

과거 재난사례분석을 통한 재난 의사결정 체크리스트 구성에 관한 연구

A Study to Construct a Decision-making Checklist through the Analysis of Past Disaster Case

서경민¹ · 임상규² · 최우정^{3*}Kyungmin Seo¹, Sankyu Rheem², Woojung Choi^{3*}¹Researcher, Disaster Policy Research Center, National Disaster Management Research Institute, Ulsan, Republic of Korea²Senior Researcher, Disaster Policy Research Center, National Disaster Management Research Institute, Ulsan, Republic of Korea³Senior Researcher, Disaster Policy Research Center, National Disaster Management Research Institute, Ulsan, Republic of Korea

*Corresponding author: Woojung Choi, cwj3464@korea.kr

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to create a checklist for each type of disaster and to suggest a method for establishing an appropriate response system and making accurate and rapid decision-making. **Method:** In order to derive checklist factors, previous case analyses (Tropical Storm Rusa (2002), Typhoon Maemi (2003), and Typhoon Chaba (2016)) were conducted for typhoon disaster. Grouping was conducted to derive checklist factors by analyzing general status (climate and weather) information and characteristics by case. **Result:** The case study was divided into national level and county level. In terms of national unit, eight forecasts were included: weather forecast, typhoon landing status, typhoon intensity, typhoon radius, central pressure, heavy rain conditions, movement speed, and route. Local governments should reflect regional characteristics, focusing on the presence or absence of similar typhoons (paths) in the past, typhoon landing time, regional characteristics, population density, prior disaster recovery, recent disaster occurrence history, secondary damage, forecast warning system. A total of eight items were derived. **Conclusion:** In the event of a disaster, decision making will be faster if the checklist proposed in this study is used and applied. In addition, it can be used as the basic data for disaster planners' response plans in case of disasters, and it is expected to be a more clear and quick disaster preparedness and response because it reflects local characteristics.

Keywords: Typhoon, Disaster situation room, Emergency management Agency, Decision-making checklist

요약

연구목적: 본 연구는 재난유형별 체크리스트 작성을 통해 해당재난에 대한 적합한 대응체계 수립과 정확하고 신속한 의사결정을 위한 방안을 제시하고자 한다. **연구방법:** 체크리스트 요인 도출을 위하여 태풍재난을 대상으로 과거 사례분석(태풍 루사(2002), 태풍 매미(2003), 태풍 차바(2016))을 진행하였다. 일반적인 현황(기후·기상)정보와 사례별 특징 등을 분석하여 체크리스트 요인 도출을 위한 그룹핑(grouping)을 진행하였다. **연구결과:** 사례조사를 통해 크게 국가단위(National level)와 지자체 단위(county level)로 분류하였다. 국가단위의 항목으로는 기상예보, 태풍상륙여부, 태풍강도, 태풍반경, 중심기압, 호우동반 여부, 이동속도, 이동경로 총 8개를 도출하였고, 지자체 단위에서는 지역특성을 반영해야 항목들을 중심으로 과거 유사 태풍 유무(경로 등), 태풍상륙시점, 지역특성, 인구밀집 시기, 선행재난 복구 여부, 최근 재난발생 이력, 2차 피해, 예·경보 시스템으로 총 8개 항목을 도출하였다. **결론:** 재난

Received | 4 November, 2019

Revised | 18 November, 2019

Accepted | 11 June, 2020

 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 any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

발생 시 본 연구에서 제안한 체크리스트를 활용·적용한다면 보다 신속한 의사결정이 이루어 질 것으로 판단된다. 또한, 재난발생시 재난실무자들의 대응계획 수립에 기초자료로 활용될 수 있을 것이며 지역특성을 반영했기 때문에 좀 더 명확하고 신속한 재난 대비·대응이 될 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어: 태풍, 재난상황실, 재난안전대책본부, 의사결정, 체크리스트

서론

연구의 배경 및 목적

재난이 복잡화·대형화되면서 기존의 대응중심 체계에서 벗어나 최근에는 예방차원에서 선제적인 대응체계를 강조하고 있다. 이를 위해 「재난 및 안전관리 기본법」 제18조1항에서는 재난정보의 수집·전파, 상황관리, 재난발생 시 초동조치 및 지휘 등의 업무를 수행하기 위해 행정안전부를 비롯한 각 부처, 시·군·구에 재난안전상황실을 설치·운영하도록 명시하고 있다.

평시의 재난안전상황실은 다양한 기상정보 및 소관재난과 관련한 현황 정보, 재난방재시설에 대한 정보, 다양한 사고정보 등이 NDMS(국가재난정보관리시스템)를 통해 실시간으로 공유되다가 재난시로 전환이 되면 재난안전 및 위기상황 종합관리, 재난상황 접수, 파악, 전파, 상황판단 및 초동보고를 위한 역할 등을 담당하게 된다. 하지만 행정안전부가 운영하는 중앙재난안전상황실과 소관 재난을 관리하는 부처별 재난안전상황실은 전담공무원, 상시근무 등 체계가 갖춰진 상태에서 운영되고 있지만 시·군·구의 경우 재난관리 부서에서 41종의 재난을 모두 대응하고 전담인력 부족 등 원활한 상황실 운영에 어려움을 겪고 있다.

중앙재난안전상황실의 경우 업무편람을 통해 전반적인 상황실 운영에 대한 내용이 명시되어 있으나 타 부처, 시·군·구에서는 따로 상황실 역할에 대한 내용을 명시하고 있지 않다. 상황실의 역할은 위기관리 매뉴얼에서 개략적으로 명시하고 있지만 대부분 신고접수 및 상황접수의 역할에만 그치고 대책본부가 설치 될 경우 상황실의 역할은 대책본부로 이관된다. 즉 상황실은 대책본부 설치 이전 수십 건씩 발생하는 사건·사고들 중 재난 확대 가능성이 있는 경우를 판단하고 신속하게 대책본부를 설치하도록 권고해야 하지만 이를 판단할 수 있는 기준이 모호하기 때문에 상황실의 역할 재정립과 초기 의사결정에 대한 체계 정립이 필요하다. 미국의 경우 재난 발생시 우리나라의 상황실과 대책본부의 기능을 하는 재난안전상황실(EOC: Emergency Operations Center)이 가동되며 재난 사고에 대한 상황관리 및 정보수집·전파·지원 등에 대한 역할을 담당하고 있다. 미국 EOC 가동 기준은 재난 개수, 규모, 크기 등에 따라 달라진다. 또한 EOC는 상황실과 대책본부의 기능이 통합되어 운영되고 있기 때문에 일단 가동이 되면 사고와 재난을 판단할 수 있는 초기상황판단의 시간을 줄이고 초기에 재난 확대를 막기 위한 대응 및 수습 체계로 신속하게 운영된다.

국내에는 처음 신고접수를 받는 재난상황실과 대책본부가 이원화 되어있기 때문에 상황실에서 정보 수집·전파의 역할만 수행하고 대책본부 설치 후에는 일원화 된 정보수집이 아닌 해당 소관 부서에서 정보를 취합하기 때문에 구체적인 정보수집절차에 대한 내용이 부재하다. 또한 재난 특성상 재난진행과정에서 시시각각 변화하는 형태를 체크할 수 있는 절차를 찾아보기 어려웠다. 이는 신속한 의사결정 어렵고 정보의 왜곡 등이 발생 할 수 있다. 이에 본 연구자는 우리나라 체계 안에서 최대한의 효율성을 높일 수 있는 방안으로 체크리스트 제시하였다. 제시한 체크리스트는 과거 재난사례 속에서 발생했던 문제들을 그룹핑(grouping)한 평가항목을 체크리스트화 한 것으로 신속한 초기대응을 위한 정성적인 의사결정 도구로 활용 가능하다. 물론 똑같은 재난 상황이란 존재하지 않지만 과거 사건의 영향과 사건이 다뤄진 과거의 방식에서 중요한 교훈을 얻으면 앞으

로 발생 할 수 있는 피해들을 예방하거나 최소한으로 줄일 수 있는 효율적이고 합리적인 결정을 내릴 수 있는 근거가 될 것이다(2017, 재난관리 및 대응 사례연구).

따라서 중앙에서 제공하는 기후·기상항목 이외에도 재난 특성을 반영하여 발생지역의 공간적, 사회·경제·문화적 특수성을 고려한 요인들을 도출할 필요가 있다. 현재 「재난 및 안전관리 기본법」에서 규정하고 있는 재난은 총 41종(자연/사회 재난 포함)이지만 체크리스트의 구체적인 요인도출 및 과정을 설명하기 위해 국내에서 가장 빈번하게 발생하는 태풍재난을 사례로 선정하여 설명하였다. 향후에는 41종에 해당하는 재난 유형별 특성과 지역적·공간적 변수를 고려한 재난유형별 체크리스트 도출을 위해 지속적인 연구와 관심이 필요하다. 풍수해(태풍/호우, 대설), 가뭄, 폭염, 한파 등 예측이 가능한 재난의 경우에는 해당 재난의 정보를 파악 후 신속하게 작성되어야 하며 사회재난의 경우에는 예측이 어렵기 때문에 평시에 다양한 요인들을 고려한 기본적인 체크리스트 작성이 필요하다. 이러한 체크리스트 작성은 재난 정보수집의 연계성을 높여주고 불필요한 정보수집 및 확인절차를 줄이는 신속한 의사결정을 위한 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

연구 범위 및 방법

본 연구는 태풍 재난을 대표적인 사례로 선정하였고 문헌자료(재난연감, 재해연보, 재난사례집, 보고서 등), 인터넷을 통한 자료수집 및 분석을 진행하였다. 구체적인 연구 절차는 다음과 같다.

