회복력 비용지수를 활용한 지역의 재난 회복력에 영향을 미치는 요인 분석

An Analysis of Factors Influencing Regional Resilience to Disaster Using the Resilience Cost Index

최연우* · 홍유정** · 추미진*** · 윤동근****

Choi, Yeon-woo*, Hong, You-jeong**, Choo, Mijin***, and Yoon, Dong Keun****

Abstract

Natural disasters whose scale of damage exceeds the level that regional governments can afford are increasing. As such disasters have increased, the damage to local communities tends to be prolonged. Accordingly, it is important to prevent prolonged disaster damage and secure resilience to ensure quick recovery from the damage. This study analyzed the regional factors that can affect resilience to disaster, quantifying the regional resilience of each sigungu administrative district in Korea that suffered damage from natural disasters during the period 2010-2017 using the resilience cost index (RCI). We investigated the relationship between change in resilience cost index by year and changes in regional factors by year to identify the regions where industrial diversity was secured so as to reduce the exposure of each industry to disaster, budgets for social welfare were increased, and participation in volunteer activities was expanded, all of which tend to improve regional resilience.

Key words : Disaster Resilience, Resilience Cost Index, Damage from Storm and Flood

요 지

자연재난으로 인한 피해가 일련의 지방자치단체가 감당할 수 있는 수준을 넘어서는 재난발생 사례가 증가하고 있다. 또한, 재난의 피해규모가 커짐에 따라 재난으로 인한 지역사회에 발생하는 피해가 장기화되는 경향을 보이고 있다. 이에 따라, 지역사회에 발생한 재난피해의 장기화를 방지하고, 피해로부터 신속하게 복구할 수 있는 회복력을 확보하는 것이 중요해지고 있다. 본 연구는 재난에 대한 지역의 회복력에 영향을 미칠 수 있는 지역의 특성요인을 분석하였다. 2010년부터 2017년까지 발생한 자연재난으로부터 피해를 입은 지역을 대상으로 회복력 비용지수를 활용하여 지역별 회복력을 정량화하였다. 이후, 지역의 특성요인과 회복력 비용지수의 변화량 간의 관계를 분석하여 지역 회복력에 영향을 미칠 수 있는 요인을 도출하였다. 분석결과, 산업적으로는 산업 다양성을 확보하여 재난에 대한 개별 산업의 노출수준을 저감하고, 정책적으로는 사회복지 분야에 집행되는 예산비율을 높이며, 지역사회 차원에서는 지역 내의 자원봉사활동에 대한 참여수준이 높아질수록 지역의 회복력은 높아지는 경향을 보였다.

핵심용어 : 재난회복력, 회복력 비용지수, 풍수해

*정회원, 연세대학교 도시공학과 박사과정(E-mail: tjrrms3@yonsei.ac.kr)

Member, Ph.D. Candidate, Department of Urban Planning and Engineering, Yonsei University

**정회원, 연세대학교 도시공학과 석사과정(E-mail: dbwjd0579@yonsei.ac.kr)

Member, Master Course, Department of Urban Planning and Engineering, Yonsei University

***정회원, 연세대학교 도시공학과 석사과정(E-mail: alwls2599@yonsei.ac.kr)

Member, Master Course, Department of Urban Planning and Engineering, Yonsei University

****교신저자, 정회원, 연세대학교 도시공학과 교수(Tel: +82-2-2123-5893, Fax: +82-2-393-6298, E-mail: dkyoon@yonsei.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Urban Planning and Engineering, Yonsei University

1. 서 론

기후변화로 인하여 심각한 피해를 발생시키는 자연재난의 발생이 잦아지는 등 재난의 규모가 대형화되는 추세를 보이고 있다(Choi, 2014; Park and Song, 2015). 2020년 여름에 발생한 전국적인 집중호우는 총 54일 간 지속되어 전국적인 홍수피해를 발생시켰다(Lee et al., 2020).

기존에 경험했던 재난의 규모를 넘어서는 재난발생이 빈번해짐과 동시에, 재난 발생의 예측 불가능성이 증가함에 따라 재난으로 인한 피해발생을 원천적으로 억제하는 것은 어려워지고 있다. 이는, 발생할 가능성이 높은 재난에 대한 선제적인 예방관리를 통해 피해를 최소화하는 기존의 재난관리 정책만으로는 한계가 존재할 수 있음을 방증한다. 이에 따라, 과거 재난발생 이전단계를 중심으로 시행되는 예방적 재난관리보다는 재난발생 이후단계에서 시행되는 대응 및 사후복구 측면의 재난관리 역량을 강화할 필요성이 높아지고 있다. 즉, 국가 또는 지역의 재난관리 역량을 넘어서는 재난이 발생하더라도 발생된 피해로부터 효율적으로 대응하고, 신속하게 피해를 복구함으로써 원 상태로 빠르게 회복할 수 있는 역량 확보가 중요해지고 있는 것이다.

