

토지이용특성과 자연재해 피해액의 상관성 분석

심재헌^{1*}, 김자은¹
¹부산대학교 도시공학과

An Analysis on the Interrelationship between Land-use Characteristics and Damages caused by Natural Hazards

Jae Heon Shim^{1*} and Ja Eun Kim¹

¹Department of Urban Engineering, Pusan National University

요 약 국내의 자연재해 관련 연구들은 토지이용관리를 통한 비구조적 접근이 재해저감에 있어 효과적인 수단임을 언급하고 있으나, 분석과정에서 토지이용과 관련된 미시적 접근은 극히 제한적으로 이루어져 왔다. 이와 같은 맥락에서 본 연구는 공간상에 상이한 형태로 분포하는 토지이용특성들이 자연재해에 따른 피해액에 미치는 영향을 규명한다. 실증분석의 결과를 살펴보면, 불투수지역 면적, 공업지역 면적, 나지면적, 하천면적 등은 자연재해 피해액에 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 제방시설의 면적은 자연재해 피해액과 강한 부(-)의 상관성을 가지는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과에 기초하여 본 연구에서는 토지이용측면에서의 효율적인 자연재해 저감방안을 제시한다.

Abstract This study examines the effect of diverse land-use characteristics on the total sum of damages caused by natural hazards. The empirical results show that impermeable layer area, industrial land area, bare land area, stream area, and so on have a positive influence on damages, and that the area of levee has a strongly negative relationship with them. Therefore, this study strives to propose some efficient natural hazard mitigation ways in terms of land-use planning, based on our empirical findings.

Key Words : Land-use Characteristics, Natural Hazards, Damages, Impermeable Layer, Mitigation

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 기후변화의 영향으로 태풍, 집중호우, 가뭄 등과 같은 자연재해는 다양한 형태로 빈번하게 발생하고 있고, 이로 인해 도시지역에서는 심각한 인명 및 재산 피해가 나타나고 있다. 국내의 경우 과거 성장위주의 개발로 인해 도시개발에 안전의 개념이 충분히 반영되지 못하였으며, 기존의 자연재해 저감방안은 자연현상의 예측불가능성이라는 본질적 특성에 기인하여 대응(response) 및 복구(recovery) 중심의 소극적인 대처로 적지 않은 문제점을 내포하고 있었다. 그러나 인간과 환경을 배려하는 안

전사회에 대한 관심이 높아짐에 따라 자연재해 저감방안에 있어서도 댐 또는 제방 건설과 같은 구조적 접근에서 나아가 도시 및 건축계획과 연계된 비구조적 정책이 반영되고 있다.

국외의 재난관리정책을 살펴보면 장기적 관점에서 사전예방 위주의 저감(mitigation) 및 대비(preparedness) 단계에 초점을 둔 비구조적 접근을 중요시하고 있음을 알 수 있다. 국내에서도 2005년 「자연재해대책법」이 개정되어 사전재해관리를 위한 법적 근거가 마련되었으나, 국내의 정책은 아직까지 구조적 부문에 편중됨으로써 비구조적 부문의 구체적인 방안을 제시하지 못하는 한계점이 있다. 아울러 국내의 최근 연구들은 불투수지역의 확대와

본 연구는 국제학술대회 Green & Smart Technology 2012에 제출된 원고의 내용을 수정·보완하여 재구성한 것임

*Corresponding Author: Jae Heon Shim

Tel: +82-10-7433-7970 email: cogito128@gmail.com

접수일 12년 06월 08일

수정일 (1차 12년 08월 09일, 2차 12년 09월 03일)

계재확정일 12년 09월 06일

고밀도 개발이 자연재해에 따른 피해를 배가시킬 수 있음을 지적하고, 토지이용관리를 통한 비구조적 접근이 재해저감에 있어 효과적인 수단임을 언급하고 있으나, 분석과정에서 토지이용과 관련된 미시적 접근은 극히 제한적이었음을 확인할 수 있다.