첫째 체크리스트 도출을 위해 재난관리 및 대응에 대한 이론적 고찰을 통해 전반적인 동향을 살펴보았다.

둘째 국내에서 발생한 태풍 중에서 강력한 태풍강도와 대규모 인명/재산피해가 발생했던 태풍을 대상으로 하였으며 태풍 루사(2002), 매미(2003), 차바(2016)를 대표사례로 선정하여 분석하였다.

셋째 사례분석을 통해 체크리스트 항목을 유형화하였다. 항목에 대한 자세한 설명은 체크리스트 유형 도출 부분에서 상세하게 설명하였다.

이론적 고찰

미국 EOC (Emergency Operations Center) 의 Activation level

미국은 사건·사고에서 재난으로 확대 여부를 판단하기 위한 기준을 EOC guideline 안에 수립하고 있다. 그 중 Activation Flowchart에서는 사건 발생 또는 발생 가능성이 높을 경우에 해당지역의 자원요청 유무, 현지 비상 선언 유무, 대피경고명령 필요 등의 체크 항목을 제시하고 있다. 사건이 해결이 될 가능성이 높을 경우 Standby 상태 또는 모니터링을 유지하고 해결이 되지 못한 경우 EOC 가동이 요구되어진다. 이에 소규모 사건이나 단독 기관이 대응 가능한 경우에는 제한된 EOC 기능이 활성화 되고(Level 1) 중간정도의 사건 또는 다부처 협업이 필요한 경우 부분적인 기능이 활성화 된 EOC가 가동(Level 2)된다. 대형사건 또는 복합 기관, 지역적 대응이 필요한 경우 모든 기능이 활성화 된 EOC가 가동(Level 3)된다. 즉 미국의 Activation level은 1차 대응기관의 대응 가능성 여부를 판단할 수 있는 기준을 마련하고 있으며 상황에 따라 위험등급을 분류하고 그에 따른 EOC 가동여부와 대응체계를 명시하고 있다.

미국 IAP (Incident Action Plan)

앞서 설명했던 재난상황실에서는 해당 재난에 따라 맞춤형 계획인 ‘통합대응계획(IAP: Incident Action Plan)’을 수립하

고 있다. 통합대응계획은 역할과 담당자가 기록된 ‘IAP’를 통해 다양한 참여기관이 공통목표에 따른 통합적 대응을 수행하며 재난대응의 목표를 정의하고 운영기간동안 필요한 전술을 반영하여 주요 상황변화에 따라 지속적으로 수정한다.

사건발생시 재난의 위험성평가를 거쳐 현장의 상황정보와 연계하여 ‘P’ 프로세스를 작성하고 초기 사고관리 활동을 구축한다. ‘P’ 프로세스는 상황이해-사고목표 설정-계획개발-계획서 작성 및 배포-계획 실행, 평가 및 수정과정을 반복하며 주요 상황변화에 따라 수정되고 공유된다.

중앙상황실 업무편람

우리나라 재난안전상황실은 「재난 및 안전관리 기본법」 제3절 제18조(재난안전상황실)에서 재난정보의 수집·전파, 상황관리, 재난발생 시 초동조치 및 지휘 등의 업무를 수행하기 위하여 상시 재난안전상황실을 설치·운영한다고 규정하고 있다. 상황실 운영규정은 중앙재난안전상황실 업무편람에서 주요 상황처리 Check List가 작성되어 있다. 이 Check List는 ① 상황접수 및 보고·전파, 초기대응에 관한 체크리스트와 ② 상황처리 주요 Check List로 분류되어 있다. ① 상황접수 및 보고·전파 단계에서는 상황접수부터 상황전파 및 보고에 대한 체크리스트가 작성되어 있으며 초기대응단계에서는 추가 피해상황, 현장 대처상황에 대한 체크리스트가 작성되어 있다. ② 상황처리 주요 Check List는 상황판단회의 개최에 관한 사항, BH·총리실 보고, 관계기관 대응상황 확인에 대한 체크리스트가 작성되어 있다. 이 체크리스트는 중앙차원에서의 위계 특성상 포괄적인 접수·보고·전파 내용만 작성되어 있으며 타 부처상황실, 시·군·구 단위에서는 이러한 규정이 없는 경우가 많다. 특히 1차 대응기관인 시·군·구의 경우 재난유형별로 신속한 상황판단이 필요함에도 불구하고 이러한 수단이 부재한 상황이다.

미국 EOC의 Activation level에 따라 대책본부 가동 수준을 결정하듯이 우리나라도 초기 상황실에서 사고와 재난을 구분하고 대책본부 설치 요청을 할 수 있는 체계가 필요하며 이와 더불어 IAP와 같이 재난별 대응계획을 수립하여 해당재난에 필요한 대응 항목들을 작성하는 맞춤형 대응계획이 필요하다고 판단되었다. 본 연구자가 제시한 체크리스트는 초기 상황접수 시 재난안전상황실과 대책본부 설치 이후의 재난담당자들이 해당재난을 신속하고 정확한 상황판단과 선제적인 대응계획을 수립하기 위한 의사결정 수단으로 제안하고자 한다.

태풍 사례조사

기상청 자료를 바탕으로 역대 우리나라 최대 피해가 발생한 태풍 3개의 사례조사를 실시하였다. 태풍 루사(2002), 태풍 매미(2003), 태풍 차바(2016)에 대하여 기상예보, 태풍상륙예보, 태풍발생 지역특성, 태풍특성, 기상상황, 예·경보/대피 시스템, 과거이력, 2차 피해로 분류하였다. 이는 향후 체크리스트 요인과 연계하여 조사하였고 요인 도출에 대한 근거로 제시하였다.

태풍 루사

기상예보

태풍 루사는 2002년 8월 23일(12:40)에 발생하였다. 기상청은 강도 높은 태풍피해가 예측됨에 따라 유관기관을 통하여 8월 29일(16시)와 8월 30일(10시)에 태풍정보를 정기적으로 전송하였으며, 31일 강원도는 태풍주의보(05:00), 영동지역은 태풍경보(07:30) 발령하였다.

태풍상륙 여부

기상청은 2002년 8월 29일(10:30) 300 mm 이상 강수량을 동반한 한반도 상륙을 발표하였다. 8월 31일(15시 30분경)에는 전남 고흥반도 남쪽 해안으로 상륙하여 남원, 무주지방을 지나, 9월 1일 03경에 충북 보은, 09시경 강원도 평창, 12시경 인제 부근을 거쳐 15시경에는 속초 북동쪽 130 km 해상으로 빠져나가면서 열대저기압으로 약화되었다.

태풍 발생 지역 특성

태풍 루사는 산지가 많은 영동 중부지방으로 진행함에 따라 비 구름대를 더욱 발달시킴으로써 강릉을 중심으로 영동지방에 기록적인 집중호우 현상이 발생하였다.

태풍 특성

태풍 루사는 과거 한반도에 상륙한 태풍과 달리 대단히 이례적인 현상을 나타냈다. 강력한 태풍(TY, 950hPa) 세력을 유지, 태풍의 눈이 뚜렷했으며 매우 느리게 북상하여 북위 35도를 지나서 전향하였다. 느리게 북상한다는 것은 강우의 중심이 정체되고 북동기류의 비교적 찬 성질의 기류가 지속적으로 유입되어 일시에 많은 양이 내리게 하는 원인이 되었다.

기상상황

태풍 루사는 집중 호우로 인한 피해가 크게 발생했다. 강릉의 경우 1시간 최다강수량인 100.5 mm, 일 강수량 870.5 mm로 극값을 경신하는 등 대형 태풍 형태로 관통하여 국내 역대 최대 강우관측기록을 경신하는 국지성 집중폭우를 기록하였다.

예·경보/대피 시스템

루사가 발생했던 2002년에는 예·경보/대피시스템이 체계적으로 구축되지 않아 정보전달에 한계가 있었다. 주민들의 자의적 판단이나 이웃 또는 관계 공무원들의 호별 방문, 권고에 의해 사전대피에 의존할 수밖에 없었다(2002, 루사 백서). 태풍이 여름에 발생했기 때문에 태풍경로에 있는 계곡의 아영객들과 하천변 등에 거주하는 주민들은 사전대피에 대한 정보를 쉽게 얻지 못했다 이 당시에는 재난 위험성에 대한 인지보다는 사유재산을 포기하지 못하고 대피를 하지 않는 주민들이 많았으며 이를 단속하기도 어려웠다. 이러한 경우에는 자연적인 원인 이외에도 피해지역 위치와 안전의식 등이 피해 확대에 영향을 미치기도 하였다.

