



산업연관모형을 이용한 자연재난 피해가 국가 경제에 미치는 영향 평가

Impact Assessment of Natural Disaster Damage on the National Economy Using the Input-Output Model

최창현* · 김종성** · 이태우*** · 이시윤**** · 김수전***** · 김형수*****

Choi, Changhyun*, Kim, Jongsung**, Lee, Taewoo***, Lee, Siyoon****, Kim, Soojun*****,
and Kim, Hung Soo*****

Abstract

In this study, the input-output model (IO model) was used to quantitatively estimate indirect damages caused to industries by those that are directly impacted by natural disasters; the corresponding impact on the national economy was also evaluated. Indirect damages from other industries due to direct damages of natural disasters were mainly observed in the manufacturing industry, while the impact on the service industry was minimal. For example, natural disasters have led to the largest direct damages to the construction industry, as well as to industries involved in the manufacture of textiles, leather, and transport equipment. The results of the evaluation of the impact on the national economy, by comparing the average annual GDP and natural disaster damage, showed that the total damage (direct damage + indirect damage) is almost three times higher than when only considering direct damage. Therefore, in order to implement effective disaster management, it is necessary to consider indirect damages by industries along with direct damages during decision making.

Key words : Disaster Management, Indirect Damage, Input-output Model, National Economy, Natural Disaster

요 지

본 연구에서는 산업연관모형을 이용하여 자연재난으로 인해 직접적인 피해를 입은 산업의 충격이 타 산업으로 파급되는 간접 피해를 정량적으로 산정하고, 국가 경제에 미치는 영향을 평가하였다. 자연재난으로 인해 건설업이 가장 큰 직접 피해를 입는 것으로 나타났으며, 섬유 및 가죽제품 제조업과 운송장비 제조업에도 피해가 발생하였다. 자연재난의 직접 피해로 인해 타 산업에서 발생하는 간접 피해는 주로 제조업에서 크게 나타났고, 반면에 서비스업에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다. 연평균 GDP와 자연재난 피해를 비교하여 국가 경제에 미치는 영향을 평가해본 결과, 총 피해(직접 피해 + 간접 피해)는 직접 피해만을 고려했을 때에 비해 약 3배 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 효과적인 재난관리를 실시하기 위해서는 직접 피해 뿐만 아니라 산업별 간접 피해액을 고려한 의사결정이 필요할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 재난관리, 간접 피해, 산업연관모형, 국가 경제, 자연재난

*정회원, 인하대학교 수자원시스템연구소 박사후 연구원(E-mail: karesma0cch@naver.com)

Member, Post-Doctoral Researcher, Institute of Water Resources System, Inha University

**정회원, 인하대학교 토목공학과 박사과정

Member, Doctor's Course, Department of Civil Engineering, Inha University

***정회원, 인하대학교 토목공학과 석사과정

Member, Master's Course, Department of Civil Engineering, Inha University

****한국수자원조사기술원 팀장

Team Manager, Hydrological Survey Department, Korea Institute of Hydrological Survey

*****정회원, 인하대학교 사회인프라공학과 조교수

Member, Post-Doctoral Researcher, Institute of Water Resources System, Inha University

*****교신저자, 정회원, 인하대학교 사회인프라공학과 교수(Tel: +82-32-874-0069, Fax: +82-32-876-9787, E-mail: sookim@inha.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Civil Engineering, Inha University

