



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 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](#) 

경북대학교 공학석사학위논문

침수정보 GIS 분석을 통한 홍수피해 산정 기법에 관한 연구

과학기술대학원 융복합시스템공학전공

박 혜 지

2020년 12월

경북대학교 과학기술대학원

침수정보 GIS 분석을 통한 홍수피해 산정 기법에 관한 연구

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

과학기술대학원 융복합시스템공학전공

박 혜 지

지도교수 한 유 경

박혜지의 공학석사 학위논문을 인준함

2020년 12월

위원장 _____ 이 원 희 ①

_____ 서 동 준 ①

_____ 한 유 경 ①

경북대학교 대학원위원회

목 차

목차	i
표목차	iii
그림목차	v
요약	vii
I. 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 선행연구 고찰	5
1.3 연구 범위	8
1.4 연구 방법	12
II. 홍수의 개념 및 피해발생 현황	14
2.1 재해 및 홍수의 개념	14
2.2 홍수 단계별 주요활동	20
2.3 홍수 관련 GIS 데이터 현황	22
2.4 전국 홍수피해 현황	24
2.5 대상지역 홍수피해 현황	34

Ⅲ. 침수정보 GIS 분석을 통한 피해산정기법	38
3.1 기초자료 수집	38
3.2 침수정보 GIS분석	39
3.3 지형·시설정보 GIS분석	45
3.4 피해항목 선정	52
3.5 항목별 피해산정	55
 Ⅳ. 결 론	 64
 참 고 문 헌	 66
 Abstract	 72

표 목 차

Table 1-1. 최근 10년간 집중호우 발생 현황	2
Table 1-2. 청주시 연도별 강수량(2010~2019)	10
Table 2-1. 자연재해 유형별 재해원인, 재난기준, 관련 인자	15
Table 2-2. 재해유형별 피해금액(2009~2018)	17
Table 2-3. 홍수 관련 재해로 인한 영향	19
Table 2-4. 홍수 단계별 주요 활동	21
Table 2-5. 홍수 관련 GIS 데이터	23
Table 2-6. 2017년과 평년(1981~2010년)의 장마 시작일, 종료일, 기간	24
Table 2-7. 2017년과 평년(1981~2010년)의 장마기간 강수일수, 평균 강수량	25
Table 2-8. 지역별 강수량 관측소 현황	29
Table 2-9. 지역별 강수량 현황(2017.07.14 00:00~2017.07.17 00:00)	30
Table 2-10. 2017년 호우기간별 피해금액	31
Table 2-11. 2017년 호우기간별 복구금액	31
Table 2-12. 7월 14~16일 지역별 피해금액	33
Table 3-1. 자료수집 항목별 주요내용 및 제공기관	38
Table 3-2. 침수정보 주요내용	40
Table 3-3. 침수 관련 속성정보 DB	40
Table 3-4. 침수심, 평균 침수위, 침수면적 산출결과	42
Table 3-5. 침수심별 면적 분석결과	42
Table 3-6. 침수심 시각화 범례	42

Table 3-7. 지형정보 주요내용	46
Table 3-8. 침수구역의 용도지역별 분석결과	48
Table 3-9. 시설정보 주요내용	50
Table 3-10. GIS건물통합정보 세부항목	50
Table 3-11. 도시의 유형별 구분	53
Table 3-12. 도시유형별 평균 침수면적	53
Table 3-13. 청주시 피해항목별 상수항(a), 침수면적항(b)	53
Table 3-14. 청주시 피해항목별 기준가격	54
Table 3-15. 청주시 농경지 피해산정결과	56
Table 3-16. GIS건물통합정보 기반 홍수피해 시설 분류	59
Table 3-17. 단위 침수면적당 손실 인명수	60
Table 3-18. 단위 침수면적당 이재민 수	61
Table 3-19. 청주시 인명손실 및 이재민 피해산정결과	61

그 림 목 차

Fig. 1-1. 국내 자연재해 피해조사 체계	4
Fig. 1-2. 연구지역 위치	9
Fig. 1-3. 청주시 연도별 강수량(2010~2019)	11
Fig. 1-4. 청주시 월별 강수량(2010~2019)	11
Fig. 1-5. 연구 흐름도	13
Fig. 2-1. 재해의 분류체계	14
Fig. 2-2. 재해유형에 따른 위험분석	15
Fig. 2-3. 재해유형별 피해금액(2009~2018)	17
Fig. 2-4. 재해유형별 위험도 분류	18
Fig. 2-5. 2017.07.16 천리안 위성영상	26
Fig. 2-6. 2017.07.16 기상레이더 영상	27
Fig. 2-7. 2017년 호우기간별 피해 및 복구금액	32
Fig. 2-8. 청주시의 주요 홍수피해 위치	34
Fig. 2-9. 미호천 인근 홍수피해 현황	35
Fig. 2-10. 석남천 인근 홍수피해 현황	36
Fig. 2-11. 무심천 인근 홍수피해 현황	37
Fig. 2-12. 무심천 수위변화 현황	37
Fig. 3-1. 침수정보 지오크딩	40
Fig. 3-2. GIS 기반의 침수정보 구축	41
Fig. 3-3. 침수심 기준 공간분석 결과(상당구)	43

Fig. 3-4. 침수심 기준 공간분석 결과(청원구)	43
Fig. 3-5. 침수심 기준 공간분석 결과(홍덕구)	44
Fig. 3-6. 침수심 기준 공간분석 결과(서원구)	44
Fig. 3-7. GIS 기반의 토지이용현황도 구축	47
Fig. 3-8. GIS 기반의 하천망도 및 수자원단위지도 구축	48
Fig. 3-9. 침수 피해시설 지오크딩 결과	51
Fig. 3-10. GIS 기반의 침수 피해시설정보 구축	51
Fig. 3-11. 청주시 농경지 피해산정결과	56
Fig. 3-12. 청주시 인명손실 및 이재민 피해산정결과	62
Fig. 3-13. 피해금액 기준 홍수취약등급화	63

요 약

최근 기후변화와 지구온난화로 인하여 자연재해의 빈도 및 규모가 급증하고 있으며, 매년 발생하는 인명 및 재산피해는 국가경제에 커다란 부담으로 작용하고 있다. 재해로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 댐, 저수지 건설 등 구조적 대책과 피해조사 및 복구지원 등 비구조적 대책을 마련하여 자연재해에 대비할 필요가 있다.

그러나 현재 재해 피해조사 체계는 피해신고 후 시군구 자체조사, 재해대장 작성, 종합조사, 복구계획 순으로 총 28일가량 소요되며, 인력 부족으로 인한 비전문가 투입 및 실질적인 현장조사가 이루어지지 않아, 조사내용이 부정확하고 피해원인에 대해 규명이 부적절한 문제가 있다. 또한 재해연보에서는 피해지점의 정확한 위치와 지점별 피해규모를 확인할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 재해 중 가장 피해규모가 큰 홍수 피해산정을 위해 침수심, 침수면적, 평균 침수위 등 침수정보와 지형·시설정보를 GIS Tool을 활용하여 공간정보가 포함된 데이터로 통합 구축하였다. 또한 기구축한 GIS통합정보를 활용하여 자산 가치를 반영한 피해산정 식을 제시하고, 피해항목을 세분화함으로써 피해산정의 정확도를 제고하고자 하였다.

본 연구를 통해 빠른 시간 내에 정확하고 신속하게 피해손실을 산정함으로써 보다 체계적인 홍수 대응이 가능하며, 침수 취약 지역의 분류와 취약지역에 대한 피해 복구계획 수립에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 : GIS, 재해, 홍수피해, 공간정보, 침수정보

I. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

환경부와 기상청에서 발간하고 있는 한국 기후변화 평가보고서에 따르면, 한반도 기온 상승 폭은 지구 전체 평균의 2배 수준이다. 1880~2012년 지구 평균기온은 0.85℃ 상승한 반면, 비슷한 시기(1912~2017년)에 한반도는 2배 이상인 약 1.8℃ 상승하였으며, 1968~2016년 지구 해수면 온도는 0.47℃ 올랐지만 같은 기간 한반도 해수면 온도는 1.23℃ 상승하였다. 또한, 한반도의 기후변화 전망 연구(2012)에 의하면 과거 30년간의 관측 자료에서 나타난 온난화 경향은 2100년까지 꾸준히 지속될 것으로 예상하고 있다.

이러한 기후변화 및 지구온난화로 인하여 홍수, 태풍, 가뭄, 산사태 등 각종 재해의 빈도와 규모가 급증하고 있다. 급속한 도시화와 도시의 팽창으로 인하여 재해의 피해규모가 늘어가고 있으며, 특히 여름철에 집중되는 국지성 집중호우는 일 강수량이 80mm 이상일 경우를 말하는데, 좁은 지역에 한하여 천둥과 번개를 동반한 많은 양의 비가 단시간에 집중적으로 내려 재산 및 인명피해를 초래하고 있다.

기상청 통계자료에 따르면 최근 20년 간 우리나라 강수량은 7% 증가하였다. 일 강수량 80mm이상 일수는 1.68일(1971~1980년)에서 2.62일(2001~2010년)로 증가하였고, 150mm 이상 일수는 0.23일(1971~1980년)에서 0.45일(2001~2010년)로 증가하였다.

최근 10년간 집중호우 발생 현황으로는 Table 1-1과 같이 2010년 9월

21일 서울과 경기도에 내린 많은 비로 인해 광화문 일대가 잠기고 지하철 운행이 중단된 사례가 있다. 당시 서울의 일 강수량(259.5mm)은 서울의 9월 평균 강수량(170mm)의 1.5배에 이르는 수준이며, 순간 강수량은 하수도 하수처리능력(서울시 기준 시간당 75mm)을 초과하였다. 2011년 7월 26~28일에는 서울, 경기 및 강원 영서지역에 집중호우가 내려 서울 강남이 침수되고, 우면산 산사태가 발생하였다. 가장 많은 강수량을 기록한 7월 27일에는 서울 및 경기 북부에 300mm 이상의 비가 내렸고, 양주시 은현면에서 최대 강수량 466.5mm 수치를 보였다. 이로 인해 주택파손, 차량침수, 정전 등 약 2천 5백억 원의 재산피해와 사망 57명, 실종 12명의 인명피해가 발생하였다. 2017년에는 7월 2~11일 강원 영서지방 집중호우로 88억 원의 피해가 발생하였으며, 7월 14~16일 충남 천안과 충북 청주·괴산·진천·증평·보은 지역 등에서 783억 원의 피해가 발생하였다.

Table 1-1. 최근 10년간 집중호우 발생 현황

발생기간	주요 피해지역
2010.09.21	서울, 경기
2011.07.26~28	서울, 경기, 강원 영서지역
2017.07.02~11	강원 영서지역
2017.07.14~16	충남 천안, 충북 청주·괴산·진천·증평·보은지역

<자료 : 한국수자원공사(<https://www.kwater.or.kr>)>

현재 국내에서는 이러한 재해가 발생하면 Fig 1-1과 같은 체계에 따라 피해신고부터 복구계획 확정까지 총 28일이 소요된다. 읍·면·동 단위의 피해신고에 따라 시·군·구 담당자는 NDMS(National Disaster Management

System, 국가재난관리정보시스템)에 상황을 입력하고 해당 시·도에 보고한다. 그 다음으로 중앙정부로 보고되며, 중앙정부에서 전체 피해면적과 개략적인 피해금액을 파악한다. 피해금액이 산정되면 이에 따라 복구비가 결정되고, 시·도를 거쳐 다시 읍·면·동으로 전달되는 체계이다. 또한 피해조사 인력 부족으로 인한 비전문가 투입 및 실질적인 현장조사가 이루어지지 않아 조사 결과에 대한 객관성의 문제가 있을 뿐만 아니라 피해조사 항목이 세분화되지 않아 누락되는 항목이 발생한다.

이에 재해로 인한 정확한 피해조사 및 복구지원체계의 개편에 대한 요구가 증대되고 있다. 본 연구에서는 집중호우로 인한 정확한 피해규모 파악과 신속한 금액산정을 위하여 충청북도 청주시의 침수정보와 지형·시설정보를 GIS(Geographic Information System, 지리정보시스템) Tool을 활용하여 공간정보가 포함된 데이터로 구축하였다. 생성한 GIS 정보를 바탕으로 청주시 내 홍수 피해지를 분석하였으며, 현재 시행 중인 자연재해위험개선지구 관리지침을 참고하여 농경지, 주거시설, 공공시설, 기타시설의 피해산정방안을 제시하였다.

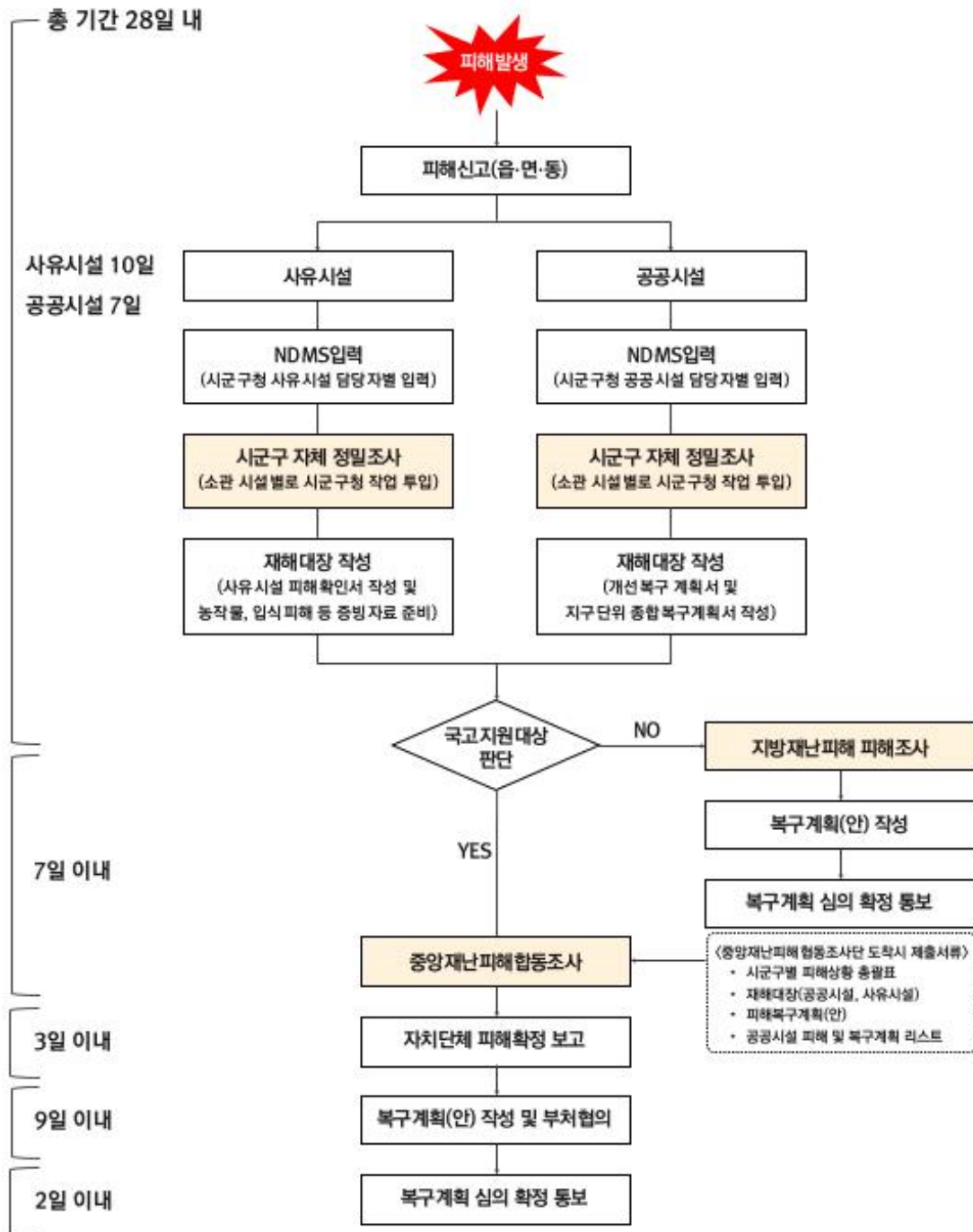


Fig. 1-1. 국내 자연재해 피해조사 체계

1.2 선행연구 고찰

재해는 공간과 관련된 문제이며, 대부분의 홍수 관련 연구는 공간정보(Spatial data)와의 연계를 고려하여 진행되었다. 2000년대부터 이상기상 현상으로 인한 피해가 증가하면서 홍수와 관련된 GIS 활용에 대한 연구 또한 활발히 진행되었다.

본 연구에서는 홍수 관련 GIS 활용에 대한 연구를 두 가지 유형으로 구분하여 고찰하였다. 첫 번째는 홍수분야에 필요한 공간정보를 분석하고, 이를 통합하여 데이터로 구축하는 연구이며, 두 번째는 피해금액을 산정하고자 하는 연구이다.

먼저 홍수분야에 필요한 공간정보 분석 및 데이터 구축에 관한 연구로 송봉근 등(2014)은 여름철 평균 강우량을 Vector GRID에 공간정보로 구축하여 도시지역의 침수 취약성을 평가하는 연구를 진행하였으며, 이와 유사한 연구로 지질도, 지형도, 토양도 등을 사용한 침수 취약지역 예측 연구(배준수 등, 2017)가 있다. Dawod et al.(2012)은 홍수 특성을 공간 분석하고 예상 홍수량에 기초하여 도로별 위험 계수를 개발하였으며, Furdu et al.(2013)은 홍수 위험 표시 및 시뮬레이션이 가능한 GIS소프트웨어를 개발하였다.

또한, 최근에는 통계정보와 재해정보를 연계하는 연구가 수행되었다. 김선국 등(2019)은 지자체 인구통계 정보와 재해 취약계층 정보를 공간 정보화함으로써 자연재해 피해영역과의 공간분석을 통해 피해인구를 산정하였으며, 이정빈 등(2020)은 GIS 기반의 국가 통계데이터 및 재해데이터를 활용한 재해통합정보 구축방안과 피해대상 및 밀집지역을 분석한

재해관리 방안을 제시하였다. 그 외 XP-SWMM 모형을 적용한 침수면적 GIS 데이터베이스 구축 연구(오민관 등, 2016)를 고찰하였다.

한편 피해금액 산정과 관련된 연구가 다수 수행되었다. 김철, 김석규(2003)는 ArcView, HEC-GeoRAS를 이용하여 빈도율 홍수위에 따른 침수 지역을 구획함으로써 침수지역을 예측하였으며, Glas et al.(2017)은 홍수 취약 지역으로 선정한 아노트만을 대상으로 홍수데이터, 토지이용, 강수량 등을 활용하여 700만 달러가량의 피해금액과 150명의 인명 피해를 추정하였고, Herath et al.(2020)은 일본의 GIS 기반 홍수피해 산정모델과 침수심, 침수기간을 활용하여 도시 및 작물에 대한 피해 추정 및 현장조사값과 비교하였다.

