

Analyzing the Urban Socio-economic Factors that Affect the Damage Causes and the Consequences Before and After the Flood

- Focused on 25 Autonomous Districts in Seoul City -

Joong Shuk Youn[#], Yu Mi Kim, Kwang Hyun Yim, Jong In Beak⁺, Yong Un Ban⁺

¹ Department of Environmental, Urban and Chemical Engineering, Graduate School, Chungbuk National University

Abstract

This study analyzes the socioeconomic factors that affect the causes and consequences of the damages before and after the flood at 25 autonomous districts in Seoul and draw policy implications for reducing urban flood damage. To select the factors, we reviewed the literature and constructed the database using the 2011 Seoul Statistics and the CCGIS data. We then performed a correlation analysis to check the multi-collinearity and a stepwise regression analysis to analyze the effects. The results were as follows: (1) average gradient of region, permeability area ratio, and drainage capacity of inner basin were found to be common factors that affect the causes and consequences of the damages before and after the flood, 2) the improvement rate of embankment was deducted as distinct factor before the flood, and 3) the ratio of embankment area, the number of disabled people, the area of retarding reservoir and the ratio of hospital beds were deducted as distinct factors after the flood.

Key words: climate change, flood damage, socio-economic factors, flood vulnerability

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

전 세계적인 기후변화로 인해 태풍, 허리케인, 싸이클론, 집중호우 등의 기상이변에 의한 재해가 빈번하게 발생하고 있다. IPCC 4차 보고서에서는 기후변화로 인한 극한 사상의 발생 패턴이 변화함에 따라 홍수, 가뭄, 혹한, 폭염 등의 기상이변이 앞으로 더욱 더 심각해질

것이라고 보고하였으며, 실제 우리나라의 경우 2011년 7월 26~28일 3일 동안 서울에 587.5mm(3일 연속 강수량 1위, 1907년 기상관측 이래 최고기록)의 기록적인 집중호우로 수많은 인명손실과 엄청난 재산피해가 발생했다.

이러한 홍수에 의한 피해는 기후변화로 인한 지구 평균기온이 상승하여 강우강도 증가로 인해 폭우 발생이 증가한 이유와, 대부분 시가지 건조지역에 해당하는 도

[#] The 1st author: Joong Shuk Youn, Tel. +82-43-273-3391, Fax. +82-43-273-3393, e-mail, doldolking@nate.com

⁺ Corresponding author: Jong In Baek, Tel. +82-43-273-3391, Fax. +82-43-273-3393, e-mail, yahoback@nate.com
Yong Un Ban, Tel. +82-43-273-3391, Fax. +82-43-273-3393, e-mail, byubyu@cbu.ac.kr

시의 불투수면적 증가 및 도달시간 감소 등으로 인한 빈번한 침수발생에 그 이유가 있다고 할 수 있을 것이다.

도시지역은 자연유역과는 달리 인구나 시설물이 밀집해 있으며, 다양한 사회경제적 활동이 이루어지기 때문에 그 특성상 홍수에 많은 피해를 입을 수 있는 잠재력을 내포하고 있다. 이와 관련하여 Han(2007)은 인구 증가 및 자산증가에 따른 대도시는 결국 많은 인구와 자산, 무계획적인 개발, 저류공간 및 비상대피지역의 부족, 복잡한 사회기반시설 등으로 인해 홍수에 극히 취약하다고 언급하였으며, Kang, *et. al.*(2012)은 도시의 주차장, 건물, 도로 등의 불투수층 증가로 인해 땅속으로 우수가 흡수되어 저장될 수 있는 능력이 상실되어 표면유출은 크게 증가하지만, 유출이 하천에 도달하는 시간이 짧아져 홍수발생가능성을 더욱 증가시킨다고 밝히고 있다. 또한 Kim, *et. al.*(2011)은 도시지역이 도시화에 따라 비도시화지역과 비교하여 수문기상학적으로 많은 차이가 있으며, 도시화로 인한 이재민과 재산피해액이 급증을 언급하면서, 홍수피해를 일으키는 외력과 피해를 가중시키는 내적인 요소(불투수율 증가, 지하공간 활용증대, 방재시설 용량부족 등)에 대한 연구 및 접근이 필요하다고 언급하였다.

도시 지역의 홍수 피해를 저감하기 위해서는 도시가 갖고 있는 사회경제적 특성에 대한 고려가 정책에 반영될 필요가 있으며, 나아가 홍수 발생 시기별 피해원인 및 피해결과에 영향을 미치는 도시의 특성 요인분석을 통해 보다 실효성 있는 정책을 마련할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 서울시 25개 자치구를 대상으로 홍수 발생 전·후의 피해원인 및 결과에 영향을 미치는 사회경제적 영향요인을 분석하는 것이다.

