

Developing a Disaster Management Assessment Model Using a Resilience Engineering Method

Ji Hee Lee^{1#}, Hye Jin Yang², Dong Hyun Kim³⁺

¹ Daegyeong Regional Development Center for Infrastructure Technology, Kyungpook National University, 80 Daehak-ro, Buk-gu, Daegu, Korea

² Disaster Prevention Research Center, Jeonju University, 303 Cheonjam-ro, Wansan-gu, Jeonju, Korea

³ Department of Fire Safety Engineering, Jeonju University, 303 Cheonjam-ro, Wansan-gu, Jeonju, Korea

Abstract

A national safety management system in Korea focuses on responding capacity to cope with imminent accidents and risks. There is no assessment function for the organic operation states of the entire systems because it assesses the capacities of individuals, disaster management department, institution, and management network in four stages including prevention, preparation, response, and recovery. Therefore, it is necessary to develop systematic assessment indices that will allow for active pre-checks in departments in organizations, rather than the conventional simple inspection method. This study used a resilience engineering method to develop a disaster management assessment model, which consists of a total of 56 disaster management items in four capacities such as anticipation (13 items), monitoring (14 items), responding (15 items) and learning (14 items).

Key words: resilience engineering, disaster management, assessment model, delphi analysis

1. 서론

현대사회의 재난양상은 예측하지 못할 만큼 돌발적이며 예상 가능한 재난임에도 위기관리 능력의 부족으로 피해가 확산되는 경향을 보이고 있다. 홍수, 화재 등의 물리적 재난뿐만 아니라 감염병, 가축 전염병 등 생물학적 재난도 예측가능 하거나 예측 불가능한 재난에 대한 피해가 점차 증가하고 국소지역에서 국가 간 재해로 확대되고 있다. 이러한 재난에 대응하기 위해 재난

관리 및 평가 등의 기법들을 산업체, 정부기관 등에서 1930년대 이후부터 적용되어 현대사회에 보다 활발히 활용하고 있다.

우리나라 국가기관에서의 일반적 재난관리체계는 예방-대비-대응-복구 4단계 체계로 확립되어 있다. 하지만 이러한 체계는 사고발생을 낮추고 안전기능을 높이고자 하는 본래 취지와는 달리 기존의 체계를 정형화하고 확인 대응하는 정해진 절차로 고착되었다 (Erik, 2015). 이러한 기존의 재난관리 체계는 분석 자

[#] The 1st author: Ji Hee Lee, Tel. +82-53-950-7315, Fax. +82-53-950-7315, e-mail. jihee@knu.ac.kr

⁺ Corresponding author: Dong Hyun Kim, Tel. +82-63-220-2233, Fax. +82-63-220-2056, e-mail. 72donghyunkim@jj.ac.kr

료만으로는 시스템 내의 오류 또는 취약성 발견에는 한계가 있다(Erik, 2015).

재난관리 시스템의 규모가 점차 대형화되고 유관기관 및 이해당사자들의 관계와 협력체계가 더욱 복잡해짐에 따라 재난관리를 위한 내·외부 요소 간의 유기적 활성화가 필요하다. 이에 사회전반에 걸쳐 안전을 확보하기 위해 기존 고정화된 재난관리평가제도가 아닌 문제점을 회복하고 시스템을 개선할 수 있는 레질리언스 공학(Resilience Engineering, 이하 RE로 표기함)을 재난관리평가기법으로 활용하는 것이 2010년 이후 유럽을 시작으로 본격화되고 있다.

레질리언스 공학은 시스템이 예상된 조건 및 예상외의 조건 하에 요구된 동작을 계속할 수 있도록 조건변화와 장애발생 전후 또는 도중에 자체의 기능을 조절할 수 있는 본질적인 능력으로 정의된다. 레질리언스 공학을 이용하면 시간경과에 따라 일련의 측정결과를 비교할 때 유용하며, 시스템의 레질리언스 능력을 관리하기 위한 지원방법으로도 이용 가능하다. 특히, 최대의 장점은 조직의 역량진단 평가 틀의 기본 RE를 고정화하여 시스템에 적용하는 것이 아니라, 허점과 오류 그리고 새로운 재난과 문제점을 지속적으로 발견하여 장기적인 관점에서 분석, 평가, 모니터링 하는 방법에 대해 오류를 발견하고 수정 보완하는 기능을 제공한다(Erik,

et. al., 2007).

따라서 본 연구에서는 기존의 국내의 재난관리 평가제도를 분석하고 레질리언스 공학 기법을 이용하여 재난관리를 평가할 수 있는 모델을 개발하고자 한다.

II. 재난관리 평가제도 분석

1. 국내 재난관리 평가제도

국내의 재난관리 평가제도는 국가기반체계 재난관리 평가, 재난관리 실태평가, 국가 안전대진단 등이 있다. 국가기반체계는 에너지·정보통신·교통수송·금융·보건의료·원자력·환경·식용수·정부중요시설 등 그 기능이 마비될 경우, 인명과 재산 및 국가경제에 중대한 영향을 미칠 수 있는 물질·인적 체계를 말하며, 재난 및 안전관리기본법(이하 "기본법") 제 25조의 2에 의거하여 국가기반체계 보호를 위해 계속적으로 관리할 필요가 있는 시설을 "국가 기반시설"이라 한다(Ministry of Public Safety and Security, 2012). 행정안전부(2017년 7월 이전 국민안전처)는 재난 및 안전관리 기본법 제22조에 의거 9개 분야(에너지, 정보통신, 교통수송, 금융, 보건의료, 원자력, 환경, 정부중요시설, 식용수) 118개 기관, 271개 시설을 평가하였다.