이와 같은 맥락에서 공간상에 상이하게 분포하는 토지이용패턴과 자연재해 피해액의 상관성을 규명할 필요성이 제기된다. 따라서 본 연구에서는 다양한 토지이용특성이 자연재해 피해액에 미치는 영향을 실증적으로 분석하고, 이를 바탕으로 향후 자연재해 저감 및 대비를 위한 토지이용측면의 계획적 관리방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

자연재해로 인한 경제적 피해의 유발원인 중 내적요인에 속하는 토지이용특성을 중심으로 효율적인 자연재해 저감방안을 제시하는 본 연구의 공간적 범위는 수도권으로 분류되는 서울시, 인천시, 경기도 전역에 해당한다. 분석의 공간적 단위는 서울시와 인천시는 자치구·군으로, 경기도는 시·군으로 설정하였는데, 이는 특별시 및 광역시의 자치구군은 도의 시군과 위계가 동일한 것으로 간주하는 「지방자치법」 제3조(지방자치단체의 법인격과 관할)에 근거하였다. 따라서 분석시점의 자연재해로 인한 재산 피해액 자료를 구득할 수 없는 서울시 일부 구를 제외한 수도권 64개 시·군·구가 분석대상으로 선정되었다. 분석의 시간적 범위는 최근 5년(2007-2011) 이내에 자연재해로 인한 피해가 가장 크게 발생하였던 2010년을 기준으로 하였다.

분석방법에 있어서는 STATA 11.1을 통계적 도구로 하여 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 수행하였는데, 이와 같은 기법이 피해액에 영향을 미치는 다양한 토지이용특성 등의 변화를 제어하면서 각 요인의 영향력을 살펴보는 데 적합하기 때문이다. 또한, 분석에 사용되는 데이터를 구축하는 과정에서는 환경부에서 제공하는 1:25,000 축척의 토지피복지도(2009) 등을 바탕으로 ArcGIS 9.3을 이용하였다.

2. 이론적 논의

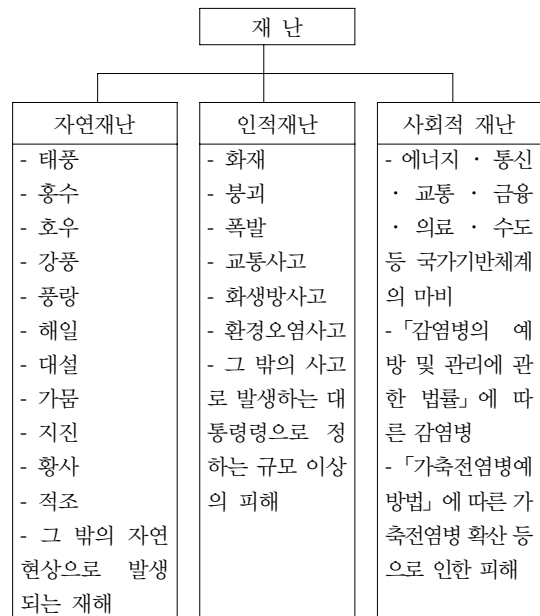
2.1 자연재해의 개념 및 범위

「재난 및 안전관리기본법」 제3조 1항에 따르면 재난은 “국민의 생명·신체 및 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것”으로 정의된다(그림 1). 재난 중에서도 자연재해(natural hazard)는 “태풍·홍수·호우·강풍·풍랑

·해일·조수·대설·낙뢰·지진·황사·그밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해”를 의미한다(자연재해대책법 제2조 2항).

법률상 정의에서 나타난 바와 같이 태풍, 홍수 등이 인간에게 피해를 입히지 않은 경우에 이는 단순한 자연현상에 불과하며, 자연재해는 자연현상으로 인해 인명피해나 재산상의 피해가 발생한 경우만을 지칭한다. 다시 말해서 자연재해는 인구사회적(social-demographic) 요소와 밀접한 관련이 있으며, 외부의 자연적 힘에 의해 유발되어 인간에게 악영향을 끼치는 물리적 요소로 정의할 수 있다.

자연재해 피해의 발생원인은 크게 외적요인과 내적요인으로 분류할 수 있다. 외적요인에는 기후변화로 인한 태풍 및 집중호우, 해수면 상승 등이 있고, 내적요인에는 인구증가, 도시팽창과 토지이용의 고밀화 등이 있다. 근래에는 외적요인과 내적요인의 관련성이 지속적으로 증가하면서 피해의 규모가 확대되는 추세에 있다.



