

동일본 대지진 당시 일본의 비상 발령 및 주민대피에 관한 실태 조사와 시사점 도출: 문헌조사연구

Implications of Emergency Alert and Resident Evacuation in Japan during the Great East Japan Earthquake: Literature Survey Study

이재영¹ · 김윤희² · 엄영호^{3*}

Jaeyoung Lee¹, Younhee Kim², Young ho Eom^{3*}

¹Assistant Professor, Department of Fire Administration and Disaster Management, Busan, Republic of Korea

²Assistant Professor, Department of Fire Administration and Disaster Management, Busan, Republic of Korea

³Assistant Professor, Department of Fire Administration and Disaster Management, Busan, Republic of Korea

*Corresponding author: Young ho Eom, yhe@deu.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: This study seeks to draw out implications that must be considered in the process of establishing measures to evacuate residents in preparation for domestic nuclear disasters by conducting an investigation about the disaster situation at the time of the Fukushima nuclear power plant explosion, emergency warning situation for residents protection, evacuation situation and In addition to investigating problems and measures raised in the resident protection system at that time. **Method:** A literature survey was conducted focusing on reports published by Japan's national, parliament, local governments and related agencies from right after the Great East Japan Earthquake to the present. **Result:** Found out what needs to be considered in the process of establishing domestic radiation disaster measures through the results of the survey on the problems and countermeasures derived from the process of evacuation of residents at the time of the Fukushima nuclear power plant explosion. **Conclusion:** The reviews were classified into four categories and detailed reviews were presented.

Keywords: Great East Japan Earthquake, Nuclear Disaster, Emergency Announcement, Disaster Information, Resident Evacuation, Disaster Management System

요약

연구목적: 후쿠시마 원자력 발전소 폭발사고 발생 당시의 재난상황, 주민보호를 위한 비상발령 상황, 주민 피난 상황에 대한 조사와 더불어 당시 주민보호 시스템에 있어서 제기된 문제점 및 조치사항에 대한 조사를 수행함으로써, 국내 원자력 재해를 대비한 주민 피난 대책 수립 과정에서 검토해야만 하는 시사점을 도출하고자 한다. **연구방법:** 동일본 대지진 직후부터 현재까지 일본의 국가, 국회, 지자체 및 관련기관으로부터 발행된 보고서를 중심으로 문헌조사를 수행하였다. **연구결과:** 후쿠시마 원자력발전소 폭발사고 발생 당시의 주민의 피난과정에서 도출된 문제점과 대응방안에 대한 조사 결과를 통하여 국내의 방사능 재해 대책 수립과정에 있어서 검토해야만 하는 사항을 도출하였다. **결론:** 검토 사항을 크게 4가지로 분류하였으며 각 분류에 따른 상세 검토사항을 제시하였다.

핵심용어: 동일본 대지진, 원자력 재해, 비상 발령, 재난 정보, 주민 피난 · 대피, 재난관리체계

Received | 8 June, 2021

Revised | 13 August, 2021

Accepted | 13 August, 2021

 OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

서론

국제 원자력 기구(IAEA, International Atomic Energy Agency)의 원자로 정보 시스템(PRIS, Power Reactor Information System)에 기재된 통계자료에 따르면 2021년 7월 12일 기준 전 세계적으로 444개의 원자로가 가동 중에 있으며, 건설 중인 원자로 또한 52개에 이른다. 이 중 우리나라의 경우 가동 중인 원자로가 24개, 건설 중인 원자로가 4개 그리고 영구 정지된 원자로를 2개 보유하고 있으며, 가동 중인 원자로를 기준으로 미국, 프랑스, 중국, 러시아, 일본 그리고 우리나라의 순서로 많은 원자로를 보유한 것으로 나타났다. 이는 우리나라가 원자로의 유지 및 관리의 측면에서 결코 자유로운 국가가 아님을 나타내는 지표라 말할 수 있다. 원자로는 안전 관리가 매우 중요하며 이는 시스템을 구성하는 설비에 대한 유지관리를 통한 사고 예방과 더불어 만일에 발생할 수 있는 재난에 대한 대비 체계의 마련 또한 중요함을 의미한다.

원자력 발전소의 방사능 누출 사고는 다른 자연재난 및 사회적 재난에 비해 발생 빈도는 낮으나, 사고가 발생한다면 그 피해가 매우 크다는 것을 체르노빌 원자력 발전소 사고(1986)와 후쿠시마 원자력 발전소 폭발 사고(2011)의 사례를 통하여 확인할 수 있었다. IAEA(2005) 및 Imanaka(1998, 2006)의 보고서에 따르면, 1986년 4월 26일 사고가 발생한 체르노빌 원자력 발전소에는 전기출력 각 100만 kW의 RBMK형 원자로가 4기 운전되고 있었으며, 5호기와 6호기가 건설 중이었다. 폭발 사고가 발생한 4호기는 2년 만에 점검 보수를 위해 정지작업과 더불어 긴급용 전원 장치의 테스트가 예정되어 있었다. 테스트는 정전에 따른 긴급용 디젤 발전기가 가동되기까지의 사이에 사용되는 긴급용 펌프의 전원으로서 터빈의 관성 회전을 이용하여 발전하는 비상용 전원에 대한 것이었다. 이 과정에서 원자로를 정지하기 위하여 제어봉을 한순간에 투입하는 긴급 정지 버튼(AZ-5)을 누른 것이 사고의 발달이라고 분석되고 있으며, 파괴된 노심에서는 흑연(graphite) 화재의 발생과 더불어 대량의 방사능 방출이 계속되었다고 한다. 주민대피에 대해서는 사고 발생 저녁 정부위원회가 개최되었으며, 원자로 화재 진압 방안과 프리피야티(Prp'yat')의 주민 피난 방안에 대하여 논의되었다. 프리피야티는 원자력 발전소의 종업원이 거주하는 지역으로서 26일 원자로 폭발에 사고가 발생한 것을 알고 있었음에도 주민들은 일상의 토요일을 보내고 있었다. 정부위원회에서는 사고 발생 다음 날인 27일에 주민들의 피난을 결정하였으며, 27일 오후 2시에서야 피난이 개시되었다. 그리고 원자력 발전소로부터 30km 권내 주민의 강제적 피난은 사고로부터 1주일이 지난 5월 2일에서야 결정되었다고 한다. 정부위원회의 늦은 피난 결정으로 인하여 프리피야티 주민보다 반경 15km 권내의 농림 지대에 거주하던 많은 주민들이 프리피야티 지역의 주민보다 더욱 높은 외부피폭에 노출되었던 것으로 보고되었다. 한편, 후쿠시마 원자력 발전소 사고를 야기한 동일본 대지진은 2011년 3월 11일 14시 46분경 발생한 최대진도 7의 지진으로, 1차적으로는 지진과 해일에 의한 피해이며, 2차적으로는 화재 및 후쿠시마 원자력 발전소의 폭발 사고로 인한 피해가 발생한 복합형 재해라 말하고 있다. 자세한 내용은 국립병원 기구(2017)과 미야기현 보고서(2017)를 통하여 확인할 수 있다. 일본 경시청 자료(2021)에 의한 인적 피해 상황은 사망자 15,899명, 부상자 6,167명, 실종자 2,526명이라 보고되었으며, 재해 발생 4일째의 피난자 수가 46만 명을 넘었다고 한다. 이 중 사상자와 실종자의 99%가 이와테현, 미야기현, 후쿠시마현에 집중되었다고 한다. 직접적인 인명피해의 원인은 주로 대형 해일이라 말할 수 있으나, 당시의 원전 폭발사고 및 방사능 누출에 따른 비상 발령 시스템의 운영과 주민 피난 시스템의 준비가 충분했다는 점 그리고 원만한 주민 피난이 이루어지지 않은 점은 문제점도 그 원인이라 말할 수 있다¹⁾.

