

재난안전관리 과학기술 네트워크: 전문가 수요조사를 중심으로

Science and Technology Networks for Disaster and Safety Management: Based on Expert Survey Data

허정은*, 양창훈**
한국연구재단*, 가톨릭관동대학교 공공행정학과**

Jungeun Heo(prettyheo@nrf.re.kr)*, Chang Hoon Yang(cy8064@cku.ac.kr)**

요약

최근 국가적 재난사고의 발생으로 인해 재난안전문제의 근원적 해결을 위한 과학기술의 활용과 역할에 대한 연구 관심이 증대되고 있다. 이에 재난 유형이나 재난안전 관리 단계별로 국민의 안전기본권 확보, 효과적 대응을 위한 기술개발 분야 발굴, 관련 R&D 투자의 효율적 방향 모색 등의 필요성도 크게 대두되고 있다. 본 연구에서는 네트워크 분석을 기반으로 과학기술을 통해 우선적으로 해결이 필요한 재난 유형 및 재난안전 관리 단계는 무엇인지 그리고 재난안전문제 해결을 위해서는 어떤 기술개발이 필요한지를 분석하였다. 전문가 수요조사에 대한 네트워크 분석 결과, 사회재난인 화재와 자연재난인 지진에 대한 우리 사회의 불안감이 가장 큰 것으로 나타났으며, 대부분의 재난 유형에 공통적으로 요구되거나 재난 상황에 따라 응용 가능성이 높은 기술개발 분야는 인공지능과 빅데이터 분석인 것으로 조사되었다. 본 연구는 재난안전과 기술 분야 간 연결망 구조를 구축한 후 그 연계 속성이 갖는 구조적 특성을 탐색하고, 나아가 재난안전 과학기술의 역할 강화를 위한 함의를 제시하였다.

■ 중심어 : | 재난안전 | 과학기술 | 네트워크 분석 | 2-mode 네트워크 | 플랫폼 기술개발 |

Abstract

Recently, due to the rising incidence of disasters in the nation, there has been a growing interest in the relevance and role of science and technology in solving disaster and safety related issues. In addition, the necessities of securing the human rights of all citizens in disaster risk reduction, identifying fields of technology development for effective disaster response, and improving the efficiency of R&D investment for disaster and safety are becoming more important as the different types of disasters and stages of disaster and safety management process have been considered. In this study, we analyzed bipartite or two-mode networks constructed from an expert survey dataset of technology development for disaster and safety management. The results reveal that earthquake and fire are the two disasters affecting an individual and society at large and demonstrate that AI and big data analytics are effective supports in managing disaster and safety. We believe that such a network analytic approach can be used to explore some important implications exist for the national science and technology effort and successful disaster and safety management practices in Korea.

■ keyword : | Disaster and Safety | Science and Technology | Network Analysis | Two-mode Networks | Platform Technology Development |

I. 서론

최근 포항·경주 지진 등 대규모 자연재해, 구제역, 중동호흡기증후군(MERS)과 같은 신종 감염병, 대형화재·시설물붕괴·폭발 등 재난유형 및 양상이 복잡·다양화되고, 그에 따른 사회·경제적 파급효과도 점차 확대되고 있다. 이처럼 급증하는 각종 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위해 재난 및 안전 분야의 중요성이 강조되고 있으나, 복잡·대형화되어 가는 재난안전의 위험을 사전에 감지하고, 재난 발생과 피해를 예측하며, 재난 상황에 최적으로 대응할 수 있는 과학기술 역량은 아직 주요 선진국에 비해 취약한 실정이다.

일례로, 각종 재난에 종합적으로 대처할 수 있는 과학기술의 역할 증대로 재난안전 예산의 지속적 확대가 필요함에도 그 규모는 매년 감소하는 추세이며('15년 14.7조, '16년 14.6조, '17년 14.3조), GDP 대비로는 1.28%('15년)에 불과해 OECD 평균 1.67%보다 낮은 수준이다[1]. 재난안전 R&D 투자규모('17년 7,816억원) 역시 정부 R&D(19.5조)의 4% 수준으로 재난 대응 현장 맞춤형 기술개발이나 재난환경 변화에 따른 융합기술개발도 미흡한 실정이다[2]. 또한 재난관리 능력은 OECD 34개 회원국 중 각각 22위('16년)와 21위('17년) 등 하위 수준인 것으로 평가됐으며[3], 재난안전 기술수준은 선진국 대비 평균 4.2년 격차를 보이는 것으로 조사되었다[2]. 이는 재난안전 분야 투자의 효과에 대한 확신 부족으로 재난안전 R&D분야에 특화된 정책의 우선순위가 상대적으로 낮아진 데 기인한다[4][5].

이러한 문제인식 하에 정부는 최근 각종 사고나 위험으로부터 벗어나 안전하게 살 권리를 주요 인권으로 여기는 '제3차 국가인권정책기본계획'[6]을 수립하고, 국민이 자연 재해나 사회적 위험으로부터 보호 받을 권리인 '안전권'을 '모든 사람의 생명·신체를 보호하는 사회'를 이루기 위한 인권 항목으로 신설했다. 현행 헌법 제34조 제6항에서도 "국가는 재해를 예방하고 그 위험으로부터 국민을 보호하기 위하여 노력해야 한다"고 규정하고 있다. 이는 재난안전문제를 겪으면서 높아진 국민들의 경각심을 반영하고 안전할 권리를 보장함으로써 국가의 구체적인 책임을 강화하기 위한 노력의 일환

이라고 볼 수 있다. 특히 재난과 같은 국민생활 문제의 과학기술적 해결 노력을 강화하기 위해 2015년 '재난과학기술 개발 10개년 로드맵'[7]을 수립하고 2016년부터 재난안전 분야 R&D 특화를 위해 '재난안전플랫폼 기술개발사업'을 추진하고 있다. 재난안전플랫폼 기술개발사업은 현장 수요에 신속하고 효과적으로 대응하기 위해 각종 재난안전 분야 기술에 공통적으로 필요하거나, 개별부처·재난상황에 맞게 응용이 가능한 기술 및 서비스를 개발하는데 목적이 있다. 이러한 맥락에서 다양한 재난 상황에 활용가능한 플랫폼 기술 발굴을 추진하였지만 대부분 선행연구 수준으로 재난·재해 연구가 진행되어 기술·단계 간 융·복합에 초점을 맞춘 기술을 개발하는 데 한계가 있었으며, 현장 적용 능력도 높지 않았다. 이는 사업시행 초기에 국민, 부처·지자체의 의견을 반영한 개방형 기획이 추진되기 보다는 연구자 중심의 기획을 기반으로 기술개발 개념이 확립되었고, 개발 플랫폼 활용성 증대를 위한 연구단 간 교류나 수요부처 기관들의 협력이 미흡했기 때문이다[8].

이에 본 연구는 '재난안전플랫폼기술개발사업 전문가 수요조사'에서 나타난 재난안전 현안과 해결방안을 대상으로 재난 유형과 기술개발 분야 간 상호 연계적 속성을 부여하고, 과학기술을 통해 우선적으로 해결이 필요한 재난 유형 및 재난안전 관리 단계는 무엇인지 그리고 이러한 재난안전문제 해결을 위해 어떤 기술개발이 필요한지를 분석하였다. 이를 위해 본 연구는 네트워크 분석기법을 활용하여 재난유형 및 재난안전 관리 단계와 기술 분야 간 연결망 구조를 구축한 후 그 연계 속성이 갖는 구조적 특성을 탐색하고, 나아가 재난안전 과학기술의 역할 강화를 위한 함의를 찾고자 하였다.