【그림 1】 「재난 및 안전관리기본법」 법률상 재난의 분류
 【Fig. 1】 Classification of disasters by the current law

근래에 자연재해로 인한 피해를 최소화하기 위한 다양한 자연재해 저감방안들이 제기되고 있으며, 이는 재해의 진행경과와 대응활동에 따라 사전관리 단계인 저감과 대비, 사후관리 단계인 대응과 복구로 분류된다. 저감단계는 재해가 발생하기 전에 잠재적인 요인을 분석하고 요인별로 그 피해 가능성을 낮추기 위한 일련의 활동들이

해당되며, 대비단계는 재해에 대응하기 위한 계획의 수립 및 지자체의 운영 능력을 개발시키려는 활동을 수반한다. 대응단계는 재해로 인한 피해를 응급복구하고 반복적인 재해의 발생 가능성을 감소시키는 것이며, 마지막 단계인 복구는 재해발생 후 본래의 기능이 회복될 때까지 시설을 복구하거나 이재민을 지원하는 활동 등을 의미한다. 이 네 가지 단계는 상호 단절적인 과정이라기보다는 저감 및 대비단계에서 시작하여 시간의 흐름에 따라 대응 및 복구단계까지 이어지는 상호 순환적인 성격을 갖고 있다.

2.2 선행연구 고찰

기후변화의 영향으로 자연재해에 의한 인명 및 재산의 피해가 증가함에 따라 자연재해 취약성에 관한 연구들이 근래에 폭넓게 수행되고 있으며, 이들 연구는 기후적·지역적 특성 등을 포함하여 자연재해 피해액에 영향을 미치는 요인들을 규명하고 자연재해 저감방안을 제시하는데 주안점을 두고 있다.

최충익(2003)은 도시의 자연재해에 의한 피해가 기후적 요소와 더불어 도시적 토지이용 면적의 증가와 밀접한 관계가 있음을 밝히고자 하였다. 연강수량, 하천면적, 인구, 도시적 토지이용면적을 고려한 실증분석의 결과 도시적 토지이용면적이 1ha 증가할 때 자연재해 피해액은 75.9% 증가하는 것으로, 인구가 천명 증가할 때 자연재해 피해액은 57.9% 증가하는 것으로 나타났다[1].

장옥재·김영오(2009)는 기존의 재해위험도 평가방식의 문제점을 제기하고, 수자원장기종합계획에서 적용되고 있는 홍수피해잠재능(Potential Flood Damage)을 활용한 홍수 피해위험도의 평가방안을 제시하였다. 이 연구는 과거 홍수피해금액과 강우량, 지역의 인문·사회·경제학적 요인들을 반영한 분석을 수행하고, 그 결과를 바탕으로 홍수취약성 지수(Flood Vulnerability Index)를 도출함으로써 홍수 피해위험도를 평가하였다[2].

박태선 등(2010)은 지역별 홍수피해의 잠재적 위험성을 파악할 수 있는 홍수피해지표(Flood Damage Index)를 제안하였다. 홍수피해지표는 자연적·사회적·정책적·시설적 요인으로 분류된 11개의 변수로 구성되며, 여기에 전문가 조사를 통한 점수할당법을 적용하여 전국 229개 시·군·구의 잠재적 홍수피해 위험성을 비교분석하였다. 전문가들은 고려된 변수 중에서 연평균 강우량, 하천밀도, 인구밀도, 하천관리인력, 제방연장, 투수지 면적 등의 순으로 홍수피해에 미치는 영향력이 클 것으로 예측하였다[3].

강정은 등(2011)은 공원, 완충녹지, 공공공지, 내륙 및 해양습지로 구성되는 그린인프라의 방재효과를 실증적

로 분석하였다. 분석의 결과 그린인프라 면적이 1% 증가할 때 홍수로 인한 재산피해액이 약 6.4%가량 감소하는 것으로 나타났다. 또한 그린인프라와 더불어 지역의 평균 경사 및 저지대 면적, 해안가 인접여부, 댐용량 등이 홍수에 의한 재산피해액에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다[4].