또한 미국 HAZUS-MH(Hazards U.S. - Multi-Hazard)에 관한 연구가 있다. HAZUS-MH는 재해발생지역의 건물과 기반시설의 물리적 피해 및 손실규모를 추정하는 방법으로(김혜령 등, 2018), 김상호 등(2015)은 우리나라에 적합한 재난피해손실 모형에 필요한 인벤토리 분석을 위해 HAZUS-MH의 인벤토리 구조를 분석하였으며, 나유경, 최진무(2019)는 객체기반법을 사용하여 침수지역의 주거용 건물피해액을 산정하였고, 김덕길 등(2019)은 건물과 건물내용물의 가치 비율(Content to Structure Value Ratio, CSV)을 산정하였다.

끝으로 다차원홍수피해산정법(MD-FDA)을 적용하여 피해금액을 산정한 연구가 있다. 다차원법은 침수발생 면적에 대한 침수심별 주거, 농업, 산업 침수편입율을 산정하고, 이로부터 대상지역의 자산에 침수심에 따른 침수편입율과 피해율을 곱하여 침수심별 홍수피해를 산정하는 방법이다(최승안 등, 2004). 이충성 등(2006)은 과거 꾸준히 제기되었던 다차

원법의 적용 편의성을 제고하며, 향후 침수구역 설정에 필요한 범람수리 모형과 지리정보시스템을 다차원법과 연계할 수 있는 소프트웨어 개발의 필요성을 강조하였으며, 이후 신지예 등(2014)은 다차원법 기반의 내수침수피해액 산정법을 활용하여 침수심과 침수면적에 따른 침수피해액을 산정한 후, 내수침수시나리오에 따른 침수피해곡선을 작성하였다.

이러한 선행연구와 본 연구의 차이점은 두 가지가 있다. 첫 번째로 피해지점에 대한 정확한 위치 파악과 시각화를 위하여 행정구역 경계 및 위성영상을 중첩하였으며, 두 번째로 시설물피해 집계항목 구성 체계를 세분화하였다. 본 연구에서는 피해항목을 선정하는데 있어서 농경지, 주거시설, 공공시설, 기타시설로 분류하였으며, 세부 분류로 농경지는 논과 밭, 주거시설은 아파트, 단독주택, 연립주택 등 3종으로, 공공시설은 교육연구 및 복지시설, 근린생활시설, 분뇨 및 쓰레기 처리시설 등 6종으로 분류하였으며, 기타시설은 공장, 동식물 관련 시설 등 11종으로 분류하였다. 이를 통해 피해조사 시 개인적인 편차 발생 방지와 시설별로 상세한 피해 파악이 가능해진다.

1.3 연구 범위

본 연구의 공간적 범위는 청주시로 한정하였다. 청주시의 지리적 특성은 충청북도 서부에 위치하여 동쪽으로 충청북도 괴산군과 보은군, 서쪽으로 세종특별자치시, 남쪽으로 대전광역시, 북쪽으로 충청남도 천안시, 충청북도 증평군, 진천군이 접해있다. 청주시는 2014년 7월 1일에 청원군과 행정구역 통합 이후 3개읍 10개면 30개동의 행정체계를 갖추게 되었다. Fig 1-2는 연구지역의 위치를 나타낸다.

또한, 행정안전부 인구통계 자료에 따르면, 청주시의 2020년 9월 기준 총인구는 844,110명이며, 총면적은 940.3km²로, 충청북도 총면적(7,407.3 km²)의 12.7%를 차지한다.

청주시의 주요 하천으로는 한강 수계인 미원천과 박대천이 동쪽에 위치하며, 금강수계인 미호천, 석화천, 보강천, 무심천, 용두천, 병천천 등의 하천이 서쪽에 위치한다. 기후적 특성은 전형적인 몬순기후로 동절기에는 대륙성 고기압의 영향을 받아 한랭건조하고, 하절기에는 해양성 고기압의 영향으로 고온다습한 기후를 나타낸다. 청주시에는 기상청 관할의 청주기상대가 위치하여 1967년 관측을 개시하였으며, 현재까지 46년 이상의 기상자료를 보유하고 있다.

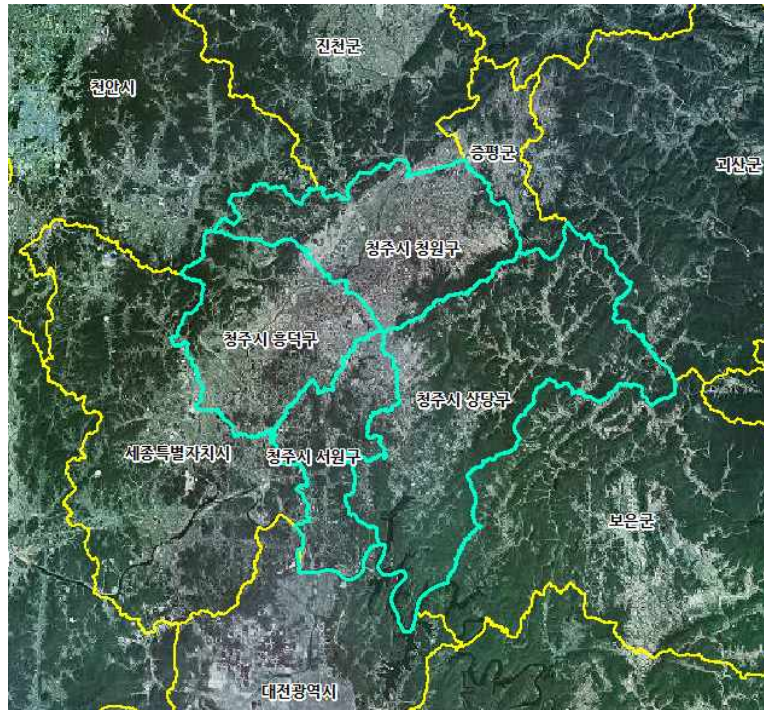


Fig. 1-2. 연구지역 위치

Table 1-2는 최근 10년간 청주시의 강수량 자료로 2010년부터 2013년까지 연평균 강수량은 1,200mm 이상으로 6~8월에 집중적으로 비가 내리는 경향이 있었으나 2014년부터 2016년까지 가뭄으로 인해 연평균 869mm를 기록하였다. 2017년에는 7월부터 9월까지 장마전선 및 기압골에 의한 집중호우가 발생하였으며, 특히 7월 14~16일 사이에는 충북지역에 내린 집중호우로 큰 홍수피해가 발생하였다. 청주시의 최근 10년간 연도별, 월별 강수량을 그래프화하면 Fig 1-3, 1-4와 같으며 2017년 7월의 강수량 수치가 매우 높음을 알 수 있다.

Table 1-2. 청주시 연도별 강수량(2010~2019)

(단위 : mm)

연도	연 강수량	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2010	1,422.4	37.8	69.2	99.8	70.5	110.0	42.6	224.1	433.2	278.6	17.1	15.7	23.8
2011	1,805.6	4.5	43.2	23.5	111.2	116.2	360.7	531.9	290.2	182.5	34.5	92.6	14.6
2012	1,387.6	17.8	3.7	65.1	106.8	31.2	93.7	257.4	479.5	162.5	61.2	52.1	56.6
2013	1,245.4	30.5	33.2	46.8	65.0	97.9	229.9	253.6	183.9	162.6	26.5	78.2	37.3
2014	913.7	5.9	6.8	51.1	43.7	35.0	92.6	125.1	197.5	147.5	151.1	24.8	32.6
2015	755.4	16.0	26.5	44.1	109.1	24.4	83.3	141.4	54.3	20.1	90.5	106.8	38.9
2016	938.0	5.7	45.5	13.2	132.1	84.4	39.9	320.0	69.0	78.1	83.6	26.4	40.1
2017	1,301.2	12.0	38.7	8.9	61.7	11.9	17.5	789.1	225.2	78.3	23.1	13.7	21.1
2018	1,381.6	17.6	30.6	81.7	133.0	92.0	63.3	324.9	247.9	204.0	112.2	45.9	28.5
2019	855.4	0.1	23.0	20.3	60.8	20.3	82.5	204.8	80.5	155.1	84.3	104.9	18.8
평균	1,200.6	14.8	32.0	45.5	89.4	62.3	110.6	317.2	226.1	146.9	68.4	56.1	31.2

<자료 : 기상청 날씨누리(<https://www.weather.go.kr/>)>

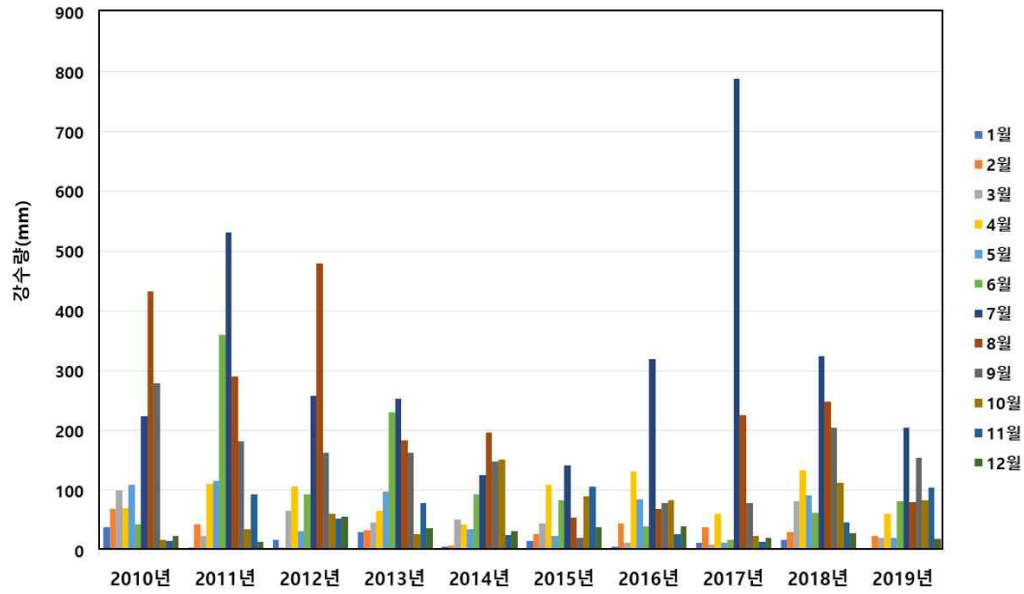


Fig. 1-3. 청주시 연도별 강수량(2010~2019)

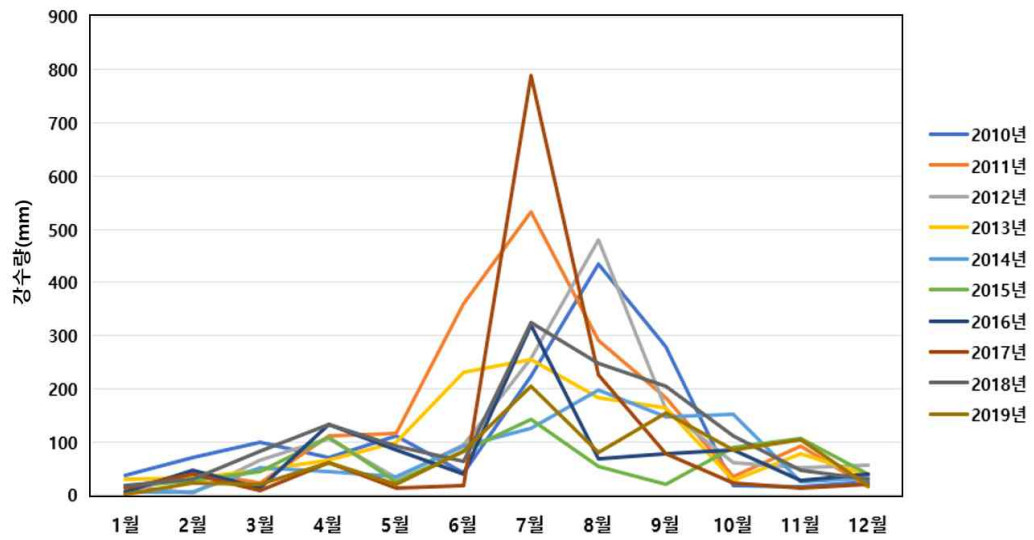


Fig. 1-4. 청주시 월별 강수량(2010~2019)

1.4 연구 방법

본 연구에서는 국지성 집중호우에 따른 홍수피해손실의 효율적 산정을 위하여 충북 청주시의 침수정보 및 지형·시설정보를 GIS 기반으로 분석하였다. 구체적인 연구방법은 다음과 같다.

첫 번째로 자연재해 유형별 피해금액 및 위험도를 통해 연구방향을 설정하고, 2017년의 기상 특성 및 홍수피해 현황을 조사하였다. 2017년에는 3차례의 대규모 호우로 인해 인명 및 재산피해가 발생하였으며, 전체 피해금액의 86.9% 및 복구금액의 87.9%를 차지하는 7월 14~16일 집중호우 기간을 연구기간으로 선정하였다.

두 번째로 청주시 침수피해지의 분포를 분석하였다. 침수 발생지 분포와 인간의 활동은 큰 관련성이 있으며, 군집형태의 강한 공간 의존성을 가진다(곽한빈 등, 2010). 따라서 공간 의존성의 개념을 반영하여 공간력 있는 기관과 공공데이터로부터 기초자료를 수집한 후 침수정보 및 지형·시설정보를 GIS데이터로 구축하였으며, GIS 데이터의 시각화를 위하여 위성영상을 중첩하였다.

마지막으로 항목별 피해 산정은 경제적인 측면에서의 분석을 위해 정량적인 형태인 금액으로 표현하였다. 피해금액 산정은 행정안전부에서 제시한 자연재해위험개선지구 비용편익 분석기법 중 피해액 산정기준을 참고하여 침수면적과 토지이용, 시설종류에 따라 피해율을 적용하여 계산하였다. 이러한 방법을 통해 본 연구는 추후 집중호우에 따른 복구비 지원 및 방재계획을 수립하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단되며, Fig 1-5는 본 연구의 연구 흐름도이다.

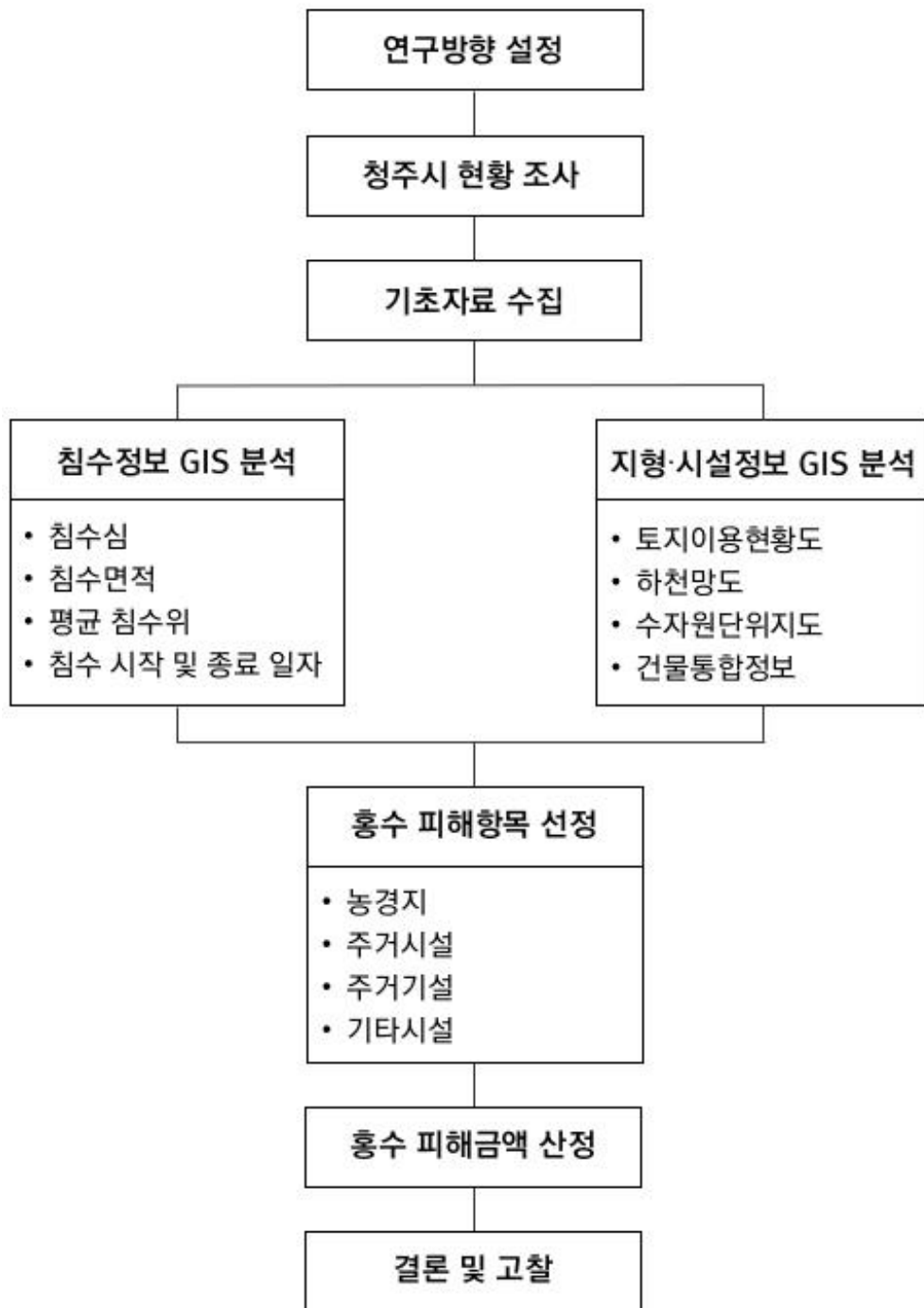


Fig. 1-5. 연구 흐름도

Ⅱ. 홍수의 개념 및 피해발생 현황

2.1 재해 및 홍수의 개념

2.1.1 재해

우리나라 재해의 기본법인 「재난 및 안전관리기본법」에 따르면 재해는 국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로 Fig 2-1의 재해의 분류체계와 같이 자연재해와 인위재해로 구분할 수 있다.