지역차원의 재난관리 측면에서도 재난으로부터 빠르게 회복하고 복구하는 능력을 의미하는 ‘회복력(Resilience)’ 개념이 중요시되고 있다. 특히, 단순히 재난에 대한 노출 및 취약수준을 개선함으로써 피해발생을 예방하는 방식 외에도, 발생된 피해로부터 신속하게 회복할 수 있는 역량을 확보하는 것도 필요하다는 인식이 확대되고 있다(Kang, 2014; Park and Song, 2015; Lee and Kwon, 2017).

이처럼 재난관리 측면에서 회복력에 대한 중요성이 부각됨에 따라 다양한 연구가 수행되었지만, 재난에 대한 지역의 회복력과 관련된 요인에 관한 탐색연구가 많이 이뤄졌고(Mayunga, 2007; Cutter et al., 2010; Vugrin et al., 2011; Kang, 2014; Yoo et al., 2014; Park and Yoon, 2017), 실제로 그러한 요인이 변화함에 따라서 지역의 회복력이 어떻게 변화(향상 또는 저하)되는지를 실증적으로 분석한 연구는 수행되지 않았다.

이에, 본 연구에서는 국내에서 발생한 풍수해 재난을 중심으로 재난피해 데이터 및 복구소요 예산 데이터를 활용하여 재난에 대한 지역 회복력 수준을 정량화하고, 시계열 분석을 통해 회복력에 영향을 미칠 수 있는 지역별 특성요인을 실증적으로 분석하고자 한다.

2. 선행연구 검토

2.1 회복력(Resilience)

회복력에 관한 용어는 ‘Resilience’라는 용어가 회복탄력성, 복원력, 방재력 등 다양한 용어가 번역되어 사용되고 있지만, 공통적으로 ‘외부 충격을 견디고 흡수하여 회복하는

능력’ 또는 ‘원 상태로 돌아오는 능력’으로 개념화되고 있다.

재난 분야에서는 위의 개념과 유사하게 ‘재난발생으로 인한 피해를 흡수하고 복구할 수 있는 역량’으로 정의되기도 하며(Timmerman, 1981), 지역 차원에서는 ‘재난으로 인한 지역의 피해영향을 최소화하고 손상된 지역을 복구하는데 필요한 노력을 최소화하는 지역의 역량’으로 정의된 바가 있다(Vugrin et al., 2011).

회복력은 ‘4R (Robustness, Redundancy, Resourcefulness, Rapidity)’로 구성되며(Bruneau et al., 2003; O’Rourke, 2007), 구체적으로 일련의 시스템 또는 지역이 외부의 충격(재난)을 흡수하고 견딜 수 있는 역량을 의미하는 내구성(Robustness)과 외부충격으로 인한 일부 시스템의 작동이 어려울 시, 대체할 수 있는 역량을 의미하는 가외성(Redundancy), 피해 복구를 위한 자원을 가용할 수 있는 역량을 의미하는 자원부존성(Resourcefulness)과 피해 장기화를 막을 수 있는 신속한 복구역량을 의미하는 신속성(Rapidity)으로 구성된다.

단, 위에서 정의되는 회복력 및 구성요소에 관한 개념은 일련의 단일 시스템을 대상으로 적용되고 있어, 지역사회회복력에 적용하기 위해서는 지역 측면의 개념으로 재정의할 필요가 있다. 더욱이, 지역 차원의 회복력은 사회·경제 등 지역사회 전반에 걸쳐 광범위하게 적용될 수 있어, 어떠한 관점에서 회복력을 정의하느냐에 따라 지역의 재난 회복력은 다양하게 정의될 수 있다.

이와 관련하여, Park (2016)의 연구에서는 지역사회의 회복력을 ‘도시공간 또는 도시시스템이 자연재난으로 인한 피해를 입었을 때 그 피해를 최소화하기 위해 피해 흡수능력을 강화하고, 효율적인 사후 복구를 가능케 하는 지역의 능력’으로 정의하였다. 이에 더해, Kang (2014)의 연구에서는 ‘자연재난 발생 시 지역사회 시스템의 성능 감소를 최소화함과 동시에 정상적 상황에서의 시스템 성능수준으로 신속하게 회복할 수 있는 커뮤니티의 능력’으로 정의하기도 하였다. 이는, 회복력이 높은 지역사회는 재난발생으로 인한 피해로부터 빠르게 회복할 수 있을 뿐만 아니라 재난이 발생하더라도 지역사회의 전반적인 기능이 상대적으로 덜 저하될 수 있음을 의미한다.

