재난안전예산 투자방향 수립을 위한 재난 및 안전사고 리스크-매트릭스 분석

Risk-Matrix Analysis on Disasters and Accidents to Establish Investment Directions of Budgeting for Disasters and Safety Management

조현우* · 최승용**

Cho, Hyeonu*, and Choi, Seungyong**

Abstract

Relevant administrative ministries and agencies have set huge budgets to mitigate the damage caused by major disasters and accidents. In order to establish the direction of investments for the disaster and safety management budget, this study used risk matrix analysis to identify high-risk types of disasters and accidents that require massive investments. Using statistical data on different types of damage over the last five years (2013-2017), according to the classification of budget for disaster and safety management projects, we analyzed the risk matrix on (i) overall disasters and accidents, and (ii) large-scale disasters. The risk matrix presented the occurrence ratio for x-axis, human casualty (deaths), and property loss for y-axis, was divided into four areas (HH, LH, HL, and LL) based on the average values of disasters and accidents. Storm · flood and fire · explosion have the highest risk, which are in the HH (high likelihood-high consequence) areas of two or more risk matrices. Heat waves, maritime, animal diseases, infectious diseases, industrial, road traffic, and vulnerable groups, all of which are high-risk, belong in the HH area in each risk matrix. These high-risk types of disasters and accidents need focused investments for intensive disaster and safety management.

Key words : Disaster and Safety Management Budget, Investment Directions, Disaster · Accident, Risk-Matrix, Damage Statistical Data

요 지

각종 재난과 사고로 인한 국민의 인명과 재산피해를 경감하기 위하여 많은 국가 예산이 투입된다. 본 연구에서는 재난안전예산 투자방향 수립과 관련하여 중점투자가 필요한 고위험 피해유형을 선정하고자, 재난 · 사고 유형별 리스크-매트릭스 분석을 수행하였다. 재난안전사업 · 예산 피해유형 분류체계에 따른 유형별 최근 5년(2013-2017) 피해 통계자료를 바탕으로, (i) 재난 · 사고 전체, (ii) 대형재난에 대하여 각각 인명피해 및 재산피해 리스크-매트릭스 분석을 수행하였다. x축은 발생비율, y축은 그에 대한 피해를 나타내는 리스크-매트릭스를 나타내었으며, 평균값을 활용하여 4개 영역(HH, LH, HL, LL)으로 위험수준을 평가하였다. 분석결과, 풍수해와 화재 · 폭발은 2개 이상의 분야에서 HH로 분석되어 위험성이 가장 높은 유형으로 나타났다. 또한 폭염, 선박 재난 · 사고, 가축수산생물 전염병, 감염병, 사업장 산재, 도로교통 재난 · 사고, 안전취약계층 사고는 1개 이상의 리스크-매트릭스에서 HH를 나타내는 고위험군으로 확인되었다. 이와 같은 고위험 피해유형은 재난안전예산 중점투자를 통한 집중적인 안전관리가 필요하며, 향후 유형별 재난 · 사고 발생 동향 및 위험요인을 분석하여 재난안전사업 편성 등 세부 투자전략을 수립해야 한다.

핵심용어 : 재난안전예산, 투자방향, 재난 · 안전사고, 리스크-매트릭스, 피해 통계자료

*정회원, 국립재난안전연구원 선임연구원(E-mail: sim8491@korea.kr)

Member, Researcher, National Disaster Management Research Institute

**교신저자, 정회원, 국립재난안전연구원 시설연구관(Tel: +82-52-928-8111, Fax: +82-52-928-8149, E-mail: ecofriend@korea.kr)

Corresponding Author, Member, Senior Researcher, National Disaster Management Research Institute

1. 서 론

2017년 한 해 동안 충청·강원 지역의 국지성 집중호우('17.7.), 포항 지진(규모 5.4, '17.11.) 등 자연재난으로 1,873억원의 재산피해를 입었다(MOIS, 2018b). 같은 해 교통사고, 화재 등 각종 사고와 사회재난으로 인하여 사망자 5,960명(실종 207명 포함), 부상자 345,329명 등 인명피해 351,496명과 약 5,915억 원의 재산피해가 발생하였다(MOIS, 2018a).

재난과 사고를 사전에 예방하고, 국민의 인명·재산피해를 방지하기 위하여 많은 국가예산이 투입된다. 풍수해 관리를 위하여 관련 중앙부처와 기관에서는 지방하천정비(국토부, 2017년 기준 5,787억), 국가 해양관측망 구축 및 운영(해수부, 304억) 등을 시행하고 있다. 또한 감염병과 관련하여 국가예방 접종실시(복지부, 3,143억), 사업장 산재 부문 클린사업장 조성지원(고용부, 647억), 식품사고 부문 어린이 먹을거리 안전관리 강화(식약처, 394억), 가축 및 수산생물 전염병에 대한 동·축산물 검역 검사(농식품부, 80억) 등 다양한 재난안전사업이 추진되고 있다(MOIS, 2018c).

위와 같은 재난 및 안전과 관련된 국가예산의 체계적 관리와 투자 효과성·효율성 제고를 위하여, 2014년 세월호 사고 이후 국내에서는 '재난안전예산 사전협의 제도'가 신설되어 운영되고 있다(근거법령 「재난 및 안전관리 기본법」 제10조의2, 2015년(2016년 예산안) 처음 시행되어 현재까지 시행). 행정안전부는 각 중앙부처로부터 제출받은 예산요구서, 중기사업계획 등을 기초로 하여 재난안전사업의 투자방향, 투자우선순위, 투자적정성 등을 검토하고, 결과를 기획재정부에 통보한다(중앙안전관리위원회 심의를 거침, 위원장: 국무총리). 기획재정부는 사전협의(안) 반영하여 예산을 편성하게 된다(MPSS, 2017; Cho and Choi, 2018b).

이를 위해 행정안전부는 재난안전예산 중점투자 피해유형을 선정하고, 중점투자방향 보고서를 내놓고 있다. 2018년 국립재난안전연구원은 과거 피해현황, 현재 사회적 이슈, 미래 대형재난 발생가능성 등을 고려하여 2020년 중점투자 유형을 선정한바 있다(NDMI, 2018b). 이를 기반으로 행정안전부는 풍수해, 지진, 폭염, 화재·폭발, 국가기반체계 마비, 미세먼지, 안전취약계층 사고 등 개별 분야에 대하여 세부 투자방향을 수립하였다(MOIS, 2019).

국내에서 재난안전예산의 배분과 투자 방향성에 관한 여러 연구가 진행되었다. Cho and Choi (2018a)와 국립재난안전연구원(NDMI, 2018b)은 재난·사고간 피해현황 위험순위 분석을 통해 재난안전예산 중점투자 피해유형을 선정하였다. 이때, 각 부처와 기관별로 산재되어 있는 재난·사고 유형별 발생 및 그에 따른 피해 통계자료를 조사·수집하고, 3차원 공간상에서 유클리드 거리를 산출하여 피해 규모를 정량화 하는 방안을 제시하였다. 또한 Cho and Choi (2018b)는 재난안전예산 중점투자유형을 선정하기 위해 23종의 국내 주요 안전사고 발생건수와 피해 통계를

활용하여 인명, 재산 및 사회영향 등 여러 가지 측면의 위험도를 분석하였고, Cho and Heo (2017)는 26종 사회재난을 대상으로 인명피해에 대한 유형별 리스크-매트릭스 분석을 수행하였다.

그럼에도 불구하고 많은 기존의 국내 연구들은 재난안전예산·사업의 관리 및 평가 제도의 현황과 운용에 대한 전반적인 개선방안을 제시하였으나(KIPA, 2015, 2016, 2017; NABO, 2017), 정량적인 분석에 근거하여 재난안전예산의 배분과 조정을 위한 중점투자 대상을 선정하는 연구는 활발히 진행되지 않은 상황이다.

영국 등 국외에서는 국가위험성평가(National Risk Assessments, NRA)를 도입하여 재난관리를 위한 투자우선순위를 분석하고, 이를 근거로 자원 배분의 최적화 및 효율성을 향상시키고 있다(OECD, 2016). 재난안전예산의 투자방향을 설정하여 한정된 자원을 적절하게 분배하기 위해서는 재난·사고 발생과 그에 따른 피해현황 분석이 반드시 선행되어야 한다. 이러한 현황 파악에 따라 피해발생이 많은 핵심 분야를 선별하여 재난·사고 예방을 위한 집중 안전관리가 필요하다(Cho and Choi, 2018a, 2018b). 따라서 본 연구에서는 재난·사고 유형별 리스크-매트릭스 분석을 수행하여 피해현황을 파악하고 고위험군을 도출함으로써, 재난안전예산 사전협의제와 관련하여 중점투자가 필요한 안전관리 분야를 도출하고자 하였다.