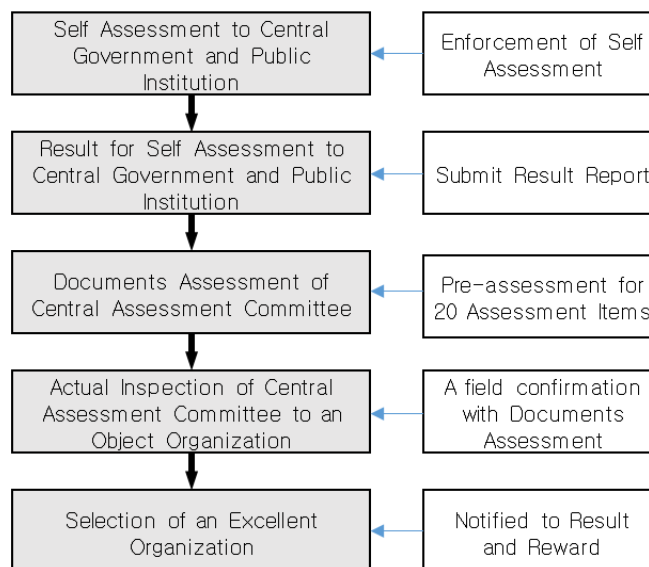


Figure 1. Process of state of disaster management evaluation

Table 1. Comparison of disaster management assessment model

Assessment Type	Disaster Management Assessment Based National System	Disaster Management Evaluation
Indicator System	1. Response Ability 2. Business Continuous 3. Situation Management 4. Others	1. Personal Ability 2. Disaster Management Department Capability 3. Disaster Management Network Capability 4. Agency Capacity
How to Proceed	It is a method to check whether the basic elements of safety management are provided for nine categories of national infrastructure by fragmented items.	Whether the basic elements of safety management are provided for central government agencies, public agencies, local governments, and written evaluation and on-site inspection

국가기반체계 재난관리평가는 대응역량, 업무연속성관리, 상황관리, 가감 점의 4항목으로 구성되며, 해당기관이 4항목에 관해 안전관리의 기본요소를 갖추고 있는지 그 여부를 점검하는 방식으로 진행되었다.

재난관리 실태평가는 2005년 초기 선진적 국가재난관리체계 구축을 목적으로 시행하였다. 재난 및 안전관리 기본법의 제33조의 3(재난관리 실태공시 등) 및 동법 시행령 제 42조의 2에 의거 2017년도에는 317개 기관(19개 중앙부처, 55개 공공기관, 226개 시군구)에 대한 공통지표 위주의 재난안전 유형별 균형 평가를 실시하였다. 본 재난관리 실태평가는 5가지 프로세스로 구성되며, 진행절차 및 방법과 내용은 <Figure 1>과 같다. 중앙부처 및 공공기관 대상의 평가지표는 개인역량, 재난관리부서 역량, 재난관리 네트워크역량, 기관역량, 가감 점으로 5분류로 구분한다.

안전대진단은 국가 전반의 안전 수준 및 국민 안전의식 제고와 사회 안전 확보 및 안전산업 발전을 도모하기 위해 2015년부터 시행되었다. 주체는 중앙부처, 지방자치단체, 공공기관이며 점검대상은 법적 점검의무 대상시설 및 해당부처 법·제도에 따른 이행기관이다. <Table 1>은 국가기반체계 재난관리평가와 재난관리 실태평가의 지표체계와 방법을 비교하였다. 국가기반체계의 대상은 국가기반시설로써 주로 시설물의 대응역량, 업무연속성, 상황 관리, 가감 점 등의 지표체계를 갖춘다. 재난관리 실태평가는 중앙부처, 공공기관, 시군구를 대상으로 하여 안전관리 기본 요소를 갖추고는지 여부를 개인, 관리부서, 네트워크, 기관의 역량을 서면평가 및 현장 점검하는 방식으로써 다소 차이가 있다.

2. 국외 재난관리 평가제도

미국은 2001년 9.11테러, 2005년 허리케인 카트리나, 2012년 허리케인 샌디 피해 등 대형재난을 경험한 후 현장에서 효율적인 운영이 가능한 새로운 정책들과 관련 기술들을 개발하여 재난안전관리 분야에서 세계적으로 가장 선진화된 시스템을 구축하고 있다. 2005년 허리케인 카트리나 참사 후 오바마 대통령은 대통령 정책지침(Presidential Policy Directory: PPD) 8호를 시행해 국토안보부에 긴급 상황 발생 시 예방과 보호, 주민 이주, 대응, 회복시스템과 관련된 새로운 틀을 제시하였다. 당초 지방정부에 집중되어 있던 재난대응 권한을 축소하는 대신 연방정부, 특히 국토안보부와 재난관리청의 기능을 강화함으로써 중앙과 지방정부가 통합적인 대응시스템을 구축하는 것을 주요 골자로 하고 있다.

