

Developing an Urban Safety Assessment Framework Using Sustainable Urban Metabolism

Yong Un Ban[#], Jong In Baek, Yu Mi Kim⁺

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University, Chungdae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk, Korea

Abstract

This study intends to develop a sustainable urban metabolism paradigm which can be used to analyze urban safety problems in the circular and integrated manner and use the paradigm to design an urban safety assessment framework. To reach this goal, this study reviewed previous research related to urban safety, urban safety assessment, sustainable development, and urban metabolism. Based on the literature review, this study derived the paradigm of sustainable urban metabolism, suggested five principles to design the urban safety assessment framework, and used the paradigm to assess urban safety. The framework was composed of two pillars such as sustainable urban metabolism and urban safety. This study would be the first to assess the urban safety using the paradigm of sustainable urban metabolism.

Key words: sustainable urban metabolism, urban safety assessment framework, sustainable development

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

현대사회의 급격한 산업화와 도시화로 인해 도시는 심각한 안전 위협에 처해 있다(Codoban & Kennedy, 2008). 대표적인 도시안전 문제는 범죄(Park & Kim, 2008; Park, 2015), 자연재해(Choi, 2010; Ryu, *et al.*, 2014), 건강(Sung, 2011; Kim & Kang, 2011; Yoo, 2015), 환경(Lee & Koo, 2007; Heo, 2014) 등의 분야에서 증가하고 있다. 도시는 이러한 안전문제가 지속적으로 발생할수록 '지속가능하지 못한(Unsustainable)

도시(Park & Kim, 2008)가 될 가능성이 높아진다. 안전한 사회를 만들기 위해 UN의 Safer Cities Programme, EU의 SECURITY 활성화, 그리고 WHO의 안전도시(Safe Community) 등(Park & Kim, 2008)의 국제적인 움직임이 있다. 이러한 국제적인 시도는 도시안전문제를 해결하기 위한 다양한 정책과 프로그램들을 제시하고 있다. 국내에서도 도시 관련계획 수립지침에 안전성 관련 항목을 신설하거나 지자체의 안전성을 평가하고 있다. 그러나 현재 UN이나 WHO, 그리고 우리나라에서 도시안전성을 평가하기 위해 실시하는 지역안전지수는 도시안전에 문제가 되는 도시화의 과정 및 변화

[#] The 1st author: Yong Un Ban, Tel. +82-43-261-3391, e-mail. byubyu@chungbuk.ac.kr

⁺ Corresponding author: Yu Mi Kim, Tel. +82-43-273-3391, e-mail. printand@nate.com

를 고려하지 않은 채 안전성을 논하고 있다.

도시안전성 평가 연구는 교통(Mohan, *et al.*, 2017; Murphy, *et al.*, 2017; Theofilatos, *et al.*, 2017; Ding, *et al.*, 2017 등), 범죄(Jiang, *et al.*, 2017; Foster, *et al.*, 2016; Ghani, 2017 등), 재난/재해(Lehna, *et al.*, 2017; Zhao & Liu, 2016 등), 건강(Douglas, *et al.*, 2017; Brambilla, *et al.*, 2016; Mahdi, *et al.*, 2016; Huang & Peng, 2015 등), 환경오염(Omar, *et al.*, 2017; Zhang, *et al.*, 2016 등) 등 각각의 안전 부문을 평가하는 단편적인 연구에 그쳐 있다(Kang & Moon, 2017; Trim, 2004). 따라서 몇몇 연구에서는 도시안전을 확보하고 재난문제를 해결하기 위해서는 도시안전 영역인 보건, 환경, 범죄, 재난은 물론 법·지침, 프로그램, 교육, 시설물 및 건축 조건 등을 포함하는 복합적인 시도는 물론 종합적인 관리계획이 필요하다고 주장하고 있다(Kang & Moon, 2017; Trim, 2004). 그뿐만이 아니라, 도시문제를 이해하기 위해서는 우리 사회의 유기체적 관계에 집중하여 도시의 복잡한 사고와 위협의 발생 원인을 진단하여야 한다(Leveson, *et al.*, 2009). 특히 도시의 안전문제는 도시가 운영되는 전 부문, 즉 경제, 사회, 환경이 유기적으로 연계되어 움직이는 과정 속에서 생겨난다. 이러한 도시의 문제를 도시의 유기체적 특성 안에서 찾고자 하는 시도는 이미 1965년 Wolman의 연구에서 시작되었다. 이후 Kennedy(2007), Zhang & Yang(2007), Pincetl, *et al.*(2012)의 연구자들에 의해 도시의 문제를 유기체적인 연계관계에서 해석하려는 도시 메타볼리즘 연구가 활성화되었다. 도시 메타볼리즘은 선형(Linear)과 순환형(Circular)으로 구분하여 설명할 수 있다(Lee & Kim, 2013). 선형 메타볼리즘은 도시 내에 물질이 투입(input)되고 사용된 후에 배출되는 산출물(output)이 재활용되지 않는 구조를 의미한다. 그리고 순환형 메타볼리즘은 배출된 모든 산출물(output)이 다른 부문에서 투입물(input)로 재사용될 수 있는 구조를 의미한다(Lee & Kim, 2013). 즉, 기존의 일방향적

‘Input-Output 생산-소비’ 체계에서 도시에 투입되는 물질(예: 자원과 에너지)에 대한 ‘Input-Output 사용-재사용’의 순환체계를 의미한다. 이러한 선형 또는 순환형 메타볼리즘은 단순히 물질의 투입과 산출에 대한 과정에 초점을 맞추고 있어 사회체계를 순환적 관계로 해석하기에는 부족한 면이 있다. 특히 위에서 설명한 것처럼 도시 안전문제가 도시의 구성요소인 경제, 사회, 환경이라는 큰 축이 상호 연계되면서 발생하기 때문에, 도시 안전문제를 해결하기 위해서는 발생 원인과 그 결과에 대한 구조적인 분석을 통해 대안을 찾아내야 한다. 그러나 이러한 시도 또한 현 세대만을 고려해서는 도시의 안전문제가 근본적으로 해결되기 어렵다. 따라서 미래세대 도시의 안전을 지킬 수 있는 능력을 저해하지 않으면서 현 세대 도시의 안전을 지킬 수 있도록 위에서 살펴본 경제, 사회, 환경을 통합적으로 고려하면서 도시안전문제를 순환적으로 분석하는 ‘지속가능한 도시메타볼리즘’의 개념을 도입한 도시 안전성 평가 프레임이 필요하다. 이를 통해 도시 안전문제 발생 원인과 결과를 통합적이고 순환적으로 파악하여 도시 안전문제 해소를 위한 근본적인 대책을 마련할 수 있다.

위에서 살펴본 내용을 바탕으로 본 연구는 다음과 같은 연구 질문을 도출하였다. 첫째 질문은 도시의 경제, 사회, 환경을 통합적으로 고려하면서 도시안전문제를 순환적으로 분석하는 ‘지속가능한 도시메타볼리즘’의 패러다임은 무엇인가? 이다. 둘째 질문은 ‘지속가능한 도시 메타볼리즘’ 패러다임을 이용한 도시안전성 평가 프레임워크 개발 원칙은 무엇인가? 이다. 셋째 질문은 지속가능한 도시메타볼리즘을 이용한 도시안전성 평가 프레임워크의 구조 및 구성요소 및 평가 프로세스는 무엇인가? 이다.

따라서 본 연구의 목적은 도시안전문제를 순환적이고 통합적으로 분석할 수 있는 지속가능한 도시메타볼리즘의 패러다임을 개발하고, 개발된 지속가능한 도시메타볼리즘을 활용하여 도시안전성 평가 프레임워크를 개발하는 것이다.

2. 연구의 방법 및 흐름

본 연구는 도출된 연구 질문에 대한 답을 도출하기 위하여 도시 안전과 도시 안전성 평가, 도시 메타볼리즘과 지속가능한 도시 메타볼리즘에 대한 국·내외 문헌 연구를 주요 연구 방법으로 채택하였다. 제기된 연구 질문에 대한 답을 찾기 위한 구체적인 연구 과정은 다음과 같다.

먼저, 첫째 질문인 ‘도시의 경제, 사회, 환경을 통합적으로 고려하면서 도시안전문제를 순환적으로 분석하는 ‘지속가능한 도시메타볼리즘’의 패러다임은 무엇인가?’에 대한 답을 찾기 위해 도시 안전과 도시 안전성 평가에 대한 개념과 선행연구의 동향을 파악하고 한계점을 도출하였다. 그리고 도시 메타볼리즘과 지속가능한 도시 메타볼리즘에 대한 개념 및 선행연구 고찰을 통해 도시안전문제를 순환적으로 분석하는 지속가능한 도시 메타볼리즘 패러다임을 도출하였다.

두 번째, 둘째 질문인 ‘지속가능한 도시 메타볼리즘 패러다임을 이용한 도시안전성 평가 프레임워크 개발 원칙은 무엇인가?’에 대한 답을 찾기 위해 관련 선행연구를 고찰한 후 지속가능한 도시 메타볼리즘과 도시 안전성 평가에 대한 관계를 찾아내어 도시안전성 평가 프레임워크 개발 원칙을 도출하였다.