1. 서론

전 세계적으로 지구온난화로 인해 자연재난의 발생 빈도 및 규모가 증가하고 있으며, 재난으로 인한 심각한 경제적 손실과 인명피해가 발생하고 있다(UNISDR, 2016; Choi et al., 2018). 특히, 경제가 발전함에 따라 재난으로 인해 직접적인 피해를 받은 산업이 다른 산업에 미치는 간접 피해도 점점 커지고 있으며, 국가 경제에 막대한 피해를 발생시켜서 경제성장을 저해하는 요인으로 나타나고 있다(Ryu et al., 2012; Choi et al., 2017a). 자연재난으로 인한 피해가 국가 경제에 미치는 영향을 평가한 연구를 살펴보면 경제 전체의 흐름 및 움직임을 경제 이론에 따라 다수의 행태 방정식(behavioral equation)으로 축약한 계량경제모형(econometric model)을 이용하여 지진, 홍수 등으로 인한 피해가 경제 여건 및 경제 성장률 등에 미치는 영향을 평가한 사례가 있었다(Tierney, 1997; Noy, 2009; Strobl, 2011). 그러나 계량경제모형의 경우 과거의 경험적 사실을 바탕으로 하고 있어 장기간의 통계자료가 필요하고, 연구자의 주관적인 판단이 결과에 비교적 많이 반영되는 한계가 있는 것으로 파악되었다. 경제 변수들 사이의 관계를 연립방정식으로 표현하여 간접적 경제손실을 평가하는 연산일반균형(Computable General Equilibrium, CGE) 모형을 이용하여 홍수, 폭설 등의 자연재난으로 인한 피해가 국가 경제에 미치는 영향을 평가한 사례를 살펴보면, 단일 시나리오에 의한 피해 뿐만 아니라 피해 강도 혹은 복구 시나리오에 따라 다양한 시나리오별 분석을 수행할 수 있는 장점이 있는 것으로 확인되었다(Simola et al., 2011; Ryu et al., 2012; Hong et al., 2014). CGE 모형은 세밀하고 각 산업의 구체적인 영향까지 파악이 가능한 고차원적인 모형이지만, 계산과정이 복잡하여 적용이 힘들고 사전적으로 추정된 모수에 의해 추정된 파급효과가 결정되기 때문에 다소 과소추정 된다는 점이 한계점이 있었다. 자연재난이 경제에 미치는 직접 피해가 산업연결망을 통해 전방 및 후방 산업에 미치는 파급효과를 계산하는 산업연관모형 또는 투입-산출(Input-Output, IO) 모형을 이용한 연구사례를 살펴보면, 가뭄, 허리케인, 화산 폭발 등의 자연재난으로 인한 피해를 직접적으로 받은 산업이 다른 산업에 영향을 미치는 간접 피해를 산정하여 국가 경제에 미치는 영향을 평가하였다(Okuyama, 2004; Hallegatte, 2008; Jiang et al., 2014). Okuyama (2004)는 일본의 한신 대지진이 국가 경제에 미친 영향을 산업연관모형을 이용하여 파악하였다. 건설 산업에 가장 큰 영향이 발생하는 것으로 분석되었고, 특정 산업 및 지역을 우선적으로 복구한다면 피해를 저감할 수 있을 것으로 판단하였다. Hallegatte (2008)는 미국 루이지애나 지역에서 발생한 태풍 ‘카트리나’로 인한 피해가 파급되는 영향을 산업연관모형을 이용하여 분석하였고, 건설 분야에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. ‘카트리나’로 인해 약 2천억원 이상의 직접 피해가 발생하였고,

약 2배 이상의 간접 피해가 발생하는 것으로 분석하였다. Jiang et al. (2014)은 화산 폭발로 인한 화산재가 산업에 미치는 영향을 산업연관모형을 통해 분석하였는데, 교통, 라이프라인, 농림수산업 부문에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 직접 피해에 비해 약 1.6~5.9배 정도 큰 간접 피해가 발생하는 것으로 나타나, 간접 피해를 고려한 피해 산정이 필요한 것으로 분석되었다. IO 모형을 이용하면 연관된 산업 사이의 상호 작용을 파악할 수 있고, 각 산업부문의 손실이 명확하게 계산되는 장점이 있다. 그러나 IO 모형은 수요측면에서만 재해의 영향을 추정하고 공급능력의 변화를 고려하지 않으며, 고정된 투입계수만을 고려해 재해 이후 가격변화로 인한 영향을 추정하기에는 어려움이 있는 한계가 있었다. 선행연구를 살펴보면 자연재난으로 인한 피해가 국가 경제에 미치는 영향을 평가할 때 주로 계량경제모형, IO 모형, CGE 모형 등의 각각의 장·단점을 가지고 있는 모형을 연구의 목적에 따라 사용하는 것으로 나타났다. 그러나 대부분의 연구는 모형의 활용성이나 분석지역의 경제성장 지표 변화 등에 초점이 맞춰져 있고, 산업을 분류하는 항목은 연구자의 주관에 따라 매우 간단하게 재분류하는 경향이 있었다. 특히, 국내에서 발생하는 자연재난으로 인한 피해가 국가 경제에 미치는 영향에 관한 연구는 미비한 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 피해 자료를 정밀하게 산업분류 항목으로 구분하여 제시하였고, 비교적 산업간의 연계 관계를 명확하게 분석할 수 있는 IO 모형을 이용하여 최근 15년(2001~2015년)간에 발생한 연평균 자연재난 피해가 국가 경제에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 방법론

2.1 산업연관분석

한 국가 경제에서 각 산업들은 생산활동을 위해 상호간에 재화와 서비스를 구입·판매하는 과정을 통해 직접 또는 간접적으로 서로 관계를 맺게 된다(The bank of Korea, 2019). 일정기간(보통 1년) 동안의 산업간 거래를 일정한 원칙에 따라 기록한 산업연관표(Input-Output table)를 이용하여 산업간 상호 연관 관계를 수량적으로 분석하는 것을 산업연관 분석(inter-industry analysis) 또는 투입산출분석(input-output analysis)이라 한다(Yi and Goh, 2014). 산업연관분석을 모형화한 산업연관모형 또는 투입-산출 모형은 Leontief (1941)에 의해 처음으로 공식화 되었고, 국가 경제를 산업별로 구분 및 결합하고 있기 때문에 특정 산업 및 경제 전반의 인과관계를 분석하는데 유용한 특징이 있다(Song et al., 2008; Jiang et al., 2014).