Fig. 2-1. 재해의 분류체계

자연재해를 발생 요인으로 분류하면 이상기후 등 기상 요인에 의한 기상재해와 지반의 운동에 의한 지질재해로 나눌 수 있다. 우리나라에서 발생하는 대부분의 자연재해는 기상재해에 해당하며, 지질재해는 직접적인 피해 발생과 간접적인 기상이변 초래 및 기상재해까지 발생시킨다. 또한, 풍수해보험 적용기준에 따라 수해, 풍해, 설해위험으로 분류할 수 있다. 풍수해보험이란 태풍·홍수·호우·해일·강풍 등에 의해 발생하는 국민의 재산피해를 보상하는 보험을 말하며, 재해유형별 위험분석에 따라 구분하면 Fig 2-2와 같다. Table 2-1은 자연재해 유형별 재해원인, 재난기준, 관련 인자를 나타낸 것이다.

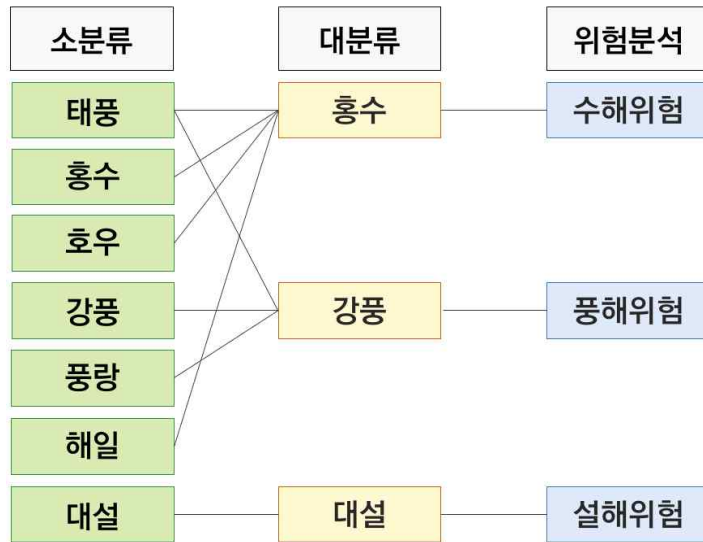


Fig. 2-2. 재해유형에 따른 위험분석

Table 2-1. 자연재해 유형별 재해원인, 재난기준, 관련 인자

유형	재해원인	재해영향	재난기준(기상주의보)	관련 인자
태풍	<ul style="list-style-type: none"> 태풍 강풍 풍랑 호우 해일 토석류 	<ul style="list-style-type: none"> 하천범람 또는 침수 	<ul style="list-style-type: none"> 강풍, 풍랑, 호우, 홍수, 해일의 기상주의보 기준 	<ul style="list-style-type: none"> 침수영역 침수심 유속 홍수과 풍속 파고
홍수	<ul style="list-style-type: none"> 태풍 호우 토석류 	<ul style="list-style-type: none"> 하천범람 또는 침수 	<ul style="list-style-type: none"> 하천범람으로 인한 수위상승 	<ul style="list-style-type: none"> 침수영역 침수심 홍수과
호우	<ul style="list-style-type: none"> 강우 토석류 	<ul style="list-style-type: none"> 하천범람 또는 침수 	<ul style="list-style-type: none"> 12시간 강우량 80mm 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 침수영역 침수심 유속 홍수과
강풍	<ul style="list-style-type: none"> 태풍 강풍 	<ul style="list-style-type: none"> 강풍 	<ul style="list-style-type: none"> 풍속 14m/s, 순간풍속 20m/s 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 풍속 순간풍속
풍랑	<ul style="list-style-type: none"> 태풍 강풍 	<ul style="list-style-type: none"> 해안선 범람 또는 침수 	<ul style="list-style-type: none"> 지역별 별도지정 	<ul style="list-style-type: none"> 파고
해일	<ul style="list-style-type: none"> 태풍 만조 지진 	<ul style="list-style-type: none"> 해안선 범람 또는 침수 	<ul style="list-style-type: none"> 지역별 별도지정 규모 7.0이상 해저지진 	<ul style="list-style-type: none"> 침수영역 침수심 유속
대설	<ul style="list-style-type: none"> 대설 	<ul style="list-style-type: none"> 대설 	<ul style="list-style-type: none"> 24시간 신적설 5cm 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 신적설

〈자료 : 소방방재청(2008)〉

2.1.2 홍수

사전적 의미에서 홍수란 ‘큰 물 또는 강물이 넘쳐흐르는 자연현상’으로 수해의 일종이다. 하천 자체의 수용능력 초과로 인해 발생하는 외수범람과 침수지역의 배수능력 문제로 인한 내수배제 불량에 의해 발생하는 내수범람으로 구분할 수 있다.

행정안전부에서 발행하는 재해연보를 통해 우리나라에서 지난 10년 동안 발생한 자연재해의 유형별 발생빈도와 피해현황을 검토하였다. 우리나라에서 2009년부터 2018년까지 발생한 자연재해 총 피해액은 약 3조 6천억 원에 달하는데 태풍으로 인한 피해액이 약 1조 7천억 원으로 가장 컸으며, 홍수로 인한 피해액이 약 1조 5천억 원, 대설이 약 2천억 원으로 집계되었다. Table 2-2, Fig 2-3은 재해연보의 최근 10년간 재해유형별 피해금액을 정리한 것이다.

소방방재청의 풍수해보험관리지도 작성방안 연구에서는 우리나라에서 발생한 자연재해의 발생빈도와 피해규모를 유형별로 High, Medium, Low로 구분하고 Fig 2-4와 같이 재해유형별 위험도를 분류하였다. 우리나라에 가장 큰 피해를 유발시키는 재해유형은 발생빈도와 피해규모 모두 high에 해당하는 홍수는 호우, 폭풍우, 호우태풍을 포함하고 있다. 발생빈도와 피해규모 모두 Medium에 해당하는 대설은 대설, 폭풍설을 포함하고 있으며, 발생빈도와 피해규모 모두 Low에 해당하는 풍랑 및 해일과 강풍은 풍랑, 해수범람 등을 포함하고 있다.

Table 2-2. 재해유형별 피해금액(2009~2018)

(단위 : 백만 원)

연도	태풍	홍수	강풍	풍랑	대설	지진	기타	합계
2009	-	276,735	7,638	26,152	13,873	-	-	324,398
2010	180,407	189,041	182	7,358	69,339	-	-	446,327
2011	213,956	517,079	-	292	47,018	-	-	778,345
2012	976,905	37,404	2,599	-	19,808	-	-	1,036,716
2013	1,671	156,408	922	43	11,218	-	-	170,262
2014	5,261	141,413	94	-	32,239	-	-	179,007
2015	13,886	1,256	4,031	345	13,488	-	-	33,006
2016	226,300	37,867	-	8,760	19,720	11,627	-	304,274
2017	-	103,612	-	617	85	86,713	-	191,027
2018	70,615	53,799	6	2,822	14,031	-	7,350	148,623
합계	1,689,001	1,514,614	15,472	46,389	240,819	98,340	7,350	3,611,985

〈자료 : 행정안전부〉

〈주 : 화폐가치는 당해 연도 기준〉

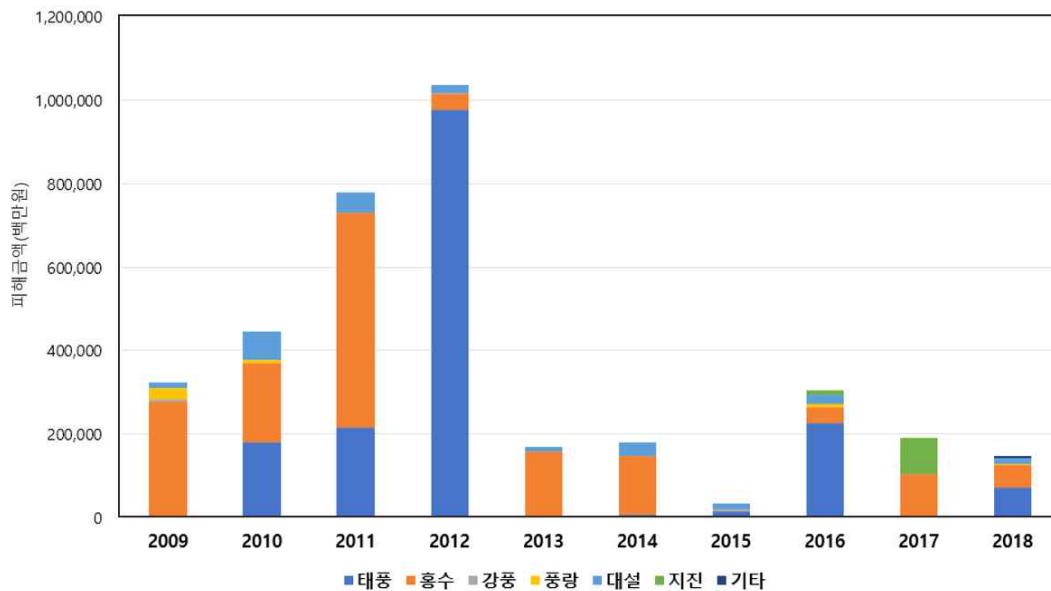


Fig. 2-3. 재해유형별 피해금액(2009~2018)

발생빈도	High			홍수
	Medium		대설	태풍
	Low	파랑, 해일, 강풍		
		Low	Medium	High
		피해규모		

Fig. 2-4. 피해유형별 위험도 분류

Table 2-3은 기상청의 이상기후보고서를 참고하여 작성한 집중호우와 홍수로 인한 우리나라의 사회적 영향이다. 주로 농업 분야, 국토교통, 산업 및 에너지, 산림, 해양, 환경, 건강 분야에 걸쳐 다양한 복합영향이 발생하고 있음을 알 수 있다. 농업 분야로는 집중된 강우로 인해 농경지 침수피해가 주로 발생하고 있으며, 국토교통 분야로는 침수로 인한 도로피해 및 교통사고 발생으로 인한 인명피해 등이 발생하는 것으로 나타났다. 산림 분야에서는 산림목 피해와 산사태 발생으로 인한 임도 피해와 계류 발생 등이 발생하며, 산업 및 에너지 분야로는 공장 등 건물의 침수로 인한 가동 중지, 원전 가동 중지 등이 있다. 해양 수산 분야로는 주로 태풍과 관련이 있으며, 해수면 상승으로 인한 파랑 발생 등의 현상이 발생한다. 환경 분야에서는 태풍으로 인한 침식우려지역 및 삼각지의 증가, 백사장 폐목재 피해 등이 있으며, 건강과 관련해서는 홍수 피해지역 주민의 근골격계 질환 등 신체적, 정신적 이상증세가 발생하는 것으로 나타났다.

Table 2-3. 홍수 관련 재해로 인한 영향

분야	재해 종류	영향
농업	집중호우 및 강풍	<ul style="list-style-type: none"> • 농작물 및 농경지 침수, 농업시설물 파손, 가축 피해 발생(2014)
	태풍	<ul style="list-style-type: none"> • 강풍으로 인한 농작물, 가축, 농경지, 농업시설물 침수 피해 발생(2014) • 강풍과 집중호우로 인한 과수 낙과 피해 및 농작물 침수, 농업시설물 파손 피해 발생(2015)
	호우	<ul style="list-style-type: none"> • 농작물 침수 및 유실 피해 발생(2013) • 침수로 인한 농작물 침수, 농경지 유실 및 매몰, 수리시설 등 피해 발생(2014) • 집중호우로 인한 월동작물 침수피해 발생(2015)
국토교통	집중호우	<ul style="list-style-type: none"> • 도로 유실 및 침수로 인한 피해발생(2013) • 하천범람·급류로 인한 시내버스 사고 및 인명피해 발생(2014)
	태풍	<ul style="list-style-type: none"> • 집중호우 및 강풍으로 인한 각종 시설물 파손, 인명피해, 옥상·항공 교통 정체 발생(2014)
산림	집중호우	<ul style="list-style-type: none"> • 산사태, 임도, 계류 등 피해 발생(2014)
	태풍	<ul style="list-style-type: none"> • 태풍으로 인한 산림목 피해 발생(2013)
산업 및 에너지	폭우	<ul style="list-style-type: none"> • 산업단지 및 공장침수 발생(2014) • 에너지 공급설비 건설공사 일시 중단(2014) • 폭우 및 국지성호우에 의해 동반된 벼락에 의한 공장 및 관련 설비 화재 발생(2015)
해양수산	태풍	<ul style="list-style-type: none"> • 3개의 태풍 연속 발생으로 인한 해수면의 일시적 상승 및 높은 파고의 파랑 발생(2015)
환경	태풍	<ul style="list-style-type: none"> • 침식 우려 및 심각 지역의 증가, 연평균 해빈폭 감소(2013) • 태풍으로 인한 백사장 폐목재 피해 발생(2014)
건강	집중호우	<ul style="list-style-type: none"> • 발생지역 주민의 근골격계 질환, 심혈관계 질환, 내분비계 질환 등 발생(2014) • 불안증상, 수면장애, 식욕저하, 우울증 등 정신적 증상 호소(2014)

〈자료 : 기상청(2013,2014,2015)〉

2.2 홍수 단계별 주요활동

국토연구원에 따르면, 홍수 예방 및 대비, 대응, 복구 단계별 주요 활동 및 업무내용은 Table 2-4와 같다. 예방단계에서는 재난취약시설 지정 및 관리, 방재물자 확보 및 동원장비 관리 등을 수행한다. 대비단계의 주요 활동으로는 재난 방재의식 고취를 위한 활동과 재해발생위험을 예측하는 모의훈련을 통한 시나리오별 재난상황 대비 등이 있다. 대응단계에서는 재난 발생 시 신속하게 대응하기 위한 단계별 재난대응체계, 인명구조 및 고립예상 지역에 대한 대책 마련, 응급진료·구호 및 이재민 보호 등 체계적이고 원활한 현장 지휘체계를 확립한다. 복구단계에서는 시설물 응급 복구, 방역 및 보건위생, 피해조사 및 복구계획 등의 업무를 수행한다(국토연구원, 2006).

본 연구에서는 복구단계에 해당하는 피해조사 및 복구계획에 중점을 두었다. 현재 우리나라의 홍수피해 조사 체계는 읍·면·동에서 주민들의 신고와 공무원들의 조사에 의해 피해 상황과 면적을 취합한 후 이를 해당 시·도에 보고하고, 중앙정부에서는 전체 피해면적과 개략적인 피해금액을 파악한다. 산정된 피해금액에 따라 복구비가 결정되고, 시·도를 거쳐 다시 읍·면·동으로 전달되는 체계이다. 이러한 홍수피해 조사 체계는 홍수로 인한 피해를 빠른 시일 내에 복구하기 위한 복구비의 산정이 늦어질 뿐만 아니라 피해조사 시 개인적인 편차가 발생할 가능성이 크다(김철, 2003).

Table 2-4. 홍수 단계별 주요 활동

구분		주요 업무
예방 및 대비 단계	재난취약시설 지정 및 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 자연재해 위험지구, 고립예상지역, 농림시설, 수산·양식·어선시설, 하천·해안가 위험시설 • 산지재배시설, 산림개발지, 산사태위험지역, 산불피해지역, 국민생활 필수시설, 가로등
	방재물자 확보, 동원장비 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 수방재 관리, 응급복구비 지정관리, 구조용 장비 및 자재 확보
	재난상황 홍보, 방재의식 고취	<ul style="list-style-type: none"> • 예측 및 정보전달 체계 구축, 유관기관 및 방송사에 상황 전파·보도 요청, 재난대비 교육·훈련 • 봉사단체·기업 등 활동지원, 국민행동요령 홍보
	봉사단체 및 유관기관 협조	<ul style="list-style-type: none"> • 자원봉사단체 및 유관기관 협조체계 구축, 민관군 공동대응 체계 구축, 민간모니터링 위원 활용
대응 단계	재난대응체계	<ul style="list-style-type: none"> • 단계별 대응
	인명구조 및 고립지역 대책	<ul style="list-style-type: none"> • 유관기관 등과 유기적 협조체계 구축 • 관할 지자체의 교통단절 및 고립예상지역 대책
	응급진료· 구조 및 이재민 보호	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 의료구조소 설치, 중상자 후송, 의료시설의 Life-line 대책, 긴급수송로 지정, 운송루트 확보, 응급의료기관 확보 및 협조, 사체 처리 • 생필품 등 구호물자 확보비축 및 공급, 구호물품의 접수 및 배분, 이재민 수용시설 지정·운영관리, 주민대피·유도계획, 대피소 운영
	생활필수시설 긴급 복구	<ul style="list-style-type: none"> • 통신두절 대책, 전기시설 대책, 가스시설 대책, 급수 및 상하수도시설 대책, 교통 두절 대책
복구 단계	시설물 응급 복구	<ul style="list-style-type: none"> • 응급복구 인력 및 장비 동원 체계 구축, 공공시설물 응급복구, 기타 시설물 응급복구
	방역 및 보건위생	<ul style="list-style-type: none"> • 방역물자 확보·비축, 방역물자 관리, 침수지역 분뇨·쓰레기 처리, 부상자 진료 및 예방접종
	피해조사 및 복구계획	<ul style="list-style-type: none"> • 자체 피해조사 및 합동조사, 중앙합동조사단 편성·운영, 재난원인분석 조사단, 피해유형별 복구비 지원 및 복구계획 수립

〈자료 : 국토연구원〉

2.3 홍수 관련 GIS 데이터 현황

홍수 예방 및 대비, 대응, 복구 단계에 따른 관련 GIS 데이터 목록은 Table 2-5와 같다. 예방 및 대비단계의 GIS 데이터는 재해위험 지역관리를 위한 행정경계, 도로, 건물 등과 침수흔적도 구축을 위한 침수범위, 기간, 범람 등이 있으며, 홍수위험도와 관련하여 침수흔적, 예상침수지역 정보 등이 있다. 대응 단계의 GIS 데이터로는 홍수위험 실시간 모니터링을 위한 실시간 기상정보와 수문정보가 있으며, 응급복구 활동을 위한 시설물 피해정보, 홍수현장 상황파악을 위한 하천범람, 침수상황 등 정보가 있다. 복구단계에 필요한 GIS 데이터는 위성영상, 항공영상 등을 활용한 각종 공간 및 속성 데이터가 있다.

홍수 관련 GIS 데이터 생산 및 구축은 국토교통부, 소방청, 광역 및 기초지자체, 수자원공사 등에 의해 운영되고 있으므로 관련기관 및 부서 간 연계와 협조체계가 원활하게 이루어져야 한다. 본 연구에서는 복구단계에 해당하는 침수범위, 피해시설물 정보 등을 사용하였다.

