



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

박 경 교수 지도
석사학위 청구논문

수해 피해 유형에 따른
취약요인 선정 및 지역 유형화

2024

성신여자대학교 대학원
지리학과
조예경

수해 피해 유형에 따른
취약요인 선정 및 지역 유형화

박 경 교수 지도

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2023년 11월

성신여자대학교 대학원

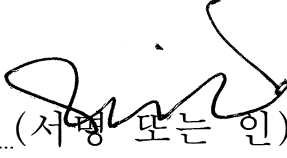
지리학과


조예경

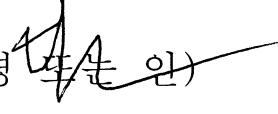
인 준 서

조예경의 석사학위 논문으로 인준함

2023년 11월

심사위원장 이재원 (서명 또는 인) 

심사위원 정재준 (서명 또는 인) 

심사위원 박경 (서명 또는 인) 

성신여자대학교 대학원

논문개요

우리나라의 강수 패턴이 강수량은 증가하고 강수일수는 감소하는 패턴으로 변화하고 있으며, 이러한 경향은 앞으로 더욱 심화될 것으로 전망되고 있다. 이 때문에 앞으로 수해 발생 위험성 또한 더욱 높아질 것으로 예측된다. 즉, 현시점에서 수해 관리 대책에 대한 점검과 새로운 방향 제시가 필요한 시점이라고 생각하였다.

수해는 단순히 재해에 노출로 인하여 일어나는 것이 아니라, 인구, 지형, 시설 등 각 지역의 여러 특징에 따라서 다른 양상으로 발생한다. 그래서 효과적인 수해 대책을 마련하기 위해서는 지역의 특징과 그로 인한 수해 취약성을 반영한 대책을 세울 필요가 있다. 하지만 동시에 재해정보의 공유, 예방 및 대응 지침 제시 등을 위하여 국가 중심의 통합적인 재해 관리 체계가 필요하다. 그래서 본 연구에서는 전국 229개 시군구를 대상으로, 수해 유형에 따른 취약요인을 반영한 지역 유형화를 통하여, 지역의 특징을 반영한 통합적인 관리방안을 제안하고자 하였다.

취약성 개념은 여러 분야에서 사용되고 있으며, 같은 분야 내에서도 정의 및 분석 방법이 다양하게 나타난다. 본 연구에서는 선행연구들을 참고하여, 수해 취약성을 연구지역이 호우에 얼마나 노출되어 있는지를 의미하는 노출요인과 민감도 및 적응을 포함한 수해에 영향을 미치는 영향요인으로 구분하여 보았다. 이때, 각 요인에 대한 대리변수는 수해 취약요인에 관한 선행연구들 바탕으로 선정하였다.

수해 취약요인을 선정하기 전에 본 연구에서는 수해 피해 유형을 세분화하기 위하여, 현재 수해 데이터 관리 체계 및 실태를 살펴보았다. 그리고 피해 데이터를 바탕으로 수해 피해 유형을 1) 침수· 산사태 피해지와 2) 재산·

인명피해 발생지로 구분하여 2020년의 수해 피해 현황을 살펴보았다. 그 결과, 침수 및 산사태 데이터의 문제로 재산 및 인명피해 데이터만을 활용하여 피해 유형을 5가지로 세분류하였다.

그 다음으로, 선정한 수해 노출 및 영향요인과 피해 데이터 간의 상관분석을 통하여 유형별 취약요인을 선정하고, 각 요인별 군집분석 결과를 바탕으로 피해 유형별 발생지를 유형화하였다. 유형화 결과, 시군구별 피해액, 1인당 피해액, 총인구 대비 인명피해 발생 비율, 복합피해 취약요인에 따른 군집들 중 증가요인이 높게 나타나고, 감소요인이 낮게 나타나는 군집에 속한 지역들은 수해 피해 우려 지역으로 선정하여, 우려 지역에 대한 요인별 특성을 반영한 수해 방재대책 마련과 사전관리 필요성 제안하였다.

마지막으로 인명피해 및 재산피해 미발생지에 대하여 군집분석을 진행하여, 노출 요인이 높게 나타난 지역을 수해 우수방재 지역으로 선정하고, 특징을 분석하였다. 그 결과, 수해 우수방재지역은 재난 관련 정보 접근성이 높은 공통점이 있어, 수해 방재를 위한 정보 접근성 증대의 필요성을 제안하였다.

본 연구의 결과는 지역의 피해유형 및 특성을 반영한 재해 대응 정책의 필요성을 시사하고 있다. 또한 재난 정보 접근성 증가의 필요성과 이를 위하여 수해 데이터 관리를 보다 체계화 및 세분화하는 방향으로 개선해야 할 필요성이 있음을 시사한다. 연구를 통하여 향후 증가할 것으로 전망되는 수해에 대한 효과적인 대응 및 복구방안 마련에 기여할 것으로 기대되는 바이다.

주요어: 수해, 피해유형, 취약요인, 군집분석, 유형화, 상관분석

목 차

논문개요

I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 범위 및 방법	4
II. 이론적 배경 및 선행연구 검토	8
1. 수해 취약성	8
1) 취약성의 개념	8
2) 수해 취약성 요인	10
3) 자연재해 및 수해취약지 유형화	14
4) 연구의 차별점	17
2. 우리나라의 수해	18
1) 우리나라의 수해 데이터 관리 실태	18
2) 2020년 수해 발생 현황	26
(1) 침수 발생지와 산사태 발생지	27
(2) 인명 및 재산피해 발생지	33
(3) 수해 복합 발생지와 수해 미발생지	37
III. 수해 피해 유형별 취약요인 선정	39
1. 수해 노출요인 및 영향요인 선정	39

2. 피해 유형별 취약요인 선정	48
1) 재산피해 취약요인	52
2) 인명피해 취약요인	58
3) 복합피해 취약요인	61
IV. 피해 유형별 지역 군집화	64
1. 피해 유형별 군집화	64
1) 재산피해 발생지 군집화	64
2) 인명피해 발생지 군집화	71
3) 복합피해 발생지 군집화	74
2. 피해 유형별 군집의 특징분석	77
1) 재산피해 발생 군집	77
2) 인명피해 발생 군집	80
3) 복합피해 발생 군집	81
3. 수해 방재 우수지역 선정 및 취약요인 외 특징분석	83
VI. 결론	89

참고문헌

ABSTRACT(영문초록)

< 표 목 차 >

<표 1> 연구의 공간적 범위	5
<표 2> 선행연구의 수해 취약성 요인	13
<표 3> 수해취약지 유형화 방법론	16
<표 4> 재난관리책임기관의 자연재해 예방을 위한 업무	19
<표 5> 침수 흔적 조사 및 침수 흔적도 작성 시행 기준	22
<표 6> 2020년 수해 미발생지	26
<표 7> 선행연구를 바탕으로 선정한 수해 노출요인과 영향요인 별 변수	44
<표 8> 표준화한 변수 간의 상관분석 결과 중 상관계수 0.9 이상인 변수 ($*p<.05$, $**p<.01$)	46
<표 9> 수해 노출요인 및 영향요인의 기술통계	47
<표 10> 수해 피해 데이터 표준화 값 기술 통계	49
<표 11> 수해 노출 및 영향 요인 표준화 값 기술 통계	49
<표 12> 수해 노출 및 영향요인과 시군구별 피해 데이터와의 상관계수 ($*p<.05$, $**p<.01$)	51
<표 13> 시군구별 피해액의 취약요인 ($*p<.05$, $**p<.01$)	52
<표 14> 피해액 취약요인 변수의 평균값 비교	53
<표 15> 시군구별 1인당 피해액의 취약요인 ($*p<.05$, $**p<.01$)	54
<표 16> 1인당 피해액 취약요인 변수의 평균값 비교	55
<표 17> 시군구별 피해액 취약요인	56
<표 18> 시군구별 1인당 피해액 취약요인	56
<표 19> 시군구별 인명피해 수의 취약요인 ($*p<.05$, $**p<.01$)	58

<표 20> 인명피해 취약요인의 변수별 비교	58
<표 21> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약요인 (*p<.05, **p<.01)	59
<표 22> 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약요인 변수 비교	60
<표 23> 인명피해 취약요인	60
<표 24> 총인구 대비 인명피해 발생비율 취약요인	60
<표 25> 시군구별 복합피해 취약요인 (*p<.05, **p<.01)	61
<표 26> 복합피해 취약요인 변수 비교	62
<표 27> 시군구별 피해액 노출요인에 대한 군집분석 요약표	64
<표 28> 시군구별 피해액 증가요인에 대한 군집분석 요약표	65
<표 29> 시군구별 피해액 감소요인에 대한 군집분석 요약표	65
<표 30> 시군구별 피해액 취약요인에 대한 군집	67
<표 31> 시군구별 1인당 피해액 노출요인에 대한 군집분석 요약표	68
<표 32> 시군구별 1인당 피해액 증가요인에 대한 군집분석 요약표	68
<표 33> 시군구별 1인당 피해액 증가요인에 대한 군집분석 요약표	68
<표 34> 시군구별 1인당 피해액 취약요인에 대한 군집	70
<표 35> 시군구별 인명피해 노출요인에 대한 군집분석 요약표	71
<표 36> 시군구별 인명피해 증가요인에 대한 군집분석 요약표	71
<표 37> 시군구별 인명피해 취약요인에 대한 군집	72
<표 38> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 노출요인에 대한 군집분석 요약표	73
<표 39> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 증가요인에 대한 군집분석 요약표	73
<표 40> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약요인에 대한 군집	74

<표 41> 시군구별 복합피해 노출요인에 대한 군집분석 요약표	75
<표 42> 시군구별 복합피해 증가요인에 대한 군집분석 요약표 - 1	75
<표 43> 시군구별 복합피해 증가요인에 대한 군집분석 요약표 - 2	75
<표 44> 시군구별 복합피해 감소요인에 대한 군집분석 요약표	75
<표 45> 복합피해 취약요인에 대한 군집	77
<표 46> 시군구별 피해액의 취약요인에 따른 군집 간의 피해액 비교	78
<표 47> 시군구별 1인당 피해액의 취약요인에 따른 군집 간의 피해액 비교	79
<표 48> 시군구별 인명피해의 취약요인에 따른 군집 간의 피해액 비교	80
<표 49> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율의 취약요인에 따른 군집 간 피해 비교	81
<표 50> 시군구별 복합피해 취약요인에 따른 군집 간의 피해액 비교	82
<표 51> 남해군 마을안전 지킴이의 임무 (자료: 남해군)	86

[그림 목 차]

[그림 1] 연구의 공간적 범위	5
[그림 2] 2017~2021년간 수해 피해	6
[그림 3] 연구의 흐름	7
[그림 4] 재해취약성분석의 구조	9
[그림 5] 2017~2021년간의 풍수해 데이터 제공 현황	20
[그림 6] 침수 흔적도 상세정보 예시	24
[그림 7] 생활안전지도 상 침수흔적도 (좌: 전체, 우: 2020년)	24
[그림 8] 2020년 수해발생지 지도	26
[그림 9] 2020년 시군구별 호우로 인한 침수 흔적도	28
[그림 10] 2020년 시군구별 호우로 인한 침수 발생지	28
[그림 11] 2020년 시군구별 침수면적 (m ²)	29
[그림 12] 2020년 시군구별 침수면적비율 (%) 단계 구분도	29
[그림 13] 2020년 시군구별 침수면적 (m ²) 상위 5개	30
[그림 14] 2020년 시군구별 침수면적 비율 (%) 상위 5개	30
[그림 15] 2020년 산사태 발생지 (시군구 단위)	31
[그림 16] 2020년 시군구별 산사태 발생 건수 (건) 단계 구분도	31
[그림 17] 2020년 시군구별 산사태 면적 (m ²) 단계 구분도	31
[그림 18] 2020년 시군구별 산사태 면적비율 (%) 단계 구분도	31
[그림 19] 2020년 시군구별 산사태 면적 (m ²) 상위 5개	32
[그림 20] 2020년 시군구별 산사태 면적비율 (%) 상위 5개	32

[그림 21] 2020년 시군구별 피해액(천원) 단계 구분도	33
[그림 22] 2020년 시군구별 1인당 피해액(원) 단계 구분도	33
[그림 23] 2020년 시군구별 피해액(천원) 상위 5개	34
[그림 24] 2020년 시군구별 1인당 피해액(원) 상위 5개	34
[그림 25] 2020년 시군구별 인명피해(명) 단계 구분도	35
[그림 26] 2020년 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생비율(%) 단계 구분도	35
[그림 27] 2020년 시군구별 인명피해 수 (명) 상위 5개	36
[그림 28] 2020년 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율(%) 상위 5개 ..	36
[그림 29] 2020년 인명피해 발생지	37
[그림 30] 2020년 복합피해 발생지	37
[그림 31] 2020년 수해 복합 피해지	38
[그림 32] 2020년 수해 미발생지	38
[그림 33] 시군구별 피해액 취약성에 따른 군집	66
[그림 34] 시군구별 1인당 피해액 취약성에 따른 군집	69
[그림 35] 시군구별 인명피해 취약성에 따른 군집	72
[그림 36] 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약성에 따른 군집 ...	73
[그림 37] 시군구별 복합피해 취약성에 따른 군집	76
[그림 38] 시군구별 복합 취약성에 따른 수해 미발생지 군집	83
[그림 39] 남해군 재난안전분야 정보제공 현황 예시 (자료: 남해군)	85
[그림 40] 제주도 주민대피계획 매뉴얼 예시	87
[그림 41] 제주도 서귀포시 재해정보지도 예시	88

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 기후변화로 인해 많은 사람들이 자연재해로 고통을 받고 있다. UNDRR의 '2000~2019년 세계 재해 보고서'에 따르면 지난 20년간(2000년~2019년) 세계에서 7,348건의 재해가 발생하였으며, 123만 명이 사망하고 2조 9,700억 달러의 재산피해가 발생한 것으로 집계되었다고 한다. 보고서에서는 재해 발생이 급증한 것은 기후변화 관련 위기가 증가한 것이 주요 원인이라고 진단하였다. 보고서에 따르면, 2000~2019년 동안 기후 관련 재해 건수는 6,671건으로, 1980~1999년간 발생 건수인 3,656건에 비하여 1.8배가 증가하였다. 특히, 대규모 홍수 건수의 경우 3,254건으로, 앞 시기(1,389건)와 비교하여 2.3배 증가하였다. 재해로 영향을 받는 인구가 가장 많은 재해 또한 홍수(16억 5천만, 41%)로 나타났다. 즉, 전 세계적으로 기후변화로 인한 수해로 피해를 받고 있음을 알 수 있다.

우리나라 또한 최근 집중호우로 인하여 큰 피해가 발생하였다. 1)2022년 8월 8일~17일 정체전선으로 인한 집중호우로, 서울, 경기, 강원, 충남지역에 많은 피해가 발생하였다. 중앙재난안전대책본부의 발표에 따르면 이 기간 집중호우로 인한 재산피해는 3,155억으로 집계되었으며, 도심 저지대 주택 2만 7,262세대 침수피해와 함께 농경지 410ha, 농작물 4,449ha 등의 사유시설이 피해를 보았다고 한다. 공공시설의 경우에는 하천과 소하천이 1,153건, 도로와 교량이 236건, 상하수도가 346건, 소규모 시설이 796건 등 1만 6,842개소가 피해를 입은 것으로 집계되었다. 2)2023년의 장마철 호우(6월 27일~7

1) 행정안전부, 2022, "8.8.~17. 집중호우 피해 복구계획 확정", 행정안전부 보도자료(9월 7일자).
2) 행정안전부, 2023, "호우·태풍 피해 복구비 1조 8,236억원확정에 따라 항구복구 신속 추진",

월 27일)로는 7,513억 원의 재산피해가 발생하였으며, 경북, 충남과 충북을 중심으로 주택 전·반파 294동, 주택 침수 2,284동, 소상공인 2,069업체의 침수피해와 함께, 농경지 1,409ha가 유실·매몰되었고, 농작물 68,567ha 등의 사유시설 피해가 발생했다. 그뿐만 아니라, 하천·소하천 2,268건, 도로·교량 884건, 산사태 713건 등 7,470개소의 공공시설에 피해를 입은 것으로 확인되었다.

최근 우리나라의 수해가 많이 발생한 이유는 기후변화로 인해 호우 양상의 변화가 발생했기 때문이다. Ham et al.(2023)은 지구 온난화의 강도와 전지구 일(daily) 강수 패턴 간의 관련성을 정량화한 딥러닝(심층학습) 모형을 개발하여 1980년부터 2020년까지의 위성 강수 관측자료에 적용하였다. 그 결과, 2015년부터 일 강수 패턴이 자연 변동성을 벗어나 지구 온난화의 영향으로 뚜렷하게 변했음을 밝혀졌다. 특히 미국 동부와 우리나라를 포함한 동아시아 및 아마존 열대 우림 지역과 아열대 동태평양 지역에서 가장 큰 변화가 나타나고 있음이 밝혀졌다. 또한 김대준 외(2021)는 우리나라의 강수 패턴의 시·공간적 변화를 분석하기 위해 기상청 ASOS 관측소 10곳을 선정하여, 지점별로 1951년부터 2020년까지의 일별 누적강수량을 수집하고, 1981년부터 2020년까지의 지리적 강수 모형을 이용하여 고해상도의 전국 일별 강수 분포도를 생성하여 분석하였다. 그 결과, 우리나라의 강수 패턴은 강수 일수는 짧아지고, 일별 강수량은 늘어난 패턴으로 변화한 것으로 나타났다.

이러한 호우 패턴 변화는 더욱 심화될 것으로 전망되고 있다. 국립기상과학원(2022)의 ‘남한상세 기후변화 전망보고서에 따르면, 21세기 후반의 우리나라 평균 강수량은 현재(2000~2019년) 대비 +4~16% 증가할 것이며, 강수일수는 약 10~14일 감소하는 것으로 전망되었다. 이 뿐만 아니라, 극한강수일(3)상위 5% 극한강수일)과 극한 강수량은 더욱 증가할 것으로 전망되고 있

행정안전부 보도자료(9월 12일자).

3) 일 강수량이 현재기간(2000~2019년)의 상위 5%보다 많은 날의 연중 일수

다. 김선태 외(2023)는 국립 기상과학원 한반도 상세 기후변화 시나리오를 활용하여 우리나라에서 재난 및 인명피해의 주요 원인 중의 하나인 하천 홍수 발생과 관련된 기상청 26개 대권역별 극한 강수량의 미래 변화를 분석하였다. 그 결과, 고 탄소 시나리오의 경우 우리나라 하천 대권역에서 100년 재현 빈도 강수량은 현재 기후 대비 21세기 전반기(2021~2040년), 중반기(2041~ 2160년), 후반기(2061~2100년)에 26개 대권역 평균으로 21세기 약 29%, 46%, 53% 각각 증가하는 것으로 전망되었다. 저탄소 시나리오의 경우에도 전/중/후반기에 31%, 31%, 29% 증가하는 것으로 전망되었다. 즉, 이러한 강수패턴 변화와 극한 강수일 증가 및 극한 강수량의 증가는 4)극한 호우 현상의 증가로 이어질 것이며, 수해 발생 가능성은 더욱 커진 것으로 해석할 수 있다.

향후 수해 발생 가능성이 더욱 커질 것으로 전망되는 만큼, 현시점에서 수해 대책에 대한 점검이 필요하다고 생각한다. 그래서 본 연구자는 우리나라 수해 관리 체계의 개선 방향을 제안하고자 하였다. 수해는 단순히 재해에 노출로 인하여 일어나는 것이 아니라, 인구, 지형, 시설 등 각 지역의 여러 특징에 따라서 서로 다른 양상으로 발생한다. 그러므로 효과적인 수해 대책을 마련하기 위해서 지역의 특징과 그로 인한 수해 취약성을 반영한 대책을 세울 필요가 있다. 하지만 동시에 재해정보의 공유, 관리· 대응 지침 제시 등을 위하여 국가를 중심으로 한 통합적인 재해관리 체계 또한 필요하다. 그래서 본 연구에서는 전국의 시군구를 대상으로, 수해 유형에 따른 취약요인을 반영하여 지역을 유형화하고, 이를 바탕으로 지역의 특징을 반영한 통합적인 관리방안을 제안하고자 하였다. 본 연구를 기반으로 효과적인 수해 방재대책을 마련하고, 궁극적으로 국내 수해 피해를 저감하는데 기여

4) 기상청에서는 1시간 누적강수량이 50mm 이상이고, 3시간 누적강수량이 90mm가 넘거나 급격히 발달하는 시간당 누적강수량이 72mm인 극한 호우가 발생하여 인명피해가 우려되는 상황에 긴급재난문자를 발송한다.

하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

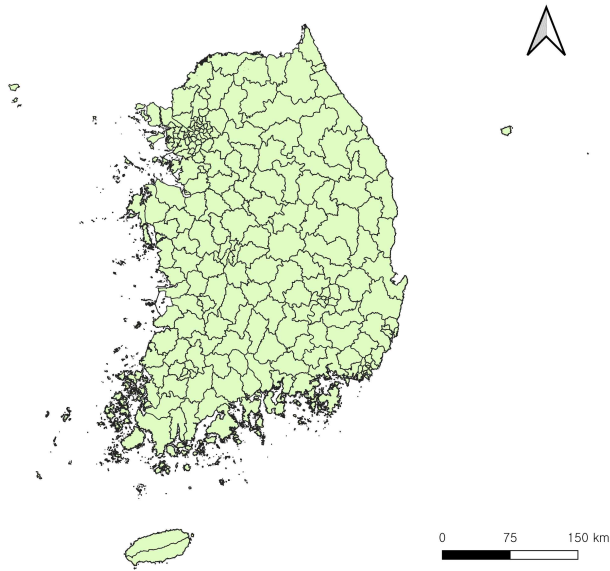
“수해(水害)”의 법적인 정의는 우리나라에서는 따로 존재하지 않으며, 사전상의 정의는 ‘장마나 홍수로 인한 피해’를 뜻한다. 그래서 본 연구에서는 행정안전부의 자연재난상황통계에서 호우를 원인으로 한 피해를 수해로 보았다. 이때, 시군구별 총 피해액을 재산피해로 보았고, 인명피해의 경우는 사망자, 실종자, 부상자 수를 모두 합한 것을 인명피해로 보았다.

수해에서 태풍을 원인으로 한 피해를 제외한 이유는 태풍의 경우, 호우와 강풍, 해수면 상승, 파랑으로 인한 피해가 동시에 발생하는데, 통계상에서는 단순히 태풍을 원인으로 한 피해로 분류가 되어있어서, 강풍으로 인한 피해와 호우로 인한 피해를 구분할 수 없어 수해에서 제외하였다.

본 연구의 공간적 범위는 229개 시·군·구로 설정하였다. 「자연재해대책법」에 따르면, 우리나라의 자연재해피해에 대한 자료수집 및 평가, 5) 자연재해저감 종합계획 수립 및 시행 등 자연재해 관련 계획 및 대처가 시군구 단위로 이루어지고 있다. 그렇기 때문에 시군구 별 분석과 대책 마련이 보다 현실적이기 때문에 공간적 범위를 시군구 단위로 설정하였다.

연구범위의 행정경계는 국토지리정보원에서 제공하는 국토 행정경계 데이터와 국토교통부에서 제공하는 행정구역시군구_경계 법정동 경계도면의 경계, 강원, 인천 지역의 데이터를 합성하여 만들어 사용하였다.

5) 「자연재해대책법」 제2조에 따르면, “자연재해저감 종합계획”이란 지역별로 자연재해의 예방 및 저감(低減)을 위하여, 특별시장, 광역시장, 특별자치시장, 도지사, 특별자치도지사(시·도지사) 및 시장, 군수가 자연재해 안전도에 대한 진단 등을 거쳐 수립한 종합계획을 말한다.



[그림 1] 연구의 공간적 범위

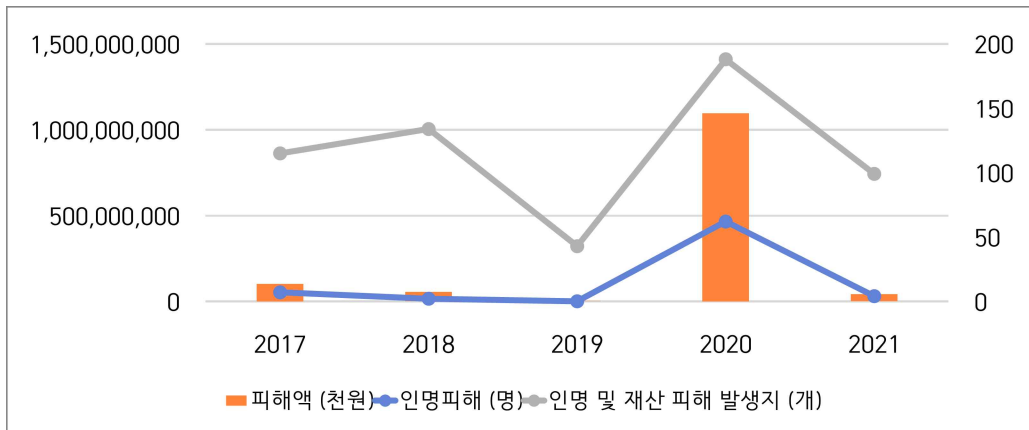
<표 1> 연구의 공간적 범위

시도 명	시군구 개수
서울특별시	25
부산광역시	16
대구광역시	8
인천광역시	10
광주광역시	5
대전광역시	5
울산광역시	5
세종특별자치시	1
경기도	31
강원도	18
충청북도	11
충청남도	15
전라북도	14
전라남도	22
경상북도	23
경상남도	18
제주특별자치도	2

연구의 시간적 범위로는 기상관측 시작 이후 가장 긴 장마였던 2020년을 선정하였다. 행정안전부의 “2020년 재해연보”에 따르면, 2020년 장마철 기간은 제주에서 6월 10일에 시작하여 7월 28일 종료(49일)되었고, 중부의 경우 6월 24일에 시작하여 8월 16일에 종료가 되면서 총 54일로, 1973년 이후 가장 긴 장마로 기록되었으며, 전국 연평균 강수일수 또한 28.3일로 가장 길었다고 한다.

장마 기간이 길었던 만큼, 2020년은 6)호우로 인한 전국의 인명피해는 62명, 재산피해는 1,095,171,626,000원으로 최근 5년(2017-2021)간 가장 큰 피해가 발생하였고, 가장 많은 시군구(190개)에서 피해가 발생하였다.

6) 행정안전부 자연재난상황통계



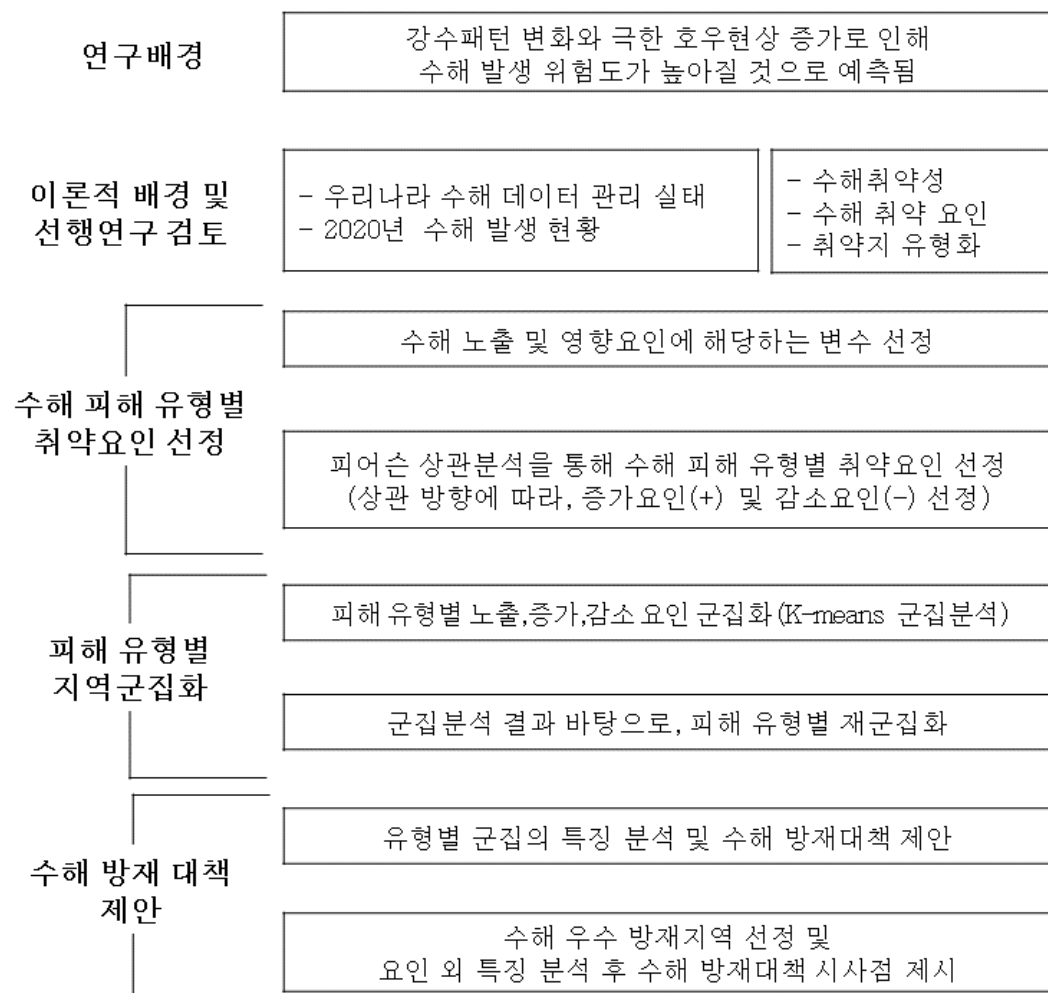
[그림 2] 2017~2021년간 수해 피해

(자료: 행정안전부 자연재난상황통계)

본 연구는 전국을 대상으로 수해 피해 유형을 보다 구체적으로 분류하기 위하여, 첫째, 현재의 수해 데이터 수집 및 구축방안을 「자연재해대책법」과 「재해지도 작성 기준 등에 관한 지침」 등을 통하여 살펴보고, 실제 데이터 제공상황을 바탕으로 데이터 관리 실태를 점검하였다. 둘째, 데이터 관리 체계에 따라서 연구범위인 2020년의 수해 피해 발생 현황을 시군구별 침수 및 산사태 피해와 재산 및 인명피해로 구분하여 살펴보았다. 셋째, 연구에서 발생 현황을 비교하며 발견한 데이터 상의 문제로 인하여, 수해 피해유형을 자연재난상황통계의 호우를 원인으로 한 시군구별 피해액과 인명피해 데이터를 바탕으로 재산피해 발생지, 인명피해 발생지, 재산피해 인명피해가 모두 발생한 복합피해 발생지로 분류하였다.

