

## 일반논문

# 도시 지속가능성 평가를 위한 지표의 활용 국내외 대도시 비교 분석\*

The Use of Indicators for Evaluating Urban Sustainability:  
A Comparative Analysis of Korean and International Major Cities

안승혁\*\*·기재홍\*\*\*·윤순진\*\*\*\*

이 연구에서는 도시의 지속가능발전 성과를 측정하는 효과적인 방법으로 지표 체계를 제시하고 이를 토대로 활용하여 국내외 도시를 평가하였다. 국제적으로 개발된 기존 지표 체계를 검토하여 45개 지표를 선정하고 17개 항목을 환경, 사회, 경제 분야로 범주화하였으며, 도시 간 비교를 위해 지표값을 표준화하여 지수값을 계산하였다. 먼저 2006년부터 2012년까지 국내 7개 특광역시가 시간적으로 어떤 변화를 보이는지 살펴보았다. 분석 기간 동안 경제지수값은 세계 금융위기의 여파로 2008~2009년에 다소 낮아졌다가 2010년 이후 약간 상승했다. 사회지수값은 점진적으로 상승했는데, 주원인은 교육지수값이 급상승했기 때문이었다. 환경지수값은 연도별 변화가 불규칙적인데, 이는 폐기물지수값 측정상의 문제로 파악되었다. 국내 7개 특광역시와 해외 20개 도시를 한국, 선진국, 개도국으로 묶어서 지속가능성을 비교 평가해본 결과, 한국과 선진국의 통합지수는 비슷하고, 개도국 경우는 전반적으로 열악한 것으로 나타났다. 한국은 17개 항목 중에서 대기, 녹지, 정치, 성장 항목의 지수값이 선진국보다 낮았고, 빈곤, 통신, 고용 항목의 지수값은 선진국보다 높았는데, 빈곤과 고용 항목은 산정 방식에 문제가 있었다.

주요어: 도시 지속가능성, 지표 체계, 지속가능성 지수, 지속가능성 평가

\* 이 글은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받은 연구임 (NRF-2014S1A3A2044381).

\*\* 제1저자 서울대학교 환경대학원 박사과정(seunghyeok@gmail.com)

\*\*\* 공동저자 서울대학교 환경대학원 박사과정(marchsixth@naver.com)

\*\*\*\* 교신저자, 서울대학교 환경대학원 교수, 서울대 환경계획연구소 겸무연구원, 서울대 아시아에너지환경지속가능발전연구소(AIEES) 겸무연구원(ecodemo@snu.ac.kr)

## 1. 서론

### 1) 연구 배경

지속가능한 도시는 미래 세대의 기회를 배제하거나 약화시키지 않으면서 현재 세대의 필요를 충족시키도록 경제 성장, 환경 보전, 사회적 형평성을 통합적인 방식으로 다루는 도시를 뜻한다(Blanco and Mazmanian, 2014). 국제적으로 1987년 『우리 공동의 미래(Our Common Future)』 보고서에서 미래에 세계 인구 대다수가 도시 공간에 거주할 것이므로 지속가능한 발전을 위해 도시의 노력이 필수적이라고 지적했으며, 1992년 브라질의 리우 데 자네이루에서 열린 유엔환경개발회의에서는 본격적으로 지방정부의 역할을 강조하기 시작했다(Bulkeley and Betsill, 2005). 지속가능성을 위한 지방정부를 표방하며 1990년에 시작된 지속가능성을 위한 세계지방정부(International Council for Local Environmental Initiatives, ICLEI)는 도시들의 대표적인 국제 협력 네트워크로서, 2015년에는 서울에서 총회를 개최했다. 박원순 서울 시장이 ICLEI 회장으로 선출된 만큼, 한국 사회에서도 지속가능한 도시의 미래를 위한 노력이 더욱 탄력을 받을 것으로 예상된다.

또한 2015년 9월 제70차 유엔 총회에서 2016~2030년 기간의 개발 의제로 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)를 만장일치로 채택하면서 지속가능한 발전에 관한 논의가 국내외적으로 급격하게 증대되고 있다. 2000년부터 2015년까지 새천년개발목표를 개발 의제로 설정하여 국제 사회 개선을 위해 노력해온 유엔은 새로운 개발 의제로 지속가능발전목표를 제시하였다. SDGs는 사람, 지구, 번영, 평화, 파트너십의 다섯 개 영역을 중심으로 17개 지속가능발전목표와 169개 세부목표로 구성되어 있으며, 표준화된 지표 체계를 마련하기 위한 모색이 이루어지고 있다. 또한 각 사회에서는 해당 사회의 조건에 부합하는 지표 체계 구성을 위해 노력 중이다.

도시의 지속가능성을 평가하기 위해서는 지표를 잘 선정하는 것이 중

요하다. 유엔 지속가능발전위원회(United Nations Conference on Sustainable Development, UNCSO)는 1995년부터 지속가능발전지표 개발을 위한 프로그램을 시작하였으며, 2001년 지속가능발전지표에 대한 실험적 연구를 통해 각국에 적용 가능한 핵심 지속가능발전지표를 사회, 환경, 경제, 제도의 4개 분야, 15개 영역, 38개 항목, 57개 지표로 선정하였다. 한국은 지속가능발전 이행계획을 수립한 것을 계기로 2006년 10월 객관적인 지표를 통해 국내의 지속가능발전 수준을 진단하기 위해 국내 실정에 맞는 국가 지속가능성지표 77개를 설정하였다. 국가 차원의 지속가능성 지표는 2000년대 초중반에 활성화되었으나, 도시 차원의 지속가능성 지표는 최근에 개발되고 있다.

지속가능성이 환경·자원의 한계에 주목한다는 점에 대해서는 광범위한 합의가 존재하지만, 발전이라는 용어에 대해서는 다양한 해석이 가능하기 때문에 이러한 부분을 고려하여 지표 연구가 이루어질 필요가 있다. 선진국들이 발전을 경제 성장의 관점에서 접근하는 경향으로 인해 환경 문제에 우선순위가 주어지지 않았다(Blower et al., 2012). 유엔은 지속가능한 발전에 관한 논의를 북반구에 유리한 방향으로 진행시켜 왔으며, 국제적인 포럼들에서 결정된 주요 내용들은 선진국과 개도국의 갈등과 협의의 과정을 반영하고 있다(Springett and Redclift, 2015). 경제 성장, 환경 보전, 사회 정의라는 세 가지 측면을 통합적으로 고려할 것을 요구하는 지속가능한 발전 담론은 이질적인 요소의 결합으로 인해 내적 통일성을 지닌 담론으로 보기 어렵지만, 그만큼 다원적이고 유연하며 탈중심적이라는 특성을 지니고 있다(Dryzek, 2005). 선진국과 개도국의 도시 지표 연구를 통해 이러한 특성을 살펴볼 수 있으며, 한국은 시기에 따라 지속가능한 발전에 대한 접근법이 달라졌다(윤순진, 2009; Lee and Yun, 2011).

SDGs는 2000년에 제시된 새천년개발목표(Millennium Development Goals, MDGs)와 달리 개도국과 선진국 모두에 보편적으로 적용될 수 있는 내용의 목표들로 구성되어 있다는 점이 특징적이다(Long, 2015). 한국 정부는 지속가능발전 관련 국제적 합의를 이행하고 국가의 지속가능발전을 촉

진하기 위해 20년 계획기간으로 5년마다 지속가능발전 기본계획을 수립하고 있으며, 2016년 1월 제3차 지속가능발전 기본계획이 발표되었다. 2011년 발표되었던 제2차 기본계획의 경우 25개 이행과제 중 20개가 환경 분야에 집중되어 있었는데, UN 지속가능발전목표의 국제 사회 흐름에 보조를 맞추어 사회, 경제 등 포괄 범위의 확대 필요성이 제3차 계획에 반영되었다. 이러한 추세 변화와 국제사회에서 한국의 위상 및 사회 변화를 고려하고, 국가 지속가능성 평가 결과 나타난 취약 분야와 위협 요인을 검토하여 환경, 사회, 경제, 국제 분야 4대 목표, 부문별 14개 전략, 50개 이행과제로 구성하였다. 이행과제의 성과를 측정하기 위한 지표는 총 112개이고 그 중에서 주요 성과지표는 16개로, 기존 77개의 국가지속가능발전지표와 비교하여 많은 변화가 이루어졌다.

## 2) 연구 목적

지속가능한 발전을 측정하기 위한 국가 차원의 지표와 함께 국내외 다양한 도시 지속가능성 지표가 개발되어 활용되고 있다. 그러나 지속가능발전 의제에 대한 최근 국제 사회의 논의를 통합적으로 포괄하면서 동시에 한국의 특성을 잘 파악할 수 있는 지표 체계에 대해서는 연구가 부족한 실정이다. 이 연구는 적절한 지표 체계를 선정하고 국내외 도시들을 대상으로 적용하여 표준적인 방식으로 도시의 지속가능성 성과를 평가함으로써, 지표 체계의 유용성과 제약 사항을 검토하고자 한다. 환경과 사회-경제적 분배 정의 관점에서 도시의 지속가능성은 기준점에 의해 평가되어야 하는데(Mori and Yamashita, 2015), 기준점이 설정되면 각 지표의 달성도를 0~100 사이의 점수로 용이하게 확인하고 비교할 수 있다. 지표를 점수로 바꾸고 지표들의 점수를 조합한 결과물인 지수는 공통의 점수 척도를 통해 도시의 지속가능성 수준에 대한 객관적인 평가를 가능하게 하고 다양한 도시의 지속가능성을 비교할 수 있게 해준다는 장점이 있다(de Kerk and Manuel, 2008; Mori and Christodoulou, 2012). 지표를 항목별,

분야별로 묶어서 지수로 수치화하는 접근법에 기반을 둔 통합적인 도시 지속가능성 평가는 정책적 시사점을 도출하는 데 도움이 된다.

이 연구에서는 국내 도시에 대한 시계열 분석을 통해 제안된 지표 체계 적용의 적절성을 평가하고, 국제 도시 비교를 통해 한국, 선진국, 개도국 도시의 지속가능성 수준을 파악하는 데 초점을 맞추었다. 또한 한국 대도시의 지속가능성 평가 결과를 국제 사회의 다른 대도시들과 비교함으로써 표준화된 지표 체계의 긍정적인 측면과 한계를 추가적으로 살펴보고자 한다. 이 연구는 각 지표를 영역별로 범주화하고 지수로 표준화한 후, 시간의 추이에 따라 지표와 지수에 어떠한 변화가 나타나는지, 그리고 어떤 지표와 지수의 성과가 좋고 나쁜지를 검토하여 지표 체계의 적절성과 정책적 시사점을 도출하는 것을 목적으로 한다.

