



## 저작자표시-동일조건변경허락 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.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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](#)

이 자 원 교수지도  
석사학위 청구논문

# 한국 풍수해의 지역적 특성에 관한 연구

2013

성신여자대학교 대학원  
지리학과  
윤 초 룡

# 한국 풍수해의 지역적 특성에 관한 연구

이 자 원 교수지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2013년 5월

성신여자대학교 대학원

지리학과

윤 초 룡

# 인 준 서

윤초롱의 석사학위 논문으로 인준함.

심사위원 \_\_\_\_\_인

심사위원 \_\_\_\_\_인

심사위원 \_\_\_\_\_인

성신여자대학교 대학원

## 논문개요

산업혁명 이래 지구의 평균온도의 지속적인 증가경향과 강우량의 변화는 집중 호우 및 태풍과 같은 재해의 강도에 영향을 주고 막대한 재산피해와 인명피해를 가져오며, 앞으로도 이러한 불가측 자연재해가 문제가 될 것으로 예상된다. 극단적 기상재해는 그 지역마다 피해와 패턴이 상이하기 때문에 국가적인 재해에 대한 이해뿐만 아니라 미시적 관점의 국지적인 재해분석이 필요하다.

본 연구에서는 기후변화로 인해 더욱 심각한 재해가 빈번히 발생할 것으로 예상되는 바, 1981년부터 2010년까지 30년간의 재해 피해 데이터를 구축하여 재해 빈도와 피해액의 경향을 시기별로 알아보고, 지역적 분포가 어떻게 나타나는지 분석하였다. 1980년대에는 남부지방, 1990년대에는 중북부지방, 2000년대에는 동부지방으로 재해 피해가 상대적으로 두드러지는 경향을 발견하였으며, 빈도대비 피해액은 강릉시에서 가장 큰 수치를 보여 30년간 누적피해가 1위로 나타났다. 이에 강릉시를 풍수해 우심지역으로 선정하고 풍수해와 관련이 있는 기후요소인 강우량과 기온 자료를 이용하여 강릉지역의 변화경향을 피해액과 함께 분석하였다. 관측지점은 강릉지점으로 1961년부터 2010년까지의 50년간의 자료를 분석한 결과, 강우값에서 강우강도는 증가하는 선형경향을 보였으며 이러한 결과는 분석기간의 초기보다 후기에 더 크게 나타났다. 기온값 분석결과 연평균기온은 미세하게 상승하였으며, 연평균 최고기온보다 연평균 최저기온의 상승률이 약간 더 높게 나타남을 알 수 있었다. 피해액과 강우량, 기온과의 상관관계를 살펴보면 피해액과 기온 값들은 거의 무시될만한 상관을 보였고 피해액과 강우량 값들 사이에는 뚜렷한 양적 상관관계가 있음을 파악하였다. 강우값과 기온값의 단계적 회귀분석 결과로 연평균 최저기온과 연평균 최고기온이 연강수량에 영향을 미칠 수 있다는 결과가 도출되었으며, 피해액과 기후요소값들 사이의 단계적 회귀분석의 결과로는 강릉의 풍수해 피해액을 설명해줄 수 있는 변수로 24시간 최대강우량만이 선택되었다.

본 연구에서는 1980년대부터 2010년까지의 30년간의 피해액 누적 자료를 이

용하여 자연현상 자체를 파악하였다는 점, 10년 단위의 시기별 풍수해 패턴을 분석한 점, 우심지역 선정 시 광역적 행정구역이 아닌 시군구단위의 행정구역별로 피해액과 발생빈도를 파악한 점에서 의의가 있다. 시군구 단위의 피해패턴과 원인분석을 통한 과거 풍수해 패턴 변화가 주는 의미를 파악하고 실제로 피해액에 영향을 주는 것으로 고려할만한 기후요소를 파악하였다.

본 연구의 한계로는 피해액 산출 시 인문환경을 고려하지 못하였다는 점과 지도화 작업 시 행정구역 수렴에 있어서 30년간의 규모 변화를 고려하지 못했다는 점이다. 향후에는 이러한 피해지역의 변화가 실제 풍수해 피해와 연관이 있는지 지역적 지표를 이용하여 추가적으로 분석할 필요성이 보이며, 지역 특성을 고려한 미시적인 관점에서의 풍수해 대응방안이 필요할 것으로 보인다.

# 목 차

## 논문 개요

<b>I. 서론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구의 배경 및 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	3
3. 연구의 방법 .....	5
1) 용어 정의 .....	5
2) 분석 방법 .....	6
<b>II. 문헌연구</b> .....	<b>13</b>
1. 기후변화에 관한 이론적 배경 .....	13
1) 기후변화의 개념 .....	13
2) 기후변화 연구동향 .....	14
2. 선행연구 고찰 .....	19
1) 기후변화와 자연재해에 관한 연구 .....	19
2) 기후변화와 강우분석에 관한 연구 .....	24
3) 기후변화와 기온분석에 관한 연구 .....	30
<b>III. 풍수해 분석</b> .....	<b>33</b>
1. 발생빈도 분석 .....	33
1) 전국 발생빈도 .....	33
2) 발생빈도의 시기별 변화 .....	37
2. 피해액 분석 .....	41
1) 전국 피해액 .....	41
2) 피해액의 시기별 변화 .....	44

3. 풍수해 우심지역 선정 .....	49
1) 우심지역 선정 근거 .....	49
2) 우심지역 재해 특징 .....	50
<b>IV. 강수량과 기온 분석 .....</b>	<b>54</b>
1. 강우의 연 변화 .....	54
2. 강우 경향성 분석 .....	58
3. 기온의 연 변화 .....	61
4. 기온 경향성 분석 .....	64
<b>V. 풍수해와 강수량 및 기온 분석 .....</b>	<b>67</b>
1. 풍수해와 강수량 및 기온의 상관분석 .....	67
2. 풍수해와 강수량 및 기온의 단계적 회귀분석 .....	70
<b>VI. 결론 .....</b>	<b>73</b>

참고문헌

ABSTRACT

부록

## 표 목차

〈표 1〉 풍수해 데이터 수집자료 .....	8
〈표 2〉 시도별 누적 풍수해 발생빈도, 1981-2010 .....	34
〈표 3〉 시대별 풍수해 발생빈도 .....	35
〈표 4〉 우리나라 풍수해 피해액 순위 .....	42
〈표 5〉 풍수해 건당 피해액의 시도별 순위, 1981-2010 .....	50
〈표 6〉 강릉시 풍수해 분류별 발생빈도와 피해액, 1981-2010 .....	53
〈표 7〉 기상청 관할 연구대상 관측소 .....	54
〈표 8〉 강릉지점 10년 연평균강수량 변화 .....	56
〈표 9〉 강릉지점 10년 평균기온 변화 .....	63
〈표 10〉 기온과 강수량의 상관관계, 1961-2010 .....	68
〈표 11〉 풍수해 피해액 및 기온과 강수량의 상관관계, 1981-2010 .....	69
〈표 12〉 기온과 강수량의 단계적 회귀분석, 1961-2010 .....	71
〈표 13〉 풍수해 피해액 및 기온과 강수량간의 단계적 회귀분석, 1981-2010 .....	72

## 그림 목차

〈그림 1〉 연구의 흐름 .....	12
〈그림 2〉 연도별 풍수해 발생빈도, 1981-2010 .....	33
〈그림 3〉 시군구별 풍수해 발생빈도, 1981-2010 .....	36
〈그림 4〉 시군구별 풍수해 발생빈도, 1981-1990 .....	38
〈그림 5〉 시군구별 풍수해 발생빈도, 1991-2000 .....	39
〈그림 6〉 시군구별 풍수해 발생빈도, 2001-2010 .....	40
〈그림 7〉 풍수해 누적피해액, 1981-2010 .....	41
〈그림 8〉 시군구별 풍수해 누적피해액, 1981-2010 .....	43
〈그림 9〉 시군구별 풍수해 누적피해액, 1981-1990 .....	45
〈그림 10〉 시군구별 풍수해 누적피해액, 1991-2000 .....	46
〈그림 11〉 시군구별 풍수해 누적피해액, 2001-2010 .....	47
〈그림 12〉 풍수해 건당 피해액의 시도별 분포, 1981-2010 .....	50
〈그림 13〉 강릉시 풍수해 피해액, 1981-2010 .....	52
〈그림 14〉 연강수량의 10년 이동평균, 1961-2010 .....	55
〈그림 15〉 10년 평균 강수량의 월별 분포, 1961-2010 .....	56
〈그림 16〉 연강수량의 10년 이동평균, 1961-2010 .....	57
〈그림 17〉 강릉지점 1시간 최대강우량의 10년 이동평균, 1961-2010 .....	58
〈그림 18〉 강릉지점 일최대강우량 10년 이동평균, 1961-2010 .....	59
〈그림 19〉 강릉지점 1시간 최대강우량의 누적평균, 1961-2010 .....	59
〈그림 20〉 강릉지점 일최대강우량의 누적평균, 1961-2010 .....	60
〈그림 21〉 강릉지점 연평균기온 편차의 시계열, 1961-2010 .....	61
〈그림 22〉 강릉지점 기온 변화 경향, 1961-2010 .....	62
〈그림 23〉 강릉지점 연평균기온의 10년 이동평균, 1961-2010 .....	64
〈그림 24〉 강릉지점 연평균 최고기온의 10년 이동평균, 1961-2010 .....	65
〈그림 25〉 강릉지점 연평균 최저기온의 10년 이동평균, 1961-2010 .....	65

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 필요성

산업혁명 이래 지구의 평균온도가 계속적으로 증가함에 따라 예측하기 힘든 극단적 기상재해가 1990년대 이후 더 빈번하게 발생하면서 전 세계적으로 지구온난화와 기후변화가 중요한 환경적 문제로 대두되었다. 기상재해는 1990년대 이전에도 발생하였으나, 최근 몇 십년간의 극단적 재해가 더욱 문제가 되는 이유는 단순히 한두 번 발생하는 사건이 아니라 일종의 경향으로 나타나고 있기 때문이다. 전 지구적으로 보면, 기상측정이 시작된 이래로 가장 온난한 시기가 1980년대와 1990년대였으며, 이러한 비정상적인 온난화 상태가 21세기에 계속되고 있다. 전 지구 평균기온을 살펴보면 1998년은 기기측정에 의한 기상관측이 시작된 이래로 가장 온난한 해였고, 가장 온난한 9개의 연도가 1990년 이후에 발생하였고, 북극 평균기온은 지난 100년 동안 지구 평균의 거의 두 배 속도로 상승했다. 이러한 기온상승은 전구 규모에서부터 지역 규모에 이르기까지 다양한 규모의 지역적 물 순환 과정에 영향을 미치며, 자연 생태계는 물론 인간의 건강과 사회경제적 활동에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

지구온난화와 기후변화로 인하여 극단적인 기상과 기후 현상의 빈도와 강도에 있어서도 기록적인 결과를 가져왔다. 홍수에 관한 사례로 1988년에 방글라데시의 기록적인 홍수는 전체 국토의 80%를 침수시켰으며, 중국에서는 1991년, 1994~1995년, 1998년에 수백만 명에 영향을 미친 치명적인 홍수가 발생하였고, 1993년 미국의 미시시피 강과 미주리 강 유역에서는 역대 기록보다 더 높은 홍수위를 기록하여 오대호 중 한 호수 면적에 해당하는 범위의 지역이 범람했다.<sup>1)</sup> 우리나라의 일 100mm이상의 집중호우 발생빈도는 1997년부터 뚜렷한 증

---

1) 존 휴턴, 2007, 지구온난화, 한울, p. 30.

가 경향을 보이고 있으며, 특히 일 150mm 이상의 호우는 1971~1980년의 기간보다 1992년~2001년의 기간 동안 2배 가까이 증가한 것으로 나타났다.<sup>2)</sup> 기후의 변화가 이상기상에 영향을 주는 것을 고려할 때, 여름철 집중호우와 태풍 및 홍수가 빈번한 우리나라는 기후변화와 무관하지 않다는 것을 의미한다. 우리나라의 팔목할만한 과거 주요 호우 및 태풍피해의 1위부터 20위 중 12건이 1990년대 이후 발생한 재해였으며, 1위로 기록된 2002년 태풍 루사의 경우는 최대 일 강우량이 870.5mm를 기록하여 이재민 6만3천여 명과 5조원에 달하는 피해를 발생시켰고, 1998년의 집중호우는 최대 일 강우량이 481mm를 기록하여 그 피해액은 약 1조2천억 원에 달하였다. 산업혁명 이후의 온도의 증가와 강우량의 변화는 집중호우 및 태풍과 같은 재해의 강도를 증가시키고 막대한 재산피해를 가져올 수 있으며, 이러한 불가측 자연재해가 문제가 될 것으로 예상된다. 이상기상 현상은 예측이 어려우며 지역마다 피해와 패턴이 상이하기 때문에 우선 국가적 규모 재해에 대한 이해가 선행되고, 시기별 재해 피해 경향 파악과 국지적인 재해분석이 효율적일 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 기후변화로 인해 심각한 재해가 더욱 문제가 될 것으로 예상되어 국내의 과거 풍수해 우심지역을 알아보고 우심지역이 실제 기후변화와 관련이 있는 기후요소들과 연관이 있는지 알아보려고 한다.

우리나라는 규모가 크지 않아 한 재해의 발생으로 인해 여러 지역에서 동시다발적으로 광범위한 피해를 입는 경향이 있으나 같은 기간에 발생한 재해라도 지역적 요인이 상이하고 기후변화로 인한 불가측 국지규모의 풍수해에 의한 피해가 증가할 것으로 보여 피해우심지역 또한 특징적으로 나타날 것으로 예상된다. 따라서 우리나라의 과거 풍수해 분석을 통하여 재해의 특성을 알아보고 시대별로 피해 경향이 어떠한지 살펴본 후, 이를 바탕으로 상습적인 풍수해 우심지역을 도출하여 해당 지역의 강수량과 기온의 변화를 분석하여 풍수해 우심지역의 기후변화와의 연관성을 알아보려고 한다.

---

2) 국립방재연구소, 2003, 우리나라 자연재해 발생추이분석 및 대응방안 연구(Ⅰ) -풍수해 장기대응을 중심으로-, p. 95.

## 2. 연구의 목적

우리나라의 재해는 태풍, 집중호우, 대설 등 기상현상과 관련된 재해가 대부분이며, 특히 태풍과 집중호우 등 풍수해에 의한 피해가 자연재해의 약 80% 이상을 차지한다. 우리나라의 태풍과 집중호우는 기존에 겪어왔던 것과는 다르게 예측할 수 없을 정도로 강도가 더욱 급격하게 증가하면서 기록적인 피해를 가져왔으며, 그 영향을 직접적으로 실감할 수 있게 되었다. 집중호우는 공간규모가 작고 예측이 어려워 많은 재산피해를 발생시키며, 태풍은 폭우를 함께 동반하여 낮은 빈도라도 규모에 따라 영향권에 든 지역에 대규모 피해를 발생시킨다. 이러한 풍수해는 기후요소 중 강수량이 가장 큰 영향을 미치는데, 강수량이 클수록 호우강도가 높아져 집중호우로 인한 피해가 커지며, 오랜 기간 큰 강수가 지속적으로 내릴 경우에는 유량의 증가로 홍수발생 가능성이 높아지기 때문이다.

지구 온난화로 인하여 강수량의 변동이 심화되고 대기의 평균상태가 불안정해져 재해의 강도에 있어서도 불규칙이 예상된다. 본 연구에서는 지구온난화로 인한 수문순환의 변화로 물 관련 재해의 강도 및 패턴이 변화한다는 것을 근거하여 다음과 같은 연구목적이 있다.

첫째, 과거 풍수해 피해가 어떻게 나타났는지 시군구 행정구역 단위별로 살펴보고, 시기별 풍수해 피해의 특징을 알아보는데 목적이 있다. 과거의 풍수해 빈도와 피해액을 토대로 풍수해가 지역적으로 어떻게 나타나는지 파악하고, 발생빈도와 피해액을 고려하여 풍수해 우심지역을 선정한다.

둘째, 선정한 풍수해 우심지역의 강우량의 변화를 파악하고자 한다. 강우량과 풍수해 피해의 연관성을 토대로 풍수해가 크게 발생한 지역의 강우량의 변화 경향을 파악하고자 한다.

셋째, 선정한 풍수해 우심지역의 기온 변화를 파악하고자 한다. 기온과 풍수해 피해의 연관성을 토대로 풍수해가 크게 발생한 지역의 기온 변화 경향을 파악하고자 한다.

넷째, 선정된 풍수해 우심지역의 피해와 기후요소 간의 관계를 밝히는데 목적이 있다. 해당 지역의 풍수해 피해액과 강수량 및 기온의 관계를 알아보고자 한다.

### 3. 연구의 방법

#### 1) 용어 정의

본 연구에서 사용하는 용어의 개념을 기존의 정의에 기초하여 재정의 하였다.

기상청에서는 강수량(amount of precipitation)을 비나 눈, 우박등과 같이 구름으로부터 땅에 떨어져 내린 강수의 양으로 정의하고 있다.<sup>3)</sup> 이는 어느 기간 동안에 내린 강수가 땅에 스며들지 않고, 표면에 껴어 있단 가정 아래 그 껴어 물의 깊이를 측정하는 것인데, 비의 경우에는 우량 또는 강우량이라고 한다. 일반적으로 강수는 강우(비)를 포함한 눈, 우박 등 다양한 형태를 가지나, 눈, 우박 등은 그 양을 정확하게 측정하는 것이 어렵고, 주로 강수의 측정이라 함은 강우의 측정을 의미한다.

강우량(rainfall)은 순수하게 비만 내린 것을 측정한 값을 말하며, 본 연구에서는 강우와 관련된 여름철 풍수해를 이용하여 풍수해 우심지역을 선정하므로 포괄적인 의미의 강수량이 아닌 강우량으로 지칭하였다.

풍수해란 바람과 강수로 인하여 야기되는 각종 재해를 말한다. 바람과 강수로 인한 재해를 분리하지 않고 풍수해라고 규정하는 것은 수해 중 상당한 부분이 태풍으로 인한 강풍, 풍랑 및 조수와 무관하지 않기 때문이라고 판단된다.<sup>4)</sup>

자연재해대책법 제2조 제3항에서는 풍수해란 “태풍·홍수·호우·강풍·풍랑·해일·조수·대설 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해”라고 정의하고 있으며, 소방방재청의 재해연보에서는 자연재해대책법의 정의를 바탕으로 풍수해를 세부적으로 호우, 폭풍, 태풍, 호우태풍, 호우폭풍, 폭풍우, 우박, 설(雪)로 분류하고 있다. 본 연구에서는 위의 자연현상 중 풍수해의 재해분류를 강우량과 연관이 있는 호우, 태풍, 호우태풍, 호우폭풍, 폭풍우로 한

3) 기상청 <http://web.kma.go.kr/communication/encyclopedia/list.jsp>

4) 김태균, 2009, 풍수해학, 국립방재교육원, p. 3.

정하였다.

소방방재청에서는 피해우심지역을 선정함에 있어서 재난구호 및 재난복구비용 부담기준 등에 관한 규정 제5조에 따라 선정하고 있는데, 국고의 부담 및 지원을 위하여 최근 3년간의 보통세·조정교부금 및 재정보전금을 합산한 금액의 연평균액을 기준으로 한 시·군·구(자치구를 말함)의 동일한 재난기간에 발생한 피해액이 기준금액 이상<sup>5)</sup>에 해당하는 경우로 정하고 있다. 소방방재청의 우심지역은 재난 복구지원을 위한 일정규모 이상의 피해지역을 선정한 것이며, 본 연구에서는 자연현상 자체를 파악하는 것이므로 소방방재청의 정의와는 다르게 풍수해 우심지역을 위에서 한정된 재해분류로 나타나는 풍수해로 인한 피해 지역 중 보다 상대적으로 피해규모가 크게 나타난 지역을 지칭하는 용어로 사용하였다.

강우강도는 비가 내리는 상태의 강도로 단위 시간 동안의 강우량을 말하며, 단위 시간으로는 보통 1분간을 취하나 이것을 1시간 당 강우량으로 추산하여 mm/hr로 나타내는 일이 많다.<sup>6)</sup> 최대강우량은 지속시간 별 최대로 내린 강우량을 말하는 것으로서 단위는 강우강도를 나타내는 mm/hr를 사용한다. 따라서 본 연구에서는 지속시간별 최대강우량을 강우강도와 같은 의미로 사용하였다.