과거이력

태풍 루사는 발생 이전인 8월 4일부터 11일까지 전국적으로 집중호우가 발생해 피해 확대에 영향을 미쳤다. 시간당 50 mm 이상의 매우 강한 비는 강원·충청·경상도 지역에 집중적인 피해가 발생했다. 특히 김해시 한림면의 경우 기상특보가 해제된 이후에도 낙동강 상류지역의 홍수량과 하류지역의 강우 발생 및 해안고조 등으로 저지대 배수가 지체되어 오랫동안 침수 피해를 겪었다. 또한 삼척지역은 2000년 4월 7일부터 15일까지(9일간) 발생한 대규모 산불과 크고 작은 산불로 연약해진 지반과 토층의 지지력을 상실한 표층부가 하류로 유출됨으로써 그 피해가 확대되었다. 강릉시의 경우에도 7월 5일에서 7월 6일 태풍 “라마순” 수해로 이미 피해가 발생한 상태였다. 즉 루사 상륙 이전의 산불, 잦은 강우 및 집중호우로 인해 표면 토양이 포화되고 지반이 연약해진 상태는 루사 상륙이 이후 더 큰 피해가 발생하는 원인으로 작용하였다.

2차 피해

태풍 루사는 한반도를 관통하여 전국적으로 사상 초유의 피해를 발생시켰다. 특히 강수량 대부분이 강수량으로 전환하여 토사 유출로 인한 대규모 피해가 발생했다. 고성군의 경우에도 산간지역의 집중호우로 발생한 산사태로 인해 전기, 통신, 상수도 등 생활기반이 무너지면서 피해가 확대되었으며 영동지역 남북, 영동과 영서를 잇는 고갯길마다 크고 작은 산사태로 교통이 전면 통제되어 동해안 지역이 고립되는 사상최악의 재난으로 기록되고 있다. 태풍 루사가 지나간 이후에도 응급복구가 한창 진행 중인 10월 18일에서 20일 사이 또 다시 집중호우(210.4 mm)가 발생하여 농경지, 주택, 도로 등이 유실 및 침수되는 등 추가 피해가 발생하였다. 강릉지역의 경우에는 과거 홍수피해가 크지 않았던 지역이었으나 루사 발생 당시에 택지개발 등 다양한 개발사업이 지속적으로 진행되었던 지역에 급작스럽게 강수가 저지대로 집중되면서 대규모 침수가 발생하게 되었고 이를 대비하지 못한 강릉시는 대규모 피해가 발생하게 되었다. 이외에도 하수처리장 및 전신주 침수, 전력 중단 등으로 인해 피해는 확대되었고 신속하게 응급복구가 이루어지지 못했다.

태풍 매미

기상예보

태풍 매미는 2003년 9월 12일 발생한 태풍으로써 9월 12일 11시를 기하여 남해 앞바다에 태풍경보, 서해중부 전해상, 동해 중부 전해상, 강원도, 울릉도, 독도, 서해5도 지역에 태풍주의보를 발령하였다.

태풍상륙 여부

태풍 매미는 태풍의 전형적인 패턴이라고 볼 수 있는 포물선 형태로 진행되어 한반도 상륙 가능성을 초기에 파악할 수 있었다. 기상청은 9월 10일 17시에 보도 자료를 통해 한반도 남해안 상륙 가능성을 공식적으로 공표하였고 17시경 제주도 동쪽 해상을 통과하여 20시경 경상남도 사천시 부근으로 상륙하였다.

태풍 발생 지역 특성

우리나라 남해안 내륙에 상륙한 매미는 북북동진하여 경상남도 함안을 거쳐 13일 02시 30분경 울진 부근 해안을 통해 동해상으로 진출하는 경로로 이동하였다. 이때 대관령과 강릉을 포함한 영동지방에서 태풍이 몰고 온 온난 다습한 기류와 북동쪽에서 유입된 비교적 한랭한 기류가 태백산맥에서 부딪히는 등의 복합적인 요인으로 강한 비구름을 형성하였다. 이는 2002년에 발생한 태풍 루사에서 집중호우에 영향을 미쳤던 지형적 원인과 유사한 형태로 나타났다. 또한 남해안지방은 폭풍해일, 경상도 및 강원도 영동지방은 집중호우와 폭풍에 의한 피해가 발생하였다.

태풍 특성

태풍 매미는 2003년에 발생한 가장 강력한 태풍으로써 비와 강풍이 동반되어 발생되었다. 매미는 그 당시까지 우리나라에 영향을 미친 대부분의 태풍과 달리 최전성기의 위력을 유지한 채 우리나라에 상륙했다는 특성을 가지고 있다. 1959년에 발생했던 ‘사라호’ 태풍 이후 처음으로 대형해일까지 유발하여 2차 피해를 발생시켰다.

기상상황

태풍 매미는 강한 풍속으로 많은 시설물에 피해를 입혔다. 9월 12일 15시경 제주도 서귀포 남동쪽부터 17시 제주도 동쪽 해상을 통과할 때 최대순간풍속이 60 %로 우리나라 관측(1904년)이래 최대 순간풍속을 기록하였다. 12일 20시경 내륙으로 상륙한 태풍은 순간최대풍속이 49.2 %를 경신하며 경상남도 해안지방에 강한 바람이 불었고 이로 인해 부산항 크레인 붕괴, 선박 침몰 등의 시설물 피해가 발생했다.

예·경보/대피 시스템

태풍 매미는 부산항의 크레인을 무너뜨린 정도의 역대급으로 강한 위력 때문에 큰 피해가 발생했다. 보도 자료에서는 기상 예측시스템의 발달로 태풍 루사보다 인명피해가 감소했다고 분석하였으나 태풍 매미도 적지 않은 인명피해가 발생했다. 이는 기상 예·경보시스템이 예전보다 발달되었을 뿐 주민 대피를 위한 예·경보 시스템이나 대피지시는 미흡했다고 볼 수 있다.

과거이력

태풍 매미는 장마철과 태풍 빈번하게 발생 하는 기간(7월-9월)에 발생하여 토양층이 매우 약해져 있는 상태였다. 강원도의 경우 태풍 루사의 복구가 덜 된 상태에서 다시 태풍이 발생함에 따라 그 피해가 가중되었다.

2차 피해

태풍 매미가 처음 상륙한 남해안 지역 중 특히 마산에서 큰 피해가 발생했다. 태풍 상륙 시각이 남해안 만조 시각과 겹쳐 해일이 발생하였고 그 해일을 예상하지 못했던 마산시는 대피 명령을 지시하지 못한 상태에서 해일로 인한 부두의 원목 수천여 개가 바닷물과 함께 도심지로 밀려와 지하 건물의 출구를 막는 등 매립지 도시지역의 대규모 침수 발생 및 인명피해가 발생했다. 이는 구조적 차원의 문제도 있지만 그 당시 도시기본계획에서 방재계획이나 시설이 구체적으로 계획되고 시행되는 경우가 없어 피해를 더 확대시킨 원인으로 분석되었다. 이외에도 총 1,477천호의 정전, 원자력 발전소(고리 1~4호기, 월성 2호기) 5기 가동 중단, 정수장 가동이 중단되어 가구의 식수공급 중단, 항만 컨테이너 11기가 파손되는 등 다양한 형태의 피해가 발생했으며 강풍으로 전력 및 통신망의 피해, 해수로 인한 염해 피해, 전기 및 상하수도 시설 등의 복구가 지연되기도 하였다.

태풍 차바

기상예보

태풍 차바는 2016년 9월 29일 태평양에서 발생하여 10월 5일 우리나라에 상륙한 태풍이다. 10월 4일 20시에 제주 기상청은 태풍주의보를 발령했으며 10월 5일 02시경 광주기상청은 광주, 전라남도에 태풍주의보를 발령하였다.

태풍상륙 여부

태평양에서 발생한 태풍 차바는 10월 4일 제주특별자치도 부근 해상으로 접근하면서 영향권에 접어들기 시작했으며 04시 50분경 제주도 성산 부근을 지나 10시경 경남 거제도 부근을 통과, 11시경 부산에 상륙하였다. 12시 동해상으로 진출 후 24시경에 소멸하였다.

태풍 발생 지역 특성

태풍 매미의 경우에는 태풍에 동반된 수증기가 강한 바람과 함께 지형과 충돌하면서 제주상간 지역에는 500 mm 이상, 울산 부근은 300 mm 이상의 많은 강수량을 나타냈다.

태풍 특성

태풍 매미는 10월 한반도에 상륙한 역대 태풍 중 가장 강한 태풍으로 평년보다 강하게 발달한 북태평양 고기압 가장자리를 따라 북상하면서 빠른 이동속도와 강한 강도를 유지하였다. 제주도와 남부지방에는 초속 30m 이상의 매우 강한 바람을 동반하였다. 특히 태풍 진로 상의 제주도 남쪽해상의 수온이 평년보다 1°C 이상 높고 높은 편서풍대와 만나 시속 40 km 정도의 빠른 속도로 이동하여 강한 세력을 유지한 채 한반도에 상륙하였다.

기상상황

태풍 차바는 역대 최대 단기간 강수량을 발생시킨 태풍으로써 1시간 최대강우량(139.0 mm)을 경신했으며 3시간 지속시간 강우량은 500년 빈도 이상 발생하였다(1시간 500년 빈도 강수량 107.5 mm 보다 31.5 mm가 더 내림). 특히 울산지역의 경우에는 수문학적으로 가능최대강수량(PMP)를 초과하는 강우량이 발생하면서 기존의 방재시스템이 제대로 작동하지 않아 피해가 확대되는 원인이 되었다.