### 3) 선행연구 검토

국제기구의 도시 지속가능성 지표는 100여 개의 지표를 선정하고 지수화를 하지 않는 경향을 보인다. 민간 기관의 경우에는 대체로 20여 개 지표를 지수로 점수화하여 도시 비교 평가에 활용하고 있다. 먼저 국제표준화기구(International Standardization Organization, ISO)에서 2014년 개발된 ‘ISO 37120 도시 서비스 및 삶의 질 지표’는 17개 주제 46개의 핵심 지표와 54개의 보조 지표로 구성되었다(ISO, 2014). 2017년에는 이를 보완하여 ‘도시에서 지속가능한 발전과 회복탄성력 기존 지표 검토와 인벤토리’(ISO/TR 37121)를 개발하였다. 미주개발은행(InterAmerican Development Bank, IDB)에서 2012년에 개발한 ‘신홍 지속가능한 도시 이니셔티브’ 지표는 환경, 도시, 재정/거버넌스 분야 117개로 구성되며, 지표의 성과를 3개의 범주로 구분하여 관리하고 있다(IDB, 2013). 네덜란드 텔뷔르흐대 연구소인 Telos는 생태, 사회-문화, 경제 3개 분야 87개 지표를 선정하였다. 2015년에는 유럽연합과 협력하여 58개 유럽환경수도 어워드 후보 도시의 지속가능성을 평가하고 순위를 제시하였다(Zoeteman et al., 2015). 네

덜란드 기업인 ARCADIS는 ‘지속가능한 도시 지수 2015’ 보고서를 발간하고, 사람, 지구, 이윤 3개의 범주 20개 지표를 마련하여 31개 국가 50개 도시를 분석한 후 순위를 제시하였다(ARCADIS, 2015). 도시중국이니셔티브(맥킨지앤컴퍼니, 콜롬비아대, 칭화대)는 ‘중국 도시 지속가능성 지수 2013’ 보고서를 발간하고 사회, 환경, 경제, 자원의 4개 범주를 대상으로 하여 23개 지표를 선정하여 중국 112개 도시를 분석한 후 순위를 제시하였다(The Urban China Initiative, 2014).

지자체 차원에서 운영되는 해외 사례는 지수화 대신 각 지표별로 성과의 추이를 평가하는 접근법을 취하고 있다. 런던의 경우 2004년 개발된 ‘삶의 질 지표’를 2012년 기준 환경, 사회, 경제 분야의 33개 대표지표로 구성하여, 4년마다 평가하고 지표 성과를 4개 범주(명확한 향상, 거의 변화 없음, 명확한 악화, 자료 불충분)로 구분하여 제시하고 있다(London Sustainable Development Commission, 2013). 뉴욕의 경우 2011년 개발된 ‘지속가능성 지표’는 10대 목표 29개 지표로 구성되는데, 지표 성과를 3개 범주(향상, 변화 없음, 악화)로 구분하여 제시한다(The City of New York, 2011). 바르셀로나의 경우 2013년에 개발된 ‘지속가능성 지표’는 10개 목표 25개 지표로 구성되며, 지표 성과를 3개 범주(향상, 변화 없음, 악화)로 구분하여 제시한다(Barcelona City Council, 2013).

국내 사례의 경우도 지자체는 지표별 성과 측정에 초점을 맞추고, 중앙정부나 민간 기관은 지수화하여 비교 평가하는 경향을 보인다. 국토교통부에서 개발한 ‘도시의 지속가능성 및 생활인프라 평가 지표’는 8개 분야 30개 평가지표로 구성되며, 표준점수화와 5개 등급화 방식으로 2014년에 기초지자체 230개를 대상으로 평가를 실시한 바 있다(국토교통부, 2014). 서울시도 2015년에 ‘지속가능발전 지표’를 개발하였는데, 환경, 사회문화, 경제 분야의 30개 핵심지표로 구성되며, 지표의 현황과 목표치 도달 정도를 수레바퀴 모델로 제시하였다(이창우·이지연, 2015). 경기도에서 2014년에 개발된 ‘지속가능발전 지표’는 6대 목표 61개 지표로 구성되며, 25개 지표를 경기도 대표지표로 선정하고, 20개를 시군 공통지

표로 선정하였다(고재경·주정현, 2014). 글로벌에코포럼 담양은 환경, 경제, 사회 3개 분야 36개 지표로 구성되는 ‘그린창조행복지수’를 개발하여, 2015년에 표준화와 가중치 부여를 통해 종합점수를 계산하고 36개 도시를 대상으로 순위를 제시하였다(글로벌에코포럼\_담양, 2015).

도시 지속가능성 지표 관련 연구는 크게 두 가지 부류로 나눌 수 있다. 첫 번째는 여러 기관들의 기존 지표 체계를 비교하거나 수립과정을 검토하고 지표 체계 구성 방안을 제시하는 연구가 있다(Huang et al., 2015; Marsal-Llacuna et al., 2015; Michael et al., 2014; Turcu, 2013; Hiremath et al., 2013; Mori and Christodoulou, 2012; Tanguay et al., 2010). 두 번째는 지표를 설정하여 특정 도시에 적용해보는 연구가 있다(Egilmez et al., 2015; Estoque and Murayama, 2014; Dovern et al., 2014; Wang et al., 2013; Zhang et al., 2011; Choon et al., 2011; Scipioni et al., 2009; Lee and Huang, 2007; van Dijk and Mingshun, 2005). 즉 지표 체계의 구축에 초점을 맞추는 연구와 지표 체계를 실제 도시에 적용한 연구로 구분된다.

이 연구에서 초점을 맞추고 있는 도시 지속가능성 평가 사례에 관한 후자의 연구들을 간략하게 살펴보면 다음과 같다. Egilmez et al.(2015)은 연구진에서 기준을 가지고 지표를 설정하고 지수화 과정에서 전문가 의견으로 가중치를 결정했으며, 미국과 캐나다 27개 도시를 지표별로 비교했다. Estoque and Murayama(2014)는 기존 연구들을 검토하여 지표를 선정하고 지표들의 가중치는 동일하게 부여했으며, 필리핀 바기오시의 도시화율과 영역별 지수의 시간적 변화를 분석했다. Dovern et al.(2014)은 다양한 지표 체계를 검토하여 지표를 선정하고 지수화 과정에서 전문가 의견으로 가중치를 결정했으며, 독일의 100개 도시를 대상으로 다중회귀분석을 실시했다. Wang et al.(2013)은 문헌 조사를 통해 지표 후보군을 정한 다음 전문가와 정부 관료의 의견 수렴 과정을 통해 지표를 선정하고 가중치를 부여했으며, 상하이 푸둥 지역에 대해 영역별로 지수를 표준화시켜서 시계열 분석을 수행했다. Zhang et al.(2011)은 선행연구를 통해 지표군을 설정하고 전문가 의견을 반영하여 지표를 결정한 다음 요인

분석을 활용하여 가중치를 부여한 지수를 통해 중국의 30개 도시를 비교 분석했다. Choon et al.(2011)은 말레이시아의 기존 지표 체계들을 검토하여 지표를 선정하고 동일한 가중치를 부여했으며(전문가 의견 조사 결과와 거의 차이 없는 것으로 나타남), 영역별로 지수로 표준화하여 15개 도시를 비교 분석하였다. Scipioni et al.(2009)은 이탈리아 파두아의 지방의제21 과제에서 다양한 이해관계자들의 의견을 수렴하여 선정된 지표들의 변화를 시계열로 분석하고, 지표의 중요성에 따라 가중치를 부여하고 영역별로 지수로 표준화하여 시계열 분석을 실시하였다. Lee and Huang(2007)은 기존 타이베이시의 지표를 바탕으로 문헌 조사와 전문가 의견 수렴을 통해 지표를 선정하고 동일한 가중치를 부여하였으며, 지표들의 시계열 변화와 영역별로 표준화된 지수의 변화를 분석하였다. van Dijk and Mingshun(2005)은 전문가 의견 수렴을 통해 지표 설정과 가중치 부여를 실시하고, 영역별로 지수로 표준화하여 4개의 중국 도시를 대상으로 시계열 분석을 실시했다.

국내에서는 도시 지속가능성 지표에 관한 연구는 제한적으로 이루어졌다. 이태중·송건섭(2002)은 연구진이 설정한 지표에 대해 설문 조사를 통해 경주시 주민이 과거·현재·미래를 평가한 결과를 통계 분석하였다. 강동진 외(2005)는 지속가능한 신도시 개발의 특성을 반영한 선정 기준을 바탕으로 계획지표를 도출하였고, 강성철 외(2008)는 미국 및 영국의 지방 정부와 부산의 지속가능성 지표를 비교 분석하였다. 김유나·문태훈(2009)은 환경성과지수(Environmental Performance Index, EPI)를 국내 7개 대도시를 대상으로 적용하여 통계 분석하였고, 강병수(2010)는 미국 3개 도시의 지속가능성 지표 개발 과정과 지표 특성을 비교하였으며, 윤형두 외(2015)는 EPI와 녹색도시지수(Green City Index, GCI), 도시생물다양성지수(City Biodiversity Index, CBI)에서 자료 이용가능성을 기준으로 지표를 선정하여 국내 5개 도시를 대상으로 적용하였다.

지표를 통해 도시 지속가능성을 평가한 선행 연구 내용을 정리하면 다음과 같다. 먼저 해외 연구의 경우 개도국 도시를 대상으로 하는 경우



가 선진국보다 많고, 주로 한 국가 내 도시를 대상으로 하였다. 지표를 지수화하여 시계열 분석을 하는 경향이 있으며, 선진국과 개도국 도시의 지속가능성을 비교 평가한 연구는 찾을 수 없었다. 지표는 대개 문헌조사를 통해 선정하고, 가중치는 동일한 가중치를 부여하는 경우와 전문가 의견을 수렴하여 차등 가중치를 부여하는 경우가 비슷했다. 전문가 의견 수렴 없이 동일하게 가중치를 부여해도 결과가 비슷하다는 연구도 있었다(Choon et al., 2011). 국내 연구는 지표 데이터를 지수화하여 비교 평가한 경우가 적고, 시계열 분석을 실시하지 않았다. 학술 연구 이외에 기관에서 실제 활용한 사례들을 보면 국제 민간기구의 경우 지표를 지수화하여 도시 국제 비교 평가를 실시하고 국내외 지자체의 경우는 시계열 분석을 수행하는 경향성을 보였다. 이 연구에서는 실제 활용 사례의 특성을 반영하여 도시들 간 국제 비교와 함께 시계열 분석을 추가하여 국내외 선행연구에서 부족했던 부분을 보완하고자 하였다.