II. 이론적 논의

1. 재난안전 과학기술 관련 선행연구

최근 국가적 재난사고의 발생으로 인해 재난안전문제의 근원적 해결을 위한 과학기술의 활용과 역할에 대한 관심이 증대되고 있다. 그러나 많은 기존 연구들은 재난 유형이나 재난안전 관리 단계별로 국민의 안전기

본권을 확보하고 효과적인 대응을 위한 과학기술의 역할을 탐색하기 보다는 개별적 사례 차원에서 단일 기술이나 분야의 활용 방안을 설명적으로 기술하는데 초점을 맞추어 왔다. 일례로, 신동희·김용문[9]은 국내·외 재난관리 분야 빅데이터 활용 사례와 동 분야 빅데이터 활용 촉진을 위한 민간과 공공부문의 역할을 기술하였다. 강희조[10]는 재난 발생 후의 통신서비스 뿐만 아니라 방재영역에서도 활용 가능한 차세대 통합무선재난 통신시스템 구축을 위한 주요기술과 구축계획을 제시하고 있다.

일부 연구에서는 재난 유형별 또는 재난관리 단계별 효과적 대응을 위해 요구되는 과학기술의 역할을 탐색하는 시도를 하였다. 예를 들어, 김태훈·윤준희[11]는 대표적인 자연 및 사회재난을 선정하여 관련 재난에 따른 재난대응관리시스템 사례를 분석하고 효율적인 재난대응 및 관리를 위한 방안을 논의하고 있다. 재난경감 차원에서 센다이강령과 과학기술의 역할을 탐색한 최윤조 외[12]는 연구동향 분석을 통해 재난안전 관리 단계 중 예방의 비중이 가장 높게 나타나고 있으며, 재난 경감을 위한 과학기술 R&D, 특히 빅데이터나 위성 기술 등 차세대 방재기술의 개발과 활용이 중요하게 다루어지고 있음을 밝히고 있다. 재난·재해 분야 과학기술 R&D를 연구한 주해정·홍슬기[13]는 재난관련 국가 과학기술 계획 및 투자방안을 대상으로 키워드 분석을 통해 기술개발이라는 목표 달성보다 국민의 안전문제 해결을 위한 과학기술의 역할로 전환이 이루어져야 함을 강조하였다. 이들 연구는 실제적인 재난관리 사례나 관련 R&D 활동 및 계획에 근거하여 과학기술의 역할을 모색하고 있으나, 현장성을 고려한 수요자 중심에 기반을 둔 재난안전문제 해결을 위한 과학기술에 대해 심도 있는 진단은 아직 부족한 편이다.

2. 네트워크 분석을 활용한 재난안전 선행연구

네트워크 분석은 분석대상 개체 간의 관계로부터 발생하는 창발적 속성(emergent property)을 기반으로 한다. 분석대상 간 상호 연계되고 결합되는 동태적이고 유기적인 특성을 통해 형성되는 다양한 형태의 네트워크를 분석하여 지식, 정보 또는 자원의 흐름과 교환이

어떤 경로를 통해서 이루어지는지를 파악한다. 즉 특정 현상이나 상황에서 일어나는 지식, 정보 또는 자원 간 다양한 유형의 연계관계 구조는 네트워크의 특성을 나타내며, 이러한 관계를 형성하는 연계적 속성을 통해 현상이나 상황을 전체적이고 집합적인 관점에서 이해할 수 있다[14]. 이러한 점에서, 본 연구는 과학기술을 통해 해결이 필요한 재난의 유형과 기술 간 관계성을 설명변수와의 상관관계로 규명하기 보다는 재난 유형 간에 어떤 기술을 통해 문제를 해결할 수 있는지를 파악하는데 주목한다. 따라서 본 연구에서는 네트워크를 재난 유형과 기술개발 분야 간의 단순한 개별적 조합으로 보는 것이 아니라 재난안전문제를 과학기술적으로 해결하기 위하여 상호 연계되는 재난과 기술의 다양한 집합체로 이해한다.

이러한 방법론적 관점에서, 연계 유형에 대한 분석을 통해 재난관리 협력 네트워크를 구축하고자 하는 시도가 나타나고 있다. 일례로, 류상일·남궁승태[15]는 재난안전 관련 법제를 대상으로 네트워크 분석방법을 활용하여 주요 키워드 간 연계관계를 통해 중앙과 지방 자치단체 간 협력이 국가재난관리 시스템 구축에 중요한 요인임을 지적하였다. 류상일[16]과 이훈래[17]는 재난 관련 기관 간 연계 구조에 대한 네트워크 분석을 통해 협력네트워크 체계에 기반을 둔 거버넌스 구축 방법을 제시하고 있다. 또한 단일 사례에 대한 네트워크 연구방법을 적용함으로써 재난대응에 대한 시사점과 과제를 도출하려는 시도도 나타나고 있다. 예를 들어, 조선일·배정아[18]는 우면산 산사태 사례를 대상으로 언론자료에 대한 내용분석과 네트워크 분석을 통해 주요 쟁점과 행위자 간 네트워크 연계를 분석하고 도시재난 대응관리 네트워크에 대한 정책적 함의를 제시하고 있다. 차세영·임도빈[19]은 구미 불산 누출사고 사례를 대상으로 재난대응체계 모형을 분석틀로 설정한 후, 문헌자료를 중심으로 행위자 간 연계관계를 재난발생 이전과 이후로 구분하여 네트워크 분석을 실시함으로써 재난대응에 대한 실무적 함의를 제공하고 있다.

마지막으로, 소수의 연구에서는 재난관련 기술개발 수요를 도출하기 위한 시도도 이루어지고 있는데, 예를 들어 장덕희 외[20]는 2014년 4월 16일부터 5월 15일까

지 세월호 사고 관련 77,000건의 언론기사를 대상으로 네트워크 분석을 수행했다. 핵심 키워드 간 연계관계를 파악하여 재난대응 과정을 분석하고 대규모 인명사고의 피해축소를 위한 기술개발 이슈를 도출하고자 하였다.

그 밖에도 학술연구의 지적 연계구조에 주목한 이재윤·김수정[21]은 재난 관련 국내 논문에 대한 키워드 동시출현 네트워크 및 군집분석을 통해 재난 연구구조에 대한 새로운 이해 방법을 제시하고 있으며, 정보의 확산과정에 초점을 맞춘 홍주현[22]은 재난위기 발생 시 소셜 미디어의 역할에 대한 네트워크 분석을 통해 재난 이슈가 확산되는 경로의 구조적 특성을 밝히고자 하였다.

