

한국 재난의 멱함수분포와 사회적 충격사건에 관한 연구

김용균* · 김상필** · 조형식*** · 손홍규****

Kim, Yongkyun* · Kim, Sang Pil** · Cho, Hyoung-Sig*** · Sohn, Hong-Gyoo****

A Study of Power Law Distribution of Korean Disaster and Identification of Focusing Events

ABSTRACT

Improvements in disaster management has become a global necessity because the magnitude of disasters is intensifying in parallel with the increased disaster damage. The disaster risk in Korea is also increasing due to the emergence of new types of disaster; such as the Middle East respiratory syndrome coronavirus, the increase of complex disasters, and the heightened probability of a catastrophic event due to climate change. This paper aimed to identify the disaster loss-frequency relationship from 1948 to 2014 in Korea by using four types of variables. In addition, this paper found major disasters that resulted in the reformation of disaster response organizations, and inputted the deaths and economic loss attributed to those disasters into the disaster loss-frequency graph. The research result substantiated that the disaster loss-frequency relationship in Korea follows the Power Law and found the coefficients of each Power Function. Additionally, this paper found that most of the reformations of disaster response organizations happened after major disasters that concentrated societies attention and anger due to the high human and economic impact; such events are labelled as "focusing events." These focusing events, with the characteristics of a low probability and high impact, are located in the long tail of the Power Law Distribution. This paper suggests that the effective public policy for disaster response needs to be developed by paying attention to 'low probability and high impact' focusing events that are located in the long tail of the Power Law Distribution.

Key words : Power law, Disaster response, Focusing events

초록

전 세계적으로 재난으로 인한 피해가 증가함에 따라 재난관리에 대한 관심이 높아지고 있다. 21세기 한국사회 역시, 메르스와 같은 신종 재난의 출현, 복합재난의 증가, 기후변화로 인한 재난의 대형화를 경험하고 있다. 본 연구에서는 이와 같이 복잡해지고 있는 한국의 재난 패턴을 분석하기 위하여 1948년부터 2014년까지의 한국에서 발생한 자연재난과 사회재난으로 인한 인명·재산 피해를 재난빈도의 관계를 살펴보았다. 또한, 우리나라 재난대응 조직에 변화를 가져온 사건들을 분석하여 멱함수와의 관계를 분석하였다. 연구 결과, 한국의 재난 피해와 빈도 사이의 관계는 멱함수 법칙을 따른다는 것을 확인하였으며, 이를 설명할 수 있는 함수식의 계수를 계산하였다. 이와 더불어, 우리나라 재난대응조직의 변화는 대규모 피해로 사회전반의 관심을 불러일으키는 "사회적 충격사건"들에 의해 유발되었으며, 이러한 사건들은 발생빈도는 낮지만 그 피해규모가 큰 사건들로서 멱함수의 긴 꼬리 부분에 위치한다는 것을 확인하였다. 연구가 갖는 정책적 시사점은 정규분포곡선으로 설명되지 않는 멱함수의 긴 꼬리 부분에 위치한 사건들에 주목하여 재난대응을 위한 정책 수립이나 조직 준비를 해야 한다는 것이다.

검색어 : 멱함수, 재난대응, 사회적 충격사건

* 국민안전처 재난관리총괄과 과장 (Ministry of Public Safety and Security · 007falcon@korea.kr)

** 연세대학교 공학대학 토목환경공학과 통합과정 (Yonsei University · spkim09@yonsei.ac.kr)

*** 중신회원 · 연세대학교 공학대학 토목환경공학과 박사과정 (Yonsei University · f15kdaum@yonsei.ac.kr)

**** 중신회원 · 교신저자 · 연세대학교 공학대학 토목환경공학과 교수 (Corresponding Author · Yonsei University · sohn1@yonsei.ac.kr)

Received November 13, 2015/ revised November 20, 2015/ accepted November 23, 2015

1. 서론

자연재난과 산업재해, 테러 등 대형재난의 빈도와 그로 인한 사회 경제적인 소모비용이 증가함에 따라 전 세계적으로 재난에 대한 관심이 증가하고 있다(Keen and Pakkot, 2011; Roberts, 2009). 또한, 현대 사회의 재난은 에볼라-메르스와 같은 신종 재난의 출현, 자연현상과 사회현상이 상호 작용되어 발생하는 복합재난의 증가, 기후변화로 인한 대형 재난 발생가능성의 증가 등 과거와는 매우 다른 특징을 보이고 있으며, 이에 따라, 재난관리에 있어서도 과거와는 다른 형태의 패러다임이 요구되고 있다.

복잡계 이론은 자연계를 구성하고 있는 다양한 요소들이 서로 상호작용하며 비롯되는 현상을 설명하기 위한 이론으로서 도시 인구, 주식시장, 인터넷 네트워크 등 복잡계에서 나타나는 다양한 현상들이 정규분포 대신 멱함수 분포를 따른다는 사실이 기존 연구들을 통해 밝혀졌다(Blank and Solomon, 2000; Gabaix et al., 2003; Faloutsos et al., 1999). 재난의 양상의 원인이 점차 다양해지고 복잡해짐에 따라 복잡계를 이용해 재난을 설명하고자 하는 연구가 다수 진행되었으며, Mandelbrot (1983), Barton et al. (1994), Becerra et al. (2006), Janczura and Weron (2012), Jo and Ko (2014) 등의 연구에서 지진, 허리케인, 홍수 등 특정 재난에 대해규모와 빈도 사이의 관계를 측정해 본 결과 멱함수 법칙을 따른다는 것이 밝혀졌다. 하지만, 이 연구들은 특정 재난에 한정되어 있어 한 국가에서 발생하는 모든 자연·사회 재난들의 빈도와 규모가 멱함수 법칙을 따르고 있는 지는 아직 밝혀지지 않았다.