## 2. 연구 범위와 방법

### 1) 연구 범위

국내의 경우 7개 특광역시(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산)를 대상으로 지표를 이용하여 도시의 지속가능성을 평가하였다.<sup>1)</sup> 7개 특광역시를 평가하는 일차적인 이유는 지표값 산정에 사용할 수 있는 자료가 기초지방자치단체와 비교하여 더 많이 공개되어 있기 때문이고, 다른 이유는 국제 비교를 위해서이다. 국제 차원의 지표 체계 검토를 위해서는 세계도시자료협의회(World Council on City Data, WCCD)에서 ISO 37120 지표를 적용한 결과를 공개하고 있는 29개 도시 중 인구 규모가 50만 명

1) 세종특별자치시는 2012년 7월 행정구역으로 편입되어 분석대상기간에 활용 가능한 자료가 없어 연구대상에서 제외하였다.

<표 1> 연구 대상 도시의 인구와 국가군 분류

구분	권역	국가	도시	인구 <sup>†</sup>
국내	동아시아	한국	서울	9,860,372
			부산	3,400,069
			대구	2,454,733
			인천	2,886,172
			광주	1,516,527
			대전	1,535,639
			울산	1,142,469
선진국	서유럽	네덜란드	암스테르담	1,710,959
			로테르담	881,889
		스페인	바르셀로나	2,907,911
			발렌시아	1,668,153
	영국	런던	9,942,283	
	북미	미국	보스톤	3,684,250
			로스앤젤레스	17,718,858
			샌디에고	3,215,637
	캐나다	토론토	6,068,816	
	오세아니아	호주	멜버른	3,838,109
동아시아	대만	타이베이	2,704,974	
개도국	북미	멕시코	과달라하라	4,033,928
			레온	1,583,716
	중남미	콜롬비아	보고타	7,878,783
		아르헨티나	부에노스아이레스	2,890,151
	중동	요르단	암만	4,007,526
		아랍에미리트	두바이	1,771,000
		사우디아라비아	메카	1,675,368
	동남아시아	베트남	하이퐁	2,103,500
		필리핀	마카티	529,039

† 국내 도시의 인구는 국가통계포털의 2015년 인구추계 자료이고, OECD 국가 도시의 인구는 OECD 통계 웹사이트의 2014년 자료이며, 다른 국가 도시의 인구는 wikipedia에서 제공하는 가장 최신 자료이다.

이하인 중소 도시 4개를 제외하고,<sup>2)</sup> 지표값이 없는 경우가 많은 도시 3개를 추가적으로 제외한 후 남은 20개 사례와 한국 사례를 비교 평가하였다. OECD 국가에 속한 도시 10개와 대만의 타이베이를 선진국 도시로 분류하고, 비OECD 국가에 속한 7개 도시와 멕시코의 2개 도시를 개도국 도시로 분류하여,<sup>3)</sup> 한국 도시, 선진국 도시, 개도국 도시의 3개 그룹의 특성을 살펴보았다(국가별 도시별 집단 분류는 <표 1> 참조).

## 2) 연구 방법

먼저 국제 사회에서 다양한 이해관계자들에 의해 논의되고 합의된 결과물이라고 할 수 있는 UN의 ‘지속가능발전목표’ 지표<sup>4)</sup>와 ISO의 ‘ISO 37120 도시 서비스 및 삶의 질 지표’, 개도국의 특징을 반영하는 국제개발은행(International Development Bank, IDB)의 ‘신흥 지속가능한 도시 이니셔티브’ 지표, 선진국의 특징을 반영하는 Telos의 ‘지속가능성 평가’ 지표를 대상으로 3개 이상의 사례에서 공통적으로 포함하고 있는 지표를 추출하였다. 그리고 2개 사례에서 공통적으로 포함된 지표들 중 국내 도

2) 도시 지속가능성 지표 체계의 적용 대상은 상당한 수준의 도시화가 진행되어 시 골과 대비되는 도시로서 특성이 분명하게 나타나고, 지표 자료의 안정적인 확보 등을 고려하여 OECD에서 대도시로 분류하고 있는 인구 규모 500,000명 기준을 적용하였다. 그리고 WCCD에서 정보를 제공하는 도시 이외에는 자료 확보가 어렵기 때문에 연구 대상으로 고려하지 않았다.

3) 멕시코는 OECD에 속해 있지만 인간개발지수(Human Development Index, HDI)가 OECD 국가들 중 가장 낮고(OECD 평균 0.882, 멕시코 0.756), 기타 다른 국제 지수도 OECD 최하위권이며, 세계은행의 고소득 OECD 회원 분류에도 포함되어 있지 않고 IMF에서도 개도국으로 간주하고 있어서, 이 연구에서는 멕시코를 개도국으로 분류하였다.

4) 유엔통계국(United Nations Statistics Division, UNSD)이 관리하는 지속가능발전목표 지표에 대한 간기관 및 전문가 그룹(Inter-agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators, IAEG-SDGs)은 2015년 3월에 만들어졌다. 이 기구는 여러 차례 회의를 통해 지표 프레임워크를 개발하고 수정보완하였으며, 유엔통계국은 2017년 3월에 총 232개의 지구 지표 목록을 확정하였다.

시에 관련 자료가 있는 지표를 추가적으로 선정하였고, 경제 지표는 환경이나 사회 분야에 비해 공통되는 지표가 지나치게 적어서 ISO 경제 항목에서 국내 자료가 있는 지표를 2개(회사 수, 특허 수)를 추가하였다. 그 결과, 환경 19개 지표, 사회 18개 지표, 경제 8개 지표로 총 45개의 지표를 도시 지속가능성 지표(안)로 결정할 수 있었다. 이렇게 도출된 도시 지속가능성 지표 체계는 <표 2>와 같다. 이러한 방법을 통해 지표체계에 보편성을 부여하고, 개별 지표체계의 특수성을 배제함으로써 사회 경제적 수준이 다른 도시에 대한 적용 가능성을 확보하고자 했다. 이러한 지표의 유용성을 검토하기 위해서 7개 국내 특광역시와 20개 해외도시에 적용해 보았다. 자료를 확보할 수 있는 지표들을 바탕으로 하여 이 지표들이 도시의 지속가능성 성과를 얼마나 잘 나타내고 있으며 정책적 가이드라인을 제공하는 기능을 할 수 있는지 살펴보았다.

국내의 경우 국가통계포털(Korean Statistical Information Service, KOSIS)에 시계열 자료가 구축되어 있는 지표 자료가 34개이고, 국립환경과학원에서 발간한 대기오염 배출량 연보에서 획득한 지표 자료가 4개, 중앙선거관리위원회 정보에 기반을 둔 지표 자료가 2개이다. 이 자료들 중 국내 도시 시계열 분석에는 40개의 지표를 활용하였다.<sup>5)</sup> 국내 특광역시에 대한 시계열 분석의 경우, 지표 측정을 위한 자료가 시계열적으로 존재하지 않거나 지자체별로 일관성 있게 확보되지 않는 5개의 자료는 시계열 분석에서 제외하여 분석에 적용된 총 지표 수는 총 40개로 환경분야 17개, 사회분야 15개, 경제분야 8개이다. 또한 선거 투표율이나 격년으로 이루어지는 인식조사와 같은 자료의 경우 자료가 부재하는 연도에는 가장 최신년도의 자료를 적용했다. 지속가능성 통합지수와 환경, 사회, 경제부문 지수값은 40개 지표 자료가 모두 구비된 2006~2012년을 대상으로 산정되었다. 더 긴 기간 동안 지수값의 변화를 보기 위해서는 부재하

5) 국내 도시에 대한 시계열 분석에서 제외된 지표는 초미세먼지(PM2.5) 농도, 1인당 온실가스 배출량, 공인된 전기 서비스를 받는 도시인구 비율, 등록된 법적 자격 없이 존재하는 가구 비율, 휴대폰 가입자 수이다.

<표 2> 도시 지속가능성 지표와 자료의 출처

분야	항목	지표	출처 <sup>a)</sup>	국내 자료	목표치 <sup>b)</sup>
환경 (19)	대기 (4)	초미세먼지(PM2.5) 농도	1, 2, 4	국립환경 과학원	Telos
		미세먼지(PM10) 농도	1, 2, 3, 4		Telos
		NO <sub>2</sub> (이산화질소) 농도	2, 3, 4		Telos
		O <sub>3</sub> (오존) 농도	2, 3, 4		Telos
	물 (5)	폐수 수집 서비스를 받는 도시 인구 비율(%)	2, 3, 4	KOSIS	0-100
		국가 표준에 따라 처리되는 폐수 비율(%)	1, 2, 3		0-100
		향상된 수원에 지속가능한 접근 도시 인구 비율(%)	2, 3		0-100
		1인당 총 물 소비량(m <sup>3</sup> )	2, 3, 4		사례
		물 손실률(%)	2, 3		0-100
	폐기물 (5)	연간 1인당 총 수집되는 시의 고형 폐기물 (kg)	2, 4	KOSIS	사례
		정기적인 폐기물 수거(주거용) 도시 인구 비율(%)	1, 2, 3		0-100
		재활용되는 도시의 고형 폐기물 비율(%)	2, 3		0-100
		매립되는 도시의 고형 폐기물 비율(%)	2, 3, 4		0-100
		소각되는 도시의 고형 폐기물 비율(%)	2, 3, 4		0-100
	녹지(1)	100,000명당 녹지(ha)	2, 3, 4	KOSIS	사례
	완화(1)	1인당 톤으로 측정되는 온실가스 배출량	2, 3, 4	지자체	Telos
	에너지 (2)	도시의 총 에너지 중 재생가능에너지 비율(%)	1, 2, 3	KOSIS	0-100
		1인당 총 주거용 전기 에너지 사용량 (kWh/년)	2, 3		사례
	교통(1)	100,000명당 자전거 도로 km	2, 3, 4	KOSIS	Telos
	사회 (18)	에너지 (1)	공인된 전기 서비스를 받는 도시 인구 비율(%)	1, 2, 3	없음*
교통(1)		100,000명당 도로 길이 km	2, 3	KOSIS	사례
빈곤(2)		등록된 법적 자격 없이 존재하는 가구 비율(%)	1, 2, 3	KOSIS	0-100
		빈곤하게 사는 도시 인구 비율	1, 2, 3, 4		0-100
건강(5)		평균 기대 수명	2, 3, 4	KOSIS	Telos
	100,000명당 입원환자 병원 침대 수	2, 3, 4	KOSIS	Telos	
	100,000명당 의사 수	2, 3, 4		Telos	