이처럼 기존의 연구들은 대부분 단일 사례나 문헌자료, 또는 특정 지역이나 기관들을 중심으로 재난 관련 연계구조의 개별적인 특성을 탐색하는 차별화된 시도를 하고 있다. 하지만 이로 인해 재난과 관련된 네트워크의 연계 속성과 그 구조적인 특성을 집합적이고 전체적인 관점에서 측정·분석하는데 한계도 나타나고 있다. 이에 본 연구에서는 선행연구들과 다음과 같은 차별성을 갖고자 한다. 첫째, 현재까지 현장 중심의 수요조사에 기반을 둔 재난 관련 네트워크 분석 논문이 없었다. 둘째, 선행연구 중에는 단일 사례를 통해 기술 활용 가능성을 기술하거나 재난 관련 문헌자료를 통해 과학기술 활동의 유형을 정량적으로 분석·해석하는데 집중되어 있어 정성적으로 어떤 의미를 갖는지를 탐색하는 시도가 미흡한 경우가 있었다.

따라서 본 연구는 전문가 수요조사 결과를 바탕으로 네트워크 분석을 통해 문제 해결의 우선순위가 높은 재난 유형과 적용 가능 기술개발 분야 간의 연계관계를 구조적으로 규명하고 그 의미를 분석함으로써 재난안전 과학기술 네트워크의 특성을 종합적으로 이해하고자 한다. 이는 향후 각종 재난에 종합적으로 대처할 수 있는 플랫폼 기술뿐만 아니라 재난 유형에 응용 가능한 기술개발 분야를 발굴하고 지원방향을 설정하기 위한 참고자료로 활용될 수 있을 것이라 본다.

III. 연구설계

1. 연구대상과 자료수집

본 연구는 네트워크 분석을 바탕으로 「재난안전플랫폼기술개발사업」¹⁾의 추진을 위한 과학기술적 이슈, 즉 우선적으로 해결이 필요한 재난안전 유형과 재난안전 관리 단계별 상황에 공통적으로 필요하거나 응용 가능한 기술개발 분야를 찾고자 한다. 이를 위해 본 연구는 재난안전 발생 유형 및 단계별 상황 그리고 관련 기술에 대한 산·학·연 전문가 대상 수요조사를 실시, 이에 대한 네트워크 분석을 수행하였다. 전문가 대상 수요조사는 2018년 1월 15일부터 2월 14일까지 한국연구재단 기획마루(plan.nrf.re.kr)를 통한 온라인 접수로 실시되었다.²⁾ 전문가를 대상으로 국가, 사회 및 산업계가 당면한 자연재난과 사회재난 분야에 대한 현안과 우선순위를 도출하고, 이를 과학기술적으로 해결할 수 있는 방안 등을 도출하기 위하여 본 연구는 계량정보학적 접근(scientometrics)을 통해 수집된 자료를 네트워크 데이터로 변환하여 관계적 속성을 구성하였다.

전문가 대상 수요조사를 통하여 307건의 자료를 수집했으며, 이를 통해 총 37개의 재난 유형³⁾과 재난관련 현안에 활용 가능한 총 497개의 기술개발 분야를 추출하였다. 이를 통해 재난 유형과 기술개발 분야 간 동시출현 행렬(co-occurrence matrix)을 작성하여 유기적인 연계구조와 그 관계적 속성을 파악하고자 하였다.

1) 플랫폼 기술개발에는 다양한 재난 상황에 공통적으로 활용될 수 있도록 공용화·표준화·모듈화 될 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어 기술이 포함된다.

2) 전문가 수요조사 참여 인원은 총 149개 기관의 274명이며, 이 중 69개 대학 및 부설기관, 28개 정부출연연구기관, 42개 민간기업, 10개 사단법인 학회 및 협회 등에서 전문가 참여가 이루어진 것으로 조사되었다. 또한 재난 유형별 그리고 재난감지·예측·대응별로 전문가의 중복 의견 제시가 가능하도록 하였다.

3) 본 연구에서 재난의 종류는 재난관리 및 안전관리기본법 제3조 제1호 가목 및 나목에 따라 자연재난과 사회재난으로 구분하며, 자연재난에는 태풍·호우, 낙뢰, 강풍·풍랑, 대설, 한파, 폭염, 황사, 지진, 해일, 화산폭발, 가뭄, 홍수, 미세먼지, 지진해일, 해수면상승, 그리고 사회재난에는 화재, 산불, 붕괴, 폭발, 교통사고, 전기·가스사고, 승강기안전사고, 어린이안전사고, 유·도선 사고, 수난사고, 식용수, 철도사고, 원전사고, 공동구재난, 대규모수질오염, 가축질병, 댐붕괴, 전력분야, 금융전산, 감염병 예방, 해양오염사고, 화학물질사고를 포함한다.

2. 분석방법

전문가 수요조사를 통해 도출된 재난 유형 및 관리단계 그리고 기술개발 분야 간 연계관계와 그 구조적 속성을 분석하기 위해서 본 연구는 다음의 두 가지 연구 문제를 제시하였다. 첫째, 재난안전 기술 네트워크에서 가장 우선적으로 해결이 필요한 재난 유형은 무엇이며, 이에 대해 기술개발이 필요한 분야는 무엇인가? 둘째, 재난안전 관리단계(예측·감지·대응)별 상황에서 활용 가능성이 높은 기술개발 분야는 무엇이며 어떤 구조적 속성을 지니는가?

제시된 연구 문제에 따라 재난안전 기술개발 분야에 대한 네트워크 분석을 수행하기 위해 수집된 자료들을 관계형 네트워크 데이터인 2-mode 행렬로 변환시켜 재난유형과 기술 분야 간에 유기적인 관계 속성을 부여하고 이를 연결망 구조로 구축하였다. 이는 재난 유형과 기술개발 분야 상호간에 어떤 유기적 관계를 형성할 수 있는지를 파악하고자 함이다. 즉 재난안전 기술의 연계 구조는 재난안전 현안과 현안별 적용 가능성 및 수요 대응성이 높은 기술개발 분야들 간에 형성된 구조적 특성을 나타낸다. 이는 재난안전 현안에 따른 재난의 종류와 재난관련 현안에 활용 가능한 기술개발 영역들을 연계시켜 연결망으로 구축해 보는 것이다. 즉 재난 유형과 관련 기술개발 분야 간 동시출현 빈도가 높아질수록 재난 맞춤형 플랫폼 기술 분야 발굴과 개발 투자를 위한 상호 밀접한 상관관계가 형성되어 있다고 볼 수 있다.

[표 1]의 a는 수집된 자료의 원시 데이터(raw data) 형태로 4건의 재난안전 현안(S1~S4)과 재난안전 관리단계(L1~L3) 및 해당 현안별 재난의 유형(D1~D3) 그리고 활용 가능한 기술개발 분야(T1~T5)를 나타낸 것이다. 동시출현 2-mode 네트워크의 경우 현안 S_m 은 재난 D_k 에 관련된 문제로 기술 T_i 와 T_j 를 활용하여 예측, 감지 또는 대응이 가능하다면 해당 재난과 기술 분야 간에 상호 연관관계가 형성된 것으로 보며, b에서와 같이 행과 열에 상호 연계의 수를 나타내는 동시출현 행렬을 구축할 수 있다. 일례로, 재난 D1에 관련된 현안 S1과 S3은 기술 T1과 T2(재난관리 L1, L3단계) 또는 T2와 T3(재난관리 L3단계)을 적용하여 해결이 가능하며, 기

술 T1을 활용하여 해결할 수 있는 재난의 종류는 D1, D2, D3인 것을 파악할 수 있다. 이와 같이 분석 기준에 따라 현안 또는 관리단계를 기준으로 삼아 재난과 기술 분야 간에 연계가 있으면 1로 그리고 연계가 없으면 0으로 표기하여 재난안전 기술 네트워크의 유기적인 연계구조와 그 속성을 분석할 수 있다.