PPD-8은 예방(Prevention), 보호(Protection), 저감(Mitigation), 대응(Response), 복구(Recovery)로 구성된 5가지 국가재난대비 목표로 재난에 효과적으로 대비하고 선제적으로 대응하기 위한 조직의 역량강화에 초점을 맞추고 있다. 이러한 국가 재난관리 핵심역량에 기반 한 계획(capability-based planning)은 특정한 재난상황이나 시나리오에 국한되지 않고 예측하기 힘든 상황에서도 유연한 대처가 가능하다(<Figure 2>)(FEMA, 2013).

2012년 허리케인 샌디 피해 이후, 도시시스템 기능 유지의 필요성을 인식하여 레질리언스 개념을 본격적으로 도입하였다. 뉴욕 시는 기후변화 대응 합의체(NPCC2)를 구축하고, ‘기후대비 및 레질리언스 대책위원회’를 통해 레질리언스 강화방안을 제시하였다(The

White House, 2013).

또한 미국 주택 도시 개발부(Department of House and Urban Development)를 중심으로 레질리언스 강화 관련 정책을 도입하기 시작했고, 레질리언스 개념을 복구 및 지역발전 정책과 연계한 공모사업을 추진함으로써 지역주민의 적극적인 참여를 유도하였다. 대표적인 주민 참여형 레질리언스 정책은 ‘디자인에 의한 재건(Rebuild by Design)’이라는 설계 공모전과 ‘10억 달러 국가재난 레질리언스 경쟁대회 (\$1 billion National Disaster Resilience Competition)’ 등이 있다 (Han, et. al., 2017). 아울러 다양한 중앙부처의 협력체계를 구축하기 위해 2009년에 범부처 차원의 파트너십인 ‘지속가능한 지역사회 구축을 위한 파트너십(PSC: Partnership for Sustainable Communities)’을 수립했으며, 현재 주택도시개발부뿐만 아니라 연방재난관리청, 환경부, 교통부, 농무부 등 다양한 부서가 참여하

고 있다. 특히, 방재 레질리언스 강화를 위해 지난 2013년에는 ‘기후대비 및 레질리언스 대책위원회(Task Force on Climate Preparedness and Resilience)’를 구축하였고, 지방정부 및 민간의 레질리언스 분석지원을 위한 ‘기후 레질리언스 툴킷(Climature Resilience Toolkit)’을 개발 및 보급하고 있다.

3. 레질리언스 공학 분석

과거 사고분석 및 위험관리 평가는 사고 발생 후 원인 분석 위주의 평가와 근본적인 문제점 인식을 기반으로 하였다. 이러한 평가방법은 예방부터 사전대응단계에서 실패의 합리적 원인을 찾을 수 없는 단점이 있다. 시대별 안전패러다임별 사고의 분석 및 위험성 평가 방법을 살펴보면 사고원인에 대한 안전관점이 기계적 관점에서 인적, 조직적, 시스템 관점으로 위험성 평가 방법이 발전되어 왔다. 예를 들어 기계적 요인은 회색으