Table 2-5. 홍수 관련 GIS 데이터

구분	활동	GIS 데이터	데이터 원천
예방 및 대비 단계	재해위험 지역관리	행정경계, 도로, 건물, 지적, 등고선, 수계, 위험지역경계, 기상(강우, 풍향, 풍속 등)	수치지적도, 편집지적도 등
	침수흔적도 구축	침수범위, 기간, 범람, 붕괴점, 피해시설	현장조사 자료
	홍수위험도	침수흔적, 예상침수지역, 침수심	모의실험 결과 자료
	홍수위험 예측 실험	유역도, 하도단면, 보·제방, 배수문, 양배수장 등	하천 GIS, 하천대장
대응 단계	홍수위험 모니터링	실시간 기상정보, 수문정보(수위, 유량, 유속)	센서정보, GPS, GIS, 무선통신
	응급복구 활동	하천시설물 피해정보 (제방균열, 누수, 파손, 분리)	순찰정보 유·무선 통신
	홍수현장 상황파악	홍수지역 하천범람, 침수상황, 구역, 심도	위성영상, 항공사진
	대피구조 상황파악	주민대피 긴급구조정보	보고 및 신고자료
복구 단계	피해평가	침수범위, 피해인구, 호수, 재산피해	위성영상, 항공사진
	복구계획 수립	피해지역 피해시설물	보고 및 현지조사
	복구사업 추진	복구장비·인력	현장보고 자료

〈자료 : 국토연구원〉

2.4 전국 홍수피해 현황

2.4.1 2017년 기상 현황

2017년 장마는 우리나라 부근의 상층 찬 공기의 영향으로 북태평양고기압의 북상이 저지되어 평년보다 늦게 시작되었다. Table 2-6은 평년(1981~2010년)과 2017년의 장마 시작일과 종료일, 기간을 비교하였다. 2017년 장마는 제주도의 경우 6월 24일에 시작되어 7월 26일에 종료되었고, 남부지역은 6월 29일부터 7월 29일까지, 중부지방은 7월 1일부터 7월 29일에 종료되었다. 장마기간은 중부지역이 29일로 평년(32일)보다 짧았으며, 남부지역도 31일로 평년(32일)보다 짧았다.

Table 2-6. 2017년과 평년(1981~2010년)의 장마 시작일, 종료일, 기간

구 분	평 년			2017년		
	시작	종료	기간(일)	시작	종료	기간(일)
중부지역	6.24~25	7.24~25	32	7.1	7.29	29
남부지역	6.23	7.23~24	32	6.29	7.29	31
제주도	6.19~20	7.20~21	32	6.24	7.26	33

〈자료 : 기상청〉

Table 2-7은 평년(1981~2010년)과 2017년의 장마 기간 강수일수와 평균 강수량을 비교하였다. 2017년 장마 기간의 전국 평균 강수량은 291.7mm로 평년(366.4mm)보다 낮았으나 중부지방 강수량은 평년대비 120%로 높았다. 이는 7월 14~16일에 북태평양고기압의 가장자리를 따라 습한 남서류가 유입된 가운데, 서쪽에서 다가오는 기압골에 의해 서해상에서 장마전선이 활성화되어 충청지역에 많은 비가 내렸기 때문이다.

Table 2-7. 2017년과 평년(1981~2010년)의 장마기간 강수일수, 평균 강수량

구 분	평 년		2017년	
	강수일수 (일)	평균 강수량(mm)	강수일수 (일)	평균 강수량(mm) (평년비(%))
전국	17.1	366.4	18.5	291.7 (81%)
중부지방	17.2	366.4	18.5	439.0 (120%)
남부지방	17.1	348.6	15.7	184.1 (53%)
제주도	18.3	398.6	8.0	90.2 (23%)

〈자료 : 기상청〉

기상청 자료에 따르면, 7월 14~16일 충청지역에 내린 호우는 14일 밤부터 시작하였으며, 16일 오전 6시부터 12시 사이에 강우가 집중되었고, 특히 16일 청주에 1시간 최대 91.8mm(일 강수량 290.2mm)의 많은 비가 내렸다. Fig 2-5는 충청지역에 강수가 많이 내렸던 7월 16일의 시간별 천리안 위성영상이며, Fig 2-6은 기상레이더 영상이다.

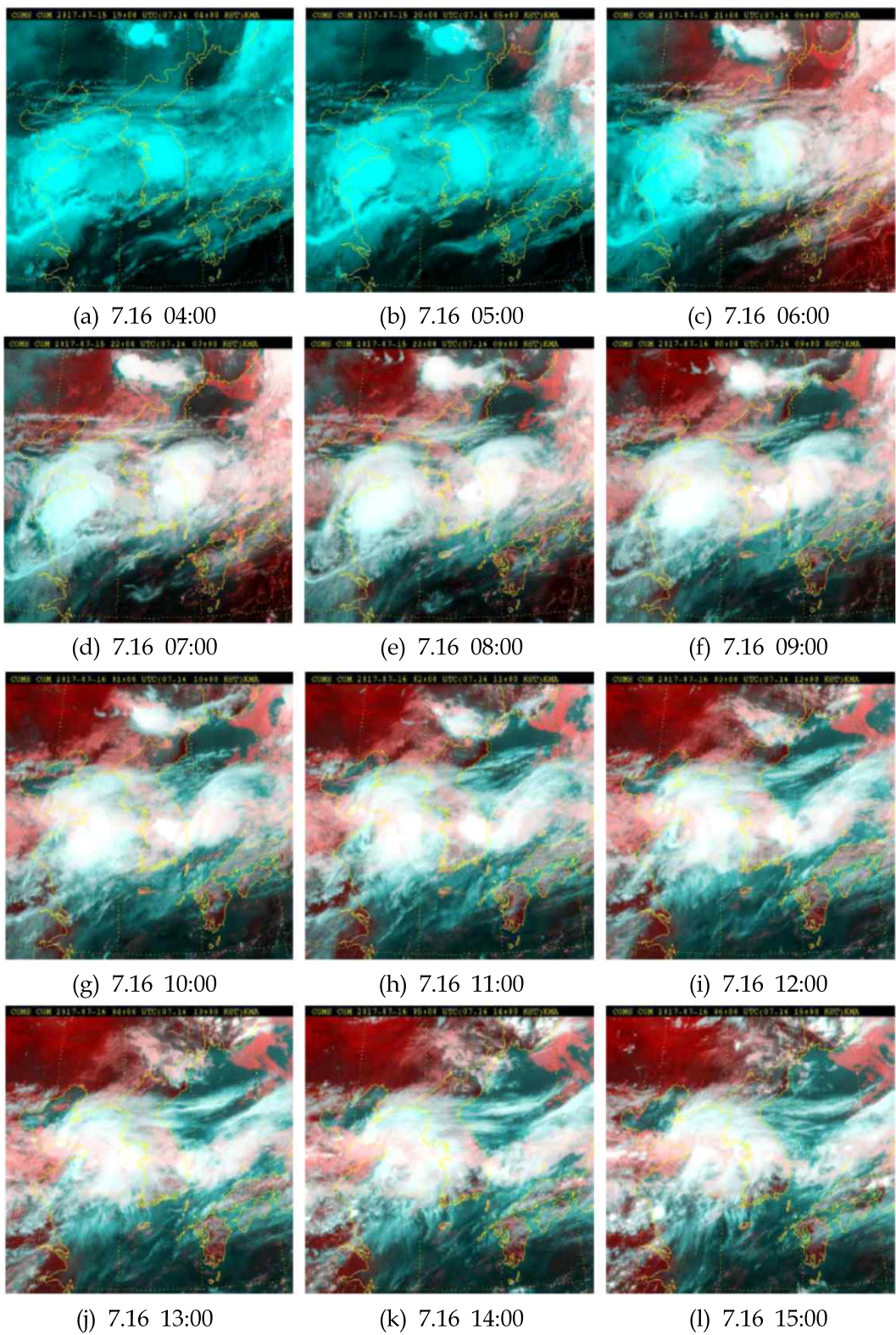


Fig. 2-5. 2017.07.16 천리안 위성영상(기상청)

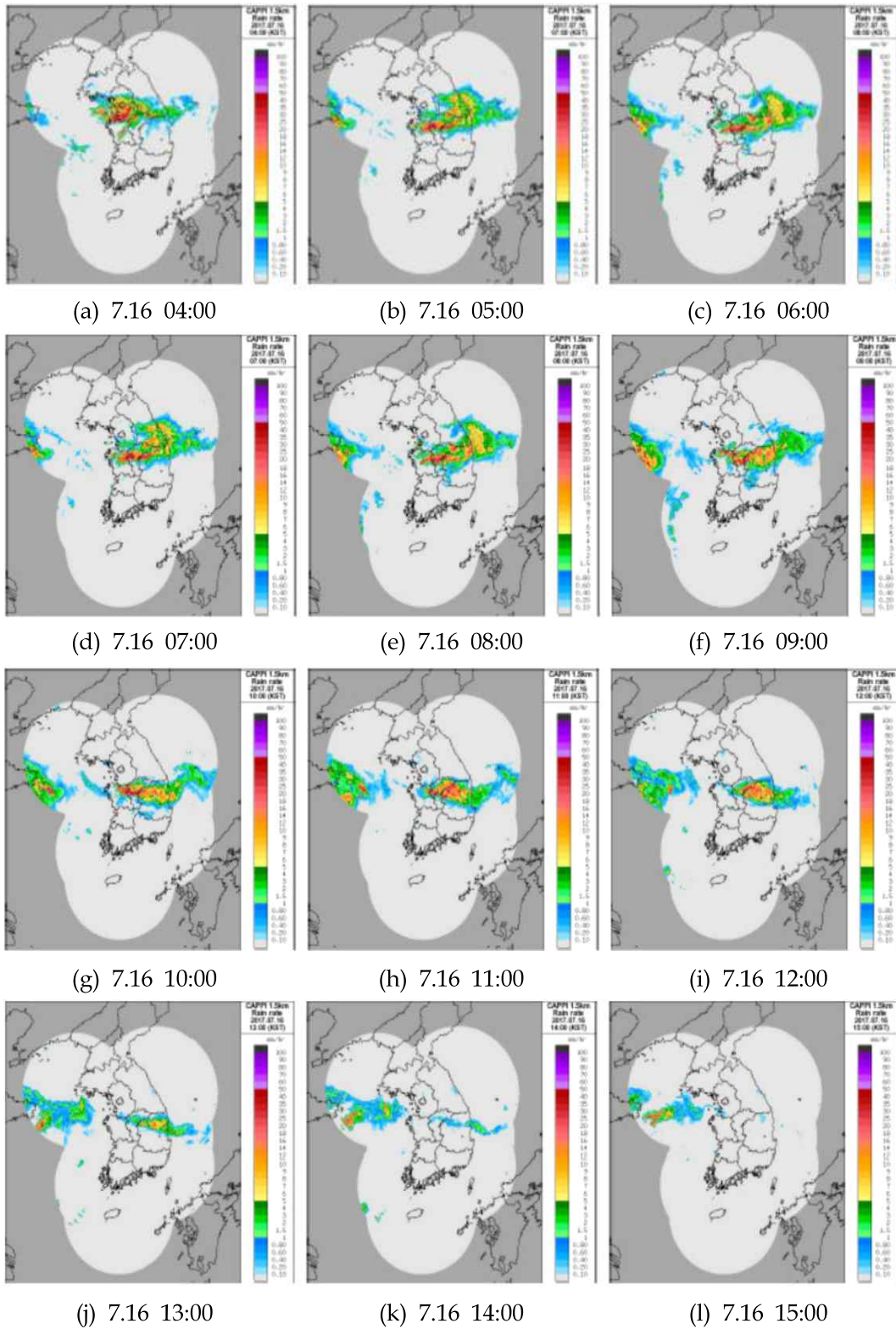


Fig. 2-6. 2017.07.16 기상레이더 영상(기상청)

7월 14~16일의 지역별 강수량 파악을 위하여 국토교통부, 기상청, 한국수자원공사에서 관리하는 관측소 현황을 조사하였다. Table 2-8과 같이 범위는 충청지역 내에 강수가 많이 내린 6개 지역(청주시, 괴산군, 보은군, 음성군, 진천군, 증평군)으로 한정하였으며, 총 29개의 관측소 자료를 수집하였다. 그 결과로 Table 2-9는 7월 14일 0시부터 7월 17일 0시까지의 관측소별 강수량을 합산한 결과이며, 지역별 평균 강수량은 산술평균으로 산정하였다. 그 결과로, 지역별 평균 강수량은 7월 27일에 특별재난지역으로 선포된 청주시 229.1mm, 괴산군 219.8mm의 강수량이 해당기간 동안 내렸다. 그 외 보은군 106.4mm, 음성군 106.8mm, 증평군 250.0mm, 진천군 153.0mm의 평균 강수량을 보였다.

지속시간별 최대강수량은 10분 관측 자료를 이용하여 산정하였다. 먼저 1시간 최대강수량을 살펴보면 청주시, 괴산군에서 80mm 이상의 강수량을 보인 관측소가 분포하고 있다. 2시간 최대강수량은 청주시, 괴산군, 보은군, 증평군에 위치한 관측소에서 100mm 이상의 강수량을 보였으며, 3시간 최대강수량은 청주시, 괴산군에서 150mm 이상의 강수량을 보였다. 이를 통해 전반적으로 청주시, 괴산군, 증평군의 총 강수량도 많았지만 강수가 짧은 시간에 집중되어 홍수피해가 크게 발생한 것으로 판단할 수 있다.

Table 2-8. 지역별 강우량 관측소 현황

지역	관측소명	관리기관
청주시	청주	국토교통부
	가덕	국토교통부
	청주시(성대리)	국토교통부
	현도	국토교통부
	청주	기상청
괴산군	괴산군(청천면사무소)	국토교통부
	괴산군(송면중교)	국토교통부
	괴산군(문당리)	국토교통부
	괴산군(연풍초교)	국토교통부
	장연	한국수자원공사
	괴산	한국수자원공사
보은군	보은군(범주분교)	국토교통부
	보은군(범주사)	국토교통부
	보은군(수선재)	국토교통부
	삼산	국토교통부
	관기	국토교통부
	동정	국토교통부
	이원	국토교통부
	송중	국토교통부
	삼가	국토교통부
	보은2	국토교통부
	신함	국토교통부
	보은	기상청
음성군	금왕	국토교통부
	오류	국토교통부
	음성군(음성고교)	국토교통부
	음성군(생극면사무소)	국토교통부
진천군	진천	국토교통부
증평군	증평	국토교통부

〈자료 : 한강홍수통제소, 국가수자원관리종합정보시스템〉

Table 2-9. 지역별 강수량 현황 (2017.07.14 00:00~2017.07.17 00:00)

지역	관측소명	총강수량 (mm)	임의 지속시간별 최대강수량(mm)					
			1시간	2시간	3시간	6시간	12시간	24시간
청주시	청주	320.0	88.0	147.0	195.0	295.0	300.0	300.0
	가덕	203.0	84.0	135.0	154.0	184.0	186.0	186.0
	청주시(성대리)	292.0	91.0	145.0	176.0	250.0	252.0	252.0
	현도	23.0	7.0	13.0	16.0	22.0	22.0	23.0
	청주	307.7	91.8	146.5	199.7	284.4	289.8	290.2
괴산군	괴산군(청천면)	294.0	72.0	105.0	125.0	198.0	202.0	202.0
	괴산군(송면중교)	203.0	56.0	99.0	113.0	161.0	163.0	163.0
	괴산군(문당리)	309.0	92.0	145.0	168.0	221.0	238.0	238.0
	괴산군(연풍초교)	156.0	64.0	86.0	100.0	137.0	144.0	144.0
	장연	155.0	61.0	86.0	93.0	134.0	143.0	144.0
	괴산	202.0	81.0	108.0	129.0	176.0	185.0	185.0
보은군	보은군(범주분교)	134.0	59.0	87.0	95.0	104.0	106.0	106.0
	보은군(범주사)	174.0	50.0	92.0	122.0	146.0	106.0	106.0
	보은군(수선재)	161.0	53.0	86.0	111.0	136.0	136.0	138.0
	삼산	75.0	37.0	41.0	41.0	45.0	45.0	45.0
	관기	45.0	21.0	23.0	23.0	23.0	34.0	43.0
	동정	60.0	16.0	17.0	26.0	28.0	31.0	49.0
	이원	144.0	68.0	102.0	105.0	113.0	114.0	114.0
	송중	52.0	29.0	31.0	31.0	32.0	42.0	51.0
	삼가	104.0	41.0	58.0	66.0	74.0	75.0	76.0
	보은2	78.0	22.0	33.0	34.0	39.0	40.0	41.0
	신함	128.0	55.0	90.0	93.0	100.0	100.0	100.0
	보은	122.0	49.0	55.0	55.0	61.5	83.0	83.0
	금왕	99.0	49.0	61.0	66.0	77.0	83.0	83.0
음성군	오류	112.0	48.0	69.0	75.0	85.0	93.0	96.0
	음성군(음성고교)	139.0	61.0	69.0	74.0	91.0	107.0	109.0
	음성군(생극면)	122.0	45.0	59.0	65.0	79.0	81.0	85.0
	진천군	153.0	60.0	90.0	95.0	119.0	107.0	128.0
증평군	증평	250.0	79.0	122.0	141.0	215.0	227.0	227.0

〈자료 : 한강홍수통제소, 국가수자원관리종합정보시스템〉

2.4.2 2017년 홍수피해 현황

2017년 재해연보에 따르면, 2017년에는 3차례(7월 2~11일 서울 중심 발생, 7월 14~16일 충북 중심 발생, 7월 22~23일 인천 중심 발생)의 대규모 호우로 인해 총 7명(7월 2~11일 1명, 7월 14~16일 5명, 7월 22~23일 1명)의 인명피해가 있었다. Table 2-10은 3차례 대규모 호우로 인한 기간별 피해 금액이며, Table 2-11은 이에 따른 복구금액이다. Fig 2-7은 호우기간별 피해 및 복구금액을 종합하여 도표화하였다.