본 연구는 기존연구와 다음과 같은 차별성을 나타낸다. 기존의 연구(Cho and Heo, 2017)는 대규모 인명피해가 발생한 사회재난을 대상으로 한정하여 리스크-매트릭스 분석을 수행한 반면, 본 연구는 이를 확장하여 국가 차원에서 관리하고 있는 자연재난, 사회재난 및 안전사고 37종의 재난·사고 유형별 통계자료를 이용한 리스크-매트릭스 분석을 수행하였다. 이때 인명피해 이외 재산피해를 추가하여 다양한 관점의 리스크-매트릭스를 분석하였다.

이번 연구는 피해 통계자료에 근거하여 재난·안전사고 유형별 리스크-매트릭스 분석을 수행하였다. 이를 통해 보다 객관적으로 중점투자 피해유형 선정에 기여할 수 있으며, 재난안전예산의 효율적인 운용을 위한 의사결정 기초자료로 활용이 가능하다.

2. 이론적 고찰

2.1 리스크-매트릭스

위험도(risk, 리스크)란 특정한 사건(event)이 발생할 가능성(likelihood 또는 probability)과 그에 따라 야기되는 부정적인 결과(consequence)의 조합으로 정의된다(ISO, 2009; UNISDR, 2009; UNDP, 2010).

위험을 측정하는 다양한 방법 중 '리스크-매트릭스(risk-matrix)' 기법이 널리 사용되고 있다. 리스크매트릭스는 정량적 위험도 분석(Quantitative Risk Analysis, QRA) 방법 중

하나로, x, y축 평면위에 두 요소의 값을 나타내어 현황을 파악하는 위험분석 방법이다. 이는 다양한 재난·사고 유형 간 발생과 피해 양상을 비교·분석하고, 그 특성별 그룹화가 가능하다(Cho et al., 2013; Cho and Heo, 2017).

리스크-매트릭스는 발생가능성과 결과를 고려하여 여러 가지 개별 요소들에 대한 위험수준을 단계별로 평가할 수 있다(Haimes et al., 2002; Abul-Haggag and Barakat, 2013). 또한 영국에서는 NRA의 도구로도 활용되고 있다(OECD, 2016).

Haimes et al. (2002)과 Abul-Haggag and Barakat (2013)는 발생가능성과 결과에 대하여 각각 4~5단계를 구분하고, 최종적으로 위험은 4등급(Extremely High, High, Moderate, low 또는 High, Serious, Medium, Low)으로 분류하였다. OECD (2016)에 의하면 영국 NRA 리스크-매트릭스는 발생가능성과 결과에 대하여 각각 5단계로 범위를 결정하고, 두 값을 조합한 후 각기 다른 등급(2가지로 분류: High impactful likely events 및 low impact · low likelihood events)을 부여하는 방식으로 위험을 평가하였다.

국내에서는 NDMI (2018a) 위험목록에서 재난·사고 통계자료 활용 리스크 매트릭스 분석 시, 유형별 통계값의 범위 차이 해소를 위하여 로그변환(NDMI, 2014)으로 데이터 정규화 과정을 거치고, 최소값과 최대값 사이를 등간격으로 10개 등급을 구분하였다. 최종적으로 위험등급은 5개로 나누어 리스크-매트릭스 분석을 수행하였다. Cho et al. (2013)과 Cho and Heo (2017)는 두 지표의 평균값을 이용하여 리스크-매트릭스 평면을 4개로 분할함으로써, 여러 가지 요소들의 위험정도를 구분한다.

2.2 연구방법

본 연구의 분석대상은 아래와 같다.

① 재난과 사고를 모두 포함하여 집계하는 재난·사고 전체 피해, ② 대규모 인명피해와 재산손실을 동반하는 대형 재난 사례에 대한 리스크-매트릭스 분석을 별도로 수행하였다. 연구를 수행하기 위한 세부적인 분석절차는 Fig. 1과 같이 4단계(1단계. 통계자료 확보 → 2단계. 재난·사고 발생 및 피해 현황 파악 → 3단계. 리스크-매트릭스 분석 → 4단계. 고위험 피해유형 선정)로 구분된다.

본 연구에서는 발생가능성, 결과의 두 가지 지표를 활용하는 2차원 리스크-매트릭스 분석을 수행하였다. 1가지 발생가능성 인자와 2가지 결과를 고려하고자, 다음의 4가지 각기 다른 리스크-매트릭스로 분석하였다. 발생가능성으로는 재난·사고 발생비율, 결과는 인명피해로 사망자와 재산피해를 활용하였다.

- ① 재난·사고 전체
 - (i) 인명피해 리스크-매트릭스
 - (ii) 재산피해 리스크-매트릭스

Fig. 1. Risk-Matrix Analysis Procedure

- ② 대형재난
 - (i) 인명피해 리스크-매트릭스
 - (ii) 재산피해 리스크-매트릭스

발생가능성(likelihood)은 Cho (2018)와 Cho and Choi (2018b)에서의 ‘발생비율’을 활용하였다. 이는 재난·사고 전체 발생건수 대비 개별 피해유형의 비중을 산출하는 것으로, 유형별 발생건수를 정량화하여 상대적으로 나타낼 수 있다.

발생비율은 다음의 수식과 같이 산출한다.

$$\text{재난·사고 발생비율}_i = \frac{\text{발생건수}_i}{\sum_{i=1}^n \text{발생건수}_i}$$

여기서, i = 재난·사고 유형.

위험도 분석에서 결과(consequence)는 일반적으로 재난 또는 사고 1건당 피해로 정의된다. 그러나 본 연구에서 인명

피해는 Cho and Choi (2018a, 2018b)와 같이 연간 총 피해를 사용하였다.

현재 재난관리 주관 중앙행정기관은 사망자 감축 목표를 설정하고, 이를 이행하고 있다. 2016년 목표관리제를 도입한 이후 매년 국가안전관리 집행계획 수립 시, 인명 피해를 줄이기 위한 저감 목표를 설정해야 한다. 여기서 목표치는 연간 발생하는 총 피해를 기준으로 정한다(MPSS, 2016; Jointly with the relevant central administrative agencies, 2018). 이와 같은 점을 고려하여, 이번 리스크-매트릭스 분석에서는 유형별 사망자의 연간 합계 값을 하나의 단위로 활용하여, 일정기간 동안(1년) 발생하는 전체 피해규모를 비교하고자 하였다. 재산피해 역시 동일한 방법으로 연간 총 피해액을 합산하여 유형별 피해규모를 추정하였다.

리스크-매트릭스는 발생비율과 피해 요소별 평균값을 기준으로 나누어 위험정도를 구분하였다. 각 리스크-매트릭스 평면은 4개 그룹으로 분류된다(High likelihood-High consequence, HH; Low likelihood-High consequence, LH; High likelihood-low consequence, HL; Low likelihood-Low consequence, LL). 또한 상기의 여러 가지 리스크-매트릭스에서 HH를 나타내는 유형을 분류하여 고위험군으로 선정하였다. 이를 통해 다양한 재난·사고 유형 중에서 일정수준 이상의 상대적으로 발생가능성이 높고, 피해 규모가 큰 고위험 재난·사고 피해유형을 도출하였다.

3. 재난·사고 리스크-매트릭스 분석

3.1 통계자료 확보

3.1.1 재난·사고 전체

본 연구의 리스크-매트릭스 분석을 위한 분석자료¹⁾는

1) 재난·사고 유형별 발생 및 피해현황 통계자료의 출처는 다음과 같다(Cho and Choi, 2018a; NDMI, 2018a, 2018b).