본 연구에서는 일본의 동일본 대지진 발생 당시의 재난 발생 상황, 주민보호를 위한 비상 발령 및 주민 피난 상황, 동일본 대지진 재해 발생 당시의 원자력 재해로부터의 주민보호 시스템의 문제점 및 조치사항에 대하여 문헌 조사 연구를 수행함으

1) 본문에 기재된 국립병원기구 보고서, 미야기현 보고서, 일본 경시청 자료는 참고문헌 [10]-[12]에 해당 함.

로서 원자력 재해 시의 주민 피난 및 대피 계획에 있어 국가 및 지자체가 검토해야 할 사항에 대한 시사점 도출을 연구의 목적으로 한다.

문헌 조사의 방법 및 범위

본 연구에서는 후쿠시마 원자력 발전소의 폭발 사고와 관련하여 주민에게 비상 발령 및 주민 피난 사례에 대하여 조사하고자 한다. 조사를 통하여 문제점으로 나타난 사례와 조치사항에 대해서도 조사하고자 한다. 그러나 동일본 대지진은 복합적인 재난 형태를 가진 사례이며 해일 정보에 따른 비상 발령(피난 명령)도 함께 이루어졌기 때문에 이를 구분할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 해일 정보에 따른 피난 명령은 조사의 범위에서 제외한다.

본 연구는 문헌 조사 연구로서 일본의 정부, 지자체 및 관련 기관으로부터 공표된 보고서를 조사의 대상으로 하였다. 주요 문헌으로는 일본 내각부(Cabinet office) 정책의 「원자력 방재」 홈페이지에 공표하고 있는 국회사고조 보고서(2011) 및 정부 사고조 보고서(2012), 동일본 대지진의 원자력 발전소 사고에 따른 피난에 관한 실태 조사 보고서(2015), 원자력 백서(2019), 후쿠시마 원자력 발전소 사고 발생 직후의 주민 피난의 문제점과 대책방안에 관한 보고서(2016)를 중심으로 조사하였으며²⁾, 그 밖에 원자력 방재회의·원자력 재해대책본부 회의록³⁾, 지역 원자력 방재협의회·작업부회·각 지역의 긴급 시 대응 매뉴얼 및 관련 법령 등을 함께 검토하였다.

동일본 대지진 당시의 비상 발령 및 주민대피 상황

동일본 대지진 당시 후쿠시마 원전 사고 및 비상 발령

NHK 리얼타임(2011)에는 동일본 대지진 당시의 원자력 발전소의 상황을 시간경과에 따라 나타내고 있으며, 후쿠시마 부흥 스테이션 홈페이지(2020)에는 피난구역의 설정 상황을 나타내고 있다⁴⁾. Table 1에는 NHK 리얼타임 및 실태조사 결과 보고서의 내용을 기반으로 동일본 대지진 발생부터 피난구역의 설정까지에 있어 주민 피난과 관계있는 주요 사건에 대하여 재정리한 것이며, 동일본 대지진 당시의 주요 상황과 더불어 정부 및 관련 기관의 대응까지 포함하여 작성하였다. 비상발령의 경우 원자력 재해 대책법(原災法) 제15조 2항에 따른 정부의 긴급사태 선언에 따라 1차적인 주민 피난이 발령되었으며, 이로 인하여 3km 이내의 주민의 피난 지시와 반경 3~10km 지역의 주민에 대한 실내 대피 발령이었다. 이후 제1 원자력 발전소의 첫 수소폭발로 인하여 반경 20km 이내의 주민의 피난 지시가 이루어졌으며, 3호기와 4호기의 지속적인 수소폭발이 있은 이후 3월 15일에는 반경 20~30km 권내에 실내 대피 지시가 이루어진 것을 알 수 있다.

Fig. 1은 피난구역의 변화를 나타낸 것으로서, Fig. 1(a) 재해 발생 초기에 해당하는 2011년 4월 22일에는 국제적 기준치(연간 20~100mSv)를 참고하여 3개의 피난구역으로 설정되었다. 사고 후 1년간 피폭선량의 합계가 20mSv가 될 것만 같은 구역 가운데 제1 원자력 발전소로부터 20km 권외의 지역을 “계획적 피난구역”으로 지정하였으며, 국가가 주민에게 피난을 요청하는 지역에 해당한다. 그리고 반경 20~30km 권내를 “긴급 시 피난 준비구역”으로 지정하였으며, 긴급 시 옥내 대피 또는 피난하도록 하는 지역에 해당한다. 마지막으로 반경 20km 권내의 구역은 예외를 제외하고 인입 금지 구역인 “경계구역”

2) 국회사고조, 정부사고조, 피난에 관한 실태 조사, 주민 피난의 문제점과 대책방안은 참고문헌 [1], [2], [13], [17]에 해당 함.

