



지역별 홍수피해주기를 고려한 홍수위험잠재능 평가

Assessment of Potential Flood Damage Considering Regional Flood Damage Cycle

김수진* · 배승종*,† · 김성필* · 배연정*

Kim, Soo-jin · Bae, Seung-jong · Kim, Seong-pil · Bae, Yeon-Joung

Abstract

Recently, flood has been increased due to climate change resulting in numerous damages for humans and properties. The main objective of this study was to suggest a methodology to estimate the flood vulnerability using Potential Flood Damage (PFD) concept. To evaluate the PFD at a spatial resolutions of city/county units, the 19 representative evaluation indexing factors were carefully selected for the three categories such as damage target (F_{DT}), damage potential (F_{DP}) and prevention ability (F_{PA}). The three flood vulnerability indices of F_{DT} , F_{DP} and F_{PA} were applied for the 162 cities and counties in Korea for the pattern classification of potential flood damage. It is expected that the supposed PFD can be utilized as the useful flood vulnerability index for more rational and practical protection plans against flood damage.

Keywords: Potential Flood Damage; Flood Damage Cycle; Flood Vulnerability

1. 서 론

지난 10년간(2004~2013) 풍수해로 인한 피해액은 5조 7천 억원으로 자연재해 전체 피해액의 79%를 차지하며(MPSS, 2014), 호우경보 강수빈도는 기상관측 이래 지난 20년(1991~2010)동안 60% 증가하면서 집중호우에 각별한 주의와 대처가 요구되고 있다(KMA, 2011). 이에 정부에서는 수해예방을 위해 구조적 대책과 더불어 홍수예보 체계 개선, 전문인력 확보 등과 같은 비구조적 대책들을 지속적으로 추진하며, 예방차원에서 재해위험지구를 지정하여 재해요인을 사전에 점검·정비하는 등 다각적인 노력을 기울이고 있다(KRIHS, 2005). 그러나 대부분 사후복구에 중점을 두고 있어 사전에 방적인 치수대책이 실질적인 대안으로 제시되고 있는 상황이다.

전 세계적으로 홍수에 의한 재해영향평가는 대상 지역마다 지형 및 인문, 사회와 같은 여러 특성에 의하여 각기 다르게 발생하기 때문에 그에 맞는 영향 및 취약성 평가 수행이 선행되어야 하고, 적절한 적응 대책 수립이 요구된다(Lee et al., 2011). 국·내외적으로 홍수피해 경감을 위한 총체적인 노력

을 경주하여 왔으나 도시화의 가속화, 이상기후 등으로 인하여 홍수피해 잠재성은 증가하고 있다. 이에 홍수 피해지역의 취약성 및 노출성의 개념을 포함한 위험관리에 대한 이론이 나오기 시작했으며, 최근에는 과거의 홍수발생 원인과 현상을 종합하여 미래의 홍수위험발생 양상을 정량적인 수치로 나타낼 수 있는 다양한 지수들도 개발되고 있다(Song et al., 2013).

국내의 경우, 수자원장기종합계획(MOCT, 2001)에서 치수안전도 설정을 위해 국내에서 처음으로 홍수위험잠재능(PFD: Potential Flood Damage)이라는 개념을 도입·적용하여 전국 150개 치수단위구역별 잠재적인 홍수피해 위험성을 나타내고 치수대책 방향을 제시하였다. 이후 기존 PFD의 문제점을 분석하고 일부 세부요소를 수정·추가하여 개선방안을 제시하는 후속 연구들이 활발히 진행되어 왔으며(Kim and Kim, 2003; Kim, 2004; Lee et al., 2006; Ahn et al., 2007), 취약성이나 확률론적 개념을 도입하여 홍수피해 양상을 정량적인 수치로 나타내고 해석력을 높이기 위한 지표 개발에도 다각적인 노력을 기울이고 있다(KRIHS, 2005; Park, 2006; Park et al., 2010; Lim et al., 2010; Song et al., 2013; Moon et al., 2014). 또한 농업분야에서는 특정한 치수구역단위로 한정하지 않고 전국 시군구를 대상으로 농업분야의 기반시설에 대한 기후변화 대책 수립을 위해 기상재해 특성을 분석한 취약성 평가와 지표 개발에 관한 연구들이 진행되고 있다(Song et al., 2012; Kim et al., 2013).

이처럼 방재적 측면에서 잠재적인 홍수위험성을 정량적으로 평가하기 위한 다양한 방법이 제시되고 있으나 홍수위험

* Institute of Green Bio Science and Technology, Seoul National University

† Corresponding author

Tel.: +82-33-339-5811 Fax: +82-33-339-5830

E-mail: bsj5120@snu.ac.kr

Received: July 16, 2015

Revised: July 17, 2015

Accepted: July 20, 2015

잠재능은 특정한 유역 또는 치수단위구역에 한정되어 있어 시군별로 이루어지는 치수 계획과 대책 수립에 직접 사용하기 쉽지 않으며, 산정 방법론이나 관련인자의 이론적 근거도 다소 미흡한 상황이다. 따라서 본 연구는 지역별 홍수피해주기를 고려하여 홍수위험잠재능을 정량적으로 평가하였으며, 전국 162개 시군의 치수대책 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해 홍수위험잠재능 (PFD)의 개념을 도입하고 PFD의 주요 요소인 피해대상, 피해가능성, 그리고 방어능력별로 평가요소를 선정하였으며, 홍수피해주기와 요소 간 상관계수를 가중치로 적용함으로써 전문가의 오판을 배제시키고, 객관적이고 일관성 있는 가중계수를 결정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 홍수피해잠재능 평가 절차