2.2 산업연관표

산업연관표는 일정 기간(보통 1년) 동안 국가 경제 내에서의 재화와 서비스의 생산 및 처분과정에서 발생하는 모든

거래를 일정한 원칙과 형식에 따라 기록한 종합적인 통계표로서, 국내의 경우 한국은행에서 5년 간격으로 작성하고 있다(The bank of Korea, 2014). 산업연관표는 한 산업이 다른 산업부문으로부터 원료나 중간재를 구입하여 새롭게 중간재 혹은 완제품을 생산해내는 중간과정부문(intermediate sector), 각 산업의 산출물에 대한 최종 수요를 외생적으로 결정하는 최종수요부문(final demand sector), 생산요소에 대한 지불금 액인 지불부문(payment sector)으로 구성되어 있다(Choi et al., 2017a). Table 1에서 x_{ij} 는 i 산업으로부터 j 산업으로 투입되는 재화나 용역의 양을 나타낸다.

2.3 투입계수

투입계수는 특정 산업에서 제품을 산출 혹은 생산하는데 필요한 재료를 가지고 있는 다른 산업으로부터의 투입량 혹은 구매량을 의미한다. 투입 계수를 계산하기 위하여 위한 식은 Eq. (1)과 같다.

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j} \quad (1)$$

여기서 a_{ij} 는 i 산업과 j 산업간의 투입계수, x_{ij} 는 i 산업으로부터 j 산업으로의 투입량, X_j 는 j 산업의 총 산출량을 나타낸다.

투입계수는 한 산업부문이 다른 산업부문으로부터 재료

를 구입함에 따라 파급되는 효과를 나타내며, 산업간의 관계를 분석하는데 기초가 된다(Yi and Goh, 2014). 따라서, 본 연구에서는 자연재난으로부터 직접 피해를 입은 특정 산업의 충격이 산업연관모형의 투입계수만큼 다른 산업으로 파급되어 발생하는 피해를 간접 피해로 가정하였고, 1차 간접 피해를 받은 다른 산업이 또 다른 산업들에 간접 피해를 순차적으로 일으키는 과정을 누적하여 전체 간접 피해를 산정하였다.

3. 피해 항목별 산업 분류

3.1 재해연보 피해 항목

본 연구에서는 자연재난 피해 및 복구현황에 대한 주요 통계를 수록한 재해연보(Statistical yearbook of natural disaster)를 수집하여 자연재난으로 인한 피해 자료를 구축하였다. 행정안전부에서 매년 발행하는 재해연보에는 국내 자연재난으로 인한 피해 범위 및 규모가 Table 2에서와 같이 원인별, 기간별, 지역별, 피해 항목별(시설별)로 정량화되어 있다(Choi et al., 2017b). 피해 원인은 기상현상별로 태풍, 호우, 대설, 강풍, 풍랑으로 나뉘어 집계되며, 2016년 경주 지진 이후에는 지진이 추가되었다(MOIS, 2017). 기간은 재해의 시작 일시와 재해의 종료 일시로 구분되어 있으며, 지역은 전국 229개의 시·군·구를 대상으로 한다. 피해 항목은 건물, 선박, 농경지, 도로, 하천, 소하천, 수도, 항만,

Table 1. Basic Structure of Input-output Table (Choi et al., 2017a)

		Intermediate course						Final demand	Total Output
		1	2	...	j	...	N	D	X
Intermediate course	1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1N}	D_1	X_1
	2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2N}	D_2	X_2
	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
	i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{iN}	D_i	X_i
	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
	N	x_{N1}	x_{N2}	...	x_{Nj}	...	x_{NN}	D_N	X_N
Payment	P	P_1	P_2	...	P_j	...	P_N		
Total input	X	X_1	X_2	...	X_i	...	X_N		

Table 2. Contents of Statistical Yearbook of Natural Disaster

Classification	Contents
Hazard	Typhoon, Heavy rain, Heavy snow, Strong wind, Wind wave
Disaster period	Disaster start date, Disaster end date
Region	229 municipalities
Damage item	Building, Ship, Agricultural land, Road, River, Small stream, Water service facilities, Port facilities, Fishing port facilities, School, Railway, Irrigation facilities, Erosion control facilities, Military facilities, Small facilities, Other public facilities, Axes and fences facilities, Livestock, Livestock barn and silk yarn facilities, Aquaculture facilities, Fishing net and gear, Vinyl greenhouse, Other private facilities

어항, 학교, 철도, 수리, 사방, 군시설, 소규모, 기타 공공시설, 축대·담장, 가축, 축사·잡사, 수산증양식, 어망·어구, 비닐하우스, 기타 사유시설로 총 23개 시설로 구분된다.

3.2 산업연관표의 산업 분류

2010년 기준 한국은행 산업연관표의 분류는 대분류 30부문, 중분류 82부문, 소분류 161부문, 기본부문 384부문으로 구성되어 있다(The bank of Korea, 2014). Table 3은 산업연관표의 산업분류(대분류 30개)를 나타낸 것이다.