분야	항목	지표	출처 <sup>a)</sup>	국내 자료	목표치 <sup>b)</sup>
		1,000명 출생시 5세 이하 사망자 수	1, 2, 3		사례
		100,000명당 자살률	1, 2		사례
	안전(4)	100,000명당 살인 수	1, 2, 3, 4	KOSIS	Telos
		100,000명당 폭력 범죄율	1, 2, 3, 4		사례
		100,000명당 교통 사망자 수	1, 2, 3, 4		Telos
		안전하다고 느끼는 시민 비율	3, 4		0-100
	통신(2)	1,000명당 인터넷 이용자 수	1, 2, 3, 4	KOSIS	0-100
		휴대폰 가입자 수	1, 2, 3	없음	0-100
	교육(1)	학생/교사 비율(%)	2, 3	KOSIS	0-100
	정치(2)	지난 시 선거에서 투표자 참여(투표율(%))	2, 4	중앙	0-100
도시 수준에서 공직에 선출된 여성 비율(%)		1, 2	선관위	0-50	
경제 (8)	재정(2)	총 세입 중 자체 수입 비율(%)(징수율)	2, 3	KOSIS	0-100
		세금계산서로 수집된 세금 비율(%)(재정자립도)	1, 2, 3		0-100
	고용(3)	도시의 실업률	1, 2, 3, 4	KOSIS	0-100
		전일제 고용 인구 비율(%)	2, 3, 4		0-100
		청년 실업률	2, 4		0-100
	성장(1)	구매력 평가 기준 1인당 GDP	3, 4	KOSIS	사례
	산업(2)	100,000명당 회사 수	2	KOSIS	사례
		1년마다 100,000명당 신규 특허 수	2		사례

주: 각 분야별 항목별 괄호 안 숫자는 해당 지표의 수를 모두 합한 것임.

a) 1: UN, 2: ISO, 3: IDB, 4: Telos

b) Telos: Telos 기준 사용, 0-100(또는 50): 0 또는 100(또는 50)을 최댓(솟)값으로 사용, 사례: 사례 중 최댓/최솟값으로 사용

† 한국의 공인된 전기 서비스를 받는 도시 인구 비율 자료는 없는데, 세계은행 통계에서 2012년 기준 한국의 전기보급률이 100%이기 때문에 이 연구에서는 국제 비교를 할 때 한국의 7개 도시를 100%로 입력하였음

출처: <http://data.worldbank.org/data-catalog/sustainable-energy-for-all>

는 자료를 제외하고 지수값을 산정해야 하는데 모의 분석 결과 이러한 분석은 지수값을 연도별로 크게 변화시키고, 도시 간 비교에 부정확성을 초래하였다. 이는 특정 지표의 편입/탈락 여부가 지수값 산정에 크게 영향을 미치기 때문인데, 지표마다 목표치에 대한 달성도가 다르기 때문에

특정 도시에서 평균적인 달성도에 비해 낮거나 높은 지표가 편입된 경우 해당 년도의 지수값이 전년에 비해 현저하게 낮거나 높아지는 결과를 야기하였다. 따라서 모든 자료가 빠짐없이 확보된 상기 기간에 대해서만 지수값을 산정하였다.

그리고 국제적으로 27개 도시의 지속가능성 평가 과정에서는 WCCD에 없는 안전 인식 비율 지표와 국내 자료가 없는 휴대폰 가입자 수 지표를 제외하고,<sup>6)</sup> 국내 도시 시계열 자료는 없지만 최근 자료가 있는 지표들을 포함하여 총 43개의 지표를 활용하였다. WCCD에서 제공하는 도시 지표 정보는 주로 2013년과 2014년 자료가 많은 편이고 대부분 2012~2015년 사이에 분포하며, 도시에 따라 일부 지표의 경우 2006년 자료까지 다소 오래된 지표 정보를 제공하고 있다. 즉, 모든 도시에 대해 일괄적으로 하나의 특정 연도를 기준으로 평가를 하기가 여의치 않아, 도시 별로 가장 최근 자료를 바탕으로 분석을 수행하였다.

지표를 표준화시키는 계산 방법은 OECD의 더 나은 삶 지수 웹사이트에 제시된 식을 활용하였다. 더 나은 삶 지수는 모든 웰빙 성과들을 합산한 통합지수는 구축하지 않고 있으며, 대신 각 11개 영역별 점수를 웹사이트를 통해 제공하고 있다. 중점지표들에 동일한 가중치를 부여하고 ‘(지표값-최솟값)÷(최댓값-최솟값)’의 식으로 0에서 1까지 표준화시키고, 지표값이 높을수록 부정적인 지표는 ‘1-(지표값-최솟값)÷(최댓값-최솟값)’식을 이용하여 지표값을 변환한 다음 각 영역별로 단순평균을 계산하는 방식이다. 이 연구에서는 OECD의 식에 100을 곱하여, 각 지표의 원값이 0에서 100점까지 분포하도록 표준화시켜서 점수분포의 출발점과 단위를 통일시킴으로써 지표별 점수 합산과 상대 비교가 용이하도록 만들었다. 그리고 OECD에서는 실제 사례들의 최솟값과 최댓값을 적용하였는데, 이 연구에서는 최솟값과 최댓값으로 특정 목표치를 부여하는 방식을 채택하였다. 지표가 백분율 형태인 경우는 0에서 100가지로 목표치

6) WCCD는 ISO 37120의 100개 지표를 여러 도시에 시범 적용한 결과를 웹사이트를 통해 제공하고 있다(<http://open.dataforcities.org/>).

를 설정했고, 지표가 백분율 형태가 아닌 경우 4개 지표 체계 중 유일하게 지수화를 위해 목표치를 검토하여 제시하고 있는 Telos 연구 결과를 활용하였다(Zoeteman et al., 2015). Telos에 목표치가 없는 경우는 ISO 도시 사례의 최솟값이나 최댓값을 기준으로 삼았다<표 2>의 맨 오른쪽 열 참조). Choon et al.(2011), Scipioni et al.(2009), Lee and Huang(2007)의 경우 사례의 최솟값과 최댓값을 기준으로 지수를 계산하였고, Zoeteman et al.(2015), Hsu(2016)는 연구진이 설정한 상하 목표값을 기준으로 지수를 계산하였다.

### 3. 연구결과

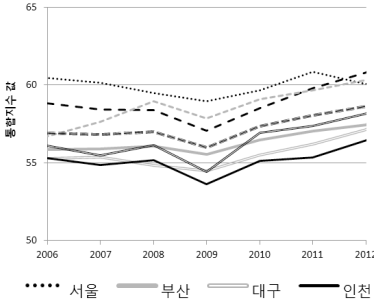
#### 1) 국내 도시 시계열 분석

##### (1) 지속가능성 통합지수

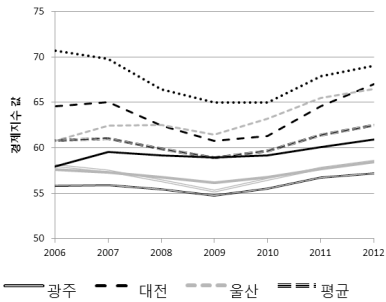
국내 7개 특광역시를 대상으로 지속가능성 통합지수의 연간 변화율을 살펴본 결과는 <그림 1>과 같다. 환경, 사회, 경제 세 분야를 통합하여 산정한 통합지수값은 분석기간 동안 도시별로 55~60 사이에 분포했으며, 7개 도시의 평균값은 56.0~58.6 사이에 위치하고 있었다. 서울특별시를 제외하면, 분석대상 기간의 초기에 비해 최근 연도에 계산된 지수값이 향상되는 경향을 보이고 있다. 최근 연도의 지수값을 살펴보면 대체로 서울특별시, 대전광역시, 울산광역시가 높은 수준을 보이고 있다. 통합지수값의 산출 결과에서는 두 가지 주목할 점이 있는데, 2012년에 서울특별시의 지수값이 하락하고, 2009년에는 모든 도시에서 지수값이 하락한 것이다. 이에 대한 분석과 해석은 분야별, 항목별 지수값 산출 결과와 함께 제시될 것이다.



<그림 1> 연도별 지속가능성  
통합지수값



<그림 2> 연도별  
경제지수값



(2) 경제지수

산출된 경제지수값은 <그림 2>에 나타나 있다. 경제지수값은 분석기간 동안 도시별로 대략 55~70 사이에 분포했으며, 7개 도시의 평균값은 58.9~62.5 사이에 걸쳐 있다. 최근에 높은 경제지표값을 가지는 도시는 서울특별시, 대전광역시, 울산광역시로 나타났는데, 다른 지표에 비해 경제지표값은 도시 간 편차가 큰 것으로 나타났다. 울산광역시의 경우 1인당 구매력 평가 가중 GDP로 구성되는 성장 항목에서 두 번째로 지수값이 높은 도시인 서울특별시에 비해 2배 이상 높은 값을 가지는 등 다른 도시에 비해 해당 항목 값이 월등히 높은 것이 높은 경제지수값의 원인이 된다. 이러한 결과는 울산광역시가 대기업 제조업체가 밀집한 공업도시라는 사실로부터 쉽게 유추할 수 있다. 서울특별시와 대전광역시는 많은 연구기관이 입지한 도시라는 점에서 다른 도시에 비해 높은 100,000명당 신규 특허 수 지표값을 가지고 있기 때문에 산업 항목에서 높은 지수값을 보이고, 이것이 이 도시의 상대적으로 높은 경제지수값으로 귀결된다. 또한 서울특별시는 재정자립도가 여타 도시에 비해 높아 재정 항목에서도 높은 지수값을 보였다. 경제지수의 경우 모든 도시에서 2009년 값이 전년에 비해 떨어졌는데, 이는 2008년 발생한 전 세계 금융위기의 여파로 이해할 수 있다. 특히 2008~2010년간 100,000명당 신규 특허 수

가 급감하여 서울특별시와 대전광역시가 지수값이 크게 하락하였다. 이러한 현상은 지속가능성 통합지수값에도 영향을 미쳐 2009년 통합지수값의 하락을 야기하였다.