3) 그 밖의 보고서는 참고문헌 [4]-[5]에 해당

4) NHK 리얼타임, 후쿠시마 부흥 스테이션 홈페이지는 참고문헌 [14]-[15]에 해당, 열람일 2021.05.31

Table 1. Time record from the Great East Japan Earthquake to the Fukushima nuclear disaster

일시	상황	기관/ 대응
3월 11일 14시 46분	동일본 대지진 발생/최대 진도 7 해일에 따른 원자력 발전소의 외부 전원 소실	원전/스크럼 삽입(핵분열반응 정지를 위한 대책) 원전/비상용 디젤 발전기 확인 및 기동 원전/매뉴얼에 따른 설비 상태 점검 원전/원자로 냉각작업 실시(당시 300 °C 까지 상승) 원전/건물 내의 작업원에 대한 옥외로의 피난 지시
14시 49분	지진속보 및 대형 해일 경보	기상청/이와테, 미야기, 히로시마에 해일 경보
15시 27분	후쿠시마 원전1호기에 1차 해일 도달(높이 4m)	
15시 36분	후쿠시마 원전1호기에 최대 해일 도달(높이 15m)	
15시 37분	해일로 원전 1, 2호기의 모든 교류 전원 상실	원전/비상용 디젤 발전기가 정지(원인 불명)
15시 38분	해일로 원전 3, 4호기의 모든 교류 전원 상실	원전/전원차 파견 지시 및 요청 (단, 16시 이후)
15시 42분	재해대책특별조치법 10조에 따른 통보	원전/ 원자력안전·보안원에 통보
16시 36분	비상용 노심 냉각장치 주수 불능으로 판단	원전/ 원재법 제15조 특정사상으로 판단
16시 45분	원재법(原災法) 제15조에 따른 특정사상 통보	원전/ 보안원 등 통보
19시 03분	원재법 제15조2항에 따라 원자력 긴급사태 선언	정부/ 원자력 긴급사태 선언
21시 23분	원자력 발전소 반경 3km 권내 피난지시	
21시 23분	원자력 발전소 반경 3~10km 권내 실내 대피 지시	
3월 12일 14시 30분	방사성물질의 방출 실시	원전/ 전원공급 및 노심 냉각을 위한 노력 계속
15시 36분	원자력 발전소 1호기가 수소폭발	
18시 25분	원자력 발전소로부터 반경 20km 권내 피난 지시	
3월 14일 11시 01분	원자력 발전소 3호기의 수소폭발	
3월 15일 06시 10분	원자력 발전소 2호기 격납용기 손상	
06시 14분	원자력 발전소 4호기 수소폭발	
	반경 20~30km 권내에 실내 대피 지시	
4월 22일	경계구역, 계획적 피난 구역, 긴급 시 피난준비구역의 설정	
9월 30일	긴급 시 피난준비구역의 해제	

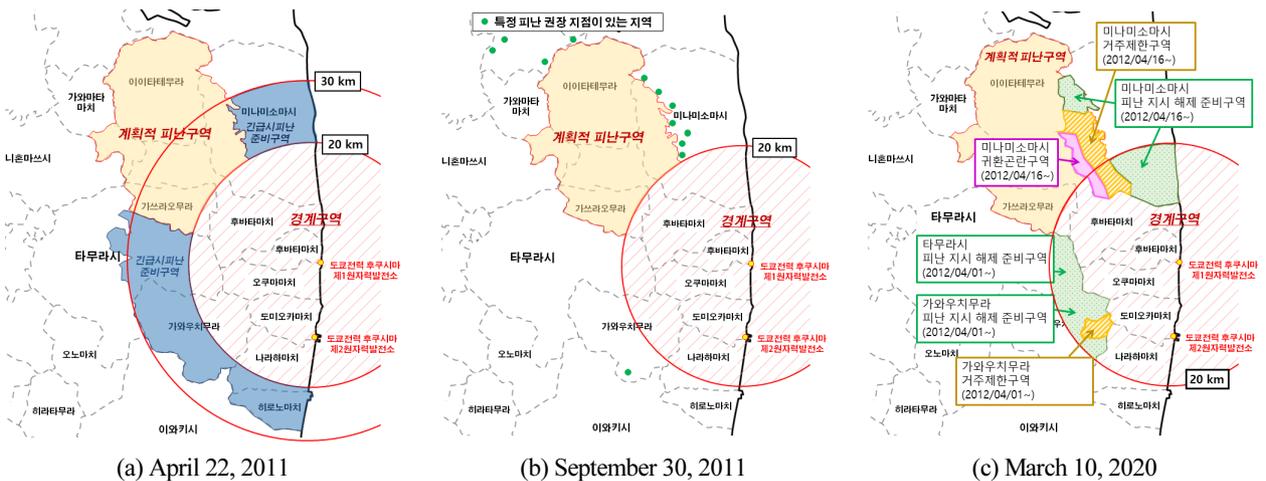


Fig. 1. Changes over time of evacuation zones around the Fukushima nuclear power plant

으로 설정하였다. Fig. 1(b) 2011년 9월 30일의 피난 지역 지정 상황으로서 “특정 피난 권장 지점이 있는 지역(녹색 점)”이 추가 지정된 것을 알 수 있다. Fig. 1(c)은 2020년 3월 10일 기준의 피난 지역 지정 상황으로서 방사선 위험도를 고려하여 반경 20km 권내라도 “피난 지시 해제 준비 구역”의 설정, 반경 20 km 권외라도 “거주 제한 구역” 및 “귀환 곤란 구역”으로 설정된 것을 알 수 있다.

원자력 재해 당시 비상 발령 및 주민 대피 상황

비상 발령 및 주민 피난에 대한 실태조사의 개요 및 결과

일본 내각부에서는 “동일본 대지진에 있어서 원자력발전소 사고에 따른 피난에 관한 실태조사(2015)” 보고서의 내용 중 실태조사의 개요와 주민 피난에 있어서 주요 문제점이라 판단되는 사례를 발취하여 요약 설명한다. 실태조사는 설문조사(우편 방식)와 청취조사(직접 방문)로 수행된 것으로서 설문조사의 경우 후쿠시마현 내의 22개 시정촌을 대상으로 수행되었으며, 유효 회답 수는 19,535(유효 회답률 32.9%)이다. 설문조사의 조사항목은 크게 “사고에 관하여 얻은 정보”, “피난의 시기·횟수”, “주된 피난처의 장소”, “가족 구성의 변화”, “사고의 변화”, “불안하다고 느낀 것” 등으로 구성되어있으며, 재난 초기의 비상발령과 주민 피난과 관련한 문항을 분류하면 “비상 발령과 더불어 실제 주민에게 전달된 피난 지시”, “피난 정보 전달 수단”, “피난 지시를 전달받은 주민의 감정”, “피난 지시에 따른 피난 대응(피난 유·무)”, “도움이 되는 정보 수단”, “최초 피난 시의 거주 장소”, “피난 개시일”, “방문한 피난소 개수”, “피난 시의 곤란했던 점”, “피난하지 않은 경우 그 이유” 등이 해당된다. 한편, 청취조사는 후쿠시마현 내 12개 시정촌을 대상으로 피난 지원자(시정촌, 경찰, 지자체, 병원 등)를 대상으로 실시한 조사가 수행되었으며, 조사항목에는 피난지원을 위해 수행한 것과 피난지원 과정에서 곤란했던 점이 포함하고 있다.