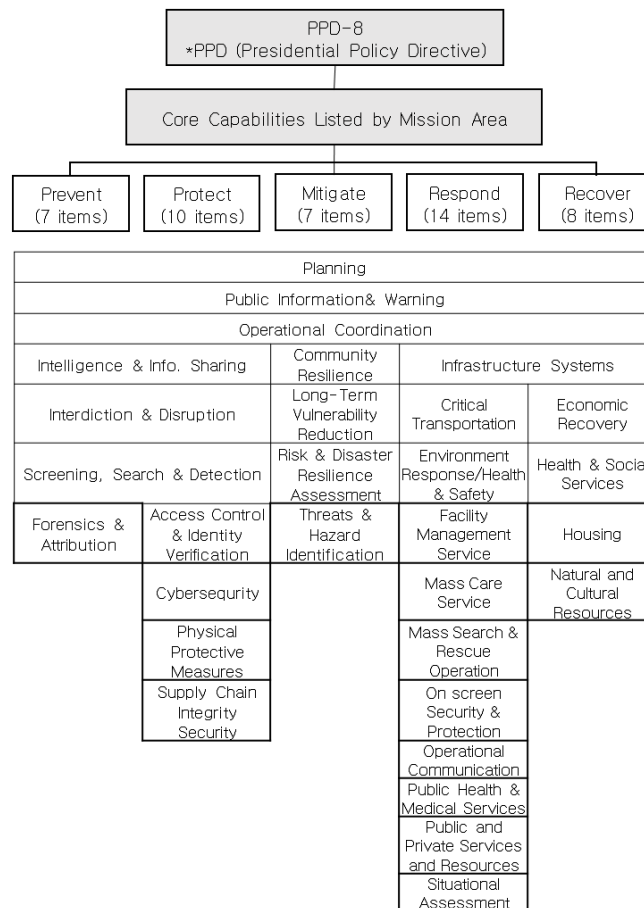


Figure 2. Process of PPD-8 by federal emergency management agency

Table 2. Inter-comparison of new change paradigm in disaster management

Assessment Type	Traditional Paradigm	New Paradigm
Function	Preparations to reduce human and property damage in accidents to occur	The ability of organizational resources to prevent accidents and improve safety capability from a long-term perspective
Item	Preparatory state for performing specified safety maintenance function	Ultimately, diagnose whether the function is working to maintain safety and improve safety management capability.
View	Assessment of what is based on facilities, systems, documentation, infrastructure assessment and hardware	Diagnose what you are doing and what level you are performing
Standard	Evaluate whether you meet regulatory requirements or not.	Relative ability is assessed, and progressive improvement
Feedback	Notification of immediate response to intellectual objections to the evaluation results	Establish long-term improvement plan based on diagnosis and improvement, and improve organization and institutional level

로 표시하고, 그에 관한 평가방법에는 FMEA(Failure Mode and Effects Analysis), HAZOP(Hazard and Operability Analysis), Fault Tree, FMECA 등이 있다. 1930년대 인적 요인(Human Factor)에 기반 한 도미노 이론으로 사고분석에서부터 50년대 기계적인 결합요소분석, 80년대 조직에 대한 위험관리방법으로 발전되어오다 2000년도 중반이후 조직과 인적-물적 시스템 분석도구인 FRAM과 STAMP가 개발 및 적용되고 있다. 장기적 관점에서 재난의 발생 억제 및 안전 능력 향상을 위한 조직 자원의 능력을 평가하기 위해 새로운 패러다임의 적용이 필요하다. 전통적 패러다임과 새로운 패러다임에서의 안전, 재난관련의 비교 내용은 <Table 2>와 같다.

새로운 패러다임의 기능은 장기적인 관점에서 사고를 억제하고 안전능력을 향상하고자 하는 조직 차원의 능력을 말한다. 재난안전관리 항목은 점검방식에서 벗어나 실제 안전관리를 위한 기능이 작동하는지 그 여부를 평가하는 항목을 포함한다. 기존의 패러다임의 관점은 시설, 제도, 문서 등을 갖추었는지 평가하며, 인적, 기능적 수행의 수준을 평가하는 등 관점 차이가 있다. 기준에서는, 상대적 능력을 평가하여 미흡사항에 대해서는 점진적 확보를 추구한다. 평가결과를 환류 함으로써 장기적인 개선계획을 수립하여 조직 및 제도적 차원

의 개선을 추구한다.

레질리언스 공학기반 역량 진단은 예측, 모니터링, 사전대응, 안전학습 4단계로 이루어진다¹⁾. 예측역량은 감지된 내외부 변화요인, 또는 예상 가능한 사고 항목들의 동향 분석 등을 통한 예측의 장기적인 관점의 역량을 보유하고 있는지에 대한 진단이다. 모니터링은 사고 위험성 발견을 위한 현장 감지 및 내·외부 환경변화 인지, 측정지표의 정의 등 상위적 감지능력에 대한 진단이다. 대응역량은 사전대응의 의미를 가지고 있으며 사고, 재난감소를 위한 물리적 현장대응 및 내·외부 대응관련 변동사항에 대처하는 규정, 정책 등 조직적 자원의 대응 능력을 진단한다. 마지막으로 학습역량은 조직적 재난안전학습 관리를 통해 경험치를 재난대응 시스템 전반으로 지식화하고 대응 자원의 활용과 전문성을 최적화, 최대화하기 위한 역량을 진단한다.

III. 연구방법

1. 레질리언스 공학 기반 재난관리 평가모델

레질리언스 공학기반 재난관리 평가 구축방법을 <Figure 4>와 같이 도식화하였다. 재난관리 평가를 위한 체계는 1단계 레질리언스 공학 적용 문헌을 통하여 평가항목을 도출한 다음, 1차 델파이 조사 후 평가항목

1) 재난관리 패러다임 변화(Hollnagel, 2015)