세 번째, 셋째 질문인 ‘지속가능한 도시메타볼리즘을 이용한 도시안전성 평가 프레임워크의 구조 및 구성요소 및 평가 프로세스는 무엇인가?’에 대한 답을 찾기 위해 관련 선행연구를 바탕으로 개발된 도시안전성 평가 프레임워크의 구조 및 구성요소를 도출하였다. 그리고 평가를 위한 과정을 설계하였다(Figure 1).

II. 이론적 고찰

1. 도시 안전 및 도시 안전성 평가

1) 도시 안전

도시 안전은 도시와 안전의 합성어이다. 국내와 국외에는 아직 사전적으로 정의되어있지 않다. 세계보건기구(WHO)나 UN-HABITAT 등 국제기구에서는 안전도시(Safe Community), 도시안전(Urban Safety, Community Safety) 등의 용어를 사용하고 있다. 안전도시(Safe Community)는 1989년 “모든 인류는 건강하고 안전한 삶을 누릴 동등한 권리를 가진다.”는 성명이 사고와 손상 예방 학술대회에서 공식적으로 채택(Kim & Lee, 2012)되어 현재까지 널리 사용되고 있다. 이에 기초하여 세계보건기구(WHO)는 안전도시의 의미를 “지역사회 손상예방 및 안전증진사업으로 권고하고 있는 모델로서 모든 지역사회 구성원들이 사고로 인한 손상을 줄이기 위해 지속적이고 능동적으로 노력하는 도시”(Lee, 2013)로 정하였다.

UN-HABITAT과 UNDP에서는 ‘도시안전(Urban/Community Safety)’ 용어를 주로 이용하고 있다. UN-HABITAT은 「Enhancing Urban Safety and Security; Global Report on Human Settlements 2007」(2007)에서 Urban Safety(도시안전)와 도시 안보(Urban Security)를 경제적, 사회적, 인류학적인 요소를 포함하여 재해관리, 환경과학, 건강 등과 관련되어 있는 취약성(Vulnerability) 개념과 연계하여 사용하였다. 또한 도시안전 프레임워크의 부문을 리스크(Risk), 대응(Response), 결과(Outcome) 등 세 가지로

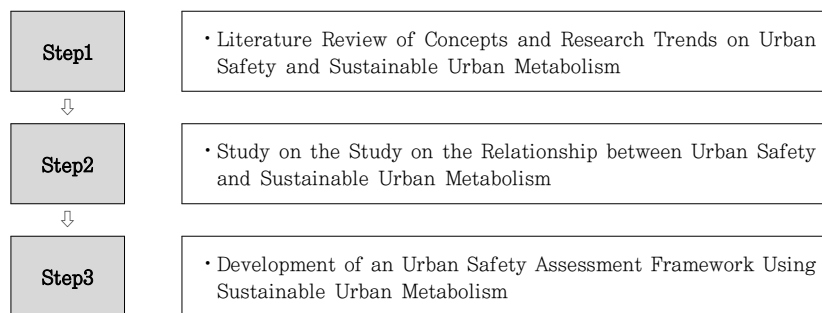


Figure 1. Research flow

구분하였다. 도시안전의 분야로는 ‘범죄와 폭력’, ‘정년과 거주지의 불안정’, ‘자연재해·인적재해·기술재해’를 들고 있다.

UNDP의 2009년 보고서인 「Community Security and Social Cohesion: Towards a UNDP Approach」(2009)에서는 지역 수준(Local Level)에서 인간의 안보와 개발 및 국가 형성 패러다임에 대한 운영의 의미로 Community Safety(도시안전)를 이용하였다. Community Safety에서는 개발과 안보를 불가분의 관계로 인지하고 있다. 유럽에서는 각 지역의 특성별로 삶의 질 향상에 중요한 요소나 위해를 가하는 요소들을 강조하기 위해 Community Security보다 Community Safety를 사용하고 있다. 그 한 예로서 동유럽 일부 Community Safety 프로그램이 교통 제어 등에 집중되어 있는 것을 들 수 있다.

이상을 종합하여 보면, 도시의 안전과 관련된 개념은 안전도시(Safe Community), 도시안전(Urban Safety, Community Safety) 등이 있다. 이러한 개념들은 기관(단체)의 성격이나 이슈에 따라 중요시 하는 대상을 각각 특색 있게 다루고 있어서 보편적인 도시안전 문제를 도외시하고 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 고려하여 도시안전을 다른 방식으로 정의한다. 즉, 안전의 사전적 정의인 ‘위험이 생기거나 사고가 날 염려가 없음. 또는 그런 상태(National Institute of Korean Language)’에 기반을 두어 도시안전을 ‘도시의 구성요소들에게 위험이 생기거나 사고가 발생할 염려가 없는 상태’로 정의한다.

2) 도시 안전성 평가

국제적인 도시 안전성 평가는 1989년 WHO에서 스웨덴의 링크핑(Linköping)을 세계 최초로 국제안전도

시로 공인한 이래, 2016년 2월 기준 33개국 365개 도시가 국제안전도시로 인증 받았다. 우리나라도 현재까지 경기도 수원, 서울 송파구, 부산, 경남 창원 등 13개 자치단체가 공인을 받았다¹⁾. 국제안전도시는 지역 공동체의 상호협력, 모든 계층과 상황에 대비한 프로그램, 국내외적 네트워크의 구축 등 7개의 인증기준을 가진다.²⁾

도시 안전을 평가하는 국내·외 연구들은 각 영역별 안전성 확보에 주목하고 있다. 도시 안전에 대한 국외 연구는 교통(Mohan, *et. al.*, 2017; Murphy, *et. al.*, 2017; Theofilatos, *et. al.*, 2017; Ding, *et. al.*, 2017 등), 범죄(Jiang, *et. al.*, 2017; Foster, *et. al.*, 2016; Ghani, 2017 등), 재난/재해(Lehna, *et. al.*, 2017; Zhao & Liu, 2016 등), 건강(Douglas, *et. al.*, 2017; Brambilla, *et. al.*, 2016; Mahdi, *et. al.*, 2016; Huang & Peng, 2015 등), 환경오염(Omar, *et. al.*, 2017; Zhang, *et. al.*, 2016 등) 등이 이루어지고 있다. 국내 연구에서도 재난재해(Kim, 2017; Kim, *et. al.*, 2017), 도시범죄(Jeon, 2017; Oh & Park, 2017), 안전한 보행환경(Min & Ham 2017) 등뿐만 아니라 관련 데이터 구축(Kim, 2017; Park & Byeon, 2012)이나 지도 제작(Seo, 2017), 안전 관련 자치입법(Cho & Han, 2017; Hong, *et. al.*, 2016) 등과 같은 기초 연구에도 영역을 확장하고 있다. 또한 우리나라도 세계보건기구(WHO)의 영향을 받아 행정안전부가 안전도시(Safe City) 사업을 추진하고 있다.

이러한 도시 안전성 평가 연구들의 공통점은 세부 영역별 안전성 확보에 중점을 두고 있다는 것이다. 그러나 이들 연구와는 다르게 안전에 대한 개별적인 연구에 대한 비판적인 견해(Kang & Moon, 2017; Trim, 2004)도 있다. Kang & Moon(2017)은 기존의 연구들에서 다루

1) 아주대학교 지역사회안전증진연구소 홈페이지(www.safeasia.re.kr)에서 공개한 국내 공인도시는 수원시, 원주시, 천안시, 제주특별자치도, 서울 송파구, 서울 강북구, 과천시, 삼척시, 창원시, 부산광역시, 광주광역시, 구미시, 아산시, 세종특별자치시, 순천시, 울산 남구, 광주시(경기도) 등 총 17개 지역임(확인일자:2018년 05월 01일).

2) 국제안전도시 공인기준(Cho, *et. al.*, 2013) : 1) 지역공동체에서 안전증진에 책임을 가지는 각계각층의 상호협력 기반이 마련되어야 한다; 2) 남성과 여성, 모든 연령이 모든 환경 및 상황에 대한 장기적이고 지속적인 프로그램이 있어야 한다; 3) 고위험 연령·환경·계층의 안전증진을 목적으로 하는 프로그램이 있어야 한다; 4) 프로그램은 사용가능한 모든 근거를 바탕으로 하여야 한다; 5) 손상의 빈도나 원인 등을 규명할 수 있는 프로그램이 있어야 한다; 6) 손상예방 및 안전증진을 위한 프로그램의 효과를 평가할 수 있어야 한다; 7) 국내·외적으로 안전도시 네트워크에 지속적으로 참여할 수 있어야 한다.

던 보편적인 영역들인 보건, 환경, 범죄, 재난 등과 더불어 법·지침, 프로그램, 교육, 시설물 및 건축 조건까지를 고려하는 다양한 도시안전 영역들을 복합적으로 고려해야 한다고 하였다. Trim(2004)은 도시안전의 일부인 재난의 문제를 해결하기 위해서 종합적인 관리와 계획을 수립해야 한다고 주장하였다.