홍수피해잠재능 (PFD)는 수문요소뿐만 아니라 사회·경제적 요소까지 포괄하여 특정 치수단위구역의 홍수에 대한 잠재적인 취약도를 나타내는 지수로 단위구역별 치수대책과 투자우선순위를 차별화하기 위한 필요성으로 개발되었다 (Jang and Kim, 2009). 본 연구는 수정 PFD의 개념을 도입하여 지역별 잠재적인 홍수위험성을 평가하고 치수대책 방향을 설정하는 방향으로 접근하였으며 그 과정은 Fig. 1과 같다.

먼저, 지역별 홍수발생 특성을 반영할 수 있는 세부지표들을 관련 선행연구들의 검토를 통해 일부 추가하거나 수정하여 선정하였으며, 행정구역 단위별 세부지표들의 객관적인 통계자료들을 수집하고 피해대상, 피해가능성, 방어능력 3가지 요소로 분류하였다. 이후 세부지표들과 홍수피해주기간

의 상관분석을 통해 상관성이 높은 지표들을 최종적으로 선정하고 여기서 산출된 상관계수를 가중계수로 부여하여 지역별 홍수피해잠재능을 산정·평가하였다.

2. 홍수피해잠재능 산정기법

가. 기본개념

기존 PFD에서 두 개의 요소로 구분되어 있던 것을 피해대상, 피해가능성, 방어능력 3개 요소로 구분한 수정 PFD는 Kim and Kim (2003)에 의해 제안되고 Lee et al. (2006)에 의해 이론적 타당성이 입증되었다. Kim and Kim (2003)에 따르면 수정 PFD의 구성요소를 피해대상, 피해가능성, 방어능력 등 3가지 요소로 분류하고 각각 세부 지표로 4개, 4개, 3개로 구성하였으며 구체적인 PFD 산정식은 식 (1)과 같다.

$$PFD = [F_{DT}, F_{DP}, F_{PA}] \quad (1)$$

$$F_{DT} = [\alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 + \alpha_3 F_3 + \dots + \alpha_i F_i] \quad (2)$$

$$F_{DP} = [\alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 + \alpha_3 F_3 + \dots + \alpha_j F_j] \quad (3)$$

$$F_{PA} = [\alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 + \alpha_3 F_3 + \dots + \alpha_k F_k] \quad (4)$$

여기서, F_{DT} 는 피해대상 (Damage target), F_{DP} 는 피해가능성 (Damage potential), F_{PA} 는 방어능력 (Prevention ability)을 뜻하며, $\alpha_i, \alpha_j, \alpha_k$ 는 지수별 가중계수, F_i, F_j, F_k 는 각 세부지표를 뜻한다.

나. 지표의 선정과 분류

홍수피해는 지역에 따라 발생빈도와 홍수피해 규모가 다양하기 때문에 합리적이고 효과적인 치수대책을 위해서는 지역 간의 홍수피해원인과 위험성 정도를 나타내는 계량화된 지표를 이용하여 치수대책을 수립하여야 한다 (Park et al., 2010). 이에 관련 선행연구들로부터 홍수피해에 미치는 영향 요인들을 도출하고 자료의 신뢰성, 구득성 등을 고려하여 주요 지표들을 수집하였다. 이들 중 시군별 홍수피해주기 (NEMA, 2013)와의 상관분석을 통해 상대적으로 상관성이 높은 (상관계수 0.2 이상) 지표들을 최종지표로 선정하였으며, 총 58개의 세부지표 중 19개 지표가 선정되었다 (Table 1).

최종 선정된 지표들은 피해대상, 피해가능성 그리고 방어능력으로 분류하였으며, 피해대상 (F_{DT})은 홍수피해 대상이 되는 인문·사회·자연환경 특성들을 수집하였으며, 피해가능성 (F_{DP})은 과거 홍수피해 이력, 홍수피해위험지역 등 홍수가 발생하여 나타난 현상과 관련된 지표를 수집, 마지막으로 방어능력 (F_{PA})은 치수대책과 관련된 방재시설물이나 응급의