O’Rourke (2007)의 연구에서는 지역사회 회복력을 사회적, 경제적, 제도적 측면을 중심으로 개념화하기도 하였다. 사회적 회복력은 취약성(Vulnerability)을 고려하여 사회적으로 취약한 계층 및 지역주민의 대피, 구조, 지원 등에 관한 지역사회역량으로 정의하고, 경제적 회복력은 경제적 다양성을 바탕으로 재난 발생 시 재정적으로 회복할 수 있는 역량 및 자원대체 역량으로 정의하였으며, 제도적 회복력은 재난관리 계획, 정책 등에 기반하여 재난에 대응하여 복구하는 조직의 역량으로 정의하였다.

2.2 회복력 관련 영향요인

지역의 재난 회복력에 영향을 미치는 요인을 분석한 연구

에서는 공통적으로 재난에 대한 노출수준, 재난피해를 견딜 수 있는 물리적·기술적 역량, 재난대응 및 피해복구 지원을 위한 정책적 역량 등이 주요한 요인으로 제시하고 있다. 또한, 지역 내 취약계층의 비율, 복지정책 마련수준, 지역의 경제적 여건 등의 사회경제적 특성 역시, 지역의 재난 회복력에 영향을 미칠 수 있는 주요한 요인으로 분석된 바가 있다 (Mayunga, 2007; Tierney and Bruneau, 2007; Park and Song, 2015; Cimellaro et al., 2016; Eraydin, 2016).

Cimellaro et al. (2016)의 연구에서는 기존 회복력 관련 선행연구를 종합하여 지역사회의 재난 회복력을 평가할 수 있는 프레임워크를 설계하였다. 회복력 평가를 위한 7개의 평가분야(Population and Demographic, Environmental and Ecosystem, Organized Government Service, Physical Infrastructure, Lifestyle and Community Competence, Economic Development, Social Culture Capital)를 제시하고, 각 평가분야별 주요 평가측면을 정의하였다(Table 1).

이와 유사하게, Cutter (2016)의 연구에서는 지역사회의 재난 회복력과 관련된 평가지표를 경제적, 사회적, 환경적, 물리적, 제도적 측면으로 세분화하여 개발한 바가 있다.

지역의 사회경제적 특성을 중심으로 재난 회복력의 영향 요인을 분석한 연구도 진행된 바가 있는데, Lapuh (2018)의 연구에서는 지역의 경제발전, 산업특화, 수출, 사회구조, 교통시설의 5개 측면별로 지역사회의 재난 회복력에 영향을 미치는 요인을 도출하였다. Martin (2012)의 연구에서도, 지역의 경제적 회복력에 영향을 미치는 요인으로서 고용수준, 제조업, 건설업 등의 산업별 비율 등을 제시한 바가 있으며, 높은 고용률과 전문산업 비율을 지니는 지역이 상대적으로 높은 재난 회복력을 지니는 것으로 분석된 바가 있다.

선행연구 검토결과를 종합해보면, 국외 연구들에서는 다양한 측면에서 회복력의 평가 및 회복력에 영향을 미칠 수 있는 요인을 분석한 반면, 국내 선행연구에서는 상대적으로 협소한 측면에서 회복력을 평가하거나 회복력에 영향을 미칠 수 있는 요인을 탐색한 연구만이 이뤄져 온 것으로

나타났다. 또한, 국내의 공통적으로 실제 영향을 미치는 요인으로 인하여 재난에 대한 지역 회복력이 높아졌는지 혹은 낮아졌는지에 관하여 실증적으로 분석한 연구가 수행된 바가 없는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 과거 8년(2010~2017년) 동안 국내에서 발생한 풍수해 재난사례를 바탕으로 재난에 대한 지역의 회복력 수준을 정량화하고, 시계열 분석을 바탕으로 지역의 회복력 수준에 영향을 미칠 수 있는 지역별 특성요인을 실증적으로 분석하였다. 이를 통해, 어떠한 요인이 향후 재난에 대한 지역의 회복력을 향상시키는데 기여할 수 있는지에 관한 실증적인 결과를 제시하였다.

3. 연구방법

3.1 연구대상

본 연구에서는 과거 8년(2010~2017년)동안 발생한 풍수해(호우·홍수·태풍)로부터 피해를 입은 지역을 대상으로 연구를 수행하였다.

3.2 지역의 재난 회복력 정량화

본 연구에서는 지역별 재난 회복력을 정량화하기 위하여 ‘회복력 비용지수(Resilience Cost Index, RCI)’의 개념을 활용하였다.

