지방정부 재정이 자연재해피해에 미치는 영향에 관한 연구

The Impact of Local Financial Capability on Damage from Natural Disasters

서혜정* · 정주철** · 이달별***

Seo, Hye-jeong*, Jung, Juchul**, Lee, Dalbyul***

Abstract

Social vulnerability is regarded as a critical factor influencing damage from natural disasters. The local financial capability is one of the social vulnerability factors which is important to all of the disaster management phases: mitigation, preparedness, response, and recovery. The purpose of this study is to examine the impact of local financial capability on the damage of natural disasters by using the two-stage least squares (2SLS) regression model. The 2SLS model removes the endogeneity between a financial capability variable and disaster loss variable. The endogeneity, which may underestimate the impact of the financial capability variable on the disaster loss variable in an OLS model. The result of the study shows that local financial capability can reduce losses from natural disasters. The study also shows that applying a 2SLS model can fix the bias from endogeneity between a dependent variable and independent variable which underestimates the impact of the independent one. Proactive subsidies from the central government and diversification of financial resources are suggested as solutions for reducing disaster losses in localities which have the lower financial capability.

Key words : Damage from Natural Disasters, Local Financial Capability, Social Vulnerability, Two-stage Least Squares Method (2SLS), Endogeneity

요 지

사회적 취약성은 지역의 자연재해피해에 영향을 미치는 중요한 요소 중 하나이다. 사회적 취약성이 어떻게 지역의 자연재해피해를 줄이거나 가중하는지에 관한 연구들은 더 적절한 재해 저감계획 및 대책이 수립될 수 있도록 중요한 정보들을 제공한다. 본 연구는 이러한 사회적 취약성의 변수 중 하나인 지방정부의 재정이 자연재해피해에 미치는 영향을 파악하는 것을 목적으로 한다. 재정 변수는 지역의 자연재해 대응역량에 영향을 미쳐 재해피해를 감소시키는 변수로서 재해관리의 네 가지 단계인 저감, 예방, 대응, 복구의 모든 단계에서 포괄적으로 의사결정 및 대책에 영향을 끼친다. 특히 본 연구는 선행연구들을 바탕으로 지방정부 재정역량과 재해 피해가 서로에게 상호영향을 끼칠 수 있음을 파악하고, 이러한 상호영향이 계량적 모형 내에서 내생성을 만들어낼 수 있다는 가정에 따라 2단계 최소자승법을 이용하여 이를 제거하고자 하였다. 내생성은 모형 내의 변수 추정을 부정확하게 하며, 내생 독립변수의 영향이 과대 혹은 과소평가되도록 한다. 2단계 최소자승법을 적용하여 이러한 내생성을 제거한 결과 기존의 회귀모형에서 과소평가된 재정 변수의 영향이 개선되어 약 두 배로 증가하였다. 분석 결과에 따르면 지방정부 재정이 1% 증가할 때 재해 피해는 약 0.3% 감소한다. 결론에서는 이러한 지방정부들 간의 재정 격차로 인해 재정이 낮은 지역에서의 재해피해 저감 노력 저하를 개선하기 위해서 사전적인 중앙정부 보조 또는 예산원의 다각화를 제시하였다.

핵심용어 : 자연재해피해, 지방정부 재정역량, 사회적 취약성, 2단계 최소자승법, 내생성

*정회원, Virginia Tech 도시계획 박사과정(E-mail: seohj@vt.edu)

Member, Ph.D. Student, Planning, Governance, and Globalization Doctoral Program, Virginia Tech

**교신저자, 정회원, 부산대학교 도시공학과 부교수(Tel: +82-51-510-3521, Fax: +82-51-513-9108, E-mail: jcjung@pusan.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Associate Professor, Department of Urban Engineering, Pusan National University

***정회원, 동의대학교 소방방재행정학과 조교수

Member, Assistant Professor, Department of Fire Administration and Disaster Management, Dong-Eui University

1. 서 론

과거 우리나라의 재해대응정책은 제방과 같은 전통적인 물리적 방재대책에 치중해왔으나, 지구온난화 및 기후변화로 인해 예측하기 어렵고 특정 지역에 집중적으로 발생하는 게릴라성·국지성 재해들이 빈발함에 따라 구조적 대책만으로는 피해 예방 및 저감에 한계가 있다는 지적과 함께 더욱 전략적인 대응 대책이 요구되었다. 정부는 단순히 기존의 구조적 대책에 의존하고 이들의 용량을 증가시키는 데만 집중하는 것이 아니라 도시기본계획 수립에 있어 자연재해 위험을 반영하도록 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」을 개정하고, 지역의 특성을 고려한 시·군 단위의 재해 저감을 도모하는 「풍수해저감종합계획」 제도를 도입하는 등 지역 단위에서의 공간 계획적 접근을 지향하고 있다. 이러한 계획들은 지역의 자원 및 역량을 파악하고 이를 증진하기 위한 대책들을 수립하여 재해 발생 시에 적극적으로 활용할 수 있도록 하는 데 이용된다.

재해대책에 있어서 공간계획적 접근을 강화하기 위해서는 지역의 어떤 특성이 재해피해에 영향을 미치고, 어떤 부문이 재해로부터 영향을 받는지 지역 특성에 대한 기초 연구들이 사전 정보로서 뒷받침될 필요가 있다. 많은 국외 학자들이 지역의 특성에 따라 재해 피해의 규모가 다르다는 취약성(vulnerability)의 개념 아래에 재해와 공간을 접목한 연구들을 수행해오고 있다. 초기의 연구들은 지역의 기후 및 지리·지형적 특성과 같은 물리적 취약성에 집중해 왔지만, 물리적 취약성의 기틀이 잡힌 이후에는 지역의 사회적 특성이 자연재해피해에 영향을 미친다는 사회적 취약성(social vulnerability)을 다루는 연구들도 활발히 수행되어오고 있다. 이와 같은 연구들은 재해 예방·대응·복구에 있어서 개인과 지방정부의 의사결정을 돕고 계획을 수립하는 데에 중요한 정보들을 제공한다.