앞서 언급된 연구들은 토지이용측면에서 불투수지역의 확대가 자연재해 피해액과 밀접한 상관성이 있음을 지적하고 있다. 그러나 이들 연구에서는 불투수지역 면적을 토지이용현황자료에 제시된 대지, 학교, 공장, 도로 면적의 합계로 산정함으로써 데이터의 부정확성을 내포하고 있을 뿐만 아니라, 주거지역, 상업지역, 공업지역, 농업지역, 나지, 습지, 초지, 하천 등 다양한 형태로 존재하는 토지이용상황을 고려하지 않은 한계점을 내포하고 있다. 이에 본 연구는 위성영상에 기반한 토지피복지도 자료를 사용하여 지표면의 현 상황을 현실적으로 반영하고, 나아가 공간상에 상이하게 분포하는 토지이용패턴을 세분화함으로써 토지이용특성과 자연재해 피해액의 상관성을 보다 미시적으로 살펴보고자 한다.

3. 분석모형 및 변수구성

기존의 관련 연구에서 언급한 바와 같이 자연재해에 의한 피해액은 복합적인 요인들에 의해 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 이들 연구의 분석결과를 간략히 살펴보면, 최충익(2003)은 도시적 토지이용면적과 인구가 자연재해 피해액에 미치는 유의한 영향력을 규명하였으며, 이와 유사하게 장옥재·김영오(2009)는 인구증가는 홍수 취약성을 높이는 반면, 녹지면적의 증가는 홍수방어에 효과적임을 밝혔다[1-2]. 또한 박태선 등(2009)이 홍수피해의 잠재적 위험성을 산정하기 위해 전문가 조사를 실시한 결과, 연평균 강우량, 하천밀도, 인구밀도, 제방연장, 투수지 면적 등이 홍수피해에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 강정은 등(2011)은 그린인프라 면적, 지역의 평균경사 및 저지대 면적, 해안가 인접여부, 댐용량 등이 홍수로 인한 인구 천명당 재산피해액에 영향을 미치고 있음을 언급하였다[3-4].

본 연구에서는 앞서 살펴본 선행연구의 분석결과에 기초하되, 공간상에 상이한 형태로 분포하는 토지이용패턴과 자연재해 피해액의 상관성을 규명하는데 주안점을 두어 실증분석에 사용되는 분석모형을 다음의 수식(1)과 같이 구성하였다. 이는 인구밀도와 같은 인구적 특성, 제방 시설과 같은 재해방어적 특성, 불투수지역, 주거지역, 상업지역, 공업지역, 하천 등 토지이용패턴을 나타내는 토

지이용특성을 포함한다.

$$D = f(c_{demographic}, c_{preventive}, c_{landuse}) \quad (1)$$

D : 자연재해 피해액(damages)