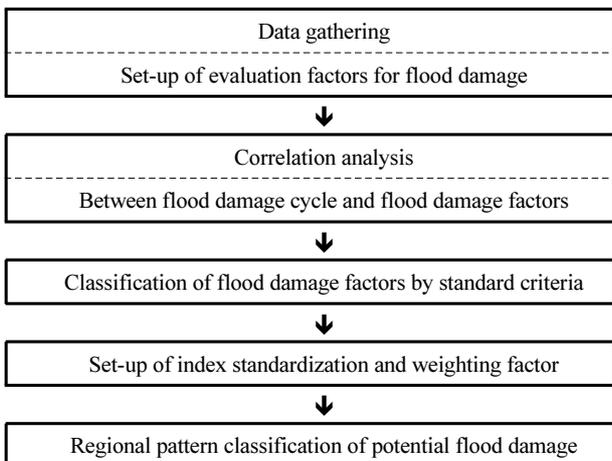


Fig. 1 Evaluation procedure for the potential flood damage

Table 1 Classification of flood damage factors

Category	Index	Source	Reference year
Damage target (F_{DT})	◦ Population density (F_{PD})	KOSIS*	2010
	◦ Ratio of elderly population (F_{EPR})		2010
	◦ Ratio of farm population (F_{FPR})		2010
	◦ Ratio of basic livelihood security population (F_{BSR})		2010
	◦ Cultivated area (F_{CA})		2013
	◦ Forest area (F_{FA})		2013
Damage possibility (F_{DP})	◦ Stream area (F_{SA})	KOSIS	2013
	◦ Impervious ratio (F_{IR})	KOSIS	2013
	◦ Natural disaster hazardous areas (F_{NHA})	NDIC**	2014
	◦ Flood damage assessment (F_{FD})	Annual report on disasters	2004–2013
	◦ Precipitation (80mm/hr) (F_{PR})	KMA***	2011–2013
	◦ Probability precipitation (10year) (F_{PP})	KPFDS****	
	◦ Farmland inundation area (F_{IA})	Annual report on disasters	2004–2013
Prevention ability (F_{PA})	◦ Ratio of Sewerage Installation (F_{DR})	Statistics of sewerage	2013
	◦ Benefitted area by irrigation facilities (F_{BAI})	Statistical yearbook of land and water development for agriculture	2014
	◦ Number of reservoir (F_{NR})		2014
	◦ Number of pumping station (F_{NP})		2014
	◦ Number of medical institutions (F_{NMI})	KOSIS	2013
	◦ Financial independence rate (F_{FIR})	KOSIS	2013

* Korean statistical information service (KOSIS)
 ** National disaster information center (NDIC)
 *** Korea meteorological administration (KMA)
 **** Korea precipitation frequency data server (KPFDS)

료기관 등 홍수예방을 위한 대책을 나타내는 지표들로 구성하였다.

다. 공간단위의 결정

홍수위험잠재능(PFD)를 산정한 기존연구결과에서는(Kim and Kim, 2003; Lee et al., 2006) 대부분 치수단위구역별 자료의 부재로 시군별 자료를 편입면적비로 변환하여 사용하고 있는 상황이다. 그러나, 우리나라의 홍수피해에 대한 방재계획 및 대책은 시군구별로 이루어지고 있기 때문에 치수단위구역과 같은 개념보다는 시군구별 분석과 대책마련이 보다 현실적이다(Park et al., 2009). 따라서 본 연구는 시군별 홍수위험잠재능 평가를 위해 총 162개 시군(광역특별자치구 9개, 75개 시, 28개 군)을 대상으로 분석을 실시하였다.

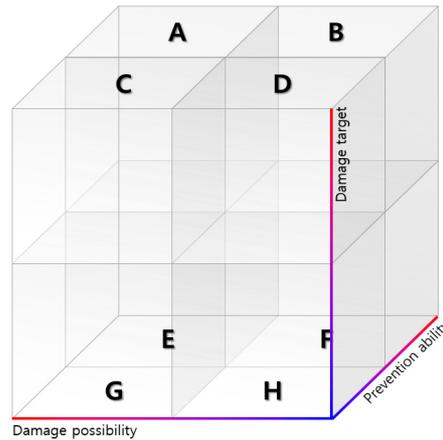
라. 표준화 방법

선정된 지표들은 서로 단위나 범위가 서로 달라 통합된 분석을 위해서는 표준화가 필요하다. 표준화 방법은 가장 많이 사용되는 방법인 Z-Score를 활용하여 표준화하였다. Z-Score

방법은 모든 자료들을 평균은 0, 표준편차가 1이 되도록 만드는 방법으로 자료의 수치가 평균으로부터 표준편차의 몇 배 정도나 떨어져 있는지를 표준화된 확률변수인 Z값으로 나타낸다. 평균치 이하의 점수는 음수 값으로 산정되므로 별도의 처리가 필요하지만 본 연구에서는 평균값이 0을 기준으로 각 요소 간 대소 관계를 구분하여 그룹을 분류하고자 하였으므로 음수 값을 별도로 처리하지 않았다.