Table 2-10. 2017년 호우기간별 피해금액

(단위 : 백만 원, %)

구분	합계	7.2~11 호우	7.14~16 호우	7.22~23 호우
피해금액	90,213	8,841	78,354	3,018
비율	100	9.8	86.9	3.3

〈자료 : 행정안전부, 재해연보〉

Table 2-11. 2017년 호우기간별 복구금액

(단위 : 백만 원, %)

구분	합계	7.2~11 호우	7.14~16 호우	7.22~23 호우
복구금액	292,864	30,108	257,508	5,248
비율	100	10.3	87.9	1.8

〈자료 : 행정안전부, 재해연보〉

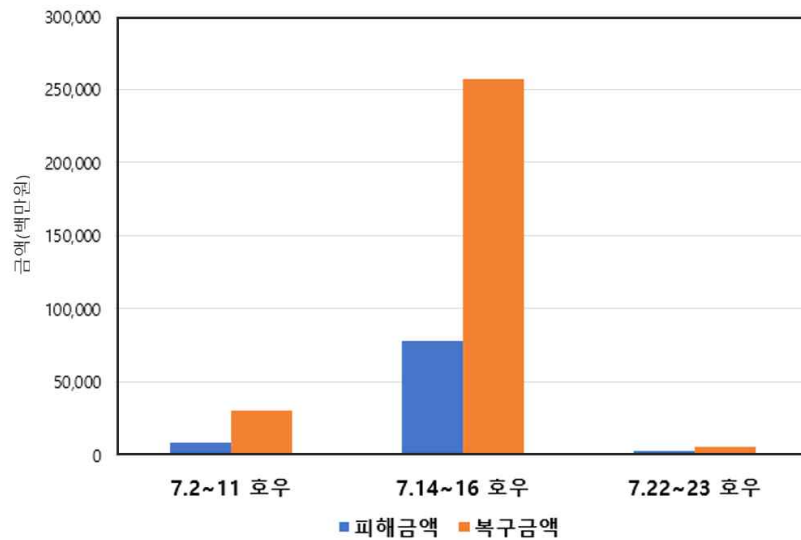


Fig. 2-7. 2017년 호우기간별 피해 및 복구금액

본 연구에서는 전체 피해금액 중 86.9%(78,354백만 원)를 차지하며, 전체 복구금액 중 87.9%(257,508백만 원)를 차지하는 7월 14~16일 집중호우에 의해 발생한 홍수피해를 중심으로 조사하였다. 7월 14~16일에는 청주, 천안 등 중부지방에 집중호우가 내려 도심지 침수, 산사태, 하천범람 등 피해가 발생하였다.

사유시설은 주택 1,535동, 농작물 3,554ha 등이 침수·매몰되었고, 공공시설은 하천 321개소, 도로·교량 109개소 등이 붕괴·유실되었다. 이로 인한 피해 금액은 Table 2-12와 같이 청주시가 가장 높았다.

홍수피해 원인은 200년 빈도 확률 강우를 초과한 집중호우였다. 청주시의 경우, 임의 1시간, 2시간, 3시간, 6시간 연속 최대강우는 각 91.8mm, 146.5mm, 199.7mm, 284.4mm로(Table 2-9 참고) 500년 이상의 빈도를 보였다. 청주뿐만 아니라 미호천 유역의 증평, 천안 지역에도 200~500년 빈도의 강우가 내렸으며, 괴산댐이 있는 달천유역에서도 200~300년 빈도의 집중호우가 발생하였다. 이러한 200~500년의 기록적인 집중호우는 쉽게

예측하기 어렵고, 이를 기준으로 홍수대응 시설을 갖추는 것은 많은 시간과 비용이 들기 때문에 지자체로서 많은 어려움을 겪는다. 기후변동이 심해지면서 미래에는 이러한 집중호우가 더 자주 발생할 가능성이 크기 때문에 기상이변에 대비한 근본대책이 마련될 필요가 있다.

Table 2-12. 7월 14~16일 지역별 피해금액

(단위 : 백만 원)

구분	청주	괴산	증평	보은	진천	천안	기타 (32개 시군구)
피해금액	31,472	11,355	4,078	3,298	3,803	21,935	2,413

〈자료 : 행정안전부 자연재난대응과〉

2.5 대상지역 홍수피해 현황

대상지역의 홍수피해 현황은 Fig 2-8과 같이 위성영상을 통한 청주시의 주요 홍수피해 위치 파악 및 주요 피해지역인 미호천, 석남천, 무심천 유역의 피해현황을 조사하였다.

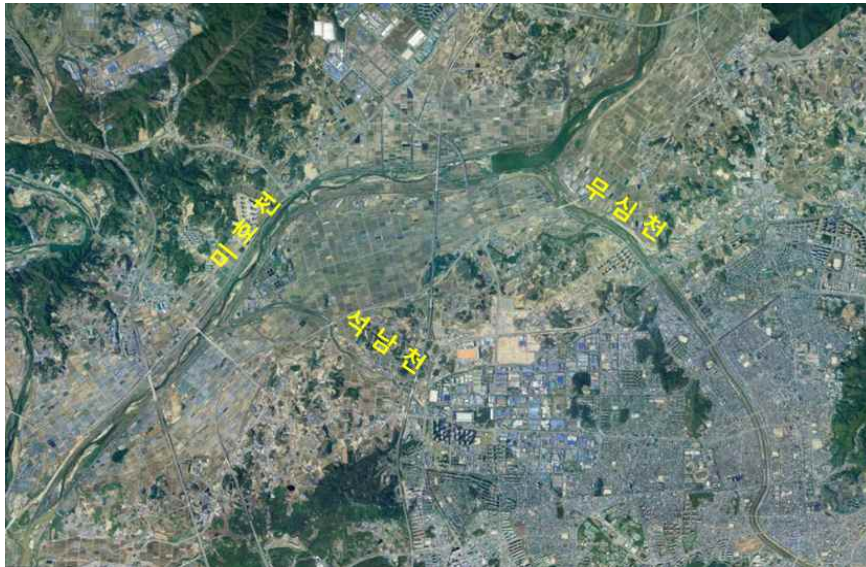


Fig. 2-8. 청주시의 주요 홍수피해 위치(국토교통부)

2.5.1 미호천

청주시 미호천은 진천군, 청주시, 세종특별자치시를 지나 금강의 우안으로 합류하는 금강의 제1지류로, 음성군 삼성면 마이산(EL.471.9m)에서 발원하였다. 국가하천과 지방하천으로 구분되며, 미호천수계 내 주요 지류하천으로는 무심천, 석남천, 백곡천, 보강천, 병천천, 조천 등이 있다.

미호천 본류에서는 미호천교의 수위(9.30m)가 계획홍수위(9.54m)를 초과하지 않아 직접적인 범람피해를 발생하지 않았으나, 미호천교 부근의 하천 폭(350m)은 상·하류의 폭(450~590m)보다 매우 협소하여 인접한 병

천천의 수위에 영향을 주어 병천천 하류지역의 범람이 발생하였다. 또한, 미호천교 상류 5km 부근에서 합류되는 석남천의 수위 상승에도 영향을 준 것으로 분석된다. Fig 2-9는 미호천 인근 위성영상과 홍수피해 현장사진이다.

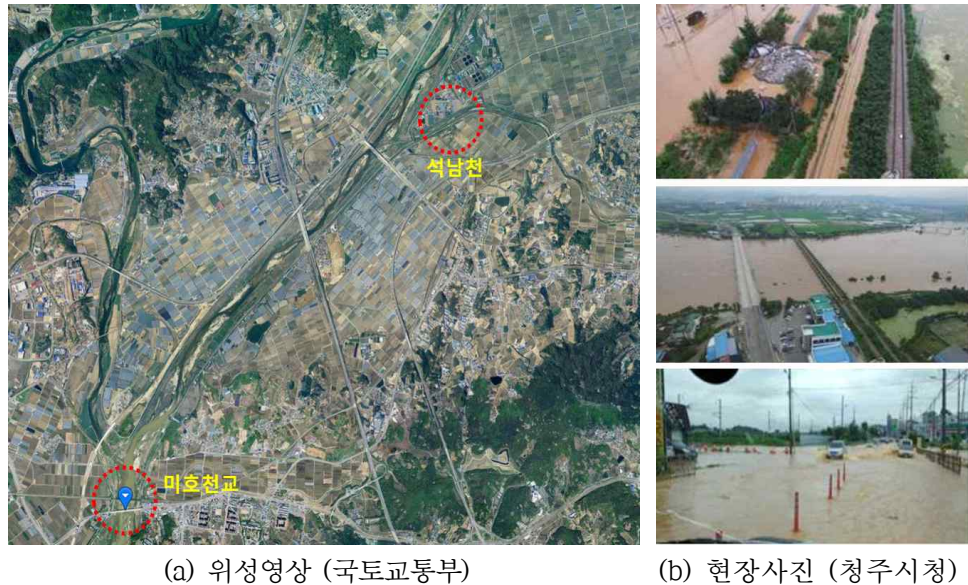


Fig. 2-9. 미호천 인근 홍수피해 현황

2.5.2 석남천

청주시 석남천은 미호천의 지류로 청주터미널사거리를 지나 가경천과 합류한 후 미호천으로 유입되는 하천이다. 석남천 인근의 침수피해는 석남교와 서청주교 상류~가경천 복대교 사이에서 하천이 범람하여 인근 저지대 지역에서 발생하였다. 석남교와 서청주교는 석남천 기본계획(1992년)이 수립되기 전인 1980년과 1984년도에 건설된 것으로 교량의 교각이 많고, 교각 사이의 간격이 좁다. 교각 사이에 걸린 장애물 및 하상의 퇴적물 등으로 인하여 석남천의 물이 원활히 빠지지 못하고 제방을 범람하

였다. 청주시는 이러한 침수피해 주원인의 해결을 위해 서청주교와 석남교의 교각의 수를 줄이고 하천기본계획에 맞도록 하는 재가설 공사를 진행하고 있다. Fig 2-10은 석남천 유역의 위성영상과 홍수피해 현장사진이다.

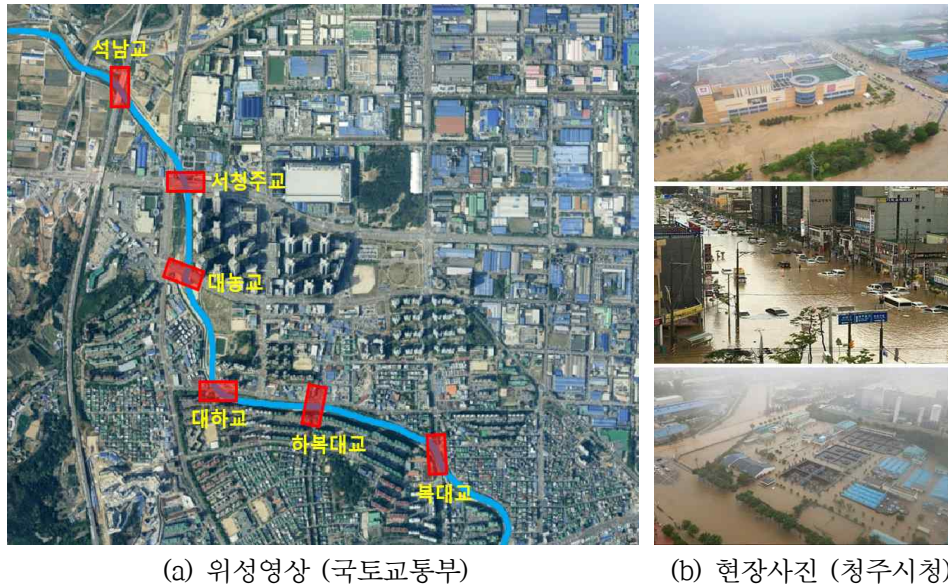


Fig. 2-10. 석남천 인근 홍수피해 현황

2.5.3 무심천

무심천의 수위가 상승함에 따라 도심에서의 빗물이 무심천으로 배출되지 못하여 침수피해가 발생하였으며, 내덕동에 위치한 MBC 방송국 앞도로는 저지대 및 하수관로가 집결되는 지역으로 매년 침수피해를 겪어왔다. 청주시는 상습침수 피해를 줄이고자 도로 지하에 16,000톤 규모의 우수저류조를 설치하였으며, 이는 홍수 시 저류조에 빗물을 저장하고, 배수펌프를 이용해 무심천을 방류하는 구조이다. 그러나 설계기준이 50년 빈도로 설정되어 있어 7월 14~16일 호우에는 대처할 수 없었으며, 도로

침수 및 인근 건물의 지하 주차장으로 빗물이 유입되었다. Fig 2-11은 무심천 유역의 위성영상과 홍수피해 현장사진이며, Fig 2-12는 7월 16일과 17일의 무심천 수위를 비교하였다.



(a) 위성영상 (국토교통부)



(b) 현장사진 (청주시청)

Fig. 2-11. 무심천 인근 홍수피해 현황



(a) 7월 16일 무심천 (중부매일)



(b) 7월 17일 무심천 (중부매일)

Fig. 2-12. 무심천 수위변화 현황

Ⅲ. 침수정보 GIS 분석을 통한 피해산정기법

3.1 기초자료 수집

가장 대표적인 자연재해 관련 자료는 행정안전부에서 1979년부터 발행하여 매년 11월에 시·군·구에서 작성하고 있는 재해연보이다. 그러나 재해연보는 당해 연도 자연재해 상황에 대한 피해액 및 복구비 지원내역과 관련 정책 등의 내용은 수록되어 있으나, 행정구역 내 피해지점의 정확한 위치와 지점별 피해원인 및 시기 등 상세한 정보를 확인할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 2017년 7월 14~16일 호우에 대한 침수정보와 지형·시설·기타정보를 GIS Tool을 활용하여 공간정보가 포함된 데이터로 구축함으로써 침수피해지의 분포를 확인하였다. GIS 데이터의 시각화를 위하여 위성영상을 중첩하였으며, 자료는 공신력 있는 기관과 공공데이터로부터 획득하는 것을 원칙으로 하였다. 자료수집 항목은 Table 3-1과 같다.

Table 3-1. 자료수집 항목별 주요내용 및 제공기관

항목	주요내용	제공기관
침수정보	<ul style="list-style-type: none"> • 침수흔적정보(침수조사지점, 침수선, 침수위선) 	한국국토정보공사
지형정보	<ul style="list-style-type: none"> • 토지이용현황도(1:25,000) 	국토지리정보원
	<ul style="list-style-type: none"> • 하천망도 • 수자원단위지도 	한강홍수통제소
시설정보	<ul style="list-style-type: none"> • GIS건물통합정보 	국토지리정보원
기타정보	<ul style="list-style-type: none"> • 위성영상, 행정구역 경계 	통계청, 청주시청, 다음지도 등

3.2 침수정보 GIS분석

한국국토정보공사는 2006년부터 침수흔적도 작성 전담기관으로 지정되어 침수흔적도 작성, 데이터관리, 종합보고서 작성 등의 업무를 수행하고 있다.

본 연구에서는 2017년 7월 집중호우로 인한 청주시의 침수면적과 높이를 산출하기 위해 한국국토정보공사에서 제공하는 침수조사지점, 침수선, 침수위선 데이터를 수집하였다. 수집한 내용은 Table 3-2와 같으며, 침수조사지점 데이터는 전체 총 7,398건의 GIS 포인트(Point) 데이터로 구축하였으며, 침수선과 침수위선 데이터는 개별 단위의 GIS 폴리곤(Polygon) 데이터로 구축하였다.

공간분석을 위해 행정구역 경계와 중첩하여 침수정보를 지오코딩 하였으며, 속성정보(Attribute data)는 Table 3-3, Fig 3-1과 같이 ‘F_SHIM(침수심)’, ‘F_AREA(침수면적)’, ‘F_AVR_HGT(평균침수위)’, ‘F_SAT_YMD(침수시작 년월일)’, ‘F_SAT_YMD(침수종료 년월일)’, ‘F_SAT_TM(침수시작 시각)’, ‘F_END_TM(침수종료 시각)’ 등 Field 7개를 생성하였다.

침수심과 평균 침수위 정보는 소수 둘째자리까지 표기하고 m 단위로 구축하였다. 또한 침수심은 0.5m 단위로 구분하여 0.5m 미만부터 3.0m 이상까지 총 7종류로 분류하였으며, 침수 면적은 m^2 단위로 구축하였다. Fig 3-2는 자료의 시각화를 위하여 위성영상과 중첩한 침수정보이다.

Table 3-2. 침수정보 주요내용

데이터명	설명	갱신날짜	사용 데이터
침수조사 지점	태풍, 호우, 해일 등에 의한 침수흔적을 조사한 지점의 정보	2020.03.16	청주시 침수조사지점
침수선	태풍, 호우, 해일 등에 의한 침수 발생일시, 면적, 침수지역 공간데이터 등 제공	2019.11.22	청주시 침수선
침수위선	태풍, 호우, 해일 등에 의한 침수피해지역의 침수위선 데이터	2019.11.22	청주시 침수위선

Table 3-3. 침수 관련 속성정보 DB

NO	COLUMN	COLUMN ID	TYPE
1	침수심	F_SHIM	NUMBER(10,4)
2	침수 면적	F_AREA	NUMBER(10,4)
3	평균 침수위	F_AVR_HGT	NUMBER(10,4)
4	침수시작 년월일	F_SAT_YMD	VARCHAR2(8)
5	침수종료 년월일	F_END_YMD	VARCHAR2(8)
6	침수시작 시각	F_SAT_TM	VARCHAR2(4)
7	침수종료 시각	F_END_TM	VARCHAR2(4)

FID	Shape	F_SHIM	F_AREA
469	Polygon	0.561	1783.869
470	Polygon	1.213	18265.053
471	Polygon	0.538	1625.905
472	Polygon	1.503	4143.503
473	Polygon	0.397	1170.15
474	Polygon	0.463	2230.479
475	Polygon	0.74	11379.528
476	Polygon	0.749	11034.692
477	Polygon	0.606	2586.167
478	Polygon	1.001	2703.105
479	Polygon	1.03	3453.885
480	Polygon	0.722	4031.596
481	Polygon	0.711	11372.016
482	Polygon	0.754	898.615
483	Polygon	0.716	2583.066
484	Polygon	0.787	12644.017
485	Polygon	0.751	7269.335
486	Polygon	0.76	5692.935

FID	Shape	F_AVR_HGT	F_AREA	F_SAT_YMD	F_END_YMD	F_SAT_TM	F_END_TM
27	Polygon	28.7	4268.999	20170716	20170717	10	10
28	Polygon	30.8	16009.837	20170716	20170717	10	12
29	Polygon	27.3	33116.341	20170716	20170717	10	12
30	Polygon	34.2	3791.875	20170716	20170717	10	12
31	Polygon	26	9906.708	20170716	20170717	10	12
32	Polygon	27.8	5901.158	20170716	20170717	10	12
33	Polygon	28	15766.627	20170716	20170717	10	12
34	Polygon	28	17344.118	20170716	20170717	10	12
35	Polygon	28	16087.583	20170716	20170717	10	12
36	Polygon	28	4930.625	20170716	20170717	10	12
37	Polygon	28.4	2300.757	20170716	20170717	10	12
38	Polygon	28	3348.144	20170716	20170717	10	12
39	Polygon	28.5	10563.436	20170716	20170717	10	12
40	Polygon	27.8	8202.709	20170716	20170717	10	12
41	Polygon	28.3	5850.989	20170716	20170717	10	12
42	Polygon	28.3	23337.68	20170716	20170717	10	12
43	Polygon	29	4732.792	20170716	20170717	10	12
44	Polygon	28.7	12155.611	20170716	20170717	10	12

Fig. 3-1. 침수정보 지오코딩

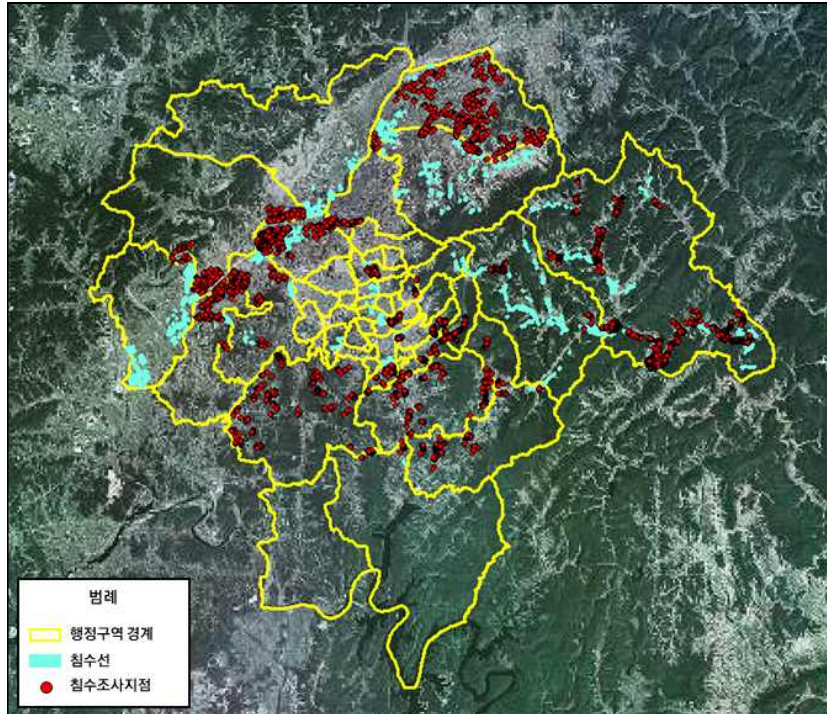


Fig. 3-2. GIS 기반의 침수정보 구축

청주시는 상당구, 청원구, 흥덕구, 서원구로 구성되어 있으며, 총 면적은 940.3km²로 상당구가 그 중 43.01%를 차지한다. 4개 구를 기준으로 침수정보에 대한 공간분석 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

개별 침수구역의 면적을 합산한 전체 침수면적은 16,741,553m²로 청주시청에서 작성한 침수흔적도의 침수면적(17,077,699m²)과 차이를 보였다. Table 3-4는 침수심, 평균 침수위, 침수면적을 정리한 내용으로 침수심은 최소 0.14m부터 최대 4.30m 값을 보였다. 침수심에 따라 면적을 분석한 결과 Table 3-5와 같이 침수심 2.5m 이상 구역은 상당구에만 존재하며, 침수심 0.5~1.0m 구역은 4개 구에서 모두 가장 넓게 분포하였다. 이를 시각화하기 위해 Table 3-6과 같이 범례를 설정하여 색상을 다르게 설정하였으며, Fig 3-3, 3-4, 3-5, 3-6과 같이 공간분석 하였다.