Table 2와 같이 비상 발령에 따른 피난 지시가 주민에게 어느 정도 전달되었는지, Table 3과 같이 피난 정보를 전달받은 수단이 무엇인지에 대하여 보고서에서 설명하고 있다. 재해 발생 당일 피난 지시를 전달받은 주민의 비율은 약 20%로 매우 낮은 것으로 나타났다. 정보 전달의 매체로는 TV 및 라디오 49.9%, 지자체 등으로부터의 연락 43.3%, 가족 및 이웃 주민으로부터의 연락 28.8%로 나타났다. 이러한 정보 전달의 매체에서 큰 도움이 된 정보로는 TV·라디오(약 60%), 그다음으로 자치단체 등으로부터의 전화나 호소와 가족·인근 주민으로부터의 전화나 호소가 각각 약 30%, 친척으로부터의 전화나 호소 및 지인으로부터의 전화나 호소가 각각 약 20%, 인터넷과 메일이 각각 5%로 나타났다. 동일본 대지진이 발생한 당시에는 지진에 의한 통신망 오류로 휴대폰 통신이 원활하지 않았다. 따라서 무선통신보다는 TV 및 라디오, 자치단체로부터의 연락, 이웃간의 소통이 차지하는 비중이 큰 결과가 나왔다고 판단된다. 즉, 현재 휴대폰을 재난상황에 대한 정보 전달이 이루어지기에 재해 상황에서 무선통신의 사용성에 대한 중요성을 확인할 수 있다.

Table 2. The status of evacuation information delivered to residents in accordance with the emergency announcement (N: 19,535)

비상 발령 일자	상황	비상발령의 주민 전달 상황(%)
3월 11일 19시 18분	원자력 긴급사태 선언	16.5
3월 11일 21시 23분	후쿠시마 제1원전부터 반경 3km 권내 대피 지시	15.6
3월 11일 21시 23분	후쿠시마 제1원전 반경 3~10km 권내 옥내 대피 지시	18.8
3월 12일 05시 44분	후쿠시마 제1원전 반경 10km 권내 대피 지시	37.7
3월 12일 15시 36분	후쿠시마 제1원전 1호기 폭발	38.5
3월 12일 18시 25분	후쿠시마 제1원전 반경 20km 권내 대피지시	37.5

Table 3. The means by which the evacuation information was delivered (N: 13,953, multiple responses possible)

수단	비율 (%)	수단	비율 (%)
1. TV 및 라디오	49.9	2. 자치단체 등으로부터의 연락	43.3
3. 경찰로부터의 연락	3.0	4. 도쿄전력 또는 관련회사로부터의 연락	2.3
5. 가족 및 이웃 주민으로부터의 연락	28.8	6. 그 밖의 연락	12.2

한편, 설문에 응답한 19,535명 중 후쿠시마 제1 원자력 발전소의 사고가 발생한 3월 11일부터 4월 30일 사이에 실제 피난한 사람은 93.1%, 피난을 하지 않은 사람은 6.9%로 나타났다. Table 4는 실제 피난을 하지 않았던 이유에 대한 조사 결과이며, Table 5는 주민들이 실제 피난상황에서 곤란하다고 느낀 점에 대한 결과이다. 두 설문조사로부터 피난을 하지 않은 이유와 피난 시의 곤란한 점으로 공통적으로 원자력 재해 시 “어디로 어떻게 피난을 해야 하는지”, “어떻게 피난을 해야 하는지”에 대한 정보가 부족한 것이 매우 높은 결과로 나타났다. 또한, 원자력 발전소에 “무슨 일이 일어났는지 잘 몰랐음”이라고 응답한 사람이 약 40%이며, “곧 집으로 돌아갈 수 있을 것”이라고 느낀 주민이 약 50%라고 한다. 피해 지역별 주민들로부터의 청취조사의 결과로부터 재해 발생 당일에는 지진과 해일이 공포로 인하여 원자력 발전소의 상황은 듣고 있었지만 원자력 발전소의 사고에 따른 피난의 필요성은 느끼지 못했다는 의견(히로노 마을, 広野町), 그리고 원자력 발전소 주변의 시정촌은 피난을 개시하고 있었기에 우리 마을도 피난을 해야만 하는 건지 아닌지 혼란이 있었다는 의견(카츠라오 마을, 葛尾村)도 있었다. 즉, 재난 상황의 정확한 정보 전달과 피난장소와 수단에 대한 정보 전달의 중요성을 확인할 수 있으며, 그 밖의 이유를 살펴보면 전반적으로 방사성 물질의 위험성에 대한 인식 부족이 영향을 끼쳤다는 것을 알 수 있다.

Table 4. Reasons for not evacuating (N: 1,347, multiple responses possible)

이유	비율 (%)	이유	비율 (%)
1. 자택에 있어도 안전하다고 생각한 경우	21.2	2. 행정이 피난을 지시하는 지역이 아니었기에	43.4
3. 방사성 물질에 의한 오염은 문제없다고 생각	14.6	4. 피난을 판단 할 수 있을 정도의 정보가 없었기에	41.4
5. 어디에 피난하면 좋을지 모르기 때문에	38.6	6. 가족과 상담하고 피난은 불필요하다고 판단했기에	5.0
7. 주위 사람들이 피난하지 않았기 때문에	20.3	8. 가정이나 지역에 애착이 있었기에	8.4
9. 가족 중에 간병이 필요한 자가 있었기 때문에	7.8	10. 보안을 위해 빈 집의 관리가 필요했기에	3.3
11. 애완동물이 있었기에	15.7	12. 가족이 있었기 때문에	9.9
13. 일의 사정이 있었기 때문에	36.2	14. 피난 해 온 사람들을 지원하고 있었기 때문에	10.0

Table 5. Points of difficulty in evacuation (N: 18,180, multiple responses possible)

곤란했던 점	비율 (%)	곤란했던 점	비율 (%)
1. 어디에 피난하면 좋은가에 대한 정보가 없었음	57.7	2. 행정으로부터 피난에 관한 정보를 얻을 수 없었음	49.7
3. 빈 피난처를 찾을 수 없는	17.9	4. 행정으로부터 지시받은 피난처가 가득했었음	18.8
5. 간병 필요, 장애 및 지병이 있는 가족에 의한 이동 곤란	15.9	6. 보안을 위해 빈 집의 관리가 필요했음	6.2
7. 가족과 농작물에 대한 대응이 필요.	3.4	8. 애완동물에 대한 대응이 필요했음	21.3
9. 가솔린 부족	74.3	10. 도로가 정체 및 파괴되었음	42.3
11. 휴대전화가 연결되지 않거나 충전 할 수 없었음	51.8	12. 음식과 음료, 생활 용품을 입수 할 수 없었음.	57.7

비상 발령 및 주민 피난에 대한 문제점 및 조치상황

동일본 대지진에 의한 재해에 있어서 “원자력발전소 사고에 따른 피난에 관한 실태조사”가 수행되었으며, 주민의 피난에 있어서 발생한 문제점을 6개의 항목으로 분류하여 설명하고 있다. 이 중 재해 발생 직후의 주민의 피난 대책에 관한 문제점은 ①재해 발생 직후의 정보 전달과 대피, ②피난처 및 피난 방법, ③피난 시 필요한 물자 공급 그리고 ④피난 약자의 피난 대책이라 말할 수 있다. 2016년 8월 일본 내각부 정책 총괄관(원자력 방재 담당)의 보고서를 바탕으로 후쿠시마 원자력 발전소 사고 발생 직후의 주민 피난의 문제점과 대책 방안을 다시 정리하면 Table 6과 같이 나타낼 수 있다.