마. 가중치 산정 방법

지표의 정확한 선정은 의사결정에 있어서 중요한 요소가 되며 이러한 지표를 표준화하고 가중치를 부여하는 방법도 중요한 의미를 지닌다. 지표의 가중치 결정은 중요도에 따른 지표의 영향력 크기를 구명하는 것으로 최종 결과 및 의사결정에 중대한 영향을 미치게 된다. 잘못된 가중치 산정은 선정된 지표의 값을 왜곡하고 잘못된 분석결과를 도출하게 되며, 최종 의사결정에 있어서 부적절한 선택을 유발하는 요인이 된다(Song, 2012). 가중치 산정방법은 매우 다양하며 홍수잠재능평가 시 주로 계층분석기법(AHP)이 활용되고 있으나



- A: Damage target > 0, Damage possibility > 0, Prevention ability > 0
- B: Damage target > 0, Damage possibility ≤ 0, Prevention ability > 0
- C: Damage target > 0, Damage possibility > 0, Prevention ability ≤ 0
- D: Damage target > 0, Damage possibility ≤ 0, Prevention ability ≤ 0
- E: Damage target ≤ 0, Damage possibility > 0, Prevention ability > 0
- F: Damage target ≤ 0, Damage possibility ≤ 0, Prevention ability > 0
- G: Damage target ≤ 0, Damage possibility > 0, Prevention ability ≤ 0
- H: Damage target ≤ 0, Damage possibility ≤ 0, Prevention ability ≤ 0

Fig. 2 Grouping concept of potential flood damage

Table 2 Direction of flood control measures by groups (Kim and Kim, 2003; Kim, 2004; Park, 2006; Song, 2012)

Group	Direction of flood control measures
A	This group requires the strengthening of the flood prevention facility and focus on the structural measures for flood prevention.
B	This group requires the strengthening of the flood prevention facility but to be considered the regional conditions compared to group 'A'
C	This group requires the establishment of the flood prevention facility but non-structural measures and flood safety measures considering the regional conditions are needed rather than structural measures.
D	This group requires the flood safety measures considering the regional conditions.
E	This group requires the establishment of the flood prevention facility and increase of the flood control, but needs to be considered the structural and the non-structural measures in parallel.
F	This group requires the establishment of the flood prevention facility but non-structural measures should be prioritized.
G	This group requires the focus on non-structural measures for flood control.
H	This group requires the flood safety measures and the eco-friendly projects in parallel.

전문가의 오판이 전체적인 가중치 산정에 영향을 미칠 수 있다는 단점이 있다 (Jang and Kim, 2009). 이에 본 연구에서는 시군별 홍수피해주기 (NEMA, 2013)와 세부지표들간의 상관분석을 통한 상관계수를 가중치로 적용하였다.

3. PFD 그룹화를 통한 치수대책 방향

홍수피해잠재능 산정결과는 Fig. 2와 같이 8개 그룹으로 분류하여 치수대책 방향을 판단할 수 있도록 하였다 (Kim and Kim, 2003; Kim, 2004; Park, 2006; Song, 2012). A 지역은 피

해대상, 피해가능성, 방어능력 모든 부분에서 잠재적 위험성이 높으므로 홍수방어시설의 강화가 필요하고 구조적 대책에 의한 치수사업을 집중화해야 할 지역이며, B 지역은 피해가능성은 적으나 여전히 피해대상이 많고 방어능력이 낮아 홍수방어시설의 설치가 필요하지만 A 지역에 비해 지역적 여건을 고려하여 구조적 대책을 모색해야 한다. H 지역은 피해대상, 피해가능성, 방어능력 모든 부분에서 잠재적 위험성이 낮아 자연친화적인 사업과 병행될 수 있는 방향으로 치수대책을 수립해야 하며, 그룹별 치수대책 방향은 Table 2에 제시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 상관분석을 통한 지표별 가중치 산정

세부지표별 가중치를 산정하기 위해 시군별 홍수피해주기 (NEMA, 2013)와의 상관분석을 시행하였으며, 상관계수가 0.2 이상인 인자들을 대표인자로 선정, 각 대표인자들의 상관 계수를 가중치로 결정하였다. 각각 산출된 가중치는 분류한 3 가지 요소 (피해대상, 피해가능성, 방어능력)별로 가중치의 합이 1이 되도록 재산정하여 최종적인 가중치를 다음 Table 3 과 같이 적용하였다.

2. 홍수위험잠재능 (PFD) 산정결과

가. 피해대상

피해대상은 홍수피해에 대한 환경적· 사회적 노출정도를 평가하기 위한 수단으로 산정된 값이 높을수록 해당 지역이 홍수에 취약한 것으로 판단할 수 있다. Fig. 3 및 Table 4를 살펴보면, 타 시군과 비교해서 비교적 인구밀도는 낮으나 재해 취약인구비, 농가인구비, 기초생활수급자비, 경지면적, 산림 면적이 높은 경북 의성군, 영양군, 봉화군, 전남 고흥군, 신안 군, 경남 합천군의 피해대상 지수가 높은 것으로 나타났다. 충북 청원군, 충남 서산시, 전북 익산시의 경우 가중치를 적용했

을 경우 피해대상 지수 값이 상대적으로 높아져 위험대상지역에 포함되었으며 이 외의 시군은 가중치를 적용하지 않았을 경우와 유사한 경향을 나타내었다.