## 2) 분석 방법

국내에서는 재해 분석 연구에 있어서 강우량의 정량적 분석과 변동경향에 대한 연구에 초점이 맞춰져 있어 사실상 과거 재해피해를 중심으로 한 연구가 많지 않다. 하지만 우리나라는 지리적인 특성이 다양하게 나타나 국지적인 집중호우 등의 예측하기 어려운 재해가 빈번하여 여름철 풍수해 피해가 빈번하여 과거 재

---

5) 보통세등연평균액이 100억원 미만인 시·군·구 : 14억원  
보통세등연평균액이 100억원 이상 350억원 미만인 시·군·구 : 20억원  
보통세등연평균액이 350억원 이상 600억원 미만인 시·군·구 : 26억원  
보통세등연평균액이 600억원 이상 850억원 미만인 시·군·구 : 32억원  
보통세등연평균액이 850억원 이상인 시·군·구 : 38억원

6) 기상청 <http://web.kma.go.kr/communication/encyclopedia/list.jsp>

해분석을 이용한 피해지역의 특성 파악이 의미가 있을 것으로 판단된다. 이에 특정 기간 동안의 풍수해 빈도와 피해액을 시기별로 분석하여 지역적인 패턴의 변화를 살펴보도록 하고, 이를 바탕으로 특정 행정구역을 피해 우심지역 사례로 선정하여 풍수해 피해와 기후요소 간 연관성이 있을 것이라는 가설을 전제로 다음과 같은 연구방법을 적용하였다.

첫째, 시군구 단위의 풍수해 우심지역을 선정하기 위해 과거 재해 자료를 수집하고 지도화하였다. 과거 재해 기록의 수집은 소방방재청에서 발간하고 있는 재해연보를 이용하였으며, 분석 기간은 1981년부터 2010년까지의 30년간의 기록을 이용하였다. 30년을 10년 단위로 나누어 1980년대, 1990년대, 2000년대의 빈도와 피해액의 시대별 재해 발생 경향을 파악하였다. 풍수해 우심지역 파악 시 발생빈도와 피해액으로 나누어 파악하였고, 최종 우심지역사례 선정 시에는 발생빈도 대비 피해액의 순위를 매겨 시군구 단위로 1곳을 선정하였다. 발생빈도 측정은 재해연보에서 기록된 재해 발생 기간 중 해당 시군구에 풍수해 피해액이 발생하였거나 사망, 실종, 부상에 해당하는 인명피해가 1명 이상일 경우 1번의 재해로 측정하였다. 본 연구에서 측정한 발생빈도는 재산 혹은 인명피해를 일으킨 재해만을 측정한 것이어서 피해의 규모는 알 수 없으나, 지도화를 통하여 상대적인 풍수해 지역이 시기별로 어떻게 나타나는지 파악할 수 있다. 풍수해 피해액은 <표 1>과 같이 풍수해 발생연도, 재해시작일과 종료일, 재해분류, 피해 시도, 피해 시군구의 자료와 각 시군구의 총 피해액 데이터를 천원 단위로 정리하였으며, 이를 현재의 행정구역을 기준한 지도로 표현하기 위하여 변경 전 행정구역을 수정하는 작업을 실시하여 피해액을 수렴할 수 있도록 하였다.

**<표 1> 풍수해 데이터 수집 자료**

자료	발행기관	발행연도	구축자료
재해연보 1981 - 1990	건설부	1982 - 1991	재해시작일 재해종료일 재해분류 피해시도 피해시군구 시군구별피해액
재해연보 1991 - 1996	내무부 중앙재해대책본부	1992 - 1997	
재해연보 1997 - 2003	행정자치부 중앙재해대책본부	1998 - 2004	
재해연보 2004 - 2010	소방방재청 중앙재난안전대책본부	2005 - 2011	

정확한 피해액 비교를 위하여 소방방재청의 2011년 재해연보에 부록으로 수록된 2010년 화폐가치기준을 이용하여 각 연도의 피해액을 2010년 화폐 기준으로 환산하여 동일한 화폐가치 하에서 비교하였다. 구축된 풍수해 발생빈도와 피해액을 ArcGIS ver.9.3.1을 이용하여 시군구 단위의 행정구역별로 내삽하여 지도화하였다. 풍수해 특성 및 지역분포 파악 시 발생빈도와 피해액으로 나누어 살펴보았으며, 발생빈도 대비 피해액을 분석하여 최종적으로 풍수해 우심지역을 사례지역으로 선정하고 해당지역의 재해특징을 살펴보았다.

둘째, 위의 자료로 선정한 풍수해 우심지역에 대해 강우량과 강우강도의 변화가 있는지 파악하기 위하여 강우의 연 변화와 해당 관측소의 1시간, 24시간 최대강우량을 분석하였다. 강우량 자료는 자료 확보가 용이하고 관측 자료의 신뢰성이 확보되어 있는 기상청의 종관기상관측 시간 값 전산자료를 이용하였으며, 분석기간은 해당 관측소의 강우량의 시간값이 존재하는 1961년부터 2010년까지 50년으로 설정하였다. 우선적으로 선정된 우심지역의 전반적인 통계적 특성을 파악하기 위해 강우량의 시계열을 나타내었다. 기후자료를 일반적인 시계열로 나타낼 경우 자료의 요란과 불연속이 나타나기도 하는데, 평균하여 기간을 밀어가는 단순이동평균법(simple moving average)을 이용하면 해마다 작은 요란을 생략하고 시계열을 파악할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 강우량의 시계열 변화를 나타내기 위하여 10년 이동평균법을 이용하였으며, 모형식은 다

음 (식 1)과 같다.

$$\overline{X}_m = (X_t + X_{t+1} + \dots + X_{t+(m-1)})/m \dots\dots\dots (식 1)$$

여기서,  $\overline{X}_m$ : 이동평균,  $t$ : 연도,  $X_t$ :  $t$ 연도의 최대강우량,  $m$ : 기간(10년)

다음으로 강우강도의 증가 경향이 통계적으로 유의하게 나타나는지 알아보기 위해 국립방재연구소의 FARD 2006을 이용하여 1시간, 24시간 최대강우량을 산정하였으며, 산정한 시계열 자료가 가지고 있는 증가 또는 감소의 전반적 경향성 여부를 알기 위해 Grapher ver.3.0을 이용하여 선형 경향성을 확인하였으며, 회귀선과 식을 그래프에 나타내었다.

셋째, 선정된 풍수해 우심지역에 대해 기온의 변화가 있는지 파악하기 위하여 해당관측소의 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온을 분석하였다. 기온자료는 기상청에서 제공하는 종관기상관측 일 값 전산자료를 이용하였으며, 기간은 1961년부터 2010년까지 50년으로 하였다. 우선적으로 선정된 우심지역의 전반적인 통계적 특성을 파악하기 위해 기온의 시계열을 나타내었으며, 50년 기간의 편차의 시계열과 10년 단위의 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온을 분석하여 기온의 변화를 파악하였다. 다음으로 기온의 선형 경향성을 파악하기 위하여 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온의 10년 이동평균값을 Grapher ver.3.0을 이용하여 선형 경향성을 확인하였으며, 회귀선과 식을 그래프에 나타내었다.

넷째, 선정된 풍수해 우심지역의 피해액과 강수량 및 기온의 관계를 도출하기 위하여 풍수해피해액, 연강수량, 1시간 최대강우량, 24시간 최대강우량, 연평균기온, 연평균최저기온, 연평균최고기온을 이용하여 단순상관분석과 단계적 회귀분석을 실시하였다. 먼저 피해액과 강수량 및 기온의 상관관계를 통계적으로 알아보기 위하여 자료를 표준화하였으며, 표준화된 값을 피어슨의 단순상관계수 (Pearson's simple correlation coefficient)를 이용하여 상관분석

(Correlation Analysis)을 실시하였다. 피어슨의 상관계수는 다음 (식 2)<sup>7)</sup>과 같이 계산된다.

$$\text{상관계수 } r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \dots\dots\dots \text{(식 2)}$$

상관분석 시 풍수해 피해액과 같이 고려하기 위해서 강수량과 기온값의 분석기간을 동일하게 1981년부터 2010년까지로 하였다.

상관분석 시 변수는 피해액, 연강수량, 1시간 최대강우량, 24시간 최대강우량, 연강수량의 10년 이동평균, 1시간 최대강우량의 10년 이동평균, 24시간 최대강우량의 10년 이동평균, 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온, 연평균 기온 10년 이동평균, 연평균 최고기온의 10년 이동평균, 연평균 최저기온의 10년 이동평균으로 두고 각 변수간의 상관관계를 분석하였다.

다음으로 기후요소 중 피해액에 유의한 설명력을 가지는 변수를 찾기 위하여 다중회귀분석(Multiple regression) 중 단계적 회귀분석(Stepwise regression analysis)을 실시하였다. 단계적 회귀분석 시 독립변수들 중 종속변수를 잘 설명해 줄 수 있는 변수들만 선택되며, 단계선택의 기준(입력할 F의 확률 <= .050, 제거할 F의 확률 >= .100)에 따라 통계적으로 유의하지 않은 독립변수는 제외된다. 본 연구에서는 풍수해 피해액을 가장 잘 설명할 수 있는 기상자료를 찾기 위하여 실시하였으며, 모형식은 다음 (식 3)<sup>8)</sup>과 같다.

$$Y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i + e_i \dots\dots\dots \text{(식 3)}$$

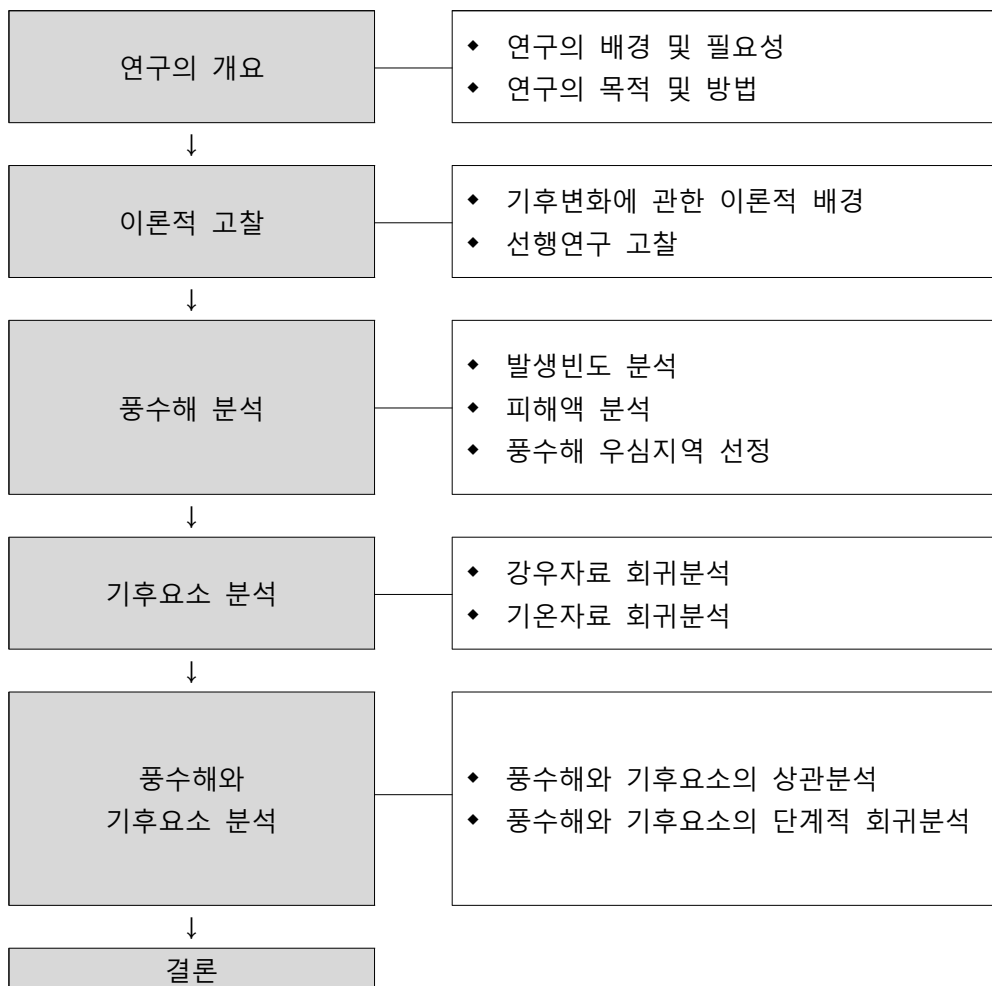
여기서,  $\beta_1, \beta_2, \beta_i$ 는 독립변수  $x_1, x_2, x_i$ 와 관련된 회귀계수,  $e_i$ : 오차또는 잔차

7) 이원준, 김태웅, 2010, 통계학개론, 신영사, p. 252.

8) 이원준, 김태웅, 2010, 전계서, 신영사, p.283.

단계적 회귀분석 시 풍수해 피해액 자료 기간과 강수량과 기온값의 분석기간을 동일하게 1981년부터 2010년까지로 하였다. 종속변수는 풍수해 피해액에 두고 독립변수를 연강수량, 1시간 최대강우량, 24시간 최대강우량, 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온에 두어 피해액과 기후요소 간에 설명력이 있는지 파악하였다.

본 논문의 연구 흐름은 다음 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구의 흐름

본 연구에서는 소방방재청에서 발간하는 재해연보를 이용하여 1980년대부터 2010년까지의 30년간의 피해액 누적 자료를 이용하여 10년 단위의 시기별 풍수해 경향과 분포를 분석한 점, 우심지역 선정 시 광역적 행정구역이 아닌 시군구 단위의 행정구역별로 피해액과 발생빈도를 파악한 점에서 의의가 있다. 시군구 단위의 피해패턴과 원인분석을 통한 과거 풍수해 패턴 변화가 주는 의미를 파악하고 실제로 피해액에 영향을 주는 것으로 고려될만한 기후요소를 파악하였다.

## II. 문헌연구

### 1. 기후변화에 관한 이론적 배경

#### 1) 기후변화의 개념

기후란 어느 지역에서 장기간의 걸친 기상의 평균상태이며, 이러한 기후의 변화가 1990년대 이후 주목받는 이유는 과거의 그것과는 다르게 변화폭이 크게 나타나 변화의 영향이 재해라는 직접적인 결과로 나타나기 때문이다.

세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)에서는 평년의 기후를 30년간의 평균치로 규정하고 있는데, 이를 바탕으로 이상기후란 과거 30년간에 관측되지 않았던 정도로 특이한 기온과 강수량 등이 평년치에서 표준편차의 2배 이상을 보였을 때, 혹은 월 강수량이 30년에 1회 정도로 발생했을 때로 정의한다. 이러한 이상기후가 문제가 되는 이유는 30년 빈도의 정상성에서 벗어난 기후를 말하는 것이 아니라, 100년에 1번, 200년에 1번 정도의 빈도로 생기는 이상기후가 빈발하고 있기 때문이다.<sup>9)</sup> 이러한 현상에 대한 원인으로 자연적인 원인뿐만 아니라 인간에 의한 인위적인 원인도 있을 것이라는 연구가 보고되면서, 유엔기후변화 협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)은 기후변화를 전 지구 대기의 조성을 변화시키는 인간의 활동이 직접적 또는 간접적으로 원인이 되어 일어나고, 충분한 기간 동안 관측된 자연적인 기후변동성에 추가하여 일어나는 기후의 변화로 정의하고 있다.<sup>10)</sup> 기후변화에 관한 정부간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서는 더 포괄적인 범위로 기후변화를 수십 년 또는 그 이상과 같은 장기간에 걸친 기간 동안 지속되면서,

9) 김연옥, 1998, 기후변화, 민음사, p. 295.

10) IPCC, 2007, Climate Change 2007: Synthesis Report, Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.)], IPCC, Geneva, Switzerland, p. 30.

기후의 평균상태나 그 변동 속에서 통계적으로 의미 있는 변동을 뜻하며, 그 변화가 일반적으로 10년 이상 지속되는 것이라고 정의하였다. IPCC는 인간 행위로 의한 것이든 자연적인 변동(variability)이든 시간의 경과에 따른 기후의 변화를 모두 포함하는 것이며, UNFCCC의 정의는 인간 활동에 의한 기후변화와 주로 자연적 원인에 의해 일어나는 기후변동성을 구분하였다.

정리하자면 기후변화는 그 원인이 자연적인 원인이든 인위적인 원인이든 수십 년 혹은 그 이상 오래 지속되는 온도, 강수량, 바람과 같은 평균적인 기후상태의 통계적으로 상당한 변화를 뜻한다고 할 수 있다.

## 2) 기후변화 연구동향

기후변화와 관련된 연구는 전 세계적 환경문제의 화두로 떠오르기 이전부터 여러 분야에서 다수 존재해왔다. 19세기의 기후변화 연구는 지리학, 기후학, 지질학, 천문학, 우주학, 화학 등 다양한 분야에서 진행되었으며, 주로 기후변화를 자연적인 원인이나 현상을 파악하는 경향으로 크게 빙하기에서 간빙기로의 변화에 초점을 맞춘 장기간의 기후변화에 대한 연구가 주를 이루었다. 19세기에는 기후변화를 빙하 주기 및 빙하의 생성과 소멸 등의 지질시대의 변화로 보는 경향이 강하였고, 단기 간의 기후변화와 지구온난화를 설명하는 여러 가설들과 연구결과는 주목받지 못하였다. 20세기 후반에 이르러 기후변화 및 온난화의 원인이 인간의 화석연료 사용이 영향을 주었을 것이라는 다양한 연구결과가 발표되면서 생태계변화, 이상기후 발생, 오존층 파괴, 온난화현상 등의 영향에 대한 연구가 진전되기 시작하였다. 이러한 연구와 더불어 산성비 현상, 온난화로 인한 이상기후 현상 등의 문제를 실제적으로 체험할 수 있게 되면서 지구 환경문제가 심각한 상황에 이르렀다는 인식이 확산되기 시작하였다.

지구의 대기 구성성분의 변화와 지구온난화의 관계를 설명한 초기의 연구는 Tyndall, J.(1859), Arrhenius, S.(1896), Callender, G.S.(1938), Plass,

G.N.(1956), Charles D.K.(1960)등에 의해 이루어지면서, 대기 구성성분의 변화는 오늘날까지 가장 영향력 있는 기후변화의 원인으로 받아들여지고 있다.

Tyndall, J.(1859)<sup>11)</sup>는 다양한 가스의 방사성분에 관하여 연구하여 수증기, 이산화탄소 및 오존의 분자가 열 방사선을 가장 많이 흡수하는 가스라는 것을 발견하였으며, 이 중 수증기가 복사열의 가장 강한 흡수체라고 주장하였다. 이들 기체는 지구의 표면 온도를 조절하는 가장 중요한 가스라고 결론지었고 이러한 수증기와 이산화탄소의 변화가 기후변화에 관련이 있을 것이라고 추측하였다.

Arrhenius, S.(1896)<sup>12)</sup>는 온실효과를 통해 대기 이산화탄소 수준 변화가 실질적으로 지구의 온도를 변화시킬 수 있다고 주장한 첫 과학자였다. Arrhenius는 이산화탄소의 수량이 기하급수적으로 증가하는 경우, 온도의 증가율 또한 등차급수적으로 증가한다고 하였으며, 이 공식은 현재까지도 이용되고 있다. 그는 이산화탄소가 반으로 줄면 유럽의 온도는 약 4-5℃ 감소, 이산화탄소가 두 배로 증가할 경우 온도는 5-6℃ 증가할 것이라고 하였다. 그는 CO<sub>2</sub> 방출에 대한 인간의 영향이 새로운 빙하기에 접어드는 것으로부터 방해하기 충분하다고 밝혔으며, 산업시설에 의해 거대한 연소가 자각할 수 있을 정도로 대기 중 이산화탄소의 비율을 증가시킨다고 하였다. 그는 화석연료로부터 이산화탄소의 방출이 지구 온난화에 영향을 미칠 것이라고 주장한 최초의 학자였으나, 당시 그의 연구에서 미래의 온난화 가능성은 주요 포인트가 아니라 빙하기의 원인에 대한 것이 논의의 중심이었다.

Callendar, G.S.(1949)<sup>13)</sup>는 19세기부터의 대기의 자료를 수집하여 온난화의 진행을 연구하였으며, 20세기 초 수십 년간 0.5℃의 온난화추세를 밝혔다. 그는 지난 몇 백 년 간 가스의 집중이 약 10% 정도 증가하였음을 밝혔으며, 이는 지구온난화에 기여한다고 주장하였다. Callendar는 이산화탄소가 두 배로 증가할 경우

---

11) Tyndall, J., 1859, "Note on the Transmission of Radiant Heat through Gaseous Bodies", *The Royal Society of London, Proceedings of the Royal Society of London*, 10, pp. 37-39.