그러나 국내에서는 재해 관련 연구들이 주로 지역의 기후적 특성 또는 방재시설의 구조적 특성에 초점을 맞춰 수행되어 오고 있으며, 사회적 특성에 대해 고려가 상대적으로 어려운 실정이다. 대부분의 풍수해저감계획은 유사한 대응 대책들을 포함하며, 지역의 특수성을 고려한 대책들은 찾아보기 힘들다. 대부분의 계획이 비슷한 구조적 대책들을 나열하는 이유 중 하나는 계획 수립에 있어 지역의 사회적 특성을 파악 및 분석하기 위한 기준이 되는 연구들이 충분히 축적되지 못했기 때문이다. 더욱 나은 재해대응정책 및 계획수립을 위해서는 지역의 사회적 취약성을 구성하는 각 변수에 대한 기초적인 고찰 및 연구가 수행되어야 하며, 이를 바탕으로 통합적인 사회적 취약성이 자연재해피해 예방을 위한 대응 대책에 반영되어야 한다.

이러한 배경 아래에 본 연구는 지역의 여러 사회적 취약성 변수 중에서도 지역의 재정이 자연재해피해에 미치는 영향에 초점을 맞추고 있다. 지방 정부의 재정은 재해 관리에

있어서 중요한 지방정부 역량의 한 가지이며, 재해 관리의 네 가지 단계인 저감(Mitigation), 예방(Preparedness), 대응(Response), 복구(Recovery) 중 모든 단계에서의 포괄적으로 의사결정 및 대책에 영향을 끼친다(Kusumasari et al., 2010; Kusumasari and Alam, 2012; djalante et al., 2012).

본 연구가 재정이라는 개별 변수에 초점을 둔 이유는 다양한 사회적 취약성 변수들을 포괄하는 통합적인 정량적 분석을 적용하기에는 아직 국내의 사회적 취약성 변수 연구들이 많이 축적되지 못했기 때문이다. 자연재해피해에 대한 지역의 사회적 취약성에 관한 연구들은 크게 기존 연구들을 통한 이론적 이해를 기반으로 여러 사회적 취약성 변수들을 선택적으로 포함해 이를 정규화 또는 표준화하는 연역적인 방법이나, 선행연구들에서 제시된 이용 가능한 모든 변수를 채택하고 요인분석 등을 통해 핵심 변수들을 도출하는 귀납적 방법을 이용하여 이를 분석의 틀로 활용하여 지역의 사회적 취약성과 자연재해피해 사이의 관계를 검증하는 두 가지 방법으로 나뉜다(Yoon, 2012). 그러나 여러 연구자들이 활발하게 국내 현황에 맞는 사회적 취약성에 관한 연구를 수행하고 있음에도 불구하고, 아직 재해와 사회적 요소들 사이의 통합적인 사회적 취약성 분석의 틀을 구축하기에는 개별 사회적 취약성 변수들에 대한 연구 결과가 충분히 축적되지 않은 상황이다. 또한, 해외 선행연구들을 근거로 한 프레임워크를 구축한다 하더라도 이론적 변수들에 대응하여 가용할 수 있는 국내 통계자료가 뒷받침되지 못하여 통합적인 모형이 기대하는 결과 및 그에 따른 정책적 함의를 얻기 어렵다. 따라서 본 연구는 사회적 취약성 변수 중에서도 지역의 자연재해 예방 및 복구에 직접적인 영향을 미치는 것으로 주장되는 변수 중 하나인 재정 변수를 깊이 있게 살펴봄으로써 후속 연구들에 기반이 되기 위한 의의가 있다.

특히 본 연구는 지방정부의 재정과 자연재해피해 사이에 내생성이 존재한다는 가정과 함께 접근함으로써 기존 연구들과 차별성을 가지고 있다. 자연재해피해와 지역의 사회적 취약성 간의 관계를 검증한 기존의 연구들은 주로 지역의 사회적 취약성이 자연재해피해에 미치는 영향이나 혹은 그 반대의 영향에 대해 단일방향의 관계만을 가정하여 수행되어왔다. 어떤 연구들은 성별·연령·인종·소득 등과 관련해 소외계층의 비율이 높은 지역이 재해대응역량의 부족으로 인해 지역의 재해피해에 정(+)의 영향을 미치며, 재정 및 의료서비스와 같은 사회복지 역량이 우수한 지역이 재해대응역량이 높아 재해피해에 부(-)의 영향을 미친다는 결과를 제시하고 있다(Mustafa, 2002; Pelling, 1997, 1998; Comerio, 1998; Cutter et al., 2003; Kang, 2009; Brody et al., 2008). 그러나 또 다른 연구들은 장기적인 관점에서 볼 때 역으로 자연재해피해가 지역의 재정 및 사회적 취약성에 영향을 미친다는 결과를 제시하고 있어(Quarantelli, 1995; Bolin and Stanford, 1991; Frey and Singer, 2006; French

et al., 2010; Lee, 2012) 자연재해피해와 지역의 사회적 취약성 사이에는 한 변수가 다른 변수에 일방적으로 영향을 미치는 것이 아닌 교호적 관계가 있다는 것이 합리적으로 추정 가능하다. 이러한 상호영향을 고려한 접근은 사회적 취약성 변수들에 대한 더욱 깊이 있는 이해를 가능하게 할뿐만 아니라 통계적으로도 개선된 결과를 제시할 수 있다.

따라서 본 연구는 지역의 사회적 취약성과 자연재해피해 사이에 상호영향이 존재할 수 있다는 가정에 따라 지역의 재정이 자연재해피해에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 이를 위해 2단계 최소자승법(Two-Stage Linear Squares; 2SLS)을 이용하여 내생성을 제거하였다. 내생성은 독립변수와 종속변수 간의 내부적인 상호영향 관계로서 변수 추정을 부정확하게 하며, 내생 독립변수의 영향을 과대 혹은 과소평가하여 심할 경우 계수가 미치는 영향의 방향까지도 바꿀 수 있다. 이러한 내생성의 제거를 통해 개선된 정량적 분석 결과를 제시하고 지방정부의 재정과 자연재해 피해 사이의 관계를 설명하였다.