나. 피해가능성

피해가능성 지수는 대체적으로 홍수에 직접적으로 노출되어 있는 정도를 파악할 수 있으며 피해대상과 마찬가지로 값이 높을수록 해당 지역의 홍수 위험성이 높다 (Fig. 4, Table 4). 피해가능성 지수가 높은 지역으로는 서울특별시, 전남 고흥군, 제주도, 경남 남해군, 전북 군산시 등으로 대체적으로 서해안과 남해안에 편중되었다. 이는 집중호우나 태풍이 서해안 지방을 관통하는 경우가 많고 홍수피해 발생빈도도 잦음에 따라 이를 반영한 지표들로 구성된 피해가능성 지수 또한 높은 것으로 판단된다. 가중치를 적용했을 경우 경기도 고양시, 성남시, 안양시, 안산시, 가평군, 구리시, 인천광역시 는 오히려 위험대상지역에 포함되었다. 경기도 성남시, 안산시, 안양시의 경우 상대적으로 불투수율이 크고 최근 3년 80 mm/h 이상인 날이 많은 지역에 속했으며, 인천광역시와 경기도 고양시, 구리시는 10년 빈도 확률강우량이 많고 과거 침수 면적이 큰 지역에 해당했다. 경기도 가평군은 타 시군에 비해 대부분의 세부인자가 평균 이상의 값을 가지면서 상대적으로

Table 3 Correlation coefficient and weighting factor in flood damage factors

Category	Factors	Correlation coefficient	Weighting factor
Damage target (F _{DT})	◦ Population density (F _{PD})	0.53	0.17
	◦ Ratio of elderly population (F _{EPR})	0.50	0.16
	◦ Ratio of farm population (F _{FPR})	0.62	0.20
	◦ Ratio of basic livelihood security population (F _{BSP})	0.45	0.14
	◦ Cultivated area (F _{CA})	0.64	0.20
	◦ Forest area (F _{FA})	0.40	0.13
Damage possibility (F _{DP})	◦ Stream area (F _{SA})	0.22	0.08
	◦ Impervious ratio (F _{IR})	0.45	0.17
	◦ Natural disaster hazardous areas (F _{NHA})	0.42	0.16
	◦ Flood damage assessment (F _{FD})	0.57	0.21
	◦ Precipitation (80 mm/hr) (F _{PR})	0.37	0.14
	◦ Probability precipitation (10year) (F _{PP})	0.28	0.10
Prevention ability (F _{PA})	◦ Farmland inundation area (F _{IA})	0.37	0.14
	◦ Ratio of Sewerage Installation (F _{DR})	0.50	0.17
	◦ Benefitted area by irrigation facilities (F _{BAI})	0.51	0.18
	◦ Number of reservoir (F _{NR})	0.55	0.19
	◦ Number of pumping station (F _{NP})	0.46	0.16
	◦ Number of medical institutions (F _{NMI})	0.31	0.11
	◦ Financial independence rate (F _{FIR})	0.52	0.18