① 풍수해(통계자료 관리기관: 행정안전부): 재해연보, 자연재해 피해 통계 ※ 호우, 태풍, 풍랑, 강풍 ② 산사태(산림청): 재해연보, 부처별 복구비 통계 / e-나라지표, 산사태 피해현황, 재산피해 ③ 가뭄(행정안전부, 농림축산식품부, 환경부, 국토교통부, 기상청): 국가가뭄정보분석센터, 가뭄 예·경보 현황 ※ 기상 가뭄, 생활 및 농업용수 가뭄, 농업용수 가뭄 ④ 지진(행정안전부): 재해연보, 자연재해 피해 통계 ⑤ 황사(기상청): 기상자료개방포털, 황사일수 ⑥ 조류(국립수산물연구원): 적조정보시스템, 과거 적조 발생자료 ⑦ 대설·한파(행정안전부 / 질병관리본부): 재해연보, 자연재해 피해 통계, 대설 / 한파로 인한 한랭질환 신고현황 연보, 한랭질환자 신고건수 ⑧ 폭염(기상청 / 질병관리본부): 기상자료개방포털, 폭염일수, 일 최고기온이 33°이상인 날 / 폭염으로 인한 온열질환 신고현황 연보, 온열질환 신고현황 ⑨ 화재·폭발(소방청 / 산업통상자원부): 재난연감, 사고발생 현황 ※ 화재(전기화재 제외) 및 폭발 ⑩ 산불(산림청): 재난연감, 사고발생 현황 ⑪ 시설물 재난·사고(지방자치단체): 재난연감, 사고발생 현황 ※ 붕괴 및 추락 ⑫ 도로교통 재난·사고(경찰청): 재난연감, 사고발생 현황 ⑬ 철도교통 재난·사고(국토교통부): 재난연감, 사고발생 현황 ⑭ 항공교통 재난·사고(국토교통부): 재난연감, 사고발생 현황 ⑮ 선박 재난·사고(중앙해양안전심판원): 해양사고 통계 ※ 여객도선, 유선 포함 ⑯ 방사능 재난·사고(원자력안전위원회): 원자력안전연감, 원자력시설 안전 및 방사능 방재 ※ 원자력 시설

재난 및 안전사고 유형별 발생과 그에 따른 피해현황 통계자료를 조사·수집하여 제공한 기존연구 Cho and Choi (2018a)와 NDMI (2018a, 2018b)에서 발췌하여 활용하였다.

이는 같이 재난안전사업·예산 피해유형 분류체계에 따른 전체 42개 유형 중 35종의 재난·사고에 대한 발생건수, 인명피해(사망, 부상 등), 재산피해 등 최소 1개 이상의 통계 항목이 포함되어 있다(Table 1 참조, 7개 유형은 통계수급의 한계로 제외: 자연재난 낙뢰 등 기타 1개, 사회재난 전시재난·테러 1개 및 재난안전일반 5개 유형).

단, 미세먼지, 가뭄 등 발생건수는 수집 가능하나 인명피해와 재산피해 자료가 구축되지 않는 유형이 있다. 또한 도로교통 및 해양 선박 재난·사고 등 일부 유형의 경우, 발생건수와 인명피해는 매년 발표되지만, 현재 국가 공식통계에서 재산피해가 집계되지 않는 상황이다.

감염병, 가축 및 수산생물 전염병, 안전취약계층 사고 등은 발생건수, 인명 또는 재산피해 통계자료를 수집하였지만 항목별 각기 다른 출처를 나타내고 있어, 통계자료 생성을 위한 정의와 기준·범위의 차이가 발생할 수 있다.

이번 연구에서는 위의 기존 연구에서의 통계를 활용하되, 선박 재난·사고의 경우 국가 공식통계인 중앙해양안전심판원의 해양사고 통계로 변경하였다(기존: 해양경찰청 해난사고). 사업장 산재의 재산피해인 산재보상금은 제외하였으며, 범죄는 재난안전예산 사전협의에서 다루고 있는 사업과의 범위 일치를 위하여 가정·성·학교폭력과 관련된 죄종으로만 추출하였다(기존 살인, 강도, 강간, 절도, 폭력 등 5대 범죄).

그럼에도 불구하고 많은 부처별·기관별로 산재되어 있는 다양한 재난·사고의 피해현황을 통합적으로 나타내는 기초 통계자료이며, 이를 통해 재난과 안전사고의 발생 및

사고·고장 및 방사선 사건·사고 ⑰ 유해화학물질 재난·사고(화학물질안전원): 화학안전정보공유시스템, 사고사례 통계 ⑱ 미세먼지(한국환경공단): 대기환경연보, 미세먼지 경보(주의보·경보) 발령현황 ※ 2015년부터 PM10, PM2.5으로 구분 ⑲ 수질오염(환경부): 환경통계연감, 수질오염 사고현황 ⑳ 해양오염(해양경찰청): e-나라지표, 해양오염사고 발생현황 ㉑ 국가기반체계 마비(행정안전부): 재난연감, 사회재난 발생 통계 ※ 전력, 원유수급, 정보통신, GPS전파혼신, 금융전산, 식용수, 육상화물운송 및 보건의료 ㉒ 감염병(질병관리본부 / 통계청): e-나라지표, 법정감염병 발생현황 / 사망원인통계, 법정감염병 사망자수 ㉓ 가축수산물 전염병(농림축산검역본부 / 행정안전부): 국가동물방역시스템, 법정가축전염병 발생통계 / 재난연감, 사회재난 발생 통계, 가축질병, 재산피해 ㉔ 승강기 사고(행정안전부): 재난연감, 사고발생 현황 ㉕ 전기·가스 사고(산업통상자원부 / 전기안전공사): 재난연감, 사고발생 현황 / 전기재해통계분석, 전기화재 현황 ※ 전기감전, 가스, 전기화재 ㉖ 등산·레저 사고(지방자치단체): 재난연감, 사고발생 현황 ※ 등산 및 레저(생활체육) ㉗ 물놀이 사고(지방자치단체): 재난연감, 사고발생 현황 ㉘ 생활제품 사고(한국소비자원): 소비자위해정보 통합 및 통계분석, 위해정보 건수 ㉙ 사업장 산재(고용노동부): 산업재해현황분석, 산업별 재해발생 현황 ㉚ 농업 사고(고용노동부): 산업재해현황분석, 산업별 재해발생 현황 ※ 농업 및 어업 발체 ㉛ 식품 사고(식품의약품안전처): 식품의약품통계연보, 식중독 발생 현황 ㉜ 의료제품 사고(식품의약품안전처): 식품의약품통계연보, 의약품 부작용 보고 현황, 의료기기 이상사례 보고 현황 ㉝ 안전취약계층 사고(소방청 / 통계청): 소방청 통계정보 승인통계, 119구조구급통계 / 사망원인통계, 사망법의 외인 ※ 10세 이하; 65세 이상 연령별 발체 ㉞ 범죄(경찰청): 경찰범죄통계, 범죄 발생 및 검거 현황 및 피해결과 신체피해 ※ 가정·성·학교폭력 한정 ㉟ 자살(통계청): 사망원인통계, 고의적 자해(자살)

Table 1. Recent Statistics on Occurrence and Damage by Disasters and Accidents (2017)

Sector	No.	Type	Occurrence number (cases)	Human casualty (people)			Property loss (one hundred million won)
				Death (Missing included)	Injury	Total	
Natural disaster (9)	N1	Storm • Flood	277	7	-	7	1,021.97
	N2	Landslide	202	2	-	2	196.73
	N3	Drought	631	-	-	-	-
	N4	Earthquake	15	0	15	15	850.22
	N5	Yellow sand	91	-	-	-	-
	N6	Algae	25	-	-	-	-
	N7	Heavy snow • Cold wave	2	11	620	631	0.83
	N8	Heat wave	256	11	1563	1574	-
	-	Thunderstroke and etc.	-	-	-	-	-
Social disaster and safety accident (28)	S1	Fire • Explosion	36,201	313	1,711	2024	4,025.46
	S2	Wild fire	692	7	9	16	801.50
	S3	Facility-related	6,415	395	4,927	5322	5.75
	S4	Road traffic	216,335	4,185	322,829	327,014	-
	S5	Railway	105	51	46	97	5.36
	S6	Aviation	5	2	4	6	0.00
	S7	Maritime	2,582	145	378	523	-
	S8	Nuclear • Radiological	7	-	-	-	-
	S9	Chemical	87	2	73	75	3.20
	S10	Fine dust	295	-	-	-	-
	S11	Water pollution	78	-	-	-	-
	S12	Marine pollution	271	-	-	-	-
	S13	National infra disruption	1	0	0	0	0.00
	S14	Infectious diseases	182,039	2,391	-	2391	-
	S15	Contagious animal diseases	1,172	-	-	-	829.84
	S16	Elevator	27	3	26	29	0.00
	S17	Electrical • Gas	8,664	60	803	863	1,058.00
	S18	Climbing • Leisure	8,232	243	6,164	6407	3.00
	S19	Water-related	4,072	641	1,267	1908	1.00
	S20	Consumer product	58,553	-	-	-	-
	S21	Industrial	88,478	1,948	87,286	89,234	-
	S22	Agriculture • Fisheries	602	9	605	614	-
	S23	Food poisoning	336	-	5,649	5,649	-
	S24	Pharmaceuticals • Medical device	258,689	-	-	-	-
	S25	Vulnerable social groups	722,910	11,825	-	11825	-
	S26	Crime	64,823	38	899	937	-
	S27	Suicide	-	12,463	-	12,463	-
	-	Wartime • Terror	-	-	-	-	-

Note 1. above disaster and accident types according to the classification of budget for Disaster and Safety Management projects, used for the 4th ‘Master Plan for National Safety Management (2020-2024)’, ‘Implementation Plans’ and etc.