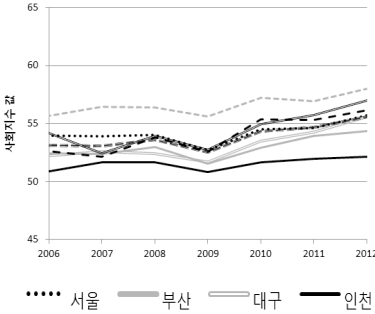
### (3) 사회지수

산출된 사회지수값은 <그림 3>에 나타나 있다. 사회지수값은 분석기간 동안 도시별로 대략 51~58 사이에 분포했으며, 7개 도시 평균값은 53.1~56.4 사이에 분포하고 있다. 사회지수의 경우 2009년에 모든 도시에서 전년 대비 지수값 하락이 관찰되었는데, 항목별 지수값의 변화를 보면, 이 기간 안전과 건강 항목에서의 지수값 하락이 주된 원인이었다. 2009년을 기점으로 건강 항목에 포함된 지표인 자살률이 전년에 비해 증가하고 안전 항목 지표인 안전하다고 느끼는 시민 비율이 감소했는데, 이는 2008년 전 세계 금융위기에 따른 경기침체 영향인 것으로 보인다. 사회지수값을 보면, 분석기간 동안 울산광역시가 다른 도시에 비해 높은 지수값을 가지고 있다. 울산광역시의 경우 높은 인터넷 보급률을 보인 통신 분야와 높은 100,000명당 도로 길이 값을 기록한 교통 분야에서 높은 성적을 보였다. 또한 분석기간 동안 여성의원 비율과 지방선거 투표율이 조사 대상 도시 중 가장 높아 정치 분야에서 가장 높은 지수값을 기록했다.

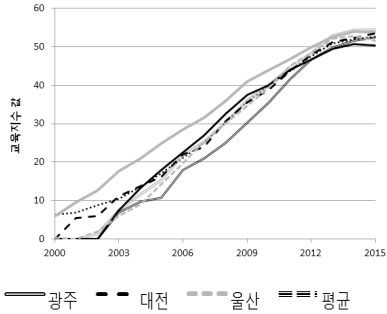
다른 지수에 비해 사회지수에서 나타나는 두드러진 특징은 모든 도시에서 안정적 상승 추세가 드러난다는 점이다. 이는 사회지수를 구성하는 두 가지 항목의 대폭적인 상승으로 설명할 수 있다. 한 가지는 인터넷 보급률로 구성되는 통신지수이고, 다른 한 가지는 초등학교 학생/교사 비율로 구성되는 교육지수이다. 특히 교육지수는 <그림 4>에 제시된 것처럼 지수값이 연구대상 기간 동안 도시별로 대략 20~30점 상승하였는데,<sup>7)</sup> 이것이 사회지수의 비교적 높은 상승 추세를 이끌었다고 해석할

7) 이러한 변화는 연구대상기간 초등학교 학생 수의 지속적인 감소추세와 초등학교 교원 수의 지속적인 증가추세에 기인한다. 연구대상 지자체에서 초등학교 학

<그림 3> 연도별 사회지수값



<그림 4> 연도별 교육지수값



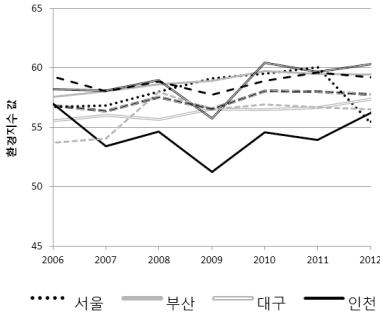
수 있다. 이러한 측면은 지수값을 활용하는 데 두 가지 중요한 함의를 가진다. 첫째, 통합적으로 산정되는 지수값의 상승이 특정 분야 전반의 상승을 의미하는 것은 아니라는 점이다. 둘째, 도시 상황을 정확하게 파악하기 위해서는 분야별 지수값과 함께 유사항목으로 구성된 항목별 지수값을 동시에 활용하는 것이 필요하다는 점이다.

#### (4) 환경지수

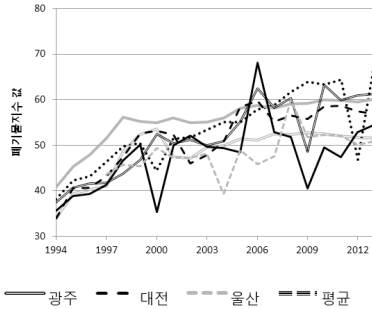
지속가능성 지수를 구성하는 환경지수값은 <그림 5>에 나타나 있다. 환경지수값은 분석기간 동안 도시별로 대략 55~60 사이에 분포했으며, 7개 도시 평균값은 56.3~58.1 사이에 걸쳐 있었다. 환경지수의 시계열 변화양상에서 주목할 점은 크게 두 가지다. 한 가지는 2012년 서울특별시의 지수값이 크게 하락했다는 점, 다른 하나는 지수값의 연간 변동이 특정한 경향이 없이 큰 폭으로 나타난다는 점이다. 이 중, 2012년 서울특별시의 환경지수값 하락은 앞서 설명한 2012년 서울특별시의 통합지수값 하락의 요인으로 작용하였는데, 이에 대한 근본적인 원인은 이어 소개될 환경지수를 구성하는 지표의 항목별 지수값에 대한 분석을 통해 확

생 수는 2012년에 2006년 대비 22.7~31.9%(평균 27.2%) 감소했고, 초등학교 교원 수는 2012년에 2006년 대비 -2.6~15.6%(평균 9.1%) 증가했다.

<그림 5> 연도별 환경지수값



<그림 6> 연도별 폐기물지수값



인할 수 있다.

환경지수를 구성하는 다른 항목의 지수값은 연간 변동성이 크게 나타나지 않은 데 반해, 폐기물지수값의 경우 <그림 6>에 제시된 것처럼 특정 년도에 지수값이 큰 폭으로 변화하는 것을 확인할 수 있다. <그림 5>에서 나타난 2012년 서울특별시 환경지수값의 하락은 이러한 폐기물지수값의 일시적인 변화로 설명할 수 있다. 또한 광주광역시와 인천광역시의 환경지수값이 2009년 이례적으로 하락한 현상도 폐기물지수값이 2009년 일시적으로 하락한 것과 일치한다. 추세를 벗어나는 이러한 값들이 다음해에 이전의 추세에 수렴되는 범위로 회복되는 것을 보면, 이는 해당년도의 특수한 상황에 따른 이상치라 볼 수 있다. 결과적으로 환경지수값이 연도별로 불규칙적인 변화 양상을 보이는 것은 폐기물지수값에 의한 것이라 할 수 있다. 이는 두 가지로 설명이 가능한데, 첫 번째는 자료 수치 자체의 불안정성으로, 처리방법별 폐기물 비중이 연도별로 크게 변하는 데 기인한다. 이는 각 지방자치단체가 폐기물의 안정적인 처리에 노력을 기울일 필요가 있음을 시사한다. 두 번째는 선정된 지표 체계의 문제점인데, 폐기물 지수 구성 지표 간에 존재하는 상호의존성으로 설명할 수 있다. 폐기물 지수를 구성하는 지표 중 재활용되는 도시의 고형 폐기물 비율, 매립되는 도시의 고형 폐기물 비율, 소각되는 도시의 고형 폐기물 비율은 한 지표값이 상승하면 다른 지표값이 하락하는 관계를

가지고 있다. 만일 긍정 지표인 재활용되는 폐기물 비율이 상승하면, 부정 지표인 매립되는 폐기물 비율이 하락해서 두 항목 모두에서 지표값이 상승하게 된다. 따라서 한 개의 지표가 지수값 산출 과정에서 미치는 영향력이 배가 되어 지표값의 평균으로 계산되는 지수값의 변동성이 커져 버린다. 이를 통해 지수화를 위한 지표 선정에 있어 직접적인 상호연관성을 가진 지표 선정은 산출된 지수값을 왜곡시킬 가능성이 있다는 사실을 알 수 있으며, 이는 지표 선정에 있어 지표 간 독립성 확보에 유의해야 함을 시사한다. 폐기물 지수의 큰 변동성이 지수를 구성하는 개별지표의 상호연관성에 기인하는 문제라는 것은 구성된 지표체계를 시계열로 적용한 값을 해석하는 과정에서 발견되었다. 이를 통해 구성된 지표체계의 적절성을 평가하는 데 시계열 분석이 유용함을 알 수 있다.

김유나·문태훈(2009)은 환경성과지수를 국내 특광역시에 적용하여 각 도시별 지수값을 도출하였는데, 이들의 연구 결과와 이번 연구에서 산출된 환경지수값의 순위 비교가 <표 3>에 나타나 있다.<sup>8)</sup> 비교 결과를 보면 두 연구 결과에 차이가 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 지표 구성 차이에서 발생한다. 특히 EPI 지수의 경우 김유나·문태훈의 연구(2009)에는 이 연구에 포함된 폐기물 지표가 없고, 이 연구에 포함되지 않은 생물다양성 항목이 있다는 점이 영향을 미쳤다. 최근 생물다양성은 국가차원에서만이 아니라, 지역, 도시 차원에서도 강조되면서 이를 평가하기 위한 다양한 지수들이 개발되고 있다. 또한 실제 국내 도시를 대상으로 수행된 연구에서는 도시별로 생물다양성 항목의 지수값에 큰 편차가 있다는 사실이 확인되었다. 따라서 생물다양성을 나타낼 수 있는 지표를 추가하면 좀 더 다양한 측면에서 도시의 환경지수를 평가할 수 있을 것이다.

8) 이유나·문태훈(2009)의 연구가 지수값 산출에 주로 2006년 자료를 이용했기 때문에 이번 연구의 2006년 환경지수 산출 값에 기반을 둔 순위를 비교자료로 사용하였다.