$c_{demographic}$: 인구적 특성

$c_{preventive}$: 재해방어적 특성

$c_{landuse}$: 토지이용특성

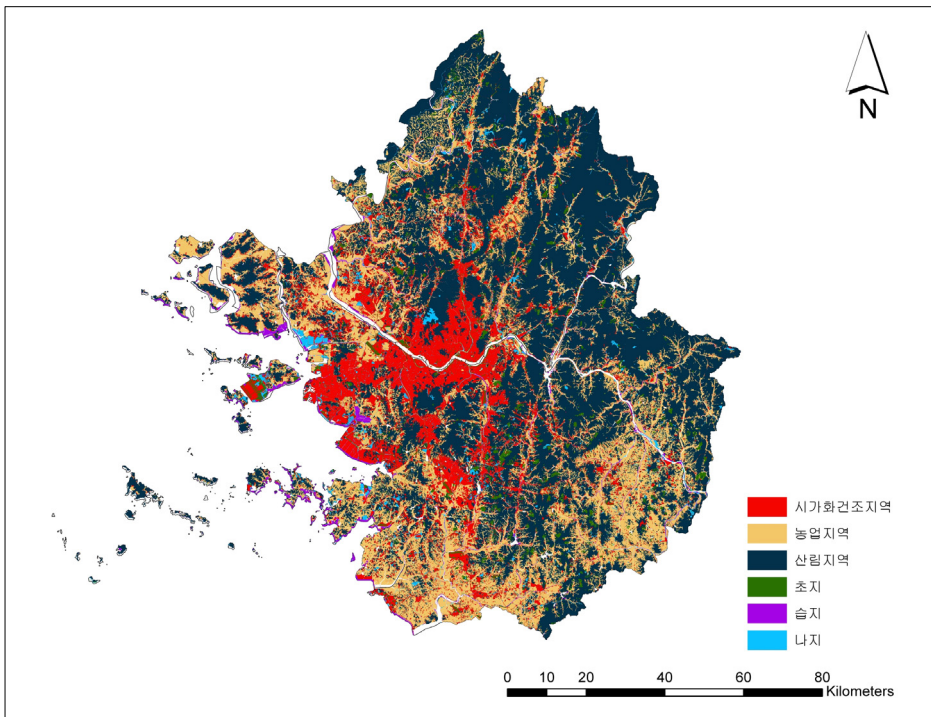
표 1에는 실증분석을 수행하기 위해 구축된 변수가 제시되었다. 우선 종속변수로는 소방방재청 재해연보(2010)를 활용하여 2010년 기준의 수도권 자연재해 피해액 중에서 태풍·호우·홍수·강풍 등에 기인한 피해액을 사용하였다[5]. 이는 국내 자연재해 피해액의 90% 이상을 차지하는 풍수해를 원인으로 하는 피해액을 의미하며, 여기에는 대설 및 풍랑에 의한 피해액은 포함되지 않았다. 설명변수 중 인구적 특성에 해당하는 인구밀도 변수는 통계청 인구총조사(2010) 자료의 행정구역(시·군·구)별 인구자료를, 재해방어적 특성에 속하는 제방시설의 면적변수는 통계연보(2010) 토지지목별 현황자료를 참고하였다. 또한 토지이용특성에 속하는 변수의 대다수는 1:25,000 축척의 토지피복지도(2009)를 이용하여 그림 2

와 같이 해당변수의 면적을 추출하여 산정한 값을 사용하였다[6]. 앞서 언급된 이들 변수값의 분포범위는 표 2의 기초통계량에 제시된 바와 같다.

[표 1] 변수의 구성

[Table 1] Explanation of variables used

구분	변수명	단위	변수설명	
종속변수	피해액	백만원	자연재해에 의한 피해액	
설명변수	인구적 특성	인구밀도	천명/km ²	해당지역(시·군·구)의 인구밀도
	재해방어적 특성	제방	km ²	제방시설 면적
	토지이용 특성	불투수지역	km ²	불투수지역 면적
		주거지역	km ²	주거지역 면적
		상업지역	km ²	상업지역 면적
		공업지역	km ²	공업지역 면적
		하천	km ²	하천면적
		농업지역	km ²	농업지역 면적
		공원	km ²	공원면적
		초지	km ²	자연초지 면적
습지	km ²	내륙습지 면적		
나지	km ²	기타나지 면적		



[그림 2] 대상지역의 토지이용패턴

[Fig. 2] Land-use patterns in our study area

[표 2] 표본의 기초통계량

[Table 2] Descriptive statistics

변수명	평균	표준편차	최소	최대
피해액 (백만원)	1713.44	2,069.40	15.60	11,660.56
인구밀도 (천명/km ²)	16.93	10.78	1.52	41.28
제방(km ²)	0.42	0.58	0.00	2.53
불투수지역(km ²)	27.94	21.72	5.51	102.87
주거지역(km ²)	12.50	10.03	1.92	42.97
상업지역(km ²)	2.38	1.99	0.01	9.88
공업지역(km ²)	4.45	7.01	0.00	36.86
하천(km ²)	7.13	11.05	0.00	46.97
농업지역(km ²)	46.88	77.95	0.00	317.02
공원(km ²)	2.48	2.20	0.00	9.51
초지(km ²)	1.03	1.89	0.00	8.90
습지(km ²)	1.38	2.34	0.00	10.55
나지(km ²)	5.01	8.05	0.17	53.89

4. 실증분석

본 연구에서는 자연재해 피해액에 대한 정확한 함수식을 추정하는 것을 목적으로 하기보다는 공간상에 다양한 형태로 분포하는 토지이용패턴이 자연재해 피해액과 어떠한 상관성을 갖는지의 여부에 주안점을 두었다. 따라서 최적함수의 추정을 위해 복잡한 함수형태로의 변환과정을 수행하기보다 기본적인 선형형태의 OLS (ordinary least square) 회귀분석을 실시하여 토지이용특성이 자연재해 피해액에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