3.3 피해 항목별 산업 분류

재해연보의 피해 항목(23개)과 산업연관표의 산업 분류(대분류 30개)가 일치하지 않기 때문에, 각 피해 항목이 어떤 산업에 해당하는지를 분류하는 작업이 필요하다. 기존의 연구에서는 연구자의 주관적인 판단으로 피해 항목과 산업 분류를 재분류하거나, 일부의 피해 항목만을 고려한 연구가 진행되었다. 그러나, 본 연구에서는 보다 신뢰성 있는 분류를 위해 재해연보의 기초자료가 되는 국가재난관리정보시스템(National Disaster Management System, NDMS)의 자료를 수집하여 분석하였다. 즉, 재해연보의 피해 항목의 기초자료가 되는 NDMS의 자료와 산업연관표의 대분류의 기초자료가 되는 기본부문의 자료를 대응시켜 최종적으로 재해연보의 피해 항목별 산업을 분류하였다. 피해 항목의 세분화된 항목을 통하여 산업의 대분류를 추정할 때 해당 세부항목 중 가장 많은 부분을 차지하는 항목을 최종적인 대분류 형태로 선택하였다. 또한 국내 재난관리 총괄부처인 행정안전부의 재난관리 분야 전문가들의 자문을 통해 신뢰

성을 확보하였다. 산업연관표의 대분류로 분류된 30개의 산업 중 건설업, 운송장비 제조업, 농림어업, 섬유 및 가죽제품 제조업이 자연재난에 의한 직접적인 피해 산업으로 분류되었다. 재해연보의 가축피해의 경우 농림어업 산업으로 분류되었는데, 재해연보의 가축 피해액 자료가 2005년 이후에는 집계되지 않기 때문에(마리 수만 집계) 농림어업 산업은 자연재난으로 인한 직접 피해를 받는 산업에서 제외하였다. 따라서, 본 연구에서는 건설업, 운송장비 제조업, 섬유 및 가죽제품 제조업이 자연재난으로 인하여 직접 피해를 받는 산업으로 선정하였다. Table 4는 피해 항목별 산업 분류 프로세스의 예시를 나타낸 것이고, Table 5는 재해연보의 피해 항목별 산업연관표의 산업을 나타낸 것이다.

4. 자연재난으로 인한 직접 피해와 간접 피해 산정

4.1 자연재난으로 인한 직접 피해 산정

본 연구에서는 재해연보를 수집하여 2001년부터 2015년까지의 자연재난 피해액을 산정하였고, 이를 3.3절에서 제시한 피해 항목별 산업으로 분류하여 자연재난으로 인한 산업의 직접 피해로 산정하였다. 과거의 화폐가치와 현재의 화폐가치가 다르기 때문에 과거 15년간의 화폐가치를 환산해야 하는데, 재해연보에서 사용한 방법과 동일하게 생산자 물가지수를 이용하여 2015년 기준으로 현가화 하였다(MPSS, 2016). 2001년부터 2015년까지의 자연재난 총 피해액은 23조원을 넘는 것으로 나타났으며, 자연재난으로 인한 연평균 피해액은 약 1조 5451억으로 산정되었다. 피해 항목별(시설

Table 3. Industry Classification of Input-output Table

Industry	Industry
Agriculture, forestry and fishing	Electricity, gas and steam supply
Mining and quarrying	Water supply, waste management and materials recovery
Manufacture of beverages, food products and tobacco products	Construction
Manufacture of textiles and leather	Wholesale and retail trade
Manufacture of wood, paper, printing and reproduction of recorded media	Transportation
Manufacture of coal and petroleum products	Food service activities and accommodation
Manufacture of chemical products	Information, communication and broadcasting activities
Manufacture of other non-metallic mineral products	Financial and insurance activities
Manufacture of basic metals products	Real estate activities, rental and leasing activities
Manufacture of metal products	Professional, scientific and technical activities
Manufacture of machinery and equipment	Business support services
Manufacture of electrical and electronic instruments	Public administration and defence
Manufacture of precision instruments	Education
Manufacture of transport equipment	Human health and social work activities
Other manufacturing	Culture and other services activities

Table 4. Process for Industry Classification of Damage Item (example)

Damage item		Industry classification			
Statistical yearbook of natural disaster	NDMS	Basic division	Small division	Middle division	Main division
Vinyl greenhouse	Interlocking house	Non-residential building	Non-residential building	Building construction and building repair	Construction
Ship	Powerboat-FRP	Other ship	Ship	Ship	Transportation equipment
Road	Rural road	Road facility	Transportation facility construction	Civil construction	Construction
Axes and fences facilities	Poultry house	Non-residential building	Non-residential building	Building construction and building repair	Construction
Fishing net and gear	Rope for seaweed	Laces, ropes and fishing nets	Textile products	Textiles and clothing	Manufacture of textiles and leather
∴	∴	∴	∴	∴	∴