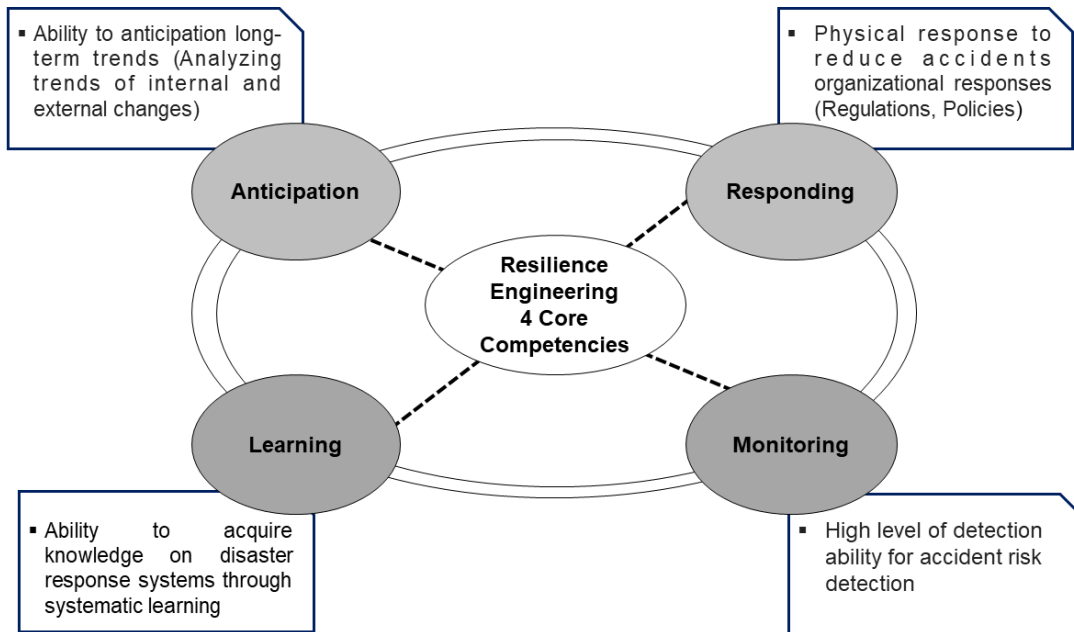


Figure 3. Definition of the 4 competencies of Resilience Engineering

을 선정하고, 2단계 전문가 그룹의 의견 수렴, 분석하는 2차 델파이 조사를 진행한다. 이 단계에서 역량분야별 핵심 기능별 평가 및 지표항목을 도출한다. 3단계에서는 분석모형 개발을 통해 평가항목의 상호연계성, 중복성, 객관성을 확보한다. 4단계에서는 3차 델파이 조

사하여 2차 델파이 조사를 통해 도출된 평가항목과 선정기준 등에 대해 의견수렴 및 수정 반응을 통해 최종 세부평가항목을 도출한다. 1~3차 델파이 분석 진행과정에서는 세부평가 항목 및 평가의 내용 또한 재난관련 기관에서의 법, 제도, 자체 규정 등의 기본적인 법률적 제도들을 확인하여야 한다. 따라서 과정 중에는 재난해당기관의 행정인력의 참여로 인한 사실근거 및 행정현황 등의 정보들이 제공되어야 한다.

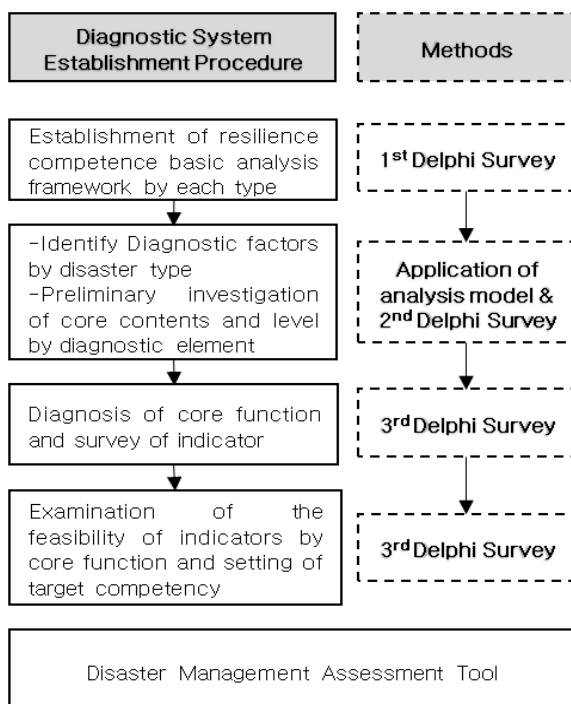


Figure 4. Flowchart of disaster management assessment tool based on resilience engineering

2. 델파이 분석

델파이 분석은 추정하려는 문제에 관한 정확한 정보가 필요한 경우 의사결정의 원리에 논리적 근거를 두고 집단합의를 이끌어내는 방법이다. 델파이 방법은 3가지 진행 방법인 ① 절차의 반복과 통제된 피드백, ② 응답자의 익명, ③ 통계적 집단 반응의 절차를 통해 이루어진다. 본 연구에서는 응답패널을 관계분야 전문가(대학, 정부기관, 산업체 경력 15년 이상의 전문가 패널로 구성) 및 담당자들에 한하여 구성하였다.

본 연구에서는 가장 일반적인 델파이 과정인 표준 델파이 방법의 자필형 의견회수, 결과편집 후 재 의견조사 등의 방법을 적용하였다. 델파이 조사는 전체 3차에 의해 진행되었고 1차는 토론자의 선택과 개방형 질문에

대해 의견을 수렴하였다. 2차는 1차 개방형 질문을 바탕으로 수렴도 평가를 통해 항목 삭제 및 수정과정을 거쳤다. 3차는 항목삭제 및 수정된 개방형 질문에 대해 최종 수렴도 평가를 진행하였다. 여기서 응답자인 패널의 동일성과 일탈을 방지하여 초기 의견 회수단계에서 재의견 조사 단계까지 참여하도록 진행하였다. 델파이 예측은 모수치 또는 명제를 추정하기 위해 전문가 패널의 주관적 판단에 의존하기 때문에 주관적 확률 방법의 적용이 필요하다. 베이시안 의사결정분석은 불확실한 명제에 대한 신뢰의 과정으로 표본공간에서의 확률분포를 평가하기 때문에 본 연구에서는 델파이 절차에 따라 수렴도를 0~1로 구분하여 의견수렴도 0.9(최대 1) 이상의 값을 가진 명제에 대해 수렴하는 것으로 절차를 진행하였다. 개방형질문에 대한 전문토론자의 선택 수렴도 평가지수(P_B)는 다음 식 (1)에 의해 산출되며 수렴평가 지수(B_i)의 범위에 따라 결정된다.

$$P_B = \frac{\sum B_i}{P_n B_{Max}} \times 100 \quad (1)$$

여기서, B_i 는 개별 전문토론자의 수렴평가 지수, P는 전문토론자이다.