또한, 수해 유형 별 영향요인을 선정하여 피해 발생 지역을 군집화함으로써 각 유형의 특징을 반영한 수해 저감 대책을 제시하기 위하여, 첫째, 선행 연구를 검토하여 수해 취약성에 영향을 주는 수해 노출요인과 영향요인을 선정하였다. 둘째, 피해 유형별 피해와 영향요인 간의 SPSS.29 프로그램을 활용하여 상관분석 하였고, 이를 통해 피해 유형 별 취약요인을 선정하였다.

셋째, 피해 유형별 취약요인에 해당하는 노출 요인, 증가요인, 감소요인에 따라 지역 군집화를 진행하여, 피해 유형별로 군집을 도출하였고, 군집 별 특징을 바탕으로 수해 저감 방안을 제시하였다. 넷째, 수해 미발생지에 대한 군집 분석을 통하여, 수해 방재 우수지역을 선정하고, 방재 능력에 영향을 미친 특징을 분석하였다.



[그림 3] 연구의 흐름

II. 이론적 배경 및 선행연구 검토

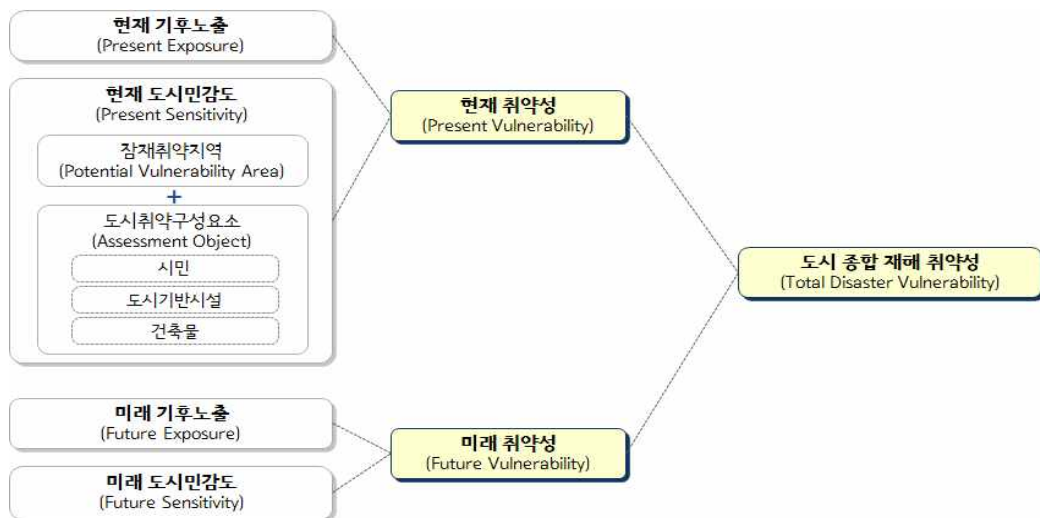
1. 수해 취약성

1) 취약성의 개념

취약성이라는 개념은 다양한 분야에서 조금씩 다른 의미로 사용되고 있으며, 같은 분야 안에서도 연구자 또는 연구의 목적에 따라서 약간의 차이가 있기도 하다. 유가영 외(2008)에서는 자연재난 연구 분야에서 취약성은 ‘잠재 피해 현상으로부터 생긴 손실의 정도’로 정의하고 있으며, 시스템에 가해지는 외부적인 위해 요소와 이에 따른 부정적 영향이라는 ‘투입-반응관계’의 측면에서 취약성을 바라본다고 하였다. Shaw and Okazaki(2004)는 자연재해의 피해지역을 예측하고 위험성을 산정하기 위해 사용되는 취약성(Vulnerability)이란 자연적, 사회적, 문화적, 정치적, 경제적 및 환경적 요소들로 인한 상태들과 과정들의 집합으로 자연재해 사건(Hazard)의 영향에 대해 지역사회의 상태들이 더욱 민감하게 하는 요소를 말한다고 정의했다. 즉, 자연재해 취약성은 피해를 발생시키는 외부의 자극이 시스템에 얼마나 영향을 미치는지와 외부자극에 대하여 시스템이 얼마나 민감하게 반응하는지를 나타낸다고 볼 수 있다.

수해 취약성을 산정하는 경우에는 IPCC의 취약성 개념이 보편적으로 활용되고 있다(김환석 외, 2012). IPCC(2001)에서는 취약성을 민감도(sensitivity), 노출(exposure), 적응(adaptation)의 함수로 표현하였다. 민감도는 시스템이 기후변화에 얼마나 큰 영향을 받는지를 나타내는 것이며, 노출은 기후변화에 민감한 시스템이 기후와 접촉되어 있는 정도를 나타내는 것이다. 적응은 기후변화와 같은 외부 자극에 대해 시스템이 견딜 수 있는 능력을 말한다. 취약성 개념을 활용하여, 우리나라에서도 재해 취약성 분석을

법제화하고 대상 지자체에서 분석을 수행하고 있다. 7)재해취약성분석은 기후변화에 따라 대형화 및 다양화되고 있는 재해에 효율적으로 대응하기 위해, 기존의 전통적인 방재대책과 함께 도시의 토지이용 및 기반시설 등을 고려한 재해취약지역을 분석하고, 그 결과를 토대로 실효성 있는 재해저감 대책을 마련하기 위하여 실시하는 기초조사이다. 이때, 현재기후노출은 대상지의 인근지역 유·무인관측소의 기상관측자료를 활용하여, 현재의 기후 요소에 의한 영향 정도를 분석한 것이다. 미래기후노출은 기후변화 시나리오에 의한 전망치를 활용하여 미래의 기후적 요소에 의한 영향을 분석하는 것이며, 미래 도시민감도는 도시개발 전망을 반영하여, 기후변화 재해에 대하여 도시민감도 전망을 분석하는 것이다.



[그림 4] 재해취약성분석의 구조

(자료: 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침)

본 연구에서는 IPCC의 취약성 개념과 재해취약성분석의 현재 취약성 개

7) 국토교통부, 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침

념을 참고하여, 수해 취약성을 연구 지역이 호우에 얼마나 노출되어 있는지를 의미하는 노출요인과 민감도와 적응을 포함한 영향요인으로 구분하여 각 대리변수를 선정하였다.

2) 수해 취약성 요인

수해 취약성 산정 및 평가를 위해 수해 취약요인은 다룬 선행연구들은 <표 2>와 같이 취약성 요인을 다양한 방식으로 분류 및 구성하고, 그에 따른 대리변수를 선정하여, 각 지역의 취약성을 평가하고, 취약지를 선정하였다.

백승협 외(2011)는 지수 산정과정인 표준화 및 가중치 부여를 여러 방법으로 적용하여, 각 방법이 지수산정에 얼마큼 영향을 주는지 분석하고, 각각의 특성을 파악하여 보다 합리적인 방법을 도출함으로써 향후 타 연구에 도움이 되고자 하였다. 표준화 방법으로는 Z-스코어, 스케일 재조정, 기준선과의 차이, 범주스케일, 순위산정의 5가지 방법을 활용하여, 표준화를 비교 및 분석하였으며, 가중치의 경우에는 동일가중치 방법, 요인분석 방법, 엔트로피 방법, 계층분석기법의 4가지 산정방법을 비교 및 분석하였다. 그 결과, 표준화 방법의 적용 방법에 따라 산정된 지표 값은 상이하였고, Z-스코어 방법이 자료의 특성을 가장 잘 반영하는 것으로 나타났다. 가중치의 경우에는 가중치 부여 방법에 따라서 지수 산정결과는 조금씩 차이가 있으나, 지수산정 순위결과는 크게 바뀌지 않는 것으로 나타났다.

박민규 외(2012)는 서울시 중창천 수계유역을 대상으로, 4개의 취약성 인자를 선정하여 평가한 종합 위험도와 1984~2011년 간 실제침수가 발생한 도시침수지역의 종합 위험도를 비교하였다. 도시침수지역은 침수피해자료를 활용하여 침수면적과 침수횟수로 구분하여 분석하였으며, 도시지역에서 자

료수집이 용이한 저지대지역, 통수능력부족관거, 불투수지역, 유출곡선지수를 수해취약성인자로 선정하였다. 도시침수지역과 수해 취약성인자의 종합 위험도 평가결과, 총 36개의 배수분구 중 50%인 18개의 배수분구가 일치하였으며, 적용한 2가지 위험도평가 결과 간의 상관성은 낮게 분석되었지만, 수해에 취약한 고위험군에 대한 일치율은 75%로 매우 높게 분석되었다.

박수진, 박지수(2018)는 2010년~2014년간 서울시의 침수피해에 영향을 미치는 자연 및 환경적 요인을 분석하기 위해, 요인분석(factor analysis)을 활용하여 홍수 영향요인을 추출하였다 그 결과, 침수에 영향을 미칠 수 있는 요인들은 유속인자, 기상인자, 유량인자, 유수인자, 생태인자로 도출되었다. 각 자료들의 공간 분포를 지도화하고, 포아송 회귀분석을 통해 실제 침수피해에 영향을 미쳤던 요인들을 알아본 결과, 유수인자가 가장 중요한 요인으로 도출되어, 유수인자가 많이 분포한 지역의 경우 배수와 유수확보가 필요하며 유역별 관리와 관련 연구의 필요성을 제안하였다.

Kim et.al(2020)은 전국의 홍수위험도를 일괄적으로 평가할 수 있는 체계를 정의하고, 홍수위험지수(Flood Risk Index, FRI)를 산정하였다. 이때, IPCC AR5를 참고하여 ‘예상되는 위해로 인하여 발생할 잠재적인 피해량’이란 개념으로 위험도를 정의했으며, 노출, 위해, 대응능력의 세 가지 지표 조합으로 평가하는 체계를 확립하였다. 총 26개의 요소를 선정하였으며, 2007~2016년 간 홍수피해액 자료를 활용해 요소들의 가중치를 부여함으로써 FRI를 산정하였다. 연구에서 전국 113개 중권역의 FRI와 피해자료 간에 스피어만(Spearman) 상관성 분석을 한 결과, 적절한 수준으로 잠재적인 홍수피해 크기를 평가할 수 있다는 것이 검증되었다.

이선미 외(2020)는 서울특별시 25개 자치구의 홍수취약성을 분석하기 위해 IPCC 기후변화 취약성 평가 모델을 기반으로 평가지표를 정의하였고, 지역별 특성을 고려하기 위하여 기후노출 4개, 민감도 6개, 적응도 5개로 총

15개의 세부지표를 선정하였다. 그리고 선정된 지표를 엔트로피 방법과 유클리드 방법을 활용하여 지역별 홍수취약도를 산정하였으며, 홍수취약성 분석결과를 바탕으로 지역 별 특성을 반영한 홍수피해 저감 대책방안 수립을 위해 활용해야 한다고 제안하였다.

박한나, 송재민(2023)은 침수피해를 나타내는 지표로 기존연구에서 중심으로 다룬 피해액 뿐만 아니라, 인명피해자 수를 고려하여 침수피해 지표의 특성을 분석하고 기계학습 모형을 통한 침수피해 결정요인을 분석하였다. 그 결과, 피해액과 인명피해에 대해 영향을 미치는 침수취약요인은 상이하 게 나타났다.

본 연구에서는 국내 선행연구들의 수해 취약성 요인 분류와 대리변수를 참고하여, 수해 노출요인과 영향요인의 대리변수를 선정하였다. 본 연구에서는 백승협 외(2011)의 연구 결과를 바탕으로, 변수를 Z-score 방법으로 표준화하여 사용하였으며, 요인과 변수에 대하여 동일가중치를 사용하였다. 또한 박한나, 송재민(2023)의 연구결과를 바탕으로, 피해액과 인명피해를 모두 고려하여, 각 피해유형에 따른 취약요인을 선정하였다.

<표 2> 선행연구의 수해 취약성 요인

저자	연도	요인	변수
백승협 외	2011	압력지수	강수량, 확률강수량, 초과강우 발생 횟수, 임상, 경사, 고도, 녹지면적률, 도시화율, 불투수지 비율, 자산 현황, 인구밀도, 사회기반시설 밀도, 저지대율
		현상지수	홍수피해밀도, 침수면적밀도, 사망자수, 피해자수, 우심피해 횟수
		대책지수	하수도보급율, 댐 및 저수지, 펌프장, 우수관로 설치길이, 홍수에보시스템, 기상관측소 밀도, 재정자립도, 복구비, 치수사업 투자비
박한나, 송재민	2014	재해노출 (EI)	1일 최대 강수량, 1일 강수량 80mm인 일수
		사회적 대응력 (SRI)	재정 자주도, 주민 1인당 공무원 수, 인구당 의료 및 보건 인력, 지자체 교육비 지출 비율
박수진, 박지수	2018	지형	하천과의 거리, 고도, 경사도, 사면곡면률, 사면유역지수, 습윤지수, 지형특성지수, 불투수율, 녹지률, 토양목
		기상	일평균 강수량, 한시간 최대 강수량, 토지피복도
Kim et.al	2020	위험 (harzard)	1일 최대 강수량, 3일 최대 강수량, 일일 최대 강수량 80mm 이상인 일수
		노출 (Exposure)	인구밀도, 노약자 수, 도시화 밀도, 홍수에 취약한 주택, 지하상가 구역, 재래시장면적, 문화재, 농지
		용량 (Capacity)	강 밀도, 그린벨트 면적, 산림 면적, 강 형성 인자, 유역 경사도, 강수 및 수위관측소, 댐 면적, 하천개량률, 인당 소득, 재정자립도, 치수 사업 투자비, 하수도 보급인구, 빗물 펌프 용량, 우수지 용량, 비상인력-경찰, 소방관
이선미 외	2020	기후 노출 (Climate exposure)	최대 호우 강도, 3시간 최대 강수량, 10mm 이상 비가 내린 일수, 3시간당 60mm 이상 비가 내린 이유
		민감성 (Sensitivity)	불투수면적률, 평균 경사, 인구밀도, 노후 건축물 밀도, 지하 건축물 밀도, 공시지가
		적응용량 (Adaptive capacity)	재정자립률, 우수지 밀도, 맨홀 밀도, 예방계획 지표, 방재 시설 지표
박한나, 송재민	2023	EI (Exposure Index)	일 최대 강수량 평균, 평균 80mm 이상 강우일수
		SI (Sensitivity Index)	노후단독주택 비율, 행정구역별 시가화 면적 비율, 하천면적의 비율, 급경사지 밀도, 기초생활수급자 비중, 노약자 비율
		ACI (Adaptive Capacity Index)	1인당 일일하수관용량, 도시지역 내 녹지비율, 1인당 도시공원면적, 저류지 및 저류시설 면적 비율, 제방 면적 비율, 지방재정자립도, 인구 천명당 의료인 비율, 119 안전센터 밀집도

3) 자연재해 및 수해 취약지 유형화

수해를 포함한 자연재해가 발생한 지역이나, 취약요인을 가진 지역에 해당하는 자연재해 취약지의 유형화에 대한 연구가 꾸준히 진행되었으며, 대부분의 관련 연구에서는 여러 취약요인을 바탕으로 연구지역을 유형화하고 각 유형의 특징을 반영한 자연재해 저감방안을 제시하였다. 지역을 취약요인에 따라서 유형화 할 경우, 지역별 맞춤 가이드라인을 제시할 수 있어서 지역 특성을 반영한 수해저감대책 계획 및 실행에 도움이 될 수 있다.

관련 선행 연구를 살펴보면, 먼저 심재현 외(2012)는 자연재해 취약성 요인을 추출하고, 각 요인별 특징을 이용하여 수도권 도시의 유형을 분류하여, 유형화 결과에 기초한 차별적인 자연재해 저감방안을 제시하였다.

박창렬 외(2013)는 다변량 통계분석을 이용하여 서울시의 상습 침수지역을 대상으로 유형화하기 위하여, 서울시의 침수 흔적도를 수집하고 상습침수지역 34개소를 선정하였으며, 군집분석과 판별분석을 통해 3가지 유형으로 지역들을 그룹화하였다. 그리고 각 유형별로 판별함수를 설정하고 유형별 특징을 정리하여, 각 특성에 맞는 수방전략상의 시사점을 도출하였다.

유창주 외(2013)는 부산지역의 침수흔적도를 이용하여 부산광역시의 해운대구, 수영구, 사하구를 대상으로 침수지역의 유형화를 하고, 각 유형별 침수피해 원인 분석 및 방지 대책을 제시하였다. 이를 위하여 연구에서는 침수지역을 침수해 원인을 바탕으로 내수범람형, 하천범람형, 해수범람형 3가지로 분류한 후, 사전예방 중심의 방지대책을 관리체계 측면, 인프라 구축 측면, 시스템 측면으로 구분하여 제시하였다.

김수진 외(2017)는 수자원장기종합계획에서 도입한 홍수 위험잠재능(Potential Flood Damage)의 개념을 도입하여, 홍수피해발생의 잠재적인 위험성을 시군단위별로 제시하였다. 또한 3차원 그룹화 기법, 의사결정나무 기

법, 군집분석의 3가지기법을 활용하여 홍수위험잠재능 유형화를 하였고, 각 그룹별 특성을 고려한 치수대책방향을 제시하였다.

신희재 외(2019)는 한강권역의 도시지역을 대상으로 홍수 취약성 및 피해 특성에 따라 도시를 유형화하고 과거 홍수피해 자료를 활용하여 홍수 취약성과 홍수피해와의 관계를 분석하였다. 연구에서는 홍수 취약성을 분석하기 전, 한강권역 지자체를 대상으로 도시 관련 인자를 활용한 다변량 통계분석을 수행하여 도시지역과 비도시지역으로 분류하였다. 그 다음 도시로 분류된 56개 지자체를 대상으로, 지역별 홍수 취약성을 평가하기 위하여 기후노출, 민감도, 적응도 등의 홍수 취약성 인자를 활용한 통계분석을 수행하였다. 그 결과, 홍수 취약성 인자가 모두 높은 지역, 홍수 민감도는 높고 적응도는 낮은 지역, 민감도는 낮고 적응도가 높은 지역, 홍수 취약성 인자가 모두 낮은 지역 등 총 4개의 군집으로 구분하였고, 군집 별 특성을 반영한 홍수피해 특성에 따른 홍수피해 저감 대책을 제시하였다.

김재완 외(2020)는 226개의 기초지자체를 대상으로 기후변화 취약성 합수를 이루는 요소인 기후노출과 민감도, 적응역량 지수를 산정하였다, 그리고 전국 226개 기초 지자체의 자료를 종합하여 주성분분석 통해 각지자체별 기후영향지수와 적응역량지수를 도출하였다, 그리고 그 결과를 각 세부요소별로 직교변환(Orthogonal Rotation) 후, 요인 적재(Factor Loading)를 한 결과를 바탕으로, 지자체를 기후 취약성의 특징에 따른 4개의 유형으로 분류하여, 각 유형에 맞는 적응방안을 제시하였다.

<표 3> 수해취약지 유형화 방법론

저자	연도	제목	유형화(군집화) 방법론
심재현 외	2012	기후변화 대응을 위한 광역도시권 차원의 자연재해 저감방안 연구 -자연재해취약성에따른수도권도시의유형화-	K-medians 군집분석
박창열 외	2013	다변량 분석을 이용한 서울의 상습침수지역 유형화	WARD 연결법을 이용한 군집분석
유창주 외	2013	침수흔적도를 활용한 침수지역 유형화에 관한 연구 -부산광역시를사례로-	침수해의 원인을 바탕으로 내수범람, 하천범람, 해수 범람으로 구분
김수진 외	2017	시군별 홍수위험잠재능 유형화 및 특성분석	3차원 그룹화 기법의사결정나무 기법 K-means 군집분석
신희재 외	2019	지역적 특성을 고려한 도시지역 홍수 취약성 평가: 한강권역을 대상으로	K-means 군집분석
김재완 외	2020	기후변화 불확실성을 고려한 226개 기초지자체 유형화 연구	주성분 분석 후 각 세부요소 별 직교 변화으로 요인 적재

선행연구에서 사용한 지역 유형화(군집화) 방법론은 다양했지만, 취약요인에 따라서 K-means(K-평균) 군집 분석을 가장 많이 사용하였다. K-means 군집 분석은 자료에 있는 각 개체를 유사한 특징을 갖는 K개의 그룹으로 분류하는 방법으로, 각 군집에 속하는 개체들의 평균값을 중심으로 하여 근접한 거리에 있는 개체끼리 묶어서 분할하는 방법이다. K-means 군집분석은 대부분의 형태의 자료에 적용이 가능하고, 적용이 쉽기 때문에 여러 분야에서 사용되고 있다(Bae & Roh, 2005). 본 연구에서 또한 지역 유형화 시에 K-means 군집분석을 활용하였다.

4) 연구의 차별점

첫째, 수해 취약성 요소 관련 선행연구에서는 일반적으로 자연재해 피해액 데이터를 사용하여, 침수 취약성에 대해서만 연구하였다. 하지만 연구에서는 호우로 인한 피해 데이터를 사용하였으며, 데이터 상 호우로 인한 산사태 피해와 홍수해를 포함한 침수로 인한 피해가 모두 포함되어있다는 점을 반영하여, 수해에 해당하는 호우로 인한 산사태에 영향을 미치는 변수를 포함하여 수해 취약요소 대리변수를 선정하였다. 그로 인해, 침수 발생은 줄일 수 있지만, 오히려 산사태 피해는 늘어날 수 있는 변수들이 있어, 수해에 영향을 미치는 요인을 선정할 때, 노출 요인과 영향요인으로만 구분하였다.

둘째, 선행연구에서는 종속변수에 해당하는 피해 데이터를 대부분 피해액만을 사용하거나, 10년간 피해액과 인명피해의 총합을 시군구별 총 인구수로 나누어 단위값을 보정한 값을 사용하기도 하였다. 하지만 본 연구자는 단순 피해액이 큰 지역과, 총인구수를 바탕으로 값을 보정한 총인구 당 피해가 큰 지역간에 차이가 존재하기 때문에 피해 유형을 재산피해와 인명피해만으로 나누는 것이 아니라 보다 세분화하여 연구할 필요가 있다고 생각하였다. 그래서 피해 데이터를 재산피해, 인명피해, 재산피해와 인명피해가 모두 발생한 복합피해로, 총 세 가지 유형으로 분류하였다. 그리고 재산피해에서는 시군구별 피해액과 시군구별 인구수로 피해액을 나눈 1인당 피해액으로, 인명피해에서는 시군구별 인명피해 수와 시군구별 인구수로 인명피해 수를 나눈 총인구 대비 인명피해 발생 비율로, 피해 유형을 5가지로 보다 세분화하여, 유형별 취약요소를 선정하였다.

셋째, 선행연구에서는 대부분 기존연구를 따라서 취약성 요소 및 대리변수를 구성 및 선정하였다. 하지만 본 연구에서는 취약성의 여러 정의를 참고하여 취약성을 노출요인과 영향요인으로 구분하였고, 선행연구를 바탕으

로 대리변수를 구성하였다. 그 후 대리변수와 피해 데이터 간의 상관분석을 통하여 요인별 대리변수를 정제하고 노출요인, 증가요인, 감소요인으로 취약요인을 선정하였다.

2. 우리나라의 수해

1) 우리나라의 수해 데이터 관리 현황

연구에서는 피해 데이터를 기반으로, 수해 피해 유형을 분류하기 위하여 수해 데이터 관리 현황을 알아보았다. 제도상 8)“자연재해”란 자연재난으로 인하여 발생하는 피해를 말하며, 9)자연재난은 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 대설, 한파, 낙뢰, 가뭄, 폭염, 지진, 황사, 조류 대발생, 조수, 화산활동, 소행성·유성체 등 자연우주물체의 추락·충돌, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 말한다. 우리나라는 10)자연현상으로 인한 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산과 주요 기간시설을 보호하기 위하여 「자연재해대책법」을 제정 및 시행하고 있다. 「자연재해대책법」3조에 따르면, 국가는 자연재난으로부터 국민의 생명과 신체 및 주요기간시설을 보호하기 위해 자연재해의 예방 및 대비에 관한 종합계획을 수립하여 시행할 책무를 지며, 그 시행을 위한 최대한의 재정적, 기술적 지원을 해야 하고, 11)재난관리책임기관의 장은 자연재해 예방을 위하여 <표 4>에 해당하는 조치를 하여야 한다고 명시되어 있다.

8) 「자연재해대책법」 제2조.

9) 「재난 및 안전관리 기본법」 제3조 제1호 가목.

10) 「자연재해대책법」 제1조.

11) 「재난관리기본법」 제3조제5호에 따르면, “재난관리책임기관”은 재난관리업무를 하는 중앙행정기관 및 지방자치단체와 지방행정기관·공공기관·공공단체(공공기관 및 공공단체의 지부 등 지방조직을 포함) 및 재난관리의 대상이 되는 중요시설의 관리기관 등으로서 대통령령으로 정하는 기관을 말한다.

<표 4> 재난관리책임기관의 자연재해 예방을 위한 업무

(자료: 자연재해대책법 제3조)

구분	세부 업무
1. 자연재해 경감 협의 및 자연재해위험개선지구 정비 등	<ul style="list-style-type: none"> - 자연재해 원인 조사 및 분석 - 자연재해위험개선지구 지정·관리 - 자연재해저감 종합계획 및 시행계획의 수립
2. 풍수해 예방 및 대비	<ul style="list-style-type: none"> - 수방기준 제정·운영 - 우수유출저감시설 설치 기준 제정·운영 - 내풍(耐風)설계기준 제정·운영 - 그 밖에 풍수해 예방에 필요한 사항
3. 설해(雪害)대책	<ul style="list-style-type: none"> - 설해 예방대책 - 각종 제설자재 및 물자 비축 - 그 밖에 설해 예방에 필요한 사항
4. 낙뢰대책	<ul style="list-style-type: none"> - 낙뢰피해 예방대책 - 각 유관기관 지원·협조 체제 구축 - 그 밖에 낙뢰피해 예방에 필요한 사항
5. 가뭄대책	<ul style="list-style-type: none"> - 상습가뭄재해지역 해소를 위한 중·장기대책 - 가뭄 극복을 위한 시설 관리·유지 - 빗물모으기시설을 활용한 가뭄 극복대책 - 그 밖에 가뭄대책에 필요한 사항
6. 폭염대책	<ul style="list-style-type: none"> - 폭염피해 예방대책 - 폭염 대비를 위한 자재 및 물자 비축 - 각 유관기관 지원·협조 체제 구축 - 그 밖에 폭염피해 예방에 필요한 사항
7. 한파대책	<ul style="list-style-type: none"> - 한파피해 예방대책 - 한파 대비를 위한 자재 및 물자 비축 - 각 유관기관 지원·협조 체제 구축 - 그 밖에 한파피해 예방에 필요한 사항
8. 재해정보 및 긴급지원	<ul style="list-style-type: none"> - 재해 예방 정보체계 구축 - 재해정보 관리·전달 체계 구축 - 재해 대비 긴급지원체계 구축 - 비상대처계획 수립
9. 그 밖에 자연재해 예방을 위하여 재난관리책임기관의 장이 필요하다고 인정하는 사항	

자연재해의 재산 및 인명피해 데이터는 국민재난안전포탈의 자연재난상황 통계에서 제공되며, 년도, 재난별 발생 기간, 월, 시도, 시군구, 수계, 원인별로 자연재난으로 인한 피해 데이터를 볼 수 있다. 이때 원인은 호우, 대설, 풍랑·강풍, 강풍, 태풍, 폭풍해일, 폭풍우, 태풍·호우, 지진, 폭풍설, 폭풍, 기타로 구분하고 있다. 즉, 원인별 재해 발생 형태에 따른 재산피해와 인명피해 데이터는 제공하지 않으며, 따로 분류하지 않고 있다.