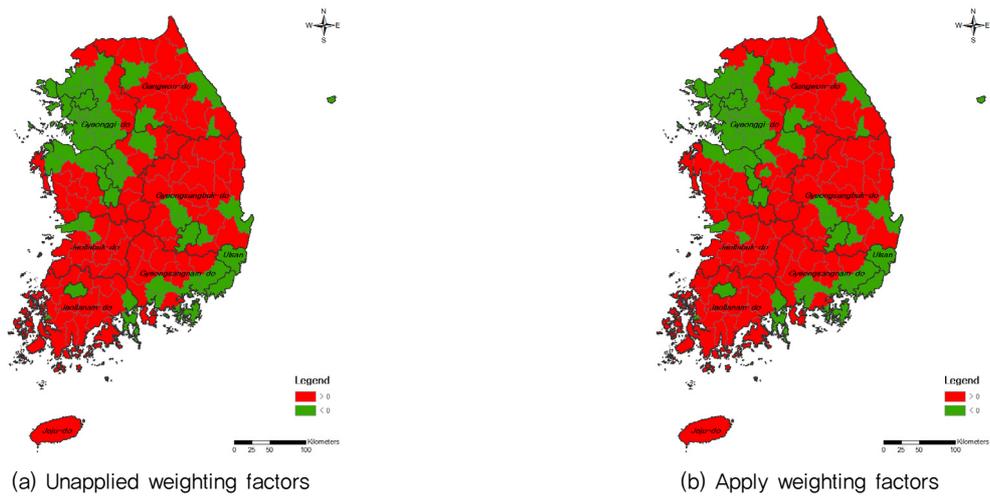


Fig. 3 Regional pattern classification of damage target

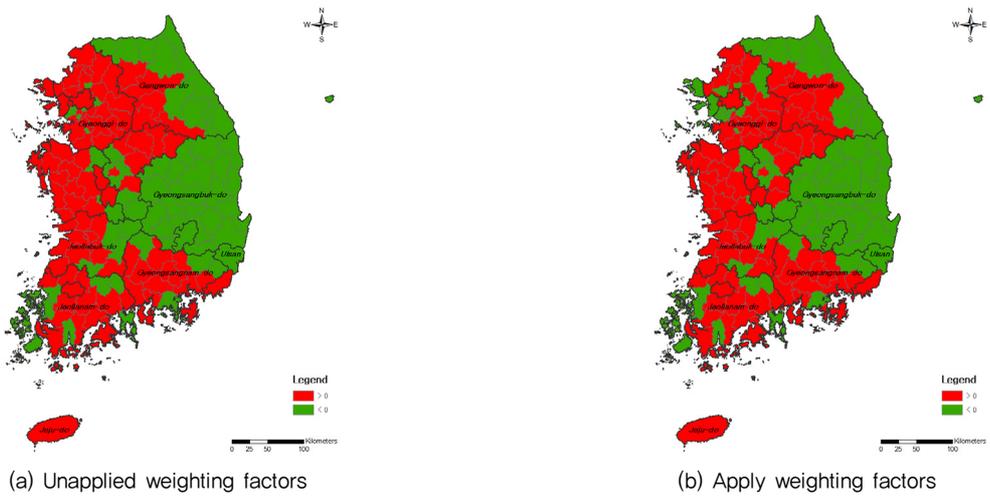


Fig. 4 Regional pattern classification of damage possibility

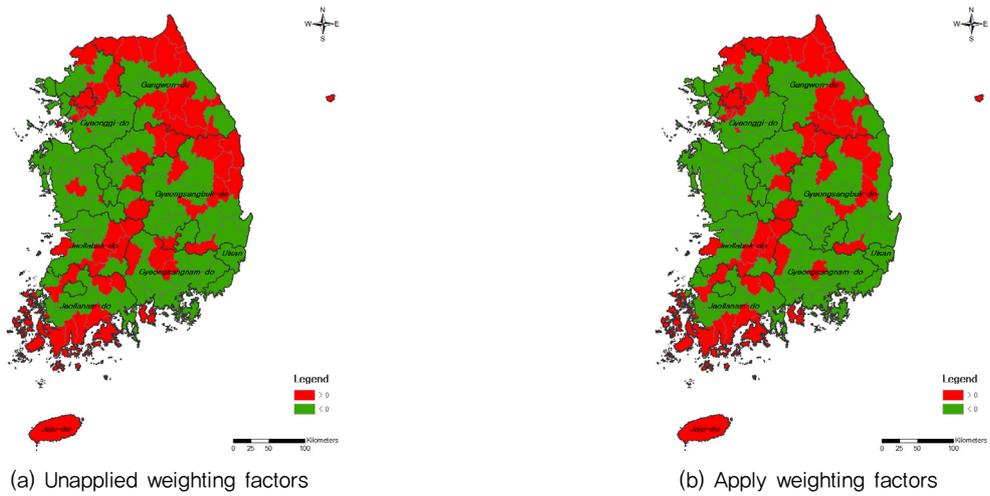


Fig. 5 Regional pattern classification of prevention ability

Table 4 Calculating the upper/lower 5th of potential flood damage

		1st		2nd		3rd		4th		5th	
Damage target	Upper	Gyeongbuk Uiseong-gun	0.85	Jeonnam Goheung-gun	0.83	Jeonnam Sinan-gun	0.78	Gyeongbuk Yeongyang-gun	0.73	Gyeongbuk Bonghwa-gun	0.73
	Lower	Gyeonggi Gwacheon-si	-1.55	Gyeonggi Anyang-si	-1.51	Gyeonggi Uiwang-si	-1.50	Gyeonggi Gunpo-si	-1.46	Chungnam Gyeryong-si	-1.46
Damage possibility	Upper	Seoul	1.23	Jeonnam Goheung-gun	0.93	Jeju Island	0.80	Gyeongnam Namhae-gun	0.78	Jeonbuk Gunsan-si	0.62
	Lower	Gangwon Sokcho-si	-1.00	Gyeongbuk Gyeongsan-si	-0.94	Gangwon Goseong-gun	-0.88	Gyeongbuk Ulleung-gun	-0.84	Gyeongbuk Gumi-si	-0.80
Prevention ability	Upper	Gyeongbuk Ulleung-gun	4.44	Gyeonggi Gwacheon-si	1.73	Gangwon Taebaek-si	1.56	Gyeonggi Guri-si	1.31	Gyeonggi Uijeongbu-si	1.29
	Lower	Ulsan	-0.74	Daegu	-0.73	Incheon	-0.67	Busan	-0.67	Gwangju	-0.66

피해가능성이 크게 나타난 것으로 보인다.

다. 방어능력

방어능력은 풍수해 발생 시에 대응할 수 있는 능력을 판단하기 위한 기준으로 지역별 대응능력의 분포를 파악할 수 있다 (Fig. 5). 수집한 세부인자들의 역수값을 취하여 피해대상과 피해가능성 지수와 마찬가지로 지수값이 높을수록 홍수방어 능력이 미진한 것으로 보인다. 타 시군에 비해 울릉군의 홍수방어 능력이 매우 미비했는데 이는 전체적인 세부인자들의 값이 모두 높고 하수도 설치율이 현저히 낮아 홍수방어 능력이 매우 부족하게 나타난 것으로 판단된다.