II. 이론적 고찰

1. 기후변화와 도시 홍수 특성

기후변화의 영향은 도시지역에서 크게 나타나는데, 도시지역은 지구표면의 2%를 차지하고 있지만, 자원의 75%를 소모하고 폐기물의 75%를 생산하는 온실가스

배출 및 기후변화의 원인 제공 주체인 동시에 기후변화의 영향의 피해 대상이기도 하다(KRIHS, 2010). 도시지역은 인구밀도가 높고, 다양한 사회적 취약계층이 상주하고 있으며, 건물과 도로, 기반시설 등 개발밀도가 높으며, 대부분 지역이 불투수면적인 시가지지역에 해당되기 때문에 폭염, 폭설, 홍수, 가뭄 등의 기후변화 영향으로 인적·물적 피해와 자연생태계에 많은 피해가 발생한다.

특히, 기후변화로 인한 집중강우와 태풍, 홍수 등은 수문학적 변화를 가져오고 기존 도시 내 배수시설, 상하수도 시설의 용량에 압력을 가하며 건물, 도로, 주차장 등 불투수층의 급격한 증가로 인해 땅속으로 우수가 흡수되어 저장될 수 있는 능력이 상실되어 표면유출이 크게 증가하거나 유출이 하천에 도달하는 시간이 짧아져 홍수발생 가능성이 크게 증가하게 된다(Kang, *et. al.*, 2011).

이와 관련한 일례로, 서울은 2010년 9월 21일, 추석 연휴 첫날에 내린 259.5mm의 집중호우로 도심인 광화문 청계천 부근에 큰 피해가 발생하였고, 2011년 7월 27일 중부지방에 발생한 호우는 서울 서초구에 오전 6시 50분부터 8시 50분까지 164mm의 강우를 기록하여 지속시간 2시간 100년 빈도에 해당하는 156.1mm를 초과하였다(Sung, *et. al.*, 2012).

물의 순환은 지표와 지표아래에서의 지속적인 물의 이동을 통해 설명되는데, 홍수는 물 순환의 각기 다른 지점 어디에서든 발생할 수 있다. 홍수는 일반적으로 이상 기후에 의한 집중호우·폭우 등으로 유량이 물길이나 저류지의 수용량이 초과하였을 때 또는 저수지 독이나 하천의 제방 등에서 범람을 막지 못했을 때 발생하며, 이는 지면을 일시적으로 잠기게 한다. 이 외에도 홍수는 다양한 원인들로부터 발생할 수 있다. 도시와 관련 있는 홍수의 종류에는 하천의 범람, 지표침수, 내수침수, 하수관 파열에 의한 침수 등이 있으며 가장 심각한 홍수는 종종 이들이 복합적으로 결합할 때 발생한다(Flood Risk Mangement, <http://www.ioutsidedesign.co.uk/>).

도시지역에서 발생하는 홍수 및 침수피해는 인명 및

재산피해와 이외에도 국가 경제발전 및 성장 촉진의 장애요인으로까지 작용하게 된다. 도시 침수피해의 유형으로는 크게 인적피해, 재산피해, 도시기능의 마비로 인한 피해가 있는데, 인적피해는 침수로 인해 사람이 받을 수 있는 사망 또는 부상 등이 이에 해당하고, 재산피해는 침수로 인한 건물과 시설, 차량 등의 피해가 이에 해당하며, 도시기능 마비는 시설물의 침수와 자연 또는 인위적 영향으로 발생하는 경제활동의 차질 등이 이에 해당한다(Song, 2012).

도시의 침수(범람)가 발생하게 되는 과정을 살펴보면, 바다 또는 강에서 증발하여 응축된 수증기가 구름을 형성하여 큰 비(Heavy Rain)를 내리고 이는 지표와 지하에 침투하여 물길을 따라 흐르다가 수용량을 초과하거나, 도시의 제방의 한계를 초과할 때, 범람하여 인적·물적 재산피해와 도시기능의 마비를 일으키게 됨을 알 수 있으며 이를 홍수 피해발생의 일련의 과정으로 볼 수 있을 것이다.

이러한 관점에서 다시 취약성 평가 개념 틀을 홍수 발생 전·후의 피해원인 및 결과의 단계로 구분할 때, '기후자극에 대한 노출, 기후자극에 대한 민감도'에 의한 기후변화 영향의 영역이 지표면과 지하에 침투한 물이 수용량을 초과하여 범람하게 되는 홍수 피해발생 전의 원인단계에 해당하고, '적응능력'을 고려하여 평가된 홍수관련 기후변화 취약성 영역이 인적·물적 피해 및 도시기능 마비 등의 피해가 예측되는 피해발생 후의 결과단계에 해당한다고 볼 수 있을 것이다.

홍수(침수)를 포함한 기후변화의 다양한 영향을 분석할 수 있는 취약성 평가의 과정은 취약성 평가지표를 선정하여 지표 검토 및 가중치 선정 등의 단계를 거쳐 기후변화 노출, 민감도, 적응능력에 총체적인 종합분석을 실시함으로써 기후변화에 따른 부정적 영향에서 적응을 뺀 나머지 값인 취약성을 도출하게 된다. 그러나 취약성 평가는 정성적인 평가에 의해 가중치를 산정하여 과학기반의 상호작용 및 영향기작을 간과하는 측면이 있으며(Lee, 2013), 기후변화 취약성이라는 최종분석 값을 도출하기 때문에 각 기후변화 취약부문에 미

치는 기후변화의 단계별 영향 기작이 간과될 수 있다.