그뿐만이 아니라, Leveson, *et. al.*(2009)은 우리 사회의 유기체적 관계에 집중하여 도시의 복잡한 사고와 위험의 발생 원인을 진단하여야 한다고 주장하였다. 왜냐하면 세계 인구의 증가, 과학기술의 발달(핵발전소나 핵무기의 개발, 비행사고, 신화학물질 개발, 컴퓨터 기술 등), 기후변화 등으로 인하여 안전문제의 발생 원인은 복잡·다양해지고 있으며, 겉보기에는 전혀 상관없던 사건들이 오랜 시간 누적되어 갑자기 문제를 촉발시키는 방아쇠가 될 수 있기 때문이다(Martijin, 2015).

우리나라 정책적 측면에서도, 현재는 도시안전에 관한 중장기적인 비전과 목표, 종합적인 장단기 전략과 시책들을 담은 기본계획이 없기 때문에 통합적인 도시안전에 관한 체계적인 정책집행이 어렵고, 단기적·단편적 사업만으로는 도시안전을 담보하는데 한계가 있다(서울특별시, 2014). 행정안전부 안전도시의 모태가 된 WHO의 안전도시는 손상 위주로 구성되어 있고 우리나라의 「재난 및 안전관리 기본법」과 비교하였을 때 환경오염이나 전염병 등은 제외되는 등 비교적 협소한(Kang & Moon, 2017) 개념을 가진다. 또한 안전에 대한 현황을 평가하는 방법으로는 지표에 대한 지수를 산정하거나, 현재 시행하고 있는 안전 관련 프로그램과 계획 및 이에 대한 자치단체장의 사업 추진 의지 등을 평가한다. 그렇기 때문에 도시 안전 또는 취약한 부분의 단면만을 평가할 수 있을 뿐, 이를 공간적·시간적으로 해석하거나, 도시의 지속가능성의 부분인 경제·사회·환경적 측면을 포괄하는 도시의 유기체적 특성과 함께 고려하는 것은 미흡하다.

2. 지속가능한 도시 메타볼리즘

도시를 체계 이론적으로 이해하려는 관점에서 도시

를 생물의 신진 대사과정과 마찬가지로 외부로부터 자원과 에너지의 흡수를 통해 자신의 활력을 유지하고 외부로 폐기물을 배출한다고 보는 도시 메타볼리즘(도시 신진대사론)이 있다(Yeom, 2002).

메타볼리즘은 본래 생물학에 적용되는 용어로, 생명을 가진 유기체가 에너지와 영양분을 얻기 위한 생리과정을 뜻한다(Tarr, 2002). 도시의 메타볼리즘이란 개념은 Marx가 도시 생태계의 순환 과정 이행을 위한 인간과 동물의 배설물을 비료화 하는 도시-농촌의 메타볼리즘에 대해 논하면서 처음 사용되었다(Chrysoulakis, *et. al.*, 2014). 이후 Wolman(1965)은 도시 생태계의 작동이 메타볼리즘의 과정이라고 하였다(Zhang & Yang, 2007). Wolman은 물, 음식, 연료 등의 투입량(input)과 하수, 고형 쓰레기, 공기오염 등의 산출량(output)을 정량화하고, 이 물질들의 변형 및 흐름에 대해 추적하는 방법을 통해 도시 메타볼리즘의 개념을 도시와 커뮤니티를 분석하는 수단으로 발전시켰다.

이후 Kennedy, *et. al.*(2007)은 도시 메타볼리즘을 ‘도시가 발생하고 성장하는 과정에서 에너지를 생산하고 쓰레기가 배출되는 기술적이고 사회경제적인 과정의 총합’으로 정의하였다. Wolman이 도시 메타볼리즘의 Input과 Output을 물리적인 요소로만 보고 분석하였다면, Kennedy 등은 사회경제적인 측면까지 영역을 확장하여 도시메타볼리즘을 정의하였다. Kennedy 이후 다수의 연구들이 그가 정의한 도시 메타볼리즘을 활용하였다(Pincetl, *et. al.*, 2012; Chrysoulakis, *et. al.*, 2014). Kennedy(2007), Pincetl S., *et. al.*(2012), Zhang, *et. al.*(2018), Lei, *et. al.*(2018), Mostafavi, *et. al.*(2018) 등의 연구자들을 통해 도시 메타볼리즘 연구가 이어져오고 있으나, 대부분 경제·사회·환경적 측면을 고려하지 않은 에너지나 물 등의 물질의 선형적 이동에 대한 분석이 주를 이루고 있다는 한계를 가진다.

이러한 연구들은 도시를 외부로부터 자원·에너지를 유입하여 내부 활동에 이용하고 그 부산물로 폐기물을 배출하는 하나의 유기체로 규정하고 있다. 또한 도

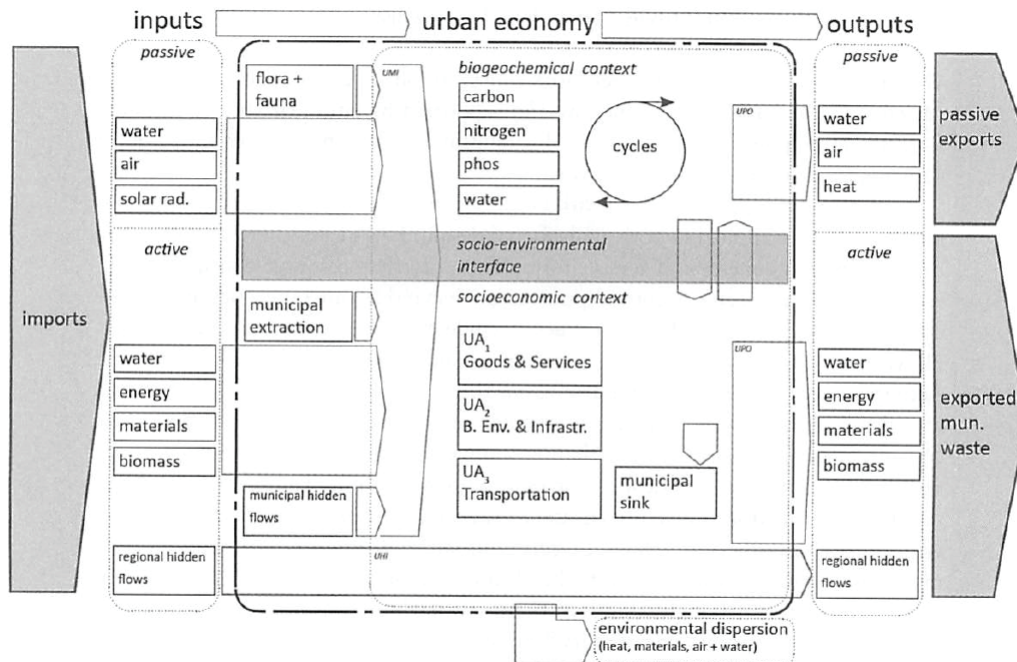
시환경문제를 해결하기 위해서 도시체계의 안정성과 독립성, 다양성을 증진시키고 전문화와 분산화를 유도하는 정책방향이 필요하다고 주장한다. 다시 말해, 자연자원 이용 시 효율을 향상시켜 소비를 최소화하고 자원 재활용을 극대화하는(Kim, *et. al.*, 2008) 방향으로 도시 메타볼리즘이 작용한다면, 현대 사회가 직면한 도시 문제들을 해소할 수 있을 것이다. 이러한 소비 최소화 및 재활용 극대화를 통한 자원의 효율화는 지속가능한 발전³⁾이 추구하는 방향이다.

위 내용을 종합하여 볼 때 도시문제를 해결하기 위해서는 지속가능한 발전을 기반으로 하는 도시 메타볼리즘이 필요하다고 할 수 있다. 따라서 지속가능한 도시 메타볼리즘은 기존의 일방향적 ‘Input-Output 생산-소비’ 체계에서 현재 세대와 미래 세대의 동일한 혜택을 위해 도시에 투입되는 물질(예: 자원과 에너지)에 대한 ‘Input-Output 사용-재사용’으로 구성된 순환체계라고 할 수 있다.

도시 메타볼리즘은 선형(Linear)과 순환형(Circular)

으로 구분하여 설명할 수 있다(Lee & Kim, 2013). 선형 메타볼리즘은 도시 내에 물질이 투입(input)되고 사용된 후에 배출되는 산출물(output)이 재활용되지 않는 구조를 말하며, 순환형 메타볼리즘은 배출된 모든 산출물(output)이 다른 공정에서 투입물(input)로 재사용될 수 있는 구조를 의미한다(Lee & Kim, 2013). 순환형 메타볼리즘의 한 예로서 Ferrão & Fernández(2013)는 폐기물이 재활용 과정에서 다시 이용할 수 있는 영양분(원료)로 변환되는 순환구조를 가지는 산업생태학(Industrial Ecology)을 들고 있다.

이와 더불어 기존에 연구된 도시의 메타볼리즘 연구는 에너지-물질의 흐름과 물질수지 분석 등에서 경제사회적인 영역까지 확장된 개념으로 발전해왔다. Ferrão & Fernández(2013)은 경제·사회·환경적 요소를 포함하는 도시 메타볼리즘 프레임워크를 구축하였다(〈Figure 2〉). 그러나 도시생태와 경제적인 관계에 집중하고 있는 한계가 있으며, 지속가능한 발전의 경제적, 사회적, 환경적인 요소가 분명하게 드러나지 않는다. 요



※ Source: Ferrao & Fernandez(2013).