멱함수 분포의 꼬리(tail)부분에 위치하는 사건들은 빈도는 낮지만 극심한 피해를 발생시키는 재난으로서 극심한 사회적 반향을 일으키게 된다. 특히, 우리나라의 경우 1994년 성수대교 붕괴, 1995년 삼풍백화점 붕괴, 2002년 태풍 루사, 2003년 대구 지하철 화재, 2014년의 세월호 사건 등 대형 재난을 겪으면서 재난관리 역량의 취약성을 확인하게 되었으며, 각각의 사건이 발생한 후 조직을 개편하고 법령을 제·개정하는 등 제도적인 보완을 해 왔다. 대형 태풍 루사·매미, 세월호 등과 같이 대규모 인명 또는 재산 피해가 발생하여 사회전반의 관심이 집중되고 정책적 변화를 불러 일으키는 사건을 Birkland는 사회적 충격사건(focusing event)이라는 용어로 정의하였다(Birkland, 1997). 사회적 충격사건은 일상적으로 발생하는 재난에 비해 사회전반의 관심을 불러일으킬 만큼의 충격을 가지는 극단적인 사건으로 사회적 충격사건으로 인한 정책의 변화는 비점증적이고 갑작스러운 변화를 불러일으키며, 아이디어의 갑작스러운 이동 또는 정책의 일시적인 유행으로 인한 성급한 정책체택이 진행될 수 있는 위험을 가지고 있으며, 따라서 이러한 대규모 재난 이후의 정책변화에 대한 보다 폭넓은 이해가

요구된다(Lee, 2010).

이에 본 연구에서는 한국에서 재난대응 조직의 변화와 관련된 사회적 충격사건을 살펴보고, 재난대응 정책 결정시 고려해야 할 시사점을 도출하고자 하였다. 이를 위해 국내에서 발생한 자연재난과 사회재난을 대상으로 재난으로 인한 사망자수 및 피해액과 재난 발생확률 사이의 관계를 규명하고자 하였다. 또한, 재난 이후 재난대응 조직의 변화를 살펴봄으로써 한국 재난대응 정책에 변화를 발생시킨 사회적 충격사건과 이러한 사건들이 미친 영향을 분석하고자 하였다.

2. 사회적 충격사건

사회적 충격사건은 정책의 결정 혹은 변화를 야기하는 여러 요인들 중 하나로 정책학을 연구하는 여러 학자들에 의해 연구되어 왔다. 사회적 충격사건은 대중과 핵심 권력자들이 동시에 인지하게 되는 사건으로, 발생빈도는 낮으나, 갑작스럽게 발생하고, 큰 피해를 입히는 사건이다. 사회적 충격사건으로 인한 피해는 일반적인 범죄, 질병 등으로 인한 피해보다 즉각적이고 특정한 지역에 집중되어 발생함으로써 사건으로 인한 피해를 보다 극명하게 드러내어 사회적인 관심을 집중시키며, 정부 또는 관련 기관의 대응을 촉구하게 된다(Birkland, 1998).

사회적 충격사건은 이러한 특징으로 인해 사건 이후 정책방향을 어떻게 설정해야 할 것인가에 대한 큰 방향에 영향을 미치게 된다(Birkland, 1997). 어떠한 문제에 대해서 정부 관련자들의 주의를 집중시키기 위해서는 이를 독촉하기 위한 요소가 필요하며, 위기 또는 재난, 강력한 의지, 정책 결정권자의 개인적인 경험과 같은 사회적 충격사건이 이러한 독촉으로 작용할 수 있다(Kingdon, 2010). 사회적 충격사건은 이와 같이 미디어와 다양한 기관, 및 정부 관련자들의 이목을 집중시킴으로서 정책변동을 위한 기회창(window of opportunity)을 제공한다(Kingdon, 1995).

Birkland (2007)는 재난(disaster)과 사고(incident)에 사회적 충격사건의 개념을 적용하였으며, 재난과 사고가 실제로 정책 문제에 대한 관심을 증가시킨다는 것을 발견하였다. 재난과 관련하여 사회적 충격사건에 대한 이해를 향상시켜야 하는 이유는 다음과 같다.

첫째, 사회적 충격사건은 직관적으로 인지할 수 있다. 개인 또는 사회가 어떤 문제를 고려하지 않아 이와 같이 사회적으로 큰 반향을 일으키는 발생하였으며 이를 통하여 정책적으로 무엇을 해야 하는 지에 대하여 요청할 수 있도록 해준다. 따라서 사회적 충격사건은 정책의 변화와 반드시 동시에 발생하지는 않지만, 특정한 상황에서 중요한 선도적인 역할을 할 수 있다.

두 번째, 사회적 충격사건은 의제 설정과 정책 입안 사이에

존재하는 격차를 줄일 수 있다. 사회적 정책사건은 의제 설정 이후 정책 입안까지의 과정을 가속화하는 역할을 하고 있다.

세 번째, 사회적 충격사건은 주어진 특정한 순간에 있어서 의제 변화(agenda change)의 이유를 찾아내는 것이 비교적 쉽고, 사건의 영향에 대한 연구가 상대적으로 단순하기 때문에 정책 입안(policy-making) 과정에 대한 보다 경험적인 연구를 지원할 수 있다.

3. 멱함수 분포

생물학자들은 비선형 동적시스템(nonlinear dynamic system)인 생태계를 수학적으로 설명하기 위해서 복잡계 이론(complexity theory)을 사용하고 있다(Farber, 2003). 최근 복잡계에서 일어나는 여러 현상들은 정규분포보다는 멱함수 분포를 따른다는 연구결과가 다수 발표되었으며, 재난에 관한 연구에서도 복잡계와 멱함수 분포가 많은 주목을 받고 있다. 이는 재난이 발생하는 상황은 여러 가지 요소들이 동시 다발적으로 작용하는 복잡계적 양상을 띠고 있기 때문이며, 복잡계적 특성을 보이는 재난상황들이 꼬리부분이 길게 나타나는 멱함수를 이용하여 표현할 수 있기 때문이다(Etkin, 2015). Fig. 1은 정규분포와 멱함수 분포를 나타내는 그림으로, 정규분포에서는 평균 주변에서 사건이 가장 많이 발생하며, 멱함수 분포는 최소값에 가까울 때 가장 많은 사건이 발생한다. 예를 들어, 한 번의 큰 지진 이전에는 여러 번의 작은 지진들이 있고, 그 빈도수의 패턴은 멱함수 분포와 일치하게 되며, 도시의 인구, 지진의 강도 그리고 정전의 규모 또한 멱함수 분산을 따르게 된다(Faber, 2003). 이와 같이 멱함수를 따르는 현상들은 일반적인 값 또는 평균적인 값에 의해 특징지어지지 않는다고 할 수 있다(Clauset et al., 2009). 따라서 자주 발생하지 않는 대규모 재난에 대비하기 위해서는 정규분포에 의해서 설명되는 위험보다 멱함수 법칙에

의해 설명되는 위험에 초점을 맞춘 분석이 이루어져야 한다(Etkin, 2015).