분석과정에서 설명변수 간에 존재할 수 있는 다중공선성 문제를 확인하기 위해 회귀계수의 분산팽창계수 (variance inflation factor, VIF) 값을 검토하였으며, Neter 등(1996)이 제시한 기준에 따르면 어떠한 값도 10을 초과하지 않으므로 심각한 다중공선성은 나타나지 않음을 알 수 있다. 그러나 잔차분석의 결과 모형 전반에 걸쳐 강한 이분산성(heteroscedasticity)이 존재하는 것으로 나타나 최종적 추정에 있어서는 이분산 robust 회귀분석(regression with robust standard errors)이 수행되었다.

표 3에는 실증분석에 반영된 설명변수의 변화에 따른 결과가 제시되었으며, 모형의 설명력(Adj R²)은 27.7-52.5%의 분포를 보인다. Model 1은 자연재해 피해액에 유의한 영향력을 미치는 것으로 예상되는 불투수지역(Impermeable), 즉 토지피복도상의 시가화건조지역 면적과 더불어 하천(Stream) 변수가 반영된 모형으로서 두 변

수만으로 27.7%의 설명력을 보이는 것을 알 수 있다.

Model 2는 불투수지역을 주거지역, 상업지역, 공업지역으로 세분하여 투입한 모형으로서 주거지역(Residential) 및 상업지역(Commercial) 변수는 통계적 유의성을 나타내지 않은 반면, 공업지역(Industrial) 및 하천(Stream) 변수는 유의수준 10%에서 유의한 것으로 나타났다. Model 3은 앞서 살펴본 Model 2에서 통계적 유의성이 확보되지 않은 주거지역 및 상업지역 변수를 제외하고, 농업지역·공원·초지·습지·나지 면적과 같은 다양한 토지이용특성 변수와 인구학적 특성 및 재해방어적 특성으로 각각 구분되는 인구밀도와 제방면적 변수를 추가적으로 투입한 모형으로서 이를 통해 자연재해 피해액 변동의 52.5%를 설명할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 Model 3에 제시된 분석결과를 중심으로 회귀계수의 통계적 유의성, 방향성 및 크기 등을 살펴보면 다음과 같다.

토지이용특성에 속하는 다양한 변수들의 통계적 유의성을 살펴보면, 공업지역(Industrial)·농업지역(Agricultural)·인구밀도(Density) 변수는 유의수준 5%에서 유의한 것으로 나타났으며, 하천(Stream) 및 나지(Bareland) 변수는 1% 수준에서 유의성을 보였다. 구체적으로, 공업지역(Industrial)이 1km² 증가할 때 자연재해에 따른 피해액은 약 114.59백만 원 증가하는 것으로 나타났다. 이는 기존 연구의 실증분석에서 자연재해 피해액에 영향을 미치는 것으로 규명된 불투수지역 중에서도 공업지역이 차지하는 면적이 피해액에 유의한 정(+)의 상관관계를 가지고 있음을 의미하며, 제조업의 수도권 집중현상에 따른 결과로 해석될 수 있다. 하천(Stream)은 면적이 1km² 증가할수록 59.60백만 원 가량의 자연재해 피해액 상승이 나타나는 것으로 분석되었는데, 이는 태풍, 집중호우 등에 따른 하천범람이 인근지역에 직접적인 경제적 피해를 유발함을 의미한다. 농업지역(Agricultural)은 면적이 1km² 증가할 때 자연재해 피해액은 약 18.21백만 원 증가하는 것으로 분석되었는데, 이는 토지이용상황에 있어 전(田), 담(畓), 하우스 재배지 및 과수원의 형태로 공간상에 분포하는 농업지역이 자연재해에 대한 취약한 환경을 가지고 있음을 나타낸다. 예상과는 달리 공원(Park)·초지(Grassland)·습지(Wetland) 변수는 모두 유의하지 않은 것으로 나타났는데, 이는 본 연구의 공간적 범위인 수도권 내 녹지공간의 기능이 경관 및 쾌적성 제공에 한정됨으로써 유출수 배출량 증가로 인한 홍수 발생 등 자연재해에 대한 완화효과를 갖지 못하는 점에 기인한 것으로 판단된다. 나지(Bareland)의 경우 면적이 1km² 증가할수록 자연재해 피해액은 약 65.10백만 원 증가하는 것으로 나타나, 해당지역 내에 정비가 이루어지지 않은 상태로 입지하고 있는 나지는 자연재해에 강한 취약성을 내포하고 있다고 볼