호우를 원인으로 한 피해는 총 이재민의 세대 수와 명수, 사망, 실종 부상을 포함한 인명피해, 농경지와 도시의 침수면적, 건물, 선박, 농경지, 농작물, 공공시설, 사육시설의 피해면적 및 수, 피해액을 제공하고 있다. 이때, 침수면적의 경우, 2020년의 침수 흔적도와 비교한 경우 누락된 부분이 많아서 연구에서 제외하고 연구에서는 사망자, 실종자, 부상자 수를 모두 합한 인명피해와 총 피해액인 재산피해만을 사용하였다.

수해는 발생 형태에 따라서 홍수해, 침수해, 산사태로 구분되지만, 앞에서 언급한 바와 같이 피해형태별 재산 및 인명피해 데이터를 분류하고 있지 않다. 하지만 인명피해와 피해액을 제외한 피해면적, 위치 등의 피해 데이터는 따로 구분하여 관리하고 있다.

먼저 홍수는 하천의 외수 범람을 말하며, 침수는 내수배제 불량으로 인한 침수 등을 말한다. 우리나라에서는 이 두 가지를 모두 침수로 정의하여 관리하고 있다. 행정안전부에서 발표한 「재해지도 작성 기준 등에 관한 지침」에 따르면, 침수는 태풍, 호우, 해일(지진해일 포함) 등 자연재해 발생 시 하천의 범람, 내수배제 불능 또는 해수면의 상승 등의 원인으로 시가지(건물 포함), 농경지 등이 물에 잠기는 현상을 말하며, 아래의 <표 5>에 해당하는 경우, 침수 흔적 조사 및 침수 흔적도를 작성하도록 한다고 나와 있다.

<표 5> 침수 흔적 조사 및 침수 흔적도 작성 시행 기준

(자료 : 재해지도 작성 기준 등에 관한 지침)

- ① 침수피해로 「재난 및 안전관리 기본법」 제66조에 따른 재난지원금 또는 「풍수해보험법」에 따라 보험금을 지급 받은 지역
- ② 도심 및 농어촌의 주거·상업·산업단지 : 해당 지역에서 최고 침수심이 0.3m 이상 침수피해가 발생되어 상당한 불편을 야기한 경우
- ③ 농경지 : 해당 지역에서 최고 13)침수심이 0.7m 이상 침수피해가 발생한 경우. 다만, 최고 침수심이 0.7m 미만이라도 침수지역 내 농작물의 피해 상황을 고려하여 지방자치단체장이 침수 흔적도 작성 여부를 결정
- ④ 지하 공간 : 지하시설(지하철도, 지하상가 등) 주변 침수지역의 14)침수위가 높아지면서 지하시설로 유입된 물로 인하여 침수가 발생되어 이용자들의 불편을 야기한 경우
- ⑤ 그 밖에 지방자치단체의 장이 필요하다고 인정하여 정하는 지역

「자연재해대책법」 제21조 제2항에 따라서 시장·군수·구청장은 침수·범람 등의 피해가 발생한 경우, 침수 흔적을 조사하여야 한다. 15)침수 흔적 조사는 태풍, 호우, 해일(지진해일 포함) 등 자연재해로 인한 침수피해 지역의 침수 흔적을 조사하여, 침수 흔적을 보존 및 관리하고 침수 흔적도 작성 등 재해지도를 작성하는데 기초 자료로 활용하기 위하여 실시한다. 침수 흔적 조사는 크게 초동조사와 정밀조사로 구분되며, 침수피해 발생 후 가능한 빠른 시일 내에 조사비용 등을 포함한 침수 흔적 조사 계획을 수립하여 신속한 침수 흔적 조사를 시행하여야 한다.

먼저, 초동조사는 침수피해 지역의 침수흔적정보를 수집 및 정리하기 위

13) 「재해지도 작성 기준 등에 관한 지침」에 따르면, 침수위는 등침수위선을 해발높이(EL.m)로 표기하는 것이다.

14) 「재해지도 작성 기준 등에 관한 지침」에 따르면, 침수심은 현 지반고에서의 침수 높이(m)를 말한다.

15) 행정안전부, 「재해지도 작성 기준 등에 관한 지침」

하여 수행하는 조사로, 침수지역의 사진 및 침수 위치(범위), 최대 침수위 등의 현장에서 확인할 수 있는 침수피해 관련 정보를 조사 및 기록하여야 한다. 정밀조사는 침수 흔적 표시 및 관리와 침수 흔적도 작성을 위하여 필요한 정보를 수집하기 위하여 수행하는 조사로, 자료조사, 기초조사, 현장조사 등을 실시하여야 한다. 자료조사는 침수지역이 위치한 행정구역 또는 유역 내 자연 현황, 관련 계획(방재, 토지이용, 시설정비 등) 자료를 수집하는 것이며, 기초조사는 침수지역이 위치한 행정구역 또는 유역 내 과거 침수피해 이력, 방재 시설 현황 및 운영기록 등 침수피해 발생 원인분석을 위해 필요한 자료를 수집하는 것이다. 마지막으로, 현장조사는 초동조사 자료를 참고하여 침수 흔적(침수위 표시, 침수심, 침수구역, 침수시간 등) 측량, 침수 유발 방재 시설 제원 및 사진 촬영, 피해(인명, 건축물, 농경지 등) 현황, 주민 설문 조사 등 침수원인과 침수흔적정보를 조사하는 것이다.

침수흔적도는 행정안전부의 생활 안전지도 시스템에서 확인할 수 있으며, 2002년부터 2022년까지의 침수 흔적도와 함께 침수 흔적도 상세정보를 함께 제공해준다. 침수 흔적도 상세정보에서는 침수 재해명, 침수면적, 침수원인 상세 명, 침수 시작연월일, 침수종료 연월일, 침수시작시간, 침수종료시간, 침수년도, 침수구역, 침수심, 침수면적, 침수년도, 등급을 제공하고 있다. 등급은 1등급(0.5m 미만), 2등급(0.5m~1.0m 미만), 3등급(1.0m~1.5m 미만), 4등급(1.5m~2.0m 미만), 5등급(2.0m~3.0m 미만), 6등급(3.0m 이상)으로 구분된다. 이때, 침수 재해명과 침수 상세 원인 명의 경우 시군구 별로 형식이 통일되지 않아 데이터 이용에 어려움이 있었다. 특히, 침수원인 상세명의 경우 하천수위 상승으로 인한 침수, 공공하수도 역류, 노면수 유입 등 자세히 나와 있는 지역이 있는 반면에 단순히 '침수'로만 나와 있거나 비어 있는 지역도 있었다.

침수흔적도 상세정보	침수흔적도 상세정보	침수흔적도 상세정보			
침수재해명	2022년 8.8.-8.17. 집중호우	침수재해명	8월	침수재해명	9월 태풍 힌남노
침수면적	198 m ²	침수면적	80 m ²	침수면적	34154 m ²
침수원인상세명	침수	침수원인상세명	하천 수위 상승으로 인한 침수	침수원인상세명	집중호우
침수시작년월일	2022년 08월 08일	침수시작년월일	2022년 08월 11일	침수시작년월일	2022년 09월 05일
침수종료년월일	2022년 08월 17일	침수종료년월일	2022년 08월 17일	침수종료년월일	2022년 09월 06일
침수시작시간	01시	침수시작시간	19시	침수시작시간	10시
침수종료시간	23시	침수종료시간	24시	침수종료시간	23시
침수년도	2022년	침수년도	2022년	침수년도	2022년
침수구역	위선	침수구역	위선	침수구역	위선
침수심	0.1 m	침수심	0.5 m	침수심	0.5 m
침수면적	198 m ²	침수면적	80 m ²	침수면적	34154.335316 m ²
침수년도	2022년	침수년도	2022년	침수년도	2022년
등급	1등급	등급	2등급	등급	2등급
침수구역	심선	침수구역	심선	침수구역	심선

[그림 6] 침수 흔적도 상세정보 예시

(자료: 생활안전지도)



[그림 7] 생활안전지도 상 침수흔적도 (좌: 전체, 우: 2020년)

(자료: 생활안전지도)

특히 [그림 7]과 같이 2020년의 침수 흔적도 데이터는 전체 흔적도와는 맞지 않게 표출되고 있었다. 그래서 본 연구에서는 한국국토정보공사의 침수흔적정보 침수심선, 침수위선 데이터를 사용하였다.

16)산사태는 자연적 또는 인위적인 원인으로 산지가 일시에 붕괴되는 것을 말한다. 산사태의 경우는 산림청에서 예방·대응 및 복구를 총괄한다. 산림보호법에 따르면, 산림청장은 체계적인 산사태 예방을 위하여 다음 각호의 사항이 포함된 전국 산사태 예방 장기대책을 5년마다 수립·시행하여야 하고, 매년 전국 산사태 예방 장기대책에 따라 매년 전국 산사태 예방연도별 대책을 수립하여야 한다. 그리고 시·도지사 또는 지방산림청장은 전국 산사태 예방 장기대책에 따라 관할 지역의 특수성을 고려하여 지역산사태 예방 장기대책을 5년마다 수립 및 시행하여야 하고, 지방자치단체, 지방산림청 및 국립유림관리소(“지역산사태 예방기관”)의 장은 전국 산사태 예방연도별 대책에 따라 관할 지역의 특수성을 고려하여 매년 지역산사태 예방연도별 대책을 수립 및 시행하여야 한다고 명시되어 있다. 17)산사태 발생 상황보고 및 피해보고 등 필요한 사항은 산림청장이 정한다고 나와 있으나, 세부사항은 훈령·예규·고시 등의 행정규칙이 제정되지 않았거나 내부공문 및 업무지침 등의 형식으로 운용 중이라 세부 내용은 알 수 없었다.

산사태 관련 데이터는 침수 흔적도와같이 행정안전부의 생활 안전지도 시스템에서 확인할 수 있다. 생활 안전데이터에서는 2011년부터 2022년 6월 간의 산사태 발생 이력 지도와 함께 상세정보 데이터를 제공하는데, 상세정보에서는 발생일시, 발생원인, 주소가 제공된다. 하지만 데이터는 연도별 구분이 되지 않고, 발생면적 데이터가 누락되어 있어, 연구에서 사용이 어려웠다. 그래서 연구에서는 공공데이터 포털의 산림청 과거 산사태 정보 데이터를 활용하였다. 산림청 과거 산사태 정보는 산사태재해년도, 산사태 재해명,

16) 「사방사업법」 제2조 제 5호

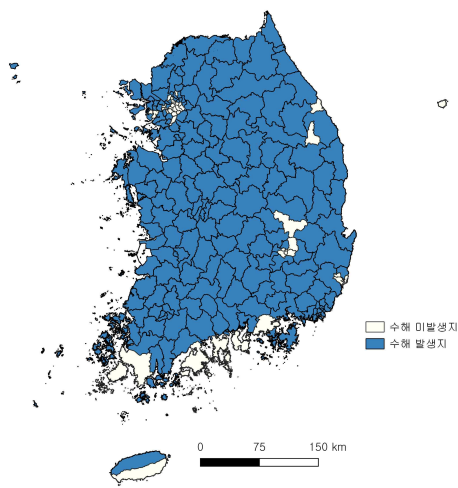
17) 「산림보호법」 시행규칙 제37조의6.

시도명, 시군구명, 읍면명, 산사태 피해면적을 기준으로 과거 산사태 정보를 조회하는 산림청 과거 산사태 오픈 API 서비스로, 산사태재해년도, 산사태 재해명, 시도명, 시군구명, 읍면명, 산사태피해면적 정보를 제공해 준다.

정리하자면, 현재 홍수해, 침수해, 산사태로 인한 각각의 인명피해와 재산 피해 데이터는 따로 수집하고 있지 않고 있으며, 발생한 재해 형태에 따라서 인명 피해지와 재산피해지를 구분하여 관리하지는 않고 있다. 그래서 본 연구에서는 홍수해, 침수해, 산사태를 모두 포함한 수해에 대하여 인명피해지, 재산피해지, 인명피해와 재산피해가 모두 발생한 복합피해지로 총 세 유형으로 구분하였다. 또한 유형별 취약요인을 구하고 그에 따른 지역 군집화를 통해, 수해 관리에 대한 새로운 관점을 제시하고자 하였다.

2) 2020년 수해 발생 현황

재난상황통계의 호우를 원인으로 한 피해 데이터를 기준으로, 2020년에 수해가 발생한 지역은 총 229개의 시군구 중 190개의 시군구이다.



[그림 8] 2020년 수해발생지 지도

<표 6> 2020년 수해 미발생지

시도 명	수해 미발생지
서울특별시	종로구, 중구, 용산구, 성동구, 광진구, 도봉구, 은평구, 양천구, 구로구, 금천구, 동작구, 관악구, 서초구, 강남구, 송파구
대구광역시	중구, 동구, 서구, 남구, 수성구, 달서구
인천광역시	미추홀구, 남동구
울산광역시	중구, 남구, 동구
경기도	과천시, 의왕시
강원도	동해시, 태백시
전라남도	여수시, 고흥군, 해남군, 진도군
경상북도	군위군, 울릉군
경상남도	고성군, 남해군
제주특별자치도	서귀포시

[그림 8]을 통해 발생지의 분포를 보면, 2020년에 전국적으로 수해가 발생하였음을 알 수 있다.

본 연구에서는 두 가지 방식으로 수해 피해 유형을 분류하여 시군구별 2020년 수해 발생 현황을 비교해보고자 한다.

첫 번째 방식으로는 발생한 재해의 형태에 따라서 분류하는 방식으로, 수해 피해를 침수 발생지, 산사태 발생지로 구분하여 비교하였다. 이때, 재해의 형태에 따라 인명피해 및 재산피해 데이터가 분류되어 제공되지 않고 있기 때문에 시군구별 피해면적 데이터를 바탕으로 각 지역의 침수 및 산사태 피해 정도를 비교하였다.

두 번째 방법은 피해 유형에 따라서 분류하는 방법으로, 호우로 인한 피해는 모두 수해로 묶어 인명피해 발생지, 재산피해 발생지, 인명피해와 재산피해가 모두 발생한 복합피해지로 구분하여 비교하였다.

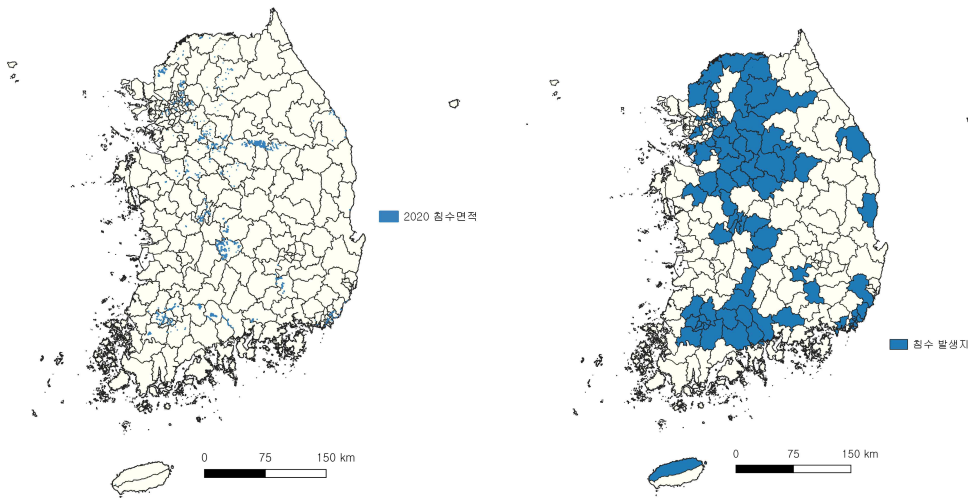
(1) 침수 발생지와 산사태 발생지

먼저 침수 발생지의 경우, 자연재난상황통계에서 시군구 별 침수면적 데이터가 누락이 되어있는 경우가 많아서, 침수면적 데이터로는 한국국토정보공사의 침수 흔적 정보의 침수심선 데이터와 침수위선 데이터를 병합하여 사용하였다. 두 데이터를 병합한 이유는 침수위선 데이터에서는 나와 있지 않은 데이터가 침수심선 데이터에는 있으며, 침수심선 데이터에는 상세한 피해 원인이 나와 있지 않기 때문에 두 데이터를 병합하여, 2020년에 발생한 침수데이터를 정제하여 활용하였다.

이때, 침수흔적 데이터 상 2020년 서울시의 침수흔적이 누락되어있어 서울시에서 제공하는 2020년 침수흔적도를 합성하여 2020년 전국 침수흔적도를 제작하였다. 또한, 침수흔적도 상 피해 원인은 크게 호우로 인한 피해와 태풍으로 인한 피해로 구분되어있는데, 본 연구에서는 호우를 원인으로 한

피해만 수해로 보았기 때문에 데이터의 일치를 위해, 태풍을 원인으로 한 침수는 제외하여 시군구별 침수피해 면적 데이터를 구축하였다.

산사태 발생지의 경우, 산림청 산림빅데이터 팀에서 제공하는 산림청_과거산사태 정보 데이터를 활용하여 2020년에 해당하는 시군구 단위 별 산사태 피해면적으로 정제하여 사용하였다. 이때 산사태 재해명에 나와 있는 날짜 데이터를 활용하여, 태풍 기간에 발생한 산사태를 제외하여 호우로 인한 산사태 데이터를 구축하였다.

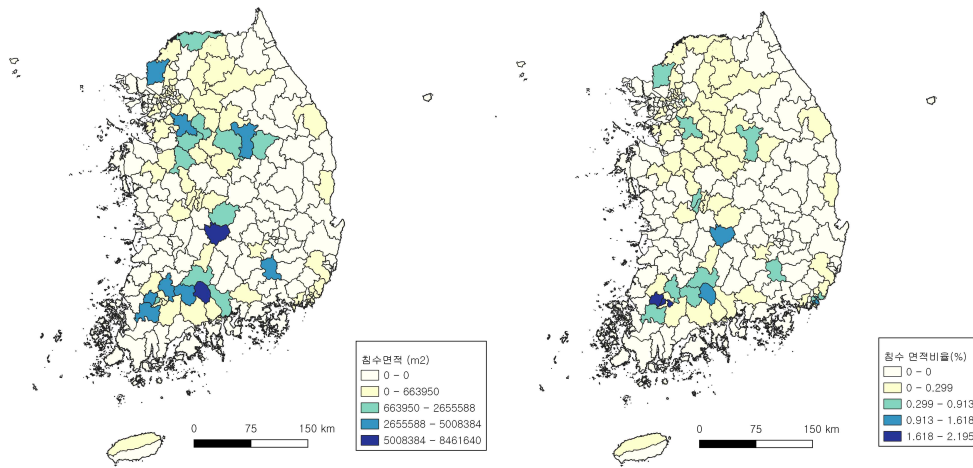


[그림 9] 2020년 시군구별 호우로 인한 침수 흔적도

[그림 10] 2020년 시군구별 호우로 인한 침수 발생지

먼저, 침수흔적도 상 2020년의 침수 발생지는 229개 시군구 중 90곳으로 나타났다. 시도별로 보면, 서울특별시 12개, 부산광역시 13개, 광주광역시 5개, 대전광역시 5개, 울산광역시 1개, 세종특별자치시, 경기도 17개, 강원도 6개, 충청북도 9개, 충청남도 4개, 전라북도 3개, 전라남도 8개, 경상북도 2개, 경상남도 1개, 제주특별자치도 1개 시군구에서 침수가 발생했다. 즉, 2020년에 대구광역시, 인천광역시를 제외하고 전국적으로 호우로 인한 침수

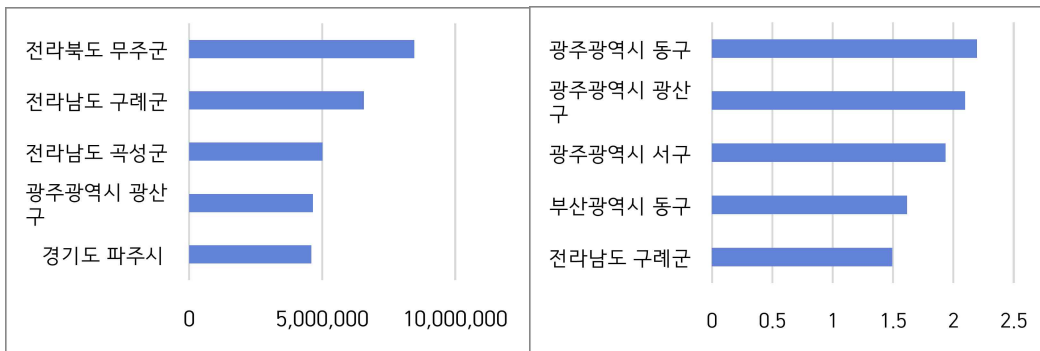
가 발생하였음을 알 수 있다.



[그림 11] 2020년 시군구별 침수면적 (m²) [그림 12] 2020년 시군구별 침수면적비율 (%) 단계 구분도

[그림 11]과 [그림 12]는 호우로 인한 시군구별 침수면적과 침수면적을 행정구역으로 나눈 침수면적비율을 18)내추럴 브레이크(Natural Breaks)방식으로 분류하여 그린 단계 구분도이다. 침수면적 외에 침수면적비율을 함께 보는 이유는 침수면적이 좁아도, 면적에 비해 침수면적은 넓은 경우 침수에 취약한 지역이기 때문이다. [그림 11]과 [그림 12]를 통해, 광주광역시 및 전라남도 북부지역의 경우 침수면적이 넓고, 침수면적비율도 높게 나타났지만, 경기도 남부와 충청북도 북부 지역의 경우에는 침수면적은 넓게 나타났지만, 침수면적비율은 비교적 낮게 나타나는 지역이 많았다는 것을 알 수 있다.

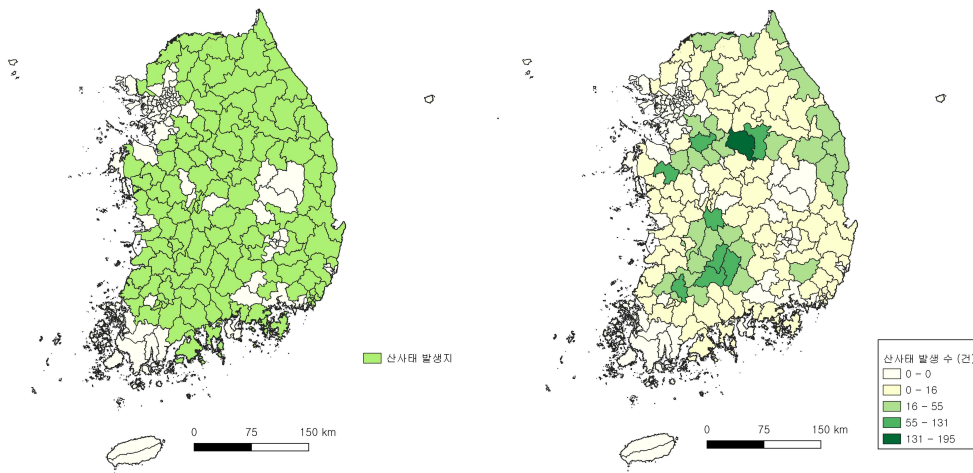
18) 내추럴 브레이크는 데이터가 원래 가지고 있는 패턴에 의해 분류하는 방법으로, 한 그룹 내에서 가장 분산이 작도록 구분하고 상대적으로 수치가 크게 변하는 곳을 기준으로 구간설정을 하여 단계를 구분하는 방법이다. 이는 통계적 공식인 Zenk's optimization 기법을 사용한다.



[그림 13] 2020년 시군구별 침수면적 (m²) 상위 5개 [그림 14] 2020년 시군구별 침수면적 비율 (%) 상위 5개

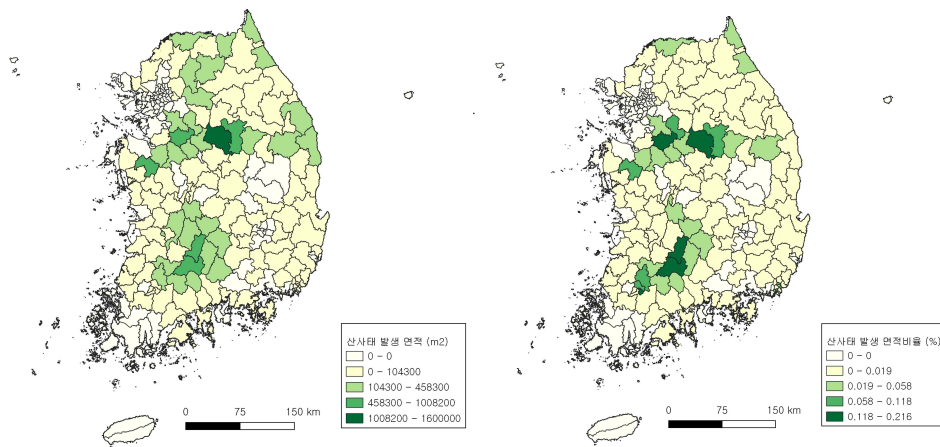
시군구별 침수면적(m²)과 침수면적 비율(%)의 상위 5개 시군구를 비교해보면, 피해가 크게 나타난 지역이 서로 다르게 나타난다. 시군구별 침수면적 상위 5개 지역을 보면 전라북도 무주군(약 8,461,640m²), 광주광역시 동구(약 6,571,988m²), 강원도 철원군(약 5,008,384m²), 전라북도 남원시(약 4,656,026 m²), 전라남도 담양군(약 4,584,986m²) 순으로 높게 나타났다. 반면 침수면적 비율 상위 5개 지역을 보면 전라남도 구례군(약 2.195%), 강원도 철원군(약 2.097%), 충청북도 단양군(약 1.935%), 전라남도 담양군(약 1.618%), 전라남도 곡성군(약 1.495%) 순으로 높게 나타났다.

두 번째로, 산사태 발생지는 229개 시군구 중 132곳으로 나타났다. 시도별로 보면, 부산광역시 11개, 광주광역시 4개, 대전광역시 4개, 울산광역시 2개, 경기도 13개, 강원도 18개, 충청북도 9개, 충청남도 12개, 전라북도 14개, 전라남도 13개, 경상북도 18개, 경상남도 18개 시군구에서 침수가 발생했다. 즉, 2020년에 서울특별시와 인천광역시를 제외하고 전국적으로 호우로 인한 산사태가 발생하였음을 알 수 있다.



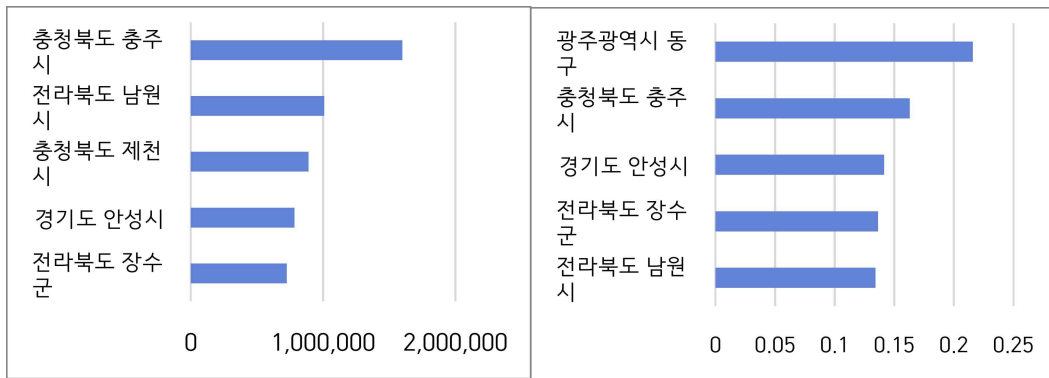
[그림 15] 2020년 산사태 발생지 (시군구 단위) [그림 16] 2020년 시군구별 산사태 발생 건수 (건) 단계 구분도

[그림 16]을 통해 2020년의 호우로 인한 산사태 발생 건수의 분포를 보면, 충청도 북부 지역과, 전라도와 동해안에서 산사태가 많이 발생하였음을 알 수 있다. 시군구별로 보면, 충청북도 충주시(195건), 전라북도 남원시(131건), 충청남도 예산군(111건), 전라북도 장수군(108건), 경기도 안성시(94건) 순으로 발생 건수가 많았다.



[그림 17] 2020년 시군구별 산사태 면적 (m²) 단계 구분도 [그림 18] 2020년 시군구별 산사태 면적비율 (%) 단계 구분도

[그림 17]과 [그림 18]을 통해, 경기도 남부 및 충청도 북부, 대구광역시 및 전라북도 동부의 호우로 인한 산사태 피해가 컸다는 것을 알 수 있다. 특히 충청북도 충주시의 경우, 산사태 발생 건수, 발생면적(m²), 발생 면적비율(%) 모두 높게 나타나고 있어, 호우로 인한 피해 중 산사태로 인한 피해가 크게 나타날 것이라고 추론할 수 있다.