Table 5. Industry Classification of Damage Item

Damage item (Statistical yearbook of natural disaster)	Industry classification (Main division)	Damage item (Statistical yearbook of natural disaster)	Industry classification (Main division)
Building	Construction	Erosion control facilities	Construction
Ship	Manufacture of transport equipment	Military facilities	Construction
Agricultural land	Construction	Small facilities	Construction
Road	Construction	Other public facilities	Construction
River	Construction	Axes and fences facilities	Construction
Small stream	Construction	Livestock	Agriculture and fishing
Water service facilities	Construction	Livestock barn and silk yarn facilities	Construction
Port facilities	Construction	Aquaculture facilities	Manufacture of textiles and leather
Fishing port facilities	Construction	Fishing net and gear	Manufacture of textiles and leather
School	Construction	Vinyl greenhouse	Construction
Railway	Construction	Other private facilities	Construction
Irrigation facilities	Construction		

별) 피해 비율을 살펴보면 하천이 13.85%로 가장 큰 피해를 입은 것으로 나타났으며, 그 뒤로 기타 사유시설, 도로, 소화천의 피해가 심각한 것으로 나타났다. 산업별 피해를 살펴보면 건설업이 가장 큰 피해를 입은 것으로 나타났으며, 섬유 및 가죽제품 제조업과 운송장비 제조업에도 직접적인 피해가 발생한 것으로 나타났다(Table 6).

4.2 자연재난으로 인한 간접 피해 산정

자연재난으로 인해 직접적인 피해를 입은 산업의 피해가

타 산업에 과급되어 발생하는 간접 피해를 산정하기 위해 산업연관모형을 사용하였다. 일반적으로 산업연관모형의 과급 특성은 8회차 정도가 되면 0에 수렴하는 것으로 알려져 있기 때문에 최대 8회차 분석까지 수행하였다(INHA Industry Partnership Institute, 2016). 자연재난으로 인해 직접적인 피해가 가장 큰 건설업의 경우, 1조 4,911억 원의 직접 피해로 인해 다른 산업들에 2조 8,779억 원의 간접 피해를 발생시키는 것으로 산정되었다. 섬유 및 가죽 제품 제조업의 경우 497억 원의 직접 피해가 발생하였는데, 이로 인해 타 산업에

Table 6. Natural Disaster Damages (2001~2015)

Damage item	Total damage (1 billion won)	Average annual damage (1 billion won)	Rate (%)	Industry classification	Damage item	Total damage (1 billion won)	Average annual damage (1 billion won)	Rate (%)	Industry classification
Building	443	29.51	1.91	Construction	Erosion control facilities	1,231	82.1	5.31	Construction
Ship	64	4.28	0.28	Manufacture of transport equipment	Military facilities	600	39.99	2.59	Construction
Agricultural land	1,011	67.42	4.36	Construction	Small facilities	1,717	114.46	7.41	Construction
Road	2,373	158.2	10.24	Construction	Other public facilities	2,070	137.97	8.93	Construction
River	3,211	214.07	13.85	Construction	Axes and fences facilities	4	0.28	0.02	Construction
Small stream	2,082	138.78	8.98	Construction	Livestock	-	-	-	Agriculture and fishing
Water service facilities	332	22.11	1.43	Construction	Livestock barn and silk yarn facilities	930	61.99	4.01	Construction
Port facilities	208	13.83	0.90	Construction	Aquaculture facilities	585	38.97	2.52	Manufacture of textiles and leather
Fishing port facilities	415	27.67	1.79	Construction	Fishing net and gear	161	10.77	0.70	Manufacture of textiles and leather
School	73	4.9	0.32	Construction	Vinyl greenhouse	1,509	100.6	6.51	Construction
Railway	212	14.12	0.91	Construction	Other private facilities	2,427	161.82	10.47	Construction
Irrigation facilities	1,520	101.3	6.56	Construction	Total damage	23,178	1,545.14	100	

는 1,108억 원의 간접 피해가 발생하였다. 운송장비 제조업의 경우 직접 피해 43억 원으로 인해, 103억 원의 간접 피해가 발생하였다. 따라서, 우리나라의 최근 15년간의 연평균 재난으로 인해 국가 경제에 미치는 총 피해액(직접 피해+간접 피해)은 약 4조 5,443억 원인 것으로 평가되었다. Figs. 1~3은 각각 건설업, 섬유 및 가죽제품 제조업, 운송장비 제조업에 입은 직접 피해가 타 산업으로 파급된 간접 피해를 나타낸 것이고, Fig. 4는 연평균 자연재난 직접 피해로 인해 발생한 간접 피해를 나타낸 것이다.