첫 번째로 “재해 발생 직후의 정보 전달과 대피”에 대한 문제로서 피난 지시를 전달받지 못한 주민이 많다는 것과 피난 정보 전달 수단(장치)에 대한 문제점이다. 이에 대한 대책으로는 통신 수단 강화이다. 재해 발생 당시 지상계 통신 회선⁵⁾은 불통되었기에 재해에 관한 정보가 전달되지 않았으며, 전화도 불가능한 상황이었다. 이에 따라 고정 위성 설비를 추가 정비하고 국가에서 피난 지시 등 원자력 재해에 관한 정보가 지자체에 확실히 전달될 수 있도록 하였으며, 피난 지시 절차를 명확하게 하고자 개선하였다.

두 번째로 “피난처 및 피난 방법”에 대한 것으로 피난처·피난 수단의 주민 알림 부족, 자택이 아닌 장소로부터의 피난 대책, 피난 시의 교통정체 문제, 공용 교통 기관의 활용의 준비 부족, 여러 번에 걸친 피난처 변경 문제, 피난 시의 오염 조사의 불철저, 애완동물 동반자의 피난 문제, 실내 대피의 중요성 알림 부족 그리고 원자력 재해를 대비한 피난 훈련의 미실시가 문제점으로 나타났다. 이러한 문제점에 있어서 대책 방안으로는 재해의 위험도에 따른 피난 대책으로 원자력 발전소의 위치를 중심으로 반경 5km 권(예방적 방호조치를 준비하는 구역, PAZ), 5~30km 권(긴급 시 방호조치를 준비하는 구역, UPZ)으로 구분하고, 피난 계획을 재정립하는 것이다. 5km 권내의 주민은 피난, 5~30km 권내의 주민은 실내 대피를 하는 계획이다. 이는 교통정체 등의 문제점을 억제하면서 원활한 피난이 이루어질 수 있게 위한 대책이며, 이와 더불어 버스를 이용하여 피난할 수 있도록 관련 기관과의 협정 등의 대책이 포함되어 있다. 피난처가 많이 변경되는 문제점에 대해서는 피난 및 대피 계획의 수정과 훈련 등을 통한 개선을 도모하고 있다. 한편, 대피소 근처에 설치되는 구호소에서는 방사선 측정기를 통한 오염 조사를 수행할 수 있도록 대책을 마련하였으며, 요오드 정제(안정 요소제)에 대해서는 사전 배포(5km 권내) 및 비축(5~30km)을 통한 대책을 마련하였다. 애완동물의 경우 함께 피난하는 것을 권장하고 있으며 이에 관한 구체적인 내용은 환경부가 작성한 가이드라인이 지자체에 배포되었다. 한편, 피난 계획이 원자력 재해의 위험도에 따라 피난 지역과 대피지역으로 분류되었으며, 이에 따라 대피의 중요성을 알리는 주민 설명회의 실시와 더불어 국가 및 도도부현은 매년 지방자치단체와 더불어 원자력 종합 방재 훈련을 실시하도록 하고 있으며, 훈련에 따른 반성 점을 추출하는 것을 목표로 하고 있다. 이때 주민 참여를 통한 피난 방법을 알리는 것 또한 도모하고 있다.

세 번째로는 “피난 시 필요한 물자 공급 문제”로서 연료 및 생필품에 대한 조달의 문제가 발생하였다. 식품·음료 및 연료 부족에 대해서는 국가나 도도부현이 미리 이재민의 생활 유지를 위해 필요한 식량, 식수, 연료, 모포 등 생필품 조달 체계를 정비하고, 재해 시에는 관계 사업자 업계 단체 등의 협력을 통해 공급을 확보되도록 하였다. 또한 원활한 물자의 수송을 위해 전국에서 물자를 통합하는 물자 집적 거점의 설치와 반경 30km 권내의 지역으로 식량을 공급할 수 있는 임시 집결 거점의 설치를 대책 방안이 마련하였다.

네 번째로는 “피난 약자에 대한 대책”이며, PAZ권에서 피난 시간을 필요로 고령자를 비롯한 피난약자 등에 대하여 시설

5) 지상계 통신 회선: 지상에 통신 기반을 구축하여 유무선 통신이 가능하게 하는 방식이다. 지상계 통신 기반은 지진 및 해일에 의해 통신의 불통이 발생하기 때문에 지금의 방재통신시스템에는 지상계/위성계 통합 시스템이 사용되고 있다.

Table 6. Problems and countermeasures that revealed during the evacuation process