2. 이론적 고찰

자연재해피해와 지역의 사회적 취약성 간의 관계에 대한 기존의 연구들은 크게 두 가지 흐름으로 구분될 수 있다. 지역의 사회적 취약성이 자연재해 피해에 미치는 영향에 관한 연구들과, 반대로 자연재해피해가 지역의 사회적 취약성에 미치는 파급에 관한 연구가 그것이다.

지역의 사회적 취약성이 자연재해 피해에 미치는 영향에 대한 연구들은 초기에는 인종, 성별, 소득수준 등에 따라 사회적으로 소외된 인구 집단일수록 재해의 피해에 더 큰 영향을 받는다는 개별 특성들에 관한 연구들에서부터 시작되었다. Mustafa (2002)와 Pelling (1997, 1998)은 각각 파키스탄(Pakistan)과 가이아나(Guyana)의 사례를 통해 홍수가 발생하기 이전의 지역의 사회적 취약성이 홍수에 대한 취약성을 결정한다고 주장하였다. 그들은 어떤 집단의 사회적 자원(social resources)에 대한 접근이 제한될수록, 지역의 환경적 관리에 대한 의사 결정으로부터 배제되는 결과를 낳으며 이것이 자연재해에 대한 이들의 취약성을 더 악화시킨다는 것을 발견했다. 이는 인종, 성별, 소득수준 등 사회정치적 참여와 관련된 요소들이 재해 대응에 있어 중요한 역할을 한다는 것을 보여준다. Comerio (1998)는 Northridge 지진과 다른 재해들(Loma Prieta 지진, 허리케인 Hugo, 허리케인 Andrew)의 주택 부문 손실을 비교하는 연구를 수행하였으며, 이를 통해 재해 후의 대피소와 주택 문제들은 재해 이전의 주택 시장의 조건과 주택의 물리적 피해와 연관되어 있다는 것을 알아냈다.

이러한 개별 사회적 요소들은 지역을 재해 피해에 취약하게 만드는 여러 변수의 집합으로 통합되어 지역사회들의 재해 대응능력 전반을 나타내는 ‘장소의 사회적 취약성(Social

Vulnerability of Place)’의 개념으로 발전되었다(Cutter et al., 2003). Blaikie et al. (1994)은 재해에 대한 사회적 취약성을 “자연재해의 영향을 예측하고, 대처하며, 저항하고 복구하는 능력에 영향을 미치는 개인 또는 그룹의 특성과 상황”이라고 정의하였다. Cutter and Finch (2008)는 사회적 취약성을 “자연재해에 민감한 집단과 재해의 영향에 반응하고 복구하는 그들의 능력의 정도”라고 정의했다. 이와 같은 사회적 취약성의 변수들을 정리한 대표적인 연구로 Cutter et al. (2003)가 있다. Cutter et al. (2003)는 250개 이상의 사회경제적 변수들을 모아 변수들 사이의 다중공선성 테스트 후에 85개의 가공되지 않은 일부 변수들을 얻어냈다. 그 후 변수와 관련된 자료에 대한 모든 계산과 정규화 이후에 42개의 독립변수를 추출해냈으며 이에 대한 주성분 분석을 실행하여 사회적 취약성과 관련된 변수들을 사회경제적 특성, 인종 등 11개 요인으로 분류하였다. 이는 사회적 취약성 지수(Social Vulnerability Index: SoVI)로 환산되어 미국의 재해와 취약성 연구소(Hazard and Vulnerability Research Institute) 홈페이지에서 공개되고 있으며, 주 재해 저감계획(State Hazard Mitigation Plan)에 첨부되어 개인과 지자체에 의사결정을 위한 정보를 제공한다.

한편, 자연재해피해가 지역사회 특성에 미치는 영향에 대한 연구들도 활발히 수행됐다. Quarantelli (1995)와 Bolin and Stanford (1991)은 자연재해가 긴급 대피소와 저소득층 주택 부족 문제 등을 악화시킨다는 것을 확인하였다. Frey and Singer (2006)은 허리케인 카트리나의 사례를 통해 자연재해가 지역사회를 단절시키고, 주민들이 가지는 사회적 연결망을 파괴한다고 주장했다. French et al. (2010)은 자연재해로부터 야기될 수 있는 사회경제적 결과를 주택, 경제적 손실, 인명피해를 포함한 건강문제, 사회적 단절의 네 가지 카테고리로 구분하여 개념적 모델을 정립하였으며, 재해 피해가 지역의 재정에 부정적인 영향을 미친다는 것을 실증 분석을 통해 밝혀냈다. Lee (2012)는 자연재해가 지역사회의 변화에 미치는 영향을 재해의 강도, 지역사회의 재건 노력, 그리고 지역사회의 특성에 따라 분석하였으며 저소득층일수록 재해의 실질적 영향과 파급효과가 더 크고, 복구 기간도 오래 걸리는 것을 밝혀냈다. 이는 재해가 지역사회에 미치는 영향에 있어, 빈곤이라는 사회적 취약성으로 인한 영향을 함께 고려하고 있다는 점에서 의의가 있다.