직접적인 피해를 입은 산업이 타 산업으로 파급된 간접 피해를 각 산업별로 피해 비율을 분석한 결과 1차 금속제품 제조업이 가장 큰 피해(17.37%)가 발생하였으며, 화학제품 제조업(8.65%), 금속제품 제조업(7.70%), 광업(7.09%), 비금속 광물제품 제조업(7.01%)의 피해가 발생하였던 것으로 평가되었다. 반대로 교육서비스업(0.03%), 건설업(0.17%), 공공행정 및 국방(0.19%), 보건 및 사회복지 서비스업

(0.34%), 정밀기기 제조업(0.60%)은 파급피해가 1% 미만으로 미미한 것으로 나타났다. Figs. 5와 6은 각각 산업별로 파급된 간접 피해액과 피해 비율을 나타낸 것이다.

4.3 자연재난 피해가 국가 경제에 미치는 영향 평가

산업연관모형을 이용하여 분석한 결과, 최근 15년(2001-2015년)간 연평균 약 1조 5,451억 원의 직접 피해로 인하여 산업별로 파급된 간접 피해는 약 2조 9,992억 원으로 산정되었다. 따라서 우리나라의 최근 15년간의 연평균 재난으로 인해 국가 경제에 미치는 총 피해액(직접 피해+간접 피해)은 약 4조 5,443억 원인 것으로 평가되었다. 이를 국가 경제 규모를 나타내는 국내총생산(Gross Domestic Product, GDP)과 비교하면, 직접 피해만을 고려하였을 때는 0.13% 수준이었지만 타 산업에 파급된 간접 피해를 함께 고려할 경우 0.38%로 약 3배 가까이 증가하는 것으로 나타났다(Table 7).

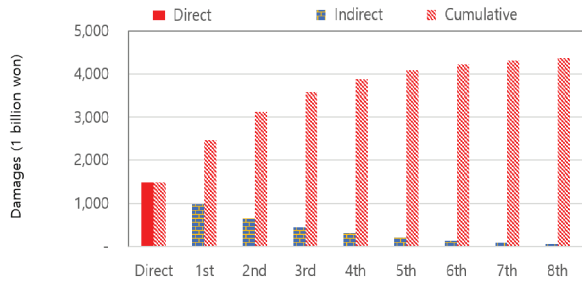


Fig. 1. Direct and Indirect Damage Caused by Construction Industry

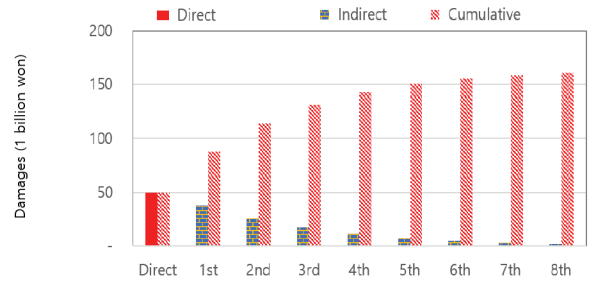


Fig. 2. Direct and Indirect Damage Caused by Manufacture of Textiles and Leather Industry

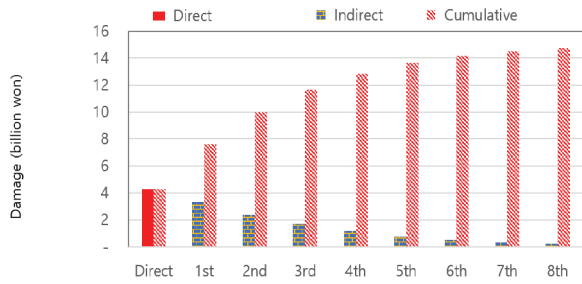


Fig. 3. Direct and Indirect Damage Caused by Manufacture of Transport Equipment Industry