2. ‘-’ non-collected of damage statistical data

Source: NDMI (2018b)

그에 따른 인명 • 재산피해에 대한 전반적인 상태 파악이 가능하다는 점에서 활용 가치가 있다(Cho and Choi, 2018a; NDMI, 2018b).

3.1.2 대형재난

본 연구에서 다루고 있는 대형재난이란 단일 사건으로 인하여 다수의 인명피해와 대규모 재산피해, 또한 사회적 이슈 및 경제적인 과급효과가 발생한 경우로, 해당 지역

또는 관련 부처 • 기관의 재량을 넘어 타 지역 및 중앙정부의 개입이 필요한 사례로 정의할 수 있다(Cho, 2018; Cho and Choi, 2018a, 2018b).

대형재난의 자료는 Cho and Choi (2018a)와 NDMI (2018b)에서 참조하였다. 그 해당범위는 자연재난의 경우 특별재난지역 선포, 사회재난은 시 • 군 • 구 및 시 • 도 재난안전대책본부, 중앙사고수습본부, 중앙재난안전대책본부 등 지역 및 중앙 재난 안전대책본부가 운영 사례에 한정된다(MOIS, 2018a, 2018b).

3.2 재난·사고 발생 및 피해 현황 파악

3.2.1 재난·사고 전체

통계 발간의 시간 차이로 인하여 수집이 가능한 가장 최근 연도인 2017년의 재난·사고 피해현황을 Table 1에 정리하였다. 재난·사고 발생건수와 사망자수는 특정 몇몇 유형에서 절대적으로 많고, 자연재난과 사회재난의 편차가 크게 나타난다.

2017년 한 해 동안 재난·사고 발생건수는 안전취약계층 사고(S25)가 722,910건으로 가장 많은 것으로 나타났으며, 단일 유형으로는 의료제품 사고(S24, 258,689건)와 도로교통 재난·사고(S4, 221,639건)가 가장 많다.

사망자수는 자살(S27)이 12,463명으로 가장 많은 것으로 확인된다. 그 다음으로 안전취약계층(S25, 11,825명), 도로교통 재난·사고(S4, 4,185명), 감염병(S14, 2,391건), 사업장 산재(S21, 1,948건) 등이다.

위의 유형들은 연간 1,000명~1만 명 이상의 사망자가 발생하는 것으로 나타났다. 안전취약계층 사망자수를 제외하고 상기 4개 유형의 사망자 합계 값은 20,987명으로, 국내 주요 사망자 발생 유형임을 알 수 있다(어린이·노인 등 특정

계층에 대한 전반적인 사고 현황을 나타내는 안전취약계층 사고(S25)는 타 유형과 중복됨으로 제외).

재산피해 현황을 살펴보면, 자연재난에서 풍수해(N1, 1,021.97억 원)와 지진(N4, 850.22억 원)이 두드러짐을 알 수 있다. 또한 사회재난 및 안전사고의 화재·폭발(S1, 4,025.46억 원), 전기·가스 사고(S17, 1,058.00억 원), 가축 및 수산생물 전염병(S15, 829.84억 원), 산불(S2, 801.50억 원) 등이 재산피해가 많은 것으로 나타난다.

3.2.2 대형재난

분석자료의 범위는 앞서 3.1에서 언급한 바와 같이 자연재난은 특별재난지역 선포, 사회재난은 지역 및 중앙 재난대책본부 운영에 한정된다.

가장 최근해진 2017년은 7월 호우와 포항 지진으로 인하여 특별재난지역이 선포되었다. 사회재난의 경우 2017년도에는 2014년과 동일하게 16건의 지역 및 중앙 재난대책본부가 운영되어, 최근 5년 동안 가장 많은 사회재난이 발생한 것으로 나타났다.

Table 2와 같이 최근 5년(2013-2016) 동안 자연재난 분야에서 대형재난은 2015년을 제외하고 매년 1건 이상 발생하였

Table 2. Current Status of Large-Scale Disaster (2013-2017)

Sector	Year	Occurrence number	Disaster name and damage
Natural disaster	2013	2	(‘13.7.) Flood, property loss 94,000 million won
	2014	1	(‘14.8.) Flood, property loss 134,200 million won
	2015	-	-
	2016	2	(‘16.10.) Storm Chaba, property loss 214,400 million won / (‘16.9.) Earthquake in Gyeongju, 11,000 million won
	2017	2	(‘17.7.) Flood, property loss 78,300 million won / (‘17.11.) Earthquake in Pohang, property loss 85,000 million won
	Sub-total	7	-
Social disaster	2013	7	(‘13.3.) Pohang · Ulsan wild fire, death 1, Injury 31, forest 359ha · 148 buildings burn-out, property loss 9,500 million won / (‘13.5.) Anseong warehouse fire, property loss 98,900 million won / (‘13.8.) Daegu station KTX accident, 8 trains derailment, property loss 13,900 million won / (‘13.10) Chenglu-15 cargo vessel sinking, death 10, missing 1, injury 8, and etc.
	2014	16	(‘14.1.) AI, 2,957,705 ducks and chickens buried in the ground, property loss 22,900 million won / (‘14.2.) Gyeongju resort gym collapse, death 10, injury 105 / (‘14.4.) Sewol ferry sinking, death 295, missing 9, injury 157 / (‘14.5.) Goyang bus terminal fire, death 8, injury 116, property loss 14,500 million won / (‘14.5.) Jangseong senior hospital fire, death 21, injury 8 / (‘14.12.) Oyoung-501 deep-sea fishing vessel sinking in russian sea, death 27, missing 7, injury 26, and etc.
	2015	7	(‘15.1.) Uijeongbu building fire, death 5, injury 125 / (‘15.3.) Ganghwa camping area fire, death 5, injury 2 / (‘15.1~6.) foot-and-mouth disease, 147,218 cows and pigs buried in the ground, property loss 35,400 million won / AI, 2,929,070 ducks and chickens buried in the ground, property loss 22,300 million won / (‘15.5~7.) MERS, death 38, 186 people confirmed to infection(including 1 person abroad) / (‘15.9.) Dolphin fishing boat capsized Death 15, Missing 3, Injury 3, and etc.
	2016	12	(‘16.4.) Jeolla-line Mugunghwa train derailment, death 1, injury 6 / (‘16.6.) Namyangju 4th construction site explosion, death 4, injury 10 / (‘16.9.) gimpo construction site fire, death 5, injury 1 / (‘16.10.) Road transportation strike / (‘16.11.) Daegu Sumun-market 4 area fire, injury 3, property loss 46,900 million won, and etc.
	2017	16	(‘17.2.) Hwaseong multipurpose building fire, death 4, injury 14, property loss 8,300 million won / (‘17.5) Geoje crane collapse, death 6, injury 25 / (‘17.5) Gangneung · Samcheok · Sangju wild fire, death 2, injury 5, property loss 14,200 million won / (‘17.12.) Incheon fishing boat Collision, death 15, injury 7 / (‘17.12.) Jecheon complex building fire Death 29, Injury 40, and etc.
	Sub-total	58	-
	Total	65	-

Source: Authors summarized based on MOIS (2018a, 2018b)

다. 주로 풍수해(호우, 태풍), 지진으로 인하여 대규모 피해가 야기되었으며, 특히 지진은 2016년과 2017년에 연속적으로 발생하였다.