4. 연구자료 및 방법

4.1 연구자료

본 연구에서 대상으로 하는 재난은 재난 및 안전관리 기본법 제3조에서 규정된 자연재난과 사회재난이다. 재난의 발생빈도와 사망자 수 및 피해액 사이의 관계를 살펴보기 위하여 재난연보에서 제공되는 자연재난으로 인한 사망자 수와 피해액, 재난연감에서 제공되는 사회재난으로 인한 사망자 수와 피해액을 사용하였다. 또한, 재난 이후의 재난대응조직 변화와 관련된 사회적 충격사건을 도출하기 위하여 (구)소방방재청에서 2010년에 발간한 재난관리 60년사를 사용하였다. 재난으로 인한 피해액은 특정시점의 가치로 표준화하기 위하여 한국은행에서 발표하는 2014년 물가지수를 기준으로 변환하였다. 변환을 위한 식은 Eq. 1과 같다.

$$\begin{aligned} \text{금액환산지수} &= \text{기준년도 물가지수} / \text{해당년도 물가지수} \\ \text{환산금액} &= \text{금액환산지수} \times \text{원 금액} \end{aligned} \quad (1)$$

4.2 재난의 발생확률과 규모(사망자 수 및 피해액) 사이의 관계 분석

본 연구에서 재난의 발생확률과 재난 규모 사이의 관계를 추정하기 위한 모델은 Becerra et al. (2006)의 방법을 사용하였다. 재난의 발생확률은 규모에 대한 확률함수로 Eq. (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$p(x) = 1 - \frac{n(X \leq x)}{N} = \frac{n(X > x)}{N} \quad (2)$$

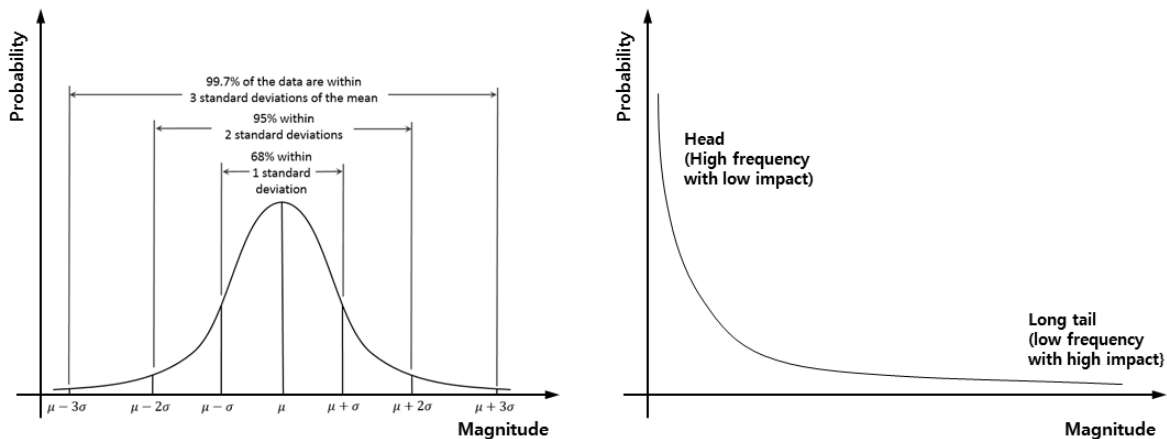


Fig. 1. Normal Distribution and Power Law Distribution

여기서 X 는 재난의 확률변수이고, x 는 해당 재난의 피해 규모, $n(X > x)$ 는 재난의 규모가 x 를 초과하는 재난의 횟수, N 은 총 재난 횟수이다. Eq. (2)에서 사용된 재난의 발생확률 함수는 특정 규모의 재난에 대한 발생 확률이 아니라, 특정 규모 이상의 재난이 대한 발생할 확률로서 해당 규모 이상의 재난이 발생할 확률을 누적하여 계산되는 누적확률함수이다. 본 연구에서는 Eq. (2)를 통해 계산된 재난 발생확률과 규모 사이의 관계는 멱함수 분포로 가정하였으며, 따라서 Eq. (2)의 확률밀도 함수는 Eq. (3)과 같은 멱함수를 이용하여 관계식을 추정할 수 있다.

$$p(x) = Cx^{-\alpha} \quad (3)$$

여기서, $p(x)$ 는 x 가 증가함에 따라 감소하게 되며, α 는 감소하는 정도를 나타내는 계수이다. 또한, C 는 누적확률함수의 최대값을 1로 만들기 위한 상수이다. C 는 사용하는 자료가 연속적인 자료인 경우와 불연속적인 자료인 경우에 따라 Eq. (4)와 같이 다르게 계산되어진다.

$$C = (\alpha - 1)x_{\min}^{\alpha-1} \quad (\text{연속}) \quad (4)$$

$$= 1/\zeta(\alpha, x_{\min}) = 1/\sum_{n=0}^{\infty} (n + x_{\min})^{-\alpha} \quad (\text{이산})$$

Eq. (3)의 모델에서 추정하고자 하는 값은 x_{\min} 과 α 로서 각각 멱함수를 따르기 시작하는 구간의 최소값과 감소하는 정도를 나타낸다. x_{\min} 과 α 를 동시에 추정하기 위해 x_{\min} 의 값을 순차적으로 증가시키며 α 를 추정하게 되며, 추정된 x_{\min} 과 α 의 적합성은 Kolmogorov-Smirnov 통계량을 사용하여 검증하였다.