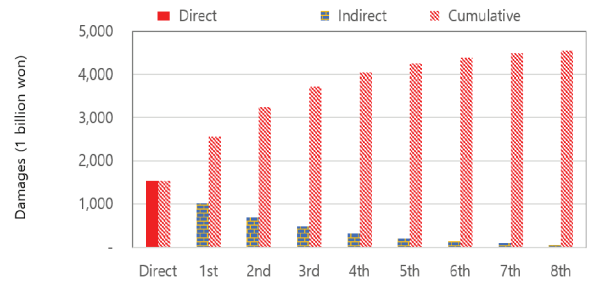


Fig. 4. Direct and Indirect Damage Caused by Annual Natural Disaster

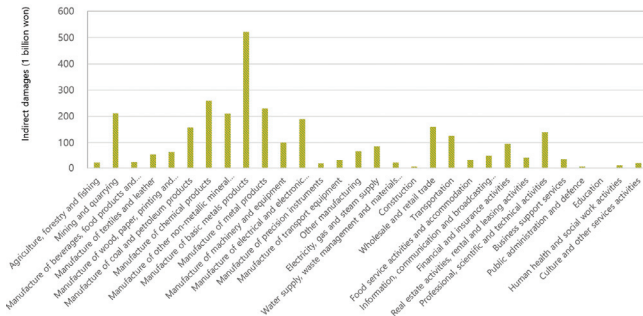


Fig. 5. Indirect Damage by Industry

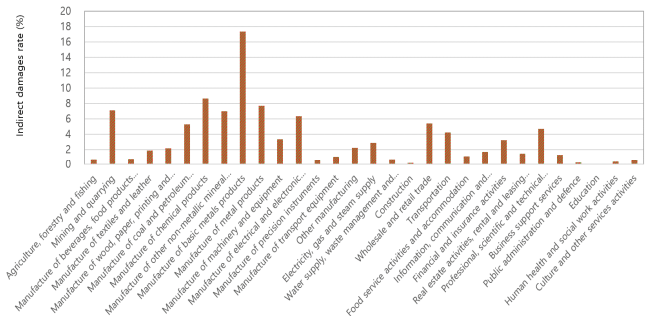


Fig. 6. Indirect Damage Rate by Industry

Table 7. GDP Rate of Cumulative Damages

	Indirect damage (1 billion won)	Cumulative damage (1 billion won)	GDP rate (%) (Cumulative damage/GDP)
Direct	1,545.1	1,545.1	0.13%
1st	1,017.1	2,562.2	0.22%
2nd	687.5	3,249.7	0.27%
3rd	469.1	3,718.8	0.31%
4th	316.3	4,035.2	0.34%
5th	211.7	4,246.8	0.36%
6th	141.2	4,388.0	0.37%
7th	93.9	4,481.9	0.38%
8th	62.4	4,544.3	0.38%

5. 결론

매년 태풍, 호우, 대설 등의 자연재난으로 인해 국가 경제가 위축되는 현상이 발생하고 있지만, 자연재난에 취약한 산업을 파악하고 대비하는 등의 적절한 재난관리는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 자연재난으로부터 직접 피해를 받는 산업을 파악하고, 산업연관모형을 이용하여 간접 피해 및 국가 경제에 미치는 영향을 평가하였다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 최근 15년(2001~2015) 동안 자연재난의 연평균 피해액은 1조 5451억으로 산정되었음.
- (2) 재해연보의 기초자료가 되는 NDMS 자료와 산업연관분류의 기본부문을 비교하여 피해 항목과 해당 산업을 분류하였고, 재난관리 전문가들의 자문을 통해 신뢰성을 확보함.
- (3) 피해 항목에 따른 산업별 피해를 살펴보면 자연재난으로 인해 직접 피해는 건설업이 가장 큰 것으로 나타났으며, 섬유 및 가죽제품 제조업과 운송장비 제조업에도 직접적인 피해가 발생함.
- (4) 자연재난으로 인해 직접 피해를 입은 건설업이 타 산업에 피해를 입힌 파급 피해를 고려하면 직접 피해에 비해 총 피해(직접 피해+간접 피해)는 2.93배 증가하는 것으로 나타났고, 섬유 및 가죽제품 제조업의 경우 3.23배, 운송장비 제조업의 경우 3.45배로 피해가 증가하는 것으로 나타났음.
- (5) 자연재난의 직접 피해로 인해 발생한 간접 피해는 1차 금속제품 제조업이 17.37%로 가장 많은 피해를 입은 산업으로 나타났으며, 화학제품, 금속제품, 비금속광물 제품 등의 제조업에서 가장 큰 피해를 기록하였음.
- (6) 반면에 교육 서비스업이나 공공행정 및 국방, 보건 및 사회복지 서비스업 등 서비스업에는 자연재난의 직접 피해로 인한 간접 피해가 미비한 것으로 나타남.
- (7) 따라서 국가 경제적 차원에서 자연재난으로 인한 피해를 줄이기 위해서는 제조업의 피해를 줄이는 정책이 필요할 것으로 판단됨.
- (8) 연평균 GDP와 자연재난으로 인한 피해를 비교해본 결과 직접 피해만을 고려했을 때에 비해 총 피해(직접 피해+파급 피해)는 3배 가까이 증가하는 것으로 나타났음.

본 연구에서는 몇 가지 한계점이 있는데 우선, 자연재난으로 인한 직접 피해의 자료로 사용한 재해연보의 경우 재난관리 업무 및 복구비 산정을 위한 보상 단가 등을 통해 제시되기 때문에 실제 직접 피해액에 비해 과소 추정되는 경향이 있었다. 그리고, 호우, 태풍, 강풍, 풍랑, 대설 등의 재해연보에 제시된 자연재난의 모든 피해를 합쳐서 분석하였고, 지역

별로 미치는 영향을 평가하지 못하였기 때문에 재난의 특성별, 지역별 파급효과를 분석하지 못한 한계가 있다. 따라서 각 자연재난의 특징 및 지역별로 간접 피해를 산정하는 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. 본 연구에서 제시한 간접 피해의 경우 정량적인 조사가 진행되지 않기 때문에, 정확도를 검증할 수 있는 방안이 없는 한계가 있다. 따라서 기존에 직접적인 피해만을 조사하는 피해 조사 방법이 아닌 간접적인 피해를 조사하는 방법이 추가적으로 개발되어야 할 것으로 판단된다.