3. 홍수위험잠재능 그룹화 결과

앞서 산정한 피해대상, 피해가능성, 방어능력 지수를 조합하여 최종적으로 홍수위험잠재능(PFD)을 그룹화 한 결과를 Fig. 6과 Table 5에 나타내었다. 치수사업이 시급한 A 지역은 총 20개 지역 중 전남 6개 (고흥군, 보성군, 장흥군, 해남군, 장성군, 완도군)로 많은 비중을 차지하였으며, 상대적으로 피해대상, 피해가능성, 방어능력 모든 부분에서 홍수의 잠재적 위험성이 낮은 H 지역은 13개 지역으로 나타났다.

시도별로 살펴보면, 경기도의 경우 피해대상이 적은 F와 G 지역이 주를 이루고 있었고, 강원도는 피해가능성은 적으나 피해대상이 많고 방어능력이 부족한 B 지역이 가장 많았다. 충청남도도 방어능력은 높으나 피해대상과 피해가능성이 많은 C 지역이 10개 시군으로 가장 많았으며, 경상북도도 방어능력이 높고 피해가능성은 적으나 피해대상이 많은 D 지역이 12개 시군으로 가장 많은 비중을 차지하였다.

본 연구에서 제안한 홍수피해주기를 고려한 홍수위험잠재능은 홍수피해의 잠재적인 위험 정도를 나타낸 지표이므로 실제 지역별 홍수피해액 분포와는 다소 차이가 있을 수 있으

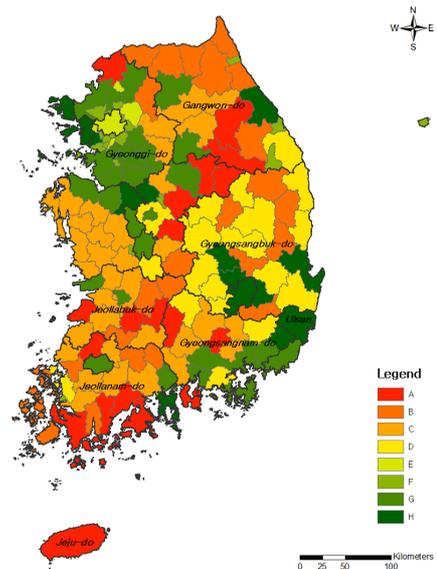


Fig. 6 Regional pattern classification of potential flood damage

나, 농경지 피해액, 공공시설 및 사유시설의 피해액 등 홍수피해액을 고려할 수 있는 인자가 추가된다면 보다 효과적인 홍수위험잠재능 지표가 산정될 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 시군별로 홍수위험성을 평가하기 위해 기존의 수정 PFD 개념을 도입하고, 3개 세부요소인 피해대상, 피해가능성, 방어능력 별로 162개 시군별로 각각 지수값을 산정하였으며, 그 결과에 따라 3차원 그룹화를 통해 시군별 치수대책 방향성을 설정하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

Table 5 Results of group for potential flood damage

	A	B	C	D	E	F	G	H	SUM
Metropolitan City	1	0	0	0	1	0	4	3	9
Gyeonggi-do	1	1	2	0	4	11	11	1	31
Gangwon-do	2	7	2	1	0	3	2	1	18
Chungcheongbuk-do	4	1	2	1	0	1	2	1	12
Chungcheongnam-do	0	0	10	1	0	1	2	1	15
Jeollabuk-do	3	3	6	0	0	0	2	0	14
Jeollanam-do	6	6	6	1	0	1	1	1	22
Gyeongsangbuk-do	0	6	0	12	0	1	0	4	23
Gyeongsangnam-do	3	0	5	3	0	0	6	1	18
SUM	20	24	33	19	5	18	30	13	162

1. 홍수위험성을 평가하기 위해 홍수피해에 영향을 미치는 요인들을 바탕으로 관련 지표들을 수집·검토하였다. 수집한 58개 지표 중 홍수피해주기와 상대적으로 상관성이 높은 19개 지표들을 최종적으로 사용하였으며, Z-score 방법을 이용하여 표준화하였다. 세부지표별 객관적이고 일관성 있는 가중계수 결정을 위해 홍수피해주기와 상관계수를 활용하여 피해대상, 피해가능성, 방어능력 등 3개 구성요소의 가중치 합이 1이 되도록 수정하였으며, 최종적인 홍수위험잠재능을 산정하여 3차원 그룹화를 통해 시군별로 치수대책 방향을 설정하였다.
2. 시군별 홍수위험잠재능을 평가한 결과, 피해대상 요소의 경우 의성군, 고흥군, 신안군, 영양군, 봉화군이 가장 높은 순위를 차지하였다. 피해가능성의 경우에는 서울, 고흥, 제주, 남해군, 군산시 등 주로 도서해안에 위치한 지역과 대도시 위주로 나타났으며, 방어능력의 경우에는 울릉군, 과천시, 태백시, 구리시, 의정부시 등이 상대적으로 취약했으며, 울산, 대구, 인천, 부산, 광주 등 대도시가 상대적으로 방어능력이 우수한 것으로 산정되었다.
3. 시군구별 치수대책 방향성을 제시하기 위해 피해대상, 피해가능성, 방어능력 등 3개 구성요소에 대해 3차원 그룹화를 시행한 결과 홍수의 잠재적 위험이 높은 A그룹은 전남, 충북, 경남, 전북 순으로 나타났으며, 특히 전남지역은 치수대책이 시급한 지역으로 현지조사를 통해 구체적인 원인을 분석하여 대책 마련이 절실하다고 판단되었다.