이러한 선행 연구들의 두 가지 흐름에서, 자연재해피해와 지역의 사회적 취약성 간에는 단일방향이 아닌 상호영향 관계가 있음이 합리적으로 가정될 수 있다. 예시로 French et al. (2010)의 경우 자연재해의 발생이 지역의 재정에 부정적 영향을 미친다는 것을 정량적 방법을 이용하여 입증하였으며, Cutter et al. (2003)는 이와 반대로 지방정부의 이익 대비 부채가 지역이 가지는 재해의 취약성을 높인다고 보고 있다. 또한, Tang et al. (2010)은 지역의 높은 재정이 지방정부의 재해 예방 및 모니터링 역량을 향상해 재해피해 저감으로

이어지게 한다고 주장하고 있다. 비록 French et al. (2010)과 달리 Cutter et al. (2003)와 Tang et al. (2010)은 재정이 자연재해피해를 직접 증감시킨다는 정량적 증거를 제시하고 있는 것은 아니나, 기존 연구들이 두 변수 사이의 관계에 대해 제시한 서로 다른 방향의 영향을 통합적으로 고려하고 둘 사이의 상호영향의 존재 가능성에 대해 의문을 가지고 이에 접근하는 것은 학문적·실증적 의의가 있다.

자연재해피해와 지역 재정 사이의 상호 영향을 가정 및 검증하는 것에는 두 가지 의의가 있다. 첫 번째는 실증분석에서 정량적 분석 결과 개선이다. 자연재해 피해와 지역의 사회적 취약성 간의 관계를 실증적으로 분석한 연구들은 대부분 자연재해 피해와 사회적 취약성을 각각 종속변수와 독립변수 혹은 독립변수와 종속변수로 두고 단일방향의 영향을 가정하여 가설을 검증하고 있다. 그러나 이러한 두 변수 사이에 쌍방향의 영향이 있을 가능성이 제기됨에 따라, 변수 간의 내생성이 발생할 위험이 있다. 내생성이란 변수가 모형 내에서 상호의존적으로 결정되는 것을 의미하며, 이때 이렇게 결정되는 변수를 내생변수라고 지칭한다. 일반적으로 실증분석 모형으로 가장 많이 사용되는 통상 최소자승법(OLS)은 확률적 교란항이 설명변수와 통계적으로 독립이거나 적어도 상관관계가 없어야 한다고 가정한다. 즉 독립변수는 종속변수에 단일 방향의 영향을 미치되, 종속변수가 독립변수에 미치는 영향이 존재해서는 안 된다는 것이다. 이러한 가정이 위배될 경우 OLS 추정량의 불편성과 일관성이 파괴되어 연립방정식의 편의가 나타나므로 모형의 추정치를 신뢰할 수 없게 된다. 이러한 편의는 내생변수들 간의 관계에 따라 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 축소하거나 확대할 수 있다. 특히 자연재해피해와 지역 재정의 경우는 한 변수가 증가할 경우 다른 변수가 감소하는 부의 관계를 맺고 있어 독립변수가 종속변수에 미치는 영향이 과소평가될 수 있으며, 내생성으로 인한 편의가 심한 경우 독립변수가 종속변수에 미치는 영향의 방향이 실제와는 반대로 나타나는 경우까지 존재한다. 따라서 자연재해피해와 지역 재정 간의 관계에 대한 실증분석을 수행할 때 두 변수 사이의 내생성을 고려하고 통제하는 것은 분석 결과의 정확성을 높이기 위해 유의미한 노력이 될 수 있다.

두 번째 의의는 지방정부의 의사결정 및 자연재해피해 대책 수립 시에 추가적인 정보를 제공할 수 있다는 것이다. 자연재해피해와 지역사회 간의 연결고리를 밝히는 기존의 연구들은 재해대책수립을 위해 중요한 기초정보를 제공해 왔다. 자연재해 피해에 영향을 미치는 사회적 취약성들을 파악하는 것은 재해 발생 시 어떤 지역이 더 취약하고 파급이 더 클 것인가를 예측하고 이에 대한 사전의 대책을 수립하도록 한다. 또한, 자연재해가 지역사회에 미치는 영향에 관한 연구 결과들은 재해가 미치는 부정적 영향의 범위를 파악하여 복구과정에서 이를 개선하도록 돕는다. 그러나 자연재해 피해와 사회적 취약성 사이에 존재하는 상호관계에 대한

고려 없이는 이러한 대책들의 효과와 영향이 명확하게 파악되지 못하여 적절한 대책 수립이 어려워지는 문제가 발생할 수 있다. 자연재해피해와 지역의 사회적 취약성 간의 상호영향을 고려한다면 자연재해피해 복구 과정에서 지역이 입은 부정적인 사회적 영향을 개선하는 것이 단순히 피해 복구의 측면뿐만 아니라 향후 자연재해 재발 시의 피해를 축소하는 방안이 될 수 있으며, 반대로 지역을 재해에 취약하게 하는 사회적 취약성을 개선하고 보완하는 활동을 취하는 것이 재해 발생 시에 일어날 피해를 축소하는 사전 예방책이 될 수도 있다. 이러한 쌍방 영향에 대한 간과는 자연재해에 대응하는데 근시안적이거나 적절하지 못한 대책을 수립하게 하는 등의 한계를 가져올 수 있다.

3. 연구의 방법 및 설계

3.1 연구의 방법

본 연구는 French et al. (2010)의 연구 결과를 바탕으로 지역의 사회적 취약성 중에서도 지방정부 수입이라는 재정적 특성과 자연재해피해 간에 상호 영향이 존재할 것이라는 판단 아래에, 모형 내에 내생성이 나타날 것이라고 가정하고 있다. 앞서 이론적 고찰에서도 밝혔듯이 모형 내에 내생성이 존재할 경우에는 고전적 선형 회귀모형의 가정 중 확률적 교란항이 설명변수와 통계적으로 독립이거나 적어도 상관관계가 없어야 한다는 가정을 위반하므로 통상 최소자승법을 통한 방정식의 모수 추정 시 연립방정식의 편의가 나타나게 된다. 이러한 편의는 실증분석의 결과를 일반화할 수 없게 만들어 연구 결과에 대한 신뢰성을 하락시킨다. 내생성의 문제를 해결하기 위한 통계적 대안으로 연립방정식 모형을 사용하는 방법이 있으며, 본 연구에서는 연립방정식 모형 중 가장 일반적으로 사용되는 2단계 최소자승법을 사용하고 자 한다.