12) Arrhenius, S. 1896, "On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground", *Philosophical Magazine and Journal of Science*, Series 5, Vol.41, No.251, pp. 237-276.

13) Callendar, G.S., 1949, "Can Carbon Dioxide Influence Climate?", *Weather*, 4(10), pp. 310-314.

다음 세기에 점진적으로 약 2°C가 증가할 것이라고 하였으며, 산업으로 인한 배출이 이미 Arrhenius의 시기보다도 더 많아지고 있다는 것을 발견하였으며, 오늘날에는 대기에서의 이산화탄소 집중이 증가하여 온도에 영향을 미친다는 이론은 ‘Callendar 효과’ 라고 불린다. 하지만 이 시기에든 물론 미래의 온난화보다도 지난 빙하기의 변화를 밝히는데 초점을 두고 있었으며, 당시 그의 연구는 기상학자들의 주목을 받지 못하였다.

1950년대 중반 이후 Plass, G.N.(1956)<sup>14)</sup>는 초기 기후변화의 이산화탄소이론에 기여한 이론물리학자이다. 그는 Arrhenius와 Callendar에 이어 적외선 흡수, 탄소 순환의 지구화학과 컴퓨터 모델링을 연구하였다. 그는 대기 중 이산화탄소 농도가 2배가 될 경우 약 3.6°C가 증가하고 반으로 줄어들 경우 약 3.8°C가 감소한다는 연구결과를 밝혔다. 하지만 대기 중 0.03%정도의 이산화탄소가 그 정도의 온도상승 효과를 가져올 수 있다고 믿는 사람은 거의 없어 그의 연구는 주목받지 못하였다.

1960년대까지는 대부분의 과학자들은 이러한 온실가스 효과가 빙하기를 가져오는데 원인이 된다고 생각하지 않았으며, 지구 궤도 변화와 관련된 밀란코비치 사이클이 더 유력한 원인으로 받아들여졌다. 밀란코비치 사이클은 Milankovitch, M.(1920)<sup>15)</sup>에 의해 연구된 태양복사로 생기는 열 현상에 관한 수학 이론이다. 그는 지구에 도달하는 태양의 일사량을 과거로 올라가 계산한 결과로 수만 년 동안 지구 궤도의 형태나 지축의 기울기가 변하여 일사량에 변화를 일으키고, 빙기와 간빙기의 교대가 일어난다고 주장하였다. 그가 당시 주장하였던 천문학적 이론은 이후 빙하코어, 해저퇴적물 등의 축적자료로 주기가 거의 일치하는 연구들(Hays, J.D et al, 1976<sup>16)</sup> 외 다수)이 나타나면서 지금까지도 지지되고 있다.

Charles, D.K.(1960)<sup>17)</sup>은 남극에서 대기의 이산화탄소의 동위원소와 집중을 측

---

14) Plass, G.N., 1956, “The Carbon Dioxide Theory of Climate Change”, *Tellus*, 8(2), pp. 140-154.

15) [http://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch\\_cycles](http://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch_cycles)

16) Hays, J.D. et al, 1976, “Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages”, *Science*, New Series, 194(4270), pp. 1121-1132.

17) Charles D.K., 1960, “The Concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in the

정하여 대기 중 이산화탄소가 온실효과를 가져와 지구 기온을 상승시킨다는 것을 밝혀냈다. 이산화탄소와 기후변화의 관계에 대하여 당시 큰 관심이 없었음에도 불구하고 온실 효과에 의해 지구 기온이 상승한다는 것이 확인되면서, 1965년 미국 대통령 자문위원회에서는 이 온실 효과를 국가적인 관심이 필요한 환경 문제로 채택하기에 이르렀다.

Molina, M.J. et al(1974)<sup>18)</sup>는 염화플루오린화탄소(CFCs) 기체가 오존층을 파괴하는 촉매작용을 한다는 주장을 발표했다. CFCs기체가 꾸준히 증가하면서 화학적으로 40-150년 간 대기에 남아있을 수 있으며, 현재의 수준보다 약 10-30배 정도로 집중될 것으로 예상되며, 이는 성층권으로 올라가 태양 복사에 의해 분해되어 오존을 대량으로 파괴할 수 있다고 하였다. 이후 1976년과 1978년 미국 과학 아카데미(National Academy of Sciences)는 이들의 발견에 동의하고, 미국 내에서 CFCs로 만든 에어로졸의 사용을 금지했으며, 뒤이어 노르웨이, 스웨덴, 캐나다에서 CFCs가 들어있는 제품 사용이 금지되었다.

Jones, P.D. et al(1986)<sup>19)</sup>은 1861년부터 1984년까지의 전지구 온도 변화를 연구하였다. 지구 온도는 기후변화로 인하여 온난한 경향으로 변화하고 있고 가장 더웠던 시기는 1980, 1981, 1983년이며, 가장 더웠던 9개 해 중 5개가 134년간의 기록 중에서 1978년 이후에 나타났음을 알았다. Jones는 이러한 현상이 증가하는 이산화탄소와 다른 온실가스의 증가에 의한 것이라는 가설을 세웠다.

이산화탄소의 기후변화 영향에 관한 연구는 많은 논란을 거쳤으나 80년대 후반부터 산업화로 인한 이산화탄소의 기하급수적인 배출로 인하여 현재까지 지지받는 이론이 되었다.

기후변화 및 온난화 관련하여 전 세계적으로 관심을 갖게 된 계기는 1990년 제네바에서 열린 2차 세계기후회의와 1992년 리우데자네이루에서 열린 유엔환경개발

---

atmosphere” , *Tellus*, 12(2), pp. 200-203.

18) Molina, M.J., 1974, “Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone” , *Nature*, 249, pp. 810-812.

19) Jones, P.D. et al, 1986, “Global temperature variations between 1891 and 1984” , *Nature*, Vol 322, pp. 430-434.

회의(United Nations Conference on Environment and Development, UNCED)였다. 1992년의 리우회의는 지구온난화에 대한 중요한 국제회의로 기후변화와 지구온난화의 문제는 최우선으로 해결해야 할 인류 전체의 문제임을 자각하고 해결방안을 촉구해야 한다고 하였으며, 환경문제를 범지구적으로 중요한 문제로 인식하는 계기가 되었다. 회의의 목적은 기후변화의 가속화 원인이 온실가스에 있다고 보고 온실가스의 농도를 안정화하는 것이었으며, 이후 1997년에 교토의정서를 채택함으로써 선진국에 대한 법적 구속력이 있는 온실가스 감축의무가 부여되었다. 이러한 논의는 온실가스로 인한 기후변화와 인간의 영향에 대한 인정으로 전 세계적인 관심이 온실가스로 인한 기후변화에 보다 더 초점이 맞춰지게 되었다. 기후변화에 대한 범국제적인 행동이 촉구되고 경각심을 갖게 되면서, 전문가 및 각국 정부의 검토를 거쳐 최종 승인되는 IPCC의 기후변화 보고서 내용은 지구환경변화와 관련된 국제협약과 의정서 등을 채택함에 있어 매우 중요한 과학정보로 활용되고 있다. IPCC의 2007년 제4차 종합보고서<sup>20)</sup>에 따르면 현재까지 불확실성이 존재하나 인위적 기후변화는 확실시됨을 강조하였고, 이는 기후변화 및 지구온난화에 대한 인간의 영향이 범국가적으로 인정된 것이라고 평가할 수 있다. 여러 논문과 전문가 및 각국 정부의 검토를 거친 IPCC의 보고서 이후, 기후변화 관련 연구는 자연적 기후변화보다 인위적 기후변화에 더 초점이 맞춰지는 경향이다.

---

20) IPCC, 2007, 전제서, p. 104.

## 2. 선행연구 고찰

### 1) 기후변화와 자연재해에 관한 연구

1980년대 이후부터 비정상적으로 온난한 추세가 지속되었는데, 전 지구적으로 보면 약 100년 전 정확한 기상관측이 시작된 이래로 가장 온난한 시기가 1980년대 이후에 집중되어 있으며, 이러한 비정상적 상태가 현재에도 지속되고 있다. 또한 이 시기에는 극단적인 기상과 기후현상의 빈도와 강도에 있어서도 기록적이었는데, 이러한 기후의 비정상성이 진행됨에 따라 기후변화와 재해에 관하여 많은 연구가 진행되었다. 기후변화가 수문학적 극한 사상에 미치는 잠재적 영향은 많은 관심을 끌어왔으며, 많은 연구들이 전 지구적 온난화로 인하여 극한 수문사상의 규모 및 빈도가 증가한다는 결과를 보여주었다.

Karl and Knight(1998)<sup>21)</sup>은 1910년부터 1995년까지의 기간 동안의 미국 182개 지점의 최고 월 강수량과 일 강수량을 이용하여 9개 지역으로 구분한 미국의 강수량 변화와 계절 변화를 파악하였다. 이 중 4개 지역에서 통계적 유의성 내 증가하는 선형추세가 있음을 파악하였으며, 국가적으로 약 7% 정도의 증가가 나타났음을 파악하였다. 또한 집중호우를 가장 심한 강도와 중간 강도를 구분하여 9개 지역을 살펴본 결과, 심한 강도의 집중호우는 국가적으로 7%의 증가정도를 보였으며, 중간 강도의 호우는 약 1% 감소했음을 파악하였다.

Meehl, G.A. et al(2000)<sup>22)</sup>은 이상기후에서 온실가스의 효과를 역설하였다. 온실가스가 기온과 강수량 등에 영향을 주어 열대성 사이클론과 같은 재해에 큰 영향을 미칠 것이며, 이는 다시 기후시스템 사이클에 지속적인 영향을 줄 것이라고 설

---

21) Karl T.R. and Knight R.W., 1998, "Secular Trends of Precipitation amount, frequency, and intensity in the United States", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(2), pp. 231-241.

22) Meehl, G.A. et al, 2000, "Trends in Extreme Weather and Climate Events: Issues Related to Modeling Extremes in Projections of Future Climate Change", American Meteorological Society, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3), pp. 427-436.

명하였다.

Emanuel, K.A.(2003, 2005)<sup>23)</sup>은 열대성 사이클론의 발생과 변화경향에 대해 연구하여 지구온난화가 진행됨에 따라 해수면온도가 상승하기 때문에 열대성저기압이 표준적인(normal) 것 보다 더 활동이 증가할 것이라고 주장하였다. 엘니뇨와 라니냐, 지구온난화, 해수면온도의 변화 양상과 열대성저기압을 보아 지난 30년간 예로 북태평양의 열대성저기압이 약 50% 증가한 것과 같이 평균적으로 폭풍의 강도는 증가하였으며, 소멸 시까지 더 긴 기간이 걸린다고 밝혔다. 또한 열대 해수 온도가 약 1℃가 상승할 경우 열대성저기압의 최대풍속은 약 5%가 증가한다고 결론지었다. 이러한 열대성저기압의 강도와 수명의 증가는 미래의 온난화와 더불어 상승추세를 강조하여, 연안인구의 관리가 필요할 것이며, 열대성저기압과 관련된 손실이 증가할 것이라고 주장하였다.

국립방재연구소(2003)<sup>24)</sup>는 풍수해를 중심으로 우리나라 자연재해 발생추이를 분석하기 위하여 조선시대부터 풍수해 기록을 조사하였다. 조선시대 피해우심지역은 남부해안지역, 강원도, 경상남도로 현재와 일치하고 최근 연속적인 대규모 풍수해 발생은 장기적으로 집중피해기간에 진입한 것으로 보아 정상적인 자연 순환과정이라고 의미를 부여하였으며, 앞으로 풍수해는 이러한 최근의 추세를 유지하거나 또는 기후변화로 인하여 증가할 전망이라고 하였다.

Alexander, L.V. et al(2006)<sup>25)</sup>은 전 세계 지역의 1951년부터 2003년까지의 강우량과 기온자료 분석을 통하여 70%이상의 지표에서 열대야의 발생이 상당히 증가하였고, 강수량은 광범위하게 증가하는 경향이라고 밝혔다. 모든 지역의 경향성이 통계적으로 유효하지는 않지만, 대부분의 강수 지수는 지난 세기에 걸쳐서 습윤 상태의 경향을 보여준다고 결론지었다.

---

23) Emanuel, K.A., 2003, "Tropical Cyclones", *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 31, pp75-104., Emanuel, K.A., 2005, "Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years", *Nature*, 436(4), pp. 686-688.

24) 국립방재연구소, 2003, 우리나라 자연재해 발생추이분석 및 대응방안 연구(I) -풍수해 장기대응을 중심으로-.

25) Alexander, L.V. et al., 2006, "Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation", *Journal of Geophysical Research*, 111: Issue D5, 16, pp. 1-22.

홍지혜 외(2006)<sup>26)</sup>는 홍수의 지역적 취약성을 과거 20년(1981~2000)간의 홍수 피해액을 광역행정구역을 바탕으로 평가하였다. 홍수해 전체 피해액의 경향은 특별히 증가하거나 감소한 것을 발견하지 못하였으며, 행정구역 중 서울시, 인천시를 포함한 6개 광역시는 인구집중이 높고 산업 및 경제 집중도가 높음에도 불구하고 지난 20년간 홍수 피해율이 상대적으로 매우 낮음을 밝혔다. 또한 과거에는 홍수 피해가 남부지방에서 주로 일어났으나, 연구기간 최근에는 강원도와 경북의 산간지역을 중심으로 한 북부지방의 피해가 증가하고 있음을 밝혔다. 또한 침수면적과 피해액의 상관관계를 분석한 결과, 경남과 같이 평야가 많은 지역에서 상관성이 높게 나타났는데, 이러한 결과는 20년 동안 홍수로 인한 피해가 뚜렷한 증가세를 보인 것은 아니나 피해 경향의 변화를 보여주며, 상대적으로 남부보다 북부지역이 홍수에 취약해졌음을 유추할 수 있다고 밝혔다. 이는 과거 홍수에 대한 대책이 침수지역을 줄이는 방향으로 수립되어 국가적으로 동일한 대응방안이 적용되었기 때문에 상대적으로 북부지역에서 취약성이 덜 경감되었음을 밝히고, 홍수패턴의 변화에 따라 대응방안의 변화 또한 필요함을 강조하였다.

박종길 외(2006)<sup>27)</sup>는 한반도에 영향을 주는 태풍의 통계적 특성의 변화를 찾기 위하여 50년간(1954~2003)의 태풍발생빈도와 대기 및 해수면 온도의 변화를 분석하였다. 한반도에 영향을 주는 태풍의 수는 10년 이동평균값 결과, 1990년대에 들어서에는 증가하는 추세로 해수온도 상승과 무관하지 않음을 밝혔다. 한반도에 영향을 미친 태풍을 7가지로 분류하여 태풍의 발생 수를 살펴보면 남부와 동부지역에 피해를 주는 태풍의 수가 늘어나고 있고 그 피해 규모도 점차 증가하고 있다고 결론지었다.

IPCC(2007)<sup>28)</sup>는 1988년부터 총 4차례에 걸친 보고서를 발간하여 기후변화에 대한 현상 분석 및 영향 평가 등을 실시하였다. 본 협의체의 연구결과에 따르면,

26) 홍지혜 외, 2006, “홍수피해에 따른 지역적 취약성 변화 분석”, 한국환경정책연구원, 환경정책연구, 5(4), pp. 1-18.

27) 박종길 외, 2006, “한반도에 영향을 주는 태풍의 통계적 특성 변화”, 대한기상학회, 대기, 16(1), pp. 1-17.

28) IPCC, 2007, 전제서.

100년(1906~2005년)동안 0.74도 상승하였으며, 최근 50년간 지구온난화 추세는 0.13도/10년으로 최근 100년간 추세의 2.3배에 해당한다고 밝혔다. 또한 강수량은 20세기동안 육지 강수량이 전 지구적으로 약 1%의 증가를 보였으며, 전망으로는 강수량이 고위도에서 증가 가능성이 매우 높을 것으로 전망하였다. 이에 대기순환 및 극값에 대해서는 열대저기압이 더욱 강해질 가능성이 높고, 열대 해수면 온도의 지속적인 상승과 더불어 호우 및 최대풍속이 증가할 전망이라고 하였다. 또한 고온극한, 열파, 호우는 지속적으로 빈발할 가능성이 매우 높다고 밝혀 기후의 변화가 극값에도 영향을 주고 있음을 서술하고 있다.

김동은 외(2008)<sup>29)</sup>는 세계재난통계연구센터(CRED)의 1900년대부터 2005년까지의 전 세계 자연재해 발생건수를 재해 유형별로 분석하였다. 자연재해 추이는 홍수, 태풍, 가뭄 등과 같은 수문기상학적 자연재해의 발생건수가 가장 많은 것으로 나타남을 확인하였으며, 지질학적 재해에 비해 발생 건수가 빠른 속도로 증가하며 이로 인한 인명피해도 증가추세에 있음을 확인하였다. 이러한 수문기상재해 발생 빈도의 증가는 기후변화와 밀접한 관련이 있을 것으로 파악되며, 국가의 재해대응 방재능력과의 관련이 있을 것임을 추정하고, 향후 수문기상재해위험 경감을 위한 방안이 고려되어야 함을 제안하였다.

이승호 외(2008)<sup>30)</sup>는 강원도 산지지역의 자연재해 빈도 및 피해액의 분포 특성을 파악하여 지도화하고, 이와 관련된 기후요소인 기온, 강수량, 적설량, 풍속 등을 분석하였다. 2003년부터 2007년 동안 강원도 산지지역에서 호우재해가 가장 많음을 확인하였으며, 강수량의 이동평균 값과 강수강도(일 강수량) 및 호우일수는 증가하였고 2000년대에 들어서 강수강도의 증가 경향이 뚜렷함을 확인하였다.

김연희 외(2009)<sup>31)</sup>는 호우의 강도와 피해에 대한 충분한 연구가 없음을 지적하며, 호우 강도가 재해 피해액과 연관이 깊으나 지역에 따라 피해가 다르게 나타난

29) 김동은 외, 2008, “전 세계 자연재해 추이 및 유형 분석”, 한국수자원학회, 한국수자원학회 논문집, 41(2), pp. 56-61.

30) 이승호·이경미, 2008, “강원도 산지지역의 자연재해 분포 특성”, 대한지리학회, 대한지리학회지, 43(6), pp. 843-857.

31) 김연희 외, 2009, “한반도 재해피해와 호우의 재현주기”, 건국대학교 기후연구소, 기후연구, 4(2), pp. 96-109.

다고 하였다. 1973~2007년의 기간 동안 한반도 9개 지역에 대한 집중호우 빈도 수 및 재해피해액과 강수량의 관계를 분석하였으며, 검벨분포와 와이블 분포를 사용하여 극값의 분포를 살펴보고, 재현주기를 분석하였다. 집중호우 빈도는 사례 지역 모두에서 증가하는 추세가 나타나며, 특히 강원지역에서 빈도수 증가가 1.75/35yr로 가장 큼을 확인하였다. 도심지역은 강수량이 증가함에 따라 재해피해액이 서서히 증가했지만, 충북, 전북지역은 주의보 이상에서 피해액의 규모가 커짐을 확인하였다. 결과적으로 지리적인 환경, 인프라 및 취약성을 포함한 면밀한 조사로 호우 특보의 기준을 지역에 따라 세분화하는 것이 필요하다고 강조하였다.

장재연(2009)<sup>32)</sup>은 기상재해 발생빈도와 강도 및 피해규모가 어떠한 변화를 보이고 있는지를 분석 및 평가하였다. 결과로 1971년부터 2007년까지 한국의 평균기온은 1.44℃ 증가하였으며 계절별로 겨울(12-2월)의 상승폭이 가장 컸고, 강수량은 여름철이 상승, 가을, 겨울, 봄의 강수량은 오히려 감소하였다. 재해 발생빈도는 기상연보를 활용하여 호우, 태풍, 폭풍, 설해, 기타로 분류하였다. 발생빈도는 1990년 이후 감소하나 재해 당 평균지속기간은 증가추세를 보였으며 2000년 이후는 급증하였다. 국내에서 발생한 20대 중대재해 피해액의 62%가 2001~2006년에 발생하여 최근 피해규모가 커지고 있음을 밝혀 기온상승과 강수량 변화 등의 기후 변화가 일어나고 있어 재해피해규모와 피해가 커지고 있다고 하였다.