분류	과제 항목	과제에 대한 일본의 대책 방안
재해 발생 직후의 정보 전달과 피난	• 피난지시를 전달받지 못한 주민이 많음	<ul style="list-style-type: none"> • 지상계 회선 불통 대한 고정 위성설비 정비 (통신 수단 강화) • 지자체 고유의 통신 수단의 강화를 위한 재정 지원을 강구 • 국가로부터 지자체에 피난 지시 등을 전하는 절차의 명확화. • 대피령 전달을 위한 방재행정무선단말기 설치 및 케이블 TV 활용 • 국가 본부의 정보 전달 수단으로 TV, 라디오, 인터넷 등의 미디어 활용 방안 명시.
	• 피난정보의 수단(장치)에 관한 문제	<ul style="list-style-type: none"> • 지자체에 대해 방재 행정 무선의 디지털화 등의 고도화 및 장애 허용성 강화 커뮤니티 FM이나 긴급 속보 메일 등 다양한 전달 수단의 확보에 의한 정보 전달 체제의 강화 권장. • 디지털방재행정무선 등의 장비에 대해 긴급 방재 감재 사업체 등의 재정 지원을 강구.
피난처, 피난방법 등에 대하여	• 피난처·피난수단의 주민에게 알림 부족	<ul style="list-style-type: none"> • 방사성 물질 방출 전 단계부터 예방적 피난하는 범위 5km 권, 우선 옥내 대피하고 모니터링 결과 등에 따라 임시 이전 등을 실시 범위 5~30km 권으로 규정. • 피난처 조정 및 수송능력 확보 등 국가와 지역의 일체가 되어 해결에 임하도록 함. • 관계 자치 단체는 지역 방재 계획 및 피난 계획을 홈페이지에 공개, 설명회 실시, 팸플릿의 배포, 원자력 방재 훈련 실시, 국가는 지자체의 활동에 재정적 지원.
	• 자택이 아닌 장소로부터 피난	<ul style="list-style-type: none"> • 재해 발생 시 주민 약 60%가 집 이외의 장소에 체류. 「긴급시 대응」을 재정리하여 반경 5km 거리의 통근 및 통학 처로부터의 피난 검토 및 정보 전달을 위한 연락 수단 정비.
	• 피난시의 교통 정체	<ul style="list-style-type: none"> • 관내 주민 전체가 동시에 대피하는 상황을 억제. • 원활한 주민의 피난을 위한 교통 대책 및 피난 경로 설정.
	• 공용교통기관의 활용의 준비 부족	<ul style="list-style-type: none"> • 버스로 피난을 구체화하기 위해 버스 사업자와의 원자력 재해 시 응원 협정 등의 체결. • 국가도 버스 운전자를 보호하기 위한 방사선 방호 기자재의 정비나 연수를 지원. • 예측 불가 사태에 대한 실동조직 등이 피난을 지원하도록 함.
	• 여러 번의 피난처 변경	<ul style="list-style-type: none"> • 중점 구역(30km 권)의 주민에 대한 피난처를 중점 구역 외에 미리 구체적으로 설정. • 위치에 따른 예방적 피난, 옥내 대피, 재해 상황 및 피난에 관한 정보의 알림. • 국가와 지역이 일체가 되어 광역 피난 등에 관한 과제에 대해 검토, 대피 계획, 긴급시 대응 관계 부처, 관계 지자체 간에 확인. 훈련 등을 통해 개선을 지속적으로 도모.
	• 피난 시의 오염조사가 철저히 못함	<ul style="list-style-type: none"> • 방사선 측정기 및 제염 기자재 등에 대한 내각부 지원. • 오염조사는 대피소 근처에 설치되는 구호소에서 실시 할 계획.
	• 안정 요소제의 배포가 철저히 못함	<ul style="list-style-type: none"> • 5km 거리에 사전 배포, 5~30km 권내에서 피난 등과 함께 복용할 수 있는 체제 구축. • 5~30km 권은 필요한 수를 공공시설 등에 비축.
	• 애완동물을 동반한 피난의 준비 부족	<ul style="list-style-type: none"> • 환경부는 애완동물과 함께 피난을 권장, “재해 시 애완 동물 구호 대책 가이드라인”을 지방 자치 단체에 배포.
	• 실내대피 중요성의 알림 부족	<ul style="list-style-type: none"> • 옥내 대피의 중요성 및 그 효과에 대한 기자 회견 및 주민 설명회 등을 실시.
	• 원자력재해를 상정한 피난 훈련의 미실시	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력 재해 대책을 중점적으로 실시하는 구역을 대략 30km로 확대. • 도부현 및 국가는 매년 원자력 종합 방재 훈련을 관계 지방 자치 단체 등과 함께 실시. • 내각부에서 지역마다 설치한 관계 부처, 관계 지방 자치 단체 등이 참여하는 긴급시 대응 훈련의 실시 및 반성 점을 추출. • 주민 참여의 피난 훈련을 통해 피난 방법을 알리는 것을 도모 함.
피난 시의 물자 공급에 대하여	• 피난 시의 연료 등의 부족 문제	<ul style="list-style-type: none"> • 국가나 도도부현이 이재민의 생활 유지를 위해 필요한 생필품 조달 체제를 정비 • 재해 시 관계 사업자 업계 단체 등의 협력을 통한 공급 확보. • 전국에서 물자를 통합하는 물자집적거점과 30km 거리의 지역에 식량을 공급하는 임시집적거점의 마련.
피난약자에 대하여	• 피난행동 요지원자의 피난 계획	<ul style="list-style-type: none"> • PAZ 권내에서 피난 시간을 필요로 고령자를 비롯한 피난약자 등에 대한 피난 대책 마련.
	• 의료기관의 접수 체제의 미정비에 대한 대책	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력 재해 및 자연 재해 등의 복합 재해를 대비 한 협력을 추진하기 위한 현지에서 중심이 되는 의료 관계자의 역할 재검토 • 원자력 재해에 대응 의료기관의 시설 요건 명확화, 국가 차원 지원 체제의 강화를 도모.

부지 긴급사태가 조기 단계에서 피난을 시작하기로 했다. 또한 피난 행동에 따라 건강의 위험이 높은 경우에는 무리한 피난 행동은 하지 않고 피난 준비가 될 때까지 옥내 대피 및 피난 준비 단계에서 피난하는 것으로 하고 있다. 옥내 대피에 의한 피폭을 줄이기 위해 피난 약자가 옥내 대피하는 경우에는 방사선 방호 대책이 되어있는 시설에서 실시하도록 하고 있다. 이와 더불어 의료 체제의 충실·강화를 도모하기 위해 「원자력 재해 대책 지침」의 개정을 했다. 원자력 재해 및 자연재해 등의 복합 재해를 대비한 협력을 추진하기 위해 현지에서 중심이 되는 의료 관계자의 역할을 재검토하는 것과 동시에 원자력 재해에 대응하는 의료기관 등 시설 요건을 명확히 하고, 국가 차원의 지원 체제의 강화를 도모했다.

후쿠시마 원자력 발전소 사고 이후 일본 정부의 위기관리 체제의 정비

원자력 재해에 대한 대비로서 원자력 시설 주변 주민과 환경 등이 방사선에 의한 영향으로부터 최소화하는 것과 피해에 대한 긴급조치를 정확·신속하게 실시하는 것이 필요하다. 후쿠시마 원자력 발전소 사고의 경우 방사능 누출 사고에 대한 위기관리 체제가 원만하게 작동되지 않았다고 평가되었으며, 이에 따라 「원자력 재해 대책 특별 조치법」 및 이와 관련된 법령이 개정되었으며, 지침·계획이나 체제 등이 정비되었다. 정비의 목적은 긴급 시에 대응할 수 있는 집행력 있는 체제를 만들기 위함이라고 밝히고 있으며, 지휘명령 계통의 일원화를 제도적으로 확립하는 것이 목표라 밝히고 있다. 원자력 백서(2019)에는 일본의 개선된 원자력 방재 대응체계를 Fig. 2와 같이 나타내고 있다. 평상시는 원자력 방재회의에서 종합적인 조절을 수행하며, 긴급 시는 원자력 재해대책본부가 임시로 설치되어 원자력 재해에 대한 모든 대책을 종합적으로 관리하는 시스템이다. 긴급 시는 사무국 체제가 내각부 원자력 방재 담당을 중심으로 구성된다는 점이 특징이라 말할 수 있다.