회복력 비용지수는 재난으로 인한 피해수준과 피해복구를 위하여 소요되는 복구비용, 재난에 대한 지역의 노출수준을 활용하여 지역의 회복력을 간접적으로 정량화할 수 있는 개념으로 활용되고 있다(Vugrin et al., 2011). 회복력 비용지수는 Vugrin et al. (2011)의 연구에서 처음 제시된 회복력 정량화 방식으로서, 재난으로 인한 영향수준과 복구노력, 노출인자 간의 연산을 통해 산정할 수 있으며, 산정식은 다음과 같다(Eq. (1)).

$$Resilience\ Cost\ Index = \frac{System\ Impact + Recovery\ Effort}{Level\ of\ Exposure} \quad (1)$$

Table 1. Resilience Assessment Framework (Cimellaro et al., 2016)

Category	Definition
Population and Demographics	Incapacity of societies, organizations, citizens to resist at the exposure of multiple undesirable events
Environment and Ecosystem	Capability of the ecological system to go back to pre-event condition
Organized government Services	Legal and security services
Physical Infrastructure	Facilities and lifelines
Lifestyle and Community Competence	Capacity to deal with flexibility, creativity, and problem solving skill of community and perceptions of a community
Economic Development	Capacity to replace goods, services, and shift employment patterns
Social-Cultural Capital	Educations, child and elderly services, cultural and heritage services, community participation

일련의 시스템(지역)이 재난 등으로부터 영향을 받으면 기존 성능보다 더 낮은 수준으로 기능을 수행하게 될 수 있으며, 회복력 비용지수에서의 System Impact는 이와 같은 재난 등의 위험발생에 따른 시스템 및 지역이 받게 되는 영향(기능 저하)을 의미한다(Fig. 1). 또한 피해가 발생한 이후, 일련의 시스템 및 지역은 피해발생 이전에 기능하였던 성능으로 다시 회복하기 위한 노력을 이행하게 되며, Recovery Effort는 이와 같은 시스템 및 지역의 회복을 위한 노력의 정도를 의미한다(Fig. 2).

Vugrin et al. (2011)이 제시한 회복력 비용지수의 개념 하에서, 재난에 대한 영향수준이 높으면 일반적으로 영향에 따른 피해복구를 위하여 필요한 노력이 많이 소요될 수 있다. 즉, 일련의 지역에서 재난에 대한 영향수준이 높으면 소요되는 복구노력(비용)이 많아지고 그 결과로 회복력 비용지수는 높아지게 되며, 반대로 재난에 대한 지역의 회복력은 낮아지는 것을 의미한다(Kang et al., 2013; Lee and Kwon, 2017). 다시 말해, 회복력 비용지수는 회복력과 음(-)의 관계를 지니는 것으로 해석할 수 있다.

국내에서도 회복력 비용지수를 활용하여 지역의 재난 회복력을 정량화한 연구들이 수행된 바가 있으며, 재난에 대한 영향수준을 재산피해액으로, 소요되는 복구노력은 복구비로, 지역의 노출수준은 인구, 강수량 등을 활용하였다(Yoo et al., 2014; Park and Song, 2015).

이처럼, 회복력 비용지수는 정량화하기 어려운 재난에 대한 지역차원의 회복력 수준을, 재난에 대한 영향수준과 피해복구를 위하여 소요된 비용을 활용하여 간접적으로 정량화 할 수 있는 방법으로 활용되고 있으며(Kang et al.,

2013; Lee and Kwon, 2017; Park and Song, 2015; Yoo et al., 2014; Vugrin et al., 2011), 회복력비용지수가 커질수록 재난으로 인한 피해가 커지고 피해복구를 위하여 소요되는 비용이 커지기 때문에, 반대로 지역차원의 자체적인 회복력은 낮아진다고 해석되고 있다(Kang et al., 2013; Lee and Kwon, 2017; Park and Song, 2015; Yoo et al., 2014; Vugrin et al., 2011). 단, 회복력을 완벽하게 정량화할 수 있는 방법이 부재하기 때문에 지역차원의 회복력과 회복력비용지수 간의 상관관계를 분석한 연구는 아직까지 이뤄진 바가 없다. 그럼에도 불구하고, 회복력비용지수는 재난에 대한 지역의 회복력을 정량화할 수 있는 개념적 방안을 제시함과 동시에 객관적인 데이터에 기반하여 회복력을 간접적으로 정량화할 수 있다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있다(Yoo et al., 2014; Vugrin et al., 2011).

본 연구에서는, 위와 같은 회복력 비용지수의 개념 하에서 아래와 같은 산정식을 활용하여 지역별 회복력 비용지수를 정량화하였다(Eq. (2)).

$$Resilience\ cost = \frac{\int_{t_0}^{t_1} L(t)dt + \int_{t_0}^{t_1} R(t)dt}{\int_{t_0}^{t_1} V(t)dt} \quad (2)$$

수식에서 $\int_{t_0}^{t_1} L(t)dt$ 는 풍수해(호우·홍수·태풍)로 인한 재산피해액을, $\int_{t_0}^{t_1} R(t)dt$ 는 풍수해 피해를 복구하는데 소요된 총 복구비를, $\int_{t_0}^{t_1} V(t)dt$ 는 재난발생 기간 동안의 지역별 강수량을 활용하였다.

3.3 지역별 특성요인 선정

본 연구는 지역의 재난 회복력에 영향을 미칠 수 있는 요인을 선정함에 있어, 산업적·재정적·사회적 자본·물리적 측면으로 구분하여 각 측면별 지역별 특성요인을 선정하였다.