[그림 19] 2020년 시군구별 산사태 면적 (m²) 상위 5개

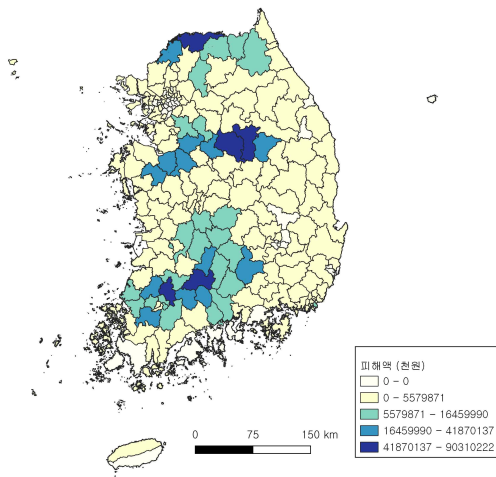
[그림 20] 2020년 시군구별 산사태 면적비율 (%) 상위 5개

시군구별 산사태면적(m²)과 산사태 면적 비율(%)의 상위 5개 시군구를 비교해보면, 피해가 크게 나타난 지역이 거의 비슷하지만 광주광역시 동구의 경우 산사태 면적에서는 72위(약 15400m²)로 나타났으나, 산사태 면적비율 상에서는 1위(약 0.0021%)로 나타났다. 즉, 광주광역시 동구의 단순 산사태 피해 면적은 적은 편이기 때문에 호우로 인한 산사태 피해가 심각한 지역에 해당되지 않지만, 시군구 면적 대비 산사태 피해면적으로 비교하면 광주광역시 동구의 산사태 피해가 제일 크다고 볼 수 있다. 이러한 사례 때문에, 취약지역을 선정할 때 산사태 피해면적 외에 산사태 피해면적비율을 함께 보아야 한다.

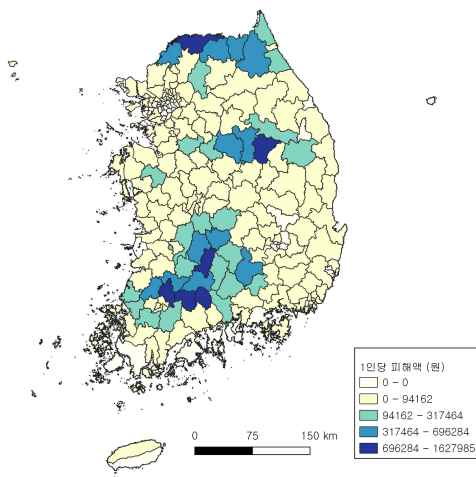
(2) 인명 및 재산피해 발생지

국민재난안전포털 자연재난상황통계의 호우를 원인으로 한 2020년의 시군구별 피해자료의 총피해액과 사망자, 실종자, 부상자 수를 모두 합한 인명피해 데이터를 기준으로, 재산피해 발생지, 인명피해 발생지, 재산피해와 인명피해가 모두 발생한 복합피해지를 선정하였다. 재산피해와 인명피해의 경우에는 각각 시군구 별 피해액과 1인당 피해액, 시군구별 인명피해 수와 총인구 대비 인명피해 발생 비율로 세분화하였다.

첫 번째로, 2020년의 재산피해는 총 229개 시군구 중 188곳에서 발생하였다. 시도별로 보면, 서울특별시 10개, 부산광역시 16개, 대구광역시 2개, 인천광역시 8개, 광주광역시 5개, 대전광역시 5개, 울산광역시 2개, 경기도 27개, 강원도 16개, 충청북도 11개, 충청남도 15개, 전라북도 14개, 전라남도 18개, 경상북도 21개, 제주특별자치도 1개의 시군구와 세종특별자치시에서 재산피해가 발생하였다. 즉, 피해의 정도는 다르지만 재산피해가 전국적으로 발생하였음을 알 수 있다.



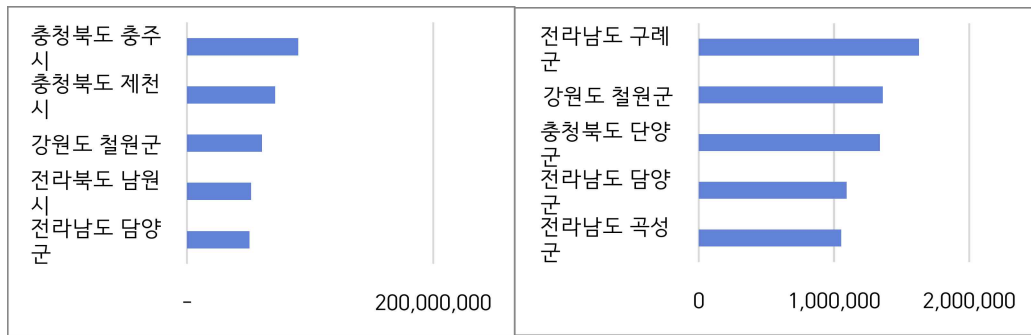
[그림 21] 2020년 시군구별 피해액(천원) 단계 구분도



[그림 22] 2020년 시군구별 1인당 피해액(원) 단계 구분도

[그림 21]과 [그림 22]를 통하여 재산피해는 경기도 및 강원도 북부, 충청북도 북부, 전라도를 중심으로 피해가 크게 발생했었다는 것을 알 수 있으며, 시군구 별 피해액이 큰 지역과 시군구별 인구를 반영한 1인당 피해액이 큰 지역이 차이가 있다는 것을 알 수 있다.

단계 구분도 상에서 가장 뚜렷한 차이가 나는 지역은 충청남도 지역이다. 시군구별 피해액에서는 충청남도 북부가 피해가 큰 편이었지만, 인구를 반영한 1인당 피해액에서는 피해가 작은 편으로 나타났다.



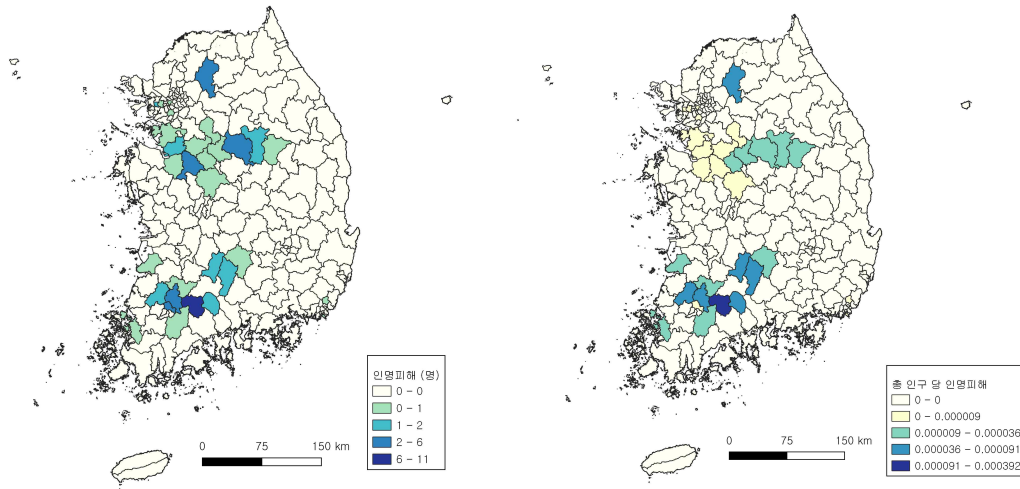
[그림 23] 2020년 시군구별 피해액(천원) 상위 5개

[그림 24] 2020년 시군구별 1인당 피해액(원) 상위 5개

시군구별 피해액과 1인당 피해액의 상위 5개 시군구를 비교해보면, 피해가 크게 나타난 지역이 서로 다르다는 것을 알 수 있다. 시군구별 피해액의 상위 5개 지역을 보면 충청북도 충주시(약 90,310,222,000원), 제천시(약 71,554,224,000원), 강원도 철원군(약 60,853,743,000원), 전라북도 남원시(약 52,010,754,000원), 전라남도 담양군(약 50,596,222,000원) 순으로 높게 나타났다. 반면 시군구별 1인당 피해액의 상위 5개 지역을 보면 전라남도 구례군(약 1,627,985원), 강원도 철원군(약 1,361,412원), 충청북도 단양군(약 1,339,346원), 전라남도 담양군(약 1,093,263원), 전라남도 곡성군(약 1,053,191) 순으로 높게 나타났다. 즉, 수해로 인한 재산피해 발생지는 시군

구별 피해액이 큰 지역과 1인당 피해액이 큰 지역으로 세분화하여, 주요 재산피해 발생 위험 지역을 선정하여 관리해야 할 필요성이 있다.

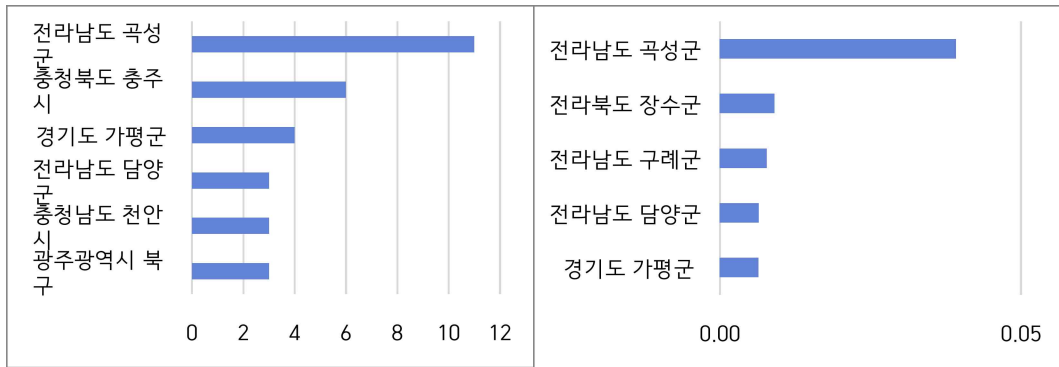
두 번째로, 2020년의 인명피해는 총 229개 시군구 중 31곳에서 발생하였다. 시도별로 보면, 서울특별시 1개, 부산광역시 2개, 인천광역시 1개, 광주광역시 1개, 경기도 7개, 충청북도 6개, 충청남도 2개, 전라북도 3개, 전라남도 3개, 경상남도 2개의 시군구에서 인명피해가 발생하였다.



[그림 25] 2020년 시군구별 인명피해(명) 단계 구분도 [그림 26] 2020년 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생비율(%) 단계 구분도

[그림 25]과 [그림 26]은 각 시군구별 인명피해 수와 시군구별 인명피해 수에 총인구를 나누어 도출한 총인구 대비 인명피해 발생 비율을 내추럴 브레이크를 통해 분류하여 그린 단계구분도이다. 단계구분도를 통하여 인명피해는 경기도 남부지역과 충청북도 북부지역, 전라도와 경상남도 북부를 중심으로 피해가 발생했음을 알 수 있다. 또한 [그림 25]와 [그림 26]을 비교해보면, 시군구 별 인명피해 수가 큰 지역과 시군구별 인구를 반영한 총인구 대비 인명피해 발생 비율이 큰 지역 간에 차이가 있다는 것을 알 수 있

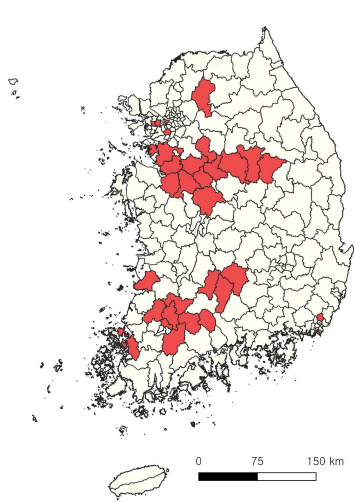
다. 하지만 시군구별 피해액과 1인당 피해액보다는 차이가 뚜렷하게 나타나지는 않았다.



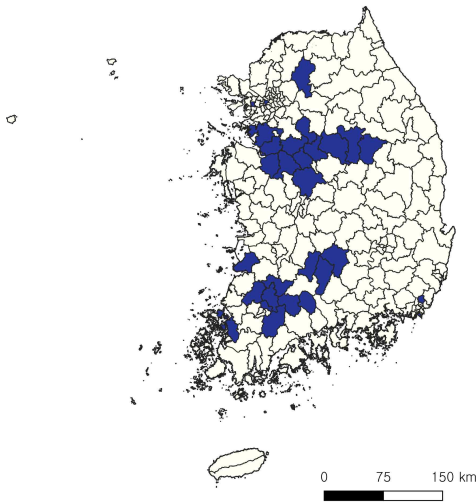
[그림 27] 2020년 시군구별 인명피해 수 (명) 상위 5개 [그림 28] 2020년 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율(%) 상위 5개

시군구 별 인명피해 수와 총인구 대비 인명피해 발생 비율상위 5개는 1순위는 전라남도 곡성군으로 동일했지만, 나머지 2~5순위는 서로 다르게 나타났다. 시군구별 인명피해 수의 경우, 전라남도 곡성군 11명, 충청북도 충주시 6명, 경기도 가평군 4명, 전라남도 담양군과 충청남도 천안시와 광주광역시 북구 3명 순으로 나타났다. 반면 총인구 대비 인명피해 발생 비율 상위 5개 지역은 전라남도 곡성군(약 0.0392), 전라북도 장수군(약 0.0091), 전라남도 구례군(약 0.0078), 전라남도 담양군(약 0.0065), 경기도 가평군(0.0064) 순으로 나타났다.

즉, 수해 인명피해 발생지 또한 시군구별 인명피해 수가 큰 지역과 총인구 대비 인명피해 발생 비율이 큰 지역으로 세분화하여, 주요 인명피해 발생 위험 지역을 선정하여 관리해야 할 필요가 있음을 알 수 있다.



[그림 29] 2020년 인명피해 발생지

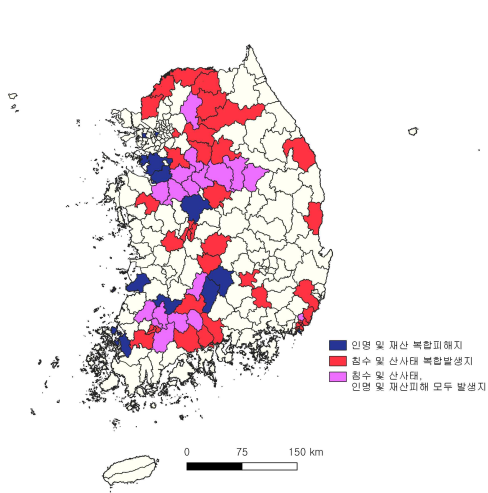


[그림 30] 2020년 복합피해 발생지

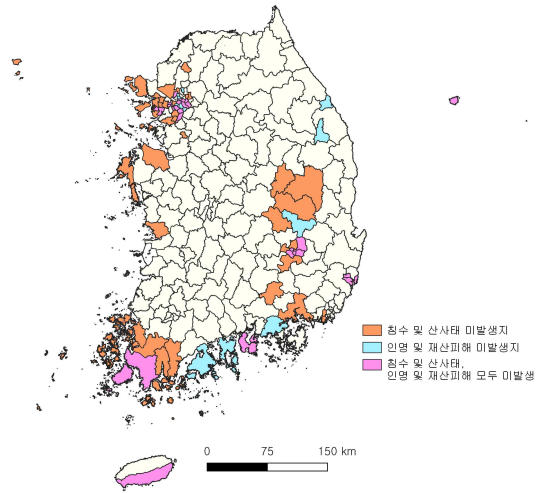
세 번째로, 2020년에 인명피해가 재산피해가 모두 발생한 복합피해지는 총 39곳 이었다. 시도별로 보면, 서울특별시 1개, 부산광역시 2개, 인천광역시 1개, 광주광역시 1개, 경기도 5개, 충청북도 6개, 충청남도 2개, 전라북도 3개, 전라남도 3개, 경상남도 2개의 시군구에서 복합피해가 발생하였다. 즉, 경기도 부천시와 안양시를 제외하고는 인명피해 발생지와 동일하다. 이는 인명피해 발생지의 경우 대부분 재산피해를 동반하는 것으로 알 수 있다.

(3) 수해 복합 발생지와 수해 미발생지

연구에서는 기존 데이터의 문제로 2020년의 시군구별 침수 발생 현황을 침수 발생지와 산사태 발생지, 인명피해 및 재산피해발생지로 구분하여 보았다. 본 연구자는 네 가지 데이터를 중첩하여 보면, 피해 유형에 따른 인명피해와 재산피해액을 유추할 수 있을 것으로 예상하여 침수 발생지, 산사태 발생지, 복합피해지 데이터를 중첩하여, 수해 복합 발생지와 미발생지 분포 지도를 만들었다.



[그림 31] 2020년 수해 복합 피해지



[그림 32] 2020년 수해 미발생지

[그림 31]은 2020년 침수 및 산사태 발생지, 인명 및 재산 복합피해가 모두 발생한 지역에 대한 지도이다. 침수 및 산사태가 모두 발생한 지역은 총 60곳이었으며, 인명 및 재산 복합피해지는 총 39곳, 침수, 산사태, 인명 및 재산피해가 모두 발생한 지역은 총 19곳이었다. 즉, 299개의 시군구 중 60개는 어떠한 형태의 수해로 인한 인명피해 및 재산피해인지 구분이 불가능했다.

[그림 32]는 2020년 침수 및 산사태, 인명 및 재산 피해가 모두 발생하지 않은 지역에 대한 지도이다. 침수 및 산사태가 발생하지 않은 지역은 총 67곳이었으며, 인명 및 재산피해 미발생지는 총 39곳, 침수, 산사태, 인명 및 재산피해가 모두 발생하지 않은 지역은 총 29곳이었다.

이때, 문제가 되는 부분은 인명피해 또는 재산피해가 발생하였으나, 침수 및 산사태가 모두 발생하지 않은 지역이다. 침수 및 산사태가 발생하여도 피해면적에 해당하는 구역이 아무것도 없는 경우라면, 인명피해 및 재산피

해가 발생하지 않았을 수도 있지만, 호우로 인하여 인명피해 및 재산 피해가 발생하였는데 침수 또는 산사태가 발생하지 않았다는 것은 불가능하다. 그럼에도 불구하고 [그림 32]과 같이, 침수 및 산사태가 미발생하였지만 인명피해 또는 재산 피해가 발생한 지역이 38곳으로 나타났다. 이는 침수흔적도나 산사태 데이터가 누락되어있는 것으로 추정하였다. 이 때문에 침수면적과 산사태 면적 데이터를 제외하고, 자연재난상황통계의 호우를 원인으로 한 시군구별 피해액과 인명피해 데이터만을 사용하였다.

그래서 본 연구에서는 수해 발생지를 재산피해지, 인명피해지, 재산피해와 인명피해가 모두 발생한 복합피해지로 크게 세 가지 유형으로 구분하였다. 그리고 재산피해는 시군구별 피해액(천원)과 1인당 호우피해액(원)으로 세분류하고, 인명피해는 시군구별 인명피해 수(명)과 총인구 대비 인명피해 발생비율(%)로 세분류하여, 복합피해까지 총 5가지 유형별로 취약요인을 선정하고, 피해지역 군집화를 진행하였다.

Ⅲ. 수해 피해 유형별 취약요인 선정

1. 수해 노출요인 및 영향요인 선정

수해 노출요인과 영향요인은 선행연구를 바탕으로 수해에 영향을 미칠 가능성이 있고, 취득이 가능한 데이터를 포함하여 선정하였다.

먼저, 강수 관련 변수들을 노출 요인으로 선정하였다. 이때 시군구별 데이터는, 지역 내에 종관기상관측소가 존재하는 경우에는 ASOS(종관기상관측) 데이터를 활용하였고, ASOS 데이터가 없는 지역에서는 지역의 중심점에 가장 가까운 AWS(방재기상관측) 데이터를 정제하여 활용하였다. 시군구별 중심점은 QGIS의 벡터 도형 내 중심점 기능을 활용하여 추출하였다.

기상청에서 강수량 계급 일수로 일강수량 80mm 이상일 수, 1시간 강수량 30mm 이상일 수를 사용하고 있기 때문에, 시군구별로 1일 최대 강수량, 1시간 최대 강수량, 일 강수량 80mm 이상일 수를 노출요인에 속하는 변수로 고려하였다. 강수가 단기간에 많은 양이 내리는 집중호우의 경우 수해 발생에 대한 노출 영향으로 크게 작용하는 만큼 선행연구에서 대표적으로 사용되는 대리변수들이다. 또한 기상청에서 극한 호우로 정의한 1시간 누적강수량이 50mm인 경우를 고려하기 위해, 1시간 강수량 50mm 이상일 수를 노출요인에 속하는 변수로 고려하였다.

수해 영향요인은 선행연구를 바탕으로 수해에 영향을 미칠 수 있다고 예상되는 변수를 선정하였다. 영향요인이라고 칭한 이유는 피해 유형에 따라 변수의 작용이 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 실제로, 같은 변수임에도 연구자에 따라서 다른 서로 요인에 포함되는 경우가 있었다. 그렇기 때문에 본 연구자는 노출요인인 강수량 변수외에는 모두 영향요인으로 고려하였다. 영향요인의 대리변수로 선정한 변수 중 2020년 기준 데이터가 없는 경우에는 가장 가까운 연도의 데이터를 사용하였다. 관련 면적 데이터가 없이 공간데이터만 존재하는 데이터의 경우에는 QGIS를 통해 면적 계산을 하여 시군구별 변수 관련 면적 데이터를 구축하였다.

각 변수들은 시군구별 면적 및 인구 수 차이로 인한 영향을 줄이기 위하여, 밀도 및 면적비율 등의 형태로 사용하였다. 시군구별 면적비율 데이터를 계산할 때, 변수 데이터가 통계형식으로 시군구별 면적이 제공되는 경우에는 국토교통부 토지지적통계의 행정구역별 국토이용현황 데이터를 행정구역 면적으로 설정하여 계산하였다. 변수 데이터가 공간데이터로 제공되는 경우에는, 국토지리정보원의 국토행정경계 데이터와 국토교통부의 행정구역시군구 경계 법정동 경계도면을 합성하여 만든 연구범위를 QGIS를 통해 면적 계산하여 도출한 시군구별 면적 데이터를 활용하여 시군구별 면적비율 데이

터를 계산하였다.

먼저 시가화 면적비율은 용도지역 중 주거지역, 상업지역 및 공업지역 면적의 합으로, 아스팔트, 콘크리트, 건물 등으로 인해 빗물이 침투하기 어려운 불투수 면적으로 보고, 수해 발생을 가중시키는 요인으로 선행연구에서 민감요인으로 사용되는 변수이다. 하지만, 본 연구자는 시가화 면적의 경우 인프라가 발전되어 있어, 수해에 대한 빠른 대처로 수해 피해를 줄일 수도 있다고 생각하여 영향변수로 선정하였다.

불투수지 면적 및 불투수 면적비율은 시가화 면적 외에도 불투수면적이 있기 때문에, 그로 인한 영향을 보기 위하여 변수로 고려하였다. 불투수 면적 데이터의 경우, 2020년 데이터가 존재하지 않아서 2022년을 기준으로 한 데이터를 사용하였다. 녹지비율의 경우 시가화 면적비율과 반대로 우수 배수 지역으로 작용하여 수해 피해 저감에 도움이 될 수 있기 때문에 영향변수로 고려하였다.

비도시 면적비율은 행정구역 기준으로 면 지역에 해당하는 지역의 면적을 시군구 면적으로 나눈 비율로, 시가화 지역과 반대로 수해가 발생 시 대처가 미흡할 가능성이 크다고 생각하여 변수로 포함하였다. 전 면적 비율과 답 면적 비율의 경우, 비시가화 지역의 피해와 작물 피해액에 영향을 미칠 것으로 예상하여 영향변수로 고려하였다.

노후 단독주택은 준공된 후 20년 이상의 단독주택에 해당하는데, 이는 「도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침」에서 반지하주택과 함께 재해취약성의 분석지표로 사용되고 있으며, 여러 선행연구에서도 두 변수를 수해 취약성의 대리변수로 사용하였다. 그렇기 때문에 본 연구에서도 시군구별 노후단독주택 밀도와 지하 및 반지하 건축물 밀도를 영향변수로 선정하였다.

단독주택과 공동주택 밀도는, 주택의 형태에 따라서 피해 수해 피해 발생

양상이 다르게 나타날 수 있다고 생각하여 변수로 고려하였다.

배수불량지 면적비율은 집중호우가 발생한 경우, 배수가 잘 되지 않아 침수 위험성이 크기 때문에 변수로 포함하였다. 이때, 시군구별 배수불량지를 구축하기 위해 사용한 데이터인 배수등급 공간데이터는 2020년에 해당하는 데이터가 존재하지 않아 2018년을 기준으로 한 데이터를 사용하였다.

시군구별 경사도 0-2% 면적비율 또한 경사도가 낮아 배수가 어려울 수도 있으나, 토지이용형태에 따라 영향이 달라질 수 있기 때문에 따로 변수로 포함하였다. 반대로, 시군구별 경사도 60-100% 면적비율이 높은 경우 배수는 빠르게 진행되지만, 산사태로 인한 수해가 발생 수 있어 변수로 포함하였다. 이때, 경사도 별 면적 데이터는 2020년 데이터가 존재하지 않아서, 2019년 데이터를 사용하여 구분하였다.

하천 면적비율의 경우, 행정구역 내에 하천이 많이 위치할수록 하천의 외수범람 또는 역류로 인하여 수해 발생 위험성이 커지기 때문에 변수로 포함하였다.

인구밀도는 일반적으로 민감요인으로 사용되는 변수로, 인구가 밀집하여 거주하는 지역에 수해가 발생할 경우에 인명피해가 크게 발생할 수 있어 변수에 포함하였다. 영유아 및 노령자 비율, 기초생활수급자 비율, 장애인 비율은 시군구별 0~4세의 영유아와 65세 이상의 노령자 수와, 기초생활수급자 수, 장애인 수를 시군구별 총인구로 나누어 구한 값이다. 영유아 및 노령자, 장애인의 경우는 신체적으로 취약하고, 기초생활수급자의 경우 경제적으로 취약하여 수해에 대한 대응능력이 낮은 재해취약계층에 속하기 때문에 변수에 포함하였다.

GRDP(Gross Regional Domestic Product, 지역 내 총생산)는 일정 기간 동안(통상 1년)동안 일정 지역 내에서 새로이 창출된 부가가치의 합을 말하며, 재산세는 토지, 건축물, 주택, 선박, 항공기를 소유하고 있는 사람에 대

하여 과세하는 세목이다. GRDP와 재산세 부과액이 높을수록, 각 시군구의 자산가치가 높기 때문에 비교적 좁은 면적에서 수해가 발생하여도 수해 피해액은 크게 발생할 수 있고, 반대로 재정 능력이 높기 때문에 수해에 대한 방재 인프라와 안전교육 시행 등으로 대처 능력이 비교적 우수하여 피해가 적게 나타날 수도 있으므로 영향요인의 변수로 고려하였다. 이때, GRDP의 데이터의 경우 2020년 기준 자료가 누락되어 있는 시군구가 많아서, 모든 시군구의 데이터가 있는 2019년 데이터를 사용하였다.

1km² 당 19)하수관로 지표는 배수 능력을 나타내는 지표로서 행정구역의 면적 당 하수관거 길이로 계산된다. 1km² 당 할당된 하수관거 길이가 길수록, 하나의 하수관거가 배수를 담당해야 할 용량이 적기 때문에 홍수와 침수 취약성이 감소한다고 볼 수 있어, 변수로 고려하였다. 맨홀 밀도 또한 밀도가 높을수록 배수능력이 높게 나타나 수해 취약성이 감소하므로, 변수로 설정하였다.

연구에서 사용한 데이터에 해당하는 펌프장은 「하수도법」에 따른 20)하수를 배제(排除)하기 위하여 설치한 펌프장만을 포함한다. 펌프장 밀도가 높을수록 집중호우가 발생할 경우, 빠른 대처를 통해 수해로 인한 피해 줄일 수 있지만, 배수장이 많이 설치되어있을수록 평소 수해 피해가 큰 지역일 수 있다.

방재시설에는 21)하천·유수지·저수지·방화설비·방풍설비·방수설비·사방설비·방조설비가 포함된다. 방재시설은 펌프와 같이, 호우로 인한 피해를 저감할 수 있으나, 방재시설 설치 지역이 평소에 자연재해가 잦은 지역

19) 「하수도법」 제2조에 따르면, 하수관로는 하수를 공공하수처리시설·간이공공하수처리시설·하수저류시설로 이송하거나 하천·바다 그 밖의 공유수면으로 유출시키기 위하여 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 관로와 그 부속시설을 말한다

20) 「하수도법」 제2조에 따르면, “하수”라 함은 사람의 생활이나 경제활동으로 인하여 액체성 또는 고체성의 물질이 섞이어 오염된 물(“오수”)과 건물·도로 그 밖의 시설물의 부지로부터 하수도로 유입되는 빗물·지하수를 말한다. 다만, 농작물의 경작으로 인한 것은 제외한다.

21) 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제2조.