표 1. 동시출현 2-mode 네트워크 데이터 구축의 예

a. 원시 데이터				b. 현안 기준 동시출현(2-mode) 행렬										
현안	관리 단계	재난 종류	기술 분야		D1	D2	D3	T1	T2	T3	T4	T5		
S1	L1 L3	D1	T1	D1	0	0	0	1	2	1	0	0		
			T2	D2	0	0	0	1	0	0	1	0		
S2	L2	D2 D3	T1	D3	0	0	0	1	1	0	2	1		
			T4	T1	1	1	1	0	0	0	0	0		
S3	L3	D1	T2	T2	2	0	1	0	0	0	0	0		
			T3	T3	1	0	0	0	0	0	0	0		
S4	L2	D3	T2	T4	0	1	2	0	0	0	0	0		
			T4	T5	0	0	1	0	0	0	0	0		

네트워크에서 상호 연계가 이루어지는 상대적인 위치는 계량적으로 분석될 수 있으며, 이러한 연계구조의 속성을 나타내는 개념이 중심성(centrality)이다. 중심성이란 전체 네트워크에서 분석대상, 즉 노드(nodes, 예: 재난 유형, 기술 분야) 간에 지속적인 상호 연결 관계(tie/link)가 형성되는 특정한 유형의 최단거리 경로(shortest-length path)와 빈도를 의미한다[23][24]. 즉 노드 간에 연계가 이루어질 수 있는 전체 경우의 수에서 실제적으로 특정 노드 간에 지속적인 연결 관계를 통해서 경로가 구축되며, 노드들은 다시 이러한 유형의 다양한 경로를 연계해 네트워크가 형성되는 구조적 특성을 보이게 된다.

대표적인 중심성 지표로는 연결, 매개, 근접 중심성이 있다. 연결(degree) 중심성은 재난안전 기술 네트워크에서 특정 재난 유형과 기술개발 분야가 직접적으로 연계되는 정도를 나타내며([25]: $\sum C_{ijk}$; C_{ijk} 는 노드 i 와 j 가 직접 연계된 표준화 중심성 지수, k 는 네트워크에서의 연계빈도), 상호 연계된 빈도가 높을수록 재난안전문제 해결에 있어서 중요성이 높다는 것을 의미한다. 둘째, 매개(betweenness) 중심성은 직접적으로 상호 연계될 수 없는 재난이나 기술들을 매개하는 정도를

나타내며([24][25]: $\sum(D_{ij} + D_{ji}) / \sum \sum(D_{ij})$: D_{ij} 는 노드 i 와 j 의 연계관계 수로 네트워크 내에서 직접적으로 연결되지 않는 노드 사이의 최단경로에 위치한 홉수의 총합), 매개성이 높을수록 다양한 기술 분야나 이질적인 재난 유형에 공통적으로 적용될 수 있다는 것을 의미한다. 셋째, 근접(closeness) 중심성이란 네트워크에서 상호 연계가 이루어질 수 있는 최단 경로의 거리(geodesic distance)를 나타내며([25][26]: $MinD_{ij}$: D_{ij} 는 노드 i 와 j 간에 형성된 연계관계 수로 네트워크 내에서 직·간접적으로 연계된 최단거리 합역의 역수), 직·간접적으로 연계되는 경로 거리가 짧을수록 재난 유형과 기술 분야 간 상호 의존성이 높다는 것을 의미한다.

마지막으로, 네트워크 구조의 특성을 나타내는 지표로는 평균 연결정도, 밀도, 평균 거리의 개념이 있다. 평균 연결정도(average degree)는 네트워크 내에서 노드가 평균적으로 다른 노드와 연계되는 정도를 나타내며, 밀도(density)는 네트워크를 구성하고 있는 전체 노드들이 상호 연계된 정도를 나타낸다. 밀도가 높다는 것은 노드 간 밀접한 연계관계를 통해 응집성이 높다는 것을 의미한다. 네트워크의 크기를 나타내는 평균 거리(average distance)는 네트워크 내 모든 노드가 연계되는 평균적인 최소 경로의 거리로써 두 노드가 평균적으로 최소 몇 단계를 걸쳐 연계가 가능한지를 나타낸다. 본 연구는 동시출현 2-mode 네트워크 분석을 위해 UCINET6을 활용하였으며, 그 결과는 Net-Draw프로그램을 통해 소시오그램(sociogram)으로 나타내었다.

IV. 분석결과

1. 재난안전 유형의 특성

전문가 수요조사 결과에서 도출된 재난안전 관련 현안(중복 포함)은 총 1,206건으로 나타났다. [표 2]에서 현안별 재난 유형을 분류해 보면, 화재와 관련된 재난이 115건(9.5%)으로 가장 많았으며, 지진이 109건(9.0%)로 나타났다. 이러한 결과는 제천 스포츠센터, 종료 여관, 밀양 세종병원 화재 등 2017~18년에 연속적으로 발생한 화재 사고 및 2016~18년에 발생한 경주·포

항 등 동남부 지진 등 각종 사회 및 자연 재난에 대한 우리 사회의 불안감을 반영한 것으로 해석된다. 상위 10개의 재난 중 사회재난이 8건 그리고 자연재난이 2건(지진, 태풍·호우)으로 나타나 사회재난 관련 현안 문제가 자연재난에 비해 심각하게 대두되고 있음을 확인할 수 있다. 재난안전 관리단계별 유형을 구분해 보면, 전체적으로 재난 대응에 관련된 현안이 2,427건으로 가장 많이 나타났으며, 과학기술적 문제해결이 가장 시급한 화재와 지진의 경우에도 재난 대응(화재: 93건, 지진: 82건) 현안에 초점이 맞춰져 있는 것으로 조사되었다.

표 2. 전문가 수요조사 재난 유형: 상위 10개

	재난 유형	개수	비율	재난안전 관리단계				비고
				감지	예측	대응	소계	
1	화재	115	9.5%	41	32	93	166	사회
2	지진	109	9.0%	32	38	82	152	자연
3	붕괴	58	4.8%	31	31	39	101	사회
4	폭발	51	4.2%	29	27	37	93	사회
5	원전사고	48	4.0%	28	22	36	86	사회
6	화학물질사고	46	3.8%	29	21	32	82	사회
7	태풍·호우	44	3.6%	23	23	37	83	자연
8	교통사고	43	3.6%	33	26	31	90	사회
9	전기·가스사고	37	3.1%	27	22	27	76	사회
10	감염병예방	36	3.0%	23	19	28	70	사회
	소 계	587	48.6%	296	261	442	999	
	전 체	1,206	100%	1,078	792	2,427	4,297	