본 연구에서 전문가 패널은 재난분야 관계 중앙부처 6명, 외부전문가 9명으로 하여 총 15명으로 구성하였다.

IV. 결과

1. 델파이 분석 결과

1) 1차 델파이 분석

개방형 인터뷰 질문 선정을 위해 재난관련 15명의 전문가 패널을 구성하여 역량 평가 인터뷰 항목을 1차 추출하였다. 예측, 모니터링, 사전대응, 안전학습에 대해 최대 22항목의 재난관련 인터뷰 항목을 제시한 다음 의견수렴과 중복 및 수정을 하여 예측(14항목), 모니터링(20항목), 사전대응(22항목), 안전학습(17항목)으로 총 40항목 73세부항목의 역량 평가 항목을 도출하였다. 개방형 질문의 각 분야별 인터뷰 항목의 예시는 <Table 3>과 같다. 예측분야 중 활용지식(Knowledge Utilization)에 관한 질문항목, 질문의 의미, 해당사항 선택, 문서 및 법 규정, 업무 확인사항 등으로 구성되어 있다. 개방형 인터뷰 질문 항목에서는 <Table 3>과 같은 형식의 질문내용, 해당의미, 선택사항, 확인사항에 대해 전문가 의견을 모두 수렴, 반영하였다.

Table 3. Example of interview checklist for diagnosing disaster management assessment

Diagnostic elements	Is the level of utilization of internal and external knowledge appropriate for future disaster prediction?	
Knowledge Utilization	Optional	① No activity at all ② There is no reason(law or regulation) on the utilization of knowledge and activities, but it is a partial utilization activity by the department and the person in charge. ③ It is presented on the minimum task assignment and regularly - it is not regular but it does not reflect the timely use of knowledge. ④ There are documented and documented documents related to periodical and irregular use of knowledge, so there is no immediate reflection stage. ⑤ Documents and supporting documents related to non-periodical/periodical knowledge utilization are provided in laws and regulations, and they are reflected immediately.
	Meaning	It is concerned with the continuing activities of relevant legal systems, institutions, departments, and personnel involved in the utilization of internal and external knowledge of the competent ministries. This includes regular and timely knowledge for changing external circumstances, new forecasting techniques, Includes activities for utilization.
	Checklist	- Confirmation of internal and external knowledge utilization activities: Confirmation of legal, institutional or departmental basis documents. - Periodic and timely reflection of knowledge utilization confirmation of provision and timeliness of the provision: Diagnosis of interview activities. ※ Reflection Timeliness: It refers to a set of prescribed work process activity levels that are systemized or applied to the field through experts or proven procedures to improve the field reflection and utilization of new knowledge both inside and outside the city for more effective pre-disaster prediction.

Table 4 . The final competency diagnostic items selected through the 3rd Delphi survey (4 Core competencies, 40 Diagnosis elements, 56 items)

Core Competencies	Diagnosis Element	Items	Core Competencies	Diagnosis Element	Items
Anticipation (13)	①Expertise	1	Respond (15)	①Background	1
	②Frequency	1		②Selection criteria	1
	③Communication	2		③Response list	1
	④Model	3		④Verification	2
	⑤Time horizon	2		⑤Threshold	2
	⑥Responsibility	2		⑥Speed	2
	⑦Acceptability of risks	1		⑦Duration	2
	⑧Culture	1		⑧Response capability	1
	⑨Aetiology	1		⑨Stop rule	1
	⑩Efficiency	1		⑩Relevance	2
Monitoring (14)	①Indicator list	1	Learning (14)	①Selection criteria	2
	②Relevance	3		②Training	1
	③Indicator type	2		③Resources	1
	④Validity	2		④Classification	1
	⑤Delay	2		⑤Learning style	1
	⑥Measurement type	2		⑥Resource	1
	⑦Measurement frequency	1		⑦Delay	2
	⑧Analysis/ interpretation	3		⑧Learning target	2
	⑨Stability	1		⑨Implementaqtion	1
	⑩Organizational support	2		⑩Learning basis	2

2) 2차 델파이 분석

1차에서 추출된 4대 분야 40항목 73세부항목에 대해 2차 델파이를 분석하였다. 분석은 질문의 의도와 재난 관리 평가 시 확인해야하는 업무의 특성을 고려한 설명 자료에 관하여 실시하였다. 그 결과 73세부항목에서 적합도 0.9 이상은 62항목으로 나타났고 적합도 0.9이하와 중복질문 항목이 7항목으로 나타났다. 이에 중복질문 항목과 낮은 적합도 항목을 정리하여 예측(15항목), 모니터링(19항목), 사전대응(20항목), 안전학습(15항목)의 총 40 항목 69 세부항목을 도출하였다.