Table 3-4. 침수심, 평균 침수위, 침수면적 산출결과

구분	상당구	청원구	홍덕구	서원구
침수심	0.23~4.30m	0.14~2.20m	0.15~2.49m	0.33~2.43m
평균 침수위	EL.194.55m	EL.54.49m	EL.31.54m	EL.68.92m
침수면적	5,260,626㎡	4,196,889㎡	6,434,305㎡	849,733㎡

Table 3-5. 침수심별 면적 분석결과

(단위 : ㎡)

구분	상당구	청원구	홍덕구	서원구
0.5m 미만	317,359	262,654	1,164,144	123,968
0.5m~1.0m 미만	2,386,187	2,297,666	2,867,888	593,621
1.0m~1.5m 미만	1,427,451	1,401,969	2,048,295	94,902
1.5m~2.0m 미만	617,919	216,808	239,624	33,039
2.0m~2.5m 미만	270,154	17,792	114,355	4,203
2.5m~3.0m 미만	395,391	-	-	-
3.0m 이상	116,319	-	-	-

Table 3-6. 침수심 시각화 범례

No	범례(침수심)	색상
1	0.5m 미만	
2	0.5m~1.0m 미만	
3	1.0m~1.5m 미만	
4	1.5m~2.0m 미만	
5	2.0m~2.5m 미만	
6	2.5m~3.0m 미만	
7	3.0m 이상	

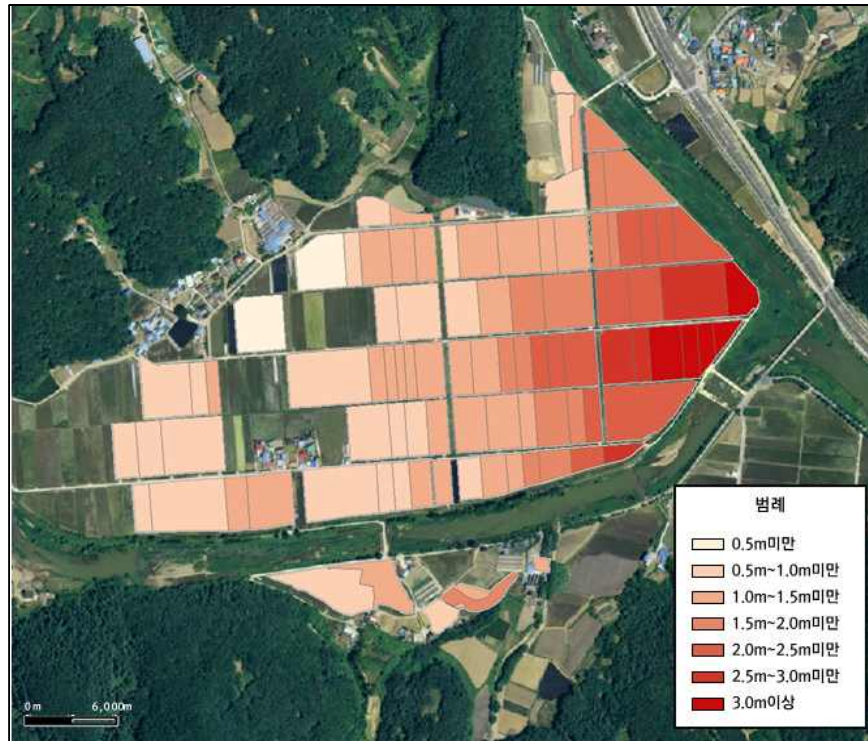


Fig. 3-3. 침수심 기준 공간분석 결과(상당구)

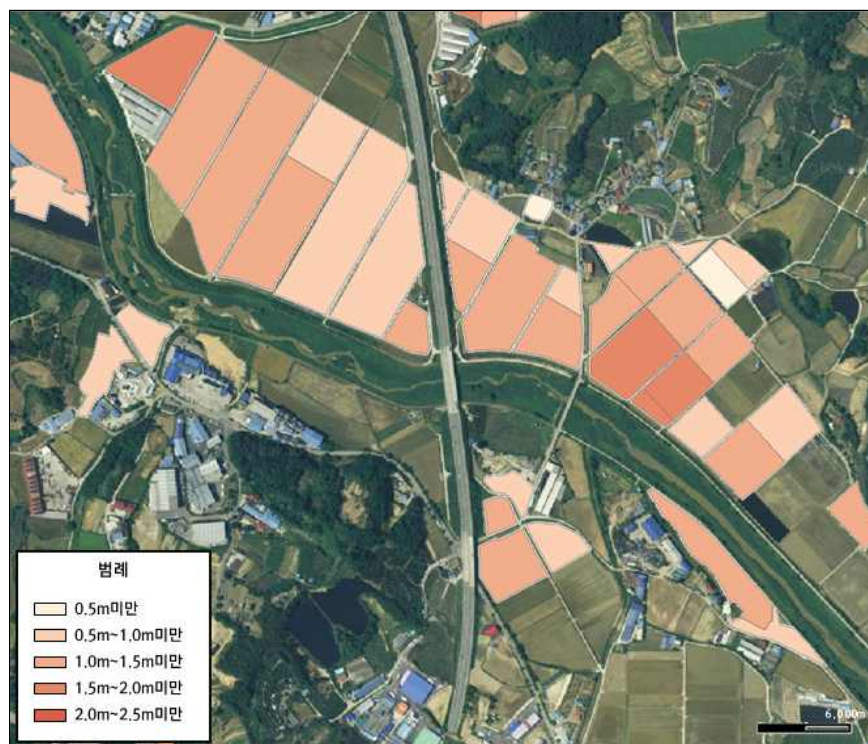


Fig. 3-4. 침수심 기준 공간분석 결과(청원구)

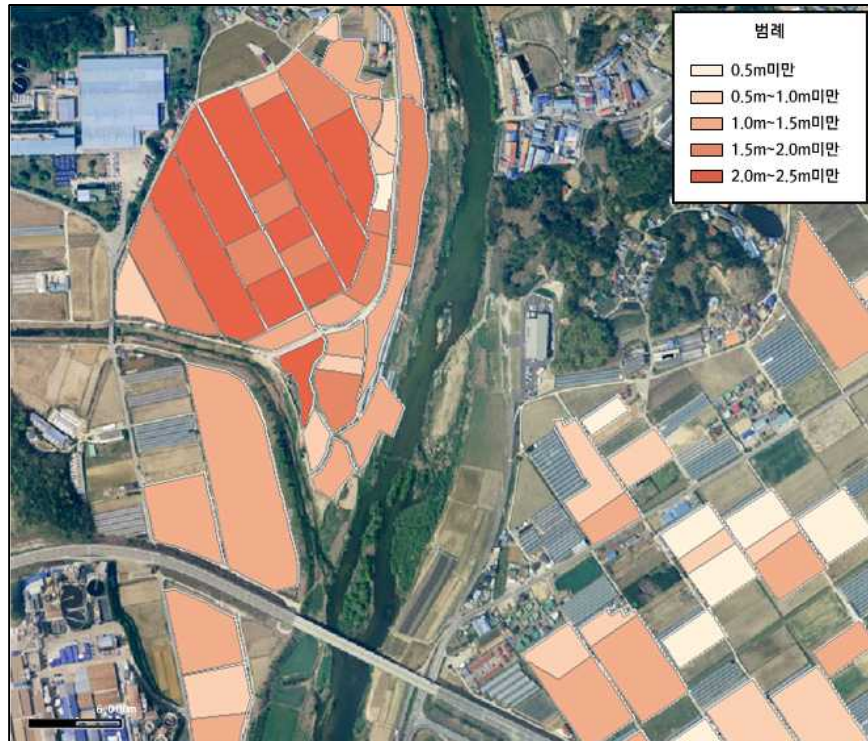


Fig. 3-5. 침수심 기준 공간분석 결과(홍덕구)



Fig. 3-6. 침수심 기준 공간분석 결과(서원구)

3.3 지형·시설정보 GIS분석

3.3.1 지형정보

토지이용현황도는 국가의 도시계획 및 토지이용계획에 사용되는 자료로 1972년에 국토지리정보원에서 1:25,000 축척의 종이지도로 제작을 시작하였고, 1999년부터 이를 수치화하였다. 본 연구에서는 Table 3-7과 같이 청주시 토지이용현황도와 진천군 및 증평군의 토지이용현황도 일부를 수집하였다. 토지이용현황도 분류 체계는 대분류 4종(농지, 임지, 도시 및 주거지, 수계)과 중분류 14종, 소분류 38종으로 구성되어 전체 38개 코드로 분류된다. 청주시의 경우 향만, 갯벌, 염전, 백사장을 제외한 33종 토지이용현황에 대한 GIS 폴리곤(Polygon) 데이터를 구축하였다.

미호천, 석남천, 무심천에 대한 유역경계와 하천망도를 GIS 폴리곤(Polygon) 데이터로 구축하였다(Table 3-7). 이를 위해 국가하천 레이어(W_NATL), 구지방 1급하천 레이어(W_FRST), 구지방 2급하천 레이어(W_SCND)를 수집하였다.

수자원단위지도는 한강홍수통제소에서 제공하고 있으며, 표준유역에 속하는 무심천 경계 데이터와 중권역에 속하는 미호천 경계 데이터를 수집하였다. 그 외에 하천기본계획, 재해연보, 통계연보, 기상연보 등을 참고하였다. Fig 3-7과 3-8은 위성영상과 중첩한 지형정보이다.

Table 3-7. 지형정보 주요내용

데이터명	설명	갱신날짜	사용 데이터
토지이용 현황도 (1:25,000)	도시, 농업(논, 밭), 산림(성림, 미성림), 공업, 자연 및 문화재, 유보지역 등 6단계로 구분하여 필지별로 상세히 표시된 지도	2020.07.27	청주시, 진천군, 증평군
하천망도	1/25,000 국가 기본도를 기도로 사용하여 국가하천 및 지방하천의 구간변경, 명칭변경 등 작성된 지도	2018.01.21	미호천, 무심천, 석남천
수자원 단위지도	지형공간 상에 대권역, 중권역, 표준유역의 가상의 구역을 설정한 지도	2018.01.21	미호천 유역경계, 무심천 유역경계

또한, 침수구역으로 구축한 폴리곤(Polygon) 데이터와 중첩하여 용도지역별로 구분하였다. 그 결과 Table 3-8과 같이 대부분 농지로 판단이 되며, 상당구의 경우 전체 침수구역 중 99.48%(50.01km²)로 확인되었다. 임지로 구분되는 구역은 상당구가 0.04km²로 가장 많으며, 다음으로 청원구가 0.03km²로 나타났다. 또한, 도시 및 주거지로 구분되는 구역은 서원구가 0.21km²로 가장 많으며, 다음으로 상당구가 0.20km²로 나타났으며, 수계구역은 4개 구 모두 낮은 값을 보였다.

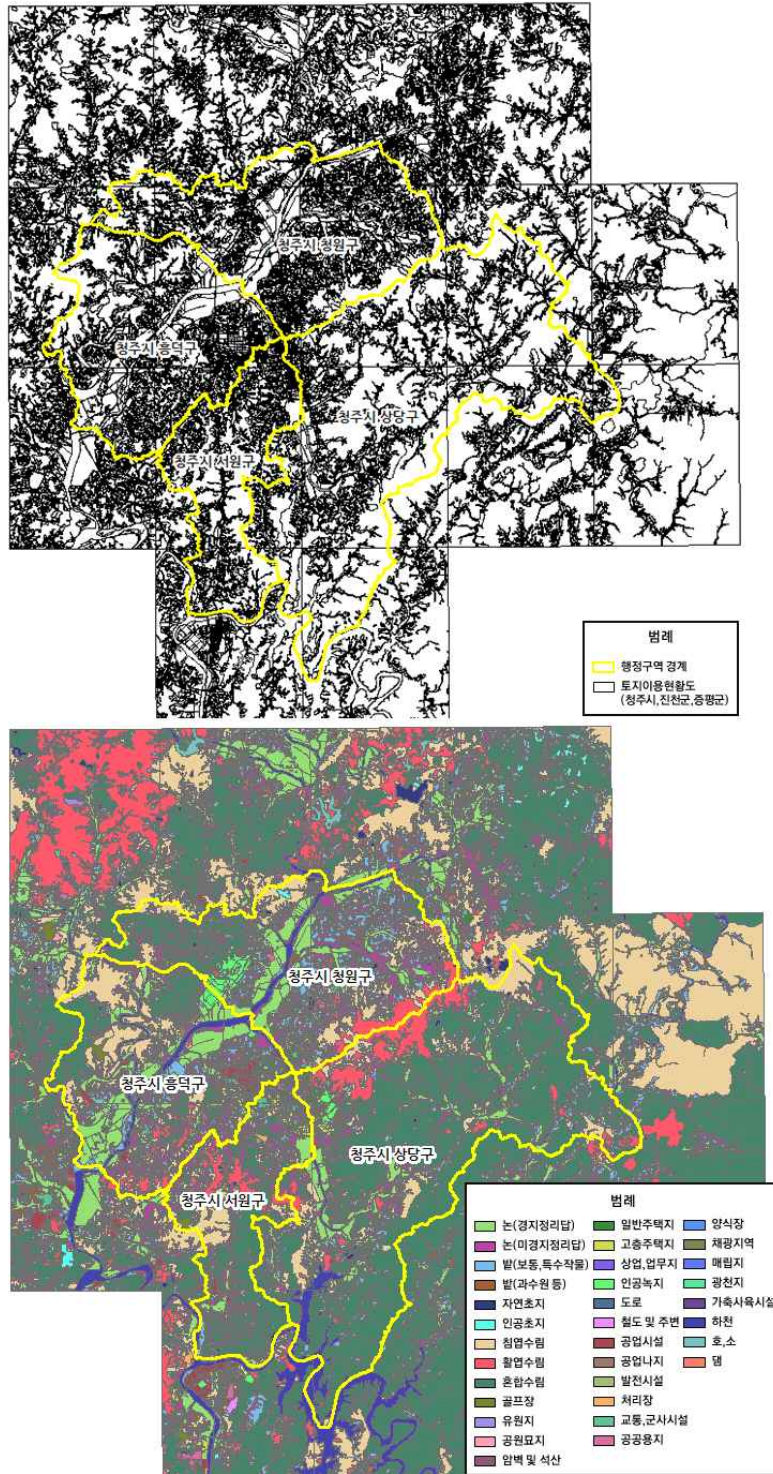


Fig. 3-7. GIS 기반의 토지이용현황도 구축

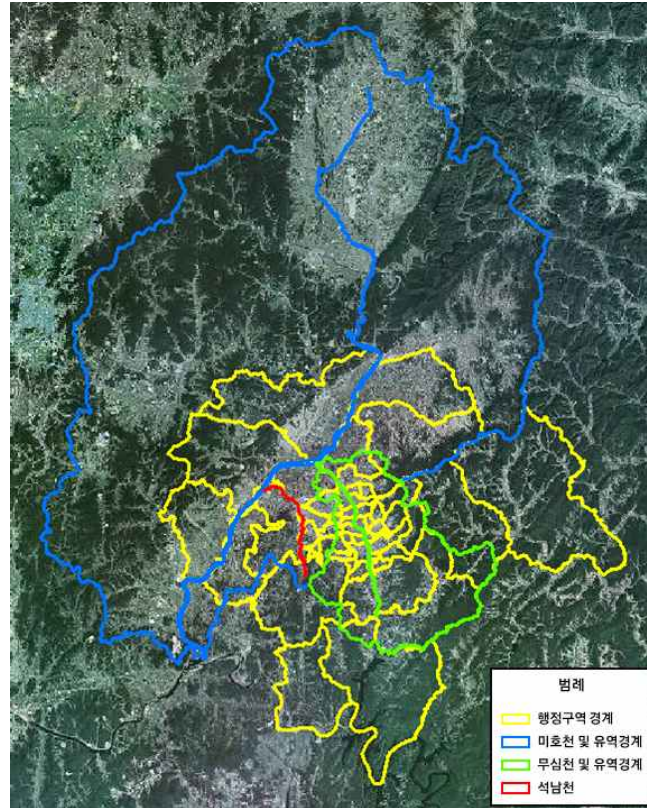


Fig. 3-8. GIS 기반의 하천망도 및 수자원단위지도 구축

Table 3-8. 침수구역의 용도지역별 분석결과

(단위 : km², %)

구분	용도지역				계
	농지	임지	도시·주거지	수계	
상당구	50.01 (99.48)	0.04 (0.08)	0.20 (0.40)	0.02 (0.04)	50.27 (100)
청원구	4.09 (97.15)	0.03 (0.71)	0.07 (1.66)	0.02 (0.48)	4.21 (100)
홍덕구	6.30 (96.92)	0.01 (0.15)	0.18 (2.77)	0.01 (0.15)	6.50 (100)
서원구	0.63 (74.12)	0.01 (1.18)	0.21 (24.71)	-	0.85 (100)

3.3.2 시설정보

GIS건물통합정보는 지적도 위에 건물의 위치, 층수, 면적, 용도, 구조 등의 건축행정정보를 통합한 정보로서 공간정보에서 건물 현황 파악이 가능하여 부동산 관련 대국민 서비스 및 지자체 정보화의 핵심 기반정보이다. 또한 3차원 공간정보 활용 서비스인 공간정보 오픈 플랫폼(V-World), 국방지형정보단의 군사용 지도제작, 국토연구원의 공간 빅데이터 기반 수요자 중심 침수재해 모니터링 연구 등 다양한 분야에서 활용되고 있다(김창환, 이원희 2014).