* 재난 유형의 수 및 관리단계는 중복 계상됨

2. 재난안전 기술 네트워크 분석

1) 전체 네트워크 중심성 분석

재난안전 유형과 기술개발 분야 간 연계관계는 어떤 구조로 나타나는지를 네트워크 분석을 통해 탐색해 보았다. 여기서 네트워크 노드는 307건의 전문가 수요조사 자료를 통해 도출된 37개의 재난 종류와 재난관련 497개의 기술개발 분야를 나타내며, 연결 관계는 재난 유형에 따른 기술개발 영역과의 연계 빈도를 의미한다. [표 3]은 연결 중심성을 기준으로 상위 10개의 재난 유형과 기술개발 분야에 대한 연결, 매개, 근접 중심성의 측정 결과이다. 연결 중심성이 높은 재난 유형은 지진(0.375), 화재(0.339), 붕괴(0.227) 등인 것으로 나타났다. 연결 중심성이 높은 재난 유형은 플랫폼 기술개발을 통해 가장 우선적으로 해결해야할 재난이라고 볼 수 있으며, 타 재난에 비해 관련 문제들을 해결하기 위해서는

상대적으로 보다 다양한 기술들의 적용과 활용이 필요하다는 것을 의미한다. 매개 중심성의 경우, 지진(0.067)을 중심으로 다양한 기술 분야들이 상호 연계될 수 있는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 화재(0.056), 원전사고(0.035) 등의 순으로 분석되었다. 근접 중심성을 살펴보면, 대부분의 재난 유형들이 유사한 중심성값을 갖는 것으로 나타나 재난안전 기술 네트워크의 형태가 상호 밀접히 연계된 구조임을 유추할 수 있다. 이 중 지진(1.376)이 전체적인 네트워크에서 기술 분야와 연계되는 정도가 상대적으로 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 다음으로 화재(1.332), 붕괴(1.211) 등의 순으로 분석되었다.

재난안전 문제해결을 위해 필요한 기술개발 분야 중 연결 중심성이 높은 기술은 인공지능(0.066), 빅데이터 분석(0.060), 실시간 모니터링과 서비스(0.058) 등이 나타났다. 이는 상대적으로 보다 다양한 재난 상황에 공통적으로 활용 가능한 기술개발 분야임을 의미한다. 매개 중심성의 경우에도 인공지능(0.006)이 상호 이질적인 재난 유형에 공통적으로 개발·적용될 수 있는 기술 영역인 것으로 나타났으며, 그 다음으로 빅데이터 분석, 실시간 모니터링, 웨어러블, IoT 분야(0.004) 등의 순으로 나타나고 있다. 근접 중심성에 있어서도 인공지능(1.540)이 전체적인 네트워크에서 다양한 재난

유형들과 연계되는 정도가 상대적으로 가장 높은 기술 분야인 것으로 나타났으며, 그 다음으로 빅데이터 분석(1.505), 웨어러블(1.502), 실시간 모니터링(1.500) 등의 순으로 나타나고 있다.

표 3. 전체 네트워크 중심성 분석 결과: 상위 10개(연결 중심성 기준)

	재난 유형	연결 중심성	매개 중심성	근접 중심성
1	지진	0.375	0.067	1.376
2	화재	0.339	0.056	1.332
3	붕괴	0.227	0.023	1.211
4	원전사고	0.208	0.035	1.193
5	태풍·호우	0.208	0.016	1.193
6	폭발	0.200	0.015	1.186
7	교통사고	0.180	0.017	1.167
8	화학물질사고	0.174	0.015	1.162
9	전기·가스사고	0.165	0.011	1.154
10	홍수	0.150	0.006	1.140
	기술 분야	연결 중심성	매개 중심성	근접 중심성
1	인공지능	0.066	0.006	1.540
2	빅데이터분석	0.060	0.004	1.505
3	실시간모니터링	0.058	0.004	1.500
4	서비스	0.058	0.003	1.469
5	웨어러블	0.056	0.004	1.502
6	IoT	0.056	0.004	1.483
7	매뉴얼	0.054	0.003	1.491
7	정보전달	0.054	0.003	1.491
9	알고리즘	0.054	0.003	1.480
9	휴대용장비/장치	0.054	0.003	1.480

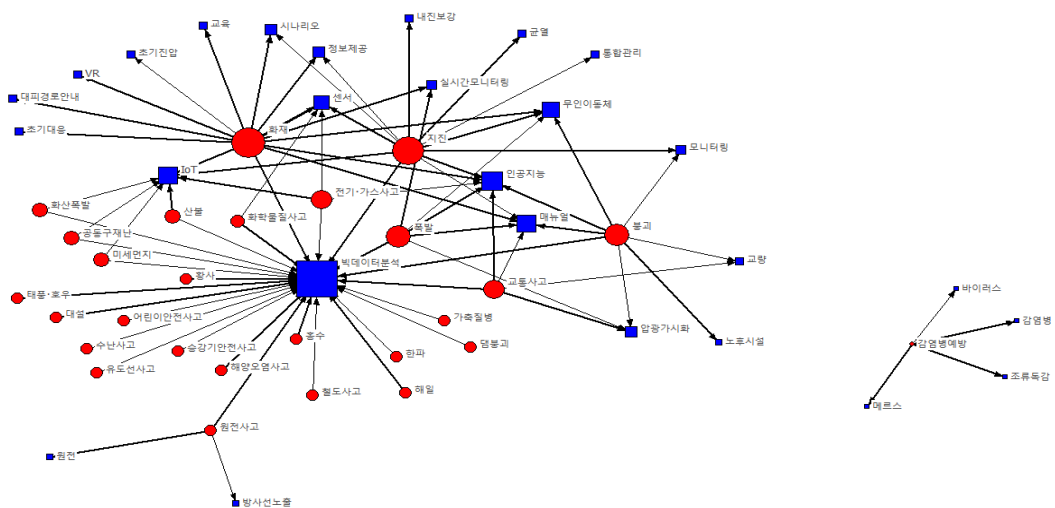


그림 1. 재난안전 유형과 플랫폼 기술개발 분야 간 네트워크 구조(tie)5

이러한 연계 구조의 특성은 [그림 1]에서 확인할 수 있는데, 연결 중심성이 높은 지진과 화재를 중심으로 대부분의 재난 유형들이 공통적으로 인공지능과 빅데이터 분석과 연계되어 네트워크 중심에 위치하고 있다. 특히 지진의 경우에는 문제해결을 위해 IoT 및 센서 등을 통한 실시간 모니터링과 내진보강의 기술개발이 필요한 것으로 나타났다. 화재와 관련해서는 IoT, 센서 뿐만 아니라 대피경로 등을 포함한 초기대응·진압을 위한 시스템 및 기술 개발이, 그리고 붕괴의 경우에는 무인인동체 및 압광가시화를 통한 노후 시설에 대한 모니터링 기술개발이 필요한 것으로 보인다. 또한 원전사고 관련 재난에 대해서는 빅데이터 분석뿐만 아니라 원전 및 방사선 노출 관련 기술개발의 필요성이 강조되고 있음을 알 수 있다. 예외적으로 사회재난인 감염병 예방의 경우에는 바이러스, 감염병, 조류독감, 메르스 등 반복적으로 발생할 수 있는 신종 감염병을 진단하고 조기에 대응할 수 있는 기술개발이 요구되고 있음을 확인할 수 있다.