일본의 지역 방재계획 및 피난계획의 책정과 지원 체제를 Fig.3에 나타낸 것이다. 방재 기본계획 및 원자력 재해 대책지침에 따라 원자력 재해 대책 중점구역을 설정하는 지자체에서는 정보 제공 및 방호 조치의 준비를 포함한 필요한 조치를 지역

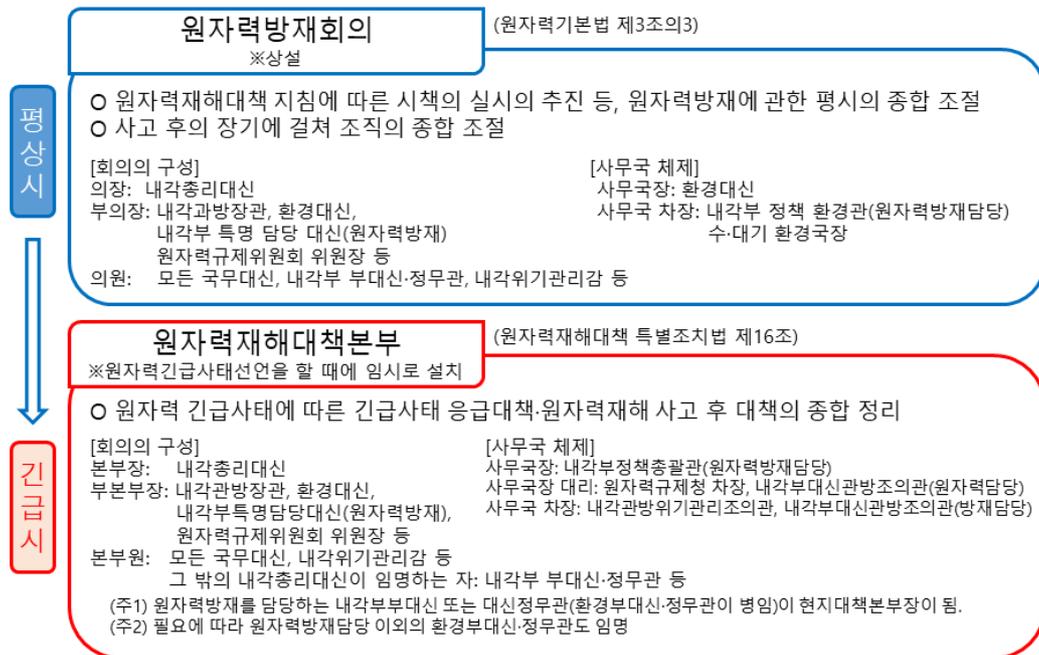


Fig. 2. Changed Japan's nuclear disaster prevention system following the Great East Japan Earthquake

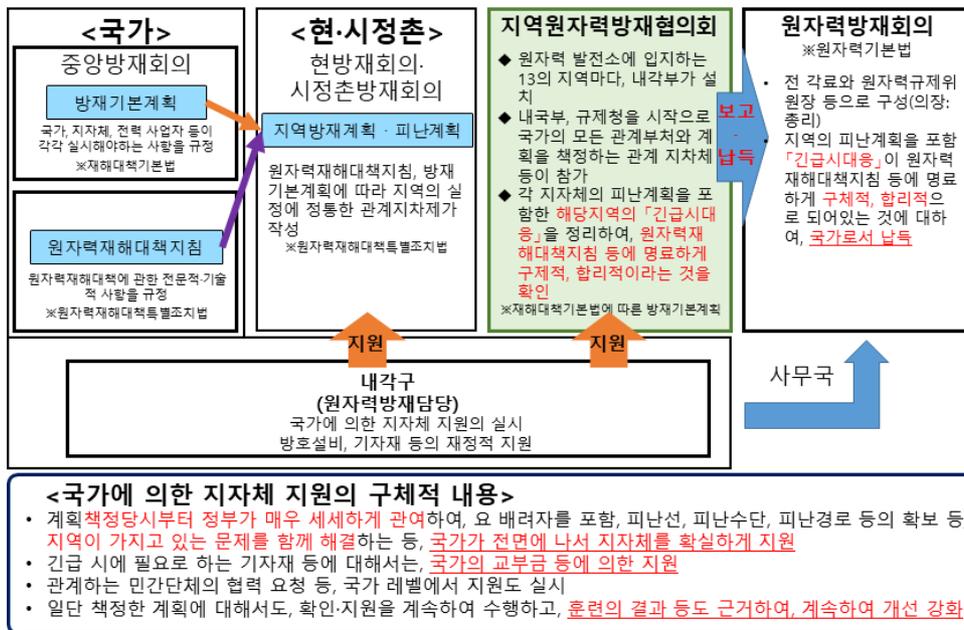


Fig. 3. Japan's regional disaster prevention plan and evacuation plan formulation and support system

방재계획(원자력 재해 대책 편)에 미리 정하도록 되어있으며, 원자력 방재회의의 결정에 따라 설치된 지역 원자력 방재 회의 및 그 아래의 작업부회에서 국가와 관계 지방 공공 단체가 하나가 되어 지역 방재계획·피난계획 구체화·확충에 노력하도록 구성되어있다. 지역 방재계획·피난계획의 구체화·내실화를 도모하는 지역에서는 대피계획을 포함한 「긴급 시 대응」을 정리하여 협의회에서 그것이 원자력 재해 대책지침 등에 비추어 구체적이고 합리적인 것인가에 대하여 확인하도록 되어 있다. 또한 내각부 원자력 방재회의의 양해를 구하기 위해서는 협의회 확인 결과를 원자력 방재회의에 보고하도록 되어 있다. 즉, 후쿠시마 원자력 발전소 사고로 인한 정부 위기관리 체제의 정비의 주요 내용은 지휘명령 계통을 일원화하는 것이라 말할 수 있으며, 국가는 원자력 발전소를 보유하고 있는 지자체에 대한 다양한 지원과 감시를 강화된 것이라 볼 수 있다.