모형은 종속변수를 자연재해피해로 두고, 독립변수로 재정변수와 그 외의 사회적 취약성 변수들을 사용한다. Eqs. (1)과 (2)는 자연재해피해와 재정에 대해 연립인 방정식으로, 재정과 자연재해피해가 모형 내에서 상호의존적으로 결정된다는 것을 보여준다. 연립방정식 모형에서 상호의존적으로 결정되는 변수를 내생변수(Endogenous Variables)라고 지칭하며, 모형과 상관없이 외생적으로 이미 결정된 변수를 외생변수(Exogenous) 또는 선결변수(Predetermined Variable)라고 부른다. 즉 지역 재정과 자연재해피해는 상호영향을 통해 결정되는 변수들이므로 내생변수이며 그 밖의 변수들은 외생변수가 된다.

$$FINAN_t = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot DAMAGE_t + \alpha_2 \cdot I_{1t} + \alpha_3 \cdot I_{2t} + u_{1t} \quad (1)$$

$$DAMAGE_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot FINAN_t + \beta_2 \cdot V_{1t} + \beta_3 \cdot V_{2t} + u_{2t} \quad (2)$$

$FINAN_t = \text{local finance capability}$
 $DAMAGE_t = \text{damage}$
 $V_t = \text{Exogeneous dependent variables}$
 $I_t = \text{Instrumental variables}$

Eqs. (1)과 (2)에서 볼 수 있듯이 같이 두 변수가 상호영향을 미치는 내생성이 존재할 경우, 내생성으로 인한 편의의 발생으로 각 내생변수의 계수들은 각자의 식에서 과대 또는 과소평가된다. $FINAN_t$ 와 $DAMAGE_t$ 의 경우 지역 재정이 높으면 자연재해피해가 줄어들고, 자연재해피해가 크면 지역의 재정이 줄어드는 서로에게 반대 방향의 영향을 미치는 변수들이다. 이럴 때 각 내생변수의 계수 α_t 와 β_t 는 변수가 가진 실제 영향력보다 과소추정되며, 내생성으로 인한 편의가 심할 경우 계수의 방향이 바뀌어 부정적 영향이 긍정적 영향으로까지 왜곡되어 추정될 수도 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 2단계 최소자승법이 적용되는 것이다.

2단계 최소자승법은 최소자승법을 두 차례에 걸쳐 연속적으로 적용함으로써 내생변수가 가지고 있는 내생성을 제거하는 방법이다. Eq. (1) 내의 $FINAN_t$ 변수는 자연재해피해 변수의 영향을 받아 내생적으로 결정되는 변수지만, 2단계 최소자승법을 통해 $FINAN_t$ 변수를 설명하는 다른 도구 변수를 투입하여 $FINAN_t$ 과 유사하나 내생성은 가지지 않는 표본인 $\widehat{FINAN}_t$ 만들어 $FINAN_t$ 변수 대신 투입하여 그 모수를 추정한다. 2단계에 걸쳐 최소자승법을 적용하는 과정은 다음과 같다.

- 제1단계: Eq. (1)에서 $FINAN_t$ 변수와 교란항 사이에 존재하는 상관관계를 제거하기 위해 내생적 설명변수인 $FINAN_t$ 변수를 종속변수로 하고 모형 내의 모든 외생변수들을 독립변수로 하는 회귀식(Eq. (4))을 추정한다.

$$FINAN_t = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot I_{1t} + \gamma_2 \cdot I_{2t} + u_{3t} \quad (3)$$

$$\widehat{FINAN}_t = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 \cdot I_{1t} + \hat{\gamma}_2 \cdot I_{2t} \quad (4)$$

- 제2단계: Eq. (1)의 $FINAN_t$ 변수를 제1단계에서 추정된 회귀식(Eq. (4))의 $\widehat{FINAN}_t$ 으로 대체하고, 다시 한 번 최소자승법을 사용해 회귀모형의 모수를 추정한다.

$$FINAN_t = \widehat{FINAN}_t + u_{3t} \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
 DAMAGE_t &= \beta_0 + \beta_1 \cdot (\widehat{FINAN}_t + u_{3t}) \\
 &+ \beta_2 \cdot V_{1t} + \beta_3 \cdot V_{2t} + u_{2t} \\
 &= \beta_0 + \beta_1 \cdot \widehat{FINAN}_t + \beta_2 \cdot V_{1t} + \beta_3 \cdot V_{2t} \\
 &+ (\beta_1 \cdot u_{3t} + u_{2t}) \\
 &= \beta_0 + \beta_1 \cdot \widehat{FINAN}_t + \beta_2 \cdot V_{1t} + \beta_3 \cdot V_{2t} + u_t^*
 \end{aligned} \quad (6)$$

2단계 최소자승법의 목적은 최소자승법을 두 번 적용하는

과정을 통해서 내생변수에 대한 확률적 교란항의 영향력을 씻어 주는데 있다(Gujarati, 2009). 1단계에서 구한 $\widehat{FINAN}_t$ 는 $FINAN_t$ 변수와 유사하나 교란항의 영향을 받지 않는 외생적 변수가 되며, 이를 통해 연립방정식이 가지고 있는 편의를 제거할 수 있다.

Gujarati (2009)는 어떤 변수를 내생변수 또는 외생변수로 규정할 것인가의 문제는 변수에 대한 사전적 혹은 이론적 근거를 바탕으로 모형설계자가 정당화해야 한다고 말하고 있다. 즉 모형 설계 과정에서의 내생성 판단은 연구자가 가진 선험적 정보와 이론적 근거에 기반으로 해야 한다. 그러나 연구자의 판단에 더해 통계적으로 내생성을 증명하기 위하여, Durbin-wu Hausman Test가 이용될 수 있다.