일 수 있어서 방재시설 밀도 데이터를 변수로 고려하였다. 연구에서 사용한 방재시설 현황데이터의 경우 2020년 기준 데이터가 존재하지 않아서 2023년 데이터를 기준으로 분석하였다.

선행연구를 바탕으로 선정할 수해 노출요인과 영향요인의 대리변수는 아래의 <표 7>과 같이 선정하였다.

<표 7> 선행연구를 바탕으로 선정할 수해 노출요인과 영향요인 별 변수

요인	변수 명	시간	단위	자료 출처	사용 데이터 명
노출	1일 최대 강수량	2020	mm	기상청	ASOS, AWS 강수량 일데이터
	1시간 최대 강수량	2020	mm		ASOS, AWS 강수량 시간데이터
	일 강수량 80mm 이상 일수	2020	일		ASOS, AWS 강수량 일데이터
	시간 강수 30mm 이상 시간	2020	시간		ASOS, AWS 강수량 시간데이터
	시간 강수 50mm 이상 시간	2020	시간		ASOS, AWS 강수량 시간데이터
영향	시가화 면적 비율	2020	%	KOSIS_「도시계획현황」, 한국국토정보공사	용도지역(시군구)-도시지역_비율
	불투수지 면적 비율	2022	%	환경공간정보서비스	환경주제도-물환경-불투수면
	녹지 비율	2020	%	KOSIS(「도시계획현황」, 한국국토정보공사)	녹지
	비도시 면적 비율	2020	%		도시·비도시지역 면적현황
	전 면적 비율	2020	%		지목별 토지현황
	답 면적 비율				
	노후 단독주택밀도	2020	호/km ²	KOSIS(「주택총조사」, 통계청)	주택의 종류, 연면적 및 거주인수별 주택 - 시군구
	단독주택 밀도				
공동주택 밀도					
반지하 및 지하 건축물 밀도	2020년 12월	호/km ²	건축데이터 개방 건축데이터민간개방시스템	건축물대장 표제부	

배수불량지 면적 비율	2018	%	국립농업과학원	배수등급(shp)
경사도 0-2% 면적 비율	2018	%		토양경사도(shp)
경사도 60-100% 면적 비율				
하천 면적 비율	2020	%	국토지리정보원	연속수치지형도 실폭하천 데이터
인구밀도	2020년 12월	1/km ²	KOSIS(「주민등록인구 현황」, 행정안전부)	행정구역(시군구)별, 성별 인구수
영유아 및 노령자 비율	2020년 12월	%	행정안전부	연령별 인구현황(0~4세, 65세 이상)
기초생활수급자 비율	2020년 12월	%	사회보장정보시스템 (행복e음)	기초생활보장 수급자구분별 수급가구수, 수급자수
장애인 비율	2020	%	KOSIS(「전국장애인등록현황」, 보건복지부)	시도별, 장애유형별, 장애등급별, 성별 등록 장애인수
GRDP	2019	백만원	KOSIS(통계청 지역통계기획팀)	GRDP(시/군/구)
재산세 부과액	2020	천원	KOSIS(「지방세통계」, 행정안전부)	각 구세, 시세, 군세 중 재산세
1km ² 당 하수관로 길이	2020	m/km ²	하수도 종합정보 관리시스템	2020년 하수도 통계
맨홀 밀도	2020	1/km ²		
펌프장 밀도				
방재시설 밀도	2023	1/km ²	국토교통부	방재시설(현황) (shp)

연구에서는 선행연구를 바탕으로 선정된 변수들 간에 공통성이 너무 높게 나타나는 변수를 제거하기 위하여, 변수들 간의 상관성 분석을 진행하였다. 상관성 분석은 통계 프로그램인 SPSS 프로그램을 사용하였으며, 피어슨 상관계수를 사용하여 p값이 0.05 미만으로 유의하게 나타나고, 상관계수가 0.9 이상으로 나타나는 변수에 대하여 확인하였다.

<표 8> 표준화한 변수 간의 상관분석 결과 중 상관계수 0.9 이상인 변수 (*p<.05, **p<.01)

	시가화 면적 비율	단독주 택 밀도	공동주 택 밀도	노후 단독주 택 밀도	지하 건축물 밀도	인구밀 도	영유아 및 노령자 비율	장애인 비율	기초생 활수급 자 비율	불투수 면 비율
시가화 면적 비율	1	0.836**	0.886**	0.841**	0.842**	0.907**	-0.479* *	-0.574* *	0.024	0.920**
단독주택 밀도	0.836**	1	0.746**	0.991**	0.794**	0.800**	-0.293* *	-0.402* *	0.157*	0.788**
공동주택 밀도	0.886**	0.746**	1	0.734**	0.856**	0.984**	-0.448* *	-0.544* *	-0.0479	0.805**
노후 단독주택 밀도	0.841**	0.991**	0.734**	1	0.796**	0.789**	-0.260* *	-0.375* *	0.184**	0.804**
지하 건축물 밀도	0.842**	0.794**	0.856**	0.796**	1	0.905**	-0.332* *	-0.446* *	-0.007	0.761**
인구밀도	0.907**	0.800**	0.984**	0.789**	0.905**	1	-0.432* *	-0.533* *	-0.037	0.820**
영유아 및 노령자 비율	-0.479* *	-0.293* *	-0.448* *	-0.260* *	-0.332* *	-0.432* *	1	0.953**	0.172**	-0.522* *
장애인 비율	-0.574* *	-0.402* *	-0.544* *	-0.375* *	-0.446* *	-0.533* *	0.953**	1	0.212**	-0.606* *
기초생활 수급자 비율	0.024	0.157*	-0.0479	0.184**	-0.0070 8	-0.0371 4	0.172**	0.212**	1	0.058
불투수면 비율	0.920**	0.788**	0.805**	0.804**	0.761**	0.820**	-0.522* *	-0.606* *	0.058	1

<표 8>은 상관계수 p-value(유의수준, p값)가 0.05보다 낮게 나타나면서, 상관계수 r이 0.9 이상 나타나는 변수들을 나타낸 표이다. 연구에서는 p-value가 유의하고, r>= 0.9인 변수들을 확인하고, r>=0.95인 변수는 제거하였다.

단독주택 밀도와 노후 단독주택 밀도는 r= 0.991(p<0.01), 공동주택 밀도

와 인구밀도는 $r=0.984(p<0.01)$, 영유아 및 노령자 비율과 장애인 비율은 $r=0.953(p<0.01)$ 로 나타났다. 그래서 두 변수간의 공통성이 너무 높게 나타나기 때문에 단독주택 밀도와 공동주택 밀도, 장애인 비율을 변수에서 제거하였다. 노후 단독주택 밀도는 「도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침」 상에서 건축물 취약변수로 사용되고 있고 때문에, 단독주택 밀도를 제거하였다. 인구밀도는 여러 선행연구에서 수해 취약요인의 대리변수로 사용되었으며, 추후 설명을 위한 중요 변수이기 때문에 제거하지 않고, 공동주택 밀도를 제거하였다. 장애인 비율과 영유아 및 노령자 비율은 같은 취약계층과 관련된 변수인 기초생활수급자 비율과 비교하여, 상관계수가 더 낮게 나타난 영유아 및 노령자 비율을 남기고, 장애인 비율을 제거하였다.

상관관계 r 이 0.9 이상, 0.95 미만인 변수들은 추후 설명을 위해 제거하지 않았으나, 이후 연구에서 두 변수간의 상관성이 높게 나온 것을 반영하여 결과를 해석하였다.

<표 9> 수해 노출요인 및 영향요인의 기술통계

요인	변수	N	평균	표준편차	최소값	최대값
노출	일 최대강수량(mm)	229	152.618	58.729	69	413
	1시간 최대강수량(mm)	229	44.259	14.303	20	88
	80mm 이상 일 수(일)	229	3.694	1.968	0	9
	시간당 30mm 이상 시간(시간)	229	2.703	2.509	0	11
	1시간 50mm 이상 시간(시간)	229	0.406	0.830	0	4
영향	시가화 면적 비율(%)	229	18.776	24.883	0.037	99.748
	불투수면 비율(%)	229	21.127	20.506	1.243	83.959
	녹지비율(%)	229	25.556	25.780	0	86.771
	비도시지역 면적비율(%)	229	53.720	42.828	0	99.668
	전 면적비율(%)	229	5.902	3.718	0	19.380
	담 면적 비율(%)	229	8.853	8.096	0	39.692
	노후 단독주택 밀도(호/km ²)	229	145.532	240.428	2.544	1,122.372

(반지하 및)지하 건축물 밀도(호/km ²)	229	114,695	231.161	0.119	1,131.908
배수불량지 면적비율(%)	229	14,977	11.531	0	46.466
0-2% 경사도 면적 비율(%)	229	13,671	11.645	0	51.377
60-100% 토양경사도 면적비율(%)	229	21,616	19.253	0	76.430
하천면적 비율(%)	229	2,309	5.530	0	70.931
인구밀도(명/km ²)	229	3,670,561	5,939.443	19.252	26,002.350
영유아 및 노령자 비율(%)	229	24,954	7.804	13.313	43.475
기초생활수급자 비율(%)	229	0,856	0.415	0.053	2.318
재정자주도(%)	229	54,207	11.267	26.800	74.800
GRDP(백만원)	229	8,416,720	10,883,790	299,708	74,532,143
재산세 부과액 (천원)	229	46,933,292	60,501,270	977,664	360,000,000
1km ² 당 하수관로 면적(m/km ²)	229	7,213,975	10,303.380	135.218	83,705.040
맨홀 밀도(개/km ²)	229	153,748	254.952	2.122	2,456.264
펌프장 밀도(개/km ²)	229	0.175	0.521	0	5.707
방재시설 밀도(개/km ²)	229	0.252	0.444	0	4.834

<표 9>는 전국 시군구 229개를 대상으로 피해 유형별 수해 취약요인을 선정하기 위해 선정한 34개의 변수에 대한 기초 통계분석 결과이다. 변수 중 최소값이 0으로 나타나는 경우는 실제 데이터가 0인 경우도 있지만, 누락된 경우가 존재할 수도 있다. 하지만, 공간데이터의 경우에 누락 여부를 확인할 수 없었다. 그렇기 때문에 데이터의 통일성을 위하여, 통계 데이터의 경우에도 누락된 데이터를 0으로 처리하였다.

2. 피해 유형별 취약요인 선정

피해 유형별 취약요인을 선정하기 위하여, 수해 피해 데이터와 노출요인 및 영향요인에 해당하는 변수의 표준화 값을 생성한 후, 수해 피해 데이터의 표준화 값과 노출 및 영향요인 내 변수 간의 상관성 분석을 진행하였다.

각 변수의 단위가 서로 다르기 때문에, 표준화 값을 이용하였다. 표준화 방법은 여러 가지가 있으나, 연구에서는 Z-스코어(Z-score) 방법을 활용하였다. Z-스코어 방법은 모든 자료들의 평균은 0, 표준편차는 1로 만드는 방법으로, 가장 많이 사용되고 있는 표준화 방법이다(백승협 외, 2011).

<표 10> 수해 피해 데이터 표준화 값 기술 통계

피해 유형	N	평균	표준편차	최소값	최대값
Z 피해액	229	0	1	-0.410	7.332
Z 인당 피해액	229	0	1	-0.367	6.690
Z 인명피해 수	229	0	1	-0.270	10.701
Z 총인구 대비 인명피해 발생 비율	229	0	1	-0.161	13.745

<표 11> 수해 노출 및 영향 요인 표준화 값 기술 통계

요인	변수	N	평균	표준편차	최소값	최대값
노출	Z 일 최다강수량	229	0	1	-1.424	4.434
	Z 1시간 최다강수량	229	0	1	-1.696	3.058
	Z 80mm 이상 일수	229	0	1	-1.878	2.697
	Z 시간당 30mm 이상 시간	229	0	1	-1.077	3.306
영향	Z 1시간 50mm 이상 시간	229	0	1	-0.489	4.328
	Z 시가화 면적 비율	229	0	1	-0.753	3.254
	Z 불투수면 비율	229	0	1	-0.970	3.064
	Z 녹지비율	229	0	1	-0.991	2.375
	Z 비도시지역 면적비율	229	0	1	-1.254	1.073
	Z 전 면적비율	229	0	1	-1.587	3.625
	Z 담 면적 비율	229	0	1	-1.093	3.809
	Z 노후 단독주택 밀도	229	0	1	-0.595	4.063
	Z 지하 건축물 밀도	229	0	1	-0.496	4.400
	Z 배수불량지 면적비율	229	0	1	-1.299	2.731
	Z 0-2% 경사도 면적 비율	229	0	1	-1.174	3.238
	Z 60-100% 토양경사도 면적비율	229	0	1	-1.123	2.847
	Z 하천면적 비율	229	0	1	-0.418	12.409

Z 인구밀도	229	0	1	-0.615	3.760
Z 영유아 및 노령자 비율	229	0	1	-1.492	2.373
Z 기초생활수급자 비율	229	0	1	-1.935	3.523
Z 재정자주도	229	0	1	-2.433	1.828
Z GRDP	229	0	1	-0.746	6.075
Z 재산세 부과액	229	0	1	-0.760	5.182
Z 1km ² 당 하수관로 면적	229	0	1	-0.687	7.424
Z 맨홀 밀도	229	0	1	-0.595	9.031
Z 펌프장 밀도	229	0	1	-0.337	10.615
Z 방재시설 밀도	229	0	1	-0.568	10.325

본 연구에서는 수해 피해 데이터와 노출요인 및 영향요인에 속하는 변수들의 단위가 다르기 때문에, SPSS의 기술통계를 활용하여 표준화를 진행한 후, 수해 피해데이터와 변수 간의 상관분석을 통해, 유형별 수해 취약요인을 선정하였다. 요인선정에서 회귀분석이 아닌 상관분석을 사용한 이유는, 노출요인 및 영향요인으로 인하여 피해액과 인명피해가 발생하는 인과관계로만 보기 어렵고, 서로가 영향을 미치는 복잡한 관계라고 생각하여서 상관분석을 사용하였다.

연구에서는 여러 상관분석 방법 중 피어슨 상관계수를 사용하였다. 피어슨 상관계수(r)는 두 변수의 공분산을 각각의 표준편차로 나누어 표준화한 값이다. 이때, r 값이 양의 값(+)을 가지면 두 변수는 양의 관계를 가지며, 한 변수의 값이 증가할 때 다른 변수도 증가하는 방향으로 변화한다는 것을 의미하고, 반대로 음의 값을 가지면 한 변수의 값이 증가할 때 다른 변수는 감소하는 방향으로 변화한다는 것을 의미한다.

상관분석 후에는 p값이 유의하지 않은 상관성이 없는 변수는 제거하였으며, 상관계수의 상관관계의 방향에 따라서 정(+)적인 관계의 경우에는 수해 피해를 증가시키는 증가요인으로, 부(-)적관계인 경우에는 수해 피해를 저감하는 감소요인으로 구분하였다.

<표 12> 수해 노출 및 영향요인과 시군구별 피해 데이터와의 상관계수 (*p<.05, **p<.01)

요인	변수 명	Z 피해액	Z 1인당 피해액	Z 인명피해 수	Z 총인구 대비 인명피해 발생 비율
노출	Z 일 최대강수량	0.285**	0.350**	0.155*	0.213**
	Z 1시간 최대강수량	0.187**	0.128	0.114	0.080
	Z 80mm이상 일수	-0.065	-0.006	-0.047	0.029
	Z 시간당 30mm 이상 시간	0.183**	0.149*	0.163*	0.149*
	Z 1시간 50mm 이상 시간	0.111	0.080	0.089	0.076
영향	Z 시가화 면적 비율	-0.238**	-0.244**	-0.103	-0.108
	Z 불투수면 비율	-0.264**	-0.286**	-0.109	-0.118
	Z 녹지비율	-0.171**	-0.227**	-0.064	-0.113
	Z 비도시지역 면적비율	0.256**	0.294**	0.103	0.135*
	Z 전 면적비율	0.141*	0.090	0.025	0.004
	Z 답 면적 비율	0.114	0.083	0.029	0.042
	Z 노후 단독주택 밀도	-0.175**	-0.182**	-0.087	-0.081
	Z 지하 건축물 밀도	-0.183**	-0.176**	-0.084	-0.075
	Z 배수불량지 면적비율	-0.160*	-0.237**	-0.031	-0.083
	Z 0-2% 경사도 면적 비율	-0.205**	-0.250**	-0.075	-0.101
	Z 60-100% 토양경사도 면적비율	0.197**	0.270**	0.080	0.111
	Z 하천면적 비율	-0.050	-0.059	-0.029	-0.036
	Z 인구밀도	-0.215**	-0.214**	-0.075	-0.091
	Z 영유아 및 노령자 비율	0.177**	0.333**	0.082	0.185**
	Z 기초생활수급자 비율	0.123	0.032	0.131*	0.053
	Z GRDP	-0.128	-0.213**	0.011	-0.091
	Z 재산세 부과액	-0.160*	-0.235**	-0.021	-0.098
	Z 1km ² 당 하수관로 면적	-0.221**	-0.227**	-0.098	-0.094
	Z 맨홀 밀도	-0.146*	-0.155*	-0.044	-0.075
	Z 펌프장 밀도	0.031	-0.013	0.079	-0.017
Z 방재시설 밀도	-0.055	-0.049	0.024	-0.047	

<표 12>는 정규화한 수해 노출 및 영향요인과 시군구별 피해 데이터 간의 상관분석 결과이다. 변수 및 데이터 명 앞에 Z는 정규화 값을 뜻한다. 연구에서는 p값이 0.05 미만이거나 0.01 미만으로 유의하게 나타난 변수를 각 유형 별 취약요인의 대리변수로 선정하였다.

1) 재산피해 취약요인

먼저, 시군구별 피해액에 영향을 미치는 취약요인은 정규화된 피해액 데이터와 노출 및 영향요인에 해당하는 변수들의 정규화 값과의 상관분석을 통하여 선정하였다. 시군구별 피해액의 노출 요인은 앞에서 선정한 수해 노출 요인 내 변수의 표준화 값과 피해액의 표준화 값 간에 상관분석 결과를 바탕으로, p값이 유의하지 않은 변수는 제거하여 피해액의 노출 요인을 선정하였다. 증가 및 감소요인의 경우, 상관계수(r)의 방향을 바탕으로, 증가요인과 감소요인으로 분류하여 선정하였다. 그 결과, 시군구별 피해액의 취약요인은 다음의 <표 13>과 같이 나왔다.

<표 13> 시군구별 피해액의 취약요인 (*p<.05, **p<.01)

요인	변수	Z 피해액과 변수 간의 r
노출	Z 일 최대강수량	0.285**
	Z 1시간 최대강수량	0.187**
	Z 시간당 30mm 이상 시간	0.183**
증가	Z 비도시지역 면적비율	0.256**
	Z 60-100% 토양경사도 면적비율	0.197**
	Z 영유아 및 노령자 비율	0.177**
	Z 전 면적비율	0.141*
감소	Z 불투수면 비율	-0.264**
	Z 시가화 면적 비율	-0.238**
	Z 1km ² 당 하수관로 면적	-0.221**
	Z 인구밀도	-0.215**
	Z 0-2% 경사도 면적 비율	-0.205**
	Z 지하 건축물 밀도	-0.183**
	Z 노후 단독주택 밀도	-0.175**
	Z 녹지비율	-0.171**
	Z 배수불량지 면적비율	-0.160*
	Z 재산세 부과액	-0.160*
	Z 맨홀 밀도	-0.146*

다음으로는, 전국 및 재산피해 발생지와 재산피해 미발생지의 각 요인 내

의 세부 변수의 평균을 비교하여, 선정된 노출·증가·감소 요인 내의 변수가 피해액에 올바른 방향으로 영향을 미치는지 재검토하였다.

<표 14> 피해액 취약요인 변수의 평균값 비교

요인	변수	전국 평균	재산피해 발생지 평균(n=188)	재산피해 미발생지 평균(n=41)
노출	Z 일 최대강수량	0	0.089	-0.406
	Z 1시간 최대강수량	0	0.094	-0.432
증가	Z 시간당 30mm 이상 시간	0	0.078	-0.358
	Z 비도시지역 면적비율	0	0.145	-0.663
	Z 60-100% 토양경사도 면적비율	0	0.107	-0.493
	Z 영유아 및 노령자 비율	0	0.067	-0.306
	Z 전 면적비율	0	0.114	-0.522
감소	Z 불투수면 비율	0	-0.174	0.799
	Z 시가화 면적 비율	0	-0.200	0.919
	Z 1km ² 당 하수관로 면적	0	-0.130	0.596
	Z 인구밀도	0	-0.177	0.814
	Z 0-2% 경사도 면적 비율	0	-0.072	0.329
	Z 지하 건축물 밀도	0	-0.182	0.834
	Z 노후 단독주택 밀도	0	-0.132	0.606
	Z 녹지비율	0	-0.056	0.258
	Z 배수불량지 면적비율	0	-0.053	0.241
	Z 재산세 부과액	0	-0.043	0.196
	Z 맨홀 밀도	0	-0.092	0.420

재검토 결과는 <표 14>와 같이 나타났으며, 재산피해 발생지의 노출 요인과 증가요인에 해당하는 변수의 평균이 재산피해 미발생지와 전국평균보다 높게 나타나고, 감소요인에 해당하는 변수들의 평균은 재산피해 미발생지와 전국평균보다 낮게 나타났다. 즉, 선정된 요인들이 모두 올바른 방향으로 나타나고 있어, <표 14>의 요인 및 변수와 같이 시군구별 수해 피해액의 취약요인을 확정하였다.

다음으로, 시군구별 1인당 피해액에 영향을 미치는 취약요인은 1인당 피

해액 데이터를 정규화한 값과 영향요인에 해당하는 변수들의 정규화 값과의 상관 분석한 결과가 나온 <표 12>를 바탕으로, 선정하였다. 노출 요인은 p 값이 유의하지 않은 변수는 제거하여 피해액의 노출 요인을 선정하였고, 증가 및 감소요인은 p값이 유의하다고 나온 변수들의 상관관계수(r)값을 통해 상관방향이 정적인 경우에는 증가요인으로, 부적인 경우에는 감소요인으로 분류하여 선정하였다. 그 결과, 시군구별 1인당 피해액 취약요인은 다음의 <표 15>와 같이 나왔다

<표 15> 시군구별 1인당 피해액의 취약요인 (*p<.05, **p<.01)

요인	변수	Z 1인당 피해액과 변수 간의 r
노출	Z 일 최대강수량	0.350**
증가	Z 시간당 30mm 이상 시간	0.149*
	Z 영유아 및 노령자 비율	0.333**
감소	Z 비도시지역 면적비율	0.294**
	Z 60-100% 토양경사도 면적비율	0.270**
	Z 불투수면 비율	-0.286**
	Z 0-2% 경사도 면적 비율	-0.250**
	Z 시가화 면적 비율	-0.244**
	Z 배수불량지 면적비율	-0.237**
	Z 재산세 부과액	-0.235**
	Z 녹지비율	-0.227**
	Z 1km ² 당 하수관로 면적	-0.227**
	Z 인구밀도	-0.214**
	Z GRDP	-0.213**
	Z 노후 단독주택 밀도	-0.182**
	Z 지하 건축물 밀도	-0.176**
	Z 맨홀 밀도	-0.155*

다음으로는, 재산피해지와 재산피해 미발생지의 각 요인 내의 세부 변수의 평균을 비교하여, 선정한 노출·증가·감소 요인 내의 변수가 1인당 피해액에 올바른 방향으로 영향을 미치는지 재검토하였다.

<표 16> 1인당 피해액 취약요인 변수의 평균값 비교

요인	변수	전국 평균	재산피해 발생지 평균(n=188)	재산피해 미발생지 평균(n=41)
노출	Z 일 최대강수량	0	0.089	-0.406
	Z 시간당 30mm 이상 시간	0	0.078	-0.358
증가	Z 영유아 및 노령자 비율	0	0.067	-0.306
	Z 비도시지역 면적비율	0	0.145	-0.663
	Z 60-100% 토양경사도 면적비율	0	0.107	-0.493
감소	Z 불투수면 비율	0	-0.174	0.799
	Z 0-2% 경사도 면적 비율	0	-0.072	0.329
	Z 시가화 면적 비율	0	-0.200	0.919
	Z 배수불량지 면적비율	0	-0.053	0.241
	Z 재산세 부과액	0	-0.043	0.196
	Z 녹지비율	0	-0.056	0.258
	Z 1km ² 당 하수관로 면적	0	-0.130	0.596
	Z 인구밀도	0	-0.177	0.814
	Z GRDP	0	-0.081	0.373
	Z 노후 단독주택 밀도	0	-0.132	0.606
	Z 지하 건축물 밀도	0	-0.182	0.834
	Z 맨홀 밀도	0	-0.092	0.420

재검토 결과는 <표 16>과 같이 나타났으며, 시군구별 1인당 노출 요인과 증가요인에 해당하는 변수들의 표준화 값 평균은 재산피해 미발생지와 전국 평균보다 높게 나타나고, 감소요인에 해당하는 변수들의 표준화 값 평균은 재산피해 미발생지와 전국평균보다 낮게 나타났다. 즉, 선정된 요인들이 모두 올바른 방향으로 나타나고 있어, <표 16>의 요인 및 변수와 같이 시군구별 1인당 수해 피해액의 취약요인을 확정하였다.

<표 17> 시군구별 피해액 취약요인

<표 18> 시군구별 1인당 피해액 취약요인

요인	변수	요인	변수
노출	Z 일 최대강수량	노출	Z 일 최대강수량
	Z 1시간 최대강수량		Z 시간당 30mm 이상 시간
	Z 시간당 30mm 이상 시간	증가	Z 영유아 및 노령자 비율
Z 비도시지역 면적비율	Z 비도시지역 면적비율		
Z 60-100% 토양경사도 면적비율	Z 60-100% 토양경사도 면적비율		
증가	Z 영유아 및 노령자 비율	감소	Z 불투수면 비율
	Z 전 면적비율		Z 0-2% 경사도 면적 비율
	Z 불투수면 비율		Z 시가화 면적 비율
감소	Z 시가화 면적 비율		Z 배수불량지 면적비율
	Z 1km ² 당 하수관로 면적		Z 재산세 부과액
	Z 인구밀도		Z 녹지비율
	Z 0-2% 경사도 면적 비율		Z 1km ² 당 하수관로 면적
	Z 지하 건축물 밀도		Z 인구밀도
	Z 노후 단독주택 밀도		Z GRDP
	Z 녹지비율		Z 노후 단독주택 밀도
	Z 배수불량지 면적비율		Z 지하 건축물 밀도
	Z 재산세 부과액		Z 맨홀 밀도
	Z 맨홀 밀도		

시군구별 피해액과 1인당 피해액의 취약요인은 거의 유사하게 나타났다. 증가요인과 감소요인에 공통적으로 포함된 변수를 바탕으로, 재산피해 취약지의 특징을 추론할 수 있다. 먼저, 재산피해의 증가요인으로는 비도시지역 면적비율, 60-100% 토양경사도 면적비율, 영유아 및 노령자 비율이 포함된다. 즉, 재산피해가 큰 지역은 비도시 지역이 많은 시군구로, 비도시 지역이기 때문에 노령자 비율이 높아 영유아 및 노령자 비율이 높게 나타날 것이다. 또한, 60-100%에 해당하는 토양경사도 면적비율이 넓게 나타나는 만큼, 호우로 인한 산사태가 발생하였을 가능성이 높다, 즉, 2020년에 산사태 발생으로 인하여 재산피해 증가에 미치는 영향이 크게 나타났을 것으로 추론할 수 있다. 하지만 산사태로 인해 발생한 피해액 데이터를 분류하지 않기 때

문에 정확한 영향은 알 수 없다. 즉, 피해액 및 인명피해 데이터를 현재 체계보다 세분화하여 수집 및 관리할 필요가 있다. 또한 재산피해 감소요인을 바탕으로, 재산피해가 적은 시군구는 시가화 지역이 넓은 지역임을 추론할 수 있다. 시가화 지역으로 인하여 불투수면과 배수불량지가 높게 나타나지만, 녹지비율이 높고, 1km² 당 하수관로 면적과 맨홀 밀도가 크게 나타나며, 재산세 부과액이 높은 만큼 수해에 대한 방재 인프라 마련과 안전교육 시행을 바탕으로 재산피해를 줄일 수 있었을 것이다.

시군구별 피해액 발생 취약요인과 시군구별 1인당 피해액 발생 취약요인에 공통적인 부분이 많았지만, 약간의 차이가 존재하였다. 시군구별 피해액의 노출 요인의 1시간 최다강수량과 증가요인의 전 면적비율이 포함되었고, 시군구별 1인당 피해액의 감소요인에는 GRDP가 포함되었다. 즉, 1시간 최다강수량이 많고 전 면적비율이 클수록 시군구 별 피해액이 크게 나타나고 시군구의 GRDP가 클수록 1인당 피해액은 감소한다. 반면에, 1시간 최다강수량이 많고 전 면적비율이 크더라도 시군구별 1인당 피해액에는 영향을 미치지 않고, GRDP가 크더라도 시군구별 총 피해액 감소에는 영향을 미치지 않는다는 것이다.