설동일(2010)<sup>33)</sup>은 1951년부터 2008년까지 기간동안 태풍의 발생 수 및 이동경로의 변화경향을 분석하였다. 태풍의 연별 발생 수는 시간이 흘러감에 따라 서서히 감소하는 경향을 보여 특히 1998년 이후에 태풍의 발생 수가 상대적으로 감소하는 경향을 보였다. 태풍의 세기는 태풍의 일생 중 가장 강한 최대풍속을 연별로 평균하여 분석한 결과, 해가 지나면서 매우 서서히 강해지는 경향을 보였으며, 2000년에서 2006년까지는 연 평균 최대풍속이 지속적으로 강해지는 특성을 보인다고 밝혔다.

---

32) 장재연 외, 2009, “한국의 기후변화와 기상재해 발생 및 피해 경향 분석”, 한국환경독성보건학회 2009년 추계학술대회 논문집, p. 205.

33) 설동일, 2010, “지구온난화와 태풍의 변화 경향. 한국항해항만학회”, 한국항해항만학회지, 34(6), pp. 453-458.

이자원 외(2011)<sup>34)</sup>는 기후변화로 재해양상의 변화가 일어나고 있음을 전제로 방재에 취약한 저소득국가를 사례로 재해분석을 실시하였다. 베트남의 1989~2008년 도까지의 풍수해를 분석하여 발생빈도와 피해액을 행정구역별로 지도화 하였으며, 피해유형별로 가중치를 두어 행정구역 단위의 상위 풍수해 취약지역을 선정하여 지리적 분석을 실시하여 방재 필요성이 높은 우선지역을 제시하고, 지역특성을 고려한 재해 대응 방안이 필요함을 강조하였다.

## 2) 기후변화와 강우분석에 관한 연구

기후변화에 의한 현상으로 강수량 변화를 밝히는데 있어서 강수량의 경년변화, 장기추세분석, 계절별 변화 분석 등이 주를 이루었다.

엄은형(1984)<sup>35)</sup>은 1931-1960년과 1951-1980년의 월평균기온과 월강수량 평년값을 비교하여 전기에 비해서 후기의 기온변화 경향과 강수량의 증가폭이 더욱 크다는 결론을 얻었다.

권현수(1995)<sup>36)</sup>는 연강수량의 시계열 선형 추세를 확인하였으며, 단기간에 변화하는 변동률을 표현하기 위해 5년 이동평균에서 나타난 변곡점을 경계로 상승기와 하강기를 분류하여 시기별로 변화율을 산출하였다. 이 과정에서 상당한 진동폭이 있음을 파악하였고, 순환 변동을 알아보기 위하여 Blackman and Tukey(1958)의 Power Spectrum 분석으로 주기분석을 시도하였다. 80년 동안의 강수량 자료를 분석한 결과 시계열적 변화는 서울이 가장 크게 증가한데 반하여, 목포는 감소하는 경향을 나타내었고, 서귀포와 강릉이 크게 증가하는 경향을 보였다. 반면 서울과 수원은 감소하는 경향을 나타내어 시기별 경향의 차이가 있음을 밝혔다.

최영진 외(2000)<sup>37)</sup>는 다수의 관측소가 신설된 1973년부터 2000년까지의 28년

34) 이자원 외, 2011, “재해대응 국제협력의 관점에서 본 베트남 자연재해의 지리적 특성과 재난관리에 관한 연구”, 국토지리학회, 국토지리학회지, 45(2), pp. 265-278.

35) 엄은형, 1984, 최근 우리나라의 기후변화(1951~1980), 이화여자대학교 석사학위논문.

36) 권현수, 1995, 남한의 기온과 강수량 변화, 건국대학교 석사학위논문.

37) 최영진·문자연, 2000, “한국의 여름철 일 강우강도 변화 경향”, 한국기상학회, 한국기상학회 2000년도 정기총회 및 가을 학술발표회 학술발표자료, pp. 339-341.

간 60개 지점에 대해서 6, 7, 8월 강수량의 일 강우강도의 변화를 분석하였다. 추세분석을 위해서 여름철 평균, 여름철 강수일수, 강수일의 평균 강수 총량을 구하였으며, 강수일은 하루의 강수량의 0.1mm이상인 날로 하였다. Osborn(2000)의 방법을 따라 28년간 여름철에 대해 모든 강수일의 강수량을 올림차순으로 정렬하고, 작은 순으로 더하여 전체 강수량의 10%가 되는 구간마다 각 계급으로 정하여 여름철 강수량에의 기여도와 변화경향을 분석한 결과 class 1~5는 감소경향을 보이고 class 9와 10은 증가경향을 보여 약한 비가 전체에서 차지하는 비율은 줄고, 호우의 기여도가 높아졌음을 확인하였다.

최영은(2002)<sup>38)</sup>은 강우강도와 남한의 극단 현상의 추이를 밝히고자 대구, 전주, 부산, 목포의 1920년부터 1999년까지의 80년간 일강우량 자료를 산술평균하여 연별, 계절별로 시계열 분석하였다. 남부지방의 연 강수일수는 뚜렷한 감소현상이 나타나는 반면 연강수량은 약한 증가현상을 보였다. 따라서 강수강도는 뚜렷하게 증가하고 있음을 밝혔다. 계절별로는 여름의 강수량 증가와 가을의 강수일수 감소가 뚜렷하고 호우사상의 발생빈도와 그에 의한 강수량은 증가하는 반면, 비호우 사상의 발생빈도는 감소하고, 그에 의한 강수량에는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다. 남부지방에 나타난 강수일수 감소는 비호우 사상의 감소에 의한 것이었으며, 강수량의 증가는 호우 사상의 발생빈도와 그에 의한 강수량 증가에 의한 것임을 밝혔다. 이러한 결과는 한반도에서도 기후변화에 의한 수문순환의 강화를 나타나고 있음을 보여주는 것으로, 적절한 영향평가를 위해서는 강수 극값에 대한 보다 상세한 분석이 필요함을 제안하고 있다.

Gemmer, M. et al.(2004)<sup>39)</sup>은 중국의 160개 지점에 대하여 1951-2002년 동안의 월 강수량에 대해 연구하였다. 월 강우량은 Mann-Kendall trend test를 적용 분석하여 유의수준 90%, 95%, 99%에 대하여 음과 양의 강우 추세를 분류하였다. 대부분 강수의 양적 변화는 1, 6, 7월에 발생하였고, 음적 변화는 2, 9, 11월

38) 최영은, 2002, “남부지방의 강수강도와 극값의 변화경향에 관한 연구”, 한국환경영향평가학회, 환경영향평가, 11(3), pp. 189-203.

39) Gemmer, M. et al., 2004, “Observed monthly precipitation trends in China 1951-2002”, *Theoretical and Applied Climatology*, 77, pp. 39-45.

에 두드러짐을 밝혔다. 이 중 6, 7월의 음양변화가 심한 4개의 지점에 대해서 1951-2002년 기간의 월강수량에 대해 선형 변화를 확인하였다. 중국의 강수량은 동부지방에서 봄과 가을에는 음의 추세를 보였으며, 여름에는 양의 추세를 보였다. Gemmer는 이러한 연구결과가 미래 지속성이 있는지에 대한 한계를 언급하면서 지난 장기간 기후의 분석임을 밝혔다.

Hearth, S. et al(2004)<sup>40)</sup>는 스리랑카의 중앙 산악지역의 장기간 강수현상을 이해하기 위하여 60개 관측소의 30년 동안의 계절별, 연별 강우량을 계산하였으며, 선형회귀분석을 이용하였다. 강우는 전반적으로 감소하는 추세를 보이고, 특히 3-4월의 몬순기간에 두드러짐을 발견하였다. 강우강도를 비교하기 위하여 조사기간을 반으로 나누어 비교한 결과, 강우량은 점차 감소하는데 반하여 대부분의 관측소에서 강우강도는 증가하고 있음을 밝혔다.

이상복 외(2004)<sup>41)</sup>는 우리나라 주요 관측소의 연최대강수량과 연강수량을 대상으로 변동 및 경향을 분석하여 결과를 비교하였다. 강수량의 경향 분석 시 매개변수적 방법인 선형회귀분석(T-test)을 적용하였으며, 결과로 도시 결과 대부분 관측소에서 증가의 경향은 나타났으나, 통계적 유의성은 대부분의 관측소에서 확인되지 않았다. 하지만 통계적 유의 검정에 따른 경향이 판단되는 일부관측소는 연최대강수량에서 강릉, 서울, 울릉도, 대구, 부산 등의 관측소로 나타났다.

최영은(2004)<sup>42)</sup>은 1954년부터 1999년까지 기간 동안 14개 지점의 일강수량 자료를 이용하여 변화 경향의 공간분포를 분석하여 의한 무강수일수의 시계열은 감소하는 경향이 나타나고, 호우지수로 분류될 수 있는 강우강도는 증가하고 있음을 확인하였다.

이승호 외(2004)<sup>43)</sup>는 14개 지점의 여름철 강수량을 분석하여 1941~1970년

40) Herath, S. et al, 2004, "Monitoring rainfall trends to predict adverse impact—a case study from Sri Lanka", *Global Environmental Change*, 14, pp. 71-79.

41) 이상복 외, 2004, "강우자료에 대한 변동성 및 경향성 해석", 한국수자원학회, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 696-700.

42) 최영은, 2004, "한국의 극한 기온 및 강수 사상의 변화 경향에 관한 연구", 대한지리학회, 대한지리학회지, 39(5), pp711-721.

43) 이승호, 권원태, 2004, "한국의 여름철 강수량 변동 -순별 강수량을 중심으로", 대한지리학회, 대한지리학회지, 39(6), pp. 819-832.

과 1971~2000년 기간 사이의 경년 변동과 해양변동 및 전 지구 평균기온 변동과의 관련성을 파악하고자 하여 상관분석을 실시하였다. 강수량의 경년변동 분석 결과 8월 중순과 9월 중순의 강수량 편차는 1971년을 경계로 음에서 양 혹은 양에서 음으로 바뀌는 경향이며, 대부분 지역에서 강수량 변동은 해양변동 및 전 지구 평균기온과 높은 상관관계가 있음을 밝혔다.

김광섭 외(2005)<sup>44)</sup>는 효과적인 수자원 이용을 위해서 Mann-kendall 검정을 사용하여 한반도 월별 및 연강수량과 유량의 추세검증분석을 수행하였다. 분석 결과 연강수량은 증가하는데 반하여 강수일수는 감소하고 강수강도가 큰 호우일수도 증가하는 것으로 나타났다. 강수량 증가에 비해 대부분의 유량변동은 증가하지 않는 것으로 나타났는데, 이는 유의수준 90%를 만족하는 증가 혹은 감소추세를 보이는 유역이 없음을 뜻한다고 하였다.

홍기욱 외(2006)<sup>45)</sup>는 우리나라 강수의 시·공간변동과 지리환경에 대하여 분석하기 위해 1976-2005년간 기상청 60개 관측 지점의 자료를 이용하여 강수의 경년 변동을 알아보았다. 연평균 강수량, 강수발생일수, 강수강도의 표준편차 비율을 이용하여 지역별 분포와 차이를 분석하였으며, 이러한 특성의 경년변동이 비교적 강수량 및 강수일수가 많고 강수강도가 강한 지역들에서 더 크게 나타나고 있음을 알았다. 이러한 결과는 연강수량이 많은 지역일수록 집중호우의 발생빈도가 높아짐을 제시한다.

오제승 외(2006)<sup>46)</sup>는 기후자료에서 경향성 분석을 하기 위하여 여러 기법을 사용하였으며, 연 강수량 분석 시 증가 또는 감소의 전반적 경향성 여부를 Linear Regression 방법을 사용하여 시간(x)과 관측 변수(y)사이의 선형 경향 여부를 검정하였다. 분석 결과 강경, 대관령, 반포, 안내, 연산, 영동, 예산, 정안에서 모두 증가 경향을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 하지만 선형모형의 한계가 있으며,

---

44) 김광섭, 임태경, 2005, “한반도 강수량과 유량의 장기 추세 분석”, 한국수자원학회, 한국수자원학회 2005년도 학술발표회 논문집, pp. 916-919.

45) 홍기욱 외, 2006, “최근 30년간(1976-2005) 우리나라 강수의 시·공간변동과 지리환경”, Journal of Korean Earth Science Society, 27(4), pp. 433-449.

46) 오제승 외, 2006, “수문 및 기후 자료에 대한 선형 경향성 및 평균이동 분석”, 대한토목학회, 대한토목학회 논문집B, 26(4), pp. 355-362.

정확한 모의 결과를 위해 우선적으로 수문 시계열 자료가 가지고 있는 통계적 특성을 파악하는 것이 필요하다고 한계를 밝혔다.

신임철 외(2007)<sup>47)</sup>는 전국(1973~2007) 60개 지점 평균과 서울(1908~2007)의 6, 7, 8월 기온, 강수량, 호우일수를 평균값으로 계산하여 장기기후변화 경향을 분석하였다. 전국과 서울은 8월과 여름 모두 최저기온과 최저기온 25℃이상인 열대야가 꾸준히 증가함을 밝혔다. 또한 강수량도 위와 같은 관측기간 동안 변동 폭은 크나 증가하는 경향이며, 호우일수도 꾸준히 증가하는 경향으로 이는 전지구적 추세로 지구 온난화에 따른 것이라 결론지었다.

이승호 외(2008)<sup>48)</sup>는 강원도 산지지역의 자연재해 분포 특성을 파악하기 위하여 대관령지점(1972~2007년)과 태백지점(1986~2007년)의 연강수량, 연강수일수, 연강수강도의 편차와 10년 기간별 평균 변화를 분석하였다. 결과적으로 연강수량과 연강수강도는 통계적으로 유의한 증가 경향을 보였으며, 연강수일수는 통계적으로 유의하지 않은 결과를 보였다.

정대일 외(2008)<sup>49)</sup>는 연최대 일강우량과 알 유출령 시계열을 대상으로 추세분석을 실시하여 전지구적 기온상승과 같은 증가추세가 존재하는지 linear regression과 Mann-Kendall 기법을 이용하여 살펴보았으며, 기후의 변동성으로 인해 발생할 수 있는 홍수량의 증가추세를 반영한 빈도분석 방안을 제시하였다. 5개 대상지점(서울, 인천, 울릉도, 전주, 강릉)의 연최대 일강우량 모두 시간에 따른 증가 추세를 일관되게 보이고 있었으나, 통계적인 유의성이 검증되지는 않았다.

최의수 외(2008)<sup>50)</sup>는 1951~2006년간 한반도 강수 및 풍속의 극값 변화를 분석하였다. 연간 강수량의 극값 변화를 선형회귀선 및 5년 이동평균으로 나타내어 전체적으로 상승경향이 뚜렷하며, 평균적으로 약 230mm/56yr의 증가를 보인다고

---

47) 신임철 외, 2007, “한반도의 2007년 8월과 2007년 여름의 기후특성 및 8월과 여름의 장기기후변화”, Korean Meteorological Society, Atmosphere, 17(4), pp. 471-481.

48) 이승호·이경미, 2008, “강원도 산지지역의 자연재해 분포 특성”, 대한지리학회, 대한지리학회지, 43(6), pp. 843-857.

49) 정대일 외, 2008, “기후변화를 고려한 홍수 위험도 평가”, 대한토목학회논문집 B, 28(1), 대한토목학회, pp. 55-64.

50) 최의수 외, 2008, “56년간 한반도 강수 및 풍속의 극값 변화”, 한국기상학회, 대기, 18(4), pp. 397-416.

하였다. 또한 두 기간(1951~2007, 1971~2007)동안의 일강수량 극값자료 변화경향을 분석한 결과, 증가경향이 통계적으로 유의하게 도출되었다. Osborn et al(2000)과 최영진 문자연(2000)의 방법을 따라 총 7개 지점의 56년간 여름철 모든 강수일의 강수량을 올림차순으로 정렬하고 작은 순으로 더하여 전체 강수량의 10%가 되는 구간마다 계급을 구분하였다. 결과로 대부분 지점에서 Class 1~5가 차지하는 비율이 점차 작아지고 있는 것에 비해 Class 6~10의 비율은 점점 증가하여, 강한 비가 차지하는 비율이 점점 증가하고 있다는 결과를 도출하였다.

김선영 외(2008)<sup>51)</sup>는 남한의 우기를 포함한 5월부터 9월까지의 강수의 월별 변동 특성을 파악하기 위하여 1961년부터 2007년까지 16개 기상관측지점을 장마 시종일 발표지역인 중부, 남부, 제주의 세 지역으로 나누어 분석하였다. 1961-1990년까지 30년 평균값 대비 1971-2000년까지의 30년 평균값의 월별 변화를 지역별로 분석한 결과, 제주 지역을 제외한 중부와 남부 지역에서는 1971-2000년의 7월과 9월 강수량은 감소한 반면, 5, 6, 8월 강수량은 증가하는 경향을 보였다. 또한 강우의 편차 변화가 어떻게 되는지 알아보았으며, 변화는 10월에 가장 크고, 전체적인 강우량이 증가하였음을 밝혔다.

정석호(2011)<sup>52)</sup>는 과거 70년간 광주지방기상청에서 관측된 일강수량을 분석하여 기온과 강수량의 경년변화를 살펴보았다. 강수량은 약 700-2000mm의 강수분포를 보이며 상승경향을 가짐을 분석하였고, 강수량의 월 변화는 7월의 강수 누적량이 전체의 20%로 가장 많은 비율을 차지하였다. 6-9월이 전체의 64%를 차지하여 특정한 짧은 기간 동안 강수량이 집중됨을 밝혔다. 강수패턴은 증가하고 있는 경향이나 강수일수가 줄어들고 있어서 강수일의 강수강도가 증가하고 있음을 밝혔다.

안재현 외(2011)<sup>53)</sup>는 각 시도별로 1시간 최대강우량, 1일 최대강우량, 누적 최대강우량에 따른 피해액의 양상을 종합적으로 파악하여 강우량의 특성과 풍수해 재

---

51) 김선영 외, 2008, “우리나라 5~9월까지의 지역별 강수량의 월 변화 특성”, 건국대학교 기후연구소, 기후연구, 3(2), pp. 64-75.

52) 정석호, 2011, 최근 70년간(1940~2009) 광주지방의 기온 및 강수량 변화, 전남대학교 교육대학원 석사학위논문.

53) 안재현 외, 2011, “강우량의 특성과 풍수해 재산피해액의 관계 분석”, 한국수자원학회, 한국수자원학회 논문집, 44(3), pp. 77-83.

산피해액의 관계를 분석하였다. 1시간 최대강우량 분석 결과 0~25mm 구간에서 가장 높은 풍수해 발생빈도를 나타냈으나 평균 피해액은 75~100mm 구간이 높게 나타나 무조건 1시간 최대강우량이 높을수록 피해의 가장 많은 비중을 차지하는 것이 아님을 제시하였고, 50mm이하의 1시간 최대강우량으로 인한 피해가 전체 피해액의 70%를 차지한다고 밝혔다. 결과로 지자체별 전체 피해액은 발생횟수가 높은 중규모 호우사상으로 인한 비중이 가장 높게 나타나고 있다고 결론지었다.

박영선(2011)<sup>54)</sup>은 해수면온도, 북대서양진동, 해양니노지수, 남방진동지수, 북태평양지수, 북극진동지수, 원격상관지수에 대한 자료와 표준화한 월강수량자료를 이용하여 단순상관분석을 통해 각 기상인덱스들의 음과 양의 상관계수를 파악하였으며, 결과로 해수면온도와 계절강수량이 유의한 수준의 상관관계를 가진다고 하였다.

### 3) 기후변화와 기온분석에 관한 연구

중앙기상대 기상연구소(1990)<sup>55)</sup>는 한반도의 기후변화 감시 및 이상기상에 관한 연구를 시행였다. 기온과 강수량의 연별 장기 관측 자료를 이용하여 서울 2℃, 목포 0.8℃ 등의 기온상승을 관찰하였으며, 계절평균 기온의 변화연구에서는 봄철에 가장 큰 증가, 여름철에는 낮은 증가율을 발견하였다.

최광용 외(2000)<sup>56)</sup>는 20세기 한반도 중부지방의 여름철 기온 변화를 극값의 계산이 기후변화 연구를 위해 보다 더 나은 단서를 제공한다는 전제 하에 일 최고기온과 일 최저기온을 이용하여 회귀모델을 적용하여 선형추세를 분석하였다. 결과로 강릉과 서울에서 여름철 일 최고기온이 모두 감소하였음을 나타내어 전 지구적인 패턴과 상이한 결과를 보였고, 일 최저기온은 강릉과 서울 모두 상승하여 일교차가 줄어드는 경향을 보이고 있음을 발견했다.