사회재난 발생은 연도별로 격차가 큰 것으로 확인된다. 적개는 7건에서 최대 16건으로, 그 편차가 2배 이상에 달한다. 사회재난의 경우 화재, 선박사고, 가축질병, 산불, 철도교통 사고 등 다양한 세부부문에서 발생하였다. 이 중 대형화재 및 선박 재난·사고는 매년 대규모 피해가 발생하는 것으로 나타났다.

3.3 리스크-매트릭스 분석

3.3.1 재난·사고 전체

재난 및 사고의 발생과 피해 현황에 대한 위험정도를 추정하기 위하여 x축은 발생비율, y축은 각각 인명피해(사망자)와 재산피해를 나타내는 리스크-매트릭스를 분석하였다. 최근 경향을 파악하기 위하여 2017년 단년도 통계자료에 한정하지 않고 2013년부터 2017년까지 5개년 연평균 자료를 활용하였다. 재난·사고 전체 리스크-매트릭스는 분야별 격차를 고려하여 자연재난과 사회재난 및 안전사고를 분리하여 수행하였다.

리스크-매트릭스 분석을 위해 발생비율과 사망자수, 재산피해를 산출하였다. Table 3과 같이 최근 5년간 재난·사고 발생비율은 자연재난에서 가뭄, 사회재난에서는 안전취약계층이 가장 높게 나타났다. Table 4에서 최근 5년간 연평균 사망자수는 대설·한파 및 자살이 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 재산피해는 풍수해, 화재·폭발 등이 가장 많다.

상기와 같이 산출된 리스크-매트릭스의 개별요소에 대한 유형별 값을 이용하여, Figs. 2, 3과 같이 리스크-매트릭스를 나타내었다. 인명피해 리스크-매트릭스에서 Fig. 2(a) 자연재난은 비교적 고르게 분포되어 나타난다. 그러나 Fig. 2(b) 사회재난 및 안전사고의 경우, 분야 내 유형별 격차가 큰 것을 알 수 있다. 여기서 0을 중심으로 가장 분산되어 나타나는 유형은 안전취약계층 사고(S25)와 자살(S27)이다. 또한 도로교통(S4), 감염병(S14), 산재(S21), 의료제품(S24) 등 일부 몇몇 유형만이 눈에 띄게 나타난다. 그 외 많은 재난·사고가 일정한 범위 이내에서 군집을 이루고 있다.

재난·사고 유형 간 상대적인 위험정도를 구분하여, 위험군을 도출하기 위하여 리스크-매트릭스 평면을 나누었다. Cho and Heo (2017)와 같이 요소별 평균값을 기준으로(Table 5), 리스크-매트릭스를 아래와 같이 4개의 영역으로 분리하였다(Fig. 2(a) 참조). 매트릭스의 오른쪽 상단에서 전체 유형 중 상대적으로 발생가능성이 높고, 많은 피해가 발생하는 유형이 나타난다.

Table 3. Occurrence Ratio of Overall Disaster and Accident (Likelihood)

Sector	No.	Type	Occurrence number (cases)	Occurrence ratio
Natural disaster (9)	N3	Drought	631*	0.388547
	N8	Heat wave	244	0.150246
	N6	Algae	232	0.142857
	N1	Storm · Flood	221	0.136084
	N2	Landslide	152	0.093596
	N5	Yellow sand	92	0.056650
	N7	Heavy snow · Cold wave	45	0.027709
	N4	Earthquake	7	0.004310
	N9	Thunderstroke and etc.	-	
Sum				1.000000
Social disaster and safety accident (28)	S25	Vulnerable social groups	652,925	0.429906
	S4	Road traffic	221,639	0.145934
	S24	Pharmaceuticals · Medical device	214,335	0.141125
	S14	Infectious diseases	137,645	0.090630
	S21	Industrial	89,249	0.058764
	S26	Crime	61,641	0.040586
	S20	Consumer product	55,107	0.036284
	S1	Fire · Explosion	34,964	0.023021
	S27	Suicide	13,466**	0.008866
	S18	Climbing · Leisure	10,654	0.007015
	S17	Electrical · Gas	8,756	0.005765
	S3	Facility-related	7,440	0.004899
	S19	Water-related	5,408	0.003561
	S7	Maritime	1,883	0.001240
	S15	Contagious animal diseases	1,200	0.000790
	S22	Agriculture · Fisheries	691	0.000455
	S2	Wild fire	499	0.000329
	S23	Food poisoning	330	0.000217
	S12	Marine pollution	250	0.000165
	S10	Fine dust	204	0.000134
	S5	Railway	161	0.000106
	S11	Water pollution	139	0.000092
	S9	Chemical	96*	0.000063
	S16	Elevator	58	0.000038
	S8	Nuclear · Radiological	14	0.000009
	S6	Aviation	6	0.000004
	S13	National infra disruption	1	0.000001
	S28	Wartime · Terror	-	
Sum				1.000000

Note 1. ‘-’ non-collected of damage statistical data

2. Occurrence number: Annual Average of 2013-2017

* average value under 5 years, Drought: 1 year (2017) / Chemical: 4 years (2014-2017)

** using number of deaths

Table 4. Death and Property Loss of Overall Disaster and Accident (Consequence)

Sector	No.	Type	Human casualty - Death (people)	No.	Type	Property loss (one hundred million won)
Natural disaster (9)	<i>N7</i>	<i>Heavy snow • Cold wave</i>	<i>13</i>	<i>N1</i>	<i>Storm and Flood</i>	<i>1,376.17</i>
	N8	Heat wave	11	N2	Landslide	264.5
	N1	Storm • Flood	4	N4	Earthquake	192.08
	N2	Landslide	1	N7	Heavy snow • Cold wave	151.11
	N4	Earthquake	0	N3	Drought	-
	N3	Drought	-	N5	Yellow sand	-
	N5	Yellow sand	-	N6	Algae	-
	N6	Algae	-	N8	Heat wave	-
	N9	Thunderstroke and etc.	-	N9	Thunderstroke and etc.	-
Social disaster and safety accident (28)	<i>S27</i>	<i>Suicide</i>	<i>13,466</i>	<i>S1</i>	<i>Fire • Explosion</i>	<i>3,639.79</i>
	S25	Vulnerable social groups	12,149	S17	Electrical • Gas	773.25
	S4	Road traffic	4,590	S15	Contagious animal diseases	364.91
	S14	Infectious diseases	2,661	S2	Wild fire	267.33
	S21	Industrial	1,855	S6	Aviation	112.00
	S19	Water-related	619	S5	Railway	51.06
	S3	Facility-related	466	S3	Facility-related	3.79
	S1	Fire • Explosion	276	S19	Water-related	3.26
	S7	Maritime	186	S9	Chemical	2.58
	S18	Climbing • Leisure	179	S18	Climbing • Leisure	0.60
	S17	Electrical • Gas	73	S4	Road traffic	-
	S5	Railway	73	S7	Maritime	-
	S26	Crime	20	S8	Nuclear • Radiological	-
	S22	Agriculture • Fisheries	10	S10	Fine dust	-
	S16	Elevator	5	S11	Water pollution	-
	S2	Wild fire	5	S12	Marine pollution	-
	S6	Aviation	5	S13	National infra disruption	-
	S9	Chemical	5*	S14	Infectious diseases	-
	S13	National infra disruption	0	S16	Elevator	-
	S8	Nuclear • Radiological	-	S20	Consumer product	-
	S10	Fine dust	-	S21	Industrial	-
	S11	Water pollution	-	S22	Agriculture • Fisheries	-
	S12	Marine pollution	-	S23	Food poisoning	-
	S15	Contagious animal diseases	-	S24	Pharmaceuticals • Medical device	-
	S20	Consumer product	-	S25	Vulnerable social groups	-
	S23	Food poisoning	-	S26	Crime	-
	S24	Pharmaceuticals • Medical device	-	S27	Suicide	-
	S28	Wartime • Terror	-	S28	Wartime • Terror	-

Note 1. ‘-’ non-collected of damage statistical data

2. death and property loss: Annual Average of 2013-2017

* average value under 5 years, Chemical: 4 years (2014-2017)

3. death including missing.