2) 재난안전 관리단계별 네트워크 분석

재난안전 관리를 재난 감지, 예측, 대응 등 3단계로 나누어 재난안전 유형과 기술개발 영역에 대한 네트워크 분석을 수행하고, 그 연계구조의 특성을 살펴보았다. [표 4]는 재난안전 관리단계별 네트워크 속성을 분석한 결과이다. 전체적인 네트워크 중심성(network degree centralization)은 재난감지와 예측의 경우 0.24 그리고 재난대응은 0.42로 나타났다. 즉 재난감지와 예측 네트워크는 다양한 재난 유형과 기술개발 분야 간 연계가 상대적으로 고르게 분포되어 있는 구조이지만, 재난대응 네트워크에서는 특정 재난 유형(예: 지진, 화재)과 기술개발 분야(예: 인공지능, 서비스, 매뉴얼)를 중심으로 각각 연계가 집중되는 형태의 네트워크 구조임을 나타낸다. 이는 다른 지표값을 통해서 확인할 수 있는데, 재난감지 및 예측에 비하여 재난대응의 평균 연결정도(10.437)는 높은 반면 네트워크 연계밀도(0.028)와 평균 거리(2.964)는 낮게 나타났다. 즉 재난대응의 경우 중심성이 높은 재난 유형과 기술개발 분야에 연계가 집중되어 있어 상호 연계되는 거리는 상대적으로 짧지만 전체

적인 연계관계의 응집성은 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다.

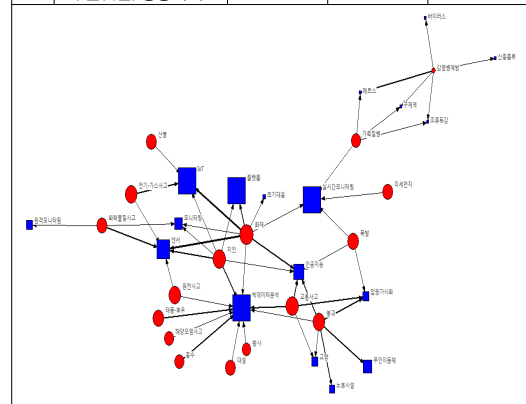
표 4. 재난안전 관리단계별 네트워크 속성

재난안전 관리단계	재난감지	재난예측	재난대응
네트워크 중심성	0,239	0,241	0,420
평균 연결정도	7,399	7,122	10,437
밀도	0,033	0,038	0,028
평균 거리	3,169	3,152	2,964

표 5. 재난감지 네트워크 중심성 분석 결과: 상위 10개(연결 중심성 기준)

	재난 종류	연결 중심성	매개 중심성	근접 중심성
1	화재	0,269	0,044	1,303
2	지진	0,238	0,039	1,268
3	교통사고	0,202	0,029	1,231
4	붕괴	0,193	0,030	1,222
5	원전사고	0,170	0,017	1,195
6	전기·가스사고	0,161	0,017	1,187
7	화산폭발	0,157	0,017	1,183
8	태풍·호우	0,152	0,013	1,183
9	폭발	0,152	0,014	1,178
10	대설	0,135	0,019	1,146

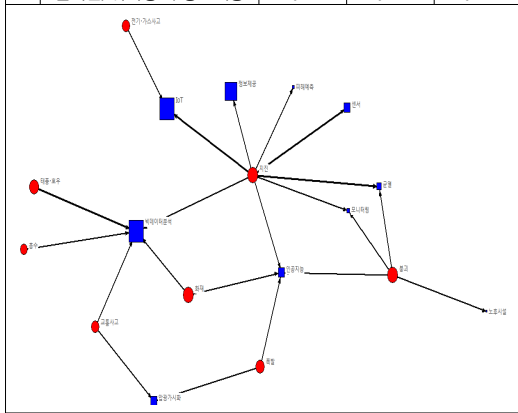
	기술 분야	연결 중심성	매개 중심성	근접 중심성
1	빅데이터분석	0,139	0,016	1,562
2	실시간모니터링	0,139	0,015	1,548
3	리스크관리	0,130	0,011	1,526
4	IoT	0,130	0,011	1,512
5	문자서비스/서비스/안정성평가/알고리즘/융합보안/재난량/통신망/플랫폼/행동과학	0,126	0,008	1,499



재난안전 관리단계별 중심성 측정 결과는 [표 5]와 같다. 재난감지 네트워크에서 연결 중심성이 높은 재난 유형은 화재(0.269), 지진(0.238), 교통사고(0.202), 붕괴

표 6. 재난예측 네트워크 중심성 분석 결과: 상위 10개(연결 중심성 기준)

	재난 종류	연결 중심성	매개 중심성	근접 중심성
1	화재	0.275	0.049	1.355
2	지진	0.238	0.040	1.342
3	붕괴	0.228	0.032	1.329
4	폭발	0.190	0.028	1.253
5	태풍·호우	0.169	0.011	1.236
6	교통사고	0.159	0.019	1.220
7	전기·가스사고	0.138	0.012	1.200
8	화산폭발	0.132	0.005	1.195
9	해일	0.127	0.005	1.195
10	미세먼지	0.122	0.014	1.180
	기술 분야	연결 중심성	매개 중심성	근접 중심성
1	빅데이터분석	0.159	0.014	1.605
2	실시간모니터링	0.153	0.013	1.596
3	IoT/리스크관리/안정성평가/알고리즘/융합보안/행동과학	0.148	0.011	1.587
9	실시간/위치정보/정보제공	0.127	0.008	1.487



(0.193) 등으로 재난발생의 위험 감지가 조속히 이루어져야 할 재난으로 간주되며, 빅데이터 분석과 실시간 모니터링(0.139), 리스크 관리 및 IoT(0.130), 그리고 재난망과 통신망(0.126) 등이 재난 전조감지와 관련하여 개발되어야 할 기술 분야인 것으로 나타났다. 이는 빅데이터 기반의 실시간 감시장비 및 예·경보 시스템 구축 관련 기술개발의 필요성을 시사한다. 매개 중심성의 경우 화재(0.044) 관련 재난은 다양한 기술 분야들이 매개될 수 있는 유형이며, 빅데이터 분석(0.016)과 실시간 모니터링(0.015) 기술은 여러 재난 유형에 활용 가능성이 높은 기술 분야라고 볼 수 있다. 근접 중심성에 있어서도 화재(1.303)와 빅데이터 분석(1.562), 실시간 모니터링(1.548), 리스크 관리(1.526), IoT(1.512)가 전체적인

네트워크에서 다른 재난 유형 및 기술개발 분야들과 연계되는 정도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 대표적으로 화재 및 지진과 같은 재난감지를 위해서는 공통적으로 센서 기술의 개발이 요구되며, 지진과 교통사고의 경우에는 빅데이터 분석 기술, 그리고 화재, 교통사고, 붕괴와 같은 재난감지에는 인공지능 기술에 대한 개발이 필요한 것으로 분석되었다.