두 변수 간에 실제로 내생성이 존재하는가를 검증하기 위한 Durbin-wu Hausman Test는 내생변수가 오차항과 상관관계가 있는지를 검정하는 방법이다. 먼저, 2단계 최소자승법의 1단계에서 이용된 Eq. (3)과 같이 내생 독립변수를 종속변수로 하고 도구적 변수들의 독립변수로 하는 회귀분석을 수행하여 이때의 오차항 u_{3t} 를 산출한다. 이 u_{3t} 가 최초의 회귀모형인 Eq. (1)의 u_{1t} 와 상관관계를 가지지 않는다면, $FINAN_t$ 와 $DAMAGE_t$ 는 내생성을 가지지 않는다. 이를 검증하기 위한 가장 간편한 방법은 Eq. (1)에 u_{3t} 를 독립변수로 추가하는 것이다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 DAMAGE_t &= \beta_0 + \beta_1 \cdot FINAN_t + \beta_2 \cdot V_{1t} \\
 &+ \beta_3 \cdot V_{2t} + \beta_4 \cdot u_{3t}
 \end{aligned} \quad (7)$$

이때 추정 결과에 의해 Eq. (7)에서 u_{3t} 변수가 유의미한 독립변수라면, $FINAN_t$ 와 $DAMAGE_t$ 사이에 내생성이 존재한다고 판단한다. 계수가 유의하지 않다면 내생성이 존재하지 않는 것이므로 통상 최소자승법을 사용해 모수를 추정해도 무방하다.

2단계 최소자승법의 사용에 있어서 중요한 부분 중 하나는 도구변수의 채택이다. 내생성이 제거된 분석 결과를 얻기 위해 도구변수는 내생 독립변수와 가능한 강한 상관관계를 가지고 있되 종속변수로부터 영향을 받지 않아야 한다. 도구 변수가 이러한 조건에 부합하는지를 확인하는 방법은 실제로 다양한 변수들을 시험하여 변수들 간의 상관관계를 직접 확인해보는 방법뿐이므로 이상적인 도구변수의 채택은 매우 어렵다. 본 연구에서는 적절한 도구변수의 채택을 위하여 기존 연구를 통해 탐색을 통해 목록화한 다양한 변수의 적용 및 상관관계 테스트를 반복하여 재정자주도와 사업체 수를 도구변수로 채택하였다.

3.2 Data

본 연구의 공간적 범위는 2005-2010년 사이에 풍수해 피해가 있었던 227개 시·군·구를 대상으로 한다. 종속변수는 자연재해피해로, 시·군·구의 2연 평균 피해액을 사

용하였다. 독립변수로는 선행연구들에 근거하여 자연재해 피해에 가장 큰 영향의 끼치는 지역의 기후 특성(재해 노출도), 물리적 특성, 그리고 지방정부 역량과 주거 취약성을 포함하였다. 비록 본 연구의 초점이 지역의 통합적 사회적 취약성이 아닌 재정 변수라는 개별의 사회적 취약성 변수에 맞추어져 있으나, 연구의 주된 목적 중 하나가 내생성으로 인한 통계적 편의의 개선임에 따라 누락된 변수로 인한 추가적인 통계적 편의를 발생시키지 않게 하도록 선행연구를 기반으로 한 사회적 취약성 변수들을 독립변수들로 포함하였다.

재해에 대한 노출에는 평균 강우량과 강우 강도를, 지방정부 역량에는 평균 재산세, 평균 사회복지예산 비중, 재해 예방시설 용량(저류지와 저수지), 인구 1,000명당 평균 공무원 수를 이용하였다. 개발 특성은 연평균 개발허가 건수, 도로 총면적, 노면 주차장 총면적을 이용하였으며 주거 취약 변수는 15년 이상 노후주택 평균 비율, 20세 미만 가구주 평균 비율, 독거노인 가구 평균 비율을 이용하였다. 도구변수

로는 지역 재정을 나타내는 변수들로 지역 재정자주도와 사업체 수를 이용하였다.

각 변수들의 기초통계량은 Table 1과 같다. 전체 샘플 개수는 227개이며 자연재해 피해액, 연평균 재산세, 사업체 수와 같이 지역 간 차이가 현격하여 표준편차가 크게 나타나 적절한 분석모형 수립을 방해하는 경우 자연로그를 취하여 이를 개선하였다.

4. 분석결과

Table 2는 OLS와 2SLS 분석 결과를 나타낸다. 강우량, 재산세, 개발허가 건수, 도로 총면적 변수는 유의미한 결과를 보였으며 독거노인가구 평균비율은 2SLS에서만 유의하게 나타났다. 2SLS 분석 결과를 기준으로 볼 때 연평균 강우량이 1 mm 증가할 때 재해피해액은 약 0.0047% 증가한다. 이는 절대적인 숫자로는 낮은 수치지만 다른 유의미한 변수들과 비교할 때 상대적으로 큰 영향이며 강우량이 풍수해피

Table 1. Descriptive Statistics of Variables (n=227)

Categories	Variables	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Natural Disaster Loss	Annual natural disaster losses (average of 6 years: 2005-2010) (logged)	8.36	18.26	12.95	1.76
Hazard Exposure	Annual precipitation (average of 6 years: 2005-2010)	956.50	1536.00	1332.52	157.93
	Annual rainfall intensity (average of 6 years: 2005-2010)	13.50	20.33	16.47	1.76
Local Government Capability	Annual property tax (average of 6 years: 2005-2010) (logged)	13.06	25.98	21.46	2.98
	Annual % of social welfare budget (average of 6 years: 2005-2010)	4.52	53.29	21.56	10.99
	Capacity of disaster prevention facilities (reservoirs and retention) (unit: 1,000 ton)	.00	720000.00	18607.67	81465.03
	Annual number of public officials per 1,000 capita (average of 6 years: 2005-2010)	1.58	35.24	7.60	5.57
Development Features	Annual number of development permissions (average of 6 years: 2005-2010)	.00	4825.67	305.71	434.64
	Gross area of roads (unit: m ²)	30867.00	27556369.33	4457574.25	4110350.30
	Gross area of off-street parking lots (unit: m ²)	.00	590444.67	65251.75	78131.03
Housing Vulnerability	Annual % of houses more than 15 years old (average of 2005, 2010 population and housing census)	9.89	77.08	44.72	12.55
	Annual % of households with householders less than 20 years of age (average of 2005, 2010 population and housing census)	2.81	29.47	11.41	6.99
	Annual % of single-elderly-households (average of 2005, 2010 population and housing census)	3.38	27.34	12.12	6.87
Instrument Variables	Annual local financial dependence rate (average of 6 years: 2005-2010)	8.47	84.82	28.75	16.61
	Annual number of businesses (average of 6 years: 2005-2010) (logged)	6.97	11.05	9.13	0.98