즉, 시군구별 피해액 발생 취약요인과 1인당 피해액 발생 취약요인이 다르게 나타나기 때문에, 각 유형 별 취약요인을 바탕으로 각 피해 유형 별 취약지를 선정하고, 유형에 따라 서로 다른 방식으로 관리를 할 필요가 있다.

2) 인명피해 취약요인

시군구별 인명피해 수에 영향을 미치는 취약요인은 정규화된 인명피해 데이터와 노출 및 영향요인에 해당하는 변수들의 정규화 값과의 상관분석을 통하여 선정하였다. 시군구별 피해액의 노출 요인은 앞에서 선정한 수해 노출 요인 내 변수의 표준화 값과 피해액의 표준화 값 간에 상관분석 결과를 바탕으로, p값이 유의하지 않은 변수는 제거하여 피해액의 노출 요인을 선정하였다. 증가 및 감소요인의 경우, 상관계수가 유의하다고 나온 변수들을 상관 방향에 따라 증가요인과 감소요인으로 분류하여 선정하였다. 그 결과, 시군구별 인명피해 발생 수의 취약요인은 다음의 <표 19>와 같이 나왔다.

<표 19> 시군구별 인명피해 수의 취약요인 (*p<.05, **p<.01)

요인	변수 명	Z 인명피해와 변수 간의 r
노출	Z 시간당 30mm 이상 시간	0.163*
	Z 일 최다강수량	0.155*
증가	Z 기초생활수급자 비율	0.131*

다음으로는, 전국과 인명 발생지, 인명피해 미발생지의 각 요인 내의 세부 변수의 평균을 비교하여, 선정한 노출·증가·감소 요인 내의 변수가 인명피해에 올바른 방향으로 영향을 미치는지 재검토하였다.

<표 20> 인명피해 취약요인의 변수별 비교

요인	변수 명	Z 전국 평균	Z 인명피해 발생지 평균(n=31)	Z 인명피해 미발생지 평균(n=198)
노출	Z 시간당 30mm 이상 시간	0	0.380	-0.060
	Z 일 최다강수량	0	0.491	-0.077
증가	Z 기초생활수급자 비율	0	0.342	-0.054

재검토 결과는 <표 20>과 같이 나타났으며, 인명피해 발생지의 노출요인과 증가요인에 해당하는 변수들의 평균이 인명피해 미발생지와 전국평균보다 높게 나타났다. 즉, 선정된 요인들이 모두 올바른 방향으로 나타나고 있어, <표 20>의 요인 및 변수와 같이 인명피해 취약요인을 확정하였다.

다음으로, 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율에 영향을 미치는 취약요인은 총인구 대비 인명피해 발생 비율 데이터를 정규화한 값과 노출 및 영향요인에 해당하는 변수들의 정규화 값과의 상관 분석한 결과가 나온 <표 12>를 바탕으로, 선정하였다. 노출 요인의 경우, p값이 유의하지 않은 변수는 제거하여 피해액의 노출 요인을 선정하였고, 증가 및 감소요인은 상관관계수가 유의하다고 나온 변수들의 상관 방향에 따라 증가요인과 감소요인으로 분류하여 선정하였다. 그 결과, 총인구 대비 인명피해 발생 비율의 취약요인은 다음의 <표 21>과 같이 나왔다.

<표 21> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약요인 (*p<.05, **p<.01)

요인	변수	Z 총인구 대비 인명피해 발생 비율과 변수 간의 r
노출	Z 일 최다강수량	0.213**
	Z 시간당 30mm 이상 시간	0.149*
증가	Z 영유아 및 노령자 비율	0.185**
	Z 비도시지역 면적비율	0.135*

다음으로는, 전국과 인명 발생지, 인명피해 미발생지의 각 요인 내의 세부 변수의 평균을 비교하여, 앞에서 선정된 노출·증가·감소 요인 내의 변수가 총인구 대비 인명피해 발생 비율에 올바른 방향으로 영향을 미치는지 재검토하였다.

<표 22> 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약요인 변수 비교

요인	변수	Z 전국 평균	Z 인명피해 발생지 평균(n=31)	Z 인명피해 미발생지 평균(n=198)
노출	Z 일 최다강수량	0	0.380	-0.060
	Z 시간당 30mm 이상 시간	0	0.491	-0.077
증가	Z 영유아 및 노령자 비율	0	0.033	-0.005
	Z 비도시지역 면적비율	0	0.170	-0.027

재검토 결과는 <표 22>와 같이 나타났으며, 인명피해 발생지의 노출 및 증가요인에 해당하는 변수의 평균이 인명피해 미발생지와 전국평균보다 높게 나타났다. 즉, 선정된 요인들이 모두 올바른 방향으로 나타나고 있어, <표 22>의 요인 및 변수와 같이 인명피해 취약요인을 확정하였다.

<표 24> 총인구 대비 인명피해 발생비율 취약요인

<표 23> 인명피해 취약요인

요인	변수 명	요인	변수
노출	Z 시간당 30mm 이상 시간	노출	Z 일 최다강수량
	Z 일 최다강수량		Z 시간당 30mm 이상 시간
증가	Z 기초생활수급자 비율	증가	Z 영유아 및 노령자 비율
			Z 비도시지역 면적비율

인명피해와 총인구 대비 인명피해 발생 비율의 노출요인은 동일하게 나타났다. 즉 인명피해는 시간당 30mm 이상의 강수가 발생하였을 때, 일 최다강수량이 높게 나타날 때 발생 가능성이 커진다는 것을 알 수 있다. 증가요인의 경우는 각 유형에 따라 서로 다르게 나타났다. 인명피해의 경우에는 기초생활수급자 비율이 높게 나타나는 지역에서 많이 발생하지만, 총인구 대비 인명피해 발생 비율에는 기초생활수급자 비율은 유의미한 영향을 미치지 않는다. 반면, 비도시지역 면적비율과, 영유아 및 노령자 비율이 높은 지역일수록 총인구 대비 인명피해 발생 비율이 높게 나타나지만, 시군구별 인명

피해 수에 대해서는 유의미한 영향을 미치지 않는다.

즉, 시군구별 인명피해 발생 취약요인과 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약요인이 다르게 나타나기 때문에, 유형별 취약요인을 바탕으로 각 피해 유형 별 취약지를 선정하고, 유형에 따라 서로 다른 방식으로 관리를 할 필요성이 있다.

3) 복합피해 취약요인

본 연구에서 복합피해는 인명피해와 재산피해가 모두 발생한 경우로 보았다. 그렇기 때문에 시군구 별 피해액, 인명피해, 1인당 피해액, 총인구 대비 인명피해 발생 비율에 상관성이 있다고 나타난 모든 변수를 포함하여 복합피해에 대한 노출, 증가, 감소요인을 선정하였다.

<표 25> 시군구별 복합피해 취약요인 (*p<.05, **p<.01)

요인	변수	Z 피해액	Z 1인당 피해액	Z 인명피해 수	Z 총인구 대비 인명피해 발생 비율
노출	Z 일 최대강수량	0.285**	0.350**	0.155*	0.213**
	Z 1시간 최대강수량	0.187**	0.128	0.114	0.080
	Z 시간당 30mm 이상 시간	0.183**	0.149*	0.163*	0.149*
증가	Z 비도시지역 면적비율	0.256**	0.294**	0.103	0.135*
	Z 전 면적비율	0.141*	0.090	0.025	0.004
	Z 60-100% 토양경사도 면적비율	0.197**	0.270**	0.080	0.111
	Z 영유아 및 노령자 비율	0.177**	0.333**	0.082	0.185**
	Z 기초생활수급자 비율	0.123	0.032	0.131*	0.053
감소	Z 시가화 면적 비율	-0.238**	-0.244**	-0.103	-0.108
	Z 불투수면 비율	-0.264**	-0.286**	-0.109	-0.118
	Z 녹지비율	-0.171**	-0.227**	-0.064	-0.113
	Z 노후 단독주택 밀도	-0.175**	-0.182**	-0.087	-0.081
	Z 지하 건축물 밀도	-0.183**	-0.176**	-0.084	-0.075
	Z 배수불량지 면적비율	-0.160*	-0.237**	-0.031	-0.083

Z 0-2% 경사도 면적 비율	-0.205**	-0.250**	-0.075	-0.101
Z 인구밀도	-0.215**	-0.214**	-0.075	-0.091
Z GRDP	-0.128	-0.213**	0.011	-0.091
Z 재산세 부과액	-0.160*	-0.235**	-0.021	-0.098
Z 1km ² 당 하수관로 면적	-0.221**	-0.227**	-0.098	-0.094
Z 맨홀 밀도	-0.146*	-0.155*	-0.044	-0.075

다음으로는, 전국과 복합피해 발생지, 수해 미발생지의 각 요인 내의 세부 변수의 평균을 비교하여, 앞에서 선정한 노출·증가·감소 요인 내의 변수가 복합피해 발생에 올바른 방향으로 영향을 미치는지 재검토하였다.

<표 26> 복합피해 취약요인 변수 비교

요인	변수	Z 전국 평균	Z 복합피해 발생지 평균 (n=29)	Z 수해 미발생지 평균 (n=39)
노출	Z 일 최대강수량	0	0.464	-0.385
	Z 1시간 최대강수량	0	0.430	-0.434
	Z 시간당 30mm 이상 시간	0	0.544	-0.362
증가	Z 비도시지역 면적비율	0	0.240	-0.653
	Z 전 면적비율	0	0.243	-0.554
	Z 60-100% 토양경사도 면적비율	0	0.115	-0.495
	Z 영유아 및 노령자 비율	0	0.108	-0.268
	Z 기초생활수급자 비율	0	0.432	-0.208
감소	Z 시가화 면적 비율	0	-0.322	0.936
	Z 불투수면 비율	0	-0.276	0.781
	Z 녹지비율	0	-0.112	0.224
	Z 노후 단독주택 밀도	0	-0.213	0.637
	Z 지하 건축물 밀도	0	-0.259	0.850
	Z 배수불량지 면적비율	0	0.015	0.213
	Z 0-2% 경사도 면적 비율	0	-0.163	0.310
	Z 인구밀도	0	-0.180	0.817
	Z GRDP	0	0.289	0.346
	Z 재산세 부과액	0	0.013	0.119
	Z 1km ² 당 하수관로 면적	0	-0.312	0.588
	Z 맨홀 밀도	0	-0.012	0.435

재검토 결과는 <표 26>과 같이 나타났는데, 복합피해 발생지의 노출요인과 증가요인에 해당하는 변수들의 평균은 인명피해 미발생지와 전국평균보다 높게 나타났다. 하지만 감소요인의 GRDP와 재산세 부과액, 배수불량지 면적비율의 경우, 복합피해지 발생지역의 평균이 전국평균보다 높게 나타났다. 이 때문에 감소요인에서 GRDP, 재산세 부과액, 배수불량지 면적비율을 제외하였다. 그래서 복합피해 노출요인은 일 최대강수량, 1시간 최대강수량, 시간당 30mm 이상 시간이 포함되고, 증가요인은 비도시지역 면적비율, 전 면적비율, 60-100% 토양경사도 면적비율, 영유아 및 노령자 비율이 포함되며, 감소 요인에는 시가화 면적 비율, 불투수면 비율, 녹지비율, 노후 단독주택 밀도, 지하 건축물 밀도, 배수불량지 면적비율, 0-4% 토양경사도 면적비율, 인구 밀도, 1km² 당 하수관로 면적, 맨홀 밀도를 포함하는 것으로 확정하였다.

선정된 수해 복합피해 취약요인을 바탕으로, 수해로 인한 복합피해 취약지의 특징을 추론할 수 있다. 복합피해 취약지는 노출요인에 해당하는 일 최대 강수량, 1시간 최대강수량, 시간당 30mm 이상 시간이 모두 높게 나타날 것이다. 또한 증가요인이 높게 나타나고 감소요인은 낮게 나타나는 지역으로, 시가화 면적과 인구밀도가 낮고, 영유아 및 노령자 비율 중 노령자 비율이 높게 나타나는 비도시 농어촌 및 산촌 지역으로 추론할 수 있다.

IV. 피해 유형별 지역 군집화

1. 피해 유형별 군집화

피해 유형별 취약요인에 따른 군집화는 각 변수의 표준화 값을 사용하여, 요인의 점수에 따라서 지역을 군집화하였다. 본 연구에서는 SPSS 프로그램을 통해, 전국의 시군구에 대하여 각 피해 유형의 노출, 증가, 감소요인에 대하여 K-means 군집화를 진행하였다. 먼저, 전국 시군구를 요인별로 2개의 군집으로 분류하여, 군집의 중심 값을 기준으로 요인점수가 높은 지역과 낮은 지역으로 분류하였다. 다음으로, 수해 발생지를 각 피해 유형 별 노출, 증가, 감소요인의 높고 낮음에 따라 분류하였다.

1) 재산피해 발생지 군집화

먼저, 시군구별 피해액 취약요인에 해당하는 노출, 증가, 감소요인에 대한 군집분석을 실시하여, 전국 229개의 시군구를 피해액 발생에 대한 노출, 증가, 감소요인의 점수가 높은 지역과 낮은 지역으로, 2가지의 세부 집단으로 분류하였다.

<표 27> 시군구별 피해액 노출요인에 대한 군집분석 요약표

노출 요인	군집 1(높음) n=69	군집 2(낮음) n=160	F 값	p-value
Z 일 최대강수량	1.032	-0.445	194.113	<0.001
Z 1시간최대강수량	1.135	-0.489	286.634	<0.001
Z 시간당 30mm이상 시간	1.169	-0.504	329.841	<0.001

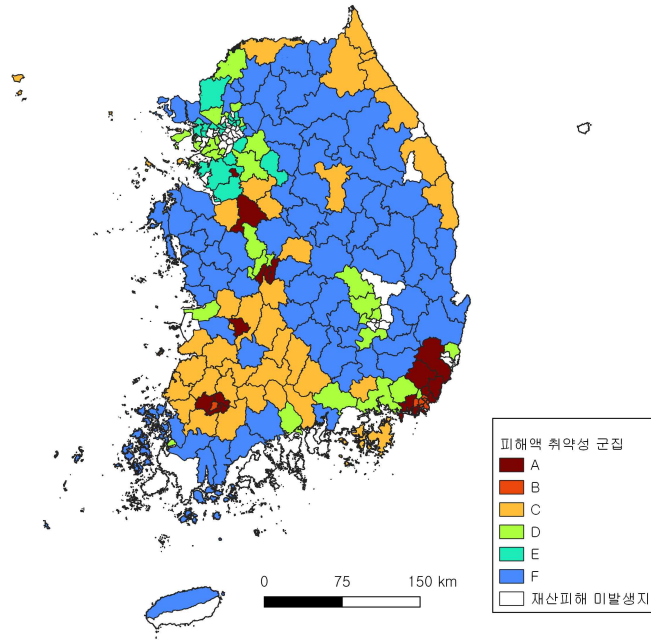
<표 28> 시군구별 피해액 증가요인에 대한 군집분석 요약표

증가 요인	군집 1(낮음) n=107	군집 2(높음) n=122	F 값	p-value
Z 비도시지역면적비율	-0.978	0.858	1,217.108	<0.001
Z 60-100% 토양경사도면적비율	-0.560	0.491	86.601	<0.001
Z 영유아 및 노령자비율	-0.753	0.661	226.990	<0.001
Z 전면적비율	-0.548	0.480	81.592	<0.001

<표 29> 시군구별 피해액 감소요인에 대한 군집분석 요약표

감소 요인	군집 1(낮음) n=176	군집 2(높음) n=53	F 값	p-value
Z 불투수면적 비율	-0.439	1.457	407.432	<0.001
Z 시가화면적비율	-0.477	1.585	719.049	<0.001
Z 1km ² 당 하수관로면적	-0.395	1.311	245.400	<0.001
Z 인구밀도	-0.476	1.582	706.215	<0.001
Z 0-2%경사도면적비율	-0.282	0.935	81.659	<0.001
Z 지하건축물밀도	-0.426	1.415	347.984	<0.001
Z 노후단독주택밀도	-0.429	1.424	359.580	<0.001
Z 녹지비율	-0.162	0.536	21.637	<0.001
Z 배수불량지 면적비율	-0.253	0.841	61.852	<0.001
Z 재산세 부과액	-0.162	0.539	21.898	<0.001
Z 맨홀밀도	-0.389	1.290	230.352	<0.001

그 다음으로, 요인에 따른 군집분석 결과를 활용하여 각 시군구의 요인이 높고 낮음에 따라서 재산피해 발생지를 재분류하였다. 그 결과는 [그림 33], <표 30>과 같이 나타났다.



[그림 33] 시군구별 피해액 취약성에 따른 군집

시군구별 호우 피해액 취약요인에 따른 군집화 결과, 총 6개 군집으로 구분되었다. 군집 A는 노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 총 19개의 시군구가 속한다. 군집 B는 노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역으로, 총 9개의 지역이 속한다. 군집 C는 노출요인이 높고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 38개의 시군구가 속한다. 군집 D는 노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 28개의 시군구가 속한다. 군집 E는 노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역으로, 20개의 시군구가 속한다. 군집 F는 노출요인이 낮고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 74개의 시군구가 속한다.

<표 30> 시군구별 피해액 취약요인에 대한 군집

군집	시군구 명
군집 A	부산광역시 서구, 부산광역시 영도구, 부산광역시 해운대구, 부산광역시 사하구, 부산광역시 금정구, 부산광역시 강서구, 부산광역시 기장군, 광주광역시 동구, 광주광역시 남구, 광주광역시 북구, 광주광역시 광산구, 대전광역시 동구, 대전광역시 중구, 대전광역시 서구, 울산광역시 울주군, 경기도 오산시, 충청남도 천안시, 전라북도 전주시, 경상남도 양산시
군집 B	부산광역시 중구, 부산광역시 동구, 부산광역시 부산진구, 부산광역시 동래구, 부산광역시 남구, 부산광역시 연제구, 부산광역시 수영구, 부산광역시 사상구, 광주광역시 서구
군집 C	인천광역시 옹진군, 경기도 안성시, 강원도 강릉시, 강원도 속초시, 강원도 삼척시, 강원도 철원군, 강원도 인제군, 강원도 고성군, 강원도 양양군, 충청북도 제천시, 충청북도 보은군, 충청북도 진천군, 충청남도 아산시, 충청남도 금산군, 전라북도 익산시, 전라북도 정읍시, 전라북도 남원시, 전라북도 완주군, 전라북도 진안군, 전라북도 장수군, 전라북도 순창군, 전라북도 고창군, 전라북도 부안군, 전라남도 나주시, 전라남도 담양군, 전라남도 곡성군, 전라남도 구례군, 전라남도 화순군, 전라남도 함평군, 전라남도 영광군, 전라남도 장성군, 경상북도 울진군, 경상남도 통영시, 경상남도 거제시, 경상남도 함안군, 경상남도 하동군, 경상남도 산청군, 경상남도 함양군
군집 D	부산광역시 북구, 대구광역시 북구, 대구광역시 달성군, 인천광역시 중구, 인천광역시 연수구, 대전광역시 유성구, 대전광역시 대덕구, 울산광역시 북구, 세종특별자치시, 경기도 의정부시, 경기도 광명시, 경기도 안산시, 경기도 고양시, 경기도 구리시, 경기도 시흥시, 경기도 군포시, 경기도 용인시, 경기도 광주시, 경기도 연천군, 충청남도 계룡시, 전라북도 군산시, 전라남도 목포시, 전라남도 광양시, 경상북도 구미시, 경상북도 칠곡군, 경상남도 창원시, 경상남도 진주시, 경상남도 김해시
군집 E	서울특별시 동대문구, 서울특별시 중랑구, 서울특별시 성북구, 서울특별시 강북구, 서울특별시 노원구, 서울특별시 서대문구, 서울특별시 마포구, 서울특별시 강서구, 서울특별시 영등포구, 서울특별시 강동구, 인천광역시 동구, 인천광역시 부평구, 인천광역시 계양구, 인천광역시 서구, 경기도 수원시, 경기도 성남시, 경기도 평택시, 경기도 파주시, 경기도 이천시, 경기도 화성시
군집 F	인천광역시 강화군, 경기도 동두천시, 경기도 남양주시, 경기도 하남시, 경기도 김포시, 경기도 양주시, 경기도 포천시, 경기도 여주시, 경기도 가평군, 경기도 양평군, 강원도 춘천시, 강원도 원주시, 강원도 홍천군, 강원도 횡성군, 강원도 영월군, 강원도 평창군, 강원도 정선군, 강원도 화천군, 강원도 양구군, 충청북도 청주시, 충청북도 충주시, 충청북도 옥천군, 충청북도 영동군, 충청북도 증평군, 충청북도 괴산군, 충청북도 음성군, 충청북도 단양군, 충청남도 공주시, 충청남도 보령시, 충청남도 서산시, 충청남도 논산시, 충청남도 당진시, 충청남도 부여군, 충청남도 서천군, 충청남도 청양군, 충청남도 홍성군, 충청남도 예산군, 충청남도 태안군, 전라북도 김제시, 전라북도 무주군, 전라북도 임실군, 전라남도 순천시, 전라남도 보성군, 전라남도 장흥군, 전라남도 강진군, 전라남도 영암군, 전라남도 무안군, 전라남도 완도군, 전라남도 신안군, 경상북도 포항시, 경상북도 경주시, 경상북도 김천시, 경상북도 안동시, 경상북도 영주시, 경상북도 영천시, 경상북도 상주시, 경상북도 문경시, 경상북도 경산시, 경상북도 의성군, 경상북도 청송군, 경상북도 영양군, 경상북도 영덕군, 경상북도 청도군, 경상북도 고령군, 경상북도 성주군, 경상북도 예천군, 경상북도 봉화군, 경상남도 사천시, 경상남도 밀양시, 경상남도 의령군, 경상남도 창원군, 경상남도 거창군, 경상남도 함천군, 제주특별자치도 제주시

다음으로 시군구별 1인당 호우 피해액 취약요인에 해당하는 노출, 증가, 감소요인에 대한 군집분석을 실시하여, 전국 229개의 시군구를 피해액 발생에 대한 노출, 증가, 감소요인의 점수가 높은 지역과 낮은 지역으로, 2가지 세부 집단으로 분류하였다.

<표 31> 시군구별 1인당 피해액 노출요인에 대한 군집분석 요약표

노출 요인	군집 1(높음) n=65	군집 2(낮음) n=164	F 값	p-value
Z 일 최대강수량	1.159	-0.459	260.839	<0.001
Z 시간당 30mm 이상 시간	1.191	-0.472	294.660	<0.001

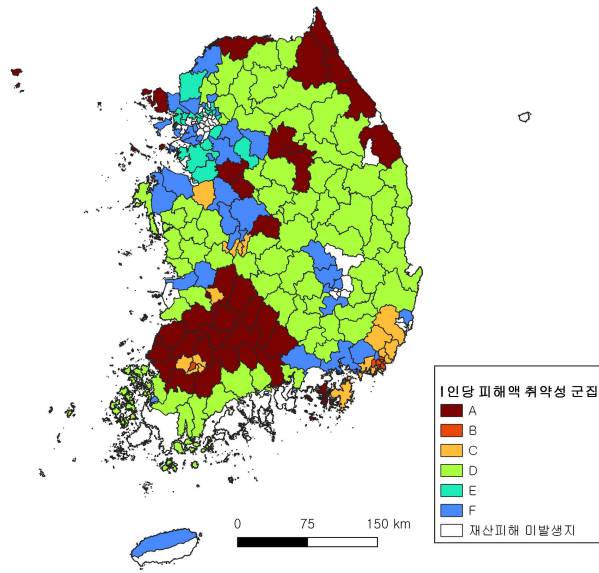
<표 32> 시군구별 1인당 피해액 증가요인에 대한 군집분석 요약표

증가 요인	군집 1(높음) n=113	군집 2(낮음) n=116	F 값	p-value
Z 영유아 및 노령자비율	0.760	-0.740	294.888	<0.001
Z 비도시지역 면적비율	0.877	-0.854	689.320	<0.001
Z 60-100% 토양경사도 면적비율	0.600	-0.584	123.281	<0.001

<표 33> 시군구별 1인당 피해액 증가요인에 대한 군집분석 요약표

감소 요인	군집 1(높음) n=53	군집 2(낮음) n=176	F 값	p-value
Z 불투수면적 비율	1.457	-0.439	407.432	<0.001
Z 0-2%경사도 면적비율	0.935	-0.282	81.659	<0.001
Z 시가화 면적비율	1.585	-0.477	719.050	<0.001
Z 배수불량지 면적비율	0.841	-0.253	61.852	<0.001
Z 재산세부과액	0.539	-0.162	21.898	<0.001
Z 녹지비율	0.536	-0.162	21.637	<0.001
Z 1km ² 당 하수관로면적	1.311	-0.395	245.400	<0.001
Z 인구밀도	1.582	-0.476	706.216	<0.001
Z GRDP	0.709	-0.213	40.692	<0.001
Z 노후단독주택 밀도	1.424	-0.429	359.580	<0.001
Z 지하건축물 밀도	1.415	-0.426	347.984	<0.001
Z 맨홀밀도	1.290	-0.389	230.352	<0.001

군집 분석 결과를 바탕으로, 각 시군구의 요인이 높고 낮음에 따라서 재산피해 발생지를 재분류하였다. 그 결과는 [그림 34], <표 34>와 같이 나타났다.



[그림 34] 시군구별 1인당 피해액 취약성에 따른 군집

시군구별 1인당 호우 피해액 취약요인의 군집화 결과, 총 6개 군집으로 구분되었다. 군집 A는 노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 34개 시군구가 속한다. 군집 B는 노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역으로, 9개의 시군구가 속한다. 군집 C는 노출요인이 높고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 20개의 시군구가 속한다. 군집 D는 노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 70개 시군구가 속한다. 군집 E는 노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역으로, 20개 지역이 속한다. 군집 F는 노출요인이 낮고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 35개의 시군구가 속한다.

<표 34> 시군구별 1인당 피해액 취약요인에 대한 군집

군 집	시군구 명
군 집 A	인천광역시 강화군, 인천광역시 옹진군, 경기도 안성시, 강원도 원주시, 강원도 강릉시, 강원도 속초시, 강원도 삼척시, 강원도 철원군, 강원도 인제군, 강원도 고성군, 강원도 양양군, 충청북도 제천시, 충청북도 보은군, 충청북도 진천군, 전라북도 정읍시, 전라북도 남원시, 전라북도 완주군, 전라북도 진안군, 전라북도 장수군, 전라북도 임실군, 전라북도 순창군, 전라북도 고창군, 전라남도 나주시, 전라남도 담양군, 전라남도 곡성군, 전라남도 구례군, 전라남도 화순군, 전라남도 함평군, 전라남도 영광군, 전라남도 장성군, 경상남도 통영시, 경상남도 하동군, 경상남도 산청군, 경상남도 함양군
군 집 B	부산광역시 중구, 부산광역시 동구, 부산광역시 부산진구, 부산광역시 동래구, 부산광역시 남구, 부산광역시 연제구, 부산광역시 수영구, 부산광역시 사상구, 광주광역시 서구
군 집 C	부산광역시 서구, 부산광역시 영도구, 부산광역시 해운대구, 부산광역시 사하구, 부산광역시 금정구, 부산광역시 강서구, 부산광역시 기장군, 광주광역시 동구, 광주광역시 남구, 광주광역시 북구, 광주광역시 광산구, 대전광역시 동구, 대전광역시 중구, 대전광역시 서구, 울산광역시 울주군, 충청남도 아산시, 충청남도 계룡시, 전라북도 전주시, 경상남도 거제시, 경상남도 양산시
군 집 D	경기도 동두천시, 경기도 남양주시, 경기도 하남시, 경기도 양주시, 경기도 포천시, 경기도 가평군, 경기도 양평군, 강원도 춘천시, 강원도 홍천군, 강원도 횡성군, 강원도 영월군, 강원도 평창군, 강원도 정선군, 강원도 화천군, 강원도 양구군, 충청북도 충주시, 충청북도 옥천군, 충청북도 영동군, 충청북도 증평군, 충청북도 괴산군, 충청북도 음성군, 충청북도 단양군, 충청남도 공주시, 충청남도 보령시, 충청남도 논산시, 충청남도 금산군, 충청남도 부여군, 충청남도 서천군, 충청남도 청양군, 충청남도 홍성군, 충청남도 예산군, 충청남도 태안군, 전라북도 김제시, 전라북도 무주군, 전라북도 부안군, 전라남도 순천시, 전라남도 광양시, 전라남도 보성군, 전라남도 장흥군, 전라남도 강진군, 전라남도 영암군, 전라남도 무안군, 전라남도 완도군, 전라남도 신안군, 경상북도 포항시, 경상북도 경주시, 경상북도 김천시, 경상북도 안동시, 경상북도 영주시, 경상북도 영천시, 경상북도 상주시, 경상북도 문경시, 경상북도 경산시, 경상북도 의성군, 경상북도 청송군, 경상북도 영양군, 경상북도 영덕군, 경상북도 청도군, 경상북도 고령군, 경상북도 성주군, 경상북도 예천군, 경상북도 봉화군, 경상북도 울진군, 경상남도 사천시, 경상남도 밀양시, 경상남도 의령군, 경상남도 함안군, 경상남도 창녕군, 경상남도 거창군, 경상남도 합천군
군 집 E	서울특별시 동대문구, 서울특별시 중랑구, 서울특별시 성북구, 서울특별시 강북구, 서울특별시 노원구, 서울특별시 서대문구, 서울특별시 마포구, 서울특별시 강서구, 서울특별시 영등포구, 서울특별시 강동구, 인천광역시 동구, 인천광역시 부평구, 인천광역시 계양구, 인천광역시 서구, 경기도 수원시, 경기도 성남시, 경기도 평택시, 경기도 파주시, 경기도 이천시, 경기도 화성시
군 집 F	부산광역시 북구, 대구광역시 북구, 대구광역시 달성군, 인천광역시 중구, 인천광역시 연수구, 대전광역시 유성구, 대전광역시 대덕구, 울산광역시 북구, 세종특별자치시, 경기도 의정부시, 경기도 광명시, 경기도 안산시, 경기도 고양시, 경기도 구리시, 경기도 오산시, 경기도 시흥시, 경기도 군포시, 경기도 용인시, 경기도 김포시, 경기도 광주시, 경기도 여주시, 경기도 연천군, 충청북도 청주시, 충청남도 천안시, 충청남도 서산시, 충청남도 당진시, 전라북도 군산시, 전라북도 익산시, 전라남도 목포시, 경상북도 구미시, 경상북도 칠곡군, 경상남도 창원시, 경상남도 진주시, 경상남도 김해시, 제주특별자치도 제주시

2) 인명피해발생지 군집화

먼저, 시군구별 인명피해 취약요인에 해당하는 노출, 증가, 감소요인에 대한 군집분석을 실시하여, 전국 229개의 시군구를 인명피해 발생에 대한 노출, 증가요인의 점수가 높은 지역과 낮은 지역으로, 2가지의 세부 집단으로 분류하였다.