본 연구에서는 Table 3-9와 같이 전국 GIS건물통합정보에서 홍수가 발생한 2017년 7월 14~16일과 인접한 날짜인 7월 2일(227,972건) 기준의 GIS건물통합정보 데이터를 확보한 후 침수 피해분석에 용이하도록 일부 데이터를 추출하여 사용하였다. 정제하여 사용한 세부항목은 Table 3-10과 같으며, 건물의 위치, 건축물 용도·면적·연면적·높이 등을 취득함으로써 아파트, 단독주택, 연립주택 등을 구분하였다.

또한, 건물 위치정보와 침수피해범위를 공간적으로 중첩하여 침수피해 시설 및 피해면적을 산출하였다. Fig 3-9는 침수피해시설에 대한 지오큐드 결과이며, Fig 3-10은 위성영상과 중첩한 침수 피해시설정보이다.

Table 3-9. 시설정보 주요내용

데이터명	설명	갱신날짜	사용 데이터
GIS건물통합정보	연속지적도형정보를 기반으로 건물 공간정보와 건축행정시스템(세움터)의 건축물대장 속성정보를 건물단위로 통합하여 구축한 공간 기반의 건물통합정보	2020.09.09	청주시 건물통합 정보

Table 3-10. GIS건물통합정보 세부항목

항목명(영문)	항목명(국문)	설명
A4	법정동명	건물이 소재한 소재지의 행정구역 명칭(법정동명)
A5	지번	필지에 부여하여 지적공부에 등록된 번호
A8	건축물용도코드	건축물의 용도코드
A9	건축물용도명	건축물의 종류를 유사한 구조, 이용 목적 및 형태별로 묶어 구분
A10	건축물구조코드	건축물의 전유/공유구조 코드 정보
A12	건축물면적	대지에서 건축물이 차지하고 있는 면적
A14	연면적	건축물에서 지하층을 포함한 건물 각 층의 바닥면적 합산한 면적
A15	대지면적	건축물을 세울 토지의 수평면상 넓이
A16	높이	건물의 높이

3.4 피해항목 선정

현재 행정안전부에서 발행하는 재해연보 상의 피해금액 산정 시 적용되는 항목으로는 농경지, 건물, 공공시설, 기타, 선박 항목이 있다. 청주시의 경우 선박에 해당하는 피해가 없으므로, 농경지, 건물, 공공시설, 기타 피해금액의 합으로 산정이 된다. 그러나 4종의 항목별 금액 산정 기준과 세부 분류항목 등은 확인할 수 없다.

본 연구에서는 3.2와 3.3장에서 언급한 기초정보를 반영하여 피해항목을 농경지(Agriculture land), 주거시설(Residential facilities), 공공시설(Public facilities), 기타시설(Other facilities)로 선정하였다. 또한 경제적인 측면에서의 위험 분석을 위해 현재 시행 중인 자연재해위험개선지구 관리지침(행정안전부, 2018)을 참고하여 각 항목별 자산 가치를 반영한 피해 산정 식을 제시하였다. 지침에 따르면, 각 항목별 피해금액은 침수면적-피해액 회귀분석 관계식과 기준가격, 홍수빈도율의 곱으로 산정하며, 침수면적-피해액 회귀분석 관계식은 상수항(a)과 침수면적항(b)의 합으로 산출된다. 피해산정방정식은 다음과 같다(Eq. (1)).

(1)

피해금액 = (침수면적-피해액 회귀분석 관계식) × 기준가격 × 홍수빈도율

침수면적-피해액 회귀분석 관계식 = 상수항(a) + 침수면적항(b)

침수면적-피해액 회귀분석 관계식은 도시 유형과 피해항목에 따라 상이하다. 청주시는 중소도시에 속하므로(Table 3-11) Table 3-12와 같이 평균 침수면적 75.8ha를 적용하였다.

Table 3-11. 도시의 유형별 구분

구분	적용기준
대도시	인구 100만 명 이상인 광역시급 도시
중소도시	인구 100만 명 미만인 일반 시급 도시
전원도시	인구 증가 등으로 인해 군 전체가 시로 승격된 도시
농촌지역	군급 도시 중 인구밀도 500명 이상, 임야면적 70% 미만인 도시
산간지역	농촌 지역 이외의 군급 도시

〈자료 : 행정안전부 자연재해위험개선지구 관리지침〉

Table 3-12. 도시유형별 평균 침수면적

(단위 : ha)

대도시	중소도시	전원도시	농촌지역	산간지역
163.4	75.8	206.9	118.1	16.5

〈자료 : 행정안전부 자연재해위험개선지구 관리지침〉

상수항(a)은 기존 행정안전부 지침을 적용하였다. 침수면적항(b) 계산에 필요한 s는 ‘침수면적(ha)/도시유형별 평균침수면적(ha)’ 계산 값을 말하는데, 여기서 각 항목별 침수면적(ha)은 본 연구에서 구축한 침수면적 GIS 데이터 값을 적용하였다. 따라서 Table 3-13과 같이 농경지, 주거시설, 공공시설, 기타시설별로 상수항(a)과 침수면적항(b)을 다르게 적용하였다.

Table 3-13. 청주시 피해항목별 상수항(a), 침수면적항(b)

구분	농경지	주거시설	공공시설	기타시설
상수항(a)	0.63246	0.55283	0.85311	0.12471
침수면적항(b)	$0.150s^2$	$0.182s^2$	$0.060s^2$	$0.356s^2$
적합도	0.50	0.52	0.45	0.54

※ s = 침수면적(ha)/도시유형별 평균침수면적(ha)

※ 각 항목별 침수면적(ha)은 앞서 구축한 4개 구별 침수면적 GIS 데이터 값을 적용함

〈자료 : 행정안전부 자연재해위험개선지구 관리지침〉

피해항목별 기준가격은 기존 행정안전부 지침 가격을 참고하되 본 연구에서 선정한 피해항목을 고려하여 제시하였다. 청주시 기준 농경지, 주거시설, 공공시설, 기타시설의 기준가격은 Table 3-14와 같다.

홍수빈도율은 지역별 홍수발생주기의 역수를 의미한다. 따라서 청주시의 홍수빈도율은 발생주기 0.6(년/회)의 역수인 약 1.67을 적용하였다.

Table 3-14. 청주시 피해항목별 기준가격

(단위 : 백만 원)

구분	농경지	주거시설	공공시설	기타시설
기준가격	47.2	41.6	1,813.1	164.7

〈자료 : 행정안전부 자연재해위험개선지구 관리지침(참고)〉

3.5 항목별 피해산정

항목별 피해산정은 농업자산과 시설물(주거시설, 공공시설, 기타시설) 자산 가치로 나누어 산정하였다.

3.5.1 농경지 피해산정

수해 현황파악과 수해지 공간자료분석(Exploratory Spatial Data Analysis: ESDA)을 위한 GIS 공간분석 연구 결과, 농경지 피해는 집중강우에 민감하며 특정 시군에서 상습적으로 발생하기보다는 넓은 지역에 분포하는 경향이 있으며(강상준, 2010), 대규모 농경지 피해는 곡물 산업 및 물가 인상과 연결된다(채여라 등, 2016).

본 연구에서 농경지 피해산정은 Eq. (1)에 따라 침수면적-피해액 회귀 분석 관계식, 기준가격(*Base Price*), 청주시 홍수빈도율을 곱한 총합으로 산정하며, 피해산정 방정식은 다음과 같다(Eq. (2)).

(2)

$$D_{Agriculture} = (0.63246 + 0.150s^2) \times Base\ Price \times 1.67$$

Eq. (2)에서 $D_{Agriculture}$ 는 농경지 피해금액(원), s 는 지형정보 GIS분석을 통해 구축한 논과 밭의 침수면적(ha)을 75.8(ha)로 나눈 값이며, 기준가격으로는 47.2백만 원을 적용한다. Table 3-15와 Fig 3-11은 청주시 농경지 피해산정결과로, 전체 농경지 피해금액은 6,579,186,447원으로 추정되며, 흥덕구(38.43%), 상당구(31.42%), 청원구(25.07%), 서원구(5.08%)로 확인되었다. 논에 해당하는 침수피해는 흥덕구에서 가장 컸지만, 밭의 경우 상당구에서 가장 피해가 큰 것으로 확인되었으며, 논과 밭 모두 가장 피해가 적은 지역은 서원구이다.

Table 3-15. 청주시 농경지 피해산정결과

(단위 : 원)

구분	상당구	청원구	흥덕구	서원구
논	1,699,621,255	1,441,951,164	3,077,561,954	82,316,265
밭	100,454,907	52,589,649	74,742,372	49,948,881
합계	1,800,076,162	1,494,540,813	3,152,304,326	132,265,146

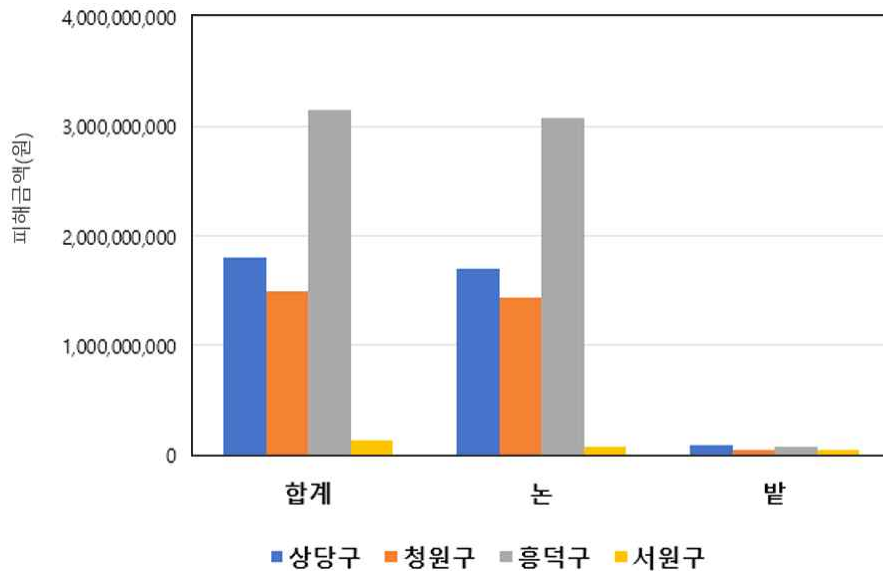


Fig. 3-11 청주시 농경지 피해산정결과

3.5.2 주거시설, 공공시설, 기타시설 피해산정

재해손실평가에서 시설물의 피해 추정은 직접피해비용을 산출하기 위해서 가장 중요한 부분을 차지하는 항목으로 이에 대한 정확한 피해추정이 중요하다(Grossi and Kunreuther. 2005). 그러나 동일한 피해시설물이라도 위치에 따른 지역적 특징, 건축년도, 공시가격, 자재 등에 따라 자산가치가 다르기 때문에 이러한 모든 특성을 반영하여 가격을 산출하는 것은 매우 어려운 실정이다(Merz et al., 2011). 따라서 본 연구에서 제안

하는 시설물 피해산정은 피해시설물별 침수면적 및 중소도시의 평균 침수면적을 기준으로 하며, 동일한 용도의 시설물은 동일한 가치로 평가하였다.

3.3장에서 언급한 GIS건물통합정보와 침수피해지역을 분석한 결과, 청주시 내 침수피해시설은 아파트, 단독주택, 연립주택, 교육연구 및 복지시설, 노유자시설, 근린생활시설, 분뇨 및 쓰레기 처리시설, 운수시설, 위험물저장 및 처리시설, 공장, 동식물 관련 시설, 방송통신시설, 숙박시설, 업무시설, 운동시설, 의료시설, 자동차 관련시설, 종교시설, 창고시설, 판매시설 등 20종류의 시설로 분류된다.

따라서, 본 연구에서는 건축법 시행령 제 3조의 5를 참고하여 건축물의 용도에 따라 아파트, 단독주택, 연립주택 등 3종을 주거시설로 분류하고, 교육연구 및 복지시설, 노유자시설, 근린생활시설, 분뇨 및 쓰레기 처리시설, 운수시설, 위험물저장 및 처리시설 등 6종을 공공시설로 분류하였으며, 나머지 11종을 기타시설로 분류하였다. 시설 분류기준을 정리하면 Table 3-16과 같다.

주거시설, 공공시설, 기타시설 피해산정은 Eq. (1)에 따라 침수면적-피해액 회귀분석 관계식, 기준가격(*Base Price*), 청주시 홍수빈도율을 곱한 총합으로 산정하며, 피해산정 방정식은 다음과 같다(Eq. (3)).

(3)

$$D_{Residential} = (0.55283 + 0.182s^2) \times Base\ Price \times 1.67$$

$$D_{Public} = (0.85311 + 0.060s^2) \times Base\ Price \times 1.67$$

$$D_{Other} = (0.12471 + 0.356s^2) \times Base\ Price \times 1.67$$

Eq. (3)에서 $D_{Residential}$ 은 주거시설 피해금액(원), D_{Public} 은 공공시설 피해금액(원), D_{Other} 는 기타시설 피해금액(원)이며, s 는 시설정보 GIS분석을 통해 구축한 각 시설별 침수면적(ha)을 75.8(ha)로 나눈 값이며, 기준가격은 주거시설 41.6백만 원, 공공시설 1,813.1백만 원, 기타시설 164.7백만 원을 각각 적용한다.

이처럼 기존 3종(건물, 공공시설, 기타) 항목으로 구성되었던 재해연보의 집계항목 구성 체계에서 새로이 3종 항목, 20종 세부항목으로 구성된 개선방안을 구축함으로써 시설별로 정확한 피해산정이 가능하며, 더 나아가 국내 건축법상 분류체계를 바탕으로 하였기에 기 구축 DB와의 연계 및 활용에도 용이할 것으로 예상된다.

청주시 4개 구에 대한 시설물 피해산정결과, 주거시설과 공공시설 피해금액은 상당구, 청원구, 흥덕구, 서원구 순으로 나타났고, 기타시설 피해금액은 흥덕구, 서원구, 상당구, 청원구 순으로 나타났다.

Table 3-16. GIS건물통합정보 기반 홍수피해 시설 분류

항목	세부 항목	요약
주거시설 (3)	아파트	주택으로 쓰는 층수가 5개 층 이상인 주택
	단독주택	1세대가 하나의 건축물 안에서 독립된 주거생활을 할 수 있는 구조로 주로 단층이나 2~3층의 중층으로 구성된 주택
	연립주택	주택으로 쓰는 1개 동의 바닥면적 합계가 660㎡를 초과하고, 층수가 4개 층 이하 주택
공공시설 (6)	교육연구 및 복지시설	학교, 교육원, 직업훈련소, 학원, 연구소, 도서관
	노유자시설	아동관련시설, 노인복지시설
	근린생활시설	근린공공시설(지역자치센터, 파출소, 지구대, 소방서, 도서관 등)
	분뇨 및 쓰레기 처리시설	분뇨·폐기물처리시설, 고물상, 폐기물재활용시설
	운수시설	여객자동차터미널, 철도시설, 공항시설, 항만시설
	위험물저장 및 처리시설	주유소, 액화석유가스 충전소, 위험물제조소, 액화가스 취급소 등
기타시설 (11)	공장	물품의 제조·가공 또는 수리에 계속적으로 이용되는 건축물
	동식물 관련 시설	축사, 가축시설, 도축장, 도계장, 작물 재배사, 종묘배양시설
	방송통신시설	방송국, 전신전화국, 촬영소, 통신용시설
	숙박시설	일반숙박시설, 생활숙박시설, 관광숙박시설
	업무시설	공공업무시설, 일반업무시설
	운동시설	탁구장, 체육도장, 테니스장, 운동장 등
	의료시설	병원, 격리병원
	자동차 관련시설	주차장, 세차장, 폐차장, 검사장, 정비공장
	종교시설	종교집회장
	창고시설	창고, 하역장, 물류터미널, 집배송시설
	판매시설	도매시장(농수산물도매시장, 농산물공판장), 소매시장, 상점

〈자료 : 건축법, 주택법 등 참고〉

3.5.3 인명손실 및 이재민 피해산정

인명손실 및 이재민 피해산정은 피해현황만 조사하고 전체 피해금액에는 제외하였다. 인명손실은 사망자($i=1$)와 부상자($i=2$)로 구분되며, 침수 피해를 입은 자산의 면적의 합(S_{unit}), 침수면적당 손실 인명수(P_i), 손실원 단위(Q_i), 청주시 홍수빈도율을 곱한 총합으로 산정하며, 피해산정 식은 다음과 같다(Eq. (4)).

(4)

$$D_{Person} = \sum S_{unit} \times P_i \times Q_i \times 1.67 \quad (i = 1 \text{ or } 2)$$

침수면적당 손실 인명수는 중소도시에 해당하는 청주시의 경우, 재해 연보를 참고하여 사망 0.0257명/ha, 부상 0.0058명/ha을 적용하였으며 (Table 3-17), 손실원단위는 사망 2억6천만 원/명(2014년 월 최저임금의 240배), 부상 5천만 원/명(사망 손실원단위의 16분의 3에 해당하는 금액)을 적용하였다.