Figure 2. Urban metabolism framework

3) 지속가능한 발전이란 ‘도시에 있어 지속가능한 발전은 도시가 가지는 경제, 사회, 환경적인 요소가 연속성을 가지고 현재 세대와 미래 세대가 동일한 혜택을 누릴 수 있게 발전하는 것’(Ban, *et. al.*, 2017)이다.

소들 간의 영향 관계를 구축하지 않았기 때문에 도시 안전성에 영향을 미치는 원인을 진단하기가 어려우며, 산출(output)의 재이용/재활용 과정을 포함할 수 없다.

3. 지속가능한 도시 메타볼리즘과 도시 안전성 평가의 관계

우리나라는 유사한 재해가 유사지역에서 반복적으로 발생하는 특징이 있다(Cho, *et. al.*, 2013). 우리나라는 한해평균 7회 정도의 자연재해가 발생하고 있으며, 평균적으로 연간 재산피해가 6,342억원, 인명피해 106명, 복구비 1조 71억원이 소요되고 있으며, 특히 근래에 와서는 국지적인 집중호우, 태풍, 폭설, 가뭄 등 기후변화 현상에 의한 자연재해 등이 다양해지고 있다(Back, *et. al.*, 2009)

도시화로 인해 피해가 대형화 하거나 피해발생 패턴이 변화하고 있다. Lee(2013)의 연구에 의하면 도시의 규모, 도시의 사회구성, 행정 및 재정 기반, 도시 생활 서비스 질적 성장 등의 도시 특성에 의해 도시의 다양한 위기가 긴밀히 영향을 받게 된다. 이러한 추세임에도 우리나라에서 행해지는 도시의 위기관리 연구에서 시민이 접하고 있는 도시의 재난관리 현상에 영향을 주는 요인에 관한 분석은 찾아보기 어렵다(Lee, 2013). 안전한 도시는 도시에서 발생할 수 있는 각종 사고, 재난, 재해 등에 대비하여 이를 예방하는 노력의 과정(Lee, 2005)이다. 기존의 사후처리 방식과 ‘어떤 질환의 환자를 치료하는 데 있어서 원인이 아니고 증세에 대해서만 실시하는 치료법(Kang, 2008)’인 대증요법을 적용해 왔던 기존의 안전도시 해결방식을 사전처리 방식과 직접 처리방식으로 전환해야 한다. 다시 말해, 도시의 안전문제는 도시라는 거대한 유기체 내에서 도시 안전을 구성하는 요소들의 상호 간 직·간접적인 영향 관계를 분명하게 알게 될 때 근본적인 대책을 세울 수 있다.

Ferrão & Fernández(2013)은 기존 도시들의 신진 대사는 다른 지역에서 수입한 물질과 재화, 가공, 에너지와 물질 공급, 수송, 폐기물 발생, 매우 제한적인 재

이용 등 선형 구조로 이루어진다고 하였다. 현재 대부분의 도시들은 자연에서 볼 수 있는 순환형 메타볼리즘 구조가 아닌 선형의 구조를 취하고 있는 불완전한 상태이다(Lee & Kim, 2013). 도시의 이러한 선형의 메타볼리즘 구조로 인해 온실가스의 증가, 자원의 고갈, 산림 황폐화는 물론 자연재해나 범죄, 건강, 환경오염 등의 도시안전문제가 발생한다. 이러한 도시 안전 문제는 피하기 어렵지만 기존의 선형 메타볼리즘 구조를 순환형 구조로 전환하여 피해를 완화시키거나 억제할 수는 있을 것이다. 왜냐하면 본래 순환구조였던 자연계가 도시화로 인해 그 고리가 깨지면서 여러 안전문제가 발생하기 때문이다.

III. 지속가능한 도시 메타볼리즘을 활용한 도시 안전성 평가프레임워크 개발

1. 지속가능한 도시 메타볼리즘을 활용한 도시 안전성 평가 프레임워크의 개발 목적 및 원칙

도시의 안전문제에 대한 원인을 규명하기 위해서는 도시의 선형/선순환 구조를 파악하여 현 상태를 진단할 수 있어야 한다. 특히 도시안전문제를 통합적이고 순환적으로 분석할 수 있는 지속가능한 도시메타볼리즘의 패러다임을 개발하고, 개발된 지속가능한 도시메타볼리즘을 활용하여 도시안전성 평가 프레임워크를 개발할 필요가 있다. 본 연구에서 제안하는 도시 안전성 평가 프레임워크⁴⁾란 선순환을 지향하는 도시 메타볼리즘과 도시의 안전성(평가)과의 관계를 명확하게 설명하기 위한 개념을 구조화한 것이다. 지속가능한 도시 메타볼리즘을 활용한 도시 안전성 평가프레임워크는 지속가능한 개발의 구성요소인 경제·사회·환경적 인자들을 고려하여 도시의 안전성을 평가한다. 도시안전성 평가 프레임워크의 구체적인 개발 이유는 다음과 같다. 첫째, 도시 메타볼리즘이라는 생소한 용어에 대한 이해를 돕기 위해서이다. 둘째, 다학제적 특성이 있는 연구의 방향성을 일정하게 유지하기 위해서이다. 셋째, 도시안

4) Kim & Kim(2012)은 프레임워크(Framework)를 ‘어떠한 목적을 가지고 무엇을 만들기 위한 틀의 행위(Kim & Kim, 2012)로 정의하였다.

전과 도시 메타볼리즘의 관계를 시각적으로 표현하여 분석결과와 인과관계를 명확하게 하기 위해서이다.

이러한 목적을 달성하기 위해 지속가능한 도시 메타볼리즘을 이용한 도시의 안전성 평가 프레임워크 개발 시 적용할 수 있는 5가지 원칙을 수립하였다.

1) 지속가능한 개발 구성요소가 적용되어야 함

도시의 메타볼리즘에 지속가능한 개발의 구성요소인 경제·사회·환경에 대한 인자를 적용하여 지속가능한 개발 평가가 가능한 메타볼리즘의 구조를 형성하여야 한다.

2) 경제·사회·환경의 요소 간 관계 파악이 가능해야 함

지속가능한 개발의 구성요소인 경제·사회·환경 간의 관계, 세부 요소 간의 관계를 파악하여 도시의 유기체적 관점에서 지속가능한 개발 현황에 따른 도시 안전성 평가가 가능해야 한다.

3) 지속가능한 도시 메타볼리즘과 도시안전을 네트워크화 함

지속가능한 도시 메타볼리즘 구성요소 간의 관계, 지속가능한 도시 메타볼리즘과 도시안전문제와의 관계 등을 네트워크화 하여 도시의 안전성에 영향을 미치는 원인이나 요소가 무엇인지를 파악할 수 있게 해야 한다.

4) 지속가능한 개발에 영향을 주는 외부요인을 고려한 평가프레임워크를 개발함

도시의 지속가능한 메타볼리즘에 직·간접적으로 영향을 주는 도시계획, 도시정책, 또는 거버넌스 등의 외부요인을 고려하여 도시의 안전성을 다각도로 파악할 수 있도록 해야 한다.

5) 도시의 안전성에 대한 평가를 최종 결과물로 하는 평가프레임워크를 개발함

도시의 지속가능한 메타볼리즘 기반 도시의 안전성 평가프레임워크는 지속가능한 개발의 구성요소와 외부요인을 종합적으로 고려한 유기체적 도시의 시스템을 전제해야 한다. 이러한 도시안전성 평가 프레임워크는 도시 안전문제의 통합성을 고려하여 도시의 경제, 사회, 환경부문과 도시 안전문제의 상호 인과관계를 파악하여 도시 안전문제를 근본적으로 해결할 수 있는 기반이 되어 한다.