<표 35> 시군구별 인명피해 노출요인에 대한 군집분석 요약표

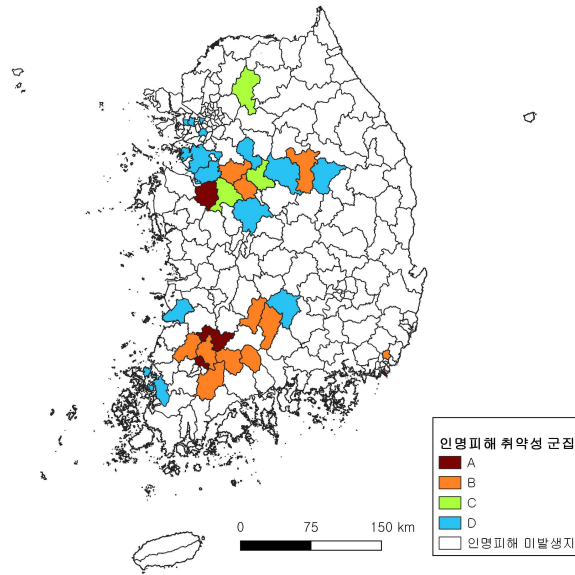
인명피해 노출 요인	군집 1(높음) n=65	군집 2(낮음) n=164	F값	p-value
일 최대강수량(mm)	1.159	-0.459	260.839	<0.001
시간당 30mm 이상 시간	1.191	-0.472	294.660	<0.001

<표 36> 시군구별 인명피해 증가요인에 대한 군집분석 요약표

인명피해 증가 요인	군집 1(높음) n=49	군집 2(낮음) n=180	F값	p-value
기초생활수급자 비율(%)	1.500	-0.408	363.315	<0.001

그다음으로, 요인에 따른 군집분석 결과를 활용하여 각 시군구의 요인이 높고 낮음에 따라서 재산피해 발생지를 재분류하였다. 그 결과는 [그림 35], <표 35>와 같이 나타났다.

시군구별 인명피해 취약요인의 군집화 결과, 총 4개의 군집으로 구분되었다. 군집 A는 노출요인이 높고, 증가요인도 높게 나타나는 지역으로, 총 4개의 시군구가 속한다. 군집 B는 노출요인이 높고, 증가요인이 낮게 나타나는 지역으로, 총 11개의 지역이 속한다. 군집 C는 노출요인이 낮고, 증가요인이 높게 나타나는 지역으로, 3개의 시군구가 속한다. 군집 D는 노출요인이 낮고, 증가요인도 낮게 나타나는 지역으로, 13개의 시군구가 속한다.



[그림 35] 시군구별 인명피해 취약성에 따른 군집

<표 37> 시군구별 인명피해 취약요인에 대한 군집

군집	시군구 명
군집 A	부산광역시 영도구, 광주광역시 북구, 충청남도 아산시, 전라북도 순창군
군집 B	부산광역시 금정구, 경기도 안성시, 충청북도 제천시, 충청북도 진천군, 전라북도 장수군, 전라남도 담양군, 전라남도 곡성군, 전라남도 구례군, 전라남도 화순군, 전라남도 장성군, 경상남도 함양군
군집 C	경기도 가평군, 충청북도 음성군, 충청남도 천안시
군집 D	서울특별시 영등포구, 인천광역시 부평구, 경기도 안양시, 경기도 부천시, 경기도 평택시, 경기도 이천시, 경기도 화성시, 충청북도 청주시, 충청북도 충주시, 충청북도 단양군, 전라북도 부안군, 전라남도 무안군, 경상남도 거창군

다음으로 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약요인에 해당하는 노출, 증가, 감소요인에 대한 군집분석을 실시하여, 전국 229개의 시군구를 피해액 발생에 대한 노출, 증가, 감소요인의 점수가 높은 지역과 낮은 지역으로, 2가지 세부 집단으로 분류하였다.

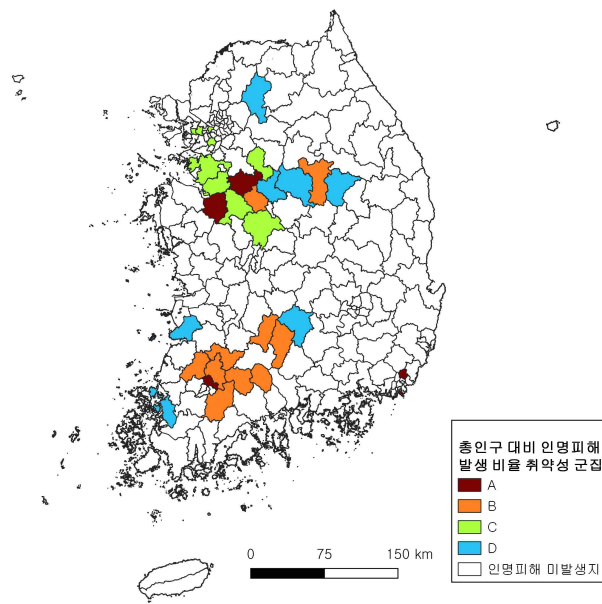
<표 38> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 노출요인에 대한 군집분석 요약표

노출요인	군집 1(높음) n=65	군집 2(낮음) n=164	F값	p-value
일 최다강수량(mm)	1.159	-0.459	260.839	<0.001
시간당 30mm 이상 시간	1.191	-0.472	294.660	<0.001

<표 39> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 증가요인에 대한 군집분석 요약표

증가요인	군집 1(낮음) n=123	군집 2(높음) n=106	F값	p-value
영유아 및 노령자 비율(%)	-0.749	0.869	428.298	<0.001
비도시지역 면적비율(%)	-0.793	0.921	624.909	<0.001

그다음으로, 요인에 따른 군집분석 결과를 활용하여 각 시군구의 요인이 높고 낮음에 따라서 인명피해 발생지를 재분류하였다.



[그림 36] 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약성에 따른 군집

시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약요인의 군집화 결과, 총 4개의 군집으로 구분되었다. 군집 A는 노출요인은 높고, 증가요인은 낮게 나타나는 지역으로, 총 5개의 시군구가 속한다. 군집 B는 노출요인이 높고, 증가요인도 높게 나타나는 지역으로, 총 10개의 지역이 속한다. 군집 C는 노출요인이 낮고, 증가요인도 낮게 나타나는 지역으로, 9개의 시군구가 속한다. 군집 D는 노출요인이 낮고, 증가요인은 높게 나타나는 지역으로, 7개의 시군구가 속한다.

<표 40> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율 취약요인에 대한 군집

군집	시군구 명
군집 A	부산광역시 영도구, 부산광역시 금정구, 광주광역시 북구, 경기도 안성시, 충청남도 아산시
군집 B	충청북도 제천시, 충청북도 진천군, 전라북도 장수군, 전라북도 순창군, 전라남도 담양군, 전라남도 곡성군, 전라남도 구례군, 전라남도 화순군, 전라남도 장성군, 경상남도 함양군
군집 C	서울특별시 영등포구, 인천광역시 부평구, 경기도 안양시, 경기도 부천시, 경기도 평택시, 경기도 이천시, 경기도 화성시, 충청북도 청주시, 충청남도 천안시
군집 D	경기도 가평군, 충청북도 충주시, 충청북도 음성군, 충청북도 단양군, 전라북도 부안군, 전라남도 무안군, 경상남도 거창군

3) 복합피해 발생지 군집화

복합피해 해당하는 노출, 증가, 감소요인에 대한 군집분석을 실시하여, 전국 229개의 시군구를 피해액 발생에 대한 노출, 증가, 감소요인의 점수가 높은 지역과 낮은 지역으로, 2가지의 세부 집단으로 분류하였다.

<표 41> 시군구별 복합피해 노출요인에 대한 군집분석 요약표

복합피해 노출 요인	군집 1(높음) n=69	군집 2(낮음) n=160	F 값	p-value
일 최다강수량(mm)	1.032	-0.445	194.113	<0.001
1시간 최다강수량(mm)	1.135	-0.489	286.634	<0.001
시간당 30mm 이상 시간	1.169	-0.504	329.841	<0.001

<표 42> 시군구별 복합피해 증가요인에 대한 군집분석 요약표 - 1

증가 요인	군집 1 (낮음) n=104	군집 2 (높음) n=125	F 값	p-value
Z 비도시지역면적비율	-1.016	0.846	1431.087	<0.001
Z 전면적비율	-0.573	0.476	85.666	<0.001
Z 60-100% 토양경사도면적비율	-0.570	0.474	84.463	<0.001
Z 영유아 및 노령자비율	-0.754	0.628	205.785	<0.001
Z기초생활수급자비율	-0.040	0.033	0.299	0.585

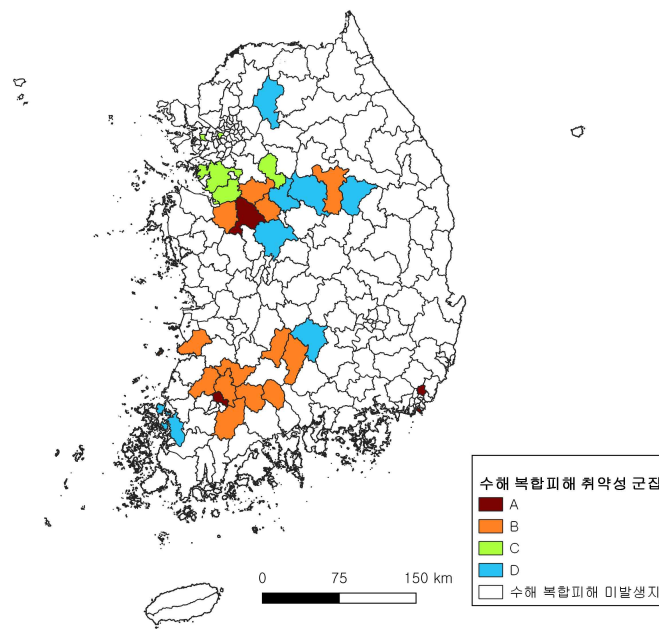
<표 43> 시군구별 복합피해 증가요인에 대한 군집분석 요약표 - 2

증가 요인	군집 1 (낮음) n=107	군집 2 (높음) n=122	F 값	p-value
Z 비도시지역면적비율	-0.978	0.858	1217.108	<0.001
Z 전면적비율	-0.548	0.480	81.592	<0.001
Z 60-100% 토양경사도면적비율	-0.560	0.491	86.601	<0.001
Z 영유아 및 노령자비율	-0.753	0.661	226.990	<0.001

<표 44> 시군구별 복합피해 감소요인에 대한 군집분석 요약표

감소 요인	군집 1(낮음) n=177	군집 2(높음) n=52	F 값	p-value
Z 시가화면적비율	-0.473	1.610	736.878	<0.001
Z 불투수면비율	-0.434	1.479	412.630	<0.001
Z 녹지비율	-0.150	0.511	18.960	<0.001
Z 노후단독주택밀도	-0.425	1.447	367.575	<0.001
Z 지하건축물밀도	-0.420	1.429	343.595	<0.001
Z 배수불량지면적비율	-0.254	0.864	64.112	<0.001
Z 0-2%경사도 면적비율	-0.280	0.954	83.408	<0.001
Z 인구밀도	-0.471	1.603	710.494	<0.001
Z 1km ² 당 하수관로면적	-0.391	1.331	248.291	<0.001
Z 맨홀밀도개	-0.385	1.310	232.858	<0.001

<표 42>에 나온 바와 같이, 증가요인 중 기초생활수급자 비율의 p-value 값이 유의하지 않아 증가요인에서 제거한 후에 군집분석을 진행하였다. 증가요인 군집화 결과는 <표 43>과 같다. 군집분석 후에는 요인에 따른 군집 분석 결과를 활용하여, 각 시군구의 요인이 높고 낮음을 반영하여 재산피해 발생지를 재분류하였다.



[그림 37] 시군구별 복합피해 취약성에 따른 군집

시군구별 복합피해 취약요인의 군집화 결과, 총 4개의 군집으로 구분되었다. 군집 A는 노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 총 14개의 시군구가 속한다. 군집 B는 노출요인이 높고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 총 3개의 지역이 속한다. 군집 C는 노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역으로, 7개의 시군구가 속한다. 군집 D는 노출요인이 낮고, 증가요인

이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 1개의 시군구가 속한다.

<표 45> 복합피해 취약요인에 대한 군집

군집	시군구 명
군집 A	부산광역시 영도구, 부산광역시 금정구, 광주광역시 북구, 충청남도 천안시
군집 B	경기도 안성시, 충청북도 제천시, 충청북도 진천군, 충청남도 아산시, 전라북도 장수군, 전라북도 순창군, 전라북도 부안군, 전라남도 담양군, 전라남도 곡성군, 전라남도 구례군, 전라남도 화순군, 전라남도 장성군, 경상남도 함양군
군집 C	서울특별시 영등포구, 인천광역시 부평구, 경기도 평택시, 경기도 이천시, 경기도 화성시
군집 D	경기도 가평군, 충청북도 청주시, 충청북도 충주시, 충청북도 음성군, 충청북도 단양군, 전라남도 무안군, 경상남도 거창군

2. 피해 유형별 군집 특징

1) 재산피해 발생 군집

먼저, 시군구별 피해액 취약요인에 따라 분류한 군집들의 호우로 인해 발생한 피해액의 평균을 비교해보고자 한다. 그 결과, 노출요인이 높고 증가요인이 높고, 감소요인이 낮게 나타난 군집 C가 가장 큰 피해액이 발생하였다. 반면 노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 군집 E의 경우, 6개의 군집 중에서 피해액 평균이 가장 낮게 나타났다.

<표 46> 시군구별 피해액의 취약요인에 따른 군집 간의 피해액 비교

군집	군집별 특징	피해액 평균(천원)	Z 전국 평균	Z 피해액 평균
군집A (19개)	노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	4,187,819.630	0.000	-0.051
군집B (9개)	노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역	1,753,113.560	0.000	-0.260
군집C (38개)	노출요인이 높고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	15,037,708.920	0.000	0.879
군집D (28개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	1,765,933.930	0.000	-0.259
군집E (20개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역	1,013,399.150	0.000	-0.323
군집F (74개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	4,846,999.450	0.000	0.006

군집 C로 선정된 지역은 앞으로도 수해로 인해 피해액 크게 발생할 위험도가 높기 때문에, 수해로 인한 피해액 발생 우려지역으로 선정하여 재산피해를 줄이기 위한 주요 대책을 세워서 관리할 필요가 있다. 노출요인이 낮고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타난 군집 F는 노출 요인이 높게 나타날 경우, 군집 C와 같이 큰 피해가 발생할 수 있다. 그렇기 때문에, 군집 F 또한 수해로 인한 피해액 발생 우려지역으로 선정하여, 재산피해가 크게 발생하기 전에 주요 수해 방재 대책을 세워서 미리 관리할 필요가 있다.

다음으로, 시군구별 1인당 피해액 취약요인에 따라 분류한 군집들의 호우로 인해 발생한 피해액의 평균을 비교해보고자 한다. 그 결과, 노출 요인이 높고 증가요인이 높고, 감소요인이 낮게 나타난 군집 A가 1인당 피해액이 가장 크게 나타났다. 반면 노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이

높게 나타나는 군집 E의 경우에는 6개의 군집 중에서 1인당 피해액 평균이 가장 낮게 나타났다.

<표 47> 시군구별 1인당 피해액의 취약요인에 따른 군집 간의 피해액 비교

군집	군집별 특징	1인당 피해액 평균(원)	Z 전국 평균	Z 1인당 피해액 평균
군집A (34개)	노출요인이 높고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	340,708.403	0.000	1.110
군집B (9개)	노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역	6,816.223	0.000	-0.338
군집C (20개)	노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	15,121.585	0.000	-0.302
군집D (70개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	94,395.985	0.000	0.042
군집E (20개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역	4,161.053	0.000	-0.349
군집F (35개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	21,798.346	0.000	-0.273

군집 A로 선정된 지역은 앞으로도 수해로 인해 1인당 재산피해 발생 위험도가 높기 때문에, 수해로 인한 1인당 피해액 발생 우려지역으로 선정하여 재산피해를 줄이기 위한 주요 대책을 세워서 관리할 필요가 있다. 노출요인이 낮고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타난 군집 D는 노출요인이 높게 나타날 경우, 군집 A와 같이 큰 피해가 발생할 수 있다. 그렇기 때문에, 군집 D 또한 1인당 피해액 발생 우려지역으로 선정하여, 재산피해가 크게 발생하기 전에 주요 수해 방재 대책을 세워서 미리 관리할 필요가 있다.

2) 인명피해 발생 군집

먼저, 시군구별 인명피해 취약요인에 따라 분류한 군집들의 호우로 인해 발생한 피해액의 평균을 비교해보고자 한다. 그 결과, 노출요인이 높고, 증가요인도 높게 나타나는 군집 A의 인명피해 수 평균값이 가장 낮게 나타났다. 즉, 위에서 선정한 시군구별 인명피해 취약요인을 바탕으로 인명피해 발생지를 유형화 수 없었다. 그러한 이유는 인명피해 발생에는 선정한 변수 외에 다른 요인이 영향을 미쳤기 때문으로 추론할 수 있다.

<표 48> 시군구별 인명피해의 취약요인에 따른 군집 간의 피해액 비교

군집	군집별 특징	인명피해(명) 평균	Z 전국 평균	Z 인명피해 평균
군집A (4개)	노출요인이 높고, 증가요인이 높게 나타나는 지역	1.500	0.000	1.226
군집B (11개)	노출요인이 높고, 증가요인이 낮게 나타나는 지역	2.545	0.000	2.269
군집C (3개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 높게 나타나는 지역	2.667	0.000	2.390
군집D (13개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 낮게 나타나는 지역	1.538	0.000	1.264

다음으로, 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율의 취약요인에 따라 분류한 군집들의 호우로 인해 발생한 피해액의 평균을 비교해보고자 한다. 그 결과, 노출요인과 증가요인이 모두 높게 나타난 군집 B의 인명피해 발생 비율이 가장 높게 나타났다. 반면에 노출요인과 증가요인이 모두 낮게 나타난 군집 C의 인명피해 발생 비율이 가장 낮게 나타났다.

<표 49> 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율의 취약요인에 따른 군집 간 피해 비교

군집	군집별 특징	총인구 대비 인명피해 발생 비율 평균	Z 전국 평균	Z 총인구 대비 인명피해 발생 비율 평균
군집A (5개)	노출요인이 높고, 증가요인이 낮게 나타나는 지역	57.000	0.000	0.042
군집B (10개)	노출요인이 높고, 증가요인이 높게 나타나는 지역	0.008	0.000	2.677
군집C (9개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 낮게 나타나는 지역	28.000	0.000	-0.063
군집D (7개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 높게 나타나는 지역	0.003	0.000	1.867

즉, 군집 B로 선정된 지역의 경우에는 앞으로도 수해로 인한 인명피해 발생 위험도가 높다고 해석할 수 있다. 그렇기 때문에 수해로 인한 인명피해 발생 우려지역으로 선정하고, 관련 수해 대책을 마련하여 관리할 필요가 있다. 노출요인이 낮고 증가요인이 높게 나타난 군집 D은 노출요인이 높게 나타날 경우, 군집 B와 같이 더 큰 인명피해가 발생할 가능성이 높다. 그러므로 군집 D또한 인명피해 발생 우려지역으로 선정하여, 인명피해가 더 크게 발생하기 전에 주요 수해 방재 대책을 세워 미리 관리할 필요가 있다.

3) 복합피해 발생 군집

복합피해 취약요인에 따라 분류한 군집들의 호우로 인해 발생한 피해액, 1인당 피해액, 인명피해 수의 정규화 값을 모두 합한 총피해 평균을 비교해보면, 노출요인이 높고 증가요인이 높고, 감소요인이 낮게 나타난 군집 B가 가장 높게 나타났다. 반면 노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이

높게 나타나는 군집 C의 경우, 4개의 군집 중에서 피해액 평균이 가장 낮게 나타났다.

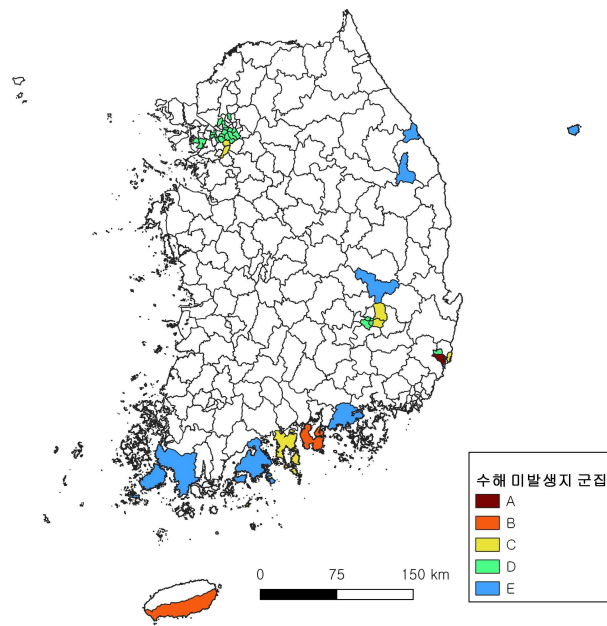
<표 50> 시군구별 복합피해 취약요인에 따른 군집 간의 피해액 비교

군집	군집별 특징	Z 피해액 평균	Z 1인당 피해액 평균	Z 인명피 해 수 평균	Z 총인구 대비 인명피 해 발생 비율 평균	Z 총 피해
군집A (14개)	노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	0.429	-0.288	1.725	0.058	1.924
군집B (3개)	노출요인이 높고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	1.751	1.951	2.032	2.098	7.831
군집C (7개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역	-0.114	-0.301	1.126	-0.046	0.665
군집D (1개)	노출요인이 낮고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역	1.883	1.196	1.867	0.684	5.630

군집 B로 선정된 지역은 앞으로도 수해로 인한 복합피해 발생 위험도가 높기 때문에, 수해로 인한 복합피해 발생 우려지역으로 선정하여 수해로 인한 재산피해와 인명피해를 줄이기 위한 주요 대책을 세워서 관리할 필요가 있다. 노출요인이 낮고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타난 군집 D는 노출 요인이 높게 나타날 경우, 군집 B와 같이 큰 피해가 발생할 수 있다. 그렇기 때문에, 군집 B 또한 수해로 인한 복합피해 발생 우려지역으로 선정하여, 수해로 인한 복합피해가 크게 발생하기 전에 수해 방재대책을 세우고 미리 관리할 필요가 있다.

3. 수해 방재 우수지역 선정 및 취약요인 외 특징분석

수해 방재 우수지역은 수해 미발생 지역에 대하여 복합피해발생지 군집화에 따라 노출요인이 높게 나타난 지역을 우수지역으로 선정하였다. 그러한 이유는 노출요인이 높게 나타났음에도 불구하고, 증가요인과 감소요인 또는 그 외 요인에 의해 수해 발생을 막았다고 볼 수 있기 때문이다.



[그림 38] 시군구별 복합 취약성에 따른 수해 미발생지 군집

군집 A는 노출요인이 높고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 총 1개의 시군구가 속한다. 군집 B는 노출요인이 높고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 총 2개의 지역이 속한다. 군집 C는 노출요인이 낮고, 증가요인이 낮으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 6개의 시군구가 속한다. 군집 D는 노출요인이 낮고, 증가요인이

낮으며, 감소요인이 높게 나타나는 지역으로, 22개의 시군구가 속한다. 군집 E는 노출요인이 낮고, 증가요인이 높으며, 감소요인이 낮게 나타나는 지역으로, 8개의 시군구가 속한다.

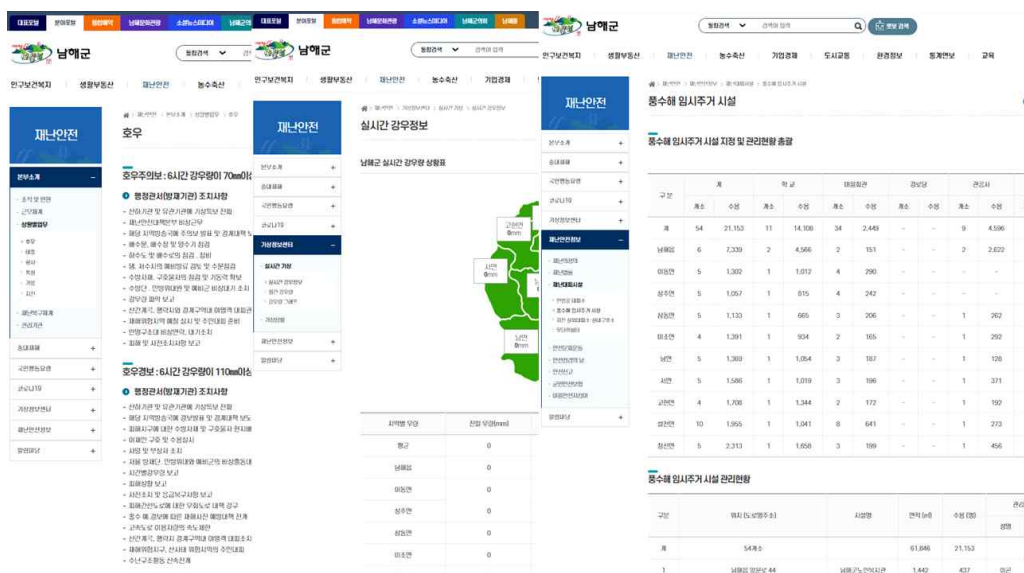
군집 D의 경우는 노출요인과 증가요인이 낮고, 감소요인이 높게 나기 때문에 수해로 인한 재산 및 인명 피해가 발생하지 않았다고 해석할 수 있다. 군집 C의 경우에는 감소요인은 낮게 나타났지만, 노출요인과 증가요인이 낮기 때문에 수해로 인한 재산 및 인명피해가 발생하지 않았다고 해석할 수 있다. 군집 E의 경우에는 증가요인과 감소요인은 높으나, 노출요인이 낮아서 재산 및 인명피해가 발생하지 않았다고 볼 수 있다. 군집 E의 경우에는 노출요인이 높게 나타날 경우, 재산 또는 인명피해가 발생할 수 있기 때문에 관련 대책마련이 필요하다.

5개의 군집 중에서 노출 요인이 높게 나타나는 군집 A와 군집 B가 수해 방재 우수 지역으로 볼 수 있다. 군집 A에 해당하는 울산광역시 남구의 경우 노출요인이 높고, 증가요인과 감소요인이 낮게 나타났다. 울산광역시 남구의 경우, 노출요인이 높게 나타났음에도 증가요인이 낮게 나타났기 때문에 수해가 발생하지 않을 수 있었던 것으로 해석된다.

군집 B에는 경상남도 남해군과 제주특별자치도 서귀포시가 속한다. 군집 B는 노출요인과 증가요인이 높으며, 감소요인은 낮게 나타났다. 연구에서 증가요인은 낮을수록, 감소요인은 높을수록 수해 대처 능력이 우수한 지역으로 볼 수 있다. 하지만 경상남도 남해군과 제주특별자치도 서귀포시는 노출요인과 증가요인인 높고 감소요인이 낮은 수해취약지역에 해당함에도 불구하고 피해가 발생하지 않았다. 이는 변수에 포함하지 못한 방재지표와 시민의 대처 능력의 영향으로 추론할 수 있다.