2. 선행연구 고찰

기후변화에 따른 홍수 피해발생과 관련된 연구들은 주로 홍수 위험요인 도출 또는 홍수취약성 평가, 홍수 위험지수개발 등의 연구들이 진행되어 오고 있는 것을 알 수 있다.

구체적으로 Lim, *et. al.*(2010)은 치수특성을 평가할 수 있는 세부지표를 선정하여 유역별 치수 관련 현황을 분석하고, 치수특성평가 지수인 압력, 현상 및 대책 지수를 개발하여 이들의 통합분석에 기반하여 유역의 치수현황을 종합적으로 판단할 수 있는 홍수위험지수를 개발하였고, Baeck, *et. al.*(2011)도 홍수 피해원인이 되는 압력, 현상, 대책의 3개 분야에 대한 27개의 대리변수를 사용하여 4~5가지의 표준화 및 가중치 부여 방법에 따른 평가결과를 비교·분석하여 각각의 방법이 지수 산정에 어느 정도 영향을 주는지를 분석하고, 각각의 특성을 파악하여 보다 합리적인 방법을 도출하였다.

또한 Kim, *et. al.*(2011)은 기후변화에 따른 도시홍수위험을 전반적으로 규명하기 위해 사회, 경제, 인문, 시설물, 기상학적 측면을 고려하여 도시홍수피해 관련 항목들을 선정하고, 이들을 중심으로 상관분석 및 요인 분석을 실시하였으며, Sung, *et. al.*(2012)은 미래 서울 지역의 홍수취약도를 정량적으로 분석하기 위해 미래 확률 강우량을 선형회귀식을 이용하여 통계적으로 전망하고, 선행연구의 홍수취약도 분석모형을 이용하여 2030년 서울지역의 홍수취약도를 평가하였다.

한편, Kang, *et. al.*(2012)은 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)에서 제시한 기후변화 취약성 개념을 서울시에 적용하고, 선행연구를 기반으로 지표를 도출한 후, 적정 홍수 취약성 지표 선정 및 퍼지모형을 활용하여 기후변화 분야 중 홍수취약성을 평가하고 GIS를 이용하여 취약성도를 작성하였다.

선행연구들은 대체적으로 압력·현상·대책지수 및 기후노출·민감도·적응능력 영역의 평가지표들을 구

축하여 지수에 기반한 홍수위험도 또는 홍수 취약성을 평가하거나, 도시홍수피해 관련 항목들을 선정하여 상관분석 및 요인분석 등의 통계기법을 사용하여 홍수위험에 대한 전반적인 분석을 실시하였다.

그러나 이들 선행연구들은 홍수 위험도 또는 취약성에 대한 최종분석 값만을 도출하여, 기후변화에 따른 홍수(침수)의 피해원인 및 결과에 대한 영향 분석에 미흡한 측면이 있으며, Kim, *et. al.*(2011)의 일부 연구자를 제외하고는 홍수 피해발생과 관련하여 도시가 갖는 사회경제적 특성, 대표적으로 '장애인수·기초생활보장수급자수' 등의 사회적 취약계층에 대한 고려가 미흡하다고 할 수 있겠다.

따라서 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 기후변화에 의한 홍수 피해발생 시기별 영향 분석, 즉 홍수 발생 전·후 과정의 피해원인 및 결과에 영향을 미치는 영향 요인들을 분석하고, 이와 더불어 도시의 사회경제적 특성을 반영한 분석을 실시하고자 한다.

III. 연구의 방법

본 연구는 홍수 피해발생 시기에 따른 영향요인 도출과 홍수 피해에 영향을 미치는 도시 지역의 사회경제적 영향요인 도출을 하고자한다. 한편, 본 연구에서는 홍수 피해발생에 대한 인위적 정책 대응의 측면을 고려하여 강수량, 강수횟수 등의 기후자극에 대한 노출지표인 자연적 요인들을 분석지표에서 제외하고, 인위적 요인만을 분석에 반영하였다.

본 연구는 조사대상 홍수 피해발생 도시지역으로서 인구밀도 및 시가화면적률이 가장 높으며, 홍수피해가 빈번하게 발생하는 서울지역의 25개 자치구를 분석 대상지역으로 선정하였고, 선행연구 검토를 통해(Lim, *et. al.*, 2010; Baeck, *et. al.*, 2011; Kim, *et. al.*, 2011; Sung, *et. al.*, 2012; Kang & Lee, 2012) 홍수 피해발생에 영향을 미치는 사회경제적 영향지표를 선

정하였다.

선정된 지표를 바탕으로 구축이 불가능한 지표는 제외하고, 2011년도 서울시 통계 데이터와 기존에 구축되어 있는 Ministry of Environment와 National Institute of Environmental Research(2011)의 CCGIS 지자체 구축 데이터에 기반하여 <Table 1>과 같은 본 연구의 분석 데이터를 구축하였다.