54) 박영선, 2011, 기상 Index들과 한반도 강수량과의 상관관계분석, 서울시립대학교 일반대학원 석사학위논문.

55) 봉종현 외, 1990, 한반도 기후변화 감시 및 이상기상에 관한 연구 I, 기상청.

56) 최광용·최종남·김중욱, 2000, “20세기 한반도 중부지방의 여름철 기온 변화”, 대한지리학회, 대한지리학회지, 35(4), pp. 519-528.

박상도(2003)<sup>57)</sup>는 9개 관측소 1904년부터 2001년까지의 연평균기온의 상관관계 분석을 실시하였고, 기온의 편차 변화와 연강수량의 5년 이동평균을 이용하여 추세를 파악하였다. 각 관측소들의 연평균기온 상관관계는 전반적으로 높은 양의 상관관계를 가졌으나 강수량의 경우 상관관계가 매우 낮게 나왔다. 상관관계가 높은 관측소들의 기온과 강수량의 편차변화는 음의 추세에서 양의 추세로 바뀌는 경향이며, 5년 이동평균 또한 양의 편차로 바뀌는 경향이 두드러진다고 하였다.

최병철 외(2007)<sup>58)</sup>는 기후변화에 따른 한반도의 지역별 온난화 경향을 살피기 위해 서울, 부산, 인천, 대구, 울산, 추풍령을 대상으로 1961년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지 일 최고기온과 일 최저기온 자료를 분석하였다. 일 최고기온의 연 평균값에 대한 편차의 시계열 분석을 한 결과, 모든 지점에서 공통적으로 최고기온의 상승 경향이 뚜렷하게 나타남을 알 수 있는 반면, 증가 정도는 각 지역마다 상이하였다. 연 평균값에 대한 편차분석을 일 최저기온에 대해서도 수행한 결과, 일 최저기온 증가율은 모든 지역에서 양의 값을 나타냈지만 증가율의 크기는 지역에 따라 다르고 최고기온의 증가 양상도 다르게 나타남을 도출하였다.

최병철(2007)<sup>59)</sup>은 서울, 부산, 인천, 대구, 울산, 추풍령을 대상으로 각 계절별로 수행함으로써 어느 계절이 기온의 증감에 얼마만큼의 기여를 하였는가를 파악하였다. 일 최고기온 선형경향 분석결과, 서울 등 6개 지역에서 공통적으로 겨울철의 기온증가가 0.05℃ 이상으로 가장 높게 나타났다. 일 최저기온 분석 결과로는 겨울철의 증가율이 모든 지점에서 가장 크게 나타났으며, 증가율의 기울기는 추풍령을 제외하고 5개 시에서 최고기온보다 높은 기울기를 나타내었다. 결과로 한국의 기온 증가율에 대한 공통적 특징 중 하나는 온난화의 정도가 겨울철에 가장 큰 폭으로 증가하고 있다고 하였다.

57) 박상도, 2003, 우리나라 주요 기상관측소에 나타난 기온과 강수 변화 특성 : 1904년 이후를 중심으로, 경희대학교 대학원 석사학위 논문.

58) 최병철 외, 2007, “기후변화에 따른 한반도의 지역 별 온난화 경향”, 한국대기환경과학회, 한국대기환경학회 2007년 환경공동학술대회논문집, pp. 1145-1148.

59) 최병철 외, 2007, “한국의 주요 대도시에 대한 일 최고 및 최저 기온의 장기변동경향과 건강에 미치는 영향 전망”, 한국기상학회, 대기, 17(2), pp. 171-183.

허인혜 외(2007)<sup>60)</sup>는 급격한 기온 변화가 나타나는 우리나라의 최근 10년간 (1996~2005년)의 평균기온과 기온 관련 현상일수의 변화를 분석하였다. 연평균기온의 변화와 공간분포를 분석한 결과 최근 10년간 평균기온의 등치선은 북상하였고, 여름철 열대야는 증가하였으며 겨울철 한파는 빈도가 낮아 수치변화는 크지 않으나 지속적인 감소 경향이 있다고 밝혔다. 이 시기는 겨울철 극한 저온의 불안정한 출현 가능성 고려가 요구되며, 강수 형태의 변화로 인한 극한 기후 현상의 출현 가능성 예측에 대한 연구필요성을 제기하였다.

---

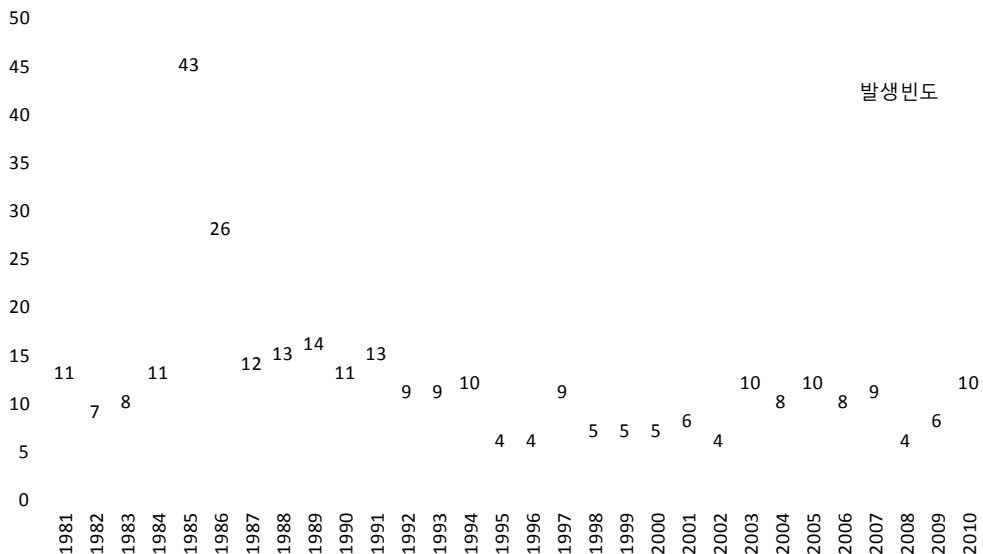
60) 허인혜, 권원태, 2007, “우리나라의 최근 10년간 기온 변화”, 건국대학교 기후연구소, 기후연구, 2(2), pp. 79-93.

### Ⅲ. 풍수해 분석

#### 1. 발생빈도 분석

##### 1) 전국 발생빈도

우리나라는 우기와 건기가 뚜렷하게 나타나는 기후 특성을 가지고 있어 연 강수량의 2/3가 6~9월에 집중된다. 따라서 호우가 빈발하고 국지성 폭우가 잦은 동시에 산악지형이 65%이상을 차지하여 지형성 폭우 및 하천의 급경사로 강우가 일시 유출되어 홍수가 빈발한다. <그림 2>는 1981년부터 2010년까지의 30년간 풍수해 발생빈도를 나타낸 것이다.



<그림 2> 연도별 풍수해 발생빈도, 1981-2010

자료 : 소방방재청, 1981-2010 재해연보.

주 : 위의 자료를 이용하여 필자가 작성.

우리나라의 풍수해는 1981년부터 2010년까지의 30년 동안 총 304회 발생한 것으로 나타났으며, 이는 연평균 약 10회 이상으로 호우나 태풍으로 인한 피해가 발생함을 보여준다. 특징적으로 1985년에 43회로 발생빈도가 가장 높게 나타나고, 그 다음으로는 1986년 26회로 나타난다. 그 외에는 연평균 약 8.4회의 빈도로 풍수해 피해가 발생하는 것을 알 수 있다.

**<표 2> 시도별 누적 풍수해 발생빈도, 1981-2010**

지 역	서 울	부 산	대 구	인 천	광 주	대 전	울 산	경 기	강 원	충 북	충 남	전 북	전 남	경 북	경 남	제 주
빈 도	54	70	44	61	70	57	54	88	80	78	95	100	121	98	97	63

자료 : <그림 2>와 같음.

<표 2>는 1981년부터 2010년까지 30년 간 시도별 누적 풍수해 발생빈도를 나타낸 것이다. 풍수해 발생빈도가 가장 높은 지역은 전라북도, 전라남도로 각각 100회, 121회 풍수해가 발생하였으며, 이는 우리나라 전체 풍수해 발생 횟수인 304회 중의 약 1/3이 전라도 지역에도 영향을 미쳤음을 시사한다. 다음으로 경상북도가 98회, 경상남도가 97회로 경상도가 높게 나타났으며, 다음으로 충청남도, 경기도, 강원도, 충청북도, 부산, 광주, 제주, 인천, 대전, 울산, 대구 순으로 나타났다. 풍수해가 가장 적게 나타난 지역은 대구 지역으로 분지 지역의 특징인 비그늘(rain shadow)효과에 의해 산악지대를 넘기 전 강수를 대부분 쏟아내기 때문에 풍수해가 가장 적게 나타나는 것으로 보인다.<sup>61)</sup> 30년간의 풍수해 빈도의 전체적인 경향은 남부지방에 빈도가 높게 나타나며, 이는 남부에 비교적 많은 태풍과 호우태풍의 영향에 의한 것이라고 할 수 있다.

시기별로 우심지역의 특징이 어떻게 나타나는지 파악하기 위하여 풍수해 재해빈도를 1980년대, 1990년대, 2000년대로 나누어 각 10년 간 재해빈도를 구하

61) 김연희 외, 2009, “한반도 재해피해와 호우의 재현주기”, 건국대학교 기후연구소, 기후연구, 4(2), p. 101.

였으며, 이는 다음 <표 3>과 같다.

<표 3> 시대별 풍수해 발생빈도

지역	기간		
	1981-1990년	1991-2000년	2001-2010년
서울특별시	25	14	15
부산광역시	26	27	17
대구광역시	23	13	8
인천광역시	30	14	17
광주광역시	33	17	20
대전광역시	28	12	17
울산광역시	25	14	15
경기도	34	24	30
강원도	29	22	29
충청북도	27	29	22
충청남도	43	24	28
전라북도	44	29	27
전라남도	51	37	33
경상북도	36	30	32
경상남도	38	32	27
제주도	21	21	21

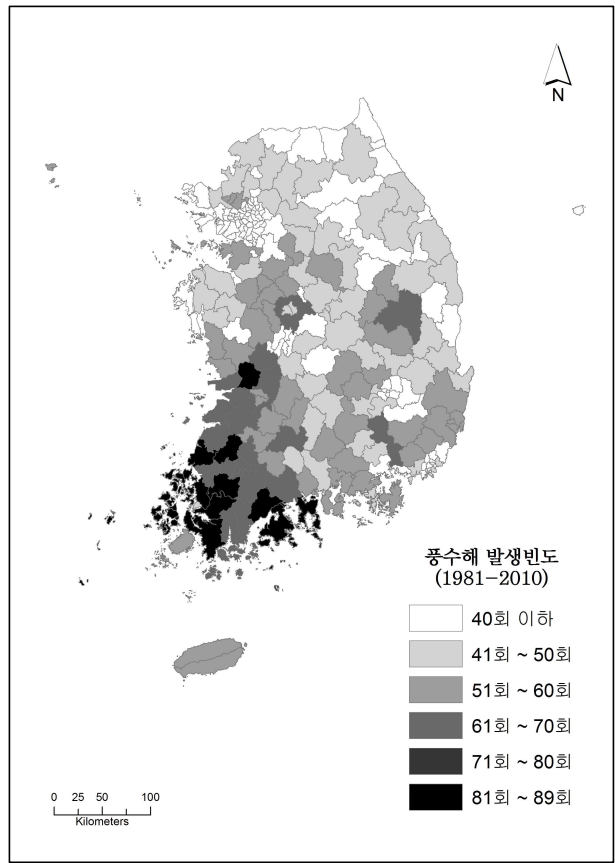
자료 : <그림 2>와 같음.

시대별 풍수해 발생빈도를 살펴보면 절대적인 빈도가 1980년대보다 1990년대와 2000년대가 상대적으로 적게 나타나는 양상을 보이는데, 이는 1980년대보다 현재에 들어오면서 방재와 정비 사업이 더 잘 이뤄졌기 때문으로 보인다.

시기별 우심지역 변화경향을 살펴보면 1980년대에는 전라남도, 전라북도, 충청남도가 상대적으로 풍수해 빈도가 높아 대체로 북서부와 남부지방에 재해빈도가 높게 나타나며, 1990년대에는 전라도, 경상도, 충청북도의 남부와 남동부 지역이 상대적으로 빈도가 높게 나타난다. 이후 2000년대에 들어서는 강원도, 경기도, 경상도의 북동부지방이 비교적 풍수해 발생빈도가 더 높게 나타나는 경향이다. 1980년대부터 30년간 북서부지방에서부터 남부지방으로 거쳐 2000년대에

들어서는 북동부지방으로 상대적으로 빈도가 높게 나타남을 알 수 있다. 특히 전라도는 계속적으로 높은 빈도를 차지하고 있어 풍수해가 매년 약 4회 이상 일어나는 것으로 가장 높은 빈도를 기록하고 있다.

우리나라는 국지적인 지형 차이가 뚜렷하고, 같은 재해라도 피해규모와 특징이 지역적으로 상이하다. 또한 기후변화로 인한 강우특성의 변화로 국지적인 집중호우에 의한 피해가 증가할 것으로 예상되는 가운데, 상습적인 수해지역 또한 시군구 단위의 국지적 관점으로 살펴볼 필요가 있다. 따라서 1981년부터 2010년까지의 30년간 시군구별 풍수해 누적빈도를 <그림 3>과 같이 지도화하여 분포를 보았다.



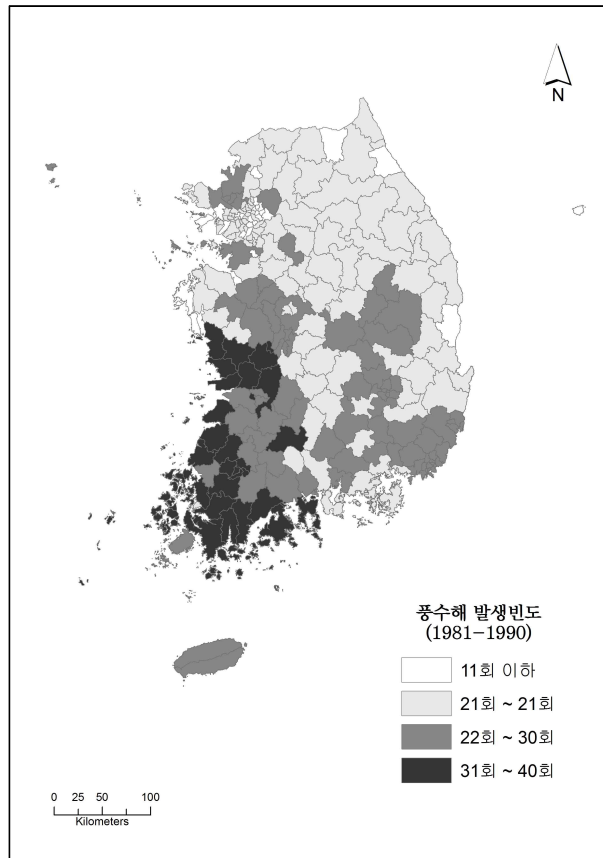
**<그림 3> 시군구별 풍수해 발생빈도, 1981-2010**

자료 : <그림 2>와 같음.

30년간 피해 우심지역은 대부분 전라남도 지역으로 신안군, 여수시, 나주시, 장성군 등이 각각 89회, 87회, 81회, 81회로 가장 높은 빈도를 기록하고 있다. 다음으로는 전라북도 지역이 익산시, 남원시, 완주군 등이 각각 81회, 66회, 65회로 높게 나타났으며, 다음으로 경상북도의 안동시가 65회 등의 빈도를 나타내어 전체적으로 남부지방에 누적빈도가 높게 나타난다. 광역시 중 광주광역시가 63회로 빈도가 높게 나타나고 남부지방의 빈도가 높게 나타나는 가운데 경기도에서 화성시가 57회, 안성시 54회, 이천시 52회, 고양시 51회 등으로 나타났다.

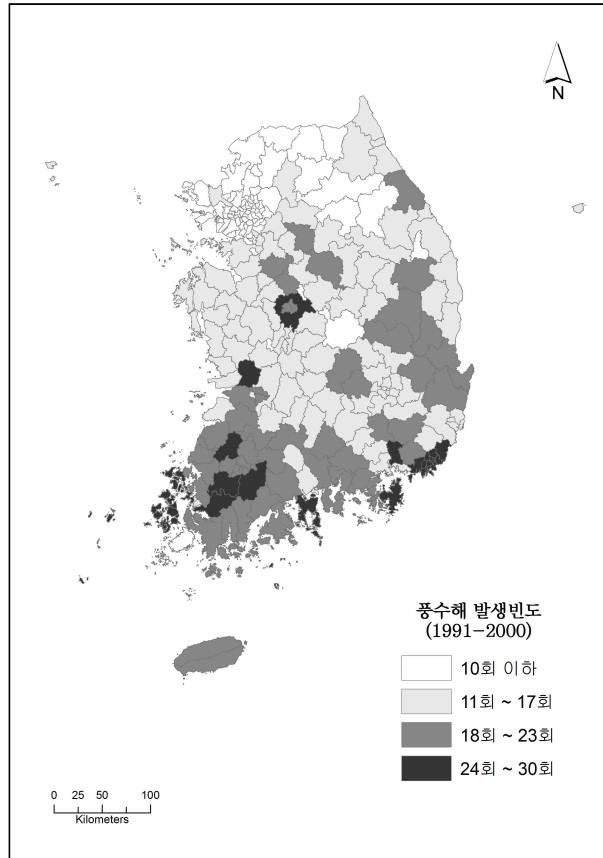
## 2) 발생빈도의 시기별 변화

기간별 풍수해 우심지역을 알아보기 위하여 1981년부터 2010년까지를 각각 10년씩 나누어 기간별 풍수해 발생빈도를 <그림 4>, <그림 5>, <그림 6>과 같이 지도화하였다. <그림 4>는 1981년부터 1990년까지의 10년간의 풍수해 발생 빈도를 시군구별로 지도화 한 것으로서, 전라남도과 충청도 지역이 빈도가 높게 나타나고 수도권 지역은 비교적 낮게 나타난다. 전라도 내에서도 특별히 빈도가 높은 지역은 전라남도 여수시와 고흥군이 각 40회로 높게 나타났으며, 이후 신안군, 익산시, 영광군, 충청남도 논산시, 계룡시가 38회로 높게 나타났다. 광주광역시와 같은 경우에도 33회의 빈도로 10년 간 약 3.3회 이상의 풍수해 빈도로 나타난다.



**<그림 4> 시군구별 풍수해 발생빈도, 1981-1990**  
 자료 : <그림 2>와 같음.

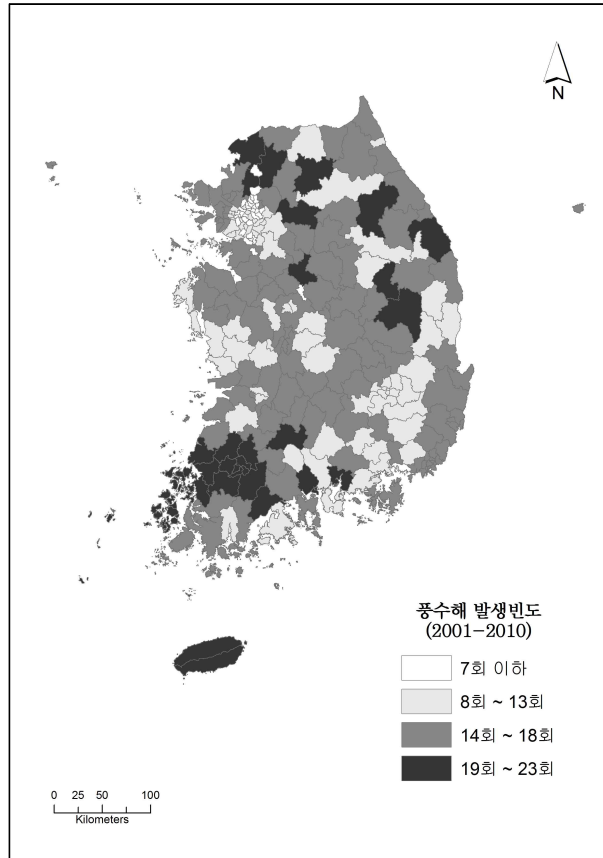
<그림 5>는 1991년부터 2000년까지의 10년간 풍수해 빈도를 시군구별로 지도화 한 것이다. 1990년대의 지도는 <그림 4>의 1980년대 보다 남부지방의 빈도가 상대적으로 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 특별히 빈도가 높은 지역은 전남 여수시, 나주시가 총 30회를 기록하여 연평균 풍수해 발생빈도가 3회로 가장 높았으며, 이후 전남 장성군, 신안군이 각각 29, 28회를 차지하였고 이 시대에 부산광역시도 27회로 높게 나타났다. 경남의 창원시는 27회를 기록하였으며, 충북 청원군이 24회, 진천군이 23회를 기록하였다.