산업적 측면에서는 지역산업의 혁신수준을 의미하는 고부가가치산업(혁신산업) 비율과 외부충격에 대한 지역산업의 안정성 수준을 의미하는 지역산업의 다양성 수준 및 지역산업의 규모를 활용하였다. 재정적 측면에서는 지역의 재정적 안정성을 의미하는 재정자립도와 사회복지 분야에 대한 재정적 투자수준을 의미하는 사회복지 예산비율을 활용하였다. 사회적 자본 측면에서는 지역 내 취약계층 분포 수준을 의미하는 기초생활수급자 비율, 지역산업에 대한 잠재적 경제활동 참여수준을 의미하는 생산가능 인구비율, 지역 내 자치활동에 대한 참여수준을 의미하는 자원봉사자 등록자 수 및 자원봉사활동 참여율을 활용하였다. 마지막으로

Fig. 1. Graph of System Impact from Disaster (Vugrin et al., 2011)

Fig. 2. Graph of Recovery Effort from Disaster (Vugrin et al., 2011)

Table 2. Variables by Each Category of Regional Characteristics

Category	Variable		Unit
Industrial Factor	I1	Rate of High-value added industry	%
	I2	Level of industrial diversity	-
	I3	Level of industrial scale	1,000 won
Financial Factor	F1	Level of financial independence rate	%
	F2	Rate of budget related to social welfare	%
Social Capital	S1	Rate of recipient of basic living	%
	S2	Rate of working age population (15 - 64 years old)	%
	S3	The number of Enrolled Volunteer (per 10,000 people)	-
	S4	Rate of participation in volunteer activities	%
Physical Factor	P1	Rate of old buildings (over 40 years)	%
Control Variable	C1	Year = 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017	-
	C2	Type of region (Urban = 1 / Rural = 0)	-
	C3	Amount of total rainfall during disasters	mm
	C4	Economic losses in previous year	1,000 won
	C5	Population density	person/km ²

로, 물리적 측면에서는 재난에 대한 물리적 안정성에 관한 요인으로 지역 내 노후건축물 비율을 활용하였다. 분석을 위한 통제변수로는 기간(연도) 정보에 대한 값과 도시 및 비도시 여부, 재난발생 기간 동안의 총 강우량, 인구밀도, 전 년도의 풍수해로 인한 재산피해액을 활용하였다.

본 연구에서 활용한 각 측면별 특성요인을 종합한 내용은 Table 2와 같다.

3.4 분석방법

본 연구에서는 회복력 비용지수의 변화에 영향을 미치는 지역별 특성요인을 분석하기 위하여 시계열 분석(연도별 차이분석)에 기반한 다중회귀분석을 수행하였다.

분석을 위하여 모든 독립변수 및 종속변수별로 시기별 변화 값을 산정하였으며, 독립변수의 변화 값은 다음연도와 이전연도의 값의 차로 산정하여, 이전연도에 비해 다음연도의 값이 클 경우 0보다 크게 산정되고 반대로 값이 작을 경우에는 0보다 작게 산정되도록 정량화하였다. 또한, 종속변수의 경우에는 다음연도의 값을 이전연도의 값으로 나누어 산정하였으며, 다음연도의 값이 이전연도보다 클 경우 1보다 크게 산정되고, 반대로 값이 작을 경우에는 1보다 작게 산정되도록 정량화하였다. 종속변수의 변화 값의 경우, 값이 커질수록 이전연도에 비해 다음연도의 회복력 비용지수가 커졌다는 것을 의미하게 때문에 회복력 수준은 낮아졌다고 해석할 수 있다.

본 연구에서는 위와 같은 방식으로 2010~2011, 2011~2012, 2012~2013, 2013~2014, 2014~2015, 2015~2016, 2016~2017의 7개 시기에 대한 독립변수 및 종속변수의 변화 값을 정량화하고, 해당 값을 활용한 다중회귀분석을 수행하였다.

4. 연구결과

4.1 지역별 회복력 비용지수 변화 분석

본 연구에서는 분석에 앞서, 7개 시기별로 풍수해 재난에 대하여 지역별 회복력 비용지수의 변화양상의 차이가 존재하는지 확인하였다. 이를 위하여 각 시기별로 지역별 회복력 비용지수의 변화 값의 공간적 분포 변화를 분석하였다 (Fig. 3). 각 시기별 대상지역의 수는 2010~2011년이 171개, 2011~2012년이 193개, 2012~2013년이 98개, 2013~2014년이 45개, 2014~2015년이 36개, 2015~2016년이 51개, 2016~2017년이 96개로 2011~2012년의 대상지역이 가장 많았다.