구축된 데이터를 중심으로 통계적 기법인 Pearson 상관분석을 실시하여 상관성이 높은 지표들을 검토하여 다중공선성을 최소화하고, 도시의 홍수 피해발생 과정 전후의 사회경제적 영향요인 분석을 위해 '지면유출¹⁾'을 홍수 발생 전 피해원인에 대한 종속변수로, '10년간의 홍수에 의한 총 피해액'을 홍수 발생 후 피해결과에 대한 종속변수로 설정하여 축차회귀분석(Step-wise Regression)을 실시하였다.

IV. 홍수 발생 전·후 피해원인 및 결과에 영향을 미치는 사회경제적 요인 분석

홍수의 발생 전·후 피해원인 및 결과에 영향을 미치는 사회경제적 요인을 분석하기 위해 피해발생 이전의 그룹과 홍수 피해발생 이후의 그룹을 구분하였다. 홍수 피해발생 이전 그룹은 일련의 홍수발생 과정에서 집중호우로 인해 우수가 내수범람 및 침수를 일으키는 피해원인의 영역에 해당하며, 주로 도시 기반시설의 기후노출 영향의 정도를 나타내는 민감도 관련 지표들로 구성되어 있다. 홍수 피해발생 이후 그룹은 내수 범람 및 침수에 따른 도시의 인적·물적 피해가 발생하는 피해결과의 영역에 해당하며, 이들 그룹은 주로 사회경제적 서비스 수준 및 정책과 관련한 적응능력 지표들로 구성되어 있다. 또한 이 그룹은 인위적인 대응 측면에서 도시 기반시설 지표, 즉 홍수 피해 발생 이전 그룹의 지표들을 함께 포함하고 있다.

따라서 홍수의 발생 전·후 피해원인 및 결과에 영향

1) 지면유출이 클수록 홍수 발생 위험이 커짐. 환경부·국립환경과학원(2011)의 지자체 기후변화 적응 취약성 지도 구축 연구에서 지면유출이 홍수의 치수에 대한 취약성 측면에서 가장 큰 영향력을 갖고 있는 것으로 나타남

Table 1. Indicators related to urban flood damage and background of selection

Sector	Index	Background of Selection	Source
Dependent Variable	Total Damage Amount Due to Floods over 10 Years (KRW Thousand)	Consequences by Floods : *Dependent Variable	CCGIS
	Ground Outflow (mm/day)	Consequences by Floods : *Dependent Variable	CCGIS
	Average Regional Degree of Slope (deg)	The greater the slope is, the more the outflow increases.	CCGIS
	Ratio of Road Area (%)	The wider the impervious surface is, the more the peak efflux and total efflux increase	CCGIS
	Ratio of Sewerage Area (%)	The greater the area is, the more smoothly the localized torrential downpours (rainwater) are discharged.	CCGIS
	Ratio of Pervious Area Compared to the Totality (%)	The greater the area is, the more smoothly the localized torrential downpours (rainwater) are discharged.	Statistics of Seoul City
	Ratio of Embankment Area (%)	The greater the area is, the more the risk of flooding/inundation is prevented.	CCGIS
	Ratio of Rain Water Piping Installation (%)	The rain water is discharged smoothly since the rain water piping is installed.	Statistics of Seoul City
	Ratio of Retarding Reservoir Area (%)	The greater the area is, the higher the amount of storage is.	Statistics of Seoul City
	Embankment Repair Ratio (%)	The higher the embankment repair ratio is, the more the risk of flooding/inundation is prevented.	CCGIS
	Drainage Capacity of Drainage of Inner Basin Facility (m ³ /min.)	The greater the drainage capacity is, the more the risk of flooding/inundation is prevented.	CCGIS
	Population Density (person/km ²)	The higher the population density is, the more the relative flooding damage increases.	Statistics of Seoul City
	Independent Variable	Settled Population (person)	The higher the settled population is, the more the relative flooding damage increases.
Number of Registered Vehicle by District		The more the registered vehicles are, the more relative properties damage increase.	Statistics of Seoul City
Number of The Registered Disabled		Vulnerable Social Group	Statistics of Seoul City
Number of National Basic Living Security Recipient		Vulnerable Social Group	Statistics of Seoul City
Number of Low-Income Parents Family		Vulnerable Social Group	Statistics of Seoul City
Number of Senior Citizens Aged More than 65		Vulnerable Social Group	Statistics of Seoul City
Population Aged Less than 13		Vulnerable Social Group	Statistics of Seoul City
Number of Houses Constructed Prior to 1979		The more decrepit the houses are, the more they are vulnerable to flooding.	Statistics of Seoul City
Fiscal Self-Reliance Ratio (%)		Upon occurrence of flooding damage, the public ability to cope with economically	Statistics of Seoul City
Rate of Number of Beds in Medical Facility Per Person (%)		Medical ability to cope with flooding damage	Statistics of Seoul City
Ratio of National Pension Benefit(%)		Personal economic ability to cope with flooding damage	Statistics of Seoul City
Number of Social Welfare Facility		Support for the vulnerable group upon occurrence of flooding damage	Statistics of Seoul City