[표 3] 실증분석 결과(종속변수: 자연재해 피해액)

[Table 3] Empirical results(dependent variable: regional damages by natural hazards)

Variable	Model 1		Model 2		Model 3	
	Coef.	VIF	Coef.	VIF	Coef.	VIF
Constant	130.517 (449.189)		484.416 (342.740)		-263.386 (647.767)	
Impermeable(km ²)	46.158** (21.047)	1.01				
Residential(km ²)			37.668 (43.082)	2.48		
Commercial(km ²)			-50.142 (148.802)	1.67		
Industrial(km ²)			133.548* (66.747)	1.69	114.587** (53.692)	1.95
Stream(km ²)	41.169** (20.249)	1.01	39.620* (20.321)	1.01	59.598*** (20.152)	2.01
Agricultural(km ²)					18.213** (7.137)	5.67
Park(km ²)					-110.954 (94.992)	1.17
Grassland(km ²)					-181.292 (270.882)	3.98
Wetland(km ²)					-192.927 (214.880)	3.95
Bareland(km ²)					65.098*** (21.337)	2.03
Density (1,000 people/km ²)					57.786** (22.466)	2.31
Levee(km ²)					-921.869** (402.559)	1.57
Goodness of fit	N = 64 Adj. R ² = 0.277 F(2, 61) = 6.71 Prob > F = 0.000		N = 64 Adj. R ² = 0.343 F(4, 59) = 3.79 Prob > F = 0.000		N = 64 Adj. R ² = 0.525 F(9, 54) = 11.87 Prob > F = 0.000	

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10 Robust standard errors in parentheses

수 있다.

인구적 특성에 속하는 해당지역의 인구밀도(Density)는 km²당 천명이 증가할 때 자연재해에 따른 피해액은 57.79백만 원 가량 증가하는 것으로 나타났다. 이는 경제 발전에 따른 도시의 고용기회 및 소득수준 증대, 도시화 경제(urbanization economy) 등으로 도시지역으로 인구가 집중하고 토지이용이 고밀화되는 현상이 자연재해에 의한 대규모 피해를 유발할 수 있음을 의미한다. 또한, 이와 같은 결과는 Model 1의 분석결과에서 불투수지역 면적이 자연재해 피해액과 유의한 정(+)의 상관관계를 가지는 점과 동일한 맥락으로 이해할 수 있다.

끝으로 재해방어적 특성에 속하는 제방(Levee)은 면적이 1km² 증가할수록 자연재해 피해액이 약 921.87백만 원 감소하는 것으로 나타났다. 이는 재해방어적 측면에서 제방시설의 확충이 자연재해에 따른 피해를 저감하는데 있어 상당한 효과를 가지고 있음을 의미한다.

5. 결론 및 정책적 시사점

본 연구는 공간상에 상이한 형태로 분포하는 토지이용 패턴을 세분화하고 이들 토지이용특성과 자연재해 피해액의 상관성을 분석하였다. 본 연구에서 수행된 실증적 분석결과를 바탕으로 향후 자연재해 저감 및 대비를 위한 다음과 같은 토지이용측면의 계획적 관리방안을 제시할 수 있다.

첫째, 토지이용특성과 관련하여 불투수지역의 확대는 자연재해 피해액을 증가시키는 것으로 나타났으며, 이는 기존 연구들의 분석결과와 양립한다고 볼 수 있다. 특히 대다수 도시지역은 자연재해 피해액을 증가시키는 불투수지역이 차지하는 비중이 높으므로 지표면의 투수층 증대와 배수시설의 확충을 위해 도시지역의 지하공간을 활용하는 방안이 요구된다.

둘째, 불투수지역을 주요한 기능지역인 주거지역, 상

업지역, 공업지역으로 세분화하여 살펴보면, 통계적 유의성이 확보되지 않은 주거지역 및 상업지역과 달리 공업지역 면적은 자연재해 피해액과 강한 정(+)의 상관관계를 가지는 것으로 분석되었다. 따라서 국내 제조업체수의 50% 가량이 밀집한 수도권의 경우에 공업지역을 대상으로 자연재해 취약성을 평가하고, 취약지역에 대한 사전재해영향성검토를 통하여 적합한 저감시설 또는 녹지시설 등을 의무적으로 확보하게 하는 방안이 필요하다.

