구, 한양대학교 대학원, 석사학위논문.
5. 녹색건축인증(2013), 친환경건축물인증(2012)
6. 박상현, 강원발전연구원(2010), 국내외 사례분석을 통한 저탄소 녹색도시 조성방향, 지방행정, 59권678호, pp.66-69.
7. 박천보(2011), 구주지역 에너지 절약형 주거단지의 유형별 특성 고찰, 대한건축학회지, 27권4호, pp.213-221.
8. 반영운 외 5인(2008), 기후변화에 대응한 국토 및 도시 개발전략, 대한국토도시계획학회 도시정보지 318호, pp.3-17.
9. 변병설(2009), 저탄소 에너지 절약형 신도시 해외사례 및 조성전략, 대한국토도시계획학회, 저탄소 에너지절약형 신도시 조성을 위한 세미나(2009-09), pp.3-33.
10. 이강식, 이명식,(2009), 탄소중립단지의 계획요소기술에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집.
11. 이경기(2010), 탄소저감형 신도시 토지이용계획 모델 구축방안, 충북개발연구원.
12. 이상문(2012), 탄소중립도시, 조경.
13. 이재준, 최석환(2009), 기후변화 대응을 위한 지구단위계획 차원에서의 탄소완화 계획요소 개발에 관한 연구, 대한국토계획학회지, 44권4호, pp.119-131.
14. 오용준(2009), 저탄소 에너지 절약형 도시계획의 정책과제 및 추진전략연구, 충남발전연구원.
15. 지승운(2010), 저탄소 녹색주거단지 설계요소 중요도 분석에 관한 연구, 한양대학교 대학원, 석사학위논문.
16. 정광섭, 원제무(2009), 지속가능녹색도시 평가지표 및 모형개발, 한양대학교 도시대학원, 박사학위논문
17. 정광섭, 구자훈, 김상원, 원제무(2009), 부동산개발사업의 투자 가치평가에 관한 연구, 국토연구, 62권, pp.85-105.
18. 한국건설기술연구원(2012), 탄소배출인벤토리 구축을 위한 녹색도시 모델 구상 및 CDM사업 추진방안.
19. 한국토지공사(2009), 저탄소 녹색도시 모델개발 및 시범도시 구상.
20. 한국토지공사(2009), 저탄소에너지절약형 신도시 조성방안 -동탄2, 검단신도시를 중심으로
21. 행정안전부(2011), 지역 녹색경쟁력 지표.

투고(접수)일자: 2013년 4월 1일

수정일자: (1차) 2013년 4월 21일

게재확정일자: 2013년 4월 21일