을 미치는 사회경제적 요인 분석을 위해 피해발생 이전 그룹에서는 ‘지면유출’을 종속변수로, 피해발생 이후의 그룹에서는 ‘10년간의 홍수에 의한 총 피해액’을 종속변

수로 설정하여 축차회귀분석을 실시하였으며, 분석에 앞서 다중공선성에 영향을 주는 요인들을 구분하기 위해 변인 간의 Pearson 상관분석을 실시하였다. 상관분

Table 2. Socio-economic factors analysis indicators for damage causes and consequences before and after flooding

Sector		Indicators
Group Prior to Flooding Damage	Dependent Variable	Ground Outflow
	Independent Variable	Average Regional Degree of Slope, Ratio of Road Area, Ratio of Sewerage Area, Ratio of Pervious Area Compared to the Totality, Ratio of Embankment Area, Ratio of Rain Water Piping Installation, Ratio of Retarding Reservoir Area, Embankment Repair Ratio, Drainage Capacity of Draige of Inner Basin Facility
Group After Flooding Damage	Dependent Variable	Total Damage Amount Due to Floods over 10 Years (KRW Thousand)
	Independent Variable	Average Regional Degree of Slope, Ratio of Road Area, Ratio of Sewerage Area, Ratio of Pervious Area Compared to the Totality, Ratio of Embankment Area, Ratio of Rain Water Piping Installation, Ratio of Retarding Reservoir Area, Embankment Repair Ratio, Drainage Capacity of Drainage of Inner Basin Facility, Population Density, Settled Population, Number of Registered Vehicle by District, Number of The Registered Disabled, Number of National Basic Living Security Recipient, Number of Low-Income Parents Family, Number of Senior Citizens Aged More than 65, Population Aged Less than 13, Number of Houses Constructed Prior to 1979, Fiscal Self-Reliance Ratio, Rate of Number of Beds in Medical Facility Per Person, Ratio of National Pension Benefit, Number of Social Welfare Facility

석 결과, 홍수 피해 발생 이전 그룹에서는 지표들 간 상관관계수가 높지 않았으나, 홍수 피해 발생 이후 그룹에서는 ‘상주인구’와 다른 지표들 간의 상관관계수가 1에

생 이전의 사회경제적 영향요인 분석모형으로 선택하였으며, 모형4의 수정된 R^2 은 0.587로 ‘지면유출’에 대하여 58.7%의 설명력을 갖고 있음을 알 수 있었다.

Table 3. Result of pearson correlation analysis: correlation coefficient with the settled population

Sector	Number of Registered Vehicle by District	Number of The Registered Disabled	Number of Senior Citizens Aged More than 65	Population Aged Less than 13
Settled Population	0.826**	0.857**	0.796**	0.930**

** : Correlation Coefficient Critical Values for 0.01 Significance Levels

가깝게 나타났으며, 따라서 ‘상주인구’를 분석에서 제외하고 연구를 진행하였다.

홍수 피해발생 이전, 피해발생 이후의 두 그룹을 대상으로 도시의 홍수 피해발생에 영향을 미치는 사회경제적 요인 분석을 위해 축차회귀분석을 실시하였으며, 분석을 위한 변수선택의 기준으로서, 독립변수의 F값이 2이상이면 유효하다고 판단하고, 2미만이면 불필요하다고 판단하였다.

홍수 피해발생 이전 그룹의 축차회귀분석 결과, 진입된 요인들로 구성된 모형들을 보면, 모형3에서 ‘내수배제시설배수능력’의 유의확률 값이 유의수준을 초과하지만, 모형4에서 ‘제방개수율’이 추가됨에 따라 유의확률 값이 유의수준보다 낮아짐을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 유의확률 p값이 모두 0.005 미만의 통계적으로 매우 유의함을 나타내는 모형4를 도시 홍수 피해발

따라서 도시에서 집중호우에 따른 내수범람 및 침수 등 홍수 피해원인에 가장 많은 영향을 미치는 요인은 ‘지역의 평균경사도’로 볼 수 있으며, 그 다음으로 지역의 ‘투수면적 및 배수능력, 제방개수율’ 등이 내수범람 및 침수에 많은 영향을 미친다고 볼 수 있겠다.