재난의 규모를 나타내는 사망자 수와 피해액의 최소값과 최대값의 범위가 매우 넓은 관계로 그래프로 나타낼 때 log를 취하여

도시하였다. 이때, 마찬가지로 재난의 규모재난 발생확률도 log를 취함으로써 Eq. (3)은 Eq. (5)와 같이 선형식으로 변환할 수 있으며, 멱함수를 따르는 두 변수는 log-log 그래프 상에서 선형적인 관계를 나타내게 된다.

$$\log p(x) = c - \alpha \log x \quad (5)$$

5. 연구결과 및 시사점

5.1 사회적 충격사건과 재난대응 조직 변화

본 연구에서는 사회적 충격사건이 우리나라 재난대응과 관련된 조직의 변화에 얼마나 많은 영향을 끼쳤는지 알아보기 위하여 재난관리 60년사(NEMA, 2009)와 관련 자료(Lee et al., 2015; Kwon, 2014; Yoo, 2015)를 기준으로 1948년부터 2014년까지 우리나라 재난대응 조직의 변화를 살펴보았다. 재난대응 조직은 자연사회 재난과 관련된 부처 중 재난대응의 최종 의사결정 기구인 중앙재난안전대책본부를 운영하는 조직과 현장 대응의 핵심 기능인 긴급구조를 담당하는 조직으로 국한하여 살펴보았다. 그 이유는 재난 대응에 해당하는 상황 보고·전파, 시설 응급복구, 재난 정보통신, 긴급구조 등 각 기능별로 대부분의 중앙부처와 모든 시도·시군구가 보유한 재난대응 기능을 담당하고 있는데, 이처럼 모든 기관을 포함할 경우 관련 자료를 확보하기가 거의 불가능하기 때문이다. 또한, 본 연구에서는 담당하는 부처 또는 국의 신설 및 기능의 부처 이관 등 조직에 있어서 핵심적인 변화요인만을 조직의 변화로 정의하였다. 재난대응조직의 변화와 더불어, 이러한 변화가 발생했던 계기가 되었던 사회적 충격 사건을 파악하기 위해, 재난대응조직에 변화 이전의 2년 이내에 발생한 대형 재난도 함께 연구하였다.

우리나라의 주요 재난대응조직의 변화와 이와 관련된 주요 재난을 표로 정리하면 Table 1과 같다. 재난대응 조직의 변화는 직접

Table 1. Major Disasters and Changes of Disaster Response Organization in Korea

Major disasters					Disaster response organization	
Date	Name of disaster	Deaths	Economic loss		Date	Changes
			value at the disaster (unit: billion KRW)	value in 2014 (unit: billion KRW)		
-	-	-	-	-	1948.11.4	Establishment of water utilization division under construction bureau and fire fighting division under police bureau in Ministry of Interior
-	-	-	-	-	1953.12.14	Establishment of maritime police team in security division under police bureau in Ministry of Interior
-	-	-	-	-	1955.02.07	Transfer to maritime police team under maritime affairs agency in Ministry of Commerce and Industry

Table 1. Major Disasters and Changes of Disaster Response Organization in Korea (Continue)

Major disasters					Disaster response organization	
Date	Name of disaster	Deaths	Economic loss		Date	Changes
			value at the disaster (unit: billion KRW)	value in 2014 (unit: billion KRW)		
1959.09.01	Typhoon John, typhoon Sarah, etc.	781	85	420	-	-
1961.07.17	Flooding in Namwon, North Jeolla Province and Yeongju, North Gyeongsang province	252	17.4	68.6	1961.08.21	Establishment of office for flood restoration under National Territory Construction Agency
-	-	-	-	-	1961.10.02	Transfer of disaster management tasks from Ministry of Interior to National Territory Construction Agency
1970.04.08	The collapse of a Wawoo apartment complex building	-	-	-	1972.6.	Establishment of fire department in Seoul and Busan City
1977.11.11	The explosion accident of I-ri station	59	2.4	11.4	1978.07	Establishment of Fire Academy
1990.09.09	Ilsan levee-break	163	520.3	1025.5	1991.04.23	Transfer of disaster management tasks from Ministry of Construction and Transportation to Ministry of Interior Establishment of deputy director-general's office for disaster management planning and disaster management division under civil defense bureau in Ministry of Interior
1993.10.10	Sinking of the MV Seohae	294	-	-	1994.12.22	Appointment of chief of Korea coast guard as director of the central rescue headquarters
1994.10.21	Seongsu bridge collapse	32	-	-	-	-
1994.12.7	Ahyun gas explosion accident	12	-	-	-	-
1995.06.29	Sampoong department Store collapse	507	-	-	1995.10.19	Establishment of man-made disaster management bureau following the reorganization of civil defense headquarters to civil defense and disaster control headquarters Establishment of central 119 rescue team under national fire academy
						Establishment of deputy director-general's office for safety management in Prime Minister's office Establishment of deputy director-general's office for gas safety in Ministry of Commerce and Industry Establishment of deputy director-general's office for construction safety in Ministry of Construction and Transportation
-	-	-	-	-	1995,12,	Establishment of disaster management division following the reorganization of civil defense bureau to civil defense and disaster management bureau in metropolitan and provincial governments Reorganization of civil defense division to civil defense and disaster management division in local governments
						Creation of safety inspection team in all metropolitan and provincial governments

Table 1. Major Disasters and Changes of Disaster Response Organization in Korea (Continue)