재난예측 네트워크 분석결과, 화재(0.275), 지진(0.238), 붕괴(0.228), 폭발(0.190)은 연결 중심성이 높은 재난으로, 과학기술 기반의 재난예측을 통해 선제적인 재난관리가 필요한 유형임을 의미한다(표 6)참조). 이를 위해서는 빅데이터 분석(0.159)과 실시간 모니터링(0.153), 그리고 IoT, 알고리즘, 융합보안, 안정성 평가(0.148) 등의 기술개발이 우선시되고 있음을 확인할 수 있다. 즉 IoT 등을 통한 빅데이터 수집 및 분석과 실시간 예측 알고리즘의 개발 등이 필요함을 시사한다. 매개 중심성에서는 화재(0.049)와 지진(0.040) 그리고 빅데이터 분석(0.014)과 실시간 모니터링(0.013) 기술 등이 상호 매개성이 높은 것으로 나타나고 있다. 근접 중심성의 경우에도, 화재(1.355), 지진(1.342), 붕괴(1.329) 그리고 빅데이터 분석(1.605)이 전체적으로 상호 밀접히 연계되어 있는 구조임을 보이고 있다. 일례로, 빅데이터 분석은 화재, 지진, 교통사고, 태풍·호우 등과 같은 재난을 예측하는데 공통적으로 활용될 수 있는 기술 분야로 나타나고 있으며, 인공지능 기술은 화재 및 지진뿐만 아니라 붕괴, 폭발과 같은 안전사고에도 적용될 수 있는 것으로 나타났다. 또한 IoT는 지진과 전기·가스사고 등에 공통적으로 활용 가능한 재난예측 기술개발 분야인 것으로 분석되었다.

재난대응 네트워크 분석결과, 연결 중심성이 높은 지진(0.445), 화재(0.402), 붕괴(0.253), 태풍·호우(0.243), 원전사고(0.243) 등은 재난안전 발생 시 피해 우려가 높은 재난 유형인 것으로 나타났다(표 7참조). 또한 재난 대응을 위한 기술개발 분야는 인공지능(0.089), 대응 서비스(0.084), 그리고 매뉴얼, 웨어러블 기술, 정보전달, IoT, 휴대용 장비 및 장치, 리스크 관리, 빅데이터 분석(0.078) 등인 것으로 분석되었다. 이는 빅데이터 분석 및 인공지능 등을 통한 재난 유형별 발생원인 분석

표 7. 재난대응 네트워크 중심성 분석 결과: 상위 10개(연결 중심성 기준)

재난 종류	연결 중심성	매개 중심성	근접 중심성	
1	지진	0.445	0.075	1.489
2	화재	0.402	0.061	1.428
3	붕괴	0.253	0.017	1.251
4	대풍·호우	0.243	0.016	1.240
5	원전사고	0.221	0.035	1.208
6	폭발	0.216	0.010	1.213
7	화학물질사고	0.205	0.017	1.202
8	교통사고	0.189	0.011	1.177
9	전기·가스사고	0.181	0.007	1.179
10	산불	0.178	0.007	1.177
기술 분야	연결 중심성	매개 중심성	근접 중심성	
1	인공지능	0.089	0.005	1.503
2	서비스	0.084	0.003	1.479
3	매뉴얼/웨어러블/정보전달	0.078	0.005	1.520
6	IoT/휴대용장비장치	0.078	0.003	1.483
8	리스크관리/빅데이터분석	0.078	0.003	1.475
가이드라인/구난구급차/냉난방공급/무선통신/문자서비스/빅데이터/소형모듈화/식수공급/안전지수/양방향전송/응급의료/의료기기/의료서비스/의료정보/인식코드/인적요류/장애인/재난량/재난취약계층/재분석/전기공급/초기대응/통달영역/통신망/통신커버리지/플랫폼	0.075	0.002	1.468	

과 맞춤형 대응시스템 및 기술 개발, 그리고 구조·구급을 위한 장비 개발 등에 적용될 수 있는 기술 영역이라고 볼 수 있다. 매개 중심성의 경우 지진(0.075), 화재(0.061), 원전사고(0.035) 관련 재난을 중심으로 다양한 기술개발 분야들이 매개될 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 기술 분야의 경우 대부분 유사한 지수값을 갖는 것으로 나타나 다양한 재난 유형에 분산적으로 활용이

가능할 것으로 보인다. 근접 중심성에 있어서도 지진(1.489)과 화재(1.428) 그리고 매뉴얼, 웨어러블 및 정보전달 기술(1.520)과 인공지능(1.503) 등이 전체적인 네트워크에서 상호 연계되는 정도가 상대적으로 가장 높은 것으로 나타나고 있다. 예를 들면, 지진 및 화재와 같은 재난상황에 효과적으로 대응하기 위해서는 인공지능, 매뉴얼, IoT 기술뿐만 아니라 센서, 무인이동체, 대피경로안내 등과 같은 기술개발이 공통적으로 요구되고 있음을 확인할 수 있다. 특히, 근접 중심성이 높은 매뉴얼의 경우에는 다양한 재난 상황 및 여러 대응기술과 함께 공통적으로 활용될 수 있는 것으로 나타났다. 일례로, 붕괴, 폭발, 화학물질사고 및 교통사고에 대한 대응기술인 인공지능, 태풍·호우 관련 대응기술인 빅데이터 분석, 그리고 전기·가스사고 관련 대응기술인 IoT와 함께 각종 재난대응에 적용될 수 있는 대표적인 기술개발 분야인 것으로 분석되었다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 네트워크 분석 방법론을 활용하여 재난안전 전문계의 과학기술적 해결을 위한 전문가 수요조사를 중심으로 문제 해결의 우선순위가 높은 재난 유형과 적용 가능 기술개발 분야 간의 연계관계 구조와 그 특성을 분석해 보고자 하였다. 첫째, 전문가 수요조사에서 도출된 현안별 재난 유형을 살펴보면, 사회제난인 화재와 자연재난인 지진에 대한 우리 사회의 불안감이 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 최근 들어 발생횟수가 지속적으로 증가하면서 대규모 피해를 유발하는 재난 유형으로써 근원적 문제의 해결을 위한 과학기술의 역할이 강조되고 있는 것으로 파악된다. 이를 위해서는 단편적인 기술개발에 치중하기 보다는 국민 안전문제 해결을 위한 과학기술의 역할을 제고할 수 있는 방안들을 모색하고 이를 구체적으로 실현할 수 있는 계획과 전략을 수립할 필요가 있다.

둘째, 네트워크 분석 결과 대부분의 재난 유형에 공통적으로 요구되거나 재난 상황에 따라 응용 가능성이 높은 기술개발 분야는 인공지능과 빅데이터 분석인 것

으로 나타났다. 특히 재난감지 단계에서 문제해결의 우선순위가 높은 재난 유형은 화재, 지진, 교통사고, 붕괴 등으로 빅데이터 기반의 실시간 감지장비 및 예·경보 시스템 구축과 관련 기술(센서, 인공지능 등)의 개발이 필요한 것으로 분석되었다. 재난예측 단계의 경우, 화재, 지진, 붕괴, 폭발 등에 대해서는 IoT 등을 통한 빅데이터 수집 및 분석과 실시간 예측 알고리즘의 개발 등이 필요한 것으로 확인되었다. 또한 지진, 화재, 붕괴, 태풍·호우 등의 재난에 대응하기 위해서는 빅데이터 분석 및 인공지능 등을 통한 재난 유형별 발생원인 분석과 맞춤형 대응시스템에 대한 기술개발이 요구되고 있으며, 구조·구급을 위한 장비 개발에 대한 지원도 우선적으로 이루어져야함을 알 수 있다.