홍수 피해발생 이후 그룹의 축차회귀분석 결과, 진입된 요인들로 구성된 모형들을 보면, 마찬가지로 모형5에서 ‘내수배제시설배수능력’의 유의확률 값이 유의수준을 초과하지만, 모형6에서 7로 가면서 ‘유수지면적비율, 인당의료기관병상수비율’ 등이 추가됨에 따라 단계적으로 유의확률 값이 유의수준보다 낮아짐을 확인할 수 있다. 홍수 피해 발생 이후의 그룹에서는 유의확률 p값이 모두 0.005 미만의 통계적으로 매우 유의함을 나타내는 모형7을 도시 홍수 피해발생 이후의 사회경제적 영향요인 분석모형으로 선택하였으며, 모형7의 수정된

Table 4. Analysis of urban socio-economic factors that affect damage causes prior to flooding

Sector	Adjusted R^2	Non-Standardized Path Coefficients		Standardized Path Coefficients	t value	p value
		B	Standard Error	B		
Invariable		.340	.026		13,221	.000
Average Regional Degree of Slope		.012	.002	.836	4.991	.000
Ratio of Pervious Area Compared to the Totality	.587	.363	.113	.539	3.217	.005
Drainage Capacity of Drainage of Inner Basin Facility		.000	.000	.320	2.340	.030
Embankment Repair Ratio		.125	.057	.297	2.189	.041

*Dependent Variable = Ground Outflow

R^2 은 0.785로 ‘홍수피해액’에 대하여 78.5%의 설명력을 갖고 있음을 알 수 있었다.

따라서 도시에서 홍수 피해발생 이후 인적·물적 피해 등 홍수 피해결과에 가장 많은 영향을 미치는 요인을 피해발생 이전 그룹과 마찬가지로 ‘지역의 평균경사도’로 볼 수 있으며, 그 다음으로 지역의 ‘제방면적, 투수면적, 장애인 수, 배수능력, 우수지면적, 의료기관의 병상 수’ 등이 인적·물적 피해에 많은 영향을 미친다고 볼 수 있겠다.

분석결과, 두 그룹에서 ‘지역의 평균경사도, 전체대비 투수면적비, 내수배제시설배수능력’ 등이 동일하게 도출되었다. 이는 홍수 피해발생 전·후 일련의 과정에서 지역의 지리적 상황과 투수능력 및 배수능력 등이 홍수의 피해원인과 피해결과에 많은 영향을 미친다는 것을 보여주는 결과라고 할 수 있으며, 특히 투수능력과 배수능력은 도시의 투수 면적률이 낮은 현황을 반영하는 결과라고 할 수 있을 것이다.

한편, 홍수의 피해원인 영향요인으로 ‘제방개수율’이 차별적으로 도출되었고, 홍수의 피해결과 영향요인으로는 ‘제방면적비율, 장애인등록 수, 우수지면적, 의료기관 병상 수 비율’ 등이 도출되었다.

제방개수율의 경우, 해당 지역의 전체 하천의 규모에서 실제 독이나 제방이 홍수예방 등의 목적을 위해 충분히 조성되었는가를 나타내는 지표로서 충분히 조성되지 못할 경우, 내수범람 및 침수위험이 커짐을 나타내는 홍수 피해발생 이전의 차별적인 피해원인 영향지표로 볼 수 있겠다.

홍수 피해발생 이후의 제방면적비율과 우수지면적 등은 실제 해당지역에 조성된 제방 및 우수지 규모에 대한 적응능력 측면의 차별적인 피해결과 영향지표이며, 특히 장애인 등록 수나 의료기관 병상 수는 도시의 취약계층의 홍수피해 특성을 반영한 차별적인 피해결과 영향지표로 볼 수 있다.

분석을 통해 도시의 홍수 발생 전·후의 피해원인 및

Table 5. Analysis of urban socio-economic factors that affect damage consequences after flooding

Sector	Adjusted R^2	Non-Standardized Path Coefficients		Standardized Path Coefficients	t value	p value
		B	Standard Error	B		
Invariable		-13872795	3622079.2		-3.830	.001
Average Regional Degree of Slope		1945392.4	279075.773	1.423	6.971	.000
Ratio of Embankment Area		-1732305	370170.958	-1.071	-4.680	.000
Ratio of Pervious Area Compared to the Totality	.785	47564525	10440012	.717	4.556	.000
Number of The Registered Disabled		522,069	129,695	.621	4.025	.001
Drainage Capacity of Drainage of Inner Basin Facility		-65740.563	16419.152	-.586	-4.004	.001
Ratio of Retarding Reservoir Area		722906.229	208784.625	.698	3.462	.003
Rate of Number of Beds in Medical Facility Per Person		-3969156	1550446.4	-.324	-2.560	.021

*Dependent Variable = The Cost of the Flood Damage for 10 Years

결과에 공통적으로 포함되는 영향요인과 그렇지 않은 차별적 영향 요인이 있음을 알 수 있었으며, 도출된 지표 중에 도시 지역의 사회경제적 특성을 반영하는 영향 요인 또한 있음을 알 수 있었다.

따라서 홍수 대응을 위한 지자체 적응정책 수립 시, 이러한 결과를 반영하여 홍수의 피해발생 이전 단계의 사전대비 정책, 홍수 발생 이후의 사후 적응정책으로 이원화하여 정책을 수립해야 할 것이며, 홍수피해와 관련하여 도시 지역이 갖고 있는 사회경제적인 특성, 즉 지표의 낮은 투수율과 다양한 사회적 취약계층 상주 등을 정책 수립 시 고려하여 보다 실효성 있는 정책을 마련해야 할 것이다.