Table 3-17. 단위 침수면적당 손실 인명수

(단위 : 명/ha)

구분	대도시	중소도시	전원도시	농촌지역	산간지역
사망	0.0242	0.0257	0.0025	0.0021	0.0588
부상	0.0119	0.0058	0.0001	0.0026	0.0066

〈자료 : 행정안전부 재해연보〉

이재민 피해산정은 인명손실은 침수피해를 입은 자산의 면적의 합 (S_{unit}), 침수면적당 손실 이재민 수(V), 대피일수(d), 일 최저임금(2017년 기준 52,000원), 청주시 홍수빈도율을 곱한 총합으로 산정하며, 피해산정 방정식은 다음과 같다(Eq. (5)).

(5)

$$D_{Victim} = \sum S_{unit} \times Vi \times d \times 52,000 \times 1.67$$

침수면적당 손실 이재민 수는 중소도시에 해당되는 청주시의 경우, 재해연보를 참고하여 28.6391명/ha를 적용하였으며(Table 3-18), 대피일수는 최근 10년간의 재해연보를 참고로 하여 평균 10일로 산정하였다. Table 3-19, Fig 3-12는 청주시 내 인명손실과 이재민 피해산정 결과이다.

Table 3-18. 단위 침수면적당 이재민 수

(단위 : 명/ha)

구분	대도시	중소도시	전원도시	농촌지역	산간지역
이재민수	40.5549	28.6391	0.9219	0.4430	2.7146

〈자료 : 행정안전부 재해연보〉

Table 3-19. 청주시 인명손실 및 이재민 피해산정결과

(단위 : 원)

구분	상당구	청원구	홍덕구	서원구
사망	2,109,090,176	1,682,616,738	2,579,641,561	340,674,954
부상	405,594,265	323,580,142	496,084,916	65,514,414
이재민	11,735,631,426	9,362,596,148	14,353,925,412	1,895,612,900
합계	14,250,315,867	11,368,793,028	17,429,651,889	2,301,802,268

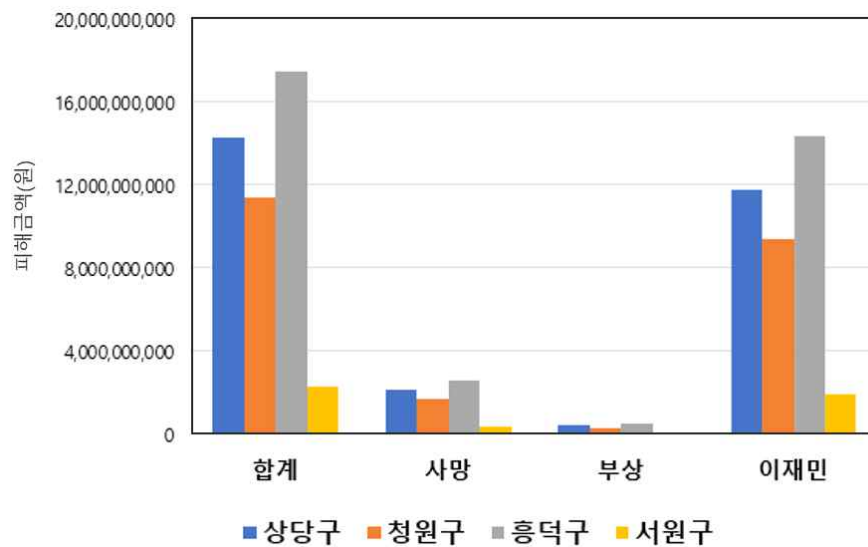
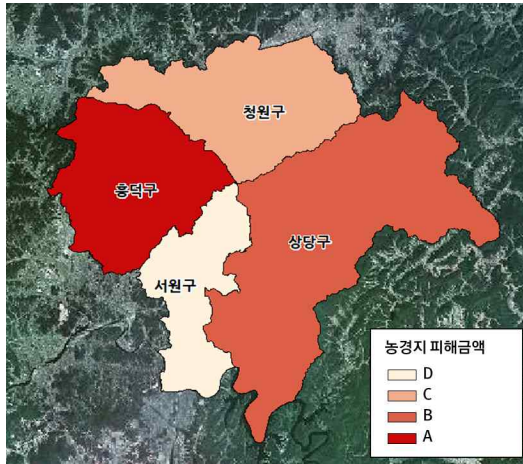


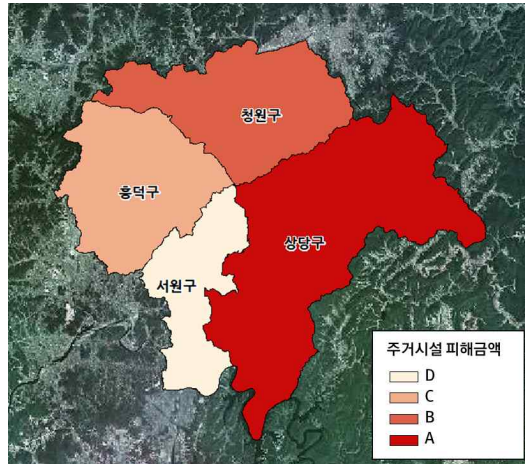
Fig. 3-12. 청주시 인명손실 및 이재민 피해산정결과

추가로 장기적인 손실을 고려한다면 근로 곤란으로 인한 생계지원비, 피해를 입은 학생에 대한 학자금 면제 지원비, 사업장에 대한 영업정지 피해액 등을 추가할 수 있다. 이를 위해서는 생계지원비 지급 단가, 청주시에 거주하는 연령별 인구 및 고등학교별 학자금 정보, 산업유형별 종사자 등의 기초정보가 필요하다.

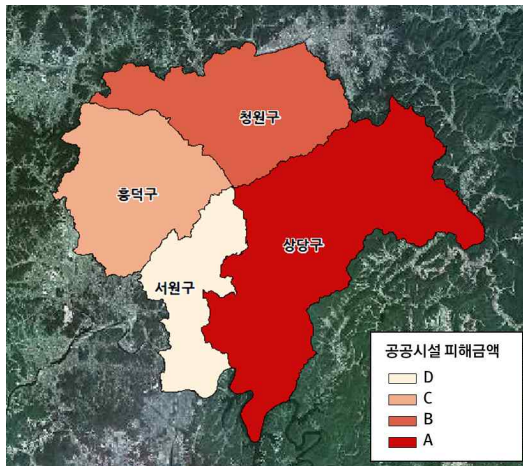
끝으로 전체 피해금액을 농경지(a), 주거시설(b), 공공시설(c), 기타시설(d) 피해금액의 합으로 계산하였을 때 청주시 내 4개구를 A-B-C-D 4단계로 분류하면 Fig 3-13과 같으며, 결과를 종합한 결과 전체 피해금액은 상당구가 가장 높은 것으로 확인되었다. 본 연구를 통하여 피해항목별 취약지역을 구분함으로써 등급별 대응 전략수립과 지자체의 예산 및 인력의 우선 지원, 향후 복구 우선순위 선정을 위한 객관적 자료로 활용될 수 있다.



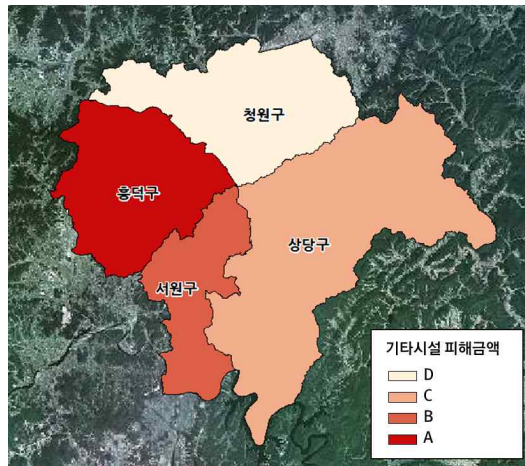
(a) 농경지



(b) 주거시설



(c) 공공시설



(d) 기타시설

Fig. 3-13. 피해금액 기준 홍수취약등급화

IV. 결 론

본 연구에서는 기존 재해 피해조사 및 보고 체계의 문제를 보완하고자 2017년 7월 14~16일 집중호우 기간의 충북 청주시를 대상으로 침수정보와 지형·시설정보를 GIS데이터로 통합 구축하였으며, 이를 바탕으로 피해를 산정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 본 연구에서는 태풍, 호우, 홍수, 강풍, 풍랑, 해일, 대설 등 자연재해 중 우리나라에 가장 큰 피해를 유발시키며, 발생빈도와 피해규모 모두 high에 해당하는 홍수에 대해 연구를 수행하였다. 특히 국지성 집중호우로 인한 영향과 2017년 호우 및 홍수피해에 대해 살펴보았다.
- (2) 홍수피해 관련 통계자료는 재해연보를 참고하였으며, 세부 재해정보가 기입된 침수정보 및 지형·시설·기타정보를 GIS Tool을 활용하여 공간정보(Spatial data)가 포함된 통합데이터를 구축하였다. 개별 침수구역의 면적을 합산한 결과 청주시 전체 침수면적은 16,741,553㎡로, 상당구 5,260,626㎡, 청원구 4,196,889㎡, 흥덕구 6,434,305㎡, 서원구 849,733㎡ 면적이 침수되었으며, 침수심은 0.5m 단위로 구분하여 분석한 결과, 2.5m 이상인 구역은 상당구에만 존재함을 확인하였다.
- (3) 기구축한 GIS 통합정보를 활용한 정량적인 홍수피해산정을 위해 2017년도 화폐가치 기준의 피해금액을 산출하였으며, 행정안전부 자연재해위험개선지구 관리지침의 피해금액 산정 식을 변형하였다.

전체 피해금액은 농경지(논, 밭), 주거시설(아파트, 단독주택, 연립주택), 공공시설(교육연구 및 복지시설, 근린생활시설, 분뇨 및 쓰레기 처리시설 등 6종), 기타시설(공장, 동식물 관련 시설 등 11종) 피해금액의 합으로 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 피해금액 산정에 필요한 항목을 상세 분류하였으며, 전체 피해금액은 청주시 상당구가 가장 높은 것으로 확인되었다.

- (4) 본 연구에서는 주거시설, 공공시설, 기타시설을 분류할 때 시설의 용도 파악을 위해 국토지리정보원에서 제공하는 GIS건물통합정보와 인터넷 조사를 반영하였으며, 동일한 시설분류 내에서 같은 기준가격을 적용하였다. 향후에 건물의 공시가격, 건축년도 등 인벤토리 요소를 추가로 고려한다면 구체적인 홍수 피해자료 구축이 가능하며, 본 연구에서 다루지 않은 재해로 유발되는 정신적 피해, 교통두절 등 간접 항목을 반영한다면 경제성 분석에 있어 개선된 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

- (5) 추후 복구 및 지원에 대한 연구도 필요하다. 또한 연구대상지인 청주시 외에 집중호우가 발생한 타 지역에도 GIS를 활용한 연구를 지속적으로 진행하여 집중호우 취약 지역의 분류와 취약지역에 대한 재해 예방 및 복구계획 수립에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 더 나아가 도시계획 과정에서 도시침수에 대한 방재대책을 보다 적극적으로 강구하는 데 실질적으로 도움을 줄 수 있을 것으로 판단되며, 도시침수에 대한 안전도시를 조성하는 데 크게 이바지할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

강상준. (2010). 수해지 분포특성에 따른 토지이용 관리방안. 경기연구원 정책연구보고서, 174.

곽한빈, 이우균, 이시영, 원명수, 구교상, 이병두, & 이명보. (2010). 우리나라 산불발생의 원인별 공간적 특성 분석. 한국임학회지, 99(3), 259-266.

국토연구원. (2006a). 방재국토 구축을 위한 GIS활용방안 연구(I):방재 GIS데이터의 통합 활용방안, 91.

국토연구원. (2006b). 효율적인 도시홍수관리 및 제도개선방안.

기상청. (2012). 한반도 기후변화 전망보고서

기상청. (2017). 충청북도 청주시 기후변화 상세 분석보고서, 92.

기상청. (2020). 한국 기후변화 평가보고서 2020 -기후변화 과학적 근거-, 362.

김덕길, 김연수, 장대원, & 백천우. (2019). 홍수피해액 산정을 위한 CSVR 산정 연구. 한국방재학회논문집, 19(6), 303-311.

김상호, 이창희, 김병식, & 박인찬. (2015). 홍수피해손실추정을 위한 인벤토리 구축 방향에 관한 연구. 대한토목학회 정기학술대회, 129-130.

김선국, 최영주, 한대건, & 정인주. (2019). 자연재해 피해영역 기반의 피해인구 산정 기법에 관한 연구. 한국방재학회논문집, 19(6), 163-170.

김창환, & 이원희. (2014). 공간정보로서의 지적정보와 건물정보의 연계에 관한 연구. 한국지리정보학회지, 17(3), 93-103.

김철, & 김석규. (2003). GIS를 이용한 침수지역 예측 응급복구비 산정. 대한토목학회논문집, 23(4B), 233-239.

김혜령, 이성규, 정은아, & 윤희연. (2018). 재해피해액 산정을 위한 재해손실평가 인벤토리 구축 및 피해산정방법 연구. 한국방재학회논문집, 18(3), 125-136.

나유경, & 최진무. (2019). 객체기반법을 이용한 침수피해액 추정 방안 연구. 대한지리학회지, 54(6), 637-649.

배준수, 김미경, 유수홍, Farkoushi, M.G., & 손홍규. (2017). GIS를 이용한 침수 취약 지역 예측에 관한 연구. 대한공간정보학회, 259-260.

배명순, 조진희, & 이승욱. (2018). 2017.7.16 집중호우 수해백서. 청주시 수해백서 발간 연구용역 연구보고서, 519.

소방방재청. (2008). 풍수해보험관리지도 작성방안 연구.

송봉근, 이택순, & 박경훈. (2014). GIS 기반의 도시지역 침수 취약성 평가 - 창원시를 대상으로 -. 한국지리정보학회지, 17(4), 129-143.

신지예, 임성민, 김중훈, & 김태웅. (2014). 내수침수시나리오와 침수피해 곡선을 활용한 도시지역 내수침수피해특성 분석. 한국방재학회논문집, 14(1), 291-305.

오민관, 이동률, 권현한, & 김동균. (2016). 서울 삼성 1분구에 대한 침수 면적 GIS 데이터베이스 구축. 한국수자원학회논문집, 49(12), 981-993.

이경빈, 김영규, 윤정환, & 이재남. (2020). GIS 기반의 통계정보와 재해 정보를 활용한 재해관리 방안 연구. 한국방재학회, 20(1), 373-381.

이충성, 최승안, 심명필, & 김형수. (2006). GIS기반의 분포형 홍수피해산정 기법. 대한토목학회, 26(3B), 301-310

채여라, 조공장, 이승준, 전호철, 정예민, 이주형, ... & 윤동근. (2016). 대도시 지역의 극한 홍수로 인한 복합영향 메커니즘 분석. 한국환경정책·

평가연구원 사업보고서. 162.

최승안, 이충성, 심명필, & 김형수. (2004). 다차원 홍수피해액 산정방법의 개발 : 원리 및 절차. 대한토목학회 학술대회, 839-844.

충청북도. (2018). 미호천, 괴산댐의 근본적 대책을 위한 연구용역 보고서. 충청북도 치수방재과. 160.

행정안전부. (2008). 자연재난 복구비용 산정을 위한 기법연구 및 실거래단가 조사. 121.

행정안전부. (2010-2019). 재해연보.

행정안전부. (2018). 자연재해위험개선지구 관리지침.

행정안전부. (2020). 2020년 자연재해조사 및 복구계획수립 지침.

Dawod, G., Mirza, M.N., and Al-Ghanmadi, K.A. (2012). GIS-based estimation of flood hazard impacts on road network in Makkah city, Saudi Arabia. Environmental Earth Sciences, 67(8), 2205-2215.

Furdu, I., Tomozei, C., and Pandele, I. (2013). Improving management of risks and natural disasters by regional GIS distributed application.

Environmental engineering and management journal, 12(1), 11-16.

Glas, H., Jonckheere, M., Mandal, A., James-Williamson, S., De Maeyer, P and Deruyter, G. (2017). A GIS-based tool for flood damage assesment and delineation of a methodology for future risk assessment: case study for Annotto Bay, Jamaica. Natural Hazards, 88(8), 1867-1891.

Grossi P., Kunreuther H. (2005). Catastrophe Modeling: A New Approach to Managing Risk. Springer Science & Business Media, 25.

Herath, S., Dutta, D. and Musiake, K. (2020). Flood Damage Estimation of an Urban Catchment Using Remote Sensing and GIS. International Conference on Urban Storm Drainage, 1-8.

Merz B., Thielen A. and Kreibich H. (2011). Quantification of Socio-economic Flood Risk. Flood Risk Assessment and Management, 229-247.

국토교통부 공간정보 오픈플랫폼. <https://map.vworld.kr>.

기상청. <http://www.kma.go.kr>.

기상청 날씨누리. <http://www.weather.go.kr>.

중부매일신문. 2017년 8월 13일.

청주시청. <http://www.cheongju.go.kr>.

한강홍수통제소. 국가수자원관리종합정보시스템. <http://www.wamis.go.kr/>.

행정안전부 국민재난안전포털. <https://www.safekorea.go.kr/>.

A Study on the Estimation Technique of Flood Damage through GIS Analysis of Flood Information*

Hyeji Park

*Major in Convergence & Fusion System Engineering
Graduate School of Science and Technology, Kyungpook National University,
Daegu, Korea
(Supervised by Professor YouKyung Han)*

(Abstract)

Recently, the frequency and scale of natural disasters have increased rapidly due to climate change and global warming, and the annual casualties and property damage are a huge burden on the national economy. In order to minimize damage caused by disasters, structural measures such as dam and reservoir construction and non-structural measures such as damage investigation and recovery support need to be prepared to prepare for natural disasters.

However, the current disaster damage investigation system takes a total of 28 days in the order of self-investigation, preparation of the disaster register, comprehensive investigation, and recovery plan after reporting the damage, and non-experts and actual on-site investigations have not been conducted due to lack of manpower, resulting in inaccurate investigation details and inadequate identification of the cause of the damage. Also, it is not possible to verify the exact location of the affected site and the extent of the damage by point in the disaster report.

Therefore, in this study, flood information, such as the depth of flooding, the area of flooding, and the average level of flooding, as well as topographical and facility information, were integrated into data containing spatial data by utilizing the GIS Tool.

In addition, it was intended to improve the accuracy of the damage calculation by using the accumulated GIS integrated information to present a damage calculation formula that reflects the asset value and subdividing the damage items.

It is expected that this study will enable more systematic flood response by calculating damage accurately and quickly in a short time, and will be used to classify vulnerable areas of flooding and to establish damage recovery plans for vulnerable areas.

Key Words : GIS, Disaster, Flood Damage, Spatial Data, Flood information

* A thesis submitted to the Council of the Graduate School of Kyungpook National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Engineering in December 2020