남해군의 경우, 군청 사이트에서 남해군의 재난안전 분야에 관한 정보를 자세히 제공하고 있었다. 재난안전대책본부의 조직 및 인원과 호우, 태풍,

황사, 폭설 등의 상황별 업무를 제시하고, 재난유형별 재난복구체계를 세부적으로 설계하여 제공하고 있었다. 이 뿐만 아니라 기상정보센터에서는 읍면동별 실시간 기상정보를 제공하고, 기상청과 연계하여 현재 기상상황을 제공하고 있었다. 또한 재난안전정보를 제공하고, 재난대피시설 관련하여 무더위 쉼터 및 풍수해 임시주거시설 지정 및 관리 현황을 주소와 함께 자세하게 제공하고 있었다.



[그림 39] 남해군 재난안전분야 정보제공 현황 예시 (자료: 남해군)

특히, 남해군에서는 남해군 마을안전 지킴이를 운영하고 있었다. 22)마을안전지킴이는 남해군의 재난 생활안전망을 구축하여 남해군민의 생명·신체 및 재산을 보호하고 안전한 생활환경을 조성하기 위한 목적으로 운영된다. 지킴이는 행정리마다 1명으로, 읍면장의 추천을 받아 마을 사정에 밝은 사람으로 구성된다. 이는 2020년 7월부터 현재까지 계속되고 있으며, 현재 남해

22) 남해군, “마을안전지킴이”, 남해군, 2022년 10월 12일, <https://www.namhae.go.kr/depart/Index.do?c=DE0306080000>, 2023년 11월 20일 접속.

군에는 마을당 1명, 총 221명의 지킴이가 생활주변과 이웃의 안전 위험요인 발굴 및 신고를 위해 운영 중에 있다. 지킴이는 생활주변과 이웃의 위험·취약요인을 발굴 신고하여 주민의 생명과 재산을 보고하고 이웃에 대한 관심을 촉진하기 위한 활동으로, 마을별 주 1회 이상 활동해야 한다.

<표 51> 남해군 마을안전 지킴이의 임무 (자료: 남해군)

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - 안전취약계층의 관찰 및 취약요인 등의 신고 - 재해·재난·사고예방 활동 및 생활안전 보호 - 생활주변과 이웃의 안전 위험요인 발굴과 신고 - 재난예방 및 생활안전 정책에 대한 의견 제시 |
|--|

즉, 남해군의 경우에는 마을안전 지킴이를 운영함으로써, 재난 취약계층인 노령층에게 재난 안전 정보를 제공해주고, 평소에 재해·재난·사고예방 활동을 진행한 것이 수해를 저감하는데 기여한 것으로 추론할 수 있다.

제주특별자치도 서귀포의 경우, 제주재난안전대책본부 사이트에서 재난안전대책과 관련한 다양한 정보를 제공하고 있다. 남해군과 같이 대책본부의 재난관리체계와 상황별 대응 체계 등과 임시주거시설 및 쉼터 정보와 지역별 기상정보를 제공하고 있으며, 재해대책기관 전화번호와 자연재해위험개선지구, 인명피해 우려지역, 상습침수지역 등 방재현황, 자연재해 내습현황 제공하고 있었다.

또한, 서귀포시의 인명피해우려지역에 대하여 주민대피계획 매뉴얼을 제공하고 있었다. 매뉴얼에는 각 인명피해우려지역에 대하여, 지구명, 위치, 지정일, 대피이원, 위험요인, 과거피해이력과 함께 대피장소의 위치, 수용인원, 대피거리, 대피로 지도 등이 제공된다. 주민대피계획 매뉴얼은 또한 안전취약계층 매뉴얼을 따로 제공하고 있었다. 안전취약계층을 시각장애인, 청각장애인, 시청각중복장애인, 언어장애인, 지체장애인, 내부장애인, 지적장애인,

정신장애인, 고차뇌기능장애인, 발달장애인, 희귀질환 및 중증난치질환자, 치매노인, 임산부으로 유형을 구분하여, 각 유형의 특성 별 배려사항과, 정보 전달 시 주요 배려사항, 대피유도 시 주요 고려 사항 등을 제공하고 있다.

서귀포시 25 인명피해 우려지역 주민대피 관리카드

지구명	쇠소깍 지구	지정일	2011. 4. 1.				
위치	서귀포시 표선동 하효동 990~4 / 쇠소깍 일원	대피인원	577가구 115명 (해태역사-점)				
표지판	위험안내 표지 1개소	설치연도	2011				
위험요인 (지정사유)	폭풍해일, 높은 파도로 인한 월파, 침수 위험						
과거 피해이력	<table border="1"> <tr> <th>내용</th> <td>피해없음</td> </tr> <tr> <th>원인</th> <td>피해없음</td> </tr> </table>			내용	피해없음	원인	피해없음
내용	피해없음						
원인	피해없음						
대피장소	하효 다목적회관	수용인원	500명				
위치	서귀포시 월십리로 740	대피거리	약 1.2km				
통제수단	PE드럼, 재난안전선 등으로 주민통행 통제						
홍보수단	마을 캠프, 인명위협보시등, 자동음성통보시스템, 거리방송, 재난취급 알림장치						
통제 및 대피 기준	(통제) 폭풍해일주의보, 태풍주의보 발효 시 (대피) 침수 발생에 따른 재난안전대책본부 상황판단회의 결정						

안전취약계층 특성별 대피시 고려사항
※ 출처: 풍수에 재난 현장조치 행동매뉴얼

1 유형별 특징

시각장애인

- 자신의 원인으로 피해 상황을 어는 것이 불가능한 경우가 있다. (시각정보에 의한 긴급사태 파악이 불가능한 경우가 많다)
- 재난이 발생한 경우에는 익숙한 지역 내에 있더라도, 상황이 급변함에 따라 도출 일어나는 원소대로 행동할 수 없게 된다.
- 대피소 등 익숙하지 않은 장소에서는 이동 등의 행동이 어려운 경우가 있다(홍지서는 신속하게 행동할 수 없다).
- 시각장애뿐만 아니라 지적장애·청각장애 등 다른 장애도 있는 중복장애인이 있다.

청각장애인

- 음성정보를 전달받기 어렵거나 전달받지 못하는 경우가 있다(시각정보에 의한 위험을 파악하기 어렵고, 음성 대피유도도 받을 수 없는 경우가 있다).
- 긴급시에도 알로 다른 사람에게 알리는 것이 어렵다.
- 글보기에 장애가 있다는 것을 알기 어렵다.
- 청각장애뿐만 아니라 지적장애·지체장애 등 다른 장애도 있는 중복장애인이 있다.

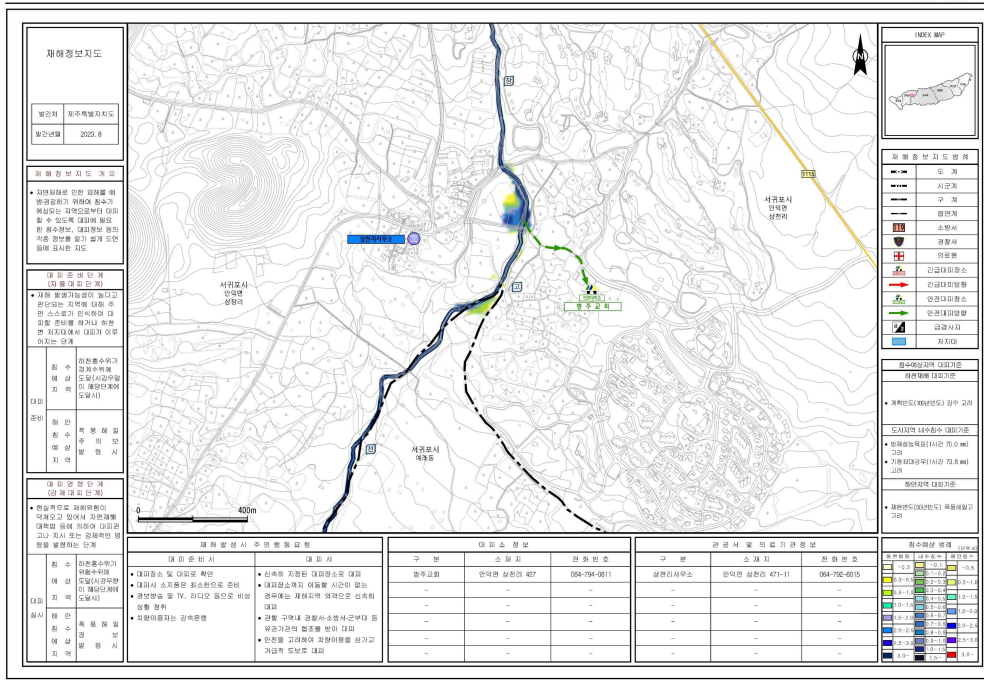
[그림 40] 제주도 주민대피계획 매뉴얼 예시

(자료: 제주재난안전대책본부)

이 뿐만 아니라, 지역별 재해지도를 제공하고 있다. 23)재해지도는 자연재해로 인한 피해를 예상, 경감하기 위하여 침수가 예상되는 지역으로부터 대피할 수 있도록 대피에 필요한 침수정보, 대피정보 등의 각종 정보를 알기 쉽게 도면 등에 표시한 지도이다.

즉, 제주특별자치도 서귀포시는 자연재난 관련 정보 접근성이 높기 때문에 우수방재지역으로 선정될 수 있었던 것으로 추론할 수 있다. 같은 도에 위치한 제주시의 경우에도, 호우로 인한 재산피해가 발생하긴 하였으나 재산피해 발생지 188곳 중 피해액 및 1인당 피해액 발생 순위 모두 185위를 차지하며, 비교적 적은 피해가 발생하였다.

23) 제주재난안전대책본부, “재해지도, 제주재난안전대책본부, <https://bangjae.jeju.go.kr/comm/map.htm>, 2023년 11월 20일 접속.



[그림 41] 제주도 서귀포시 재해정보지도 예시

(자료: 제주재난안전대책본부)

과거에는 노출요인에 의하여 수해 피해의 규모가 정해졌다면, 현재는 다양한 방재기술 발전과 지금까지 축적된 자연재해 정보를 활용하여 피해를 저감할 수 있다. 수해 재산 및 인명, 복합피해 발생 우려지역으로 선정된 지역의 경우, 우수 방재지역의 사례와 같이 재난 관련 정보 접근성을 보완한다면 수해로 인한 피해를 저감할 수 있을 것으로 생각한다. 정보 접근성을 높이기 위해서는 우선적으로 수해 데이터 관리를 보다 체계화하고, 세분화하는 방향으로 개선해야 할 필요성이 있다.

VI. 결론

우리나라는 기후변화의 영향으로 강수일수는 감소하고 일별 강수량은 늘어나면서, 최근 호우로 인해 많은 피해가 발생하였다. 이러한 강수패턴 변화는 앞으로 더욱 심화될 것으로 전망되고 있으며, 이와 함께 수해 발생 위험성이 더욱 증가하고 있다. 수해는 재해에 대한 노출과 함께 지역의 인구, 지형, 시설, 토지이용 등에 따라서, 피해양상이 다르게 나타난다. 이 때문에 지역의 특징을 반영한 방재 대책이 필요하지만, 동시에 재해에 대한 정보 공유, 방재 지침 등은 국가를 중심으로 통합적인 재해 관리가 필요하다. 그러므로, 지역 유형화를 통해 지역별 특징은 반영하되, 통합적인 방재 지침을 제시할 수 있도록 하는 방안이 유용할 것으로 사료되었다. 그래서 본 연구에서는 전국 229개의 시군구를 대상으로, 수해 유형에 따른 취약요인을 선정하고, 요인에 따라 지역을 군집화하여, 군집 별 특징을 바탕으로 한 수해 저감대책의 방향을 제시하였다.

본 연구에서는 취약성을 IPCC와 재해취약성 분석의 ‘현재 취약성’ 개념을 참고하여, 수해 취약성을 연구지역이 호우에 얼마나 노출되어 있는지를 의미하는 노출요인, 영향요인으로 구분하여 보았다. 각 요인에 대한 대리변수는 수해 취약요인에 관한 선행연구들을 바탕으로 선정하였다. 수해 취약요인을 선정하기 전에 본 연구에서는 수해 피해 유형을 세분화하기 위하여, 현재의 수해 데이터 관리 체계 및 실태를 살펴보았다. 그 결과, 관련 데이터 관리가 미흡하다는 것을 확인하였다.

수해 데이터의 수집 및 관리 문제로 인하여 수해 피해유형을 1) 침수 및 산사태 피해지와 2) 재산 및 인명피해 발생지로 구분하여, 연구 범위인 2020년의 수해 피해현황을 살펴보았다. 그 결과, 침수 및 산사태 데이터의 문제를 발견하여, 연구에서는 재산 및 인명피해 데이터를 활용하여 피해유

형을 세분류하였다. 이때, 수해 피해 유형은 크게 재산피해, 인명피해, 재산 피해와 인명피해가 모두 발생한 복합피해로 구분하였으며, 재산피해를 단순 피해액과, 총인구로 피해액을 나눈 1인당 피해액으로 세분류하고, 인명피해는 인명피해 수와 총인구로 인명피해를 나눈 것을 백분율로 나타낸 총인구 대비 인명피해 발생비율로 세분류하였다.

연구에서는 유형별 취약요인을 선정하기 위하여, 수해 노출 및 영향요인과 피해유형별 피해 데이터 간의 상관분석을 통하여 각 유형별 취약요인(노출, 증가, 감소요인)을 선정하였다. 상관분석 결과, 유형에 따라 노출, 증가, 감소요인에 속하는 변수가 다르게 도출되었다. 이는 피해 유형을 세분류하여, 유형별로 취약지역을 선정 및 관리해야할 필요성이 있다는 것을 시사한다.

연구에서는 피해 유형에 따른 요인별 군집분석 결과를 바탕으로 피해발생지를 군집화하였다. 재산피해의 피해액의 취약요인에 따른 군집 결과, 노출요인과 증가요인이 높고, 감소요인이 낮게 나타난 군집 C가 가장 큰 피해액이 발생하였고, 노출요인과 증가요인이 낮고, 감소요인이 높게 나타나는 군집 E의 피해액 평균이 가장 낮게 나타났다. 재산피해의 1인당 피해액의 취약요인에 따른 군집 결과 또한, 노출요인과 증가요인이 높고, 감소요인이 낮게 나타난 군집 A가 가장 큰 피해액이 발생하였으며, 노출요인과 증가요인이 낮고, 감소요인이 높게 나타난 군집 E가 피해액 평균이 가장 낮게 나타났다. 시군구별 인명피해의 취약요인에 따른 군집 결과, 노출요인과 증가요인이 모두 높은 군집 A의 인명피해 수 평균값이 가장 낮게 나타나, 인명피해 발생지를 유형화 수 없었다. 하지만, 시군구별 총인구 대비 인명피해 발생 비율의 취약요인에 따른 군집 결과, 노출요인과 증가요인이 모두 높은 군집 B의 인명피해 수 평균값이 가장 높게 나타나고, 노출요인과 증가요인이 모두 낮은 군집 C의 인명피해 수 평균값이 가장 낮게 나타났다. 시군구

별 복합피해의 취약요인에 따른 군집 결과, 노출요인과 증가요인이 높고, 감소요인이 낮게 나타난 군집 B가 가장 큰 피해액이 발생하였고, 노출요인과 증가요인이 낮고, 감소요인이 높게 나타나는 군집 C가 피해액 평균이 가장 낮게 나타났다.

연구결과를 바탕으로, 시군구별 피해액, 1인당 피해액, 총인구 대비 인명피해 발생 비율, 복합피해 요인에서 증가요인이 높게 나타나고, 감소요인이 낮게 나타나는 군집에 속한 지역들은 수해 피해 우려지역으로 선정하여, 요인별 특성을 반영한 수해 방재 대책을 세우고 사전관리할 필요가 있다고 제안하였다.

또한 인명피해 및 재산피해 미발생지에 대하여 군집분석을 진행하여, 노출요인이 높게 나타난 지역을 수해 우수방재 지역으로 선정하고, 어떠한 특징이 있는지 분석하였다. 그 결과, 수해 우수방재지역은 재난 관련 정보 접근성이 높은 공통점이 있어, 자연재해 피해 저감을 위해 재난 정보 접근성 증대의 필요성이 있고, 이를 위해서 수해 데이터 관리를 보다 체계화 및 세분화하는 방향으로 개선해야 할 필요성이 있음을 시사하였다.

본 연구는 기존연구와 다르게, 수해 피해 유형을 피해 데이터를 바탕으로 5 가지로 세분화하였고, 상관분석을 이용하여 유형별 취약요인을 선정함으로써, 수해를 세분류하여 취약요인을 선정해야 할 필요가 있다는 것을 살펴본데에 큰 의의가 있다. 또한, 수해 우수방재지역은 재난 관련 정보 접근성이 높은 공통점이 있다는 결과를 통해, 수해 피해저감을 위해서 정보 접근성을 높여야 한다고 방재 대책의 개선 방향을 제시한 데에 의의가 있다.

본 연구의 결과는 지역 특성을 반영한 재해 대응 정책의 필요성을 시사하고 있으며, 향후 증가할 것으로 전망되는 수해에 대하여 효과적인 대응과 복구에 기여할 것으로 기대되는 바이다.

본 연구의 한계점으로는, 수해 데이터 관리 체계상의 문제로 인하여 수해

를 호우로 인한 피해로만 한정하고, 수해의 피해형태에 따른 세분류를 하지 못했다는 점이 있다. 또한, 변수 중 공간데이터의 경우 시군구별 데이터 누락 여부를 확인할 수 없어 0으로 처리하였기 때문에, 자료의 이상치 및 결측치가 제대로 처리되지 않았을 수 있다는 점이다. 마지막으로, 재해의 경우 방재능력을 넘어선 1번의 극단적인 노출로 인하여 발생하는 만큼, 최근 5년간 장마기간과 강수일수가 가장 길게 나타나고, 피해가 가장 컸던 2020년에 해당하는 노출요인만을 연구에서 사용하였다. 하지만 이는 평년(30년간) 값의 노출을 고려하지 않아, 재해취약지역 선정시 노출요인이 제대로 반영되지 않았을 수 있다고 볼 수 있는 한계점이 있다.

앞으로 재해 데이터의 체계적이고 세분화된 관리를 바탕으로 연구 자료의 보완을 할 수 있다면, 차후 연구에서 수해 유형을 보다 세분류할 수 있을 것이다. 세분류된 수해 유형별 취약요인을 선정하고에 따른 군집화를 진행한다면, 실제 수해 관리 대책에 적용하고 수해로 인한 피해 저감에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

국내문헌

- 기상청, 2020, "한반도 기후변화 전망보고서 2020".
- 기상청, 2021, "2020년 이상기후 보고서".
- 기상청, 2022, "2021년 이상기후 보고서".
- 기상청, 2023, "2022년 이상기후 보고서".
- 김도현, 김연희, 김진욱, 김태준, 문혜진, 변영화, 변재영, 2020, "한반도 기후변화 전망보고서 2020", 국립기상과학원 미래기반 연구부.
- 김도현, 김진욱, 김태준, 변영화, 정주용, 2022, "남한상세 기후변화 전망보고서", 국립기상과학원 기후변화예측연구팀.
- 김대근, 김연오, 지홍원, 강태희, 2020, "국가 규모 홍수 위험 평가를 위한 지수 개발 및 전망", 대한수자원학회지, 53(5), 323-336.
- 김대준, 강대균, 박주현, 김진희, 김용석, 2021, "기후변화에 따른 강수량의 시공간적 발생 패턴의 변화 분석", 한국농림기상학회지, 23(4), 424-433.
- 김명규, 김정범, 배대훈, 2018, "아시아 몬순 지역의 수재 취약성 지수 개발 및 평가", 한국재난안전학회지, 18(7), 457-467.
- 김선태, 이우섭, 정일원, 한정민, 변영화, 김진욱, 2023, "미래 기후변화 시나리오에 따른 한반도 유역별 극한 강수 변화 전망", 한국기후변화학회지, 14(2), 83-93, 10.15531/KSCCR.2023.14.2.083.
- 김수진, 은상규, 김성필, 배승중, 2017, "시군별 홍수위험잠재능 유형화 및 특성분석", 농촌계획, 23(3), 21-36.
- 김재완, 정태용, 박찬, 문종우, 강다현, 2020, "기후변화 불확실성을 고려한 226 개 기초지자체 유형화 연구", 한국기후변화학회지, 11(5-2), 507-520.
- 김환석, 박기정, 김상단, 최민하, 박무중, 윤재영, 2012, "기후변화와 대규모

하천정비 사업을 고려한 낙동강 유역 자연재해 홍수 취약성 평가”, 한국방재학회지, 12(2), 107-113.

이선미, 최영제, 이재응, 2020, "엔트로피 가중치 산정방법을 활용한 도시지역 홍수취약성 평가”, 한국방재학회 논문집, 20(6), 389-397.

박수진, 박지수, 2018, "서울시 침수피해의 자연·환경적 요인분석”, 국토지리학회지, 52(2), 297-309.

박창열, 신상영, 손은정, 2013, "다변량 분석을 이용한 서울의 상습침수지역 유형화”, 한국방재학회논문집, 13(2), 245-255.

박한나, 송재민, 2014, "침수 취약성 지표와 사회적 취약계층 비율 간의 상관관계 분석을 통한 환경정의 실증 연구”, 국토계획, 49(7), 169-186.

박한나, 송재민, 2023, "침수피해와 침수취약요인 관계 연구: 피해액과 인명피해를 중심으로”, 국토계획, 58(3), 149-166.

배우식, 노상원, 2005, "K-평균 클러스터링에 관한 연구”, 통계 응용 및 방법 통신, 12(2), 497-508.

백승협, 최시중, 홍승진, 김동필, 2011, "홍수관련 지표 산정을 위한 표준화 및 가중치 비교 연구”, 한국습지학회지, 13(3), 411-426.

신희재, 최영제, 이재응, 2019, "지역적 특성을 고려한 도시지역 홍수 취약성 평가: 한강권역을 대상으로”, 한국방재학회논문집, 19(5), 293-303.

심재현, 김자은, 이성호, 2012, "기후변화 대응을 위한 광역도시권 차원의 자연재해 저감방안 연구: 자연재해 취약성에 따른 수도권 도시의 유형화”, 한국산학기술학회 논문지, 13(11), 5534-5541.

유가영, 김인애, 2008, "기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안”, 서울: 한국환경정책평가연구원.

유창주, 홍순현, 최현, 남광우, 2013, "침수흔적도를 활용한 침수지역 유형화에 관한 연구: 부산광역시를 사례로”, 한국측량학회지, 31(5), 393-400.

이상은, 김종원, 한우석, 이병재, 이종소, 김슬예, 송창근, 함영환, 2018, "도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(III)", 세종: 국토연구원.

행정안전부 복구지원과, 2017, "2016 재해연보".

행정안전부 복구지원과, 2018, "2017 재해연보".

행정안전부 복구지원과, 2019, "2018 재해연보".

행정안전부 복구지원과, 2020, "2019 재해연보".

행정안전부 복구지원과, 2021, "2020 재해연보".

행정안전부 복구지원과, 2022, "2021 재해연보".

행정안전부 복구지원과, 2023, "2022 재해연보".

국외문헌

Brooks, N, 2003, Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework, Tyndall Centre for climate change research working paper, 38(38), 1-16.

Ham, Y. G., Kim, J. H., Min, S. K., Kim, D., Li, T., Timmermann, A., Stuecker, M. F., 2023, Anthropogenic fingerprints in daily precipitation revealed by deep learning. Nature, 1-7.

IPCC. 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Third Assessment Report. McCarthy et al.(Eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, Fourth Assessment Report: Climate Change 2007: Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change.

McCarthy, J. J. (Ed.), 2001, Climate change 2001: impacts, adaptation,

and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Vol. 2, Cambridge University Press.

Okazaki, K. and Shaw, R, 2003, Empowerment of local people for sustainable disaster mitigation: Experiences of developing countries, Regional Development Dialogue 24, no.1:3-14.

UNDP, 2005, Adaptation policy frameworks for climate change: Developing strategies, policies, and measures. Cambridge University Press, USA.

UNDRR, 2020, Human cost of disasters An overview of the last 20 years 2000-2019, UNDRR.

법률 및 지침

국토교통부, 2018, "도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침 (국토교통부훈령, 2018. 1. 2., 일부개정)". [발령 2018. 1. 2.]

대한민국, 2023, "자연재해대책법. 제19331호, 2023. 4. 11., 일부개정". [시행 2023. 10. 12.]

대한민국, 2023, "자연재해대책법 시행령. 대통령령 제33780호, 2023. 10. 4., 일부개정". [시행 2023. 10. 12.]

대한민국, 2023, "자연재해대책법 시행규칙. 행정안전부령 제430호, 2023. 10. 6., 일부개정". [시행 2023. 10. 12.]

대한민국, 2021, "재해지도 작성 기준 등에 관한 지침". 행정안전부고시, 2021.12.28., 일부개정. [발령 2021.12.28.]

웹 페이지

국민재난안전포탈, "풍수해",
<https://www.safekorea.go.kr/idsiSFK/neo/sfk/cs/sfc/acd/dstdUserList.jsp?emgPage=Y&menuSeq=96>.

국민재난안전포탈, "자연재난상황통계",
<https://www.safekorea.go.kr/idsiSFK/neo/sfk/cs/sfc/tot/toteaiList.jsp?emgPage=Y&menuSeq=111>.

기상청날씨누리, "예보용어해설",
<https://www.weather.go.kr/w/community/knowledge/fct-term-exp.do>

수도권기상청, "극한 호우 시 기상청에서 긴급재난문자 발송 안내",
https://www.kma.go.kr/metropolitan/html/news/notice_view.jsp?pageNo=1&artidno=1193267&boardId=gongzi

생활안전지도, "침수흔적도",
<https://www.safemap.go.kr/main/smap.do?flag=2>.

생활안전지도, "산사태발생이력",
<https://www.safemap.go.kr/main/smap.do?flag=2>.

남해군, "재난안전분야",
<https://www.namhae.go.kr/depart/Index.do?c=DE0301010000&pageCd=DE0301000000&siteGubun=depart>.

제주재난안전대책본부, <https://bangjae.jeju.go.kr/>.

ABSTRACT

Selection of vulnerable factors and regional categorization according to the type of flood damage

Jo Yegyeong

Department of Geography

Graduate School of

Sungshin University

Korea's precipitation pattern is changing into a pattern in which precipitation increases and the number of precipitation days decreases, and this trend is expected to intensify in the future. For this reason, the risk of flood damage is also expected to increase in the future. In other words, at the present time, it was thought that it was time to check flood management measures and suggest a new direction.

Flood damage is not simply caused by exposure to disasters, but occurs in different ways depending on the characteristics of each region, such as population, topography, and facilities. Therefore, in order to prepare effective flood countermeasures, it is necessary to take measures that reflect the characteristics of the region and the vulnerability of flood damage. However, at the same time, an integrated disaster management system centered on the state is needed to share disaster information,

present prevention, and response guidelines. Therefore, this study attempted to propose an integrated management plan that reflects the characteristics of the region through regional categorization that reflects the vulnerable factors according to the type of flood, targeting 229 cities, counties, and districts nationwide.

The concept of vulnerability is used in many fields, and various definitions and analysis methods appear even within the same field. In this study, by referring to previous studies, flood vulnerability was classified into exposure factors, which means how exposed the study area is to heavy rain, and influencing factors affecting flood including sensitivity and adaptation. At this time, the proxy variable for each factor was selected based on previous studies on flood vulnerability factors.

Before selecting the vulnerable factors for flood damage, this study examined the current flood data management system and actual condition to subdivide the types of flood damage. Based on the damage data, the types of flood damage were divided into 1) flood and landslide damage areas and 2) property and human damage areas, and the status of flood damage in 2020 was examined. As a result, due to the problem of flooding and landslide data, only property and human damage data were used to classify the types of damage into five categories.

Next, through correlation analysis between the selected flood exposure and influencing factors and damage data, vulnerable factors for each type of damage were selected, and the place of occurrence for each type of damage was categorized based on the cluster analysis results for each

factor. Based on the results of the categorization, the amount of damage by city, county, and district, the amount of damage per person, the rate of human damage to the total population, and the vulnerable factors of complex damage showed high increase factors, and the areas belonging to the cluster with low reduction factors were selected as areas of concern for flood damage, and the need for flood prevention and prior management was suggested.

Finally, cluster analysis was conducted on areas where human and property damage did not occur, and areas with high exposure factors were selected as excellent flood disaster prevention areas, and characteristics were analyzed. As a result, excellent flood disaster prevention areas have high access to disaster-related information, so the necessity of increasing access to information for flood disaster prevention was suggested.

The results of this study suggest the necessity of a disaster response policy reflecting regional characteristics, and suggest that in order to increase information accessibility, there is a need to improve flood data management in the direction of further systematization and subdivision. Based on the research, it is expected to contribute to effective response and recovery to flood damage expected to increase in the future.

Key words: flood damage, type of damage, vulnerable factors, cluster analysis, categorization, correlation analysis