2. 지속가능한 도시 메타볼리즘과 도시 안전성 평가프레임워크 구조

지속가능한 도시 메타볼리즘을 활용한 도시의 안전성 평가프레임워크 구조는 <Figure 3>과 같다. 먼저 도시 메타볼리즘 내의 경제, 사회, 환경적 요소와 작용하는 투입(Input 1)과 산출(Output1)이 있다. 산출(Output1)은 도시 안전성에도 영향을 미치며, 순환 메타볼리즘에 의

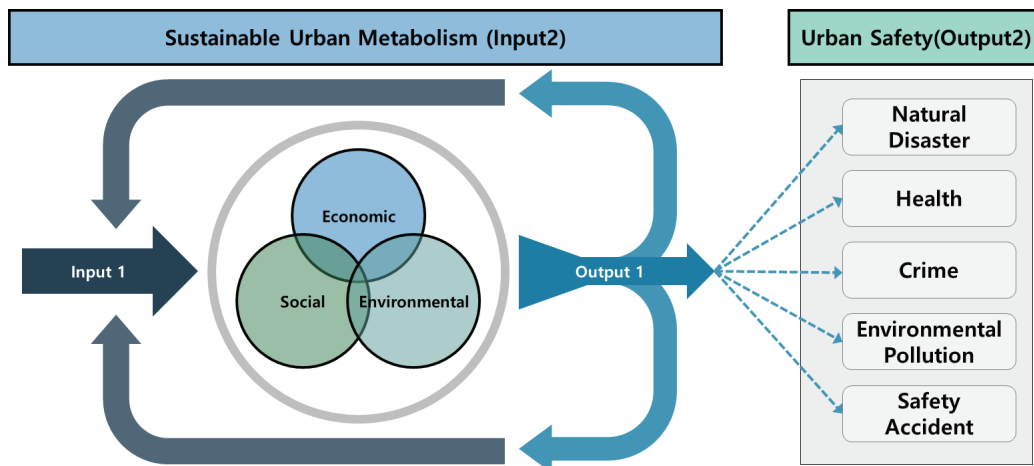


Figure 3. Structure to assess the urban safety using sustainable urban metabolism

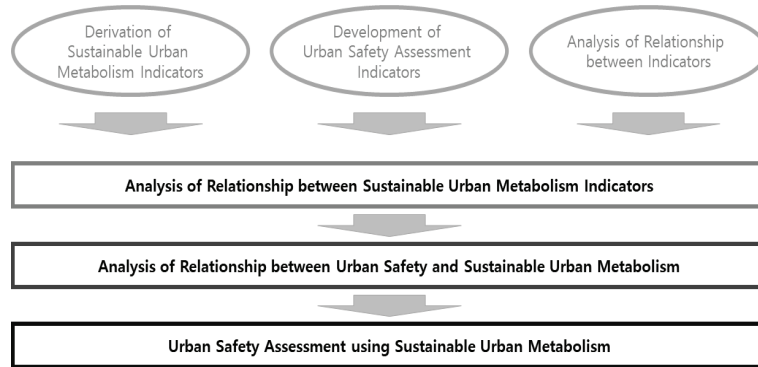


Figure 4. Assessment process of urban safety using sustainable urban metabolism

해 일부 투입(Input1)로 재이용/재활용 된다. 또한 도시 지속가능성/비지속가능성 또는 선형/순환형에 의해 도시 안전에 대한 여러 요소들이 영향을 받는 관계에 의하여 거시적인 관점에서 도시 메타볼리즘을 Input2, 도시 안전성을 (Output2)로 설정하였다.

3. 지속가능한 도시 메타볼리즘을 활용한 도시의 안전성 평가 프로세스

도시의 지속가능한 메타볼리즘을 활용한 도시의 안전성 평가는 도시의 지속가능한 메타볼리즘의 관계 분석, 도시의 지속가능한 메타볼리즘과 도시의 안전성과의 관계 분석, 도시의 안전성 평가 등 3단계로 진행된다 (Figure 4)).

4. 지속가능한 도시 메타볼리즘을 활용한 도시의 안전성 평가프레임워크

본 연구는 지속가능한 개발 관점에서 이를 재구성하

여 도시 메타볼리즘을 경제, 사회, 환경 세 가지 영역으로 구분한다(Figure 5)). 기본적인 형태는 지속가능한 개발의 경제적 발전, 사회적 발전, 환경 보호라는 세 개의 부문을 바탕으로 하여 경제적 시스템, 사회적 시스템, 환경적 시스템으로 구성하고 있고, 이에 영향을 미치는 외부요인을 추가하였다.

이러한 과정을 거쳐 도시의 지속가능한 메타볼리즘을 활용한 도시의 안전성평가 프레임워크를 다음(Figure 6)과 같이 도출하였다. 도시의 지속가능한 메타볼리즘은 크게 사회·경제시스템, 환경시스템으로 구성되며, 이 시스템들에 영향을 미치는 외부요인이 추가된다. 사회·경제시스템은 도시 내부에서 발생하는 경제·사회적 과정과 의사결정 전반에 대한 내용을 다루며, 환경시스템은 도시공간의 변화에 대한 내용으로 구성된다. 이 두 개 시스템 사이의 네트워크 분석을 통해 영향 관계를 파악하고, 각각의 외부요인을 함께 분석하여 종합적인 메타볼리즘을 구축할 수 있다. 도시의

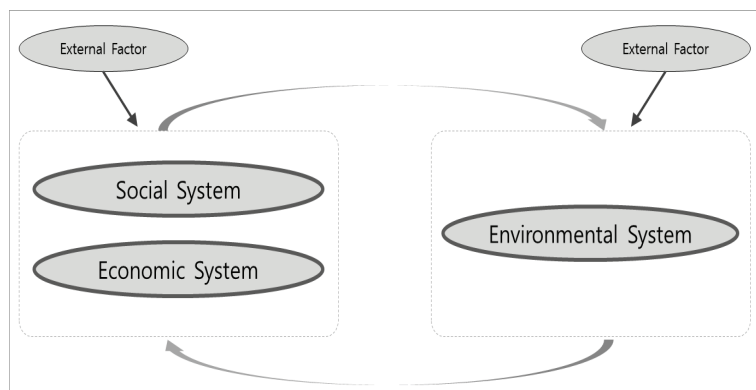


Figure 5. Structure of sustainable urban metabolism

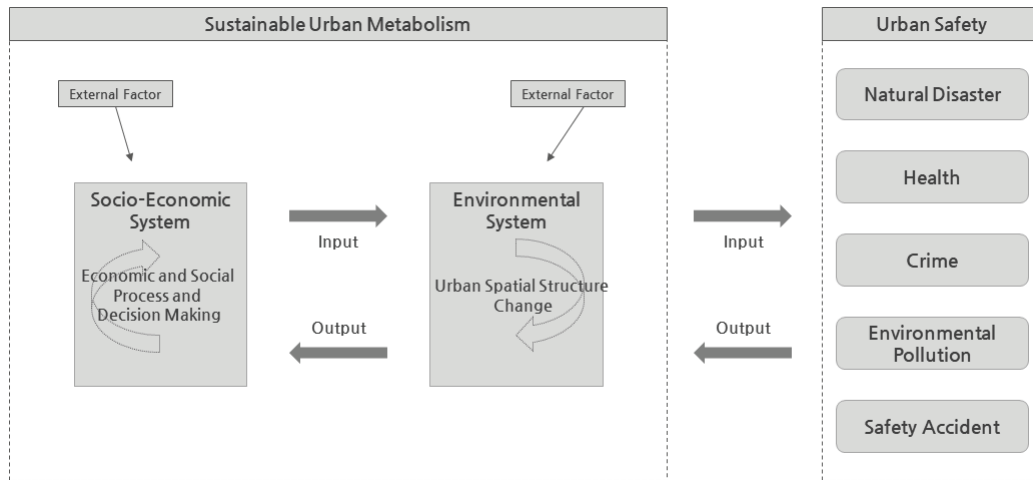


Figure 6. Framework to assess the urban safety using sustainable urban metabolism

안전성은 도시의 지속가능한 메타볼리즘을 통해 자연 재해, 건강, 범죄, 환경오염, 안전사고 등과 같은 부문에서 안전성을 평가할 수 있으며, 도시의 지속가능한 메타볼리즘 분석에 의한 결과물이라고 할 수 있다. 도시의 지속가능한 메타볼리즘과 도시의 안전성과의 관계는 각각의 구성요소에 대한 네트워크 분석을 통한 인과관계를 파악하여 구축할 수 있다. 또한, 도시의 안전이 도시의 공간구조에 영향을 미치는 순환적 관계를 고려할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서 제시하는 프레임워크의 결과물은 도시의 안전성 평가결과이나 두 개의 영역 사이의 순환 관계를 추가적으로 고려하도록 하는 구조를 제시하게 되었다.

6. 지속가능한 도시 메타볼리즘을 이용한 도시 안전성 평가 프레임워크별 구성요소

지속가능한 개발의 구성요소인 경제·사회·환경 시스템과 이에 영향을 미치는 외적요인을 추가하여 다음 <Table 1>과 같은 프레임워크별 구성요소를 도출하였다.

도시 메타볼리즘의 대분류는 경제·사회 시스템의 경우 토지이용, 이동성/접근성, 사회, 웰빙 등으로 구성되며, 환경 시스템의 경우 에너지, 기후, 온열환경,

물, 온실가스 등으로 구분되고, 외부요인은 도시계획 및 거버넌스 등으로 설정하였다.

지속가능한 도시 메타볼리즘을 이용하여 도시의 안전성을 평가하는 세부 항목은 건강, 범죄, 환경오염, 자연재해, 안전사고 등으로 구분된다. 건강의 경우, 사망률, 저체중 출생아 비율, 우울증, 고혈압, 당뇨, 신체비활동, 주관적 건강수준 인지율, 흡연, 음주, 비만, 자살률, 위생 및 보건 등으로 세부 분류된다. 범죄의 경우, 폭력범죄발생률, 살인범죄율, 범죄피해 두려움 지수, 밤거리 위험도, 파출소와의 거리, CCTV 설치 밀도 등으로 분류된다. 환경오염의 경우, 수질오염, 대기오염, 온실가스, 열섬현상 등에 대한 노출 인구, 종다양성, 오존파괴물질소비량지수, 질소산화물 및 황산화물 배출량, 도시폐기물 배출량, 폐기물 재활용률 등으로 구분된다. 자연재해의 경우, 홍수, 폭설, 폭염 등으로 인한 인명피해(사망자수 등), 자연재해로 인한 경제적 손실, 자연재해 복구비용 등으로 구분된다. 안전사고의 경우, 부문별 안전사고 사망자 수, 안전사고 피해액, 안전사고 의료이용, 안전의식 및 행태 등으로 구분된다. 이러한 세부 구성요소는 향후 지속가능 도시메타볼리즘 세부구성요소와 네트워크 분석을 통해 직접적 또는 간접적인 인과관계를 규명할 수 있다.