Major disasters					Disaster response organization	
Date	Name of disaster	Deaths	Economic loss		Date	Changes
			value at the disaster (unit: billion KRW)	value in 2014 (unit: billion KRW)		
-	-	-	-	-	1995.12.27	Reorganization of central 119 rescue team as an affiliated organization in Ministry of Interior
1999.06.30	Sealand fire accident	23	0.072	0.097	2000.2.2	Establishment of Task Force for safety management countermeasures planning in Prime Minister's Office
2002.08.30	Typhoon Rusa	246	5147.9	6897.7	2002.11.02	Establishment of Task Force for flood prevention countermeasures planning (Presidential Decree No. 107)
2003.02.18	Daegu subway fire	192	61.4	80.6	2003.03.17	Establishment of Task Force for National Disaster Management System Planning
2003.09.12	Typhoon Maemi	131	4222.4	5537.1	-	-
-	-	-	-	-	2004.06.01	Establishment of National Emergency Management Agency as the first independent disaster management agency in the Republic of Korea Establishment of Safety Planning Bureau in Ministry of Government Administration and Home Affairs
2006.07.09	Typhoon Ewinar	62	1834.4	2200.6	2006.09.01	Establishment of Task Force for New National Disaster Prevention System Planning
-	-	-	-	-	2008.02.29	Reorganization of MoGAHA to Ministry of Public Administration and Security(MoPAS) Reorganization of Korea Coast Guard as the agency affiliated with Ministry of Land and Maritime
2011.07.26	Woomyun Mt. Landslide	18	376.8	371.3	-	-
2012.09.27	Gumi Hydrofluoric Acid Gas Leakage	5	-	-	-	-
-	-	-	-	-	2013.03.23	Reorganization of MoPAS to Ministry of Safety and Public Administration Reorganization of Korea Coast Guard as the agency affiliated with Ministry of Maritime Affairs and Fisheries
-	-	-	-	-	2013.11.25	Establishment of united disaster prevention center on chemical accident
2014.02.17	The Gyeongju Mauna ocean resort collapse accident	10	-	-	-	-
2014.04.16	Sinking of MV Sewol	304	-	-	2014.11.19	Establishment of Ministry of Public Safety and Security

관련되는 대응 조직의 변화(예: 중대본을 운영하는 내무부 토목국이 국토건설청으로 흡수, 재난관리국 신설 등)와 간접적으로 관련되는 조직의 변화(예: 수해복구사무소 설치, 소방학교 설치 등)로 나누어 볼 수 있다. 직접 관련되는 조직의 변화는 자연·사회재난 분야를 담당하는 중앙재난안전대책본부를 운영하는 과·국 또는 기관의 신설·폐지 또는 이관과 긴급구조를 담당하는 과·국 또는 기관의 신설·폐지 또는 이관을 의미하고, 간접 관련되는 조직의 변화는 소방학교 신설, 수해복구사무소 설치, 하천관리과 신설 등 재난대응

역량 강화를 위하여 과·국 또는 기관이 신설·폐지 또는 변경되는 것을 의미한다. Table 1의 우측에 정리된 재난대응조직 변화 중 직접 관련되는 대응조직의 변화는 굵은 글씨로 강조하여 표시되어 있다. 직접 관련되는 재난대응조직의 변화를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

첫째, 1948년 내무부에 이수과와 소방과가 신설되었고, 둘째, 1961년 내무부 토목국이 국토건설청으로 흡수되면서 방재업무가 내무부에서 국토건설청으로 이관되었다. 셋째, 1991년 재해대책업

무가 건설부에서 내무부로 이관되고, 넷째, 1995년 내무부, 시도, 시군구에 인적재난관리를 담당하는 조직이 신설되었으며, 다섯째, 2004년 소방방재청이 신설되었고, 마지막으로, 2014년 국민안전처가 신설되었다.

5.2 한국의 재난피해액과 사망자 수의 멱함수 분포 분석

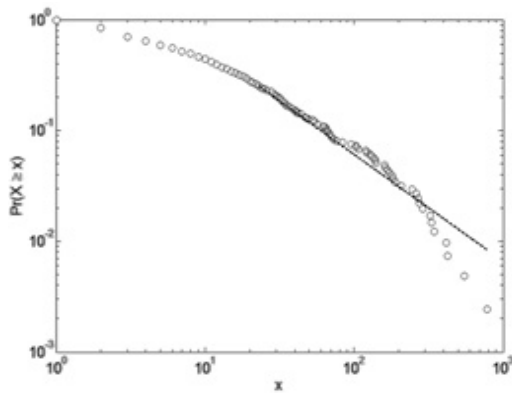
우리나라에서 발생한 자연재난과 사회재난의 사망자수 피해액과 발생빈도와의 관계를 멱함수를 이용해 분석하기 위해 1948년부터 2014년 사이에 발생한 재난을 자연재난과 사회재난으로 구분하고, 각 재난의 규모를 인명피해와 2014년 기준 환산 재산피해액으로 정리하였다. 재난규모에 따른 발생확률은 재난을 규모에 따라 정렬

하고, Eq. (2)와 같이 각 재난규모를 초과하는 재난의 수를 전체 재난의 수로 나누어 구하였으며, 재난의 규모와 발생확률 사이의 관계는 Eq. (3)과 같은 멱함수의 관계를 따를 것으로 가정하고 x_{min} 과 α 값을 추정하였다. 이때, 인명피해의 경우 정수로 값이 떨어지는 불연속적 자료이고, 재산피해는 소수점이 존재하는 연속적인 자료이므로 Eq. 4의 식을 각각 적용하여 보정상수 C 를 구하였다.