분석결과, 각 시기별로 풍수해 재난에 대해 이전연도의 회복력 비용지수보다 다음연도의 회복력비용지수가 높아진 지역이 존재하는 반면(빨간색 지역), 이전연도의 회복력 비용지수보다 다음연도의 회복력비용지수가 낮아진 지역이 존재하는(파란색 지역) 등 재난에 대한 회복력 비용지수의 변화 양상이 지역별로 상이한 것으로 나타났다. 전체 시기 중, 2010~2011년에 전년대비 다음연도의 회복력 비용지수가 높아진 지역들이 가장 많았던 것으로 분석되었고, 2014~2015년이 가장 적었던 것으로 분석되었다. 또한, 각 시기별로 회복력 비용지수가 높아졌거나 낮아진 지역들의 공간적 분포도 상이한 것으로 나타났으며, 2011~2012년의 경우에는 강원도 및 경기도 북부지역을 중심으로 회복력 비용지수가 전년대비 감소한 지역이 밀집해 위치한 반면, 2012~2013년의 경우에는 오히려 유사한 위치에 전년대비 회복력 비용지수가 증가한 지역이 밀집해 위치한 것으로 나타났다.

이처럼, 동일한 재난에 대하여 각 지역별 회복력 비용지수

Fig. 3. Change of RCI by Each Period

및 전년대비 다음연도의 회복력 비용지수의 변화양상이 지역별로 상이한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 각 시기별로 풍수해 재난(홍수·호우·태풍)이 발생한 양상에 따라서도 회복력 비용지수의 변화 양상이 지역별로 상이한 것으로 나타났다.

본 연구는 이와 같은 시기별 재난의 특성을 통제한 상태에서 궁극적으로, 지역별 회복력 비용지수의 변화양상에 차이

를 발생시키는 지역별 특성요인을 분석하였다.

4.2 회복력 비용지수에 영향을 미치는 영향요인 분석
지역별 회복력 비용지수의 변화 값과 지역특성요인의 변화 값 간의 관계를 분석한 결과, 산업 측면에서는 지역산업의 다양성, 재정측면에서는 사회복지 예산비율, 사회적 자본 측면에서는 자원봉사자 등록 수 및 자원봉사활동 참여율이,

Table 3. The Results of Multi-Variable Regression Analysis

Category	Variables		β (p-value)
Industrial Factor	I1	Rate of High-value added industry	-.013
	I2	Level of industrial diversity	-.076**
	I3	Level of industrial scale	.035
Financial Factor	F1	Level of financial independence rate	.050
	F2	Rate of budget related to social welfare	-.104***
Social Capital	S1	Rate of recipient of basic living	-.014
	S2	Rate of working age population (15 - 64 years old)	.056
	S3	The number of Enrolled Volunteer (per 10,000 people)	-.106***
	S4	Rate of participation in volunteer activities	-.069*
Physical Factor	P1	Rate of old buildings (over 40 years)	.095**
Control Variable	C1	Year = 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017	.000
	C2	Type of region (Urban = 1 / Rural = 0)	-.011
	C3	Amount of total rainfall during disasters	.359***
	C4	Economic losses in previous year	.058
	C5	Population density	-.019
Constants			-.151
R-squared (Adj R-squared)			.201 (.184)
Durbin-Watson			1.372
N			690

*: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$

물리적 측면에서는 노후건축물 비율이 재난에 대한 지역 회복력에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 영향요인 중에서도, 지역별 회복력비용지수의 변화에 상대적으로 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 요인으로는 재난에 대한 노출수준의 변화를 의미하는 재난발생 기간 동안의 강수량 변화이지만, 지역의 특성요인 중에서는 지역별 등록된 자원봉사자 수의 변화가 가장 큰 영향을 미쳤던 것으로 분석되었다(Table 3). 이는, 다양한 요인 중에서도 지역별로 자원봉사활동에 참여할 수 있는 인력풀을 확충하는 것으로 지역의 회복력비용지수를 낮출 수 있고, 향후 지역의 회복력을 향상시키는데 주요한 영향을 미칠 수 있음을 의미한다.

구체적으로, 지역 내에 분포한 산업의 유형이 다양해질수록 재난으로 인한 지역이 회복력 비용지수가 감소하는 것으로 분석되었고, 이는 반대로 지역의 자체적인 회복력은 증가한 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 기존 선행연구에서 제시된 내용과 유사하며(Martin and Sunley, 2015), 지역산업 내 산업유형이 다양화될수록 외부의 충격(재난)에 대하여 개별산업이 받는 피해를 분산할 수 있고, 이를 통해 동일한 재난에 대하여 지역이 받게 되는 경제적 피해수준을 완화할 수 있음이 제시된 바가 있다(Martin and Sunley, 2015). 또한, 해당 결과를 통해, 단순히 지역산업의 규모를 확대하는 것보다는 지역산업이 다양한 산업유형으로 구성될수록 재난에

안정적인 산업 생태계를 조성할 수 있음을 알 수 있다.