Table 1. Components of an urban safety assessment framework using sustainable urban metabolism

Category	Subcategory	Indicators	
Socioeconomic System	Land Use	New Urbanized Areas, Brownfields Re-used, Density of Development, Level of Infrastructure Development, Colonized Land, Crop Diversity, Population Density, Behavioral and Housing Factors	
	Mobility Accessibility	Quality of Pedestrian, Length of Cycle-ways Provided, Length of New Roads Provided, Percentage of Use of Public Transport, Number of Inhabitants with Access to Public Transport, and Integration(space syntax)	
	Society	GDP, Population, Number of Inhabitants with Access to Services, Number of Inhabitants with Access to Social Housing, Working Time, and Time for leisure and education	
	Well-being	Number of Inhabitants Affected by Flash Flooding, Number of Inhabitants Affected by Heat Waves, and Living Standards in Poor Localities	
Sustainable Urban Metabolism	Energy	Energy Consumption by Cooling/Heating, Anthropogenic Heat, Bowen Ratio, and Percentage of Energy from Renewable Sources	
	Climate	Precipitation, Snowfall, Temperature, Humidity, Wind Speed, and Average Temperature	
	Environmental System	Thermal Environment	Thermal Comfort Index (cooling power), Air temperature, Number of Days Above Air Temperature Threshold
		Water	Water Consumption, Evapotranspiration, Infiltration, Surface Run-off, Potential Flood Risk, Drainage Area, Hydrological Cycle, Garden Irrigation, Water Treatment Technology, and Proliferation of Swimming Pools
	GHG	Emissions, Air quality, Concentrations, Exceedances, and Potential Population Exposure	
External Factors	Urban Planning	Use District, Floor Area Ratio, Building Coverage Ratio, Urban Infrastructure, Development Restriction Area	
	Governance	Awareness, Experience, Education and Learning, Socialization Process, Level of Local Governance, Trust, Participation, Network, and Social Tolerance	
Urban Safety	Health	Mortality, Low Birth Weight, Depression, Hypertension, Diabetes, Body Inactivity, Subjective Health Level Perception, Smoking, Drinking, Obesity, Suicide, Hygiene and Health	
	Crime	Violent Rate, Murder Rate, Fear of Crime, Nighttime Risk, Distance from Police Box, and CCTV Density	
	Environmental Pollution	Natural Diaster	Flood, Heavy Snow, Heat, Earthquake, and Recovery Costs
		Safety Accident	The Number of Deaths of Safety Accidents, The Amount of Safety Accidents, Use of Safety Accidents, and Safety Consciousness and Behavior

IV. 결론

본 연구는 도시안전문제를 순환적이고 통합적으로 분석할 수 있는 지속가능 도시메타볼리즘 패러다임을 개발하고, 개발된 지속가능한 도시메타볼리즘 패러다임을 이용한 도시안전성 평가 프레임워크를 개발하였다. 개발된 도시안전성 평가 프레임워크는 크게 지속가능한 도시메타볼리즘과 도시안전성으로 구성되었다. 지속가능한 도시메타볼리즘은 사회경제시스템과 환경시스템의 두 가지 범주로 구성된 반면, 환경시스템은

자연재해, 건강, 범죄, 환경오염, 안전사고 등의 다섯 가지 범주로 구성되었다. 각각의 범주는 구체적인 구성요소들로 구성되었다. 이들 구성요소들은 향후 도시의 닫힌 계 내에서 도시안전성을 평가하는 과정에서 각각의 요소 간에 인과관계를 파악하는데 사용될 것이다.

본 연구는 안전 현황에 대한 좁은 범위의 평가라는 기존 논의의 틀을 넘어, 도시안전의 관계에 있어 도시의 종합적인 면을 고려한 면에서 학술적인 의의를 가진다. 특히 도시의 안전문제를 진단함에 있어 지속가능성을 고려했다는 면에서 기존 연구들과 차별성을 가진다.

이러한 이론적 의미 이외에, 본 연구는 빈번하게 발생하는 도시의 안전 문제의 해결방안을 종합적으로 도모하기 위해 우선적으로 고려해야할 안전 분야를 판단할 수 있는 객관적인 근거를 제공할 수 있다는 측면에서 실용적 가치를 지닌다.

본 연구에서 소개된 지속가능한 도시메타볼리즘을 활용한 도시의 안전성 평가 프레임워크는 구성요소에 대한 거시적인 관계를 제안하고 있다. 도시 안전성을 평가하기 위한 세부적인 구성요소 및 구성요소 사이의 관계를 규명할 필요가 있으며, 구체적으로는 다음과 같다.

첫째, 도시의 지속가능한 메타볼리즘과 도시의 안전성 별 세부 구성요소에 대한 타당성 분석이 필요하다. 본 연구에서 제시된 구성요소의 데이터 구축 가능성, 지표의 적합성 등을 관련 전문가 설문조사 등을 통해 평가하여 우선순위를 결정할 수 있다.

둘째, 구성요소들의 네트워크 분석을 통해 표준화된 지속가능한 도시 메타볼리즘의 모델을 구축하고, 지표 별 해당 도시 고유의 데이터를 적용할 수 있도록 하는 방안이 필요하다. 이를 위해 도시의 안전성 평가 프레임워크에 도시 특성과 요건을 반영할 수 있는 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것이다.

셋째, 시범적용을 통하여 지속가능한 개발의 개념을 적용한 도시의 메타볼리즘과 도시의 안전성평가 모델의 구체적 표준화 방안을 검증하고, 향후 글로벌 표준화를 통해 해외 도시에 적용할 수 있는 평가방안을 개발할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2016S1A5B6 914198).

References

Back, Min Ho, Ho Joon Shin, Ji Hyang Lee, and Han Suk Jo. 2009.

Study on the measures for building and invigorating the disaster prevention village. National Emergency Management Agency.

Ban, Yong Un, Yu Mi Kim, Na Eun Hong, Kyung Min Han, and Jong In Baek. 2017. Implementation Measures for Sustainable Smart City. *Journal of the Korean Regional Science Association.* 33(1): 45-57.

Brambilla, G., V. Abate, G. Battacone, De Filippis, S. P., M. Esposito, V. Esposito, and R. Miniero. 2016. Potential Impact on Food Safety and Food Security from Persistent Organic Pollutants in Top Soil Improvers on Mediterranean Pasture. *Science of the Total Environment.* 543: 581-590.

Cho, Han Sug, Ho Joon Shin, and Min Ho Baek. 2013. A Study on the Establishment and Revitalization Measures of International Safe Community: Based on Samcheok in Gangwon-do. *Journal of The Korean Society of Disaster Information.* 9(3): 339-346.

Cho, Sung Je and Dong Hyo Han. 2017. Tasks to Legislate the Women-Friendly Safety City Ordinance. *The Journal of Law.* 25(2): 197-217.

Choi, Choong Ik. 2010. Does Urbanization Indeed Increase Disaster Damages? -Lessons from Gyeonggi Province, South Korea. *Journal of Environmental Policy.* 9(3): 3-27.

Chrysoulakis, N., de Castro, E. A., and Moors, E. J. 2014. *Understanding Urban Metabolism: a Tool for Urban Planning.* Routledge.

Codoban, N., and C. A. Kennedy. 2008. Metabolism of Neighborhoods. *Journal of Urban Planning and Development.* 134(1): 21-31.

Ding, X., X. Yang, H. Hu, and Z. Liu. 2017. The Safety Management of Urban Rail Transit based on Operation Fault Log. *Safety Science.* 94: 10-16.

Douglas, O., M. Lennon, and M. Scott. 2017. Green Space Benefits for Health and Well-being: A Life-course Approach for Urban Planning, Design and Management. *Cities.* 66: 53-62.

Ferrão, P. and J. E. Fernández. 2013. *Sustainable Urban Metabolism.* MIT press.