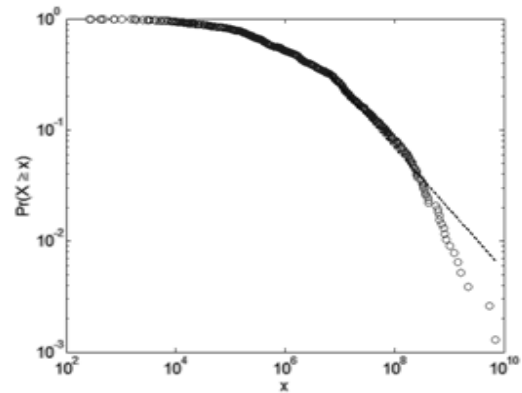
위의 과정을 통해 재난규모와 재난발생확률 사이의 관계를 멱함수를 이용하여 추정한 결과는 Table 2 및 Fig. 2와 같다. Table 2는 추정을 통해 구한 x_{min} , α 및 C 의 값을 나타내며, Fig. 2는 추정된 변수를 이용하여 실제 재난의 발생확률과 추정된 발생확률을 나타낸 그래프이다. Fig. 2의 원은 실제 재난의 발생확률 점선은

Table 2. Power Law Estimation Parameters

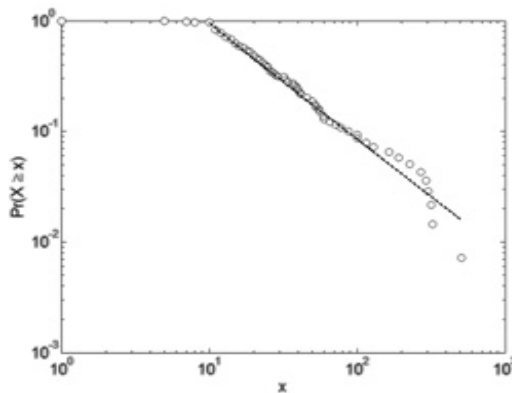
	Natural Disasters			Social Disasters		
	x_{min}	α	C	x_{min}	α	C
Casualties	23	1.960	19.0736	10	2.030	10.4788
Economic Loss	6235150	1.554	3218.60	5334	1.204	30732



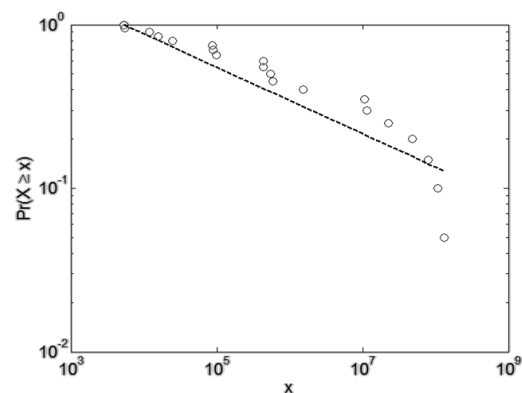
(a) Relationship between Frequency of Natural Disasters and Casualties



(b) Relationship between Frequency of Natural Disasters and Economic loss



(c) Relationship between Frequency of Social Disasters and Casualties



(d) Relationship between Frequency of Social Disasters and Economic Loss

Fig. 2. Relationship between Frequency of Disasters and Loss

멱함수를 이용하여 추정된 값을 나타낸다. Fig. 2의 (a)와 (b)는 각각 자연재난에 의한 재산피해와 인명피해의 규모에 따른 발생확률을 도시한 결과이며, (c)와 (d)는 각각 사회재난에 의한 재산피해와 인명피해의 규모에 따른 발생확률을 도시한 결과이다. 대부분의 경우에서 추정치와 실제 재난 발생확률이 유사하게 나타나 멱함수의 법칙을 따르고 있는 것을 확인할 수 있었다. 예외적으로 자연재난으로 인한 재산피해의 경우에는 재난규모가 큰 사건의 경우에는 실제 발생 확률에 비해 추정 확률이 과추정되는 경향이 나타났으나, 과추정된 사건들의 집합이 log-log 그래프에서 선형적인 관계를 보여 2개의 구간에서 멱함수의 법칙을 따르는 이중 멱함수 분포(double power law distribution)를 따르는 것으로 확인되었다.

추정된 멱함수의 α 값은 재난의 규모에 따른 발생확률이 줄어드는 정도를 나타낸다. α 의 값이 큰 경우 재난의 규모에 비해 발생확률이 빠르게 줄어들게 되며, α 의 값이 작은 경우 재난의 규모에 비해 발생확률이 완만히 줄어들어 상대적으로 재난에 취약한 상태를 나타낸다고 할 수 있다. 한국의 경우 자연재난으로 인한 피해자 수와 발생확률 사이의 α 값은 1.96으로 나타났으며, 이는 동일한 분석방법으로 각 대륙에 대해 분석한 Becerra et al. (2006)의 연구결과와 비교할 때(세계평균 : 1.73, 북미 : 2.13, 남미 : 1.68,

아시아-오세아니아 : 1.69, 아프리카 : 1.66, EU : 1.73) 상대적으로 높은 값을 나타내어 인명피해를 기준으로 할 때 한국의 자연재난에 대한 대비수준이 매우 높은 수준인 것으로 예측된다. Becerra et al. (2006)의 분석결과에서 북미지역의 높은 α 값은 높은 소득수준과 재해 대비역량 및 낮은 인구밀도에 의한 것으로 해석되었다. 반면, 북미와 유사하게 높은 소득수준을 가진 EU국가의 경우 α 값이 1.73으로 저소득 국가와 유사한 수준으로 나타났는데 이는 유럽국가의 매우 높은 인구밀도에 의한 것으로써, 한국의 경우 높은 인구밀도를 고려할 때 1.96의 α 값은 매우 높은 수준에 해당된다.

앞서 직접 관련되는 재난대응조직의 변화 이전 2년 이내에 발생시킨 사건들에 대한 피해규모와 발생확률은 Table 3과 같다. Table 3에 나타난 자연재난의 평균 사망자 수는 187명, 평균 재산피해액은 약 1조6613억 원이며, 추정된 멱함수의 변수를 이용하여 피해확률로 환산한 값은 각각 0.132, 0.189이다. 마찬가지로 사회재난의 평균 사망자 수는 133.7명, 평균 재산피해액은 약 307억 원이며, 추정된 멱함수의 변수를 이용하여 피해확률로 환산한 값은 각각 0.065, 0.171이다. 따라서 앞서 살펴본 주요한 재난대응조직의 변화 이전 2년 이내에 발생한 재난들은 주로 멱함수의 긴 꼬리 부분에 위치하는 대규모 재난으로서 사회적 충격사건으로 작용했을 가능성이 크다고 할 수 있다. 또한, 자연재난과 사회재난 모두에