셋째, 경관 및 쾌적성 제공 등 녹지공간이 제공하는 한정된 역할에서 나아가 자연 물순환 개념 등을 포함한 그린인프라의 다기능적 측면을 고려할 필요성이 제기된다. 즉, 그린인프라 구축을 통해 유출수 배출량 저감 및 비점오염원 제어, 수자원 확보 등과 같은 다양한 효과를 얻을 수 있는 방안을 도시의 배수체계에 도입해야 한다.

넷째, 관리와 정비가 이루어지지 않은 채 방치된 나지의 경우 자연재해에 취약한 환경을 가지고 있음을 알 수 있다. 이에 나지와 관련된 현황점검 및 정비와 더불어 해당 지자체에서 관리 가능한 재해저감 방안의 수립이 요구된다.

다섯째, 제방시설의 확충은 자연재해에 따른 피해를 상당한 수준으로 저감하는 효과를 갖는 것으로 나타났다. 그러나 제방시설 확충 등의 토목적·구조적 대책만으로는 예측불가능한 자연재해에 대처하는 데 한계가 있고, 추가적인 제방 건설과 기존 제방의 유지·관리에 소요되는 막대한 비용을 감안할 때 제방시설 확충 일변도의 자연재해 저감방안은 한계점을 내포한다. 따라서 방재선진국인 네덜란드의 'Room for the River' 프로젝트와 같이 홍수터의 유량 수용능력을 확보하고, 하천 주변의 저지대를 산림·습지·초지로 조성하는 등 토지이용계획 및 관리에 의한 비구조적 접근으로의 전환이 요구된다.

끝으로 본 연구의 한계점으로서 국내 관련 자료의 부정확성 및 자료구축상의 미비점으로 인하여 장기적으로 축적된 기상관측자료 및 지역별 자연재해 피해액 자료 등을 반영한 실증분석을 수행하지 못한 점과 자연재해의 발생지역과 피해지역이 일치하지 않을 수 있는 현실적 가능성을 고려하지 못한 점이 노정된다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 그동안 국내 연구에서 분석적 접근이 제한적이었던 다양한 토지이용패턴과 자연재해 피해액의 상관성을 규명하였다는 점에서 의의가 있다.

References

[1] C.I. Choi, "A Study on Natural Hazards Vulnerability in Urban Area Land Use Change -In case of Kyonggi Province-", Journal of Korea Planners Association,

Vol.40, pp.35-48, 2003.

- [2] O.J. Jang, et al., "Flood Risk Estimation Using Regional Regression Analysis", Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.9, pp.71-80, 2009.
- [3] T.S. Park, et al., "Flood Damage Index regarding Regional Flood Damage Characteristics", Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol.30, pp.361-366, 2010.
- [4] J.E. Kang, et al., "Urban Renewal Strategy for Adapting to Climate Change : Use of Green Infrastructure on Flood Mitigation", Report of Korean Environment Institute, 2011.
- [5] Disaster Annual Report, National Disaster Information Center, 2010.
- [6] Land cover Map, Environmental Geographic Information System(EGIS), 2009.
- [7] J.K. Go, "A Study on Vulnerability Assessment to Climate Change in Gyeonggi-Do", Report of Gyeonggi Research Institute, 2009.

심재현(Jae Heon Shim)

[정회원]



- 2009년 8월 : 부산대학교 대학원 도시공학과 (공학박사)
- 2010년 6월 ~ 2011년 6월 : 일리노이대학교 도시 및 지역계획학과 박사후연구원(post-doc)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 부산대학교 도시공학과 강사

<관심분야>

부동산 및 도시개발, 토지이용

김자은(Ja Eun Kim)

[정회원]



- 2008년 7월 ~ 2010년 1월 : 한성개발공사 도시계획부
- 2012년 2월 : 부산대학교 대학원 도시공학과 (공학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 대학원 도시공학과 박사과정

<관심분야>

지역계획, 방재정책