V. 결론 및 정책적 시사점

본 연구의 목적은 서울시 25개 자치구를 대상으로 홍수 발생 전·후의 피해원인 및 결과에 영향을 미치는 사회경제적 영향요인을 분석하는데 있다.

연구를 위해 선행연구 및 전문가 회의를 통해 홍수 피해발생에 영향을 미치는 사회경제적 영향지표를 선정하고, 2011년도 서울시 통계 데이터와 기존에 구축되어 있는 Ministry of Environment와 National Institute of Environmental Research(2011)의 CCGIS 지자체 구축 데이터에 기반하여 연구의 분석 데이터를 구축하였다.

구축된 데이터를 중심으로 통계적 기법인 Pearson 상관분석을 실시하여 상관성이 높은 지표들을 검토하여 다중공선성을 최소화하였고, 도시의 홍수 발생 전 피해원인에 영향을 미치는 사회경제적 요인 분석을 위해 '지면유출'을 홍수 피해발생 전의 종속변수로, 홍수 발생 후 피해결과에 영향을 미치는 사회경제적 요인 분석을 위해 '10년간 홍수에 의한 총 피해액'을 홍수 피해발생 후의 종속변수로 설정하여 축차회귀분석(Step-wise Regression)을 실시하였다. 축차회귀분석결과, '지역의 평균경사도, 전체대비 투수면적비, 내수배제시 설배수능력' 등이 홍수피해원인 및 결과에 영향을 미치는 도시 사회경제적 요인으로 동일하게 도출되었고,

'제방개수율'이 홍수 피해원인에 대한 차별적 영향요인으로, '제방면적비율, 장애인등록 수, 우수지면적, 의료기관 병상 수 비율' 등이 홍수 피해결과에 대한 차별적 영향요인으로 도출되었다. 또한 분석을 통해 도시의 홍수 피해발생 전·후에 따라 공통적으로 포함되는 영향 요인과 그렇지 않은 차별적 영향요인이 있음을 알 수 있었으며, 도출된 영향요인 중 일부는 도시 지역의 사회경제적 특성을 반영하고 있음을 알 수 있었다.

따라서 홍수 대응을 위한 지자체 적응정책 수립 시, 홍수 피해발생 전·후의 적응정책으로 이원화된 정책을 수립해야 할 것이며, 홍수피해와 관련하여 도시 지역이 갖고 있는 사회경제적인 특성을 정책 수립 시 고려하여야 할 것이다.

한편, 본 연구에서 선정한 사회경제적 영향지표는 구축 가능성에 의해 선정된 지표이기 때문에 향후 보다 다양하고 객관적인 사회경제적 영향지표에 대한 데이터 구축이 보완되어야 하며, 행정구역 한 곳을 대상으로 연구가 진행되었기 때문에 연구의 결과를 일반화하는데 한계점을 갖고 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 16CCTI-B063866-05)

References

- Baek, Seung Hyub, Si Jung Choi, Seung Jin Hong, and Dong Phil Kim. 2011. A Study on Comparison of Normalization and Weighting Method for Constructing Index about Flood. *Journal of Wetlands Research*. 13(3): 411-426.
- Chungcheongbuk-do Province. 2012. *Chungcheongbuk-do Climate Change Adaptation Action Plan(2012~2016)*.
- Han, Geon Yeon. 2007. Sustainable Flood Management Policies. *Water for Future*. 40(1): 12-16.
- Kang, Jung Eun and Moungh Jin Lee. 2012. Assessment of Flood Vulnerability to Climate Change Using Fuzzy Model and