예·경보/대피 시스템

가장 큰 피해를 입은 지역 중 하나인 울산 태화시장 인근의 우정혁신도시에서는 혁신도시 내 자동우량경보시설의 사이렌이 울리지 않았으며 경보시설 관리주체도 부재한 상황이었다. 아파트 지하 주차장 침수로 인해 인명피해가 발생했던 반천 현대아파트에서는 수문개폐 및 대피방송 여부와 관련하여 주민과 한국수자원공사의 갈등이 발생했다. 또한 태화강변의 노상 주차장의 경우에도 늦은 차량 대피 문자 및 방송으로 인해 신속한 차량대피가 이루어지지 않는 등의 추가적인 재산피해가 발생했다.

과거이력

태풍 차바는 다른 태풍과 달리 재난발생 이력이 없는 단발성으로 발생한 태풍이라고 할 수 있다. 우리나라에 영향을 미치는 태풍은 7월-9월에서 빈번하게 발생하지만 태풍 차바의 경우 이례적으로 10월에 강한 강도를 유지하면서 우리나라에 영향을 미쳤다. 이는 급격한 기후변화로 인해 예측 불가능했으며 기존의 수용 가능한 대응용량을 초과하는 강력한 태풍이었기 때문에 그 피해는 더욱 컸다.

2차 피해

태풍 차바가 제일 먼저 상륙했던 제주도는 각종 시설물 피해가 발생했고 내륙 상륙 후 경상남도에서는 정전과 동시에 이동통신망의 일시적인 마비, 만조와 태풍 폭우가 겹쳐 우수관을 통해 바닷물이 도로위로 역류하는 현상, 도심 침수, 정전과 단수까지 겹치면서 피해가 확대되었다. 부산의 경우 정전발생과 바닷가와 인접한 마린시티 일대가 물에 잠기는 등 도심 곳곳에 침수가 발생하였다. 울산의 경우에도 현대자동차 침수로 인해 생산을 중단하였고 아파트 주변 댐 수위가 올라오자 사전 통보

없이 물을 방류하여 아파트 지하주차장 침수로 인명피해가 발생하기도 하였다. 울산 지류하천인 태화강 주변에 위치한 태화시장은 인근 수위가 급격하게 상승한 침수로 인해 큰 피해가 발생했다. 울산의 경우 태풍이나 집중호우 발생 시 홍수피해 조절을 해주는 댐이 부재하고 기존에 건설되어 있는 대암댐, 사연댐의 경우 농업용수 취수용 댐이며 대곡댐은 반구대 암각화 보호를 위해 거의 사용하지 않는 댐이라고 볼 수 있다. 저류지의 경우에도 수문이 없어 용량을 충분히 활용하지 못했고 가장 큰 피해를 입은 지역인 태화시장은 저지대에 위치하고 있음에도 불구하고 침수예방을 위한 배수펌프장이 없는 등 구조적인 문제가 제기되었다. 또한 많은 비를 예상하지 못했기에 차량 대피 방송도 늦었지만 대피 방송을 듣고도 안일하게 대처했던 시민들로 인해 저지대에 위치한 태화강변의 주차된 차들이 침수되는 등 2차 피해가 더 가중되었다.

체크리스트 요인 도출

Fig. 1에서 국가단위(National level)는 상황파악 및 모니터링 단계라고 할 수 있다. 기상청의 기상정보를 바탕으로 태풍의 크기, 강도, 한반도 상륙 여부 등의 정보를 수집하는 단계이다. 지자체 단위(County level)는 국가단위에서 전파된 정보를 바탕으로 지자체 수준에서 작성되는 단계로서 기상정보와 해당 지역의 지역적 특성을 바탕으로 구체적인 상황판단을 위한 요인들로 구성되어 있다. 기후적인 요인과 지형적 특성을 토대로 태풍이 해당지역에 미칠 수 있는 요인들을 사전에 체크함으로써 선제적인 재난대응을 유도하고자 한다. 이는 동일한 재난이라도 대응방식과 지역의 특성 등에 따라 미치는 영향력과 결과는 달라지기 때문에 동일한 체크리스트 항목을 적용할 수 없다. 따라서 해당지역이 가지고 있는 문제점을 신속히 파악하여 작성된 체크리스트는 기상청에서 태풍정보를 6시간마다 전파하듯이 기관별 정해진 시간대에 따라 현재 상황을 체크하고 보고차수에 따라 체크리스트도 계속 작성되는 형식으로 활용해야 한다. 태풍의 경우 상륙 이후 다양한 요인으로 인해 실시간으로 변화하기 때문에 수시로 체크하는 것이 필요하다. 따라서 중앙부처에서는 기상정보를 정확하고 신속하게 소관부처 및 지자체에 전파해야 하며 지자체에서는 기상정보와 지역특성을 함께 고려하여 대형재난으로 확대될 수 있는 요인들을 도출하고 그에 따른 대응체계를 수립해야 한다.

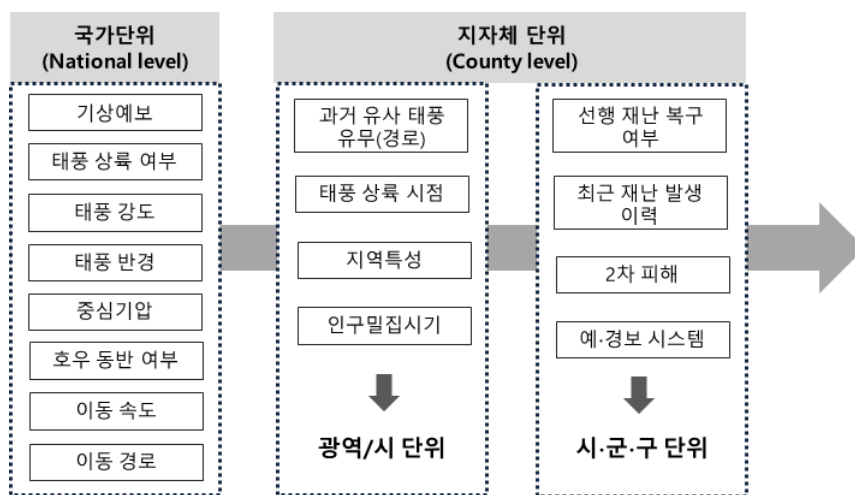


Fig. 1 Check list flow chart

이를 통해 Table 1은 태풍을 대상으로 작성한 체크리스트이다. 대규모 인명/재산 피해 및 사회적으로 이슈화 된 사례조사를 통해 유형화 시킨 요인들을 표로 작성하였다. 도출된 요인들은 태풍의 특징, 문제점 및 2차 피해 등 재난으로의 확대가능성에 영향을 주는 변수들을 위주로 유형화하였으며 이를 사전에 체크해야 할 요인들로 최대한 포괄하여 도출하였다.

Table 1. Typhoon check list

| Step 1. | 국가 단위(National Level) | | | | ⇒ | Step 2. | 지자체 단위(County Level) | |
|-------------|-----------------------|-------|---------|-------|---------|-----------------|----------------------|-------|
| 구분 | 세부요인 | Check | 세부요인 | Check | | 구분 | 세부요인 | Check |
| 기상예보 | 태풍주의보 | | 중심기압 | | | 과거 유사 태풍 유무(경로) | | |
| | 태풍특보 | | 호우동반 여부 | | | 태풍상륙 시점 | 태풍 상륙 시점 | |
| 태풍상륙 여부 | 한반도 상륙 | | 이동속도 | | | | 밤 | |
| | 주변 영향권 | | 이동경로 | | | | 낮 | |
| 태풍강도 | 약 | | 동해안 | | | 밤/새벽 | | |
| | 중 | | 서해안 | | | 태풍 도달 시간 | | |
| | 강 | | 남해안 | | | 지역특성 | 내륙지역 | |
| | 매우 강 | | 수도권 | | | | 산간지역 | |
| 태풍반경 | 소형 | | | | | | 해안지역 | |
| | 중형 | | | | | 하천주변 | | |
| | 대형 | | | | 인구밀집 시기 | 휴가철 | | |
| | 초대형 | | | | | 명절연휴 | | |
| 구분 | 세부요인 | Check | 현재상황 | | 조치사항 | | | |
| 선행 재난 복구 여부 | 재해위험지역 정비 | | | | | | | |
| | 미 복구 | | | | | | | |
| | 복구 중 | | | | | | | |
| | 복구 완료 | | | | | | | |
| 최근 재난 발생 이력 | 자연재해위험개선지구 | | | | | | | |
| | 침수위험지구 | | | | | | | |
| | 유실위험지구 | | | | | | | |
| | 고립위험지구 | | | | | | | |
| | 취약방재시설지구 | | | | | | | |
| | 붕괴위험지구 | | | | | | | |
| | 해일위험지구 | | | | | | | |
| | 자연재해위험지구 | | | | | | | |
| | 하천재해 | | | | | | | |
| | 내수재해 | | | | | | | |
| | 사면·토사재해 | | | | | | | |
| | 해안재해 | | | | | | | |
| | 바람재해 | | | | | | | |
| | 대설·가뭄재해 | | | | | | | |

Table 1. Typhoon check list (Continue)

| 구분 | 세부요인 | Check | 현재상황 | 조치사항 | |
|----------|-------------|-------------|---------------|-------|------|
| 2차 피해 | 사망자/부상자 발생 | | | | |
| | 인구집중지역 | | | | |
| | 도심지역 | | | | |
| | 해안주변 주거지역 | | | | |
| | 인프라 마비 | | | | |
| | 정전 | | | | |
| | 단수 | | | | |
| | 도로 파손 | | | | |
| | 중요 및 위험시설 | | | | |
| | 원전입지 주변지역 | | | | |
| | 산업단지 주변지역 | | | | |
| | 국가중요시설 주변지역 | | | | |
| 구분 | 세부요인 | Check | 연락여부 | Check | 조치사항 |
| 예·경보 시스템 | 수문시스템 | | 수자원공사 | | |
| | 배수펌프 | | 지자체 | | |
| | 하천수위 | | 홍수통제소 | | |
| | CCTV 작동여부 | | 지자체(상황실) | | |
| | 대피방송여부 | | 수자원공사/기타 소관기관 | | |
| | | 행정기관(시/구/군) | | | |

태풍 체크리스트(안)

국가 단위(National level)

Table 1의 Step 1은 국가수준에서 태풍정보에 대한 기상정보를 접수 및 전파, 모니터링 단계에 해당되며 크게 8개의 요인으로 분류되어 있다. 이 단계는 전국단위 정보를 수집하는 단계로써 기상예보, 태풍상륙여부, 태풍강도, 태풍반경, 중심기압, 호우동반여부, 이동속도, 이동경로로 분류되며 태풍의 전반적인 정보를 제공하는 단계라고 볼 수 있다. 이 정보는 Step 2에 해당하는 지자체 수준의 체크리스트 작성을 위한 기초정보를 제공한다.