(a) Natural Disaster

(b) Social Disaster and Accident

Fig. 2. Human Casualty Risk-Matrix on Overall Disaster and Accident

(a) Natural Disaster

(b) Social Disaster and Accident

Fig. 3. Property Loss Risk-Matrix on Overall Disaster and Accident

Table 5. Average Value of Overall Disaster and Accident by Factors

Factors	Likelihood	Consequence	
	Occurrence ratio	Death number (people)	Property loss (one hundred million won)
Natural disaster	0.125000	3	220
Social disaster and accident	0.035714	1,359	186

- High likelihood-High consequence, HH
: 상대적으로 발생가능성이 높고, 많은 피해가 발생하는 유형(매트릭스 오른쪽 상단)
- Low likelihood-High consequence, LH
: 발생가능성은 낮지만 피해가 많음
- High likelihood-Low consequence, HL
: 발생가능성이 높지만 피해가 적음
- Low likelihood-low consequence, LL
: 발생가능성이 낮고, 피해 결과가 적음

인명피해 리스크-매트릭스에서 발생비율 및 사망자수 모두 평균값 이상을 나타내어 HH에 속하는 유형은 Fig. 2(a) 자연재난 분야는 풍수해(N1)와 폭염(N8)으로 나타났

다. Fig. 2(b) 사회재난 및 안전사고에서 HH로 나타나는 위험성이 높은 유형은 안전취약계층(S25), 도로교통(S4), 감염병(S14), 사업장 산재(S21)이다. 분석요소 중 인명피해 1위인 자살(S27)은 연간 발생하는 사망자가 가장 많으나, 전체 대비 발생비율이 상대적으로 미미하여 LH 영역에서 나타났다.

재산피해 리스크-매트릭스 분석 결과, Fig. 3(a)자연재난 풍수해(N1)만이 고위험 유형으로 확인되었다. Fig 3(b) 사회재난 및 안전사고는 HH에 속하는 유형은 없는 것으로 나타났다. 그러나 LH에서 화재(S1)가 현저하게 두드러지며, 전기가스(S17), 가축전염병(S15), 산불(S2) 등이 그 아래에서 나타났다.

이러한 재난·사고 전체 피해현황에 대한 리스크-매트릭스 분석 결과를 Table 6에 정리하였다. HH에서 나타나는

풍수해, 폭염, 교통사고, 감염병, 산재, 안전취약계층 사고는 전체 재난·사고 고위험 피해유형으로 구분할 수 있다. 특히 자연재난의 풍수해는 인명피해와 재산피해 매트릭스에서 중복적으로 HH를 나타내는 유형으로 향후 재난안전예산 투자를 통한 집중적인 안전관리가 필요하다고 판단된다.

3.3.2 대형재난

대형재난의 발생 현황과 피해규모에 대한 상대적인 위험 정도를 정량화하기 위하여 앞서 재난·사고 전체 리스크-매트릭스 분석과 마찬가지로 x축은 발생비율, y축은 각각 인명피해와 재산피해를 나타내는 리스크-매트릭스를 분석하였다(단, 대형재난의 경우 자연재난과 사회재난을 통합하여 분석 수행).

이를 위해 최근 5년간 대형재난의 발생건수를 Table 7에 정리하여 발생비율을 산출하였다. 연평균 발생건수가 가장 많은 유형은 화재·폭발(3.2건)로, 발생비율은 0.246154으로 가장 높게 나타났다. 또한 자연재난 풍수해(1.0건) 및 사회재

난 선박 재난·사고(1.8건), 가축 및 수산생물 전염병(1.6건), 산불(1.2건), 철도교통 재난·사고(1.0건) 등은 최근 5년 동안 연간 1건 이상 발생하는 것으로 확인된다. 이와 같은 유형들은 발생비율 0.076923 이상을 나타내고 있다.

Table 8과 같이 대형재난 발생에 따른 결과인 사망자 및 재산피해의 연평균 값을 계산하였다. 사망자수가 가장 많은 유형은 사회재난 선박 재난사고이며, 재산피해가 가장 많은 유형은 자연재난의 풍수해로 나타났다.

이를 바탕으로 Figs. 4, 5와 같이 대형재난 인명피해 및 재산피해 리스크-매트릭스를 표현하였다.

여기서 위험군을 선정하고자 리스크-매트릭스를 Table 9 대형재난 발생비율과 사망자, 재산피해 요소별 평균값에 따라 4개의 그룹으로 분류하였다.

Fig 4 대형재난 인명피해 리스크-매트릭스에서 화재·폭발(S1)과 선박 재난·사고(S7) 두 가지 유형이 가장 두드러지게 나타난다. 화재·폭발과 선박 재난·사고는 대형재난 발생비율이 높으면서, 발생 시 사망자가 많은 위험군으로 확인된다.

Table 6. Results of Risk-Matrix Analysis on Overall Disaster and Accident

Risk level	Characteristic	Natural disaster		Social disaster and safety accident	
		Human casualty	Property loss	Human casualty	Property loss
HH	High likelihood-High consequence	Storm · Flood(N1) Heat wave(N8)	Storm · Flood(N1)	Road traffic(S4) Infectious diseases(S14) Industrial(S21) Vulnerable groups(S25)	-
LH	Low likelihood-High consequence	Heavy snow · Cold wave(N7)	Landslide(N2)	Suicide(S27)	Fire · Explosion(S1) Wild fire(S2) Animal diseases(S15) Electrical · Gas(S17)
HL	High likelihood-Low consequence	Landslide(N2) Algae(N6)	Drought(N3) Algae(N6) Heat wave(N8)	Consumer product(S20) Pharmaceuticals(S24) Crime(S26)	Road traffic(S4) Infectious diseases(S14) Industrial(S21) Pharmaceuticals(S24) Vulnerable groups(S25)
LL	Low likelihood-High consequence	Drought(N3) Earthquake(N4) Yellow sand(N5) Etc.(N9)	Earthquake(N4) Yellow sand(N5) Heavy snow · Cold wave(N7) Etc.(N9)	Fire · Explosion(S1) Wild fire(S2) Facility-related(S3) Railway(S5) Aviation(S6) Maritime(S7) Nuclear · Radiological(S8) Chemical(S9) Fine dust(S10) Water pollution(S11) Marine pollution(S12) Infra disruption(S13) Animal diseases(S15) Elevator(S16) Electrical · Gas(S17) Climbing · Leisure(S18) Water-related(S19) Agriculture · Fisheries(S22) Food poisoning(S23) Wartime · Terror(S28)	Facility-related(S3) Railway(S5) Aviation(S6) Maritime(S7) Nuclear · Radiological(S8) Chemical(S9) Fine dust(S10) Water pollution(S11) Marine pollution(S12) Infra disruption(S13) Elevator(S16) Climbing · Leisure(S18) Water-related(S19) Consumer product(S20) Agriculture · Fisheries(S22) Food poisoning(S23) Crime(S26) Suicide(S27) Wartime · Terror(S28)

Table 7. Occurrence Number and ratio of Large-Scale Disaster (Likelihood)

Sector	No.	Type	Occurrence number (cases)		Occurrence ratio
			5 years (2013-2017)	Annual average	
Natural disaster (2)	N1	Storm · Flood	5	1.0	0.076923
	N4	Earthquake	2	0.4	0.030769
Social disaster (11)	S1	<i>Fire · Explosion</i>	16	3.2	0.246154
	S7	Maritime	9	1.8	0.138462
	S5	Animal diseases	8	1.6	0.123077
	S2	Wild fire	6	1.2	0.092308
	S5	Railway	5	1.0	0.076923
	S21	Industrial	4	0.8	0.061538
	S12	Marine pollution	3	0.6	0.046154
	S13	National infra disruption	3	0.6	0.046154
	S3	Facility-related	2	0.4	0.030769
	S14	Infectious diseases	1	0.2	0.015385
	S9	Chemical	1	0.2	0.015385
Sum					1.000000

Source: Authors revised based on MOIS (2018a, 2018b) and NDMI (2018b)

Table 8. Damage of Large-Scale Disaster (Consequence)

Sector	No.	Type	Human casualty (people)						Property loss (one hundred million won)	
			5 years (2013-2017)			Annual average			5 years (2013-2017)	Annual average
			Death	Injury	Total	Death	Injury	Total		
Natural disaster (2)	N1	<i>Storm · Flood</i>	17	3	20	3	1	4	5,834.97	1,166.99
	N4	Earthquake	-	15	15	-	3	3	960.42	192.08
Social disaster (11)	S7	<i>Maritime</i>	423	187	610	85	37	122	7.9	1.58
	S1	Fire · Explosion	78	319	397	16	64	79	2,107.68	421.54
	S14	Infectious diseases	38	-	38	8	-	8	-	-
	S21	Industrial	18	38	56	4	8	11	0.65	0.13
	S3	Facility-related	10	107	117	2	21	23	5.78	1.16
	S5	Railway	4	496	500	1	99	100	226	45.2
	S2	Wild fire	3	36	39	1	7	8	237	47.4
	S5	Animal diseases	-	-	-	-	-	-	1,824.54	364.91
	S9	Chemical	-	-	-	-	-	-	50	10
	S12	Marine pollution	-	-	-	-	-	-	7.83	1.57
	S13	National infra disruption	-	-	-	-	-	-	-	-