&lt;표 3&gt; 선행연구와의 이 연구의 환경지수값 도시별 순위 비교

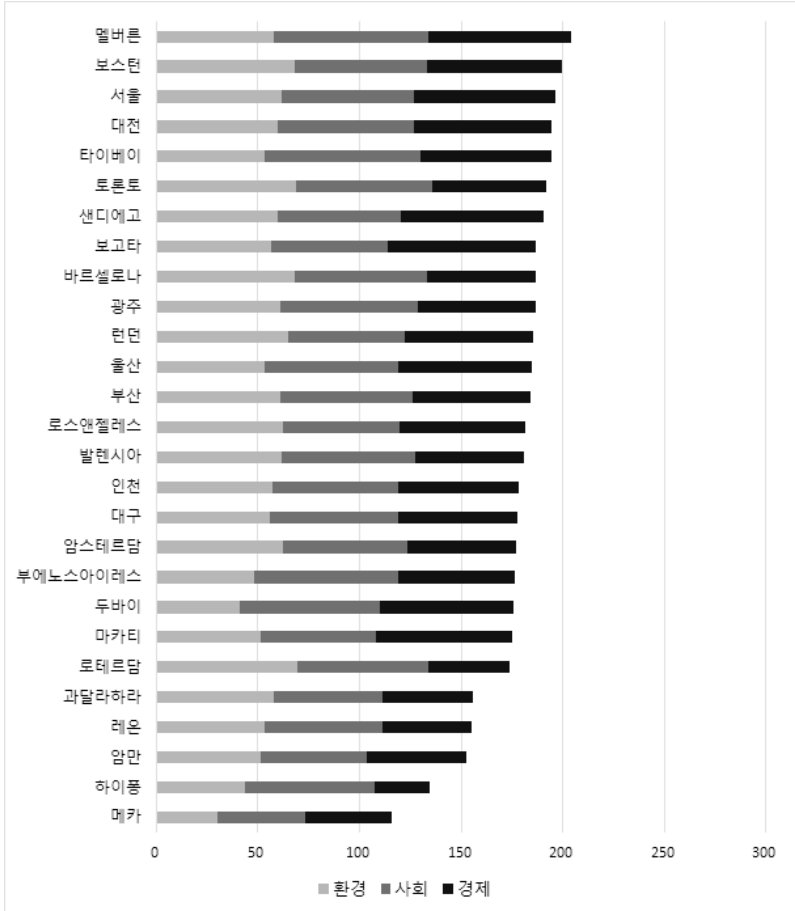
도시	김유나·문태훈(2009)	이번 연구	도시	김유나·문태훈(2009)	이번 연구
서울	5	5	인천	6	4
부산	3	3	광주	2	2
대구	1	6	대전	4	1
인천	6	4	울산	7	7

## 2) 국제 비교

이 연구에서 비교 대상으로 선정한 27개 대도시의 지속가능성 지수를 산정한 결과 통합 1위는 멜버른이 차지했고, 보스턴이 2위, 서울이 3위, 대전이 4위, 타이베이 가 5위로 나타났으며, 광주, 울산, 부산, 인천, 대구는 10위에서 17위 사이에 분포했고, 과달라하라, 레온, 메카, 하이퐁, 암만 등의 개도국 도시가 최하위권에 위치했다(<그림 7> 참조). 5위의 타이베이는 OECD 국가에 속하지 않지만, 사회 분야에서 1위를 차지하는 등 도시의 지속가능성이 상위로 평가되었다. 국내 도시들 중 서울과 대전이 상위권에 위치했는데, 서울은 ARCADIS의 2015 지속가능한 도시 지수 평가에서도 세계 50개 도시 중 7위를 차지한 바 있다. 국내 시계열 분석과 비교하여 울산이 다소 하락한 이유는 국제 비교시 환경 분야에 온실가스 지표가 추가되면서 매우 큰 점수 하락이 있었고, 사회 분야에서 여성 의원 비율이 많이 낮고 폭력범죄율이 다소 높기 때문이다.

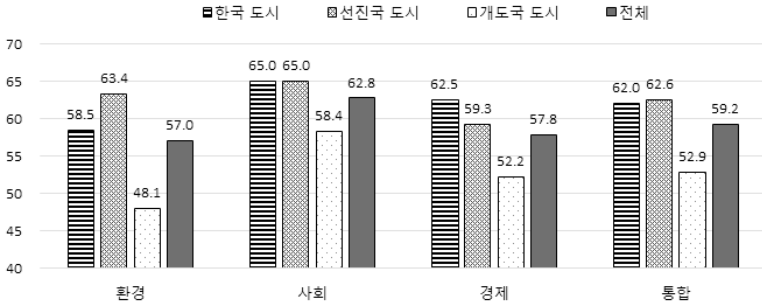
다른 선진국 도시들과 비교하여 네덜란드의 로테르담과 암스테르담이 하위권으로 나타났다. 실업 혹은 재정 관련 경제 지표 자료가 WCCD에 없어서 해당 지표가 지수 계산에서 제외되었기 때문이다. 이 지표들 관련 자료가 확보된다면 경제 지수 점수가 높아져서 순위도 상승할 것으로 예상된다. 43개 지표 중 각 도시별로 구할 수 있는 지표가 동일하지 않고 다양해서, 어떤 지표가 포함되고 어떤 지표가 제외되느냐에 따라 순위가 어느 정도 영향을 받는다는 점은 한계로 작용한다. 27개 도시에서 공통

<그림 7> 도시 지속가능성 도시 순위



적으로 확보된 지표만으로 평가한다면, 환경 지표가 6개, 사회 지표가 6개이며 경제 지표는 하나도 없기 때문에 지나치게 협소한 범위에서 지속가능성을 평가하게 되는 문제가 발생한다. 지표 포함 여부에 따른 지수화 결과에 일정 부분 한계는 있지만 전반적인 경향을 분석하는 데에는 별 무리가 없다. 왜냐하면 연구 대상 도시들 중 하이퐁의 경우 지표 자료

<그림 8> 도시 지속가능성 지수 국제 비교



가 33개로 가장 적었지만 대부분의 도시들은 40개 내외로 평가자료가 제한적이지 않았기 때문이다.

27개 도시를 한국, 선진국, 개도국으로 나누어서 도시 지속가능성 지수를 비교한 결과, 한국 도시의 통합지수값은 62.0으로 62.6인 선진국 도시와 거의 유사했으며, 52.9를 기록한 개도국 도시와는 차이를 보였다 (<그림 8> 참조). 통합 지수의 이러한 차이는 주로 환경 분야에 기인한다. 환경 분야 지수의 경우 선진국 도시가 63.4로 높게 평가된 반면, 한국 도시는 58.5, 개도국 도시는 48.1로 세 분야 중 집단 간 차이가 가장 두드러지게 나타났다. 사회 분야 지수는 한국 도시, 선진국 도시, 개도국 도시가 거의 차이가 없었고, 경제 분야 지수 경우는 한국 도시, 선진국 도시, 개도국 도시 순으로 다소 차이를 보였다. 국내 도시 시계열과 비교하여 사회 분야 한국 도시 점수가 높은 이유는 안전하다고 느끼는 시민 비율 지표(환산 점수가 매우 낮음)가 제외되었고, 법적 자격 없이 존재하는 가구 비율 지표(환산 점수가 매우 높음)가 추가되었기 때문이다.

43개 지표를 1~5개로 묶은 17개 항목 점수의 한국, 선진국, 개도국 도시의 특성은 <표 4>와 같다. 전체 도시 평균의 경우 70점 이상을 기준으로 물, 완화(기후변화), 빈곤, 안전, 재정 항목은 전반적으로 지속가능성이 괜찮은 편인 것으로 나타났으며, 40~70점 사이에 분포한 대기, 에



<표 4> 17개 항목에 대한 Kruskal-Wallis 검정 결과 집단 간 차이

분야	항목	유의 확률	사후 검정 <sup>†</sup>	평균 순위 (평균 점수)			
				한국	선진국	개도국	도시 수
환경	대기	.000*	A > K, D	18.1 (57.7)	5.7 (73.9)	17.9 (54.1)	27 (63.1)
	물	.002*	K, A > D	9.9 (87.6)	8.8 (88.2)	20.6 (74.0)	27 (83.3)
	폐기물	.000*	K, A > D	8.9 (55.9)	8.5 (57.7)	21.8 (30.8)	27 (48.3)
	녹지	.001*	A > K	20.4 (0.8)	6.8 (9.8)	14.8 (13.0)	27 (8.5)
	완화	.101	-	15.4 (71.5)	14.1 (72.0)	7.8 (87.3)	26 (76.6)
환경 & 사회	에너지	.695	-	15.0 (61.4)	11.7 (65.2)	13.0 (62.5)	27 (63.3)
	교통	.575	-	10.3 (22.6)	14.0 (21.0)	13.9 (18.3)	27 (20.5)
사회	빈곤	.007*	K > A, D	4.9 (98.2)	15.4 (89.9)	16.4 (86.8)	27 (91.0)
	건강	.031*	A > D	13.1 (49.1)	8.7 (54.1)	18.1 (44.3)	27 (49.5)
	안전	.906	-	14.0 (82.9)	13.0 (82.3)	12.2 (83.0)	27 (82.7)
	통신	.005*	K > D	5.0 (86.5)	11.4 (55.9)	16.7 (27.5)	24 (54.2)
	교육	.660	-	10.7 (52.7)	13.5 (44.1)	14.2 (35.9)	27 (43.6)
	정치	.062	-	18.1 (39.9)	9.5 (56.2)	11.6 (51.9)	26 (50.5)
경제	재정	.214	-	16.1 (75.2)	10.4 (84.0)	10.4 (80.2)	25 (80.3)
	고용	.039*	-	8.3 (76.0)	17.2 (69.0)	10.6 (75.6)	26 (73.2)
	성장	.001*	A > D	12.7 (28.1)	6.5 (36.5)	19.3 (13.4)	24 (28.3)
	산업	.002*	K, A > D	8.6 (46.9)	9.2 (40.9)	20.5 (14.2)	26 (34.3)

주: \*p < 0.05

† 사후 검정에서 K는 한국, A는 선진국, D는 개도국을 나타냄.

너지, 건강, 고용 항목은 지속가능성이 보통 수준이고, 40점 이하 점수가 존재하는 녹지, 교통, 통신, 교육, 정치, 성장, 산업 항목은 지속가능성 측면에서 문제가 있는 것으로 파악되었다. 지표의 최댓값과 최솟값 선정 기준이 점수에 미치는 영향이 크기 때문에, 적절한 기준값을 제시하는 것이 중요하다. 기후변화 문제의 심각성에 비추어볼 때, 완화 항목이 꽤 낮은 편으로 평가된 것은 최댓값 기준을 높게 잡은 연구의 한계라고 할 수 있다. 연구방법론에 기술했듯이 지표 점수 계산 시 목표치로 Telos 연구를 활용하였는데, Telos에서 1인당 CO<sub>2</sub> 배출량을 50톤/인도로 지나치게 많은 배출량을 허용하도록 높게 설정하고 있는 측면이 있다.<sup>9)</sup> 그리고

녹지와 교통 항목은 선진국 도시와 개도국 도시가 모두 열악한 수준이고 성장과 산업 항목도 낮은 수준인데, 이 항목들은 Telos의 목표치가 상당히 높거나 Telos에 목표치가 없는 경우 특정 도시의 월등하게 높은 지표 값이 목표 기준으로 설정되었기 때문이다. 녹지 최댓값은 과달라하라의 4465.5ha, 자전거 도로 최댓값은 Telos의 500km/100,000명, 1인당 GDP 최댓값은 Telos의 132,814 달러로 다른 도시들과 큰 차이를 보인다. 녹지 지표와 교통 항목에서 자전거 도로 지표의 높은 기준값은 환경적 지속가능성 측면에서 바람직하고, 성장의 1인당 GDP와 산업 항목 지표의 높은 기준값은 경제적 지속가능성 측면에서 긍정적이다. 그런데 경제 성장은 자원 및 에너지 사용과 밀접하게 연관되어 있기 때문에, 높은 경제 목표는 환경 보전과 양립가능하지 않은 측면이 있다는 점에 유의할 필요가 있다(Ward et al., 2016). 지속가능발전 개념은 국제 정치 역학 관계의 역사적 산물로서 모순적인 속성을 내포하고 있고(Springett and Redclift, 2015), 이 연구는 국제 사회의 지속가능발전 논의를 적용한 결과물로서 이러한 모순을 반영하고 있다.