Foster, S., P. Hooper, M. Knuiman, F. Bull, and B. Giles-Corti. 2016. Are Liveable Neighbourhoods Safer Neighbourhoods? Testing the Rhetoric on New Urbanism and Safety from Crime in Perth, Western Australia. *Social Science and*

- Medicine*. 164: 150-157.
- Ghani, Z. A. 2017. A Comparative Study of Urban Crime between Malaysia and Nigeria. *Journal of Urban Management*. 6(1): 19-29.
- Heo, Kang Moo. 2014. Several Issues with Urban Planning and Development Related Legislation as Seen from the Perspective of Environmental Justice. *Environmental Law Review*. 36(2): 89-112.
- Hong, Sung Woon, Jung Min Park, and Jin Gyu Choi. 2016. A Study on the Perception of Institutional Environment in the Fire Safety Management: Focused on Fire-fighting Officers and Fire Safety Managers in Chonnam Province. *Crisisonomy*. 12(3): 33-52.
- Huang, J. K. and B. W. PENG. 2015. Consumers' Perceptions on GM Food Safety in Urban China. *Journal of Integrative Agriculture*. 14(11): 2391-2400.
- Jeon, Dae Uk. 2013. *A Study on the Roles and Responsive Systems of Korean Local Authorities toward Securing Loving Safety: Focusing on 4 Major Social Hazards*. Korea Research Institute for Local Administration.
- Jeon, Young Ok. 2017. A Study on the Role of Service Design in Creating Resident-driven Safe Community. *Journal of Digital Convergence*. 15(6): 407-414.
- Jiang, B., C. M. S. Mak, L. Larsen, and H. Zhong. 2017. Minimizing the Gender Difference in Perceived Safety: Comparing the Effects of Urban Back Alley Interventions. *Journal of Environmental Psychology*. 51: 117-131.
- Kang, Chang Hyun and Soon Young Moon. 2017. Analysis of Trends and Issues in Researches of Safety Communities in South Korea : Focused on the 2006-2016 Journal Articles. *Journal of Social Science*. 56(1): 119-156.
- Kang, Hyun Ho. 2008. Legal Aspects in Relation to the Construction of the New Town. *Public Land Law Review*. 41: 23-54.
- Kennedy, C., J. Cuddihy, and J. Engel-Yan. 2007. The Changing Metabolism of Cities. *Journal of Industrial Ecology*. 11(2): 43-59.
- Kim, Chan Soo and Kwang Il Kim. 2012. A Study on Visual Simulation from Independent Framework. *Journal of Korea Illustrators Association*. 32: 79-88.
- Kim, Eun Jung and Min Gyu Kang. 2011. Effects of Built Environmental Factors on Obesity and Self-reported Health Status in Seoul Metropolitan Area Using Spatial Regression Model. *The Korea Spatial Planning Review*. 68: 85-98.
- Kim, Hak Sil and Ju Ho Lee. 2012. Searching for the Role of Social Enterprise in Creating Women-friendly Safety City: Focused on AHP of Safety City Design. *Crisisonomy*. 8(3): 85-104.
- Kim, Jong Kon, Ki Hong Lee, Kyoung HaK Hyun, Ha Jin Hwang, Jeong Ik Oh, Joo Ho Rhim, Ji Eun Lee, and Jeong Eun Choi. 2010. *Development of a "Low Carbon, Green City" Model and Its Application to a Pilot Project*. Land & Housing Institute.
- Kim, Seul Yea, Mi Eun Kim, Chang Hyun Kim, and Sang Eun Lee. 2017. Study on Urban Policies toward the Effective Disaster Prevention. *Journal of the Korean of Safety*. 32(2): 124-131.
- Kim, Tae Yong. 2017. Massive Natural Disaster Situations and the Design of Disaster Prevention as the Measure in South Korea. *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*. 19(1): 329-336.
- Kim, Young Mi. 2017. Changes and Strategies of the Government Service Paradigm through Using Big Data: Focused on Disaster Safety Management in Seoul City. *Journal of Digital Convergence*. 15(2): 59-65.
- Lee, Chang Kil. 2013. The Changes and Development Strategies in Urban Crisis Management. *Crisisonomy*. 9(4): 117-136.
- Lee, Dong Gi. 2005. Association Differences between Name and Site of Urban Disaster Accidents. *The Korean Journal of Local Government Studies*. 9(1): 129-143.
- Lee, Jin Soo. 2013. *A legal systems for building Safety city of response of climate change and disaster*. Korea Legislation Research Institute.
- Lee, Jin Yong and Min Ho Koo. 2007. A Review of Effects of Land Development and Urbanization on Groundwater Environment. *Journal of the Geological Society of Korea*. 43(4): 517-528.
- Lee, Sung Hee and Jong Kon Kim. 2013. A Study on the Direction of Urban Planning for Coping with Climate Change: Focusing on Urban Metabolism. *Journal of Climate Change*

- Research*. 4(3): 279-290.
- Lehna, C., J. Merrell, S. Furmanek, and S. Twyman. 2017. Home Fire Safety Intervention Pilot with Urban Older Adults Living in Wales. *Burns*. 43(1): 69-75.
- Lei, K., L. Liu, and I. Lou. 2018. An Evaluation of the Urban Metabolism of Macao from 2003 to 2013. *Resources, Conservation and Recycling*. 128: 479-488.
- Leveson, N., N. Dulac, K. Marais, and J. Carroll. 2009. Moving beyond Normal Accidents and High Reliability Organizations: A Systems Approach to Safety in Complex Systems. *Organization studies*. 30(2-3): 227-249.
- Mahdi, A., A. Hosseini, A. Pourahmad, and H. Hataminejad. 2016. Analysis of Effective Environmental Factors an Urban Health: A Case Study of Qom, Iran. *Habitat International*. 55: 89-99.
- Martijin Neef. 2015. *Best Practice Enhancers for Security in Urban Regions*. Europe Union.
- Mohan, D., S. I. Bangdiwala, and A. Villaveces. 2017. Urban Street Structure and Traffic Safety. *Journal of Safety Research*. 62: 63-71.
- Mostafavi, N., H. R. Shojaei, A. Beheshtian, and S. Hoque. 2018. Residential Water Consumption Modeling in the Integrated Urban Metabolism Analysis Tool (IUMAT). *Resources, Conservation and Recycling*. 131: 64-74.
- Murphy, B., D. M. Levinson, and A. Owen. 2017. Evaluating the Safety In Numbers Effect for Pedestrians at Urban Intersections. *Accident Analysis & Prevention*. 106: 181-190.
- National Institute of the Korean Language, *Standard Korean Language Dictionary*.
- Oh, Sei Youen, and Won Bae Park. 2017. A Study of Crime Prevention Measures in Sejong-City through Analyzing the Regional Characteristic and Crime Occurrence. *Korean Police Studies Review*. 16(1): 97-122.
- Omar, Y. Y., A. Parker, J. A. Smith, and S. J. Pollard. 2017. Risk Management for Drinking Water Safety in Low and Middle Income Countries-cultural Influences on Water Safety Plan (WSP) Implementation in Urban Water Utilities. *Science of the Total Environment*. 576: 895-906.
- Park, Hyeon Ho and Young Jea Kim. 2008. The Strategy and Prospects of CPTED for Sustainable Urban Development. *Korean Security Science Review*. 17: 173-193.
- Park, Kyung Hun and Ji Hye Byeon. 2012. Effects of the Physical Environment around Elementary Schools on Children's Walking Safety: A Case Study of the Elementary Schools in Changwon. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 15(2): 150-160.
- Park, Seong Su. 2015. Gumi City Crime Characteristic Analysis and Countermeasures. *Korean Police Studies Review*. 14(2): 91-118.
- Pincetl, S., P. Bunje, and T. Holmes. 2012. An Expanded Urban Metabolism Method: Toward a Systems Approach for Assessing Urban Energy Processes and Causes. *Landscape and Urban Planning*. 107(3): 193-202.
- Ryu, Ji Hyeob, Hyun Jong Sung, and Youl Kim. 2014. A Study on the Major Factors Causing the Sediment Disasters by Case Analysis. *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*. 14(6): 151-157.
- Seo, Jae Ho. 2017. Mapping for Safety Management: Characteristics of Spatial Safety Information and Safety Map. *Crisisonomy*. 13(2): 67-88.
- Seoul Metropolitan Government. 2014. *Seoul Metropolitan City Safety Management Basic Plan*. Seoul Metropolitan Government.
- Sung, Hyun Gun. 2011. A Study on the Impacts of Residential Neighborhood Built Environment on Personal Health Indicators: Focused on the Planning Elements of Transit-Oriented Development. *Journal of Korea Planning Association*. 46(3): 235-251.
- Tarr, J. A. 2002. The Metabolism of the Industrial City: The Case of Pittsburgh. *Journal of Urban History*. 28(5): 511-545.
- Theofilatos, A., G. Yannis, E. I. Vlahogianni, and J. C. Golias. 2017. Modelling the Effect of Traffic Regimes on Safety of Urban Arterials: The Case Study of Athens. *Journal of Traffic and Transportation Engineering(English Edition)*. 4(3): 240-251.
- Trim, P. R. 2004. An Integrative Approach to Disaster Management and Planning. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*. 13(3): 218-225.
- UN-HABITAT. 2007. Enhancing Urban Safety and Security; Global Report on Human Settlements 2007. *UN Habitat*.
- Wolman, A. 1965. The Metabolism of Cities. *Scientific American*.