기상예보

태풍예보는 크게 주의보와 특보로 구분할 수 있다. 주의보는 태풍으로 인하여 강풍, 풍랑, 호우, 폭풍해일 현상 등이 주의보 기준에 도달할 것으로 예상될 때 발령한다. 특보는 태풍으로 인하여 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우로써 ① 강풍(또는 풍랑) 경보 기준에 도달할 것으로 예상될 때 ② 총 강우량이 200 mm 이상 예상될 때 ③ 폭풍해일 경보 기준에 도달할 것으로 예상될 때 발령하게 된다. 기상예보는 태풍의 정도를 파악하는 가장 기본적인 정보이기 때문에 신속한 정보수집 및 전파가 필요하다.

태풍상륙여부

태풍상륙여부는 우리나라에 태풍이 직접 상륙하는지, 일본이나 중국쪽으로 진행함에 따라 우리나라가 영향권에 포함되는지에 대한 여부를 판단하는 항목이다. 국가차원에서 정확한 상륙지점과 시간, 그에 따른 이동경로는 상륙 예상 지역들의 선제적인 대응계획 수립에 도움이 될 수 있다. 기상청(KMA, 2011)에서는 한반도 태풍계절(Typhoon season)을 7월~9월 사이로 정의하고 있으며 특히 과거사례 분석을 통해 한반도에 미친 태풍 중에서 약 27.9%가 9월에 영향을 미치는 것으로 분석(2019, 한반도 영향태풍 분석보고서)하고 있으므로 이러한 정량적 데이터는 태풍발생 시기 방재 활동 및 적절한 대응계획 수립에 도움이 될 것이다. 하지만 최근 가장 큰 피해가 발생했던 태풍 차바(2016)의 경우 태풍발생 기간이 아닌 10월달에 발생했기 때문에 다각도의 정보수집 및 구축이 필요하며 이동경로 항목과 연계하여 태풍이 발생하는 시기에 상륙 위치 정보도 함께 제공된다면 좀 더 정확하고 선제적인 태풍 대비·대응체계를 구축될 수 있을 것이다.

태풍강도

우리나라 태풍 강도는 태풍 중심부근의 최대풍속(10분 평균)에 따라 약(17 % 이상~25 % 미만), 중(25 % 이상~33 % 미만), 강(33 % 이상~44 % 미만), 매우강(44 % 이상) 총 4가지로 분류하고 있다. 과거 태풍 사례를 살펴보면 지금까지 우리나라에 발생했던 태풍 중 가장 큰 피해가 발생했던 매미는 최대풍속이 약 55 %인 매우강에 해당하는 세기였고 울산과 남해안 지역에 큰 피해를 입혔던 태풍 차바의 경우 최대풍속이 초속 40 % 정도였다. 특히 한반도에 피해를 주기 시작한 시점의 최대풍속이 40 % 정도로 태풍강도는 강에 해당했다. 태풍강도는 수치화된 자료로 제공되고 있지만 지자체 재난담당자의 경우 비전문가인 경우가 많기 때문에 체감할 수 있는 과거 태풍 사례를 함께 제공한다면 선제적인 재난대응에 도움이 될 것이라고 판단된다.

태풍반경

우리나라의 태풍 크기는 기상청 기준으로 소형, 중형, 대형, 초대형 4가지로 분류된다. 300km 미만에 해당하는 소형 태풍은 약하다고 생각될 수 있으나 절대 약한 세력이라고 볼 수 없다. 소형 태풍이라도 강한 세력으로 발달할 가능성이 높기 때문이다. 300 km 이상~500 km 미만에 해당하는 중형 태풍은 우리나라 서해상을 통과하게 되면 한반도 전체가 태풍 영향권에 속하게 된다. 대표적으로 태풍 덴빈(2012)이 해당된다. 500km이상~800km에 해당하는 대형 태풍은 여러 나라가 영향권에 속하게 되는 크기이며 대표적으로 태풍 볼라벤(2012)이 해당된다. 태풍 볼라벤은 서해상에서 총 5개국(남한, 북한, 러시아, 일본, 중국)에 영향을 미치는 등 영향범위가 광범위하게 나타났다. 마지막으로 800km이상에 해당하는 초대형 태풍은 아직까지 한반도에서 발생하지 않은 유형이지만 우리나라가 아닌 주변국에서 초대형 크기에 해당하는 태풍이 상륙한다면 우리나라도 직접 영향권에 속하기 때문에 이러한 상황에 대비할 수 있는 시나리오 연구도 필요하다. 즉 태풍 크기에 따라 어떤 지역은 태풍의 영향으로 강풍과 폭우로 인한 피해가 발생 할 수 있지만 반경 밖에 있는 지역은 아무런 피해가 발생하지 않는 재난격차가 발생할 가능성이 있다. 이는 상대적으로 재난을 인지하는 차이가 발생할 수 있다. 하지만 태풍은 크기만을 가지고 판단하는 것이 아니라 중심기압, 이동경로 등에 따라 달라지기 때문에 일단 한반도에 상륙할 경우 실시간 체크와 상황전파는 필수적이다.

중심기압

태풍의 중심기압은 보통 970~930hPa 정도이며 930hPa 이하이면 대단히 강한 태풍으로 분류되며 지상 최대풍속은 50 %

이상에 달한다. 우리나라에서 가장 막대한 피해를 입힌 태풍 매미는 기상 관측사상 이래 중심부 최저기압이 가장 낮은 950hPa로 최대 순간풍속 역시 최고 기록인 초속 60 ㎞를 기록했다. 이 강풍에 부산항의 거대한 크레인이 쓰러지고 2.5m의 해일과 17m의 파도가 밀려오면서 남해안 곳곳이 피해를 입었다. 사례분석에는 없지만 태풍 나리(2007)의 경우에도 태풍 매미와 버금가는 935hPa를 기록하여 막대한 재산피해를 발생시켰다. 중심기압의 경우에도 예측이 가능하기 때문에 해당 수치와 유사한 태풍이 상륙 예정인 경우 국가차원에서는 과거 사례를 기반으로 한 정보를 전파하여 해당 태풍의 심각성을 제공할 필요가 있다.

호우동반 여부

태풍은 호우를 동반한다. 최근에는 지구 온난화에 따른 해수면 온도의 상승은 태풍이 진행됨에 따라 수증기량이 증가하여 강력한 태풍으로 확대될 가능성이 높아진다. 태풍과 함께 발생하는 집중호우는 도심지에 외수범람과 내수배제 등의 피해를 발생시키는데 이는 도심 저지대 침수, 제방, 도로, 교량 유실 등이 발생하고 전기 및 상하수도, 통신시설 문제로 정전 등이 발생할 수 있다. 또한 원자력 가동문제와 정수장 가동 문제 등 시설물 문제는 연안의 방파제 및 수산증양실 시설의 피해, 도로변 산사태 등의 피해의 원인으로 작용한다. 비도심지역에서는 농작물 침수 등의 산사태로 인한 고립 등의 문제가 발생하기도 한다. 따라서 호우관련 정보는 국가적 차원에서 신속하게 체크하여 해당 지자체에 전파할 필요가 있으며 해당하는 지자체는 이러한 정보를 바탕으로 지역특성에 따라 집중호우 예상지역을 도출하여 대비할 필요가 있다. 도심지의 특성상 일정 강수량을 넘어서면 내수침수 발생 가능성이 높아지고 이로 인한 인명피해와 재산피해가 비도심지역보다 높아지기 때문에 체계적인 대응체계를 구축할 필요가 있다. 특히 집중호우는 평지보다는 산악 경사면을 타고 오를 때 호우 발생 비율이 높아지는 지형적인 영향을 많이 받는 요인이기 때문에 동해안 및 동부지역에 위치한 지역들은 집중호우에 대한 철저한 대비가 필요하다.