재정적 측면에서는 지자체별로 사회복지 분야에 투자하는 예산비율이 높아질수록 지역의 회복력 비용지수가 감소하는 것으로 분석되어, 사회복지 예산비율을 높이는 것 역시, 향후 재난에 대한 지역의 회복력을 향상시킬 수 있는 것으로 분석되었다. 단, 지역의 재정력 수준을 의미하는 재정자립도는 지역의 회복력 비용지수에 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었는데, 이는 지역의 재정수준이 재난피해에 대한 복구활동을 지원하는데 필수적인 요소임을 제시한 기존 연구결과와는 다른 경향을 보였다(Tobin, 1999; Cheong, 2011). 사회적 자본 측면에서는 지역 내에 등록되어 있는 자원봉사자 수가 증가하고, 등록된 자원봉사자의 자원봉사활동에 대한 참여수준이 높아질수록 재난에 대한 회복력 비용지수가 감소하는 것으로 분석되었고, 이는 반대로 지역의 자체적인 회복력은 증가하는 것으로 해석할 수 있다. 이와 관련하여, 지역 내의 자원봉사활동에 대한 활발한 참여가 재난 등의 외부의 충격에 대한 지역 차원의 회복력을 확보하는데 기여할 수 있다는 의견이 제시된 바가 있다(Chou and Wu, 2014; Cutter et al., 2014). 해당 연구에서는 자원봉사활동 등 지역 내의 자치활동에 대한 참여수준이 높은 커뮤니티일수록 외부의 충격에 대한 지역주민 중심의 능동적인 대처를 더욱 잘 하는 경향이 존재하며, 이러한

특성이 재난에 대한 개인의 피해를 완화하고, 향후 복구활동에 대한 활발한 참여를 발생시키는 중요한 역할을 수행할 수 있음을 제시한 바가 있다(Chou and Wu, 2014; Cutter et al., 2014).

재정적 측면과 사회적 자본 측면의 분석결과는 단순히 중앙정부 및 지방정부 중심으로 재정적 지원을 통해 지역별 회복력을 향상시키기는 어려울 수 있지만, 지역주민 중심의 자원봉사활동 등의 자치활동을 활용하여 향후 지역의 회복력을 높일 수 있음을 시사한다.

물리적 측면에서 지역 내에 위치한 노후 건축물의 비율이 증가할 경우에는 지역의 회복력 비용지수가 증가하는 것으로 분석되었다. 이는, 지역 내에 노후건축물 비율이 높아질 경우 재난으로 인한 물리적 손상이 발생할 가능성이 높고, 해당 피해를 복구하기 위한 복구노력이 많이 수반될 수 있음을 시사한다.

5. 결 론

본 연구는 과거 8년(2010-2017년) 동안 풍수해 재난으로 부터 피해를 입은 시군구 지역을 대상으로, 총 7개 시기별 지역별 회복력 비용지수의 변화 값과 지역별 특성요인의 변화 값 간의 관계를 분석함으로써 재난에 대한 지역별 회복력을 향상시킬 수 있는 지역별 특성요인을 실증적으로 분석하였다.

분석결과를 종합하면, 재난에 대한 지역별 회복력을 향상시키기(회복력 비용지수를 감소) 위해서는 재난으로 인한 피해로부터 지역산업의 영향수준을 저감하기 위하여 산업 다양성을 향상시키기 위한 산업구조 개편을 시행하거나 개인, 특히 취약계층을 중심으로 사회복지 예산지원을 통한 복지정책을 시행하여 개인의 노출수준을 저감하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 이와 함께, 지역 내에서 자체적으로 수행되는 다양한 자치활동(자원봉사활동 등)에 대한 주민들의 참여인식을 고취시켜 참여를 확대하는 것 또한, 지역의 능동적인 회복력을 높일 수 있는 효과적인 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 지역 내에 위치한 시설물을 대상으로 노후화 정도를 사전 관리하여 물리적 안전성을 향상시키는 것 역시, 향후 재난에 대한 회복력을 향상시킬 수 있을 것이다.

본 연구는 기존의 회복력에 영향을 미치는 요인을 분석한 다수의 연구에서 수행했던 연구와 달리, 실제 영향을 미칠 수 있는 요인의 변화에 따라 지역의 회복력 수준이 어떻게 변화될 수 있는지를 분석하였다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있다. 특히, 실제 재난사례를 바탕으로 피해를 입은 모든 시군구 지역을 대상으로 실증적으로 분석함으로써, 향후 재난에 대한 지역의 회복력을 향상시킬 수 있는 지역의 특성요인을 도출하였다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 행정안전부 재난피해 복구역량 강화 기술개발 사업의 연구비지원(2021-MOIS36-002)에 의해 수행되었습니다.