재난의 발생으로 인한 피해는 그 규모를 한정할 수 없는 특징이 있어 재난피해액의 정량적 산정은 실제 재난관리에 있어서 가장 어려운 부분이기도 하다. 우리나라의 경우 매년 재해연보 및 재난연감을 발간하고 있어 재난피해를 정량화하기 위한 많은 노력을 기울여 왔지만 재난이 사회 및 경제적으로 파급되어 국가 경제 전반에 미치는 영향에 대한 평가는 미흡하였다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 인지하고 재난의 충격이 국가 산업에 파급되어 경제에 미치는 영향을 추정하였으며 기존 방법은 경제적 피해액을 크게 과소 추정을 제시하였다. 또한, 본 연구에서 분류한 자연재난 피해 항목별 세부 산업 분류는 향후 자연재난의 경제적 파급효과를 분석하기 위한 기준으로 활용될 수 있으며, 도출된 결과를 통해 취약산업 및 핵심 산업을 파악해 효과적인 방재대책을 수립하는데 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 행정안전부 재난예측및저감연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(MOIS-재난-2015-05).

References

- Choi, C.H., Kim, J.H., Kim, J.S., Kim, D.H., Bae, Y.H., and Kim, H.S. (2018). Development of heavy rain damage prediction model using machine learning based on big data. *Advances in Meteorology*, Vol. 2018, Article ID 5024930. doi:10.1155/2018/5024930
- Choi, C.H., Kim, J.S., Lee, M.J., Kwon, K.H., Kim, S.J., and Kim, H.S. (2017a). Impact of avian influenza damages on the national economy. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 17, No. 6, pp. 167-174.
- Choi, C.H., Park, K.H., Park, H.K., Lee, M.J., Kim, J.S., and Kim, H.S. (2017b). Development of heavy rain damage prediction function for public facility using machine learning. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 17, No. 6, pp. 443-450.
- Hallegatte, S. (2008). An adaptive regional input-output model and its application to the assessment of the

- economic cost of Katrina. *Risk Analysis*, Vol. 28, No. 3, pp. 779-799.
- Hong, J.H., Kim, Y.G., and Lee, M.Y. (2014). Economic impact analysis of natural disasters: Using recursive dynamic global computable general equilibrium model. *Crisisonomy*, Vol. 10, No. 11, pp. 119-141.
- INHA Industry Partnership Institute. (2016). *Analyzing impact of major disaster on national economy*.
- Jiang, Z., Yu, S.Y., and Yoon, S.M. (2014). Research methodology for the economic impact assessment of natural disasters and its applicability for the Baekdu Mountain volcanic disaster. *Economic and Environmental Geology*, Vol. 47, No. 2, pp. 133-146.
- Leontief, W.W. (1941). *The structure of American economy, 1919-1929: An empirical application of equilibrium analysis*. Cambridge, MA, USA: Harvard University Press.
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2017). *2016 Statistical yearbook of natural disaster*.
- Ministry of Public Safety and Security (MPSS). (2016). *2015 Statistical yearbook of natural disaster*.
- Noy, I. (2009). The macroeconomic consequences of disasters. *Journal of Development Economics*, Vol. 88, No. 2, pp. 221-231.
- Okuyama, Y. (2004). Modeling spatial economic impacts of an earthquake: Input-output approaches. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, Vol. 13, No. 4, pp. 297-306.
- Ryu, M.H., Cho, S.K., and Kim, J.I. (2012). Effects of natural disaster on nation economy: A CGE model. *Journal of Environmental Policy and Administration*, Vol. 20, No. 1, pp. 1-21.
- Simola, A., Perrels, A., and Honkatukia, J. (2011). Extreme weather events in Finland: A dynamic CGE-analysis of economic effects. *Proceedings of the 14th Annual Conference on Global Economic Analysis*, Venice, Italy.
- Song, Y.E., Shin, Q.H., and Lee, S.B. (2008). Estimating the economic impact of food service industry using an input-output analysis. *Korean J. Hotel Adm.*, Vol. 17, No. 2, pp. 71-82.
- Strobl, E. (2011). The economic growth impact of hurricanes: Evidence from U.S. coastal counties. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 93, No. 2, pp. 575-589.
- The Bank of Korea. (2014). *Inter-industry analysis commentary*.
- The Bank of Korea. (2019). *2015 Input-output statistics*.
- Tierney, K.J. (1997). Business impacts of the Northridge earthquake. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, Vol. 5, No. 2, pp. 87-97.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). (2016). *2015 Disasters in numbers*.
- Yi, H.M., and Goh, J.T. (2014). Overview for input-output analysis understanding. *Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences*, Vol. 26, No. 1, pp. 6-15.

Received	October 13, 2019
Revised	October 15, 2019
Accepted	November 18, 2019