이동속도

태풍의 이동속도 또한 피해확대여부를 판단할 수 있는 요인으로 작용한다. 이동속도는 각각의 태풍과 계절 그리고 위도별로 달라진다. 이동속도는 특별한 경우를 제외하면 0.5~1일 정도는 과거의 이동속도를 그대로 답습하는 경우가 많아 태풍의 위치를 비교적 정확히 예측할 수 있다. 하지만 빠른 이동속도로 한반도를 벗어나는 경우가 아닌 느린 이동 속도에 상륙이전부터 바다에서 많은 수증기를 유입한 상태에서는 집중호우로 인한 피해가 발생할 가능성이 높아진다. 따라서 국가단위에서는 태풍의 이동속도가 느리게 진행된다고 예측된다면 그 이동경로에 있는 지자체와 유관기관에 집중호우로 발생할 수 있는 위험지역에 대한 대비·대응, 시설물 관리에 대한 정보를 전파할 필요가 있다. 지자체에서는 이러한 정보를 정기·수시로 정보를 취합하고 지역특성에 맞는 계획을 수립해야 한다.

이동경로

국가수준에서 태풍의 이동경로를 신속히 파악하는 것은 태풍 영향권에 속하는 지자체에 선제적인 대응을 위한 1차적인 정보제공이라고 볼 수 있다. 최근 우리나라와 미국, 일본 기상청에서 제공하는 기상정보가 상이한 경우가 발생해 혼란이 발생하기도 하였다(2019년 태풍 다나스, 태풍 솔릭). 이동경로가 상륙 직전에 발표하거나 예측이 어긋나는 등의 불명확한 경로 예측은 영향권에 속한 지역들이 태풍을 대비할 시간적 여유가 없기 때문에 더 큰 피해를 야기할 수 있다.

우리나라의 경우 4가지 이동경로 분류할 수 있다. 크게 남부지방 및 남해안, 동부지역 및 동해안, 서부지방 및 서해안, 서울

및 수도권으로 분류할 수 있다. 이러한 요인은 지자체 수준에서 체크하는 지역특성 항목과 연결되는 요인으로써 같은 태풍이라도 이동경로에 따라 피해 결과는 상이하게 나타날 수 있다.

첫 번째 남부지방 및 남해안 지역의 경우, 우리나라에 상륙하는 대부분의 태풍이 남해안에 상륙 후 진행한다. 남해안 지역은 부산항 등 주요 항만이 위치해 있고 마린시티 등 해안과 인접한 개발이 활발한 지역으로써 해일과 강풍 등으로 인해 피해가 가중될 수 있는 시설물 정비에 더 유념해야 한다. 두 번째 동부지역 및 동해안의 경우는 태풍이 진행되는 과정에서 태백산맥을 기점으로 태풍의 영향력이 강해지는 지형적 요인에 가장 큰 영향을 받는 지역이라고 할 수 있다. 특히 집중호우로 인한 침수와 농경지 피해 등이 발생할 가능성이 높기 때문에 사전에 해당 지자체와 주민들은 태풍에 대비한 정비가 필요하다. 세 번째 서부지역 및 서해안 지역으로 진행되는 태풍의 경우 편서풍의 영향으로 발생하는 강풍으로 인한 피해가 크다고 할 수 있다. 실제로 지난 50년간 우리나라에 영향을 준 태풍을 분석한 결과 동해를 통과한 태풍에 비해 중심기압이 낮음에도 불구하고 강풍으로 인한 주택과 선박, 도로 등이 파손되어 재산피해가 더 크게 나타난 것을 알 수 있다(Na et al., 2019). 네 번째 수도권 및 서울지역의 경우는 우리나라 경제적 인프라와 인구가 집중되어 있는 지역이다. 이 지역으로 태풍이 진행되는 경우 도시개발로 인한 불투수 면적이 높아 집중호우 발생시 내수 침수가능성이 높고 인구·경제·사회 인프라가 집중되어 있기 때문에 대규모의 인적·물적 피해는 물론 우리나라의 주요 기능 마비 등의 피해 발생 가능성이 높다. 따라서 국가적 차원에서 경로 파악은 지자체 수준에서 선제적으로 대응할 수 있는 기초자료가 될 것으로 판단된다.

지자체 단위(County level)

지자체 단위 항목에 속하는 요인들은 국가단위의 기상정보를 바탕으로 지자체단위의 체크리스트를 작성하는 단계로써 기상·기후적 요인과 지역별 특성을 고려한 요인 도출을 통해 더 구체적이고 선제적인 재난대응을 목적으로 하고 있다.

태풍상륙 시점

태풍상륙시점은 우리가 신속하고 정확하게 대응할 수 있는지에 대한 항목 중에 하나라고 볼 수 있다. 국가단위의 태풍상륙시점은 한반도 상륙시점을 판단하는 것이며 지자체 단위의 태풍상륙시점은 더 구체적인 시점(시간대)을 말하고 있다. 낮·밤·새벽으로 세분화시켜 시간대별 차별화된 대응계획이 필요하다고 판단되었다. 낮보다는 밤과 새벽에 현상상황 파악과 적절한 인력 및 자원투입이 어렵기 때문에 태풍처럼 예측이 가능한 재난인 경우에 각 지자체는 시점에 따라 2차 피해로 확대 가능한 지역이나 외곽지역, 접근이 어려운 지역 등에 대한 체크리스트 항목을 구축하고 적절하게 대비할 필요가 있다.

지역특성

지역특성은 국가차원에서 체크해야 할 이동경로와 유사한 항목이다. 국가차원에서 이동경로의 전체적인 경로를 보여준다면 지역특성은 이동경로에 해당하는 지역의 구체적인 지역특성을 고려해야 할 항목이다. 이 항목은 동일 재난이라도 지역특성에 따라 다른 결과를 초래할 수 있기 때문에 해당 지자체는 지역특성을 반영한 대응체계를 구축할 필요가 있다. 내륙지역의 경우는 밀집되어 있는 시설과 인구집중으로 인해 인명과 재산피해 가능성이 높기 때문에 다방면의 위험항목들을 체크할 필요가 있다. 산간지역은 지형에 가장 큰 영향을 받는 지역으로써 지형의 경사면에 따라 시시각각 태풍의 강도가 달라지기 때문에 다각도로 태풍 정보를 수집해야 하며 해안지역의 경우에도 강풍으로 인해 발생할 수 있는 해일과 시설물 피해가 급증하기 때문에 실시간 정보 수집을 통해 피해 확대 지역을 도출하고 그에 따른 우선순위를 도출할 필요가 있다. 특히 하천주변

의 경우 흔히 태풍으로 인해 발생하는 하천범람, 저지대 침수 등이 발생할 가능성도 높지만 시·도에 걸쳐서 피해가 발생할 수 있는 유형이기 때문에 지역의 특성을 반영하여 체크 항목을 작성하고 철저히 대비하는 것이 필요하다.

인구밀집시기

태풍의 경우 발생 가능성이 예측되기 때문에 일반적으로 태풍 발생 기간에는 지역축제, 행사 취소 또는 연기 등 외부활동의 주의를 요하는 행동요령을 발표하고 있다. 하지만 이동이 불가피한 명절이나 해안주변 주거지역의 경우 이를 통제하기는 어려움이 있다. 태풍 매미의 경우 추석 연휴에 발생한 태풍이 경상남도 사천시 부근으로 상륙하면서 마산지역에 해일로 인한 인명과 재산피해가 발생하였고 태풍의 위험반경에 있는 경상남도를 비롯한 다른 지역에서도 명절로 인해 모인 많은 방문객들의 발길이 묶여 혼란이 발생했던 사례도 있다. 따라서 불가피한 이동과 인구밀집이 예상되는 지역이라면 사전에 교통정보, 산사태 위험지역, 침수 위험지역 등을 고려한 예방 및 대응대책이 마련해야 하며 이에 대한 정보는 시민들에게 공유되고 전파될 필요가 있다.

선행재난 복구 여부

선행재난 복구 여부 항목은 2차 피해를 예방하기 위해 태풍 발생 이전에 발생한 집중호우나 산사태, 산불 등 선행재난으로 인해 피해 입은 지역의 복구 여부를 체크하는 것이다. 정비가 완료되지 못한 상태에서 추가적인 재난이 발생할 경우 대규모 피해가 발생하거나 피해 정도를 예측할 수 없기 때문에 철저한 사전 체크가 필요하다. 유사사례로 우면산 산사태(2011)의 경우 27일 동안 장기간의 선행강우가 발생했으며 2010년에 발생한 태풍 곤파스로 인해 이미 산사태 및 토석류가 발생한 상태였다. 결국 복구 작업이 완료되지 못한 상태에서 추가적인 집중호우는 대형 산사태가 발생하게 되는 원인이 되었다. 이처럼 선행재난으로 인해 이미 취약한 지역은 특별히 주의를 기울여야 하며 태풍은 발생시기와 기간이 예측될 수 있으므로 그 전까지 복구가 완료될 수 있도록 철저한 복구계획을 수립 할 필요가 있다.