17개 항목에 대해 한국, 선진국, 개도국 도시 간 통계적 차이를 확인하기 위해 집단 간 비모수 통계 방법으로 평균순위 차이를 비교하는 Kruskal-Wallis 검정을 실시한 결과, 대기, 물, 폐기물, 녹지, 빈곤, 건강, 통신, 고용, 성장, 산업 항목에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 완화, 에너지, 교통, 안전, 교육, 정치, 재정 항목은 세 집단 간 차이가 .05 유의 수준에서 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 앞에서 살펴본 것처럼, 일부 지표 특히 완화 항목의 경우 최댓값 기준이 높다는 점을 감안하여 결과를 해석할 필요가 있다. 최댓값 기준을 낮게 설정한다면 한국, 선진국, 개도국 도시들 간 완화 점수의 통계적 차이가 유의미한 것으로 나타날 수도 있다. 연구진에서 완화 항목만 다른 기준값을 사용할 수도 있으나, 연구의 일관성을 위해 한계를 그대로 두었다. 이는 지표

9) Global Carbon Budget 2015에 따르면 전 세계 1인당 CO<sub>2</sub> 배출량은 4.9t이 적절하다. <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>.

별 기준값 설정 방식과 관련해서 추후 연구에서 보완될 필요가 있음을 시사한다.

사후 검정 결과를 보면 환경 분야에서 대기 항목과 녹지 항목에서 한국 도시의 성과가 선진국 도시와 비교하여 나쁘기 때문에 개선할 필요가 있음을 알 수 있다. 특히 사항으로 빈곤 항목 점수는 높을수록 빈곤층이 적다는 의미인데, 한국 도시가 매우 좋은 이유는 빈곤하게 사는 도시 인구 비율 지표의 산정 방식이 국제적인 기준과 다르기 때문이다. OECD와 유럽연합은 중위소득의 60%(혹은 50%)를 상대적 빈곤선 기준으로 설정하고 있는 데 비해, 한국은 현재 중위 소득의 29%를 기준으로 기초생활수급자 통계를 빈곤 지표로 제공하고 있다. 또한 빈곤 항목은 모든 항목 중 점수가 가장 높은데, 그 이유로 자료가 절대적 빈곤선이 아니라 상대적 빈곤선이라는 점도 유념할 필요가 있다. 이와 함께 통신 항목은 인터넷 보급률을 의미하는데, 선진국이나 개도국 도시와 비교하여 현격한 차이를 보인다는 점도 특징적이다. 고용 항목도 한국 도시가 선진국 도시보다 높은데, 고용 항목의 선진국 점수가 낮은 것은 청년 실업률이 상대적으로 높은 편이라는 점이 주된 이유다. 다시 말해서 한국 도시의 청년 실업률이 상대적으로 낮은 편이라는 의미인데, 징병제로 인해 경제활동인구에서 많은 청년이 제외되고 있어 상대적으로 실업률이 낮게 나타난 것이다. 만약 징병제가 없어서 청년들이 군대가 아니라 사회에 있다면 실업자 수가 크게 늘어나 실업률이 높아질 수 있다. 한국 도시는 녹지, 교통, 정치, 성장 항목에서 40점 이하를 보이고 있는데, 정치 항목의 경우 투표율 지표는 전체 평균보다 높으나 지방 의회 선출 여성 비율 지표가 낮아 낮은 점수를 보였다. 그리고 한국이 선진국보다 좋지 않은 항목으로는 1인당 GDP로 측정하는 성장 항목이 있다. 구매력평가(Purchasing Power Parity, PPP) 기준 GDP로 환산하여 명목 GDP보다 수치가 커졌지만, 여전히 선진국과는 차이가 있다.

개도국 도시는 대기, 물, 폐기물, 건강, 성장, 산업 항목에서 선진국 도시보다 열악하고, 빈곤과 통신 항목에서는 한국 도시보다 개도국 도시가

열악한 것으로 나타났다. 이러한 평가결과들은 개도국 도시의 지속가능한 발전을 위해 시급한 개선이 요구됨을 시사한다. 2016년 10월 채택 예정인 유엔 해비타트의 신도시의제(New Urban Agenda)의 핵심 비전은 모두를 위한 도시 개념의 실현이며, 현재와 미래 세대의 모든 거주자들이 높은 삶의 질에 필수적인 정의롭고 포용적이며 지속가능한 도시에 살 수 있는 권리를 보장하고자 한다(UN, 2016). 선진국 도시만 편익을 누리는 것이 아니라, 개도국 도시의 시민들도 일정 수준 이상의 보편적인 삶의 질을 향유할 수 있도록 지속가능성 평가 결과가 활용될 필요가 있다.

#### 4. 결론

지속가능성 지수 산출을 위해 선정된 지표를 국내 특광역시를 대상으로 적용하여 시계열적으로 분석한 결과를 놓고 볼 때 제안된 지표체계는 국내 도시를 대상으로 적용하기에 별 무리 없이 적절할 것으로 판단된다. 자료획득의 한계로 분석기간에 제한이 있었지만, 분석에 적용된 40개의 지표 자료는 이미 구축되어 있기 때문에 추후 적용에 별 문제가 없을 것이다. 다만, 시계열 분석에서 누락된 지표들 중 온실가스 관련 정보는 환경 분야에서 중요한 의미를 가지기 때문에 지방자치단체별 자료가 공개될 필요가 있다. 현재 한국환경공단에서 지방자치단체 온실가스 인벤토리를 구축하여 각 지방자치단체에 비공개로 제공하고 있는데, 지방자치단체에 따라 이러한 정보를 외부에 공개하기도 하고 일부 정보만 공개하거나 공개하지 않고 있다. 총배출량을 포함한 주요 온실가스 정보 공개가 의무사항이 되어야 환경적 지속가능성을 의미있게 모니터링할 수 있을 것이다. 또한 통합적인 지수값을 산정하여 각 도시의 지속가능성을 비교·평가할 때 자료의 부재가 지수값에 큰 영향을 줄 수 있기 때문에 반드시 요구되는 모든 자료가 확보된 상황에서 실시하는 것이 중요하다. 이 점은 특히 국내 도시들과 같이 지표별로 값의 차이가 크게 나지

않는 경우에는 더욱 중요하게 다뤄져야 한다. 아울러 이는 도시의 지속가능성 평가를 위해서는 무엇보다 필요 자료의 구축이 중요함을 시사한다.

분석과정을 통해 발견하고 파악하게 된 적절한 지표 체계 구축방향은 다음과 같다. 직접적인 연관성을 가진 지표는 대표성을 가진 지표 하나만을 포함시키는 것이 좋다. 상호연관성이 있는 지표가 모두 지수값 산정에 포함될 경우 하나의 지표값이 산출된 지수값에 미치는 영향이 배가되기 때문에 지수값의 변동성이 커지고, 해당지표에 대한 가중치가 커지는 결과가 나타날 수 있기 때문이다. 또한 구성된 지표체계의 시계열 적용은 해당 지표체계의 적절성을 검토하는 데 유용하게 활용될 수 있다.

지수의 활용과 관련해서는 이 연구에서 제시한 바와 같이 지속가능성 또는 지속가능성을 구성하는 각 분야의 성과를 통합적으로 나타낼 수 있는 지수만이 아니라, 관련 분야 개별 지표의 묶음인 항목별 지수를 통합적으로 산출하고 이용할 필요가 있다. 이러한 접근법이 필요한 첫 번째 이유는, 특정 분야의 지수값 상승이 그 분야를 구성하는 지표값의 전반적인 상승을 의미하지 않기 때문이며, 두 번째 이유는 각 항목별 지수값으로 나타난 성과를 통해 지방자치단체의 정책적 우선순위를 도출할 수 있기 때문이다. 또한 최종적인 지수값만을 활용하면 개별 도시가 처해 있는 상황의 특수성을 무시하게 될 가능성이 있다. 각 도시의 정책결정자들은 지수값 비교를 통해 해당 도시의 지속가능성 수준을 인식하고, 도시가 처한 상황에 맞게 지표별로 정책목표를 설정하는 방식으로 제안된 지표체계를 이용할 수 있다. 서울특별시의 경우 30개 핵심지표를 도출한 뒤 각 지표별 달성목표를 설정하고 이를 정책수립과 연계시키고 있는 데(이창우·이지연, 2015), 이는 지표 활용의 좋은 예라고 할 수 있다.

국제도시의 지속가능성 비교 결과 환경 분야에서 선진국 도시의 우위, 개도국 도시의 열위가 명확하게 나타났다. 이는 개도국 도시의 지속가능한 발전을 위해 환경 문제가 우선시될 필요가 있음을 시사한다. 사회 분야는 선진국과 한국 도시가 비슷한 수준으로 분석되었다. 인프라 위주의

지표는 ‘삶의 질’ 차이를 드러내는 데 한계가 있으므로, 삶의 질 측정을 위해 남녀 임금 격차, 사교육비 부담, 복지예산 비중 등의 지표를 추가하는 방향을 검토해볼 수 있다. 경제 분야는 큰 차이는 아니지만 한국 도시가 선진국 도시보다 약간 더 나은 평가를 받았다. 앞에서 지적한 한국의 실업률 지표 문제를 고려한다면 경제 분야는 비슷하다고 볼 수 있다. 환경 분야와 비교해본다면 한국 도시의 경우 지속가능한 발전 담론에서 환경 보전보다는 상대적으로 경제 성장에 좀 더 초점을 맞추고 있다고 해석할 수 있다. 경제적 지속가능성을 종합적으로 판단하기 위해서는 가계 부채, 물가, 지가 등의 지표에 대한 검토가 필요하다.