Table 3. Damage and Probability of Korean Focusing Events

Disasters	Type	Year	Casualties		Economic Loss	
			persons	probability	KRW (value in 2014, unit: billion)	probability
Typhoon John, typhoon Sarah, etc.	Natural	1959	781	0.002	419.9	0.023
Flooding in Namwon, North Jeolla Province and Yeongju, North Gyeongsang province	Natural	1961	252	0.027	68.6	0.101
The collapse of a Wawoo apartment complex building	Social	1970	33	0.295		
The explosion accident of I-ri station	Social	1977	59	0.137	11.4	0.3
Ilsan levee-break	Natural	1990	163	0.046	1025.5	0.009
Sinking of the MV Seohae	Social	1993	294	0.036		
Seongsu bridge collapse	Social	1994	32	0.309		
Ahyun gas explosion accident	Social	1994	12	0.777		
Sampoong department Store collapse	Social	1995	507	0.007		
Sealand fire accident	Social	1999	23	0.417	0.1	0.65
Typhoon Rusa	Natural	2002	246	0.029	6897.8	0.001
Daegu subway fire	Social	2003	192	0.058	80.6	0.15
Typhoon Maemi	Natural	2003	131	0.059	5537.1	0.003
Typhoon Ewiniar	Natural	2006	62	0.110	2200.6	0.004
Woomyun Mt. Landslide	Natural	2011	18	0.310	371.4	0.026
Gumi Hydrofluoric Acid Gas Leakage	Social	2012	5	0.993		
The Gyeongju Mauna ocean resort collapse accident	Social	2014	10	0.957		
Sinking of MV Sewol	Social	2014	304	0.029		

서 재산피해 보다는 인명피해에 대한 피해확률이 더 낮게 나타났으며, 이는 재산피해가 주는 사회적 충격보다 대규모 인명피해로 인한 사회적 충격이 더 크게 작용하기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 사회적 충격사건으로 작용한 재난들의 재난유형에 따른 비율을 살펴보면 자연재난에 비해 사회재난이 더욱 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 총 재난의 발생 횟수는 자연재난의 경우 813건, 사회재난의 경우 136건으로 자연재난의 발생횟수가 6배 이상으로 압도적으로 많으나 사회적 충격사건으로 작용한 재난의 경우 자연재난 7건, 사회재난 11건으로 오히려 더욱 많이 포함되었다. 이는 어느 정도 예측과 대비가 가능한 자연재난에 비해 예기치 못하게 발생하여 대규모 인명피해를 발생시키는 사회재난이 사회에 가하는 충격이 더욱 크기 때문인 것으로 분석된다.

5.3 정책적 시사점

여러 재난이후 사회적 충격사건 이후 바뀐 국내의 재난관리정책을 살펴 본 결과 다음과 같은 3가지 정책적 시사점을 도출할 수 있었다.

첫째, 평균적인 사건이 아니라 극단적인 사건에 초점을 맞춘 재난 대응시스템이 진행되고 있다는 사실이다. 복지 교육 등 많은 사회현상들에 대한 정책은 대부분의 값들이 모여 있는 평균주위의 현상들에 집중하여 만들어진다. 하지만, 재난은 평균적인 현상 보다는 평균값이 가장 먼 쪽에 위치하는 극단적인(때로는 outlier처럼 보일 수도 있는) 현상들이 중요한 경우가 더욱 많다고 할 수 있다. 따라서 멱함수의 긴 꼬리에 위치하는 사건들에 주목하여야 할 필요가 있다는 것이다.

둘째, 저빈도 사건에 대한 대비를 강화할 필요가 있다는 것이다. 재난대응 조직에 변화를 주었던 사건들을 분석하여 보면, 발생빈도가 작아서 사람들이 주의를 기울이지 않은 사건들이 대부분이다. 즉, 중앙정부나 지방자치단체 모두 대규모 재난이 발생한 직후에는 대응 조직을 강화하고 예산을 투자하지만, 1~2년 재난이 발생하지 않고 지나가면 조직을 축소하거나 예산을 삭감하는 경우가 많다. 따라서 발생빈도가 작지만 발생하면 사회적 과장이 큰 재난들에 대하여 평상시 조직 강화, 예산 확대, 훈련을 통한 대비태세의 강화를 추진해야 한다.

셋째, 사회재난의 발생가능성 및 위험성 증가에 대한 대비가 필요하다고 할 수 있다. 1994년 삼풍백화점 붕괴, 1995년 성수대교 붕괴, 2003년 대구 지하철 화재, 2014년 마우나 리조트 붕괴, 2014년 세월호 사고 등은 우리 사회에 큰 충격을 안긴 사회 재난들이다. 이러한 사회재난은 우리나라에 매우 큰 반향을 일으켰고 결국 정책적으로 많은 변화를 가져오게 한 사건이라고 할 수 있다. 복잡계로 대변되는 현대사회의 경우 사회재난은 더욱 예측하기 힘든 곳에서 발생하고 그 여파가 다른 곳에 연쇄적으로 작용하고 있다.

따라서 자연재난에 대한 대비뿐만 아니라 큰 사회적 반향을 일으키는 사회재난의 위험성에 대비할 수 있는 정책적인 노력이 필요하다고 할 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 약 70년 동안의 한국재난자료를 사용하여 재난빈도와 재난피해의 관계를 분석하고, 재난대응조직의 변화와 그 이전에 발생한 재난을 연관시켜 살펴봄으로써 사회적 충격사건이 재난대응 정책 변화에 미친 영향을 분석하고자 하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 한국의 1948년 이후 발생했던 자연재난과 사회재난 모두 재난의 규모(사망자 수, 피해액)와 빈도가 멱함수 분포를 따르는 것을 확인하였다. 또한, 전 세계를 대상으로 자연재난으로 인한 사망자 수와 빈도의 관계를 분석하기 위해 동일한 모델을 적용한 Becerra et al. (2006)의 연구 결과와 비교해 볼 때, 한국의 재난의 규모에 따른 발생확률이 줄어드는 정도를 나타내는 α 값이 1.96으로 매우 높게 나타났다. 이는 발생빈도에 비해 대규모 인명피해가 발생할 확률이 낮은 편이라는 의미로서, 한국의 자연재난에 대한 대응시스템이 선진국 수준으로 잘 갖춰져 있음을 나타내는 것으로 분석된다.