종합해 보면, 각종 재난 및 안전사고로부터 국민의 안전기본권을 확보하고 재난안전문제에 효과적으로 대응하기 위해서는 재난 현장 적재적소에 적합한 기술개발이 필요함을 시사한다. 이는 단순히 기술개발에만 한정되는 것이 아니라 실제 제품 또는 서비스의 제작·보급 등 현장적용 단계까지 발전이 이루어져야함을 의미한다. 특히 재난 관련 현안에 효과적으로 대응하기 위해서는 재난관리 부처 간 연계·협력 등 다양한 재난안전 R&D 역할 강화 방안을 구축해야 할 것이며, 플랫폼 기술개발 관련 부처 간 사업 유사성 및 중복성을 검토하고 협업사업의 발굴 등을 통해 재난안전 R&D 투자의 효율성을 강화하는 것이 바람직하다.

본 연구는 재난안전 관련 과학기술의 활용과 역할에 대한 이론적·실용적 시사점을 제시해 주었으며, 네트워크 분석이 재난안전 관련 기술개발을 위한 증거기반의 의사결정에 활용될 수 있다는 점에서 의미가 있다고 보인다. 그러나 분석결과 해석의 일반화를 위해서는 외적 타당도를 높이는 방안을 검토해야 할 여지가 존재하고, 방법론적으로도 일반 국민 대상 수요조사는 이루어지지 않아 추가적인 자료 분석 방법을 활용하여 강건성(robustness)을 높이도록 보완할 점이 있다. 또한 본 연구는 수요조사 참여 전문가가 제시한 키워드를 기술 분야로 사용하여 그 결과를 해석하는데 제한이 있다. 향후 연구에서는 국가과학기술분류체계와 전문가 수요조사를 연계하여 재난안전과 기술개발 분야에 대한

분류의 일관성을 확보해야 할 것이다. 또한 관련 선행 연구를 대상으로 재난 유형 및 관리 단계별 특성과 관련 기술개발 분야를 좀 더 세부적으로 분류하고 다양한 차원에서 유형화시켜 유의미한 분석 자료를 도출시키는 노력이 필요하다고 본다. 이와 더불어 본 연구결과를 기반으로 향후 재난현장 전문가, 시민단체, 법제도 전문가 등과의 지속적인 논의를 통해 연구방법을 다양화하고 정교화 한다면 재난안전 및 기술개발 영역을 도출하고 지원방향을 설정하는데 중요한 함의를 제시할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 국회예산처, *재난안전 관리 현황과 주요 대책 분석 I*, 2017.
- [2] 국가과학기술심의회, *제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획(안)*, 2018.
- [3] Seoul National University, *Government Competitiveness Report 2017*, Center for Government Competitiveness, 2017.
- [4] 정경진, *국민안전처 신설에 따른 재난안전R&D 추진체계 개선방향*, Issue Paper 2014-14, 한국과학기술기획평가원, 2014.
- [5] 김영록, *재난안전 예산 및 평가체계 정립방안 연구*, KIPA 연구보고서 2016-26, 한국행정연구원, 2016.
- [6] 법무부, *2017~2021 제3차 국가인권정책기본계획*, 2017.
- [7] 국가과학기술심의회, *재난 과학기술 개발 10개년 로드맵(안)*, 2015.
- [8] 미래창조과학부, *재난안전플랫폼기술개발사업 2018년도 추진계획(안)*, 2018.
- [9] 신동희, 김용문, “국가 재난관리 분야의 빅 데이터 활용 정책방안,” 한국콘텐츠학회논문지, 제15권, 제2호, pp.377-392, 2015.
- [10] 강희조, “공공안전 재난관리를 위한 차세대 통합 무선 재난통신,” 한국정보기술학회논문지, 제9권,

제10호, pp.187-195, 2011.

[11] 김태훈, 윤주희, “대형복합재난의 효율적 관리를 위한 제도개선방안 연구,” 한국산학기술학회 논문지, 제19권, 제5호, pp.176-183, 2018.

[12] 최윤조, 홍승환, 이수진, 손홍규, “센다이프레임 워크 전환에 따른 재해위험경감 관련 국내 정책 동향변화와 과학기술의 역할,” 대한토목학회논문집, 제37권, 제4호, pp.765-773, 2017.

[13] 주혜정, 홍슬기, *더 안전한 대한민국을 위한 재난 재해 R&D의 전환 방향 모색*, KISTEP Issue Weekly, 2018-29(통권 제247호), 2018.

[14] 양창훈, 허정은, “연결망 분석을 활용한 인문사회기반 융합연구 구조에 관한 연구: 네트워크 중심성과 중개자 역할을 중심으로,” 한국콘텐츠학회논문지, 제17권, 제12호, pp.49-63, 2017.

[15] 류상일, 남궁승태, “재난안전 관련 법제 분석: 언어네트워크 분석기법을 중심으로,” 한국위기관리논집, 제7권, 제6호, pp.29-46, 2011.

[16] 류상일, “지방자치단체의 재난대응 네트워크 분석,” 한국지방자치학회보, 제20권, 제1호, pp.53-70, 2008.

[17] 이훈래, “지방자치단체의 재난관리 협력적 거버넌스에 관한 연구: 재난안전네트워크를 중심으로,” 한국정책연구, 제15권, 제4호, pp.127-150, 2015.

[18] 조선일, 배정아, “네트워크분석을 활용한 도시 재난관리 연구,” 사회과학연구, 제27권, 제1호, pp.291-309, 2016.

[19] 차세영, 임도빈, “재난관리 단계별 대응 체계에 관한 연구: 구미 불산 누출 사고 사례의 네트워크 방법론적 분석,” 지방정부연구, 제18권, 제1호, pp.727-754, 2014.

[20] 장덕희, 강길모, 김진영, “선박기인 해양재난 피해축소를 위한 해양과학기술 개발수요 도출,” Ocean and Polar Research, 제37권, 제4호, pp.369-383, 2015.

[21] 이재운, 김수정, “국내 재난 관련 연구 동향에 대한 계량정보학적 분석,” 정보관리학회지, 제33권, 제3호, pp.103-124, 2016.

[22] 홍주현, “재난 발생 시 SNS를 통해 확산된 재난 이슈 네트워크 분석: 유튜브의 정보 종류 및 이슈의 집중도·확산성을 중심으로,” 한국콘텐츠학회논문지, 제18권, 제3호, pp.138-147, 2018.

[23] D. Knoke and J. H. Kuklinski, *Network analysis*, Beverly Hills, CA: Sage, 1982.

[24] J. Scott, *Social network analysis: A Handbook*, London: Sage, 1991.

[25] L. C. Freedman, “Centrality in social networks: Conceptual clarifications,” Social Network, Vol.1, pp.215-239, 1979.

[26] T. W. Valente and R. K. Foreman, “Integration and radiality: Measuring the extent of an individual’s connectedness and reachability in a network,” Social Networks, Vol.20, pp.89-109, 1998.

저 자 소 개

허정은(Jungeun Heo)

정회원



- 2000년 : University of Florida (Ph. D. Statistics)
- 2003년 ~ 현재 : 한국연구재단 공공기술단장

<관심분야> : 공공기술, R&D 기획 및 평가, 성과분석

양창훈(Chang Hoon Yang)

정회원



- 2008년 : George Washington University (Ph. D. Public Policy)
- 2009년 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 공공행정학과 조교수

<관심분야> : 정책학, 네트워크분석, 과학기술혁신