Note. Death: including Missing

Source: Authors revised based on MOIS (2018a, 2018b) and NDMI (2018b)

Fig. 4. Human Casualty Risk-Matrix on Large-Scale Disaster **Fig. 5.** Property Loss Risk-Matrix on Large-Scale Disaster

Table 9. Average Value of Large-Scale Disasters by Factors

Factors	Likelihood	Consequence	
	Occurrence ratio	Death number (people)	Property loss (one hundred million won)
Value	0.076923	9	173

Table 10. Results of Risk-Matrix Analysis on Large-Scale Disaster

Risk level	Characteristic	Natural disaster		Social disaster and safety accident	
		Human casualty	Property loss	Human casualty	Property loss
HH	High likelihood-High consequence	-	Storm · Flood(N1)	Fire · Explosion(S1) Maritime(S7)	Fire · Explosion(S1) Animal diseases(S15)
LH	Low likelihood-High consequence	-	Earthquake(N4)	-	-
HL	High likelihood-Low consequence	Storm and Flood(N1)	-	Wild fire(S2) Railway(S5) Animal diseases(S15)	Wild fire(S2) Railway(S5) Maritime(S7)
LL	Low likelihood-High consequence	Earthquake(N4)	-	Facility-related(S3) Chemical(S9) Marine pollution(S12) Infra disruption(S13) Infectious diseases(S14) Industrial(S21)	Facility-related(S3) Chemical(S9) Marine pollution(S12) Infra disruption(S13) Infectious diseases(S14) Industrial(S21)

Fig. 5와 같이 자연재난에서 풍수해(N1)가 대형재난으로 인한 재산피해 위험성이 높은 것으로 나타났다. 사회재난에서는 화재 · 폭발(S1)과 가축 및 수산생물 전염병(S15)이 HH 영역에 포함된다.

이러한 개별 재난유형의 위험단계는 Table 10에서 확인할 수 있다. 풍수해, 화재 · 폭발, 선박 재난 · 사고, 가축 및 수산생물 전염병은 대형재난 위험 유형으로 구분된다. 특히 사회재난 중 화재 · 폭발은 대형재난의 발생가능성이 높으며, 인명피해 및 재산피해 두 가지 위험이 모두 높은 유형으로 나타났다. 분석결과, 고위험군으로 선정된 유형은 향후 재난 안전사업 편성 및 재난안전예산 투자를 통해 인명 · 재산피해 재발 방지 노력을 기울여야 한다.

3.4 고위험 피해유형 선정 및 투자방향 도출

Table 11과 같이 재난 · 사고 전체와 대형재난에 대한 인명 및 재산피해 리스크-매트릭스 분석 결과를 종합하여, 고위험 피해유형을 선정하고자 하였다.

각 리스크-매트릭스에서 HH로 나타내는 유형을 고위험군으로 구분하였다. 고위험군은 발생비율과 사망자수, 재산피해의 요소별 평균값 이상을 나타내는 상대적으로 위험성이 높은 분야로, 풍수해, 폭염, 화재 · 폭발, 선박 재난 · 사고, 가축수산생물 전염병, 감염병, 사업장 산재, 도로교통재난 · 사고, 안전취약계층 사고 등 9개 유형으로 확인된다.

이 중 풍수해와 화재 · 폭발은 2개 이상의 매트릭스에서 HH를 중첩적으로 나타내어 초고위험 피해유형으로 분류하였다. 이 두 초고위험 피해유형은 전통적인 재난으로, 리스크-매트릭스에서도 높은 위험성을 나타내고 있다. 풍수해는 대형재난 인명피해를 제외하고 모든 매트릭스에서 HH를 나타내는 유형이다(재난 · 사고 전체 인명피해와 재산피해, 대형재난 재산피해 리스크-매트릭스, 3개 분야). 또한 화재 · 폭발은 대형재난 인명피해 및 재산피해, 2개 분야 매트릭스에서 모두 HH를 나타낸다.

위와 같이 리스크-매트릭스에 기반한 피해현황 분석 결과를 고려하여, ‘인명피해 예방’, ‘재산피해 저감’, ‘대형재난 집중 대비’ 등 유형별 피해저감 정책목표 및 재난안전관리 방향성을 결정할 수 있다. 이에 대한 구체적인 투자방향은 Fig. 6과 같이 수립한다. ① 재난 · 사고 발생동향 분석, ② 향후 위험 발생요인 파악, ③ 투자현황, 주요정책 · 사업 등 저감요인 검토, ④ 안전여건 진단 및 투자수요 발굴을 통한 관련 재난안전사업 확인 · 제안, ⑤ 투자방향 도출(MOIS, 2019).

가장 위험한 초고위험 유형으로 나타나는 풍수해의 경우, Table 12와 같이 태풍, 호우 등 풍수해로 인한 인명 및 재산피해를 줄이기 위하여 전 분야에 걸친 대비가 필요하다고 판단된다. 특히 기후변화에 의한 국지성 집중호우가 증가하는 추세에 있으며, 여름뿐만 아니라 예상치 못한 가을 태풍으

Table 11. Summary on Results of Risk-Matrix Analysis by Disasters and Accidents

Sector	Type	Risk-matrix				Remarks (high-risk types)
		Overall disaster and accident		Large-scale disaster		
		Human casualty	Property loss	Human casualty	Property loss	
Natural disaster (9)	Storm • Flood(N1)	HH	HH	HL	HH	very high-risk
	Heat wave(N8)	HH	HL	-	-	high-risk
	Earthquake(N4)	LL	LL	LL	LH	
	Heavy snow • Cold wave(N7)	LH	LL	-	-	
	Landslide(N2)	HL	LH	-	-	
	Algae(N6)	HL	HL	-	-	
	Drought(N3)	LL	HL	-	-	
	Yellow sand(N5)	LL	LL	-	-	
	Etc.(N9)	LL	LL	-	-	
Social disaster and safety accident (28)	Fire • Explosion(S1)	LL	LH	HH	HH	very high-risk
	Maritime(S7)	LL	LL	HH	HL	high-risk
	Animal diseases(S15)	LL	LH	HL	HH	
	Infectious diseases(S14)	HH	HL	LL	LL	
	Industrial(S21)	HH	HL	LL	LL	
	Road traffic(S4)	HH	HL	-	-	
	Vulnerable groups(S25)	HH	HL	-	-	
	Suicide(S27)	LH	LL	-	-	
	Electrical • Gas(S17)	LL	LH	-	-	
	Wild fire(S2)	LL	LH	HL	HL	
	Railway(S5)	LL	LL	HL	HL	
	Marine pollution(S12)	LL	LL	LL	LL	
	Facility-related(S3)	LL	LL	LL	LL	
	Pharmaceuticals • Medical(S24)	HL	HL	-	-	
	Consumer product(S20)	HL	LL	-	-	
	Crime(S26)	HL	LL	-	-	
	Aviation(S6)	LL	LL	-	-	
	Nuclear • Radiological(S8)	LL	LL	-	-	
	Chemical(S9)	LL	LL	-	-	
	Fine dust(S10)	LL	LL	-	-	
	Water pollution(S11)	LL	LL	-	-	
	National infra disruption(S13)	LL	LL	-	-	
	Elevator(S16)	LL	LL	-	-	
	Climbing • Leisure(S18)	LL	LL	-	-	
	Water-related(S19)	LL	LL	-	-	
	Agriculture • Fisheries(S22)	LL	LL	-	-	
	Food poisoning(S23)	LL	LL	-	-	
	Wartime • Terror(S28)	LL	LL	-	-

Source: MOIS (2019)

Fig. 6. Process to Establish Investment Directions of Disasters and Safety Management Budget

Table 12. Investment Direction of Disasters and Safety Management Budget by major Disaster and Accident types

Risk level	Type	Target for damage reduction				Investment direction
		Overall disaster・accident		Large-scale disaster		
		Human casualty	Property loss	Human casualty	Property loss	
very high-risk	Storm and Flood	○	○		○	Safety and disaster total management in all fields on damage reduction caused by storm and flood
	Fire・Explosion			○	○	Disaster management on large-scale damage reduction, both human casualty and property loss
high-risk	Maritime			○		Disaster management focused on human damage
	Animal diseases				○	Disaster management focused on property damage
	Heat wave Infectious diseases Industrial Road traffic Vulnerable groups	○				Damage reduction of human casualty for individuals

로 인한 각종 피해가 우려된다. 따라서 이상기후 대비 각종 방재기준 강화 및 정비 사업을 추진하여야 한다.