둘째, 재난대응 조직의 주요한 변화를 살펴보고 그 이전 2년 이내에 발생한 재난기록을 분석한 결과 ‘빈도는 작지만 피해가 큰 사건들’로서 멱함수의 긴 꼬리 부분에 위치한 사회적 충격사건들이 다수 존재함을 확인할 수 있었다. 또한, 극단적인 재산피해를 가져온 재난보다는 극단적 인명피해를 발생시킨 재난들이 사회적 충격사건으로 다수 포함되어 있어 인명피해에 의한 사회적 충격이 재산피해에 비해 더 크게 작용하는 것으로 확인되었다. 마찬가지로 일반적인 자연재난과 사회재난의 비율과 비교하여 사회적 충격사건에 포함된 사건들의 경우 사회재난의 비율이 매우 높게 나타나 자연재난보다는 예측이 어려운 사회재난으로 인한 사회적 충격이 더욱 크게 작용함을 알 수 있었다.

결론적으로, 한국의 재난대응조직의 변화는 평균적인 사건이 아니라 극단적인 사건에 의해 주로 발생하였음을 확인할 수 있었다. 재난대응조직의 변화를 발생시킨 사회적 충격사건들은 발생빈도가 작지만 발생하면 사회적 과장이 큰 재난으로써, 이러한 재난을 사전에 예방하기 위해서는 평상시 조직 강화, 예산 확대, 훈련을 통한 대비태세의 강화를 추진해야 할 것이다.

References

Barton, C. C., Nishenko, S. P., Tebbens, S. F. and Loeb, W. A. (1994).

- “Fractal scaling and forecasting of the size and frequency for florida hurricanes 1886-1991 and of U.S. hurricane financial loss.” *Santa Fe Institute Workshop on Natural Hazards Reduction*, Jan 5-9, Santa Fe, New Mexico, p. 1.
- Becerra, O., Johnson, N., Meier, P., Restrepo, J. and Spagat, M. (2006). “Natural disasters, casualties and power laws: A Comparative Analysis with Armed Conflict.” in *Proceedings of the Annual Meeting of the American Political Science Association*, Loews Philadelphia, and the Pennsylvania Convention Center, Philadelphia, Pa, USA.
- Birkland, T. A. (1997). “After disaster: Agenda Setting, Public Policy, and Focusing Events.” Georgetown University Press.
- Birkland, T. A. (1998). “Focusing Events, Mobilization, and Agenda Setting.” *Journal of Public Policy*, Vol. 18, No. 1, pp. 53-74.
- Birland, T. A. (2007). “Lessons of Disaster: Policy Change after Catastrophic Events.” Georgetown University Press.
- Blank, A. and Solomon, S. (2000). “Power laws in cities population, financial markets and internet sites (scaling in systems with a variable number of components).” *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 287, No. 1-2, pp. 279-288.
- Clauset, A., Shalizi, C. R. and Newman, M. E. J. (2009). “Power-Law Distributions in Empirical Data.” *Society for Industrial and Applied Mathematics Review*, Vol. 51, No. 4, pp. 661-703.
- Etkin, D. (2015). “Disaster Theory: An Interdisciplinary Approach to Concepts and Causes.” Butterworth-Heinemann.
- Faloutsos, M., Faloutsos, P. and Faloutsos, C. (1999). “On power-law relationships of the internet topology.” *Proceedings of the conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communication*, pp. 251-262.
- Farber, D. A. (2003). “Probabilities behaving badly: Complexity Theory and Environmental Uncertainty.” *UC Davis L. Review* 37, Retrieved from <http://scholarship.law.berkeley.edu/facpubs/614>.
- Gabaix, X., Gopikrishnan, P., Plerou, V. and Stanley, H. E. (2003). “A theory of power-law distributions in financial market fluctuations.” *Nature*, Vol. 423, pp. 267-270.
- Janczura, J. and Weron, R. (2012). “Black swans or dragon-kings? A Simple Test for Deviations from the Power Law.” *The Eur. Phys. J. Spec.*, Vol. 205, pp. 79-93.
- Jo, H. H. and Ko, Y. L. (2014). “Large variance and fat tail of damage by natural disaster.” *Vulnerability, Uncertainty, and Risk*, pp. 2744-2753.
- Keen, B. D. and Pakkot, M. R. (2011). “Monetary policy and natural disasters in a DSGE Model.” *Southern Economic Journal*, Vol. 77, No. 4, pp. 973-990.
- Kingdon, J. W. (1995). “Agenda, alternatives and public policies.” 2nd ed. New York: Harper Collins.
- Kingdon, J. W. (2010). “Agenda, alternatives and public policies, update edition, with an epilogue on health care.” 2nd ed. Boston, MA, Longman.
- Kwon K. H. (2014). “Policy Science Lecture.” *Parkyoung Press* (in Korean).
- Lee, D. K. (2010). “Policy change after focusing events: Approach to Understand the Catastrophic Disaster Cases in Korea.” Ph.D. dissertation, Sungkyunkwan University.
- Lee, Y. J., Nam, S. H., Kim, Y. H., Yun, D. G., Jung, J. S. and Choi, S. W. (2015). “Introduction to emergency management.” *Life & Power Press* (in Korean).
- Mandelbrot, B. B. (1983). “The fractal geometry of nature.” Freeman, San Francisco.
- National Emergency Management (NEMA) (2009). “The 60-year history of korean disaster management.” (in Korean).
- Roberts, P. (2009). “An unnatural disaster.” *Administration & Society*, Vol. 41, No. 6, pp. 763-769. doi: 10.1177/0095399709345628.
- Yoo, M. B. (2015). “Korean policy science.” *Parkyoung Press* (in Korean).