3) 3차 델파이 분석

2차 델파이 과정에서 제시된 4대 분야, 40항목, 69 세부항목에 대해 동일 전문가 패널 의견 수렴도 조사를 통해 진단항목 적합도 0.9 이상인 56세부항목을 선정하였으며 각 진단항목에 대한 진단평가 척도 기준 적합도에 대해서도 0.9 이상으로 수정 후 채택하였다. 최종적으로 예측(13항목), 모니터링(14항목), 사전대응(15

항목), 안전학습(14항목)의 총 56 세부항목의 역량 평가항목을 도출하였다. 1, 2, 3차 Delphi 분석과정에서 의견 수렴도 반영한 세부 평가항목 변화는 <Table 4>와 같다.

2. 예측

예측역량은 시스템 안전과 사회위험 요소에 대한 영향 등에 대해 내·외부 환경요인 및 자원의 구성 및 제도적 뒷받침 등을 평가하여 단·장기적인 예측을 통해 사고발생의 위험성과 사고 발생 후 피해를 최소화하기 위한 사전적 대응역량을 의미한다. 예측역량의 진단요

Table 5. Changes in diagnostic items through delphi analysis process

	1 st Delphi (73 items)	2 nd Delphi (69 items)	3 rd Delphi (56 items)
Anticipation	14	15	13
Monitoring	20	19	14
Respond	22	20	15
Learning	17	15	14

소는 ①전문지식, ②예측빈도, ③정보공유, ④예측모델, ⑤예측시간, ⑥예측신뢰성, ⑦의사결정, ⑧조직의식, ⑨예측자원, ⑩자원효율로 구성하였다.

3. 모니터링

모니터링은 외부 환경인자 변수와 내부 안전유지 상태를 확인하고 임박한 재난 또는 사고의 발생 가능성을 즉시 인지하는 능력으로 정의할 수 있다. 이는 재난발생과 이로 인한 피해의 위험성을 미리 탐지하여 안전 상태를 유지하기 위한 감지, 확인, 복원 기능을 포함한다. 모니터링의 진단요소는 ①지표목록, ②적합성, ③지표유형, ④선행평가타당성, ⑤시간지연, ⑥측정유형, ⑦측정 빈도, ⑧분석적합성, ⑨유효성, ⑩조직지원으로 구성하였다.

4. 사전 대응

사전 대응은 재난사고와 피해를 줄이고 대형재난으로 확대되기 이전단계까지 조직화된 시스템으로 내부 또는 외부 연계된 대응단위 조직들의 유기적인 대응활동 능력으로 정의할 수 있다. 넓은 의미로는 재난 발생 후 확대이전 단계에서 안전상태 또는 정상상태로 유지, 회복하는 일련의 대응활동 능력을 포함한다. 레질리언스 공학관점 사전대응은 사고발생 후 현장대응 능력에 치중하지 않고 사고 발생자체를 억제한다는 목표를 두고 정책과 조직, 자원의 역량 등의 기능을 확보하는 것이다. 사전대응 진단요소는 ①사고항목, ②선정근거, ③개정적절성, ④개시기준, ⑤행동기준, ⑥신속성, ⑦지속시간, ⑧자원동원, ⑨종료기준, ⑩대기기준 으로 구성하였다.

5. 안전학습

안전학습은 개개인의 내외적 경험과 지식의 안전학습 역량의 강화뿐만 아니라 개인의 전문성이 조직 전반으로 확대, 활용되어 현장 활용가능한 조직적 축적, 지식화하는 능력이다. 안전학습 진단요소는 ①선택기준,

②학습기준, ③학습자료, ④분류방법, ⑤학습빈도, ⑥학습자원, ⑦신속학습, ⑧학습목표, ⑨학습실행, ⑩검증/운영으로 구성하였다.

V. 결론

효율적인 재난관리를 위해서 전통적 패러다임에 대한 변화가 필요하다. 임박한 사고에 대한 인명과 재산 손실 감소를 위한 준비상태를 갖추는 단기적 관점의 패러다임에서 사고 억제와 안전능력 향상을 위한 조직 능력을 평가하는 장기적 관점인 실행위주의 재난관리 평가항목이 필요하다. 이에 본 연구에서는 실행위주의 능동적 패러다임의 새로운 재난관리 평가모델 방법을 제시하였다.

첫째, 예측, 모니터링, 사전대응, 안전학습 4단계의 재난관리 평가모델을 제시하였다.

둘째, 전문가 패널구성과 의견수렴도 과정에서 델파이 분석기법을 이용한 재난관리 평가항목 선정 방법을 제시하였다.

셋째, 3차 델파이 분석과정 결과, 최종적으로 예측(13항목), 모니터링(14항목), 사전대응(15항목), 안전학습(14항목)으로 4단계 총 56 세부항목의 평가기준을 제시하였다.