Table 2. OLS and 2SLS Predicting Damage from Natural Disasters

Categories	Variables	OLS			2SLS		
		Coef.	Std.Err.	sig	Coef.	Std.Err.	sig
Local Finance (Endogenous Variable)	Annual property tax (average of 6 years: 2005-2010) (logged)	-0.1459	0.0419	0.0006***	-0.3048	0.1048	0.0036**
Hazard Exposure	Annual precipitation (average of 6 years: 2005-2010)	0.0046	0.0008	0.0000***	0.0047	0.0009	0.0000***
	Annual rainfall intensity (average of 6 years: 2005-2010)	0.0392	0.0758	0.6060	0.0502	0.0763	0.5109
Local Government Capability	Annual % of social welfare budget (average of 6 years: 2005-2010)	-0.0116	0.0152	0.4463	-0.0104	0.0153	0.4941
	Capacity of disaster prevention facilities (reservoirs and retention) (unit: 1,000 ton)	-0.0000	0.0000	0.3114	-0.0000	0.0000	0.3603
	Annual number of public officials per 1,000 capita (average of 6 years: 2005-2010)	-0.0022	0.0383	0.9535	-0.0580	0.0511	0.2560
Development Features	Annual number of development permissions (average of 6 years: 2005-2010)	0.0006	0.0003	0.0281*	0.0006	0.0003	0.0187*
	Gross area of roads (unit: m ²)	0.0000	0.0000	0.0102*	0.0000	0.0000	0.0059**
	Gross area of off-street parking lots (unit: m ²)	-0.0000	0.0000	0.9809	0.0000	0.0000	0.5374
Housing Vulnerability	Annual % of houses more than 15 years old (average of 2005, 2010 population and housing census)	-0.0161	0.0012	0.1805	-0.0152	0.0121	0.2062
	Annual % of households with householders less than 20 years of age (average of 2005, 2010 population and housing census)	0.0305	0.0514	0.5532	0.0390	0.0518	0.4519
	Annual % of single-elderly-households (average of 2005, 2010 population and housing census)	0.1086	0.0568	0.0574	0.1251	0.0579	0.0307*
constant		8.0696	1.6201	0.0000***	11.0718	2.4347	0.0000***
F-value		10.9811			-		
R-Squared (Pseudo R-squared)		0.3811			0.3522		

N = 227, ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

해액에 미치는 영향이 다른 변수들에 비교해 크기는 하지만 절대적이지는 않을 수 있다는 것을 알 수 있다. 개발허가 건수의 경우 1건당 재해피해가 0.0006% 증가하였다. 도로 총면적의 경우 면적이 늘어날수록 재해피해도 증가하였으나 이는 0.0001% 미만에 해당하여 변수가 유의미함에도 불구하고 상대적으로 영향이 미미한 것으로 보인다. 독거노인 가구 평균비율이 1% 늘 때 재해피해액은 약 0.0579%가 증가하는 결과를 보였다. 주목할 부분은 내생변수인 재산세의 계수가 OLS에서는 -0.15였으나 2SLS에서는 -0.30으로 두 배로 늘어났다는 것이다. 이는 2단계 최소자승법의 적용이 내생변수와 종속변수가 서로 역방향의 영향을 가짐으로써 내생변수가 미치는 영향이 과소평가되는 문제를 개선할 수 있다는 가정에 부합한다. 2SLS의 결과에 따라 지역의

재정이 1% 증가할 때 재해 피해는 약 0.3%가 감소하는 것으로 나타났다. 비록 R-squared 값이 OLS 대신 2SLS를 적용함으로써 0.3811에서 0.3522로 떨어졌으나, 2SLS를 적용하는 목적은 독립변수들이 종속변수에 대해 가지는 설명력을 높이는 것이 아니라 계수에 영향을 미치는 내생성을 제거하기 위함이다. 또한, 본래의 내생변수와 달리 종속변수와 상관관계가 없는 도구변수들에 의해 설명된 값이므로 R-squared 값의 하락이 2SLS 모형 적용의 부적합함을 의미하지는 않는다. 도출된 모형의 변수들은 자연재해피해를 약 35.22% 설명하며, 일반적으로 사회과학에서의 정량 분석 연구 시 R-squared 값이 약 30% 이상이면 상당히 설명력 있는 결과로 받아들여짐에 따라 모형의 구성이 적절했다고 판단할 수 있다.

Table 3은 Durbin-Wu-Hausman Test를 통한 내생성 검정 결과이며, 내생변수가 90% 신뢰구간에서 내생성을 가진다는 결과를 나타낸다. 비록 내생성이 존재한다는 가정은 통계적 분석이 아니라 이론적 고찰 및 논의를 통해 연구자의 판단으로 이루어져야 하나, Durbin-Wu-Hausman Test의 결과는 내생성의 존재에 대해서 추가적인 검정을 제시해준다.

Table 3. Result of Durbin-Wu-Hausman Test

Durbin-Wu-Hausman Chi-sq	P-value
4.37624	0.03645*

N = 227

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

5. 결 론

본 연구는 지역의 사회적 취약성이 자연재해 피해에 미치는 영향을 변수의 내생성을 제거하는 2단계 최소자승법을 이용하여 분석하였다. 강우량, 재산세, 개발허가 건수, 도로충면적, 독거노인 가구 평균비용이 재해피해액에 부정적 영향을 가중하는 것으로 나타났다. 이에 반해 지방정부의 재산세 변수의 경우 재해피해액을 줄이는 결과를 보여 재정적 특성이 재해대응역량에 긍정적인 영향을 미쳐 피해를 줄이는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 분석모형에 있어서는 2SLS가 OLS에서 존재하던 내생성을 제거함으로써 내생변수인 재산세 변수의 영향이 약 두 배로 증가하여 모형의 적용이 유의미하다는 것을 확인할 수 있다.