사회재난 중 화재·폭발, 선박 재난·사고, 가축수산생물 전염병 등 3가지 유형은 1건의 사건으로 인한 대규모 인명 및 재산피해를 야기하는 대형재난 저감을 위한 투자방향 수립이 필요하다. 초고위험 유형으로 분석된 화재·폭발은 재난·사고 발생 시 다수의 인명피해 뿐만 아니라 대규모 재산피해를 동반하는 것으로 확인된다. 선박 재난·사고는 인명피해 중심의 재난관리 사업이 우선적으로 필요한 반면, 가축전염병은 재산피해 대비 관련 재난안전사업을 마련해야 한다.

또한 여러 가지 다양한 유형이 포함되어 있는 사회재난 및 안전사고에서 감염병, 산재, 도로교통, 안전취약계층 사고는 개개인의 인명사고 예방 중심의 대책이 필요하다 판단된다.

본 연구는 재난·사고 발생과 피해에 대한 특징 고찰을 위하여 다양한 측면의 리스크-매트릭스 분석을 진행하였다. 각종 재난·사고와 대형재난의 발생 현황과 피해규모를 파악하고, 그 특징을 비교하여 고위험 유형을 도출할 수 있었다. 분석결과, 고위험 피해유형은 재난안전예산 투자우선순위에서 핵심 투자분야로 구분하여 집중적인 투자가 이루어져야 한다. 또한 피해현황 및 추이, 위험요인 등을 파악하여 피해저감을 위한 재난안전사업을 필수적으로 마련해야 한다. 특히 해당 유형의 피해저감 관련 사업 없는 경우에는 신규 사업을 발굴·제안하여 투자방향 설정이 이루어져야 한다. 이때 유형별 피해발생 특징에 따른 차별화된 세부 투자전략과 구체적인 안전관리 방안 수립이 필요하다.

4. 결 론

본 연구에서는 재난·사고 유형별 리스크-매트릭스 분석

을 통하여 재난안전예산 투자전략 수립과 관련하여 집중 관리가 필요한 고위험 피해유형을 도출하고자 하였다.

최근 5년간(2013-2017) 37종 재난 및 안전사고 유형별 피해 통계자료(발생건수, 사망자수, 재산피해)를 활용하고, ① 재난·사고 전체, ② 대형재난의 두 가지 측면에 대하여 리스크-매트릭스 분석을 수행하였다. 이때 (i) 인명피해 리스크-매트릭스 (ii) 재산피해 리스크-매트릭스를 각각 분석하였다. 리스크-매트릭스에서 4개의 그룹(HH, HL, LH, LL)로 분류하여 개별유형에 대한 위험수준을 추정하였다.

풍수해와 화재·폭발은 2개 이상의 여러 가지 리스크-매트릭스에서 중복적으로 위험군으로 분석되어, 재난 및 안전 사고 유형간 가장 높은 위험성을 나타내는 피해유형으로 나타났다. 또한 폭염, 선박 재난·사고, 가축수산생물 전염병, 감염병, 사업장 산재, 도로교통 재난사고는 1개 이상의 분야에서 위험군으로 확인되었다.

위와 같은 풍수해, 화재·폭발 등 고위험 피해유형은 유형별 안전관리 방안을 마련하고, 세부 재난안전예산 투자방향을 설정해야 한다. 이에 따라 관련 소관부처의 재난안전사업 지속적인 운용 및 추가적인 신규 사업 발굴이 필요하다고 판단된다.

이번 연구는 다양한 재난·사고 유형간 상대적인 위험도를 측정하기 위해서, 발생가능성으로는 재난·사고 발생비율과 연간 피해 합계값을 활용하였다. 그러나 해마다 발생하는 재난의 종류와 빈도가 다르며 그에 따라 나타나는 결과(인명 및 재산피해)가 달라지므로, 추가적인 연구를 통해 재난·사고의 발생빈도를 추정하여 리스크 분석을 수행해야 한다.

또한 본 연구는 피해 통계자료에 의하여 단일재난에 대한 리스크 분석만을 수행하였으나, 재난의 다양화·복잡화에 따라 향후 발생 가능한 신종재난 및 복합재난을 고려해야 한다.

본 연구는 리스크-매트릭스라는 분석 틀을 활용하여, 발생 현황 및 피해규모를 정량화하고 재난·사고 유형간 위험수준을 측정하였다는 점에서 의의를 가진다. 또한 과거 피해 통계자료에 근거하여 보다 객관적으로 다양한 재난·사고 중 고위험 유형을 도출하였다. 이번 연구결과는 재난안전예산 사전협의제와 관련하여 중점투자 피해유형 선정과 재난안전사업 운용을 위한 의사결정 기초자료로 활용 할 수 있다.

References

- Abul-Haggag, O.Y., and Barakat, W. (2013). Application of fuzzy logic for risk assessment using risk matrix. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 3, No. 1, pp. 49-54.
- Cho, H.U., and Choi, S.Y. (2018a). Risk ranking among types of disaster and safety accidents based on euclidean distance using damage statistical data. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 18, No. 6, pp. 133-147.
- Cho, S.J. (2018). A study of risk analysis for human casualty of social disasters based on F-N curve. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 18, No. 2, pp. 93-103.
- Cho, S.J., and Choi, S.Y. (2018b). Top priority accident types in disaster and safety budgets based risk analysis using statistical data. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 18, No. 4, pp. 135-146.
- Cho, S.J., and Heo, B.Y. (2017). A study on investment direction based on risk-matrix analysis of social disasters. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 17, No. 6, pp. 135-143.
- Cho, S.J., Kim, D.J., and Choi, K.S. (2013). Hazardous and noxious substances (HNS) risk assessment and accident prevention measures on domestic marine transportation. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 19, No. 2, pp. 145-154.
- Haines, Y.Y., Kaplan, S., and Lambert, J.H. (2002). Risk filtering, ranking, and management framework using hierarchical holographic modeling. *Risk Analysis*, Vol. 22, No. 2, pp. 383-397.
- ISO. (2009). *ISO Guide 73: Risk Management — Vocabulary*. Jointly with the relevant central administrative agencies. (2018). *Brief report on 2019 implementation plans for national safety management*.
- Korea Institute of Public Administration (KIPA). (2015). *A study on the improvement of budget allocated to disaster safety management*.
- Korea Institute of Public Administration (KIPA). (2016). *Study on establishment of disaster safety budget and evaluation system*.
- Korea Institute of Public Administration (KIPA). (2017). *Study on improving allocative efficiency on budget review for disaster and safety management programs*.
- Ministry of Public Safety and Security (MPSS). (2016). *2017 Guideline to formulation of implementation plans for national safety management*.
- Ministry of Public Safety and Security (MPSS). (2017). *2018 Prior consultation for disaster and safety management budget* (June 30, 2017, Press release).
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2018a). *2017 Disaster yearbook - Social disaster*.
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2018b). *2017 Statistical yearbook of natural disaster*.
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2018c). *2018 Evaluation of Disaster and Safety Management Projects* (May 21, 2018, Press release).
- Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2019). *2020 Intensive investment direction of disaster and safety management budget*.
- National Assembly Budget Office (NABO). (2017). *Disaster safety budget and management*.
- National Disaster Management Research Institute (NDMI). (2014). *Construction of fundamental technology for disaster risk assessment and response (I): Disaster risk assessment system for Korea*.
- National Disaster Management Research Institute (NDMI). (2018a). *2018 Risk register*.
- National Disaster Management Research Institute (NDMI). (2018b). *2020 Priority types for investment of disaster and safety management budget*.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2016). *National risk assessments: A cross country perspective*. 6th High Level Risk Forum.
- United Nations Development Programme (UNDP). (2010). *Evaluation of UNDP contribution to disaster prevention and recovery*.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). (2009). *Terminology in disaster risk deduction*.

Received	March 28, 2019
Revised	April 1, 2019
Accepted	October 8, 2019