**<그림 5> 시군구별 풍수해 발생빈도, 1991-2000**

자료 : <그림 2>와 같음.

<그림 6>은 2001년부터 2010년까지의 10년간 풍수해 발생빈도를 시군구별로 지도화 한 것으로 전남지방과 더불어 북부 지방이 빈도가 상대적으로 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 전라남도 신안군이 23회를 기록하여 절대적인 빈도는 1980년대와 90년대보다 낮으나 상대적 빈도는 높게 나타났고, 제주도에 약 21회, 광주광역시와 양주군, 연천군에 각 20회, 경기도 양평군 19회, 강원도 삼척시, 평창군 각 18회, 경기 화성시, 가평군 각 17회, 인천광역시 17회, 경북 상주시 17회, 강원 양구군, 철원군 각 16회 등으로 강원과 경기지방에 1980년대와 1990년대 대비 빈도가 증가함을 알 수 있다.



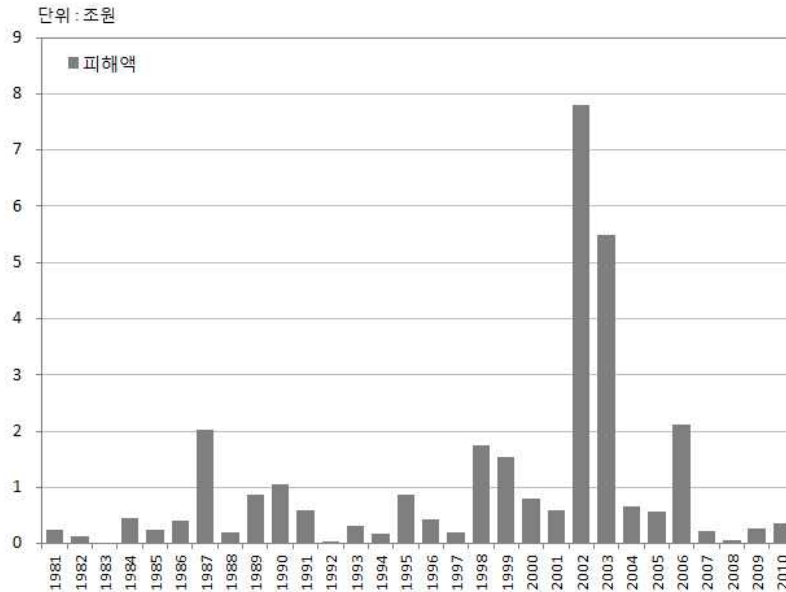
**<그림 6> 시군구별 풍수해 발생빈도, 2001-2010**  
 자료 : <그림 2>와 같음.

## 2. 피해액 분석

### 1) 전국 피해액 분석

발생빈도를 이용한 지역적 분포뿐만 아니라 피해 정도를 살펴보기 위하여 풍수해 피해액의 변화와 분포를 분석하였다.

우선 전체적인 피해액 경향을 알아보기 위하여 1981년부터 2010년까지의 30년 기간 동안 발생한 풍수해 누적피해액 경향을 <그림 7>에 나타내었다. 피해액이 2002년과 2003년에 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있는데, 2002년에는 태풍 루사에 의한 것으로 과거 주요 태풍피해 순위 중 1위를 차지하고 있으며, 2003년에는 태풍 매미에 의한 피해가 대부분을 차지하고 있다.



<그림 7> 풍수해 누적피해액, 1981-2010

자료 : <그림 2>와 같음.

이에 우리나라의 주요 풍수해 피해액에 대한 순위를 다음 <표 4>에 나타내었다.

<표 4> 시대별 풍수해 발생빈도

피해액 순위	피해 연도	주요피해원인	발생기간	주요피해지역	피해액(천원)
1	2002	태풍(RUSA)	8.30 ~ 9.1	전국	6,561,535,282
2	2003	태풍(MAEMI)	9.11 ~ 9.13	전국 (서울, 인천 제외)	5,265,440,035
3	2006	호우 및 태풍(EWINIAR)	7.9 ~ 7.29	전국	2,092,532,167
4	1987	호우 및 태풍(HELMA)	7.12 ~ 7.16	전국	1,698,344,707
5	1998	호우	7.31 ~ 8.18	전국(제주 제외)	1,381,232,204
6	1999	호우 및 태풍(OLGA)	7.23 ~ 8.4	전국	1,349,972,538
7	1987	호우	7.21 ~ 7.23	중부	1,197,286,914
8	2002	호우	8.4 ~ 8.11	전국 (제주 제외)	1,170,250,982
9	1990	호우	9.9 ~ 9.12	서울, 경기, 강원, 충북	923,726,672
10	1995	호우 및 태풍(JANIS)	8.19 ~ 8.30	경기, 강원, 충남, 충북	693,731,241

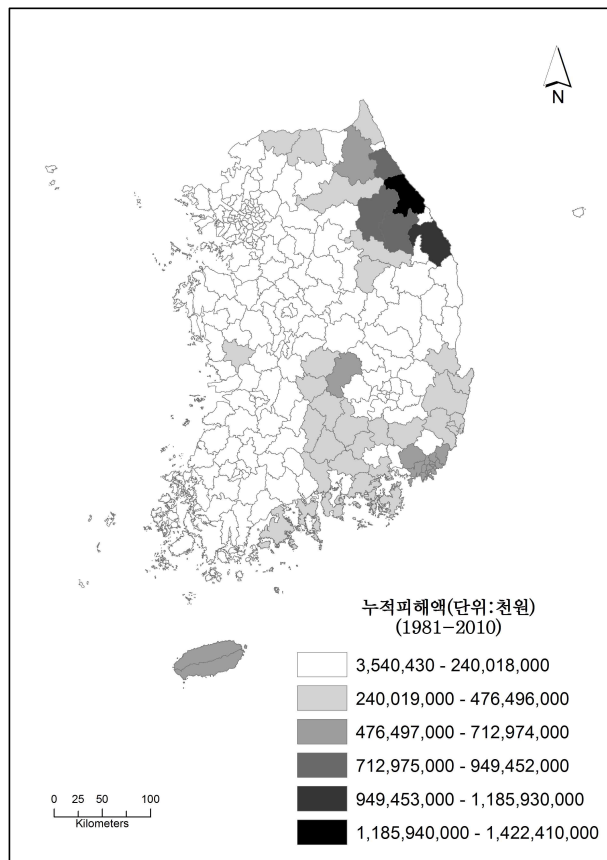
자료 : <그림 2>와 같음.

주: 피해액은 2010년도 가격기준임.

2002년에는 태풍 루사에 의해 전국에 집계된 피해액은 약 6조5천억 원을 기록하여 1위를 기록하였고, 같은 해 제주를 제외한 전국에 호우로 인한 재산피해로 약 1조1천억 원을 기록하여 역대 재해 순위 중 8위를 기록하였다. 2002년은 기록적인 태풍과 집중호우가 나타나 피해액이 큰 해였다. 2003년은 태풍 매미에 의한 것으로 서울과 인천지역을 제외한 전국이 피해를 입어 총 피해액이 약 5조 2천억 원을 기록하여 2위를 기록하였다. 3위를 기록한 2006년은 태풍 에위니아와 호우의 연속적인 영향으로 약 2조9백억 원의 피해액을 기록하였으며, 1987년과 1999년에는 호우 및 태풍 올라에 의하여 전국이 피해를 입어 각각 1조6천

억 원, 1조 3천억 원의 재산피해를 기록하였다. 최근 30년 간 2002년과 2003년을 제외하고는 풍수해 피해가 높은 경우 약 2조원 수준이었던 것에 대비하여, 2002년과 2003년의 재해피해액은 눈에 띄게 수치가 높은 것임을 알 수 있다.

<그림 8>은 1981년에서 2010년까지의 30년간 누적피해액을 시군구별로 지도화한 것이다. 가장 높게 나타난 시도는 강원도이며, 다음으로 경상남도, 경상북도, 경기도, 전라남도, 충청도, 전라북도, 부산, 제주, 울산, 서울, 인천, 대구, 광주로 나타났으며, 마지막으로 대전광역시 가장 낮은 누적피해액이 집계되었다.



**<그림 8> 시군구별 풍수해 누적피해액,  
1981-2010**

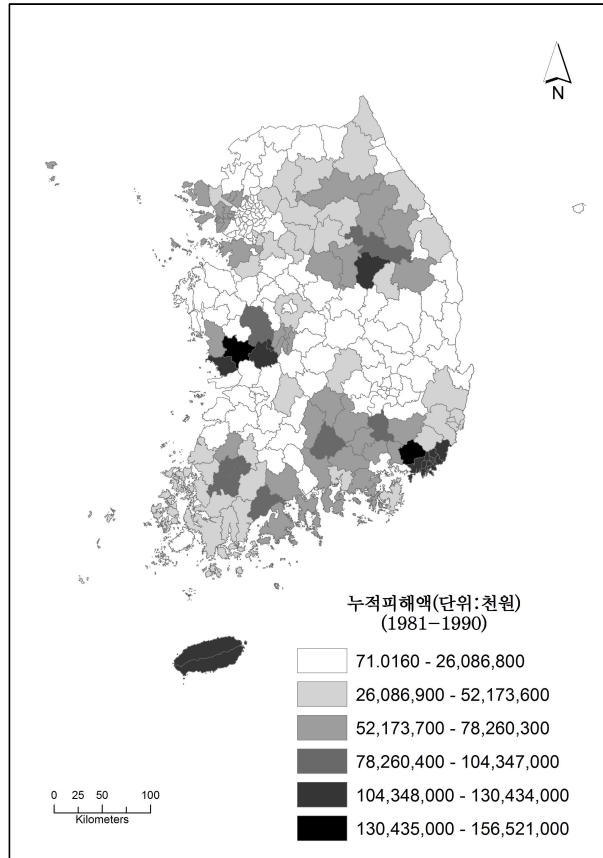
자료 : <그림 2>와 같음.

<표 4>에서도 살펴보았듯이 2002년과 2003년의 태풍은 강원도의 누적피해액

을 가장 높게 나타나게 하는 요인이 되었다. 시군구별로는 강원도 강릉이 약1조 4천억 원의 누적피해액을 기록하였고 다음으로 삼척, 평창, 양양, 정선, 인제가 높게 나타났다. 다음으로 경상북도 김천시, 부산광역시, 경상남도 김해시, 제주도, 전라남도 여수시, 강원도 고성군, 경상남도 등의 순으로 나타나 전반적으로 강원도와 경상남도 지방이 높은 피해액을 기록하였다. 광역시는 부산이 높게 나타났고 이후 울산, 인천, 대구, 광주, 대전 순으로 나타났으며, 서울시는 가장 낮은 누적피해액을 기록하였다.

## 2) 피해액의 시기별 변화

〈그림 9〉는 1981년부터 1990년까지의 10년간 누적피해액을 시군구별로 지도화한 것이다. 피해액이 가장 높게 나타난 시도는 경상남도이며, 이는 1987년 태풍 셀마로 인하여 높은 피해액을 기록했기 때문이다. 그 뒤로 전라남도, 경기도, 충청남도, 강원도 등이다. 시군구별로는 충남 부여, 경남 기해, 충북 단양 등이 높게 나타났고 이후 부산, 충남 계룡, 충남 논산, 제주도, 충남 서천 순으로 나타났는데 이는 1987년 집중호우, 1989년 호우의 영향으로 충청도 지방의 피해액이 크게 나타났기 때문이다.

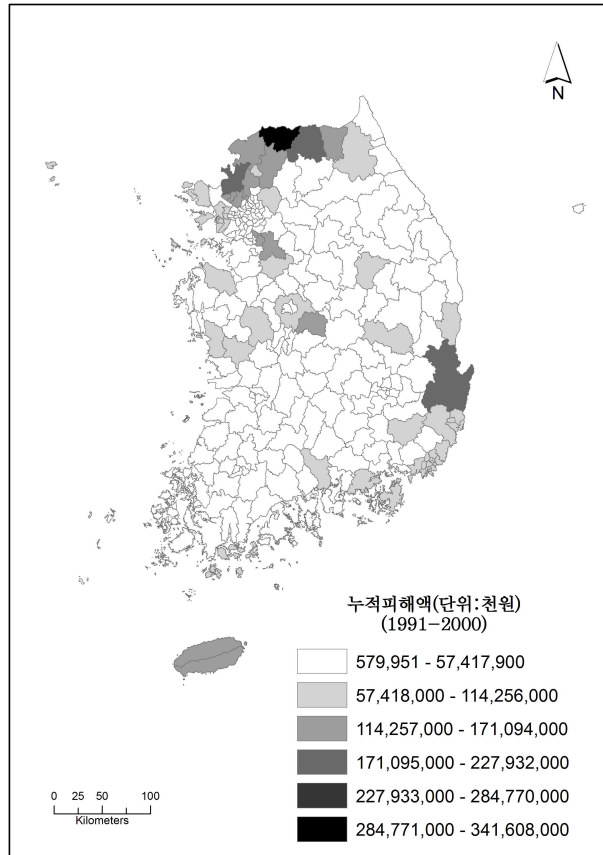


**<그림 9> 시군구별 풍수해 누적피해액,  
1981-1990**

자료 : <그림 2>와 같음.

<그림 10>은 1991년부터 2000년까지의 10년간 누적피해액을 시군구별로 지도화 한 것으로서 피해액이 가장 높게 나타난 시도는 경기도이며 그 다음으로 강원도, 경상도, 충청도, 전라도 등으로 나타났다. 1998년 집중호우로 제주를 제외한 전국이 큰 피해를 입어 누적피해액이 높게 나타났으며, 강원도는 1999년 집중호우와 태풍 올가로 인해 피해가 높게 나타났다. 시군구별 가장 피해액이 큰 지역은 강원도 철원, 경기도 파주, 강원 화천, 경북 포항, 경북 경주, 경기 연천, 충북 보은, 경기 양주, 경기 고양, 제주도 등으로 대체로 중북부 지방이 상대적으로 피해가 심했는데 이는 1998년 집중호우, 1995년 집중호우 및 태풍 재

니스, 1996년 집중호우 등 기록적 재해의 영향 때문이다.

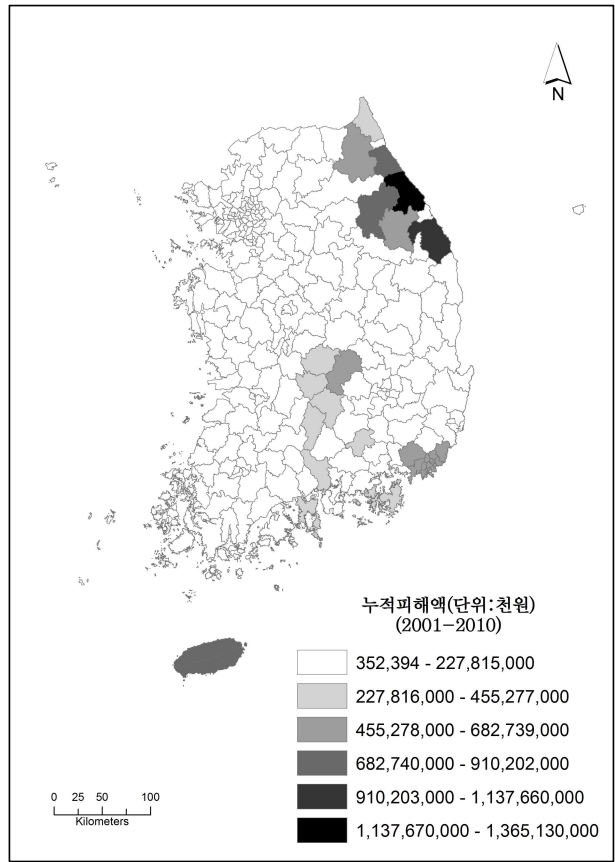


**<그림 10> 시군구별 풍수해 누적피해액,  
1991-2000**

자료 : <그림 2>와 같음.

<그림 11>은 2001년부터 2010년까지의 10년간 누적피해액을 시군구별로 지도화 한 것으로 강원도가 가장 높게 나타났고, 다음으로 경상도, 전라도, 충청도가 피해를 입었다. 2000년대에는 2002년과 2003년도에 큰 피해를 기록하여 강원도가 상대적으로 높게 나타나는 원인이 되었다. 강원도의 강릉, 삼척, 평창, 양양, 정선이 높은 피해액을 기록하였고, 제주, 부산, 경북 김천, 전남 여수, 경남 거창, 통영 등이 높게 기록되었다. 이 시기에는 2002년 태풍 루사, 2003년

태풍 매미, 2006년 집중호우 및 태풍 에위니아, 2002년 호우, 2005년 호우 등 상위 20위권에 드는 기록적인 재해가 연속적으로 닥치면서 전국적으로 피해를 입었으나 그중 강원지방과 경남지방이 피해가 심각하였다.



**<그림 11> 시군구별 풍수해 누적피해액,  
2001-2010**

자료 : <그림 2>와 같음.

각 10년간 피해지역의 변화를 살펴보면 1980년대 시기에는 큰 호우의 영향으로 중부와 충청도 지방의 피해가 컸으나, 1990년대와 2000년대에는 주로 큰 태풍에 의하여 강원지방과 경남지방이 큰 피해를 입어 상대적의 우심지역으로 나타났다. <표 3>을 참고하여보면 1981년부터 2010년까지의 풍수해 발생 빈도는

1980년대보다 2000년대에 감소한 반면에 <그림 7>을 바탕으로 피해액은 2000년대 이후로 절대적인 증가를 보였다. 풍수해 발생빈도의 시기별 경향은 뚜렷하게 변동하지 않는 것에 비하여 피해액이 2000년대에 들어와 증가하였다는 것은 한 번의 재해에도 큰 피해가 발생하고 있다는 것을 시사한다. 이렇게 각 시대별로 풍수해 누적 피해액이 다르게 나타나는 것은 피해지역이 한 지역에 지속적으로 나타나는 것이기 보다는 한두 번 나타나는 기록적인 재해의 영향 때문이라고 할 수 있다. 한 번의 풍수해로 전국구가 피해를 입는 경향이나 특징적으로 피해가 심하게 나타나는 지역이 존재하며, 이러한 우심지역은 시대별로 다르게 나타나고 있다.

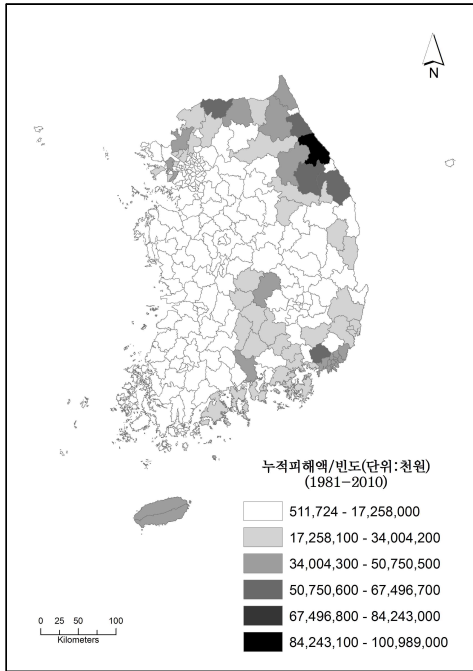
### 3. 풍수해 우심지역 선정

#### 1) 우심지역 선정 근거

위의 풍수해 빈도분석은 피해규모가 고려되지 않기 때문에 피해 정도가 어떻게 나타나는지 파악하기 어려운 문제가 있다. 따라서 실제적인 풍수해 강도를 파악하기 위하여 시군구별 전체 피해액을 빈도로 나누어 빈도대비 피해액을 계산하였으며, 결과로 풍수해 피해지역의 우선순위를 도출하였다.