최근 재난 발생 이력

태풍과 관련하여 최근 재난 발생 이력에 대한 항목은 크게 자연재해위험개선지구와 풍수해위험지구 등으로 분류할 수 있다. 자연재해위험개선지구는 「자연재해대책법」 제12조~15조 및 같은 법 시행령 제8조~12조에 따라 지정·고시하고 있다. 자연재해위험개선지구는 풍수해 등 자연재해의 영향에 의하여 재해가 발생하였거나 우려가 있는 지역으로 노후 된 방재시설을 포함한다. 세부 유형으로는 침수위험지구, 유실위험지구, 고립위험지구, 취약방재시설지구, 붕괴위험지구, 해일위험지구, 상습가뭄재해지구 등 총 7개의 유형으로 구분한다. 자연재해위험지구는 기존의 풍수해저감종합계획의 명칭을 변경하고 「자연재해대책법」 제16조에 따른 자연재해저감 종합계획에 근거하고 있다. 이는 지자체별로 자연재난으로 인한 피해를 예방하기 위해 수립하는 지역방재 분야 최상위 종합계획이라고 할 수 있으며 지형·기상학적 여건과 관련 계획을 종합적으로 검토하는 제도라고 할 수 있다. 여기에 해당하는 유형으로는 하천재해, 내수재해, 사면·토사재해, 해안재해, 바람재해, 대설·가뭄재해, 기타재해 등이 해당된다. 두 항목 모두 과거 재난사례가 발생했거나 위험가능성이 있는 지역을 지구로 지정했기 때문에 위험지역이라는 유사성을 가지고 있다. 하지만 위험지구별 해당하는 대상지가 상이하기 때문에 지역별 정확한 현황 파악을 통한 체크리스트 작성이 필요하다. 이 체크항목은 지자체별 지정되어 있는 위험지구 현황을 수시로 업데이트하고 체크리스트 항목에 추가하여 태풍 상황에 따른 실시간 체크 및 그에 따른 예방 및 대비계획을 수립할 필요가 있다.

2차 피해

2차 피해는 단일재난으로 인해 발생하는 수 있는 단순피해(시설물 파괴, 내수 침수 등) 개념이 아닌 2차 피해로 확대될 수 있는 요인을 사전에 대비 및 대응하고자 하는 체크항목이다.

첫 번째 사망자 및 부상자가 발생한 경우이다. 태풍의 경우 단순 물적 피해로 그칠 수 있지만 물적 피해와 함께 인명피해가 추가 발생했을 경우에 대규모 재난으로 확대될 가능성이 높아지기 때문에 최대한 인명피해가 발생하지 않도록 주의를 기울일 필요가 있다. 제시된 체크리스트에는 사망자 및 부상자 발생 여부만을 체크하도록 되어있지만 좀 더 구체적으로 노령인구 집중지역, 외국인 거주비율이 높은 지역(대피방송 등을 신속히 인지하지 못할 경우) 등 태풍 발생 시 인명피해가 발생할 가능성이 높은 지역을 항목으로 추가하여 구체적인 대비 및 대응체계를 수립할 필요가 있다.

두 번째 인구집중지역에 대한 항목이다. 도심지역은 불투수 면적이 높고 사업성으로 인해 방제시설을 제대로 갖추지 못한 지역도 많다. 특히 경관 및 경제적인 이유로 인해 방제시설이 충분히 갖춰지지 않은 해안주변지역에 고급주거단지가 조성되면서 이로 인한 재해위험 정도도 높아지고 있다. 이러한 위험지역들에 대한 지속적인 관리가 필요하며 재해의 위험성을 강조하여 재해에 안전할 수 있는 인프라와 안전 인식이 필요할 것으로 판단된다.

세 번째 기반시설 마비로 인해 발생할 수 있는 요인들을 체크하는 항목이다. 태풍은 항상 강력한 강풍과 집중호우를 동반하기 때문에 기반시설 마비에 대한 위험성을 고려하지 않을 수 없다. 통신시설과 전력 마비는 블렛아웃 현상과 동시에 금융, 치안, 의료, 교통, 소비, 여가 등 일상의 모든 부분이 정지되는 결과를 나타내며 특히 여름에 발생하는 태풍의 특성 상 냉방시설 마비는 시민의 혼란과 불편을 야기할 수 있다. 단수는 최소한의 일상생활, 식수, 산업시설 등에 영향을 미칠 수 있으며 도로 파손의 경우에도 대피경로나 해당지역의 대피, 대응 및 복구를 위한 자원제공에 어려움이 발생하여 골든타임 확보에 영향을 미칠 수 있다. 특히 기반시설의 마비는 추가적으로 국가 중요시설의 기능 마비, 원전 등과 같이 위험시설의 안전을 위협하여 대규모 중대 재난으로 확대될 수 있기 때문에 더욱더 주의를 기울일 필요가 있다.

네 번째 중요 및 위험시설의 위험을 선제적으로 대비하기 위한 체크항목이라고 할 수 있다. 세 번째에서 언급한 기반시설 마비로 인해 발생할 가능성과 자연재해로 인한 피해가 사회재난으로 확대될 가능성을 판단할 수 있는 가장 위험한 시나리오라고 볼 수 있다. 동일본 대지진 사례에서도 볼 수 있듯이 지진으로 발생된 해일이 방사능 유출까지 이어졌다. 국내에서 최근 발생한 경주(2016)와 포항지진(2017)도 원전과 멀지 않은 곳에 입지해 있어 국가적인 불안감을 조성했다. 또한 산업시설이나 국가 중요시설의 기능 마비도 고려해야 할 항목 중의 하나이다. 태풍 차바의 사례처럼 울산 현대자동차 생산라인의 침수로 일정기간 자동차 생산에 차질이 발생했고 태풍 매미 때 발생했던 부산항의 피해는 산업과 경제적인 피해가 발생했다. 선형 사례 이외에도 가상 시나리오를 통해 피해를 예측해 볼 수도 있다. 태풍으로 인해 유해화학물질의 유출이 발생했을 경우 유출된 유해화학물질이 대기, 수질 등으로 확산되어 각종 질병 및 식용수 재난 등 복합재난으로 확대 가능하다. 이처럼 최근 발생하는 2차 피해 형태는 단일 형태가 아닌 복합재난으로 형태로 확대(자연재난→사회재난, 사회재난→사회재난)될 가능성이 높다. 따라서 2차 피해 항목은 지자체에서 평시에 다방면으로 위험지역을 예측하여 대비할 필요가 있으며 철저한 시설물 관리와 관계부처와의 협업과 정보공유가 중요하다고 볼 수 있다.

예·경보 시스템

예·경보 시스템은 태풍 발생 이전과 발생 직후에 주민 대피 및 위험에 대한 인지 정보를 제공하는 예보시스템과 2차 피해가 발생할 가능성이 있는 요인들에 대한 경보 시스템으로 분류할 수 있다.

예보시스템에 해당하는 대피방송은 주민대피와 같은 대비의 의미도 포함하고 있지만 재난 진행과정에서 예측하지 못한 상황이 발생했을 경우 해당지역의 위험을 감소시키기 위한 역할도 수행한다. 태풍 차바의 경우 대피방송 작동 여부를 두고 해당 소관기관과 주민간의 갈등, 늦은 대피 방송과 태풍에 대한 단일한 안전의식으로 인해 추가적인 인명·재산피해가 발생하기도 했다. 이러한 시스템은 평시에 철저한 관리가 필요하며 시민들 또한 예보시스템에 대한 신뢰를 통해 재난발생 시 피해를 줄이기 위한 안전의식이 필요하다.

경보시스템은 수문시스템, 배수펌프, 하천수위 등이 있으며 이러한 시스템은 태풍으로 인해 발생하는 집중호우와 연계되는 시스템이다. 집중호우는 하천의 수위상승을 유발하고 이러한 시스템이 제대로 작동하지 않는다면 하천범람, 배수시설이 원활하지 않은 경우 저지대 침수 피해가 발생한다. 경보시스템의 경우는 소관 기관이 상이하기 때문에 지자체에서는 예·경보 발령, 대피명령 등에 대한 실시여부를 유관기관과 함께 공유하여 체크할 필요가 있으며 급박한 상황으로 인해 유관기관에서 제대로 대응 조치가 안 될 경우 지자체 수준에서 조치를 취할 수 있는 이원적인 대응방안도 마련할 필요가 있다. CCTV의 경우 예·경보 시스템 가동 여부를 판단하기 위한 수단으로써 강풍이나 해일 등이 발생하여 사람이 접근하기 어려운 상황이거나 하천, 뚝, 댐 등을 실시간으로 모니터링 하기 위해 활용되는 시스템이다. 이는 모니터링 용도로 사용될 수 있지만 예·경보 시스템의 작동 진위 여부를 판단하거나 예측하지 못했던 상황들의 원인파악을 위한 수단으로도 활용 될 수 있다.

따라서 예·경보 시스템의 경우 평시에 추가적인 시스템 설치 지역을 도출할 필요가 있으며 유관기관과의 협업을 통해 재난 발생 시 신속한 정보공유 체계도 체크할 필요가 있다. 또한 지역별 위치하고 있는 시설에 대한 현황, 과거 사례 분석 등을 통해 차별성 있는 예·경보 시스템이 필요하다.

결론

우리나라를 포함하여 전세계적으로 재난의 대형화, 복잡화로 인한 피해가 급증함에 따라 예방, 대비, 대응, 복구의 과정 즉 재난관리시스템을 포함한 재난대응체계의 구조적 문제점이 발생하고 있다.