지방정부의 재정 역량이 자연재해피해액을 낮춘다는 본 연구의 결과는 두 가지 함의를 가진다. 첫 번째는 자연재해대책에서 지역의 재정 격차 고려의 필요성이다. 재해대응대책 수립을 지자체 재정에 의존할 경우, 재정수입이 적은 지역은 필연적으로 재해 저감 및 예방에 적은 예산을 배분할 수밖에 없다. 재해의 발생은 불확실성이 크므로 다른 공공부문에 투자할 예산을 일어날 것인지도 확실치 않은 재해 예방에 투입하라고 강제할 수는 없다. Kusumasari and Alam (2010)은 지방 재정역량이 재해 관리 중에서도 특히 저감 단계의 활동에 부정적인 영향을 미친다고 주장하였다. 이는 재정이 부족한 지역은 재해 저감 활동에 소극적일 수밖에 없고 이것이 결국 재해 발생 시의 피해로 이어진다는 것을 의미한다. 따라서 재정 부족으로 인한 재해 예방 실패를 막기 위해 중앙 차원에서 사후가 아닌 사전 재해 예방지원금 보조 등의 대책에 대해 고려가 필요하다.

두 번째로는 재해 저감 및 예방을 위한 예산원을 다양화하는 방법에 대한 고민이 필요하다. 국민의 생명과 재산을 보호하는 것은 국가의 책무이므로 여전히 대부분의 재해대책을 위한 재정의 출처가 국가이다. 하지만 정부 재정 외에도 지역에서 조달할 수 있는 민간 부문의 재해 관련 예산을

발굴하고 다양화할 경우 더욱 유연하고 다각화된 재해 대응 대책수립이 가능할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었습니다(NRF-2013S1A5A8024272).

References

- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., and Wisner, B. (1994) *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. Routledge, New York.
- Bolin, R., and Stanford, L. (1991) Shelter, Housing, and Recovery: A Comparison of U.S. Disasters. *Disasters*, Vol. 15, No. 1, pp. 24-34.
- Brody, S.D., Zahran, S., Vedlitz, A., and Grover, H. (2008) Examining the Relationship between Physical Vulnerability and Public Perceptions of Global Climate Change in the United States. *Environment and Behavior*, Vol. 40, No. 1, pp. 72-95.
- Comerio, M. (1998) *Disaster Hits Home: New Policy for Urban Housing Recovery*. Univ. of California Press, Berkeley, CA.
- Cutter, S.L., Boruff, B.J., and Shirley, W.L. (2003) Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, Vol. 84, No. 2, pp. 242-261.
- Cutter, S. L., and Finch, C. (2008) Temporal and Spatial Changes in Social Vulnerability to Natural Hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 105, No. 7, pp. 2301-2306.
- Djalante, R., Thomalla, F., Sinapoy, M.S., and Carnegie, M. (2012) Building Resilience to Natural Hazards in Indonesia: Progress and Challenges in Implementing the Hyogo Framework for Action. *Natural Hazards*, Vol. 62, No. 3, pp. 779-803.
- French, S.P., Lee, D., and Anderson, K. (2010) Estimating the Social and Economic Consequences of Natural Hazards: Fiscal Impact Example. *Natural Hazards Review*, Vol. 11, No. 2, pp. 49-57.
- Frey, W.H., and Singer, A. (2006) *Katrina and Rita Impacts on Gulf Coast Populations: First Census Findings*. Brookings Institute, Washington, DC.
- Gujarati, D.N. (2009) *Basic Econometrics*. McGraw-Hill.
- Kang, J.E. (2009) *Mitigating Flood Loss Through Local Comprehensive Planning in Florida*. Ph.D. dissertation, Texas A&M University.

- Kusumasari, B., and Alam, Q. (2012) Bridging the Gaps: The Role of Local Government Capability and the Management of a Natural Disaster in Bantul, Indonesia. *Natural Hazards*, Vol. 60, No. 2, pp. 761-779.
- Kusumasari, B., Alam, Q., and Siddiqui, K. (2010) Resource Capability for Local Government in Managing Disaster. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, Vol. 19, No. 4, pp. 438-451.
- Lee, D. (2012) *The Impact of Natural Disasters on Neighborhood Change*. Ph.D. dissertation, Georgia Institute of Technology.
- Mustafa, D. (2002) To Each According to His Power? Participation, Access, and Vulnerability in Irrigation and Flood Management in Pakistan. *Environ. Plan. D.*, Vol. 20, pp. 737-752.
- Pelling, M. (1997) What Determines Vulnerability to Floods: A Case Study in Georgetown, Guyana. *Environ. Urbanization*, Vol. 9, No. 1, pp. 203-226.
- Pelling, M. (1998) Participation, Social Capital and Vulnerability to Urban Flooding in Guyana. *J. Int. Dev.*, Vol. 10, pp. 469-486.
- Quarantelli, E.L. (1995) Patterns of Sheltering and Housing in U.S. Disasters. *Disaster Prevention and Management*, Vol. 4, No. 3, pp. 43-53.
- Tang, Z., Brody, S.D., Quinn, C., Chang, L., and Wei, T. (2010) Moving from Agenda to Action: Evaluating Local Climate Change Action Plans. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 53, No. 1, pp. 41-62.
- Yoon, D.K. (2012) Assessment of Social Vulnerability to Natural Disasters: A Comparative Study. *Natural Hazards*, Vol. 63, No. 2, pp. 823-843.

Received	■ August 29, 2017
Revised	■ September 5, 2017
Accepted	■ September 11, 2017