〈그림 12〉는 1981년부터 2010년까지 30년간 누적 피해액을 발생빈도로 나누어 재해 건수 당 재해피해액을 나타낸 것이다. 앞 장의 풍수해 발생빈도 분석 결과를 살펴보면 발생빈도가 가장 높은 지역은 전라북도, 전라남도로 나타났는데 반하여 빈도대비 피해액은 낮아서 피해규모가 낮게 기록되었다. 다음으로 경상도가 발생빈도가 높게 나타났으나 전라도 다음으로 피해규모가 낮았다. 특징적으로 강원도와 같은 경우 30년 누적빈도가 타 지역에 비해 낮게 나타났으나 재해 건 당 피해액이 가장 높게 나타났고, 〈표 5〉와 같이 강릉시의 재해 건 당 피해액이 약 1천억 원에 달하여 2위인 양양군보다 2배나 높은 피해액을 기록하였다. 시도 단위 기준으로 볼 때 30년의 기간 동안 전라도와 경상도는 꾸준히 풍수해 빈도가 높게 나타나고, 2000년대 이후에는 강원도에도 풍수해가 많이 발생하는 양상을 보였다. 피해액도 이와 비슷한 경향을 보였으나 30년 경향을 누적하여 볼 때 재해 건 당 피해액이 가장 높은 지역은 강원도로 발생 빈도가 다른 시도보다 비교적 적게 나타났음에도 불구하고 2000년대 이후 발생한 기록적인 풍수해로 인해서 피해가 심각하였다.

강원도 지역은 지형적 요소와 2000년대 이후 반복적으로 발생한 큰 풍수해의 경향 등 최근의 재해피해가 두드러지는 지역으로 기후변화로 인한 기후요소의 변화 또한 나타날 것으로 예상되며, 빈도와 피해액을 종합하여 피해 우선순위에 서 높게 나타난 지역인 강원도 강릉시를 풍수해 피해 우심지역으로 선정하였다.



**<그림 12> 풍수해 빈도 대비 피해액의 시도별 분포, 1981-2010**

자료 : <그림 2>와 같음.

**<표 5> 풍수해빈도 대비 피해액의 시도별 순위, 1981-2010**

우선 순위	시도	시군구	피해액/빈도 (단위 : 천원)
1	강원도	강릉시	100,989,203
2	강원도	양양군	58,573,044.2
3	강원도	삼척시	57,132,028.2
4	강원도	정선군	54,439,548.4
5	경상남도	김해시	52,035,210.1
6	강원도	철원군	50,905,698.6
7	경상북도	김천시	50,304,311
8	강원도	평창군	48,272,208.2
9	강원도	인제군	47,849,315.7
10	제주도	제주도	46,441,517.6

## 2) 우심지역 재해 특징

위의 근거로 선정된 강원도 강릉시는 1981년부터 2010년까지 30년의 기간 동안 가장 큰 피해액을 기록한 지역으로 풍수해 발생 빈도 대비 재해피해액이 가장 높게 나타났다. 강릉시의 재해 피해 특징에 대하여 지리적 여건 중 수해상황과 관련성이 있는 깊은 사항들에 대하여 논의해보고, 최근의 피해경향과 특징에 대하여 알아보고자 한다.

강원도의 표고 분포는 해발 0~1664m 범위로 나타나고, 평균고도는 해발 499.8m 지형분포는 해발 1,000m 이상인 지형이 5%, 500m 이상인 지형이 47%로서 전형적인 산악지형의 특성을 보이고 있다. 이러한 산악지형은 집중호우 시 산사태가 발생할 가능성이 높으며, 특히 동해안에 인접한 도시들은 산악지대

와의 거리가 상대적으로 가깝고 급경사지에서 평탄지로 지형경사가 급변함에 따라 인근 산악지대에서 발생한 산사태로 인한 부유물과 토사의 영향을 직접적으로 받을 가능성이 높다. 또한 태풍의 내습이나 장마전선 유입 시 태백산맥의 사면을 따라 상승하는 기류가 대기불안정을 가속화시켜 지형적인 요인으로 인한 호우가 발생하게 되고, 수해를 확대시키는 원인이 되고 있다. 가파른 산자락이 바닷가의 평지와 맞닿아 있으며, 상류부는 전형적인 산지하천으로 양안이 암반으로 구성되어 심한 만곡수로를 형성하고 있는 반면, 하류는 비교적 완만한 흐름을 유지하고 있다. 이에 따라 하상경사가 급경사에서 완경사로 바뀌는 부분에 급격히 유입되는 많은 유량으로 인하여 지·정체현상이 발생되고, 합류지점의 통수능력을 초과하는 많은 유량이 단시간 내에 유입됨에 따라 큰 수해의 원인이 된다.<sup>62)</sup>

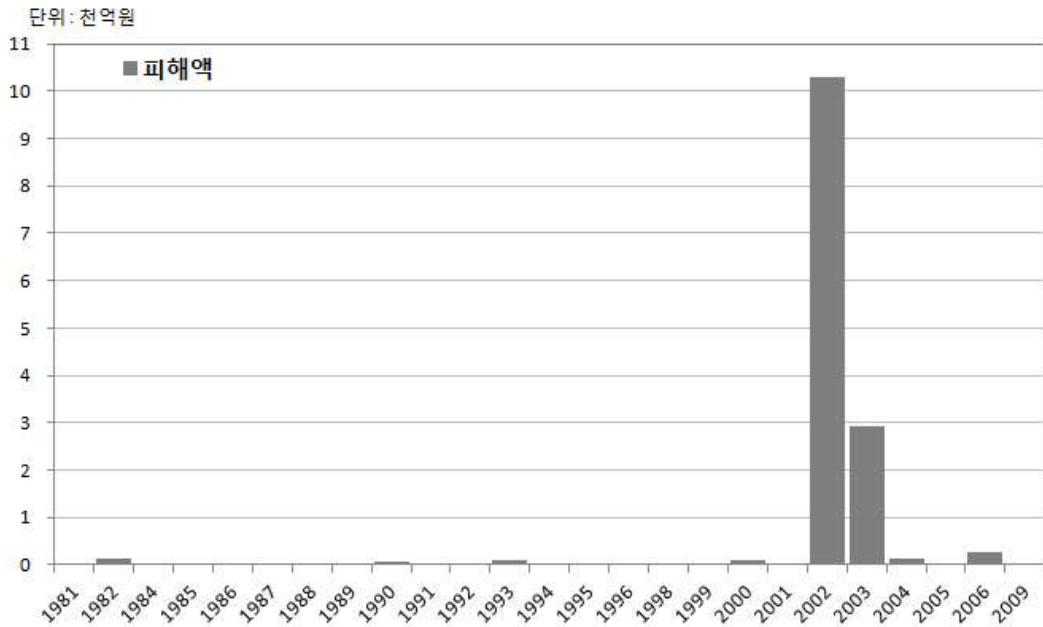
사례지역인 강릉시는 동쪽방향으로 산지들이 낮아지며 해안에 이르고, 산지 사이 도심 가운데에는 강릉 남대천이 흐르고 있다. 도심지역은 대개 고도가 70m 이고, 남대천은 20m이다. 시내지역의 지형적 특성은 동서방향으로 고도 100m 이내의 구릉을 이루는 몇 갈래를 따라 주거 및 생활공간이 형성되어 있으며, 구릉지를 따라 입지한 건축물들은 구릉의 최하부에 집중적으로 형성되어 수해위험에 노출되어 있다.<sup>63)</sup> 강릉시의 재해 피해의 원인은 강원지역의 급경사 산지지역이라는 지형적인 원인과 저지대의 인구집중 및 개발사업의 증대라는 인위적인 원인이 있다. 지형적 원인으로는 급격한 산악지형이 형성되어 있는 점과 피해액의 대부분이 시내의 사유시설 피해로 인한 것으로 보아 도시지역의 중요시설의 집중을 들 수 있다.

강릉시의 풍수해 피해액을 살펴보면, 1981년부터 2010년까지 30년간 피해액 평균은 약 3백억 원으로 전국 시군구 평균 중 가장 높게 나타난다. 다음 <그림 13>은 강릉시의 1981년부터 2010년까지의 풍수해 피해액을 나타낸 것으로

62) 본 절의 내용은 강원도, 2003, 강원수해백서 2002, 강원도, pp. 36-41.를 요약·정리한 것이다.

63) 박홍식·박용길, 2003, “자연재해의 대응정책과 자연자원 관리방안 - 강릉지역의 수해를 중심으로”, 국토연구원, 국토연구, 39, pp. 39-40.

2002년과 2003년이 두드러진 피해가 나타났음을 알 수 있다. 이 두 해의 기록으로 인해 강릉시는 재해 위험성이 높아졌으며, 분석기간 동안 가장 높은 피해액을 기록한 지역이 되었다.



<그림 13> 강릉시 풍수해 피해액, 1981-2010

자료 : <그림 2>와 같음.

2002년의 피해는 8월 23일부터 9월 1일까지 발생했던 태풍 루사가 원인이었다. 태풍 루사에 의해 전국적 피해가 발생하였으며 이 중 강릉시에는 8월 31일 하루에 내린 강수량(870.5mm)은 전국 관측기록 중 1위를 기록하였다. 당시에는 산간인 대관령보다 해안인 강릉지역에 많은 강수량이 나타났는데, 이는 당시 열대해상의 더운 공기와 북동류의 찬 공기와 만나면서 강릉과 대관령을 잇는 영동 중부지방에 강한 수렴대를 형성하여 비구름대가 크게 발달하였고, 비구름대가 산악지형에 막혀 굴절되면서 해안선에서 4-5km 이격된 지점에 더욱 형성되어 강수량을 증가시켰던 것으로 분석된다.<sup>64)</sup> 또한 2000년 4월 영동지역에서 발생한

대규모 산불과 전후 크고 작은 산불은 이 지역의 유출계수를 변화시킴으로 홍수 피해를 더욱 가중시켰으며, 산불지역에 산재해 있는 유목들이 교량과 같은 하천 구조물을 폐쇄함으로써 교량의 파손, 풍수파의 횡적인 전파에 의한 침수 등을 유발시켰다.<sup>65)</sup> 태풍 루사로 인한 강릉시의 피해액은 2010년 화폐기준으로 약 1조 원에 달하였으며, 인명피해는 53명이었다. 2003년의 피해는 9월 11일부터 9월 13일까지 태풍 매미에 의한 것으로 당시 강릉시에서는 일최대강우량이 178mm를 기록하였고, 총 피해액은 2천9백억 원에 달하였으며, 인명피해는 3명이었다.

강릉시의 풍수해 중 발생한 재해 분류와 분류별 피해액 비율은 다음 <표 6>과 같다. 강릉시의 풍수해 중 태풍이 약 44.7%, 호우가 40.4%로 빈도 상 차이가 크지 않고 태풍과 호우가 복합적으로 나타나는 경우가 있는 반면에 재해 피해액의 비중은 태풍의 피해액이 약 96.5%를 차지하여 호우 관련 풍수해보다 더 많은 피해가 있음을 알 수 있다.

**<표 6> 강릉시 풍수해 분류별 발생빈도와 피해액, 1981-2010**

	태풍	호우	호우태풍	호우폭풍	합계
발생빈도 (회)	21	19	4	3	47
발생비율 (%)	44.7	40.4	8.5	6.4	100
피해액 (천원)	1,372,462,913	43,768,824	3,590,554	2,586,197	1,422,408,489
피해비율 (%)	96.5	3.1	0.3	0.2	100

자료 : <그림 2>와 같음.

64) 강원지방기상청, 2002, 제15호 태풍 루사(RUSA) 종합분석, p. 9.

65) 강상혁, 2003, 2000년 강원도 동해안지역 대규모 산불화재가 태풍루사 홍수피해에 미친 영향 - 삼척시 오십천을 중심으로, 한국화재·소방학회 논문집, 17(4), p. 72.

## IV. 강수량과 기온 분석

### 1. 강우의 연 변화

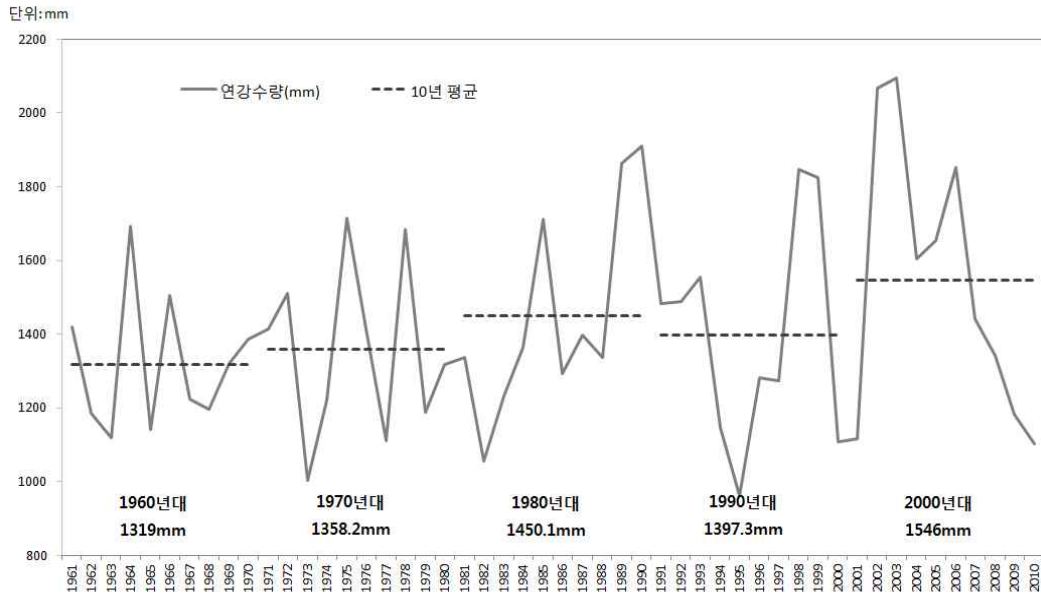
위의 결과로 도출된 풍수해 우심지역인 강릉시의 강우분석을 위해 강우자료의 확보가 용이하고 관측 자료의 신뢰성이 확보되어 있는 기상청의 관측 자료를 이용하여 분석을 수행하였다. 본 연구에서 활용될 관측소의 정보는 다음 <표 7>과 같다.

<표 7> 기상청 관할 연구대상 관측소

지점 (No.)	관측소	분석기간 (year)	위치	고도	북위 Lat.(N)	동경 Long.(E)
105	강릉 Gangneung	1961-2010 (50년)	강원도 강릉시 용강동	26m	37°45′	128°53′

강릉관측소 소재는 강원도 강릉시 용강동으로 1944년부터 동일한 장소에서 측정해 왔기 때문에 자료가 일관성이 있으며, 강릉 시내에 위치해 있어 인문환경에 따른 피해액과 함께 고려할 수 있는 관측소라고 생각되어 선정하였다.

<그림 14>는 강릉의 연강수량과 1960년부터 10년 단위의 평균을 나타낸 것이다. 연강수량의 시계열을 보면 1990년대 이후 강수의 변동이 이전 30년의 변동보다 크게 도시화되었음을 알 수 있으며, 2001년부터 2010년까지의 강수량 평균이 가장 높게 나타난 것을 확인할 수 있다.



**<그림 14> 강릉 연강수량 시계열과 10년 이동평균, 1981-2010**

자료 : 기상청 종관기상관측 전산자료(시간값), 1961-2010.

주 : 위의 자료를 이용하여 필자가 재작성.

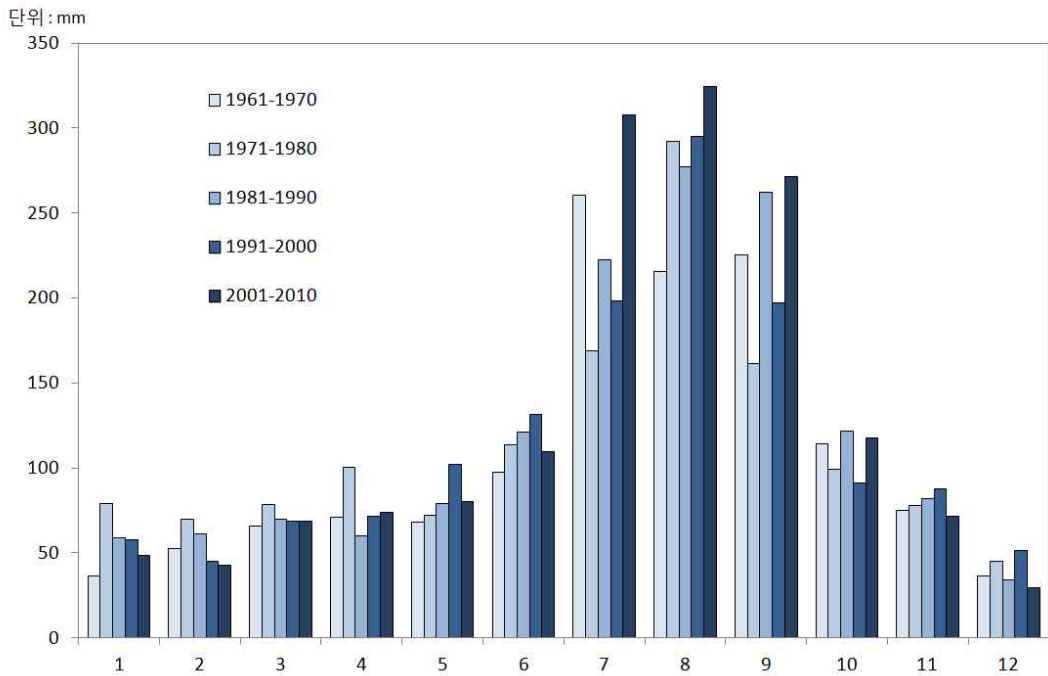
<표 8>은 강릉지점의 연평균강수량을 1961년부터 2010년까지 10년 단위로 평균하여 얻은 값을 나타낸 것으로 각 시기별로 강수량의 변화를 알 수 있다. 연평균강수량은 A기간(1961~1970년)부터 상승세를 보여 꾸준히 증가하다가 D기간(1991~2000년)에 다시 감소하였고, E기간(2001~2010년)에 가장 크게 증가하였다. 연평균강수량은 A기간보다 E기간에 226.96mm증가하였으며, 이는 1960년대의 기간보다 2000년대의 연평균강수량이 약 14.7%가 증가한 것이다.

<표 8> 강릉지점 10년 연평균강수량 변화

(단위 :mm)

A	B	C	D	E
1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2010
1319.01	1358.23	1450.12	1397.28	1545.97
B-A	C-B	D-C	E-D	E-A
+39.22	+91.89	-52.84	+148.69	+226.96

자료 : <그림 14>와 같음.

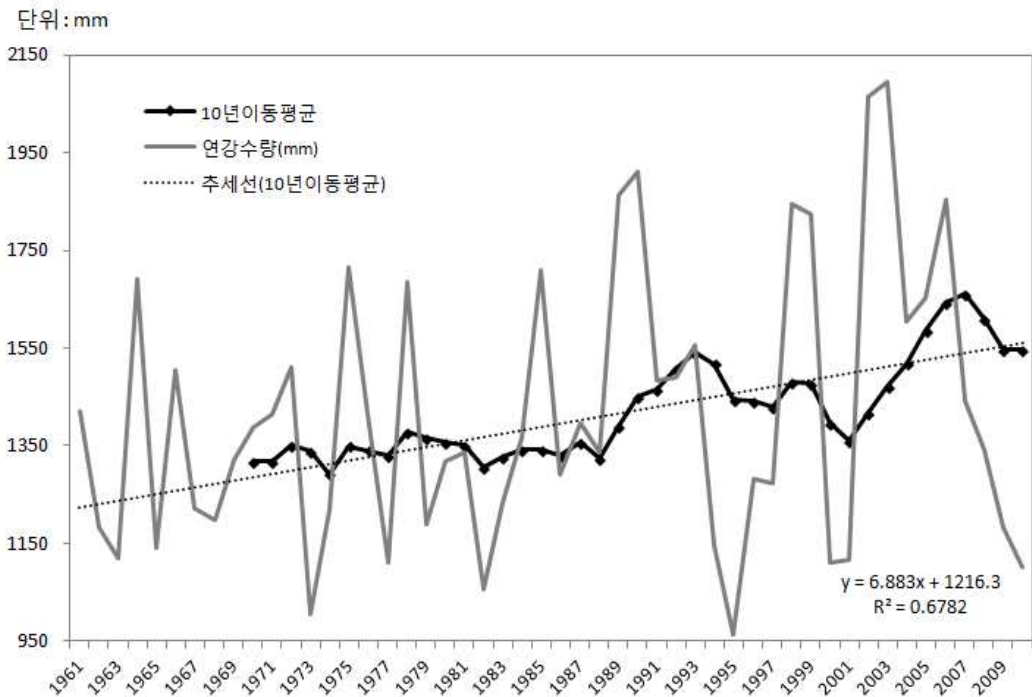


<그림 15> 10년 평균 강수량의 월별 분포, 1961-2010

자료 : <그림 14>와 같음.