재난은 자연재난을 제외하고는 예측불가능하고 예측되더라도 다양한 변수로 인해 어떤 형태의 재난으로 확대될지는 알 수 없기 때문에 중앙부처 차원에서는 중앙과 지자체가 원활하게 운영될 수 있는 재난대응체계 마련이 필요하며 시·군·구 단위는 1차 대응기관으로써 현장 대응중심의 대응체계 구축이 필요하다. 즉 지역특성을 잘 파악하고 재난을 많이 겪어본 경험자들이 신속하게 판단할 수 있는 재난대응체계가 필요하다. 하지만 우리나라는 순환보직으로 인한 공무원의 전문성 강화에는 한계가 있고 지자체 단위에서는 41종의 재난을 모두 대응해야 하는 구조이기 때문에 신종재난이나 처음 경험한 재난일 경우 신속한 대응의 문제가 발생할 수 있다. 이를 대비하기 위해 만들어진 표준/실무/행동으로 분류된 위기관리 매뉴얼은 재난 발생시 재난 담당기관, 부서 등의 역할을 명시하고 있지만 매뉴얼은 재난 발생 후 대응과정에서 재난 유형별 특징을 고려한 것이 아닌 공통된 대응 프로세스를 적용한다. 예를 들어 풍수해 매뉴얼은 존재하지만 각자 다른 특성을 가진 태풍별 대응 지침 및 의사결정 수단이 미흡하다. 매뉴얼은 국내에서 발생했던 모든 태풍들을 포괄하는 위기경보 수준이나 대응체계가 작성되어 있지만 매년 발생하는 태풍에 정확하게 적용된다고 볼 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 매뉴얼은 지침서의 역할을 담당하고 해당 재난의 특성과 현 상황을 고려한 체크리스트를 통해 대책본부 설치나 협업, 자원지원 등의 결정을 신속하게 대응할 수 있는 도구로 활용될 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 우리나라에서 가장 빈번하게 발생하는 재난 중 하나인 태풍을 대상으로 태풍 루사(2002), 매미(2003),

차바(2016)의 사례를 바탕으로 작성되었으며 그 당시 문제점 및 상황을 토대로 체크리스트를 작성하였다. Step 1에서는 국가 단위에서 제공하는 정보를 기반으로 작성되는 체크항목으로써 태풍 상륙이전부터 기상청에서 제공하는 기상정보를 수집하는 단계라고 할 수 있다. 태풍 상륙 시점, 상륙위치, 이동방향 등을 통해 해당 지자체와의 정보공유 및 대응체계 구축을 위한 체크리스트 항목으로 구성하였다. Step 2에서는 국가단위 정보를 바탕으로 지자체 단위에서 재난유형별 지역특성을 반영한 체크항목으로 구성하였다. 동일 재난이라도 지형적, 구조적 특성 등에 따라 미치는 영향이 상이하기 때문에 기상학적 요소와 함께 지형적, 지역적, 시스템적 요인과 2차 피해 확대 가능성을 판단할 수 있는 요인 등으로 항목을 구성하였다. 체크리스트 항목은 상황실에서 대책본부 설치 유무를 결정하는 등의 초기대응뿐만 아니라 재난진행상황에 따라 2차 피해가 발생할 가능성이 있는 요인 등을 선제적으로 도출하여 재난유형별 융통성 있는 의사결정 수단으로써의 활용이 가능하다. 즉 중앙부처에서는 소관재난에 대한 구체적인 재난사례 분석이 필요하며, 지자체는 재난유형별, 지역별 특수성, 위험성 등을 고려한 차별화 된 체크리스트 작성이 필요하다.

최근에는 예측하지 못하는 재난이 빈번하게 발생하고 있고 재난발생에 영향을 미치는 요인은 본 연구에서 고려한 사항보다 훨씬 다양하고 광범위하다. 그래서 재난유형, 지역별로 작성된 체크리스트의 원활한 운영 및 요인별 정확성과 효용성을 판단하기 위해서는 다음과 같은 절차를 진행할 필요가 있다.

첫째 과거사례를 바탕으로 우리나라 특성에 맞게 도출된 체크리스트의 효용성을 검증하기 위한 과정도 거칠 필요가 있다. 이는 과거 사례조사만으로 도출된 체크리스트이므로 역검증하는 과정을 통해 해당 재난유형에 요인들이 적절하게 체크리스트에 작성되었는지, 어떤 요인이 재난 확대에 영향을 미쳤는지 등의 문제점을 검증하는 과정이 필요하다. 매년 새로운 재난이 발생하고 있다고 하나 과거 유사 사례를 살펴보면 비슷한 패턴으로 발생하는 경우도 많다. 즉 해당지역의 특성과 패턴, 재난확대에 영향을 주는 새로운 요인들에 대한 자료의 축적은 그 지역만의 특색 있는 재난대응체계를 구축 할 수 있을 것이다. 이는 처음부터 중대재난에 적용하기 보다는 빈번하게 발생하는 재난을 중심으로 지자체 단위에서 먼저 활용할 수 있는 방안을 고려해 볼 필요가 있다.

둘째 실무자 면담 및 전문가 자문을 통해 현실적이고 구체적인 체크리스트 작성이 필요하다. 우리가 문헌자료로 얻는 정보 이외의 현장의 활동 내용도 체크리스트에 적용해야 한다. 체크리스트의 실질적인 사용자가 재난대응기관의 실무자이기 때문에 재난대응체계의 구조적 문제점이 요인으로도 작용할 수 있으므로 실무자 면담을 통해 구체적인 항목을 추가할 필요가 있다. 전문가 자문은 전문성이 필요한 항목에 대한 도움이 될 것이며 특히 재난유형별, 요인별 중요도가 다르기 때문에 전문가 자문을 통해 각 요인별 중요도를 부여하여 우선순위가 적용된 체계적인 형태의 체크리스트로 발전될 필요가 있다.

셋째 매뉴얼과 연계 적용될 필요가 있다. 현재 부처별, 지자체별 재난대응부서에서 소관하고 있는 재난이나 담당하고 있는 지역에서 장기간의 재난대응 경험이 축적된 재난담당자가 필수적으로 상주하지 않는 이상 체크리스트 작성이 쉬운 작업은 아니다. 매뉴얼은 해당 재난의 전문가들이 정량적인 데이터와 축적된 정보를 바탕으로 표준화시킨 문서이므로 초기 체크리스트 작성시 가장 기본적인 항목은 매뉴얼과 연계하여 체크리스트를 작성할 필요가 있다. 특히 Step 2의 지자체 수준의 체크리스트는 행동매뉴얼과 연계·작성될 필요가 있다. 실질적인 행동요령이 작성된 조치목록과 내용은 각 지자체별 소관부서의 역할 및 유관기관과의 협업에 대해 작성되어 있기 때문에 그 내용을 바탕으로 체크리스트의 필수 항목들을 도출 할 수 있을 것이다. 이후 순차적으로 과거 사례분석과 역검증을 통해 매년마다 체크리스트와 매뉴얼 모두 업데이트 및 개정하여 운영하는 것이 필요하다. 위기관리 매뉴얼이 재난대응의 전체적인 가이드라인을 제시한다면 체크리스트는 재난 유형별 특성과 지역특성을 반영한 정확하고 신속한 의사결정을 위한 수단으로 활용될 수 있다. 즉 국가단위에서는 해당 재난에 대한 전반적

인 정보를 제공하고 지자체의 경우에는 피해 확대 가능성이 있는 요인들을 도출한 체크리스트 작성을 통해 지역특성을 고려한 재난유형별 맞춤형 전략을 구축할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 재난상황실과 대책본부에서 수시 또는 정기적으로 체크리스트를 작성한다면 정보공유 및 대응체계 마련을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

체크리스트는 과거 사례조사를 통해 반복적으로 발생하는 문제들에 대한 재발방지, 원인규명 및 대책마련을 위해서는 필요한 방안 중 하나라고 생각된다. 마지막으로 향후 지속적인 연구를 통해 41종의 재난유형별 체크리스트가 작성된다면 일률적인 재난대응체계가 아닌 발생 재난의 특성에 따라 선제적이고 적합한 재난대응체계를 수립할 수 있도록 활용되어야 하며 이를 통해 불필요한 대응체계와 혼선을 줄일 수 있을 것이다.

References

- [1] Donghae-si (2002). Flood White Book: Typhoon 「RuSa」.
- [2] Gangneung-si (2002). Flood White Book: Typhoon 「RuSa」.
- [3] Geije-si (2003). Flood White Book: Typhoon 「Meami」.
- [4] Goseong-gun (2002). Flood White Book: Typhoon 「RuSa」(2002. 8. 31 ~ 9. 1).
- [5] Na, H., Jung, W.-S., Park, J.-K. (2019). "A study on the characteristics of maximum wind speed distributions by typhoon track in the Korea peninsula." Journal of Korea Society for Atmospheric Environment, Vol. 35, No. 1, pp. 36-48.
- [6] KMA (2011). TYPHOON WHITE BOOK, www.kma.go.kr.
- [7] KMA (2012). Learn form the last 20 years-Intensive rain Top10, www.weather.go.kr.
- [8] KMA (2016). Characteristic of 18th Typhoon Chaba, www.weather.go.kr.
- [9] KMA (2019). Analysis Report on Influence of the Korean Peninsula, www.kma.go.kr.
- [10] National institute for disaster prevention (2003), Field Survey Report of Damages Caused by Typhoon Maemi in 2003.
- [11] NDMI (2016). 18th Typhoon 「Chaba」Major damage factor.
- [12] NDMI (2017). A Case Study on the Response by Disaster Type.
- [13] Nicolas, A.V., Paul, E.T. (2017). "Case Studies in Disaster Response and Emergency Management." Bookkorea.
- [14] Samcheok-si (2002). Flood White Book: Typhoon 「RuSa」.