- 213(3): 178-193.
- Yeom, In Sup. 2012. *Development and Application of Planning Elements of Low Carbon City to Housing Types*. Daejeon Development Institute.
- Yoo, Seung Hyun. 2015. Health Promotion Approaches and Directions for Urban Health: A Qualitative Study on Research Trends and Healthy Cities Cases in Seoul. *Health and Social Science*. 40: 29-55.
- Zhang, H., S. Wang, J. Hao, X. Wang, S. Wang, F. Chai, and M. Li. 2016. Air Pollution and Control Action in Beijing. *Journal of Cleaner Production*. 112: 1519-1527.
- Zhang, Y. and Z. Yang. 2007. Eco-efficiency of Urban Material Metabolism: A Case Study in Shenzhen, China. *Acta Ecologica Sinica*. 27(8): 3124-3131.
- Zhang, Y., Q. Wu, and B. D. Fath. 2018. Review of Spatial Analysis of Urban Carbon Metabolism. *Ecological Modelling*. 371: 18-24.
- Zhao, M. and X. Liu. 2016. Regional Risk Assessment for Urban Major Hazards based on GIS Geoprocessing to Improve Public Safety. *Safety science*. 87: 18-24.
- Korean References Translated from the English*
- 강창현, 문순영. 2017. 국내 안전도시 연구동향과 쟁점. *사회과학연구*. 56(1): 119-156.
- 강현호. 2008. 뉴타운 건설과 관련된 법적 쟁점. *토지공법연구*. 41: 23-54.
- 김슬예, 김미은, 김창현, 이상은. 2017. 실효성 있는 재해예방형 도시계획을 위한 개선방향 고찰. *한국안전학회지 (구 산업안전학회지)*. 32(2): 124-131.
- 김영미. 2017. 빅데이터활용을 통한 정부서비스 패러다임의 변화와 전략. 서울시 재난안전관리를 중심으로. *디지털융복합연구*. 15(2): 59-65.
- 김은정, 강민규. 2011. 공간회귀모형을 활용한 도시환경이 지역사회 비만도와 자가건강도에 미치는 영향 분석. *국토연구*. 85-98.
- 김정곤, 이기홍, 현경학, 황하진, 오정익, 임주호, 이지은, 최정은. 2010. 저탄소 녹색도시 모델개발 및 시범도시 구상. *토지주택연구원*.
- 김찬수, 김광일. 2012. 주체적 프레임워크에 의한 시각적 시물라시옹 연구. *일러스트레이션 포럼*. 32: 79-88.
- 김태용. 2017. 국내 대규모 자연재해상황과 그 대책으로서의 방재설계. *대한건축학회연합논문집*. 19(1): 329-336.
- 김학실, 이주호. 2012. 여성친화적 안전도시 조성과정에서 사회적기업의 역할 모색: 안전도시 설계 영역에 대한 AHP 분석을 중심으로. *Crisisonomy*. 8(3): 85-104.
- 류지협, 성현중, 김열. 2014. 토사재해 사례분석에 의한 주요 유발요인 연구. *한국방재학회 논문집*. 14(6): 151-157.
- 박경훈, 변지혜. 2012. 초등학교 주변 물리적 환경이 보행안전에 미치는 영향: 창원시 초등학교를 대상으로. *한국지리정보학회지*. 15(2): 150-160.
- 박성수. 2015. 구미시의 범죄발생 특성분석 및 대책. *한국경찰연구*. 14(2): 91-118.
- 박현호, 김영제. 2008. 지속가능한 (Sustainable) 도시발전을 위한 방범환경설계 (CPTED) 의 전략과 향후 과제. *한국경호경비학회지*. 17: 173-193.
- 반영운, 김유미, 홍나은, 한경민, 백종인. 2017. 지속가능한 스마트 도시 추진방안. *지역연구*. 33(1): 45-57.
- 백민호, 신호준, 이지향, 조한숙. 2009. 방재마을 구축 및 활성화 방안에 관한 연구. *소방방재청*.
- 서울특별시. 2014. 서울특별시 안전관리 기본계획. 서울특별시.
- 서재호. 2017. 지도(Mapping)를 활용한 안전관리 접근에 대한 연구: 공간안전정보의 요소와 안전지도의 특징. *Crisisonomy*. 13(2): 67-88.
- 성현곤. 2011. 주거지 근린환경이 개인의 건강에 미치는 영향에 관한 연구. *국토계획*. 46(3): 235-251.
- 염인섭. 2002. 주거지 유형별 저탄소 도시관리 계획기법의 평가 지표 개발 및 활용방안. *대전발전연구원*.
- 오세연, 광영길. 2017. 안전도시 구축을 위한 세종특별자치시의 외국인 범죄 대책방안에 관한 연구. *한국자치행정학보*. 31(2): 219-240.
- 유승현. 2015. 도시건강에 대한 건강증진 접근방향과 과제. *보건과 사회과학*. 40: 29-55.
- 이동기. 2005. 도시 재난사고와 연상도. *지방정부연구*. 9: 129-143.
- 이성희, 김정곤. 2013. 도시 메타볼리즘 중심의 기후변화대응 도시 계획 방향에 관한 연구. *한국기후변화학회지*. 4(3): 279-290.
- 이진수. 2013. 기후변화와 재해에 대응하는 안전도시 구축을 위한 법제도. *한국법제연구원*.
- 이진용, 구민호. 2007. 도시화가 지하수에 미치는 영향 및 도시

- 지역 지하수 문제 고찰. 지질학회지. 43(4): 517-528.
- 이창길. 2013. 도시의 위기관리 변화와 발전전략에 관한 연구: 도시특성 변화가 도시재난에 미치는 영향을 중심으로. Crisisonomy. 9(4): 117-136.
- 전대욱. 2013. 지방자치단체의 생활안전(4대약) 역할 및 대응 시스템 구축방안. 한국지방행정연구.
- 전영욱. 2017. 주민주도형 안전 공동체 구성에 있어 서비스디자인의 역할 탐색. 디지털융복합연구. 15(6): 407-414.
- 조성제, 한동효. 2017. 여성친화적 안전도시 조성을 위한 자치입법의 과제. 법학연구. 25(2): 197-217.
- 조한숙, 신호준, 백민호. 2013. 국제안전도시 구축 및 활성화 방안에 관한 연구: 강원도 삼척시를 중심으로. 한국재난정보학회논문집. 9(3): 339-346.
- 최충익. 2010. 도시화가 자연재해를 늘리는가? -경기도 사례를 중심으로. 환경정책연구. 9(3): 3-27.
- 국립국어원. 표준국어대사전.
- 허강무. 2014. 환경정의 관점에서 본 도시계획, 개발법제의 몇 가지 쟁점. 환경법연구. 36(2): 89-112.
- 홍성운, 박정민, 최진규. 2016. 소방안전관리의 제도적 환경 개선에 대한 인식 연구: 전남 소방공무원과 소방안전관리자를 중심으로. Crisisonomy. 12(3): 33-52.

Received: Apr. 28, 2016 / Revised: May 22, 2018 / Accepted: May 28, 2018

지속가능한 도시 메타볼리즘을 활용한 도시의 안전성 평가프레임워크 개발

국문초록 본 연구의 목적은 도시안전문제를 순환적이고 통합적으로 분석할 수 있는 지속가능 도시메타볼리즘 패러다임을 개발하고, 개발된 지속가능한 도시메타볼리즘 패러다임을 이용한 도시안전성 평가 프레임워크를 개발하는 것이다. 이를 위해 본 연구는 도시안전성, 도시안전성 평가, 지속가능한 발전, 도시메타볼리즘 관련 연구를 고찰하였다. 선행연구를 고찰한 결과 본 연구는 지속가능한 도시메타볼리즘 패러다임을 도출하였고, 도시안전성 평가 프레임워크 개발을 위한 5가지의 원칙을 제시하였고, 제시된 원칙에 근거하여 지속가능한 도시메타볼리즘을 활용한 도시안전성 평가 프레임워크를 개발하였다. 개발된 도시안전성 평가 프레임워크는 크게 지속가능한 도시메타볼리즘과 도시안전성의 두 기둥으로 구성되어 있다. 첫 번째 기둥인 지속가능한 도시메타볼리즘은 사회경제시스템과 환경시스템의 두 가지 범주로 구성된 반면, 두 번째 기둥인 환경시스템은 자연재해, 건강, 범죄, 환경 오염, 안전사고 등의 다섯 가지 범주로 구성되었다. 각각의 범주는 구체적인 구성요소들로 구성되었다. 이들 구성요소들은 향후 도시의 달한 계 내에서 도시안전성을 평가하는 과정에서 각각의 요소 간에 인과관계를 파악하는데 사용될 것이다. 본 연구는 도시 안전성 평가 분야에서 지속가능한 도시 메타볼리즘을 활용한 첫 사례가 될 것이다.

주제어 : 지속가능한 도시 메타볼리즘, 도시안전성 평가 프레임워크, 지속가능발전

-
- Profiles**
- Yong Un Ban** : He received his M.A. from Yonsei University and Ph.D. from University of Pennsylvania. He is a professor of the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests include sustainable development, urban spatial configuration, LID(Low Impact Development), EIP(Eco Industrial Park), climate change, and environmental justice. He has published 78 articles in journals and written 5 co-author books(byubyu@chungbuk.ac.kr).
- Jong In Baek** : He is a PhD candidate in the Dept. of Urban Engineering, Chungbuk National University. His research interests are sustainable development, urban safety, urban health, climate change policy, space syntax, environmental justice (yahoback@nate.com).
- Yu Mi Kim** : She is a PhD candidate in the Dept. of Urban Engineering, Chungbuk National University. Her research interests are urban safety, sustainable development, climate change policy, effect of greenery, governance(printand@nate.com).