- GIS in Seoul. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 15(3): 119-136.
- Kim, Bo Kyung, Dae Won Jang, Nam Jang, and Dong Min Yang. 2011. The Deduction of Urban Flood Risk Factor Considering Climate Change. *Crisisonomy*. 7(1): 125-142.
- Kim, Yoo Na. 2008. A Study on the Performance Evaluation of City Sustainability with the Application of EPI (Environmental Performance Index). Master's Thesis. Chung-ang University.
- Koh, Jae Kyung. 2009. *A Study on Vulnerability Assessment to Climate Change in Gyeonggi-Do*. Gyeonggi Research Institute.
- Lee, Woo Kyun. 2013. Current Station of Climate Change Adaptation Policies and Tasks of New Government. *Institute for Climate Change Action and Korea Adaptation Center for Climate Change(Open Forum)*.
- Lim, Kwang Suop, Si Jung Choi, Dong Ryul Lee, and Jang Won Moon. 2010. Development of Flood Risk Index Using Causal Relationships of Flood Indicators. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*. 30(18): 61-70.
- OECD and KRIHS. 2010. *Competitive Cities and Climate Change*. OECD.
- Song Young Seok. 2012. Quantitative Relationship between Flood Vulnerability and Urban Inundation Characteristics. Master's Thesis. Hanseo University.
- Sung, Jang Hyun, Hee Jeong Baek, Hyun Suk Kang, and Young Oh Kim. 2012. The Assessment of Future Flood Vulnerability for Seoul Region. *Journal of Wetlands Research*. 14(3): 341-352.
- Dessai. S. and M. Hulme. 2003. Does Climate Policy Need Probabilities? Tyndall Center for Climate Change Research. UK.
- Füssel. Hans-Martin and Richard J. T. Klein. 2006. Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climate Change*. 75: 301-329.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Impact. Adaptation and Vulnerability*.
- Flood Risk Mangement. <http://www.ioutsidedesign.co.uk/>
- Korean References Translated from the English*
- 강정은, 이명진. 2012. 퍼지모형과 GIS를 활용한 기후변화 홍수 취약성 평가: 서울시 사례를 중심으로. *한국지리정보학회지*. 15(3): 119-136.
- 고재경. 2009. 경기도 기후변화 취약성 평가 연구. 경기개발연구원.
- 국토연구원. 2010. 도시경쟁력과 기후변화. 라미아 카말차우 이 · 알렉시스 로버트 국토연구원 옮김. 2010 KRIHS 번역총서.
- 김보경, 장대원, 장남, 양동민. 2011. 기후변화를 고려한 도시홍수 위험요인 도출. *한국위기관리논집*. 7(1): 125-142.
- 김유나. 2008. 환경성과지수(EPI)를 이용한 한국도시지속성의 성과평가와 정책적 함의. 중앙대학교 석사학위논문.
- 백승협, 최시중, 홍승진, 김동필. 2011. 홍수관련 지표 산정을 위한 표준화 및 가중치 비교 연구. *한국습지학회지*. 13(3): 411-426.
- 성장현, 백희정, 강현석, 김영오. 2012. 서울 지역의 미래 홍수 취약도 평가. *한국습지학회지*. 14(3): 341-352.
- 송영석. 2012. 홍수취약성과 도시침수특성의 정량적 관계. 한서대학교 토목공학과 석사학위논문.
- 이우균. 2013. 기후변화적응정책의 현주소와 새 정부의 과제. 기후변화행동연구소 · 국가기후변화적응센터 전문가 초청 토론 발표자료.
- 임광섭, 최시중, 이동률, 문장원. 2010. 홍수지표의 인과관계를 이용한 홍수위험지수 개발. *대한토목학회논문집*. 30(1B): 61-70.
- 충청북도. 2012. 충청북도 기후변화 적응대책 시행계획(2012~2016).
- 한건연. 2007. 지속가능한 홍수관리 대책. *한국수자원학회논문집*. 40(1): 12-16.

Received: Feb. 19, 2016 / Revised: Feb. 25, 2016 / Accepted: Jul. 25, 2016

홍수 발생 전·후 피해원인 및 결과에 영향을 미치는 도시 사회·경제적 요인 분석

– 서울시 25개 자치구를 대상으로 –

국문초록 본 연구의 목적은 서울시 25개 자치구를 대상으로 홍수 발생 전·후의 피해원인 및 결과에 영향을 미치는 사회경제적 영향요인을 분석하는 것이다. 연구를 위해 선행연구 및 전문가 회의를 통해 홍수 피해발생에 영향을 미치는 사회경제적 영향지표를 선정하고, 2011년도 서울시 통계 데이터와 기존의 CCGIS 데이터에 기반을 두어 데이터를 구축하였다. 다중회귀분석을 통하여 영향관계를 분석하였다. 결과는 다음과 같다. 1) ‘지역의 평균경사도, 전체대비 투수면적비, 내수배제시설배수능력’ 등이 홍수피해원인 및 결과에 영향을 미치는 도시 사회경제적 요인으로 동일하게 도출되었다; 2) ‘제방 개수율’이 홍수 피해원인에 대한 차별적 영향요인으로 도출되었다; 3) ‘제방면적비율, 장애인등록수, 우수지면적, 의료기관 병상수 비율’ 등이 홍수 피해결과에 대한 차별적 영향요인으로 도출되었다.

주제어 : 기후변화, 홍수피해, 사회경제적 요인, 홍수취약성

Profiles **Joong Shuk Youn** : He received his M.A. from Chungbuk National University, Korea in 2011. He finished the coursework in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests included sustainable development, climate change, rural landscape, oldest society(doldolking@nate.com).

Yu Mi Kim : She received his M.A. from Chungbuk National University, Korea in 2012. She finished the coursework in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. Her research interests included sustainable development, climate change, low impact development(printand@nate.com).

Kwang Hyun Yim : He received his B.S., from Chungbuk National University, Korea in 2015. He is a candidate for a Master's degree in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests included climate change adaptation, eco-industrial park, and urban regeneration(sosyim@nate.com).

Jong In Beak : He received his M.A. from Chungbuk National University, Korea in 2008. He finished the coursework in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests included sustainable development, urban spatial configuration, eco-industrial park, climate change, and environmental justice(yahoback@nate.com).

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 included sustainable development, urban spatial configuration, space syntax, eco-industrial park, climate change, and environmental justice. He has published 74 articles in journals and written 5 co-author books(byubyu@cbu.ac.kr).