이 연구는 국내에서 많이 수행되지 않은 도시 단위의 지속가능성 분석을 위한 지표체계를 제안하고 실제 적용을 통해 활용의 적절성을 살펴본 탐색적 연구라 할 수 있다. 각 도시의 지속가능성 현황을 파악하고 목표달성에서 미진한 부분을 쉽게 발견할 수 있다는 측면에서 지속가능성 지표 활용의 유용성을 확인할 수 있었다. 제안된 지표들은 앞서 밝힌 미비점을 보완한다면 다양한 도시의 지속가능성 평가를 위해 활용가능한 지표체계 구축에 좋은 기초 자료가 될 것이다. 지속가능한 도시를 향한 지구적 노력을 활성화시키기 위해 유엔 해비타트와 ICLEI는 2016년 10월 채택된 신도시의제를 추진하고 있는데, 추후 연구에서는 신도시의제의 정책 옵션과 연계하여 도시 지속가능성 지표 체계를 활용하는 방안이 검토되기를 기대한다.

원고접수일: 2017년 11월 7일

심사완료일: 2017년 11월 30일

게재확정일: 2017년 12월 16일

최종원고접수일: 2017년 12월 17일

❖ Abstract

The Use of Indicators for Evaluating Urban Sustainability:  
A Comparative Analysis of Korean and International Major Cities

Ahn, SeungHyeok · Ki, Jaehong · Yun, Sun-Jin

This research evaluates Korean and international major cities using sustainability indicators which are commonly used to measure cities' sustainable performance. 45 indicators are selected by reviewing existing indicators and are categorized to 17 items under environmental, social, and economic sector. Longitudinal annual assessment for 2006 to 2012 has been conducted for Korean 7 major cities. During assessment period, indices in economic sector are lowered in 2008 and 2009 due to global financial crisis and slightly improved after 2010. Indices in social sector are found to be gradually increasing, which attribute to the sharp increase in education indices value. Environmental sector indices were showing irregular fluctuating pattern due to problems found in waste management index measurement. Another analysis comparing sustainability index between cities in developed countries, developing countries, and Korea was also carried out. Overall sustainability indices between cities in developed countries and Korea showed little difference, index for cities in developing countries was lower. Korean cities scored lower in atmosphere, green space, politics, growth indices and scored higher in poverty, communication, employment than cities in developed countries. But data used for Korean cities in calculating poverty and employment indices has some problem.

Keywords: Urban Sustainability, Indicator System, Sustainability Index, Sustainability Evaluation

## 참고문헌

- 강동진·김현수·서충원·허재완. 2005. 「지속가능한 신도시개발을 위한 계획지표 연구」. 《한국지역개발학회지》, 17권 3호, 1~30쪽.
- 강병수. 2010. 「지속가능한 도시경제개발 측정지표의 개발에 관한 연구」. 《도시행정학보》, 23권 2호, 105~122쪽.
- 강성철·문경주·김도엽. 2008. 「지속가능성 지표 비교평가」. 《지방정부연구》, 11권 4호, 7~34쪽.
- 김유나·문태훈. 2009. 「환경성과지수(EPI)를 활용한 도시환경지속성 성과평가에 관한 연구」. 《국토계획》, 44권 6호, 171~182쪽.
- 고재경·주정현. 2014. 「경기도 지속가능발전 지표 개발 및 모니터링 방안」. 경기개발연구원.
- 국토교통부. 2014. 「도시의 지속가능성 및 생활인프라 평가」.
- 글로벌에코포럼\_담양. 2015. 「제7회 글로벌에코포럼: 지속가능도시 지표평가 국내외 우수사례」.
- 윤순진. 2009. 「저탄소 녹색성장의 이념적 기초와 실제」. 《환경사회학연구 ECO》, 13권 1호, 219~266쪽.
- 윤형두·박진영·최태봉·최인태·노태환·한봉호·김명진. 2015. 「지속가능한 도시평가지표의 적용 가능성 검토 -GCI, EPI, CBI를 중심으로-」. 《환경영향평가》, 24권 6호, 593~606쪽.
- 이창우·이지연. 2015. 「서울특별시 지속가능발전 기본계획」, 서울연구원.
- 이태중·송건섭. 2002. 「지속가능한 발전을 위한 도시환경 평가와 영향요인 분석」. 《한국 사회와 행정연구》, 13권 2호, 167~189쪽.
- ARCADIS. 2015. *Sustainable Cities Index: 2015 Balancing the economic, social and environmental needs of the world's leading cities.*
- Barcelona City Council. 2013. *Indicators 21: Local sustainability indicators in Barcelona (data from 2012).*
- Blanco, H. and Mazmanian, D. A. 2014. "The Sustainable City: Introduction and Overview," in Daniel A. Mazmanian and Hilda Blanco (eds.), *Elgar Companion to Sustainable Cities: Strategies, Methods and Outlook*. Cheltenham and Northampton: Edward Elgar, pp. 1~11.
- Blower, A., Boersema, J. and Martin, A. 2012. "Is sustainable development sustainable?" *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 9(1), pp. 1~8.
- Bulkeley, H. and Betsill, M. 2005. "Rethinking Sustainable Cities: Multilevel Governance and the 'Urban' Politics of Climate Change." *Environmental Politics*, 14(1), pp. 42~63.



- Choon, S.-W., Siwar, C., Pereira, J. J., Jemain, A. A., Hashim, H. S. and Hadi, A. S. 2011. "A sustainable city index for Malaysia." *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 18(1), pp. 28~35.
- de Kerk, G.V. and Manuel, A. R. 2008. "A comprehensive index for a sustainable society: The SSI—the Sustainable Society Index." *Ecological Economics*, 66(2-3), pp.228~242.
- Dovern, J., Quaas, M. F. and Rickels, W. 2014. "A comprehensive wealth index for cities in Germany." *Ecological Indicators*, 41, pp. 79~86.
- Dryzek, J. S. 2005. "Changing Society: Green Politics, The Politics of the Earth: Environmental Discourses." Oxford University Press, pp. 203~227.
- Egilmez, G., Gumus, S. and Kucukvar, M. 2015. "Environmental sustainability benchmarking of the U.S. and Canada metropolises: An expert judgment-based multi-criteria decision making approach." *Cities*, 42(Part A), pp. 31~41.
- Estoque, R. C. and Murayama, Y. 2014. "Measuring sustainability based upon various perspectives: a case study of a hill station in Southeast Asia." *Ambio*, 43(7), pp. 943~956.
- Hiremath, R. B., Balachandra, P., Kumar, B., Bansode, S. S. and Murali, J. 2013. "Indicator-based urban sustainability-A review." *Energy for Sustainable Development*, 17(6), pp. 555~563.
- Hsu, A. et al. 2016. *2016 Environmental Performance Index*.
- Huang, L., Wu, J. and Yan, L. 2015. "Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators." *Landscape Ecology*, 30(7), pp. 1175~1193.
- IDB. 2013. *Annex 2: Indicators of the Emerging and Sustainable Cities Initiative Methodological guide 2013 Version*.
- ISO. 2014. *ISO 37120: Sustainable development of communities—Indicators for city services and quality of life*.
- Lee, J.-H. and Yun, S.-J. 2011. "A comparative study of governance in State Management: Focusing on the Roh Moo-hyun government and the Lee Myung-bak government," *Development and Society*, 40(2), pp. 289~318.
- Lee, Y.-J. and Huang, C.-M. 2007. "Sustainability index for Taipei." *Environmental Impact Assessment Review*, 27(6), pp. 505~521.
- London Sustainable Development Commission. 2013. *London's Quality of Life Indicators 2012 Report*.
- Long, G. 2015. "The Idea of Universality in the Sustainable Development Goals." *Ethics & International Affairs*, 29(2), pp. 203~222.
- Marsal-Llacuna, M.-L., Colomer-Llinàs, J. and Meléndez-Frigola, J. 2015. "Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart

- Cities initiative.” *Technological Forecasting and Social Change*, 90(Part B), pp. 611~622.
- Michael, F. L., Noor, Z. Z. and Figueroa, M. J. 2014. “Review of urban sustainability indicators assessment—Case study between Asian countries.” *Habitat International*, 44, pp. 491~500.
- Mori, K. and Christodoulou, A. 2012. “Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI).” *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), pp. 94~106.
- Mori, K. and Yamashita, T. 2015. “Methodological framework of sustainability assessment in City Sustainability Index (CSI): A concept of constraint and maximisation indicators.” *Habitat International*, 45(1), pp. 10~14.
- Scipioni, A., Mazzi, A., Mason, M. and Manzardo, A. 2009. “The Dashboard of Sustainability to measure the local urban sustainable development: The case study of Padua Municipality.” *Ecological Indicators*, 9(2), pp. 364~380.
- Springett, D. and Redclift, M. 2015. “Sustainable Development: History and Evolution of the Concept,” in Michael Redclift and Delyse Springett (eds.), *Routledge International Handbook of Sustainable Development*. London and New York: Routledge, pp. 3~22.
- Tanguay, G. A., Rajaonson, J., Lefebvre, J.-F. and Lanoie, P. 2010. “Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators.” *Ecological Indicators*, 10(2), pp. 407~418.
- The City of New York. 2011. *planyc Update April 2011: A Greener, Greater New York*.
- The Urban China Initiative. 2014. *The China Urban Sustainability Index 2013*.
- Turcu, C. 2013. “Re-thinking sustainability indicators: local perspectives of urban sustainability.” *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(5), pp. 695~719.
- UN. 2016. *HABITAT III ZERO DRAFT OF THE NEW URBAN AGENDA*.
- Van Dijk, M. P. and Mingshun, Z. 2005. “Sustainability indices as a tool for urban managers, evidence from four medium-sized Chinese cities.” *Environmental Impact Assessment Review*, 25(6), pp. 667~688.
- Wang, Y., Lam, K.-c., Harder, M. K., Ma, W.-c. and Yu, Q. 2013. “Developing an indicator system to foster sustainability in strategic planning in China: A case study of Pudong New Area, Shanghai.” *Ecological Indicators*, 29, pp. 376~389.
- Ward, J. D., Sutton, P. C., Werner, A. D., Costanza, R., Mohr, S. H. and Simmons, C. T. 2016. “Is Decoupling GDP Growth from Environmental Impact Possible?” *PLOS ONE*, 11(10), e0164733.

- Zhang, X., Wu, Y. and Shen, L. 2011. "An evaluation framework for the sustainability of urban land use: A study of capital cities and municipalities in China." *Habitat International*, 35(1), pp. 141~149.
- Zoeteman, B. C. J., Van der Zande, M. and Smeets, R. 2015. *Integrated Sustainability Monitoring of 58 EUCities: A Study of European Green Capital Award Applicant Cities*. Tilburg: Telos.