References

- Bruneau, M., Chang, S.E., Eguchi, R.T., Lee, G.C., O'Rourke, T.D., Reinborn, A.M., and Shinozuka, M. (2003). A framework to quantitatively assess and enhance seismic resilience of communities. *Earthquake Spectra*, Vol. 19, No. 4, pp. 733-752.
- Cheong, S.M. (2011). Policy solutions in the US. *Climatic Change*, Vol. 106, No. 1, pp. 57-70.
- Choi, C.I. (2014). Index decomposition analysis for urbanization, disaster damages and economic growth. *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 49, No. 3, pp. 195-209.
- Chou, J.S., and Wu, J.H. (2014). Success factors of enhanced disaster resilience in urban community. *Natural hazards*, Vol. 74, No. 2, pp. 661-686.
- Cimellaro, G.P., Renschler, C., Reinhorn, A.M., and Arendt, L. (2016). PEOPLES: A framework for evaluating resilience. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 142, No. 10, 04016063.
- Cutter, S.L., Ash, K.D., and Emrich, C.T. (2014). The geographies of community disaster resilience. *Global environmental change*, Vol. 29, pp. 65-77.
- Cutter, S.L., Burton, C.G., and Emrich, C.T. (2010). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, Vol. 7, No. 1.
- Cutter, S.L. (2016). The landscape of disaster resilience indicators in the USA. *Natural Hazards*, Vol. 80, No. 2, pp. 741-758.
- Eraydin, A. (2016). Attributes and characteristics of regional resilience: Defining and measuring the resilience of turkish regions. *Regional Studies*, Vol. 50, No. 4, pp. 600-614.
- Kang, S.J. (2014). Revision of community disaster resilience concept in the consideration of social cost. *GRI REVIEW*, Vol. 16, No. 1, pp. 321-341.
- Kang, S.J., Cho, S.H., and Hong, S.Y. (2013). *A policy implication for community resilience from natural disasters*. Gyeonggi Research Institute. pp. 1-102.
- Lapuh, L. (2018). Socio-economic characteristics of resilient localities-experiences from slovenia. *Regional Studies*,

- Regional Science*, Vol. 5, No. 1, pp. 149-156.
- Lee, D.W., and Kwon, G.H. (2017). An analysis on the determinants of disaster resilience: Focused on natural disaster. *Korean Policy Studies Review*, Vol. 26, No. 2, pp. 475-509.
- Lee, S.S., Lee, M.H., and Kang, H.S. (2020). Flood status in 2020 and permanent measures. *Korea Environment Institute Focus*, Vol. 8, No. 14, pp. 1-16.
- Martin, R. (2012). Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks. *Journal of Economic Geography*, Vol. 12, No. 1, pp. 1-32.
- Martin, R., and Sunley, P. (2015). On the notion of regional economic resilience: Conceptualization and explanation. *Journal of Economic Geography*, Vol. 15, No. 1, pp. 1-42.
- Mayunga, J.S. (2007). Understanding and applying the concept of community disaster resilience: A capital-based approach. *Summer academy for social vulnerability and resilience building*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-16.
- O'Rourke, T.D. (2007). Critical infrastructure, interdependencies, and resilience. *The Bridge: Linking Engineering and Society*, Vol. 37, No. 1, pp. 22-29.
- Park, H.N., and Song, J.M. (2015). Identification of main factors affecting urban flood resilience using resilience cost index. *Journal of Korean Planning Association*, Vol. 50, No. 8, pp. 95-113.
- Park, S.Y. (2016). *The impact of regional characteristics on resilience to natural disaster*. Ph.D. dissertation, Inha University.
- Park, S.Y., and Yoon, S.H. (2017). An analysis of regional characteristic factors affecting for resilience of damage by storm and flood. *The Korea Spatial Planning Review*, Vol. 92, pp. 59-73.
- Tierney, K., and Bruneau, M. (2007). Conceptualizing and measuring resilience: A key to disaster loss reduction. *TR NEWS*, Vol. 250, pp. 14-17.
- Timmerman, P. (1981). *Vulnerability resilience and collapse of society: A review of models and possible climatic applications*. Institute for Environmental Studies, University of Toronto. Toronto.
- Tobin, G.A. (1999). Sustainability and community resilience: The holy grail of hazards planning? *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, Vol. 1, No. 1, pp. 13-25.
- Vugrin, E.D., Warren, D.E., and Ehlen, M.A. (2011). A resilience assessment framework for infrastructure and economic systems: Quantitative and qualitative resilience analysis of petrochemical supply chains to a hurricane. *Process Safety Progress*, Vol. 30, No. 3, pp. 280-290.
- Yoo, S.Y., An, H.U., Kim, S.W., Lee, K.H., and Kim, J.M. (2014). Impact analysis of disaster recovery using resilience cost index. *Journal of Environmental Policy and Administration*, Vol. 22, No. 1, pp. 31-54.

Received	November 19, 2021
Revised	November 22, 2021
Accepted	November 26, 2021