본 연구결과를 통해 제시된 재난관리 평가항목을 토대로 향후, 각 재난별 기관 역량진단을 실시하여 취약부분과 문제점 등을 개선, 보완할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 ‘범부처 Giga KOREA 사업’의 지원을 받아 수행된 연구임(No. GK18P0800, 5G기반 요구조사 중심 재난안전 서비스 개발 및 실증).

References

- FEMA. 2013. Presidential Policy Directive-8 National Preparedness.
- Han, Woo Suk. 2017. Introduction of the Concept of Resilience in Disaster Prevention and Policy Trends. *The Magazine of Korean Society of Hazard Mitigation*. 17(6): 1-4.
- Hollnagel, E. and G. A. Sundstrom. 2006. States of Resilience. In E. Hollnagel, D.D. Woods & N. Leveson(eds), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. PP: 339-344. Aldershot, UK: Ashgate.
- Hollnagel, E. 2007. Resilience Engineering: Why, What and How? In *NoFS 2007-Nordic Research Conference on Safety*. 13-15 June 2007, Tampere, Finland.
- Hollnagel, E. 2008. From Protection to Resilience: Changing Views on How to Achieve Safety. *8th International Symposium of the Australian Aviation Psychology Association*. 8-11 April, Sydney, Australia.
- Hollnagel, E. 2015. Safety-I & Safety- II & Safety- III. KAIBUNDO.
- Hollnagel, E. and D. D. Woods. 2006. Epilogue: Resilience Engineering Precepts. In Hollnagel E., D. D. Woods, and N. Levenson(eds). *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Aldershot. UK: Ashgate.
- Hollnagel, E., D. D. Woods, and N. Leveson. 2007. *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Ministry of Public Safety and Security. 2012. *Report of Disaster Management Assessment based on National System*.
- Ministry of Public Safety and Security. 2016. *Result Report of Special Disaster Management Ability for FPilot Diagnosis*.
- Ministry of Public Safety and Security, Special Disaster Management Office. 2016. *Report of Assessment for Disaster Management based on Nation*.
- The White House. 2013. *The President's Climate Action Plan, Executive of the President*.
- Korean References Translated from the English*
- 한우석. 2017. 방재분야에 리질리언스 개념 도입 및 정책 동향. *한국방재학회지*. 17(6): 1-4.
- 행정안전부 특별재해관리부. 2016. 국가기반의 재난관리평가 보고서.
- 행정안전부. 2012. 국가시스템을 기반의 재난관리평가 보고서.
- 행정안전부. 2016. FPilot 진단을 위한 특별재해관리능력 결과 보고서.

Received: Aug. 22, 2018 / Revised: Dec. 6, 2018 / Accepted: Dec. 12, 2018

레질리언스 공학기법을 이용한 재난관리 평가모델 개발

국문초록 국가기반 단위의 안전관리 평가제도는 사고 발생 및 위험 발생이 임박했을 때 대처하는 대응 역량에 집중되어 있다. 국가 재난관리의 핵심요소인 예방-대비-대응-복구 4단계 체계에서 개인, 재난관리부서, 기관, 관리 네트워크 등 항목별 역량을 평가하고 있으므로 전체 시스템의 유기적 상태운영에 관한 평가 기능이 없다. 따라서 효율적 재난관리를 위해 기존의 단순 점검하는 방식이 아닌 조직 내에서 능동적 사전점검이 가능한 체계적인 평가지표가 필요하다. 본 연구에서는 레질리언스 공학기법을 이용하여 실행 위주의 능동적 재난관리가 가능한 평가모델을 개발하였다. 본 모델은 예방과 사전대응의 관점의 재난관리 항목과 델파이 분석을 통해 예측(13항목), 모니터링(14항목), 사전대응(15항목), 안전학습(14항목) 역량으로써 전체 56항목으로 구성하였다. 본 모델을 기반으로 각 재난별 기관들의 역량평가가 이루어진다면 각 기관의 취약부분과 문제점 등을 효율적으로 개선, 보완할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 : 레질리언스 공학, 재난관리, 평가 모델, 델파이 분석, 역량진단

Profiles **Ji Hee Lee** : She received her Ph.D. from Kyungpook Nat'l University in 2000. She is a Research Professor of Daegyeong Regional Research Center for Infrastructure Technology at Kyungpook Nat'l University. Her interesting subject and area of research is disaster management, fire safety science for Urban network and building(jihe@knu.ac.kr).

Hye Jin Yang : She received her MS from Pusan Nat'l University in 2018. She is a Researcher of Disaster Prevention Research Center at Jeonju University. Her interesting subject and area of research is disaster management, Safety Engineering (hyejin6081@jj.ac.kr).

Dong Hyun Kim : He received his Ph.D. from Kyoto University, Japan in 2010. He is a Professor of the Department of Fire and Safety Engineering at Jeonju University, in which he has taught since 2016. And he is a research scholar of ESM at International Institute for Applied Systems Analysis from 2012. He was working for Korea Forest Research Institute from 2003 to 2015. His interesting subject and area of research and education is disaster management, fire safety science and UAV_IoT device development for disaster. He has published 65 articles in journals and written 15 books, including 5 co-author (72donghyunkim@jj.ac.kr).