본 연구에서 제시한 홍수위험잠재능은 치수경제성 분석을 근사적으로 대신할 수 있는 객관적이고 정량적인 지표로 활용될 수 있을 것으로 기대되며 지역별 잠재적인 홍수위험성

을 계량적으로 비교·분석, 합리적인 치수대책방향 설정, 치수예산의 효율적 배분을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 향후 홍수피해액과 연계된 지표를 추가하거나 지표들의 지역별, 시계열별 변화추이를 포함하여 추가적인 수정보완이 이루어진다면 보다 효과적인 홍수위험잠재능을 산정할 수 있으며 치수대책 수립에 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (과제번호: 313018-03).

REFERENCES

1. Ahn, J. H., D. S. Kang, and Y. N. Yoon, 2006. An Improvement of Estimation Technique on Potential Flood Damage. *Proceedings 2006 Annual Conference KSCE 2040-2043* (in Korean).
2. Jang, O. J. and Y. O. Kim, 2009. Flood Risk Estimation Using Regional Regression Analysis. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation 9*(4): 71-80 (in Korean).
3. Kim, J. H. and Y. O. Kim, 2003. Improving Potential Flood Damage. *Proceedings 2003 Annual Conference KSCE 2373-2378* (in Korean).
4. Kim, J. H., 2004. Estimation of the Basin Flood Control Safety. Master's thesis, Seoul Ind.: Seoul University (in Korean).
5. Kim, S. J., S. M. Kim, and S. M. Kim, 2013. A Study on the Vulnerability Assessment for Agricultural Infrastructure using Principal Component Analysis. *Journal of the Korean Society*

- of Agricultural Engineers* 55(1): 31-38 (in Korean).
6. Korea Meteorological Administration (KMA), 2011. White Paper on Changma. Seoul, Korea (in Korean).
 7. Korea Research Institute for Human Settlements (KRIHS), 2005. Analysis of Flood Damage Characteristics and Development of Flood Damage Index. Anyang, Korea (in Korean).
 8. Lee, M. H., I. W. Jung, and D. H. Bae, 2011. Korean Flood Vulnerability Assessment on Climate Change. *Journal of Korea Water Resources Association* 44(8): 653-666 (in Korean).
 9. Lee, S. J., Y. O. Kim, J. H. Lee, and Y. Y. Lee, 2006. Improving Potential Flood Damage for Basin Flood Mitigation Safety Level. *2006 Proceedings of the Korea Water Resources Association Conference* 226-230 (in Korean).
 10. Lim, K. S., S. J. Choi, D. R. Lee, and H. W. Moon, 2010. Development of Flood Risk Index using causal relationships of Flood Indicators. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* 30(1): 61-70 (in Korean).
 11. Ministry of Construction and Transportation (MOCT), 2001. Long-term plans for water resources (2011-2020). Gwacheon, Korea (in Korean).
 12. Ministry of Public Safety and Security (MPSS), 2014. Annual Report on Disasters. Seoul, Korea (in Korean).
 13. Moon, S. R., S. M. Yang, and S. H. Choi, 2014. Development and the Application of Flood Disaster Risk Reduction Index. *Journal of the Korean of Safety* 29(1): 64-69 (in Korean).
 14. National Emergency Management Agency (NEMA), 2013. Management guideline of Natural disaster hazardous areas. Seoul, Korea (in Korean).
 15. Park, S. G., 2006. Estimation of Potential Risk for Flood Damage Occurrence. Master's thesis, Incheon Ind.: Inha University (in Korean).
 16. Park, S. G., K. H. Lee, M. S. Kyung, and H. S. Kim, 2006. Risk of Flood Damage Potential and Design Frequency. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* 26(5): 489-499 (in Korean).
 17. Park, T. S., C. G. Yeo, M. H. Choi, and S. O. Lee, 2010. Flood Damage Index regarding Regional Flood Damage Characteristics. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* 30(4): 361-366 (in Korean).
 18. Park, T. S., M. H. Choi, C. G. Yeo, and S. O. Lee, 2009. Analysis of Regional Flood Damage Characteristics using Relationship between Flood Frequency and Damages. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* 9(5): 87-92 (in Korean).
 19. Song, I. H., J. H. Song, S. M. Kim, M. W. Jang, and M. S. Kang, 2012. Spatial Distribution and Regional Characteristics of Meteorological Damages to Agricultural Farms in Korea. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(6): 45-52 (in Korean).
 20. Song, J. H., 2012. Study on Flood Risk Assessment in Medium and Small River Watersheds for Flood Protection Alternatives, Master's thesis, Gyeongsan Ind.: Yeungnam University (in Korean).
 21. Song, J. H., S. D. Kim, M. J. Park, and H. I. Choi, 2013. Estimation of Flood Risk Index for the Nakdong River Watershed. *Journal of Korea Water Resources Association* 46(1): 35-45 (in Korean).