결론

본 연구에서는 동일본 대지진 및 후쿠시마 원자력 발전소 사고에 대한 재해 발생 당시의 비상발령 및 주민 피난의 문제점 및 조치사항에 대하여 확인 및 분석하고자 문헌조사를 수행하였다. 후쿠시마 원자력 발전소 사고 당시의 드러난 주민 피난에 관한 주요 문제점 및 조치사항을 정리하였으며, 국내의 원자력 재해 대비를 위한 검토 사항으로 제시하고자 한다.

- 1) 동일본 대지진 및 대형 해일로 인하여 지상계 통신 선로의 불통의 문제가 대두되었다. 이에 따라 국가는 피난 및 재해정보가 주민에게 잘 전달되도록 고정 위성 설비 통신 시스템 등을 구축해야 하며, 지자체는 디지털 방재행정 무선 등의 정비 및 긴급 방재·감재(減災) 사업 등의 재정 지원을 하는 것으로 조치되었다. 또한, 방사선 측정 장치의 적절한 설치를 통하여 주민이 방사선 수치에 관한 재해 정보를 상시 확인할 수 있도록 조치되었다.
- 2) 동일본 대지진 이후, 방사능 재해에 대한 피난계획을 수립 시 재해 위험도를 고려하여 주민 피난과 주민 대피로 구분하도

록 조치되었으며, 이는 방사는 재해의 경우 광역단위의 피난이 요구되기 때문에 원활한 피난이 이루어질 수 있기 위함이다. 또한 광역단위 피난계획의 수립, 피난 수단의 확보, 교통정체 대책 등을 종합적으로 고려한 계획과 대책을 마련하도록 하였다. 이와 더불어 정부, 지자체와 주민이 참여하는 정기적인 피난 훈련을 수행해야만 하는 것으로 조치되었다.

- 3) 관련 지자체별 원자력 재해를 상정한 피난 약자를 위한 대책 및 원자력 재해 대응 의료기관을 설립 및 지정하도록 조치되었으며, 원자력 재해 대응 의료기관으로서의 갖추어야만 하는 기준이 마련되었다.
- 4) 원자력 재해를 대비한 지휘명령 계통이 일원화의 중요성이 제기되었다. 원자력 발전소를 보유하고 있는 지자체는 피난계획을 포함한 「긴급 시 대응」을 잘 정리해야만 하며, 국가는 지자체 및 원자력 방재 협의회(또는 담당기관)의 피난계획의 타당성을 잘 검토해야 하는 것으로 조치되었다. 더불어 국가는 지자체에서 필요로 하는 기자재 및 교부금 등을 다각도로 지원하도록 명시하였다.

References

- [1] Cabinet Office (2015). Government of Japan, Higashinohon daishinsai ni okeru genshiryokuhatsudenshojiko ni tomonau hinan ni kansuru jittai chōsa, <http://www.bousai.go.jp/jishin/sonota/hinan-chosa/index.html> (in Japanese)
- [2] Director General for Nuclear Disaster Management, Cabinet Office (2016). Higashinohon daishinsai ni okeru genshiryokuhatsudenshojiko ni tomonau hinan ni kansuru jittai chōsa kekka kara e rareta kadai to sono taiō jōkyō. (in Japanese)
- [3] Fukuchia Revitalization Station, Fukushima Prefectural Govt., Japan (2020). Hinan kuiki no hensen ni tsuite - kaisetsu -, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/cat01-more.html>
- [4] Genshiryoku kisei iinkai nenji hōkoku (2018). Tōkyōdenryoku Fukushima genshiryokuhatsudenshojiko chōsa iinkai no hōkoku-sho o ukete kōjita sochi. (in Japanese)
- [5] Genshiryoku iinkai (2019). Genshiryoku hakusho. (in Japanese)
- [6] IAEA (2005). The Chernobyl Forum Report.
- [7] IAEA, PRIS (2021). The Database on Nuclear Power Reactors, <https://pris.iaea.org/pris/>
- [8] Imanaka, T. (1998). Research Activities about the Radiological Consequences of the Chernobyl NPS Accident and Social Activities to Assist the Sufferers by the Accident. Research Reactor Institute, Kyoto University, KURRI-EKR-9
- [9] Imanaka, T. (2006). 「Cherunobuiri」 o mitsume naosu - 20-nen-go no messēji. CNIC(Citizens' Nuclear Information center). (in Japanese)
- [10] Miyagi Prefecture (2017). Higashinohon daishinsai no kiroku. (in Japanese)
- [11] National Hospital Organization (2017). Higashinohon daishinsai ni okeru kokuritsu byōin kikō no shien katsudō no kiroku. Higashinohon daishinsai ni okeru NHO no shien katsudō no kiroku. (in Japanese)
- [12] National Police Agency Emergency Disaster Security Headquarters (2021). Heisei 23-nen (2011-nen) Tōhoku chihō Taiheiyō oki jishin no keisatsu katsudō to higai jōkyō. (in Japanese)
- [13] National Diet of Japan Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission (2011). Kokkai jikochō, chōsa hōkoku-sho [honpen]. (in Japanese)
- [14] NHK (2011) Taimu rain genbatsu jiko# ano Ni~Tsu anata wa. (in Japanese)
- [15] Park, N., Kim, T. (2012). “A study on the current state analysis of the Korean and Japanese residence evacuation plans.” Journal of the Korea Society of Disaster Information, Vol. 8, No. 2, pp. 171-177.

- [16] Park, N., Yeo, W., Kim, T. (2012). "A study on civil defense evacuation facilities." *Journal of the Korea Society of Disaster Information*, Vol. 8, No. 1, pp. 56-70.
- [17] Tōkyōdenryoku Fukushima genshiryokuhatsudenjo ni okeru jiko chōsa kenshō iinkai (2012). Sai tsui-hō Tsuge. (in Japanese)

Appendix

국내에서 사용되는 재난 관련 용어 다소 동일하게 취급되는 경우가 존재함에 따라 본고에 사용된 재난 관련 용어의 다음과 같은 의미로 사용되었음을 명시한다.

- 재해와 재난: 재해는 자연현상의 동풍, 폭우, 태풍, 지진 등으로 받은 피해 또는 인간의 행위가 원인이 되는 피해를 말하며, 재난은 ‘불행한 사건’이라는 의미로서 그 이유와 원인을 불문하고 널리 사용할 수 있다.
- 피난과 대피: 피난은 ‘재난을 피하는 것’이라는 의미로 재해가 미치지 않는 안전한 장소로의 퇴거를 말하며, 대피는 “위험이 닥칠 것을 피하기 위해 기다리는 것”이라는 의미를 갖는다. 피난은 주로 다른 위치로의 퇴거를 의미하지만, 대피는 퇴거뿐만 아니라 그 자리에 머무를 수도 있는 것이 특징이다.