강수량의 월별 분포가 뚜렷한 우리나라의 특성을 고려하여 <그림 15>에 1961년부터 2010년까지의 50년 기간을 각 10년으로 나누어 평균한 값을 그래프로

나타내었다. 1961년부터 2000년까지 40년 동안의 7, 8, 9월 월평균강수량보다 2001년부터 2010년까지의 기간의 동 월 강수량이 50년 분석기간 동안 가장 높은 강수량을 보이고 있으며, 반대로 1, 2, 11, 12월의 강수량은 동기간에 가장 낮은 강수량을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 이를 바탕으로 여름철 강수는 증가하였고 겨울철 강수는 감소하였음을 알 수 있다.



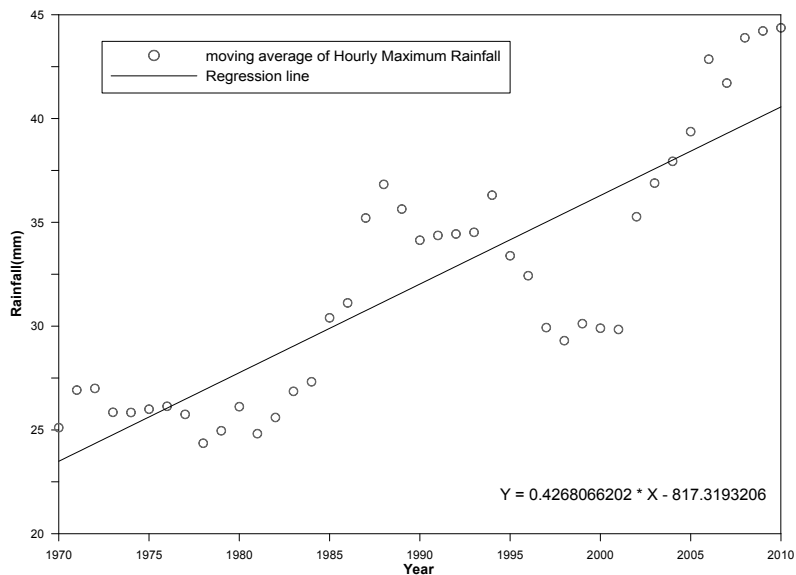
**<그림 16> 연강수량의 10년 이동평균, 1961-2010**

자료 : <그림 14>와 같음.

<그림 16>은 강릉지점의 1961년부터 2010년까지의 연 강수량에 대한 10년 이동평균을 그래프로 나타낸 것이다. 1961~1970년까지의 10년 평균은 1319mm이었으며, 가장 낮은 평균값은 1965~1974년의 평균값으로 1292mm였고, 가장 높은 평균값은 1998~2007년까지의 1661mm로 나타났다. 강수량의 10년 이동평균의 선형경향은 시간에 따라 증가하는 추세를 보이고 있다.

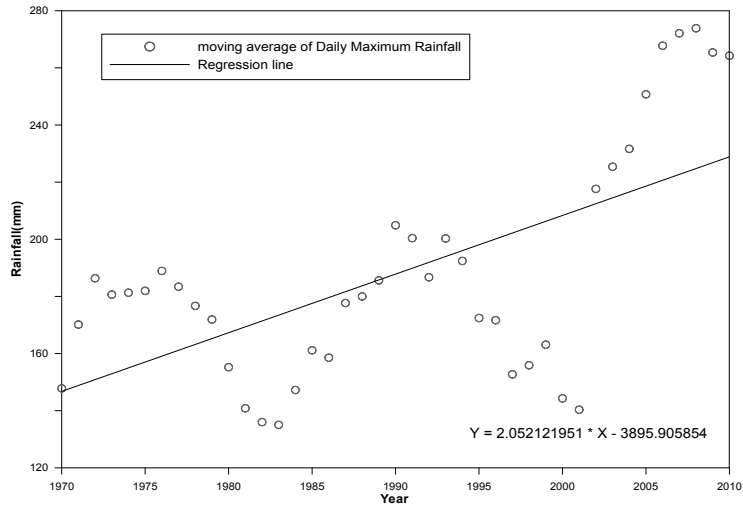
## 2. 강우 경향성 분석

〈그림 17〉은 강릉지점의 1시간 최대강우량 10년 이동평균값의 추세선과 식을 그래프로 나타낸 것으로 시간에 따라 1시간 최대강우량이 증가하는 선형 경향성이 있는 것을 확인할 수 있다. 이 같은 결과는 시간이 지날수록 1시간의 최대강우량이 증가하여 평균값을 증가시켰기 때문으로 분석된다.



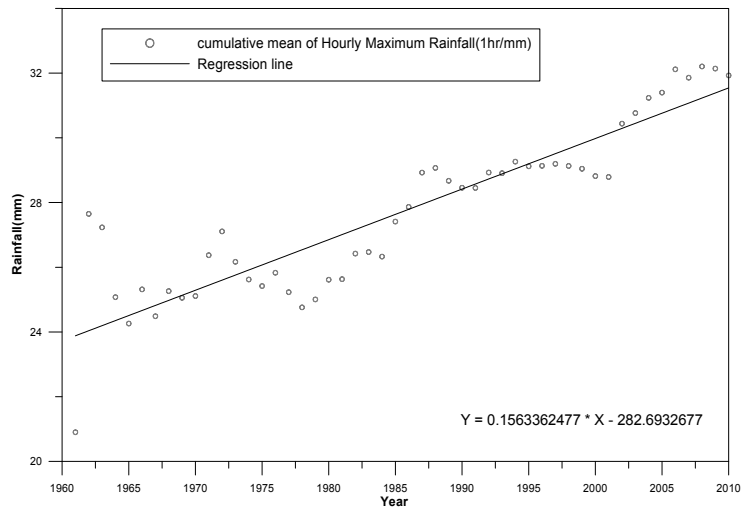
**<그림 17> 강릉지점 1시간 최대강우량의 10년 이동평균,  
1961-2010**

〈그림 18〉은 강릉지점의 24시간 최대강우량 10년 이동평균값의 추세선과 식을 그래프로 나타낸 것으로 설명력은 높지 않으나 육안으로는 증가하는 선형 경향성을 확인할 수 있다. 강릉지점의 일최대강우량보다 1시간 최대강우량의 증가하는 선형추세가 더 크게 나타났는데, 이는 강릉지점의 강우량이 하루 동안에 내린 강우보다 1시간 동안 내린 단기간 강우량이 증가하는 경향이 더 강하게 나타나는 것으로 분석된다.



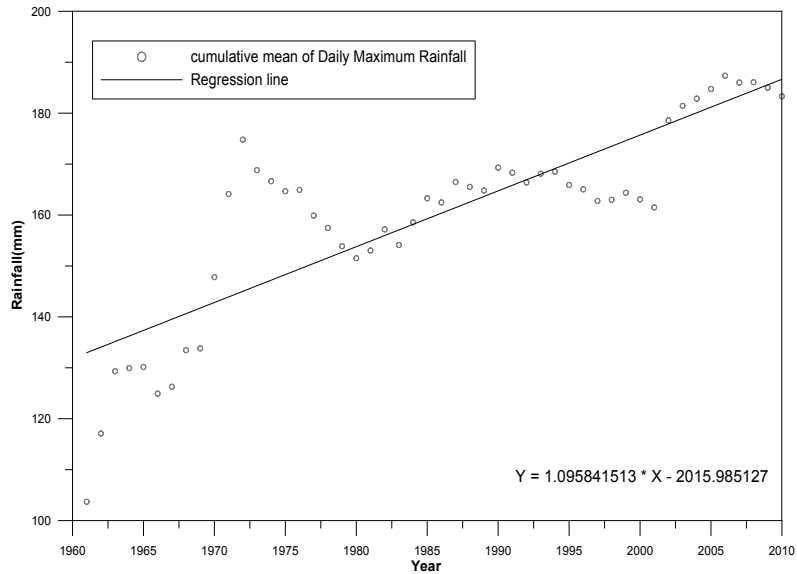
**<그림 18> 강릉지점 일최대강우량의 10년 이동평균,  
1961-2010**

<그림 19>는 강릉지점의 1시간 최대강우량의 누적평균값의 추세선과 식을 그래프로 나타낸 것으로 증가하는 추세를 확인할 수 있다. 이 같은 결과는 시간이 지날수록 1시간의 최대강우량이 증가하여 연누적평균값이 증가하였기 때문으로 분석된다.



**<그림 19> 강릉지점의 1시간 최대강우량의 누적평균,  
1961-2010**

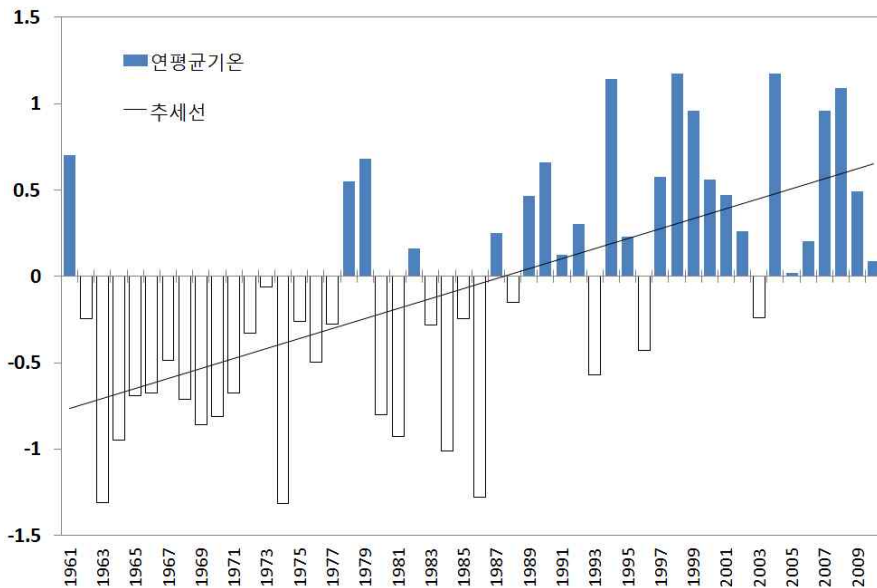
〈그림 20〉은 강릉지점의 24시간 최대강우량의 누적평균값의 추세선과 식을 그래프로 나타낸 것으로 증가하는 선형 추세를 확인할 수 있다. 이 같은 결과는 하루 동안 내린 최대강우량이 시간이 지날수록 증가하는 추세가 있다고 할 수 있다.



〈그림 20〉 강릉지점 일최대강우량의 누적평균, 1961-2010

### 3. 기온의 연 변화

〈그림 21〉은 1961년부터 2010년까지의 50년 동안 강릉의 연평균기온인 12.9℃에 대한 연도별 편차를 나타낸 것이다. 1960년대부터 1970년대까지 대체로 음의 편차를 보이나 1987년부터 상승세를 보이면서 대체로 양의 편차를 보이고 있으며, 80년대 후반을 기점으로 연평균기온이 분석기간의 평균보다 더 높은 추세를 나타내고 있다.



〈그림 21〉 강릉지점 연평균기온 편차의 시계열, 1961-2010

자료 : 기상청 중관기상관측 전산자료(일 값), 1961-2010.

주 : 위의 자료를 이용하여 필자가 작성.

〈그림 22〉는 강릉지점의 연평균기온과 연평균 최고기온, 연평균 최저기온의 변화경향을 그래프로 나타낸 것이다. 선형으로 도시화 할 경우 세 기온시계열이 모두 정적인 경향이 있음을 확인할 수 있다.

단위: °C

19

17

15

13

11

9

7

1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010

**<그림 22> 강릉지점 기온 변화 경향, 1961-2010**

(위에서부터 연평균 최고기온, 연평균기온, 연평균 최저기온)

자료 : <그림 21>과 같음.

주 : 위의 자료를 이용하여 필자가 작성.

<표 9>는 강릉지점의 기온자료를 1961년부터 2010년까지 10년간 평균하여 얻은 값을 나타낸 것으로 각 시기별로 온도의 변화를 계산하였다. 연평균기온은 각 기간별로 약간씩 상승하여 E기간(2001~2010년)의 연평균기온이 A기간(1961~1970년)의 연평균기온보다 1.06°C가 상승하였다. 이러한 수치는 IPCC 4차 평가보고서(2007)<sup>66)</sup>에서 밝힌 100년(1906~2005)동안 0.74°C 증가분과 비교하면 강릉의 연평균기온 1.06°C의 상승은 높은 수치라고 할 수 있다. 연평균 최고기온에서 E기간까지의 연평균 최고기온이 A기간의 연평균 최고기온보다 0.79°C가 상승하였으며, 연평균 최저기온에서는 기간별로 약간씩 지속적인 상승을 보여 E기간의 연평균 최저기온이 A기간의 연평균 최저기온보다 1.35°C가 상승하였다. 연평균 최저기온은 1.35°C가 상승하여 약 14%의 상승률을 보인 반면 연평균

66) IPCC, 2007, 전계서, p.30.

최고기온은 0.79℃가 상승하여 약 4.5%의 상승률을 보여 연평균 최고기온보다 연평균 최저기온이 더 높은 상승률을 보였다.

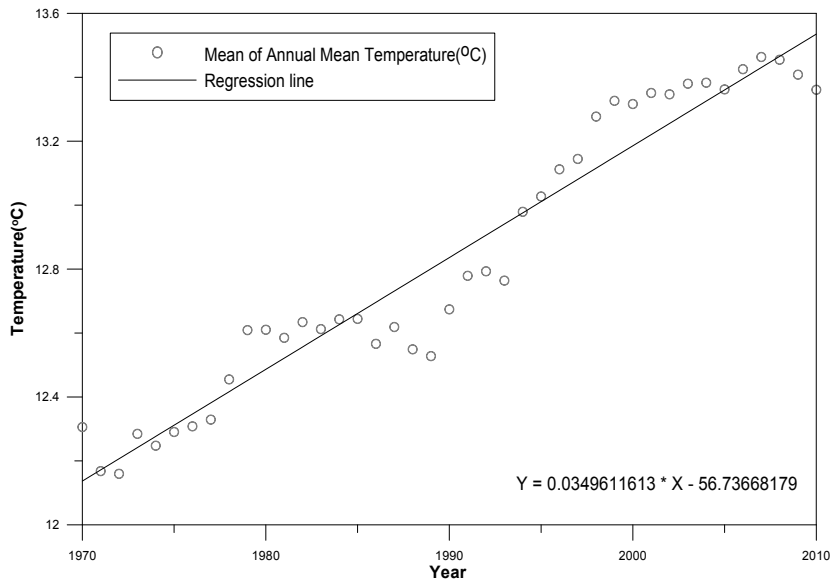
**<표 9> 강릉지점 10년 평균기온 변화**

(단위 : °C)

구분	A 1961~1970	B 1971~1980	C 1981~1990	D 1991~2000	E 2001~2010
연평균기온	12.31	12.62	12.68	13.32	13.37
연평균 최고기온	16.83	17.16	17.19	17.77	17.62
연평균 최저기온	8.26	8.66	8.76	9.23	9.61
구분	B-A	C-B	D-C	E-D	E-A
연평균기온	+0.31	+0.06	+0.64	+0.05	+1.06
연평균 최고기온	+0.33	+0.03	+0.58	-0.15	+0.79
연평균 최저기온	+0.4	+0.1	+0.47	+0.38	+1.35

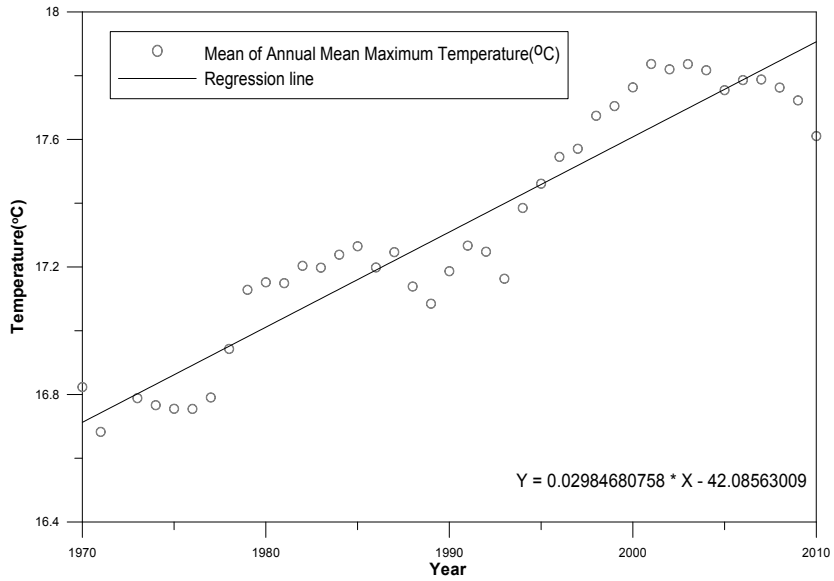
#### 4. 기온 경향성 분석

〈그림 23〉은 강릉지점 연평균기온을 10년 이동평균값의 추세선과 식을 그래프로 나타낸 것으로 뚜렷하게 증가하는 추세를 확인할 수 있다. 이러한 결과는 연평균기온이 시간에 대하여 증가하는 값을 가진다고 판단할 수 있다.

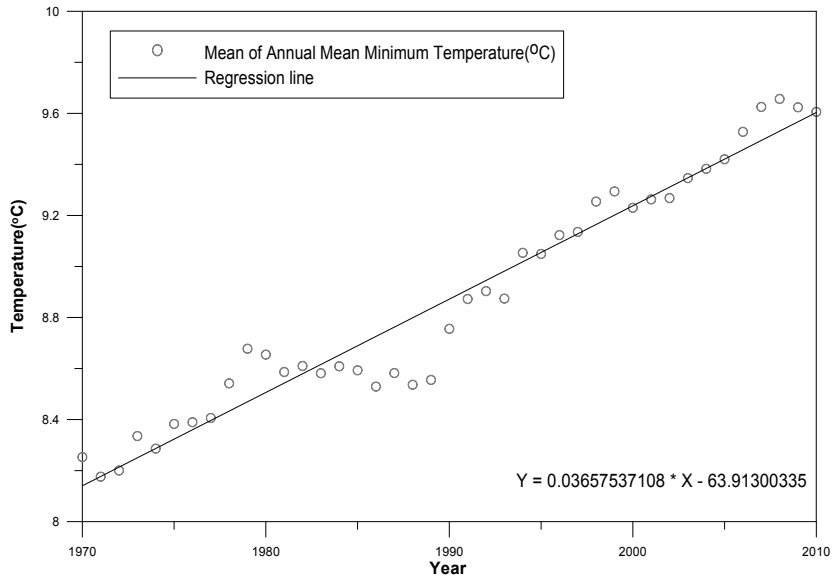


〈그림 23〉 강릉지점 연평균기온의 10년 이동평균, 1961-2010

〈그림 24〉는 강릉지점 연평균 최고기온을 10년 이동평균값의 추세선과 식을 그래프로 나타낸 것으로 뚜렷하게 증가하는 추세를 확인할 수 있다. 이러한 결과는 연평균 최고기온이 시간에 대하여 증가하는 값을 가진다고 판단할 수 있다.



<그림 24> 강릉지점 연평균 최고기온의 10년 이동평균, 1961-2010



<그림 25> 강릉지점 연평균 최저기온의 10년 이동평균, 1961-2010

<그림 25>는 강릉지점 연평균 최저기온을 10년 이동평균값의 추세선과 식을 그래프로 나타낸 것으로 뚜렷하게 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 이러한 결과

는 연평균 최저기온이 시간에 대하여 증가하는 값을 가진다고 판단할 수 있다. 위의 연평균 최고기온의 10년 이동평균의 경향과 비교할 때, 연평균 최저기온의 증가하는 경향성이 연평균 최고기온의 증가경향보다 더 크게 나타난다.

## V. 풍수해와 강수량 및 기온 분석

### 1. 풍수해와 강수량 및 기온 상관분석

〈표 10〉은 1961년부터 2010년까지의 50년간 기온과 강수량 자료를 이용하여 상관분석을 실시한 결과이다. 기온과 강수량 값들 중 이동평균에 대한 값들 간의 관계가 유의하게 나타났는데 이는 위의 회귀분석의 결과처럼 이동평균 값이 모두 정적인 선형 경향이 나타났기 때문이라고 판단된다. 이동평균간의 상관분석 중 연평균 최저기온의 이동평균과 24시간 최대강우량의 이동평균의 상관계수가 0.938로 변수들 중 가장 강한 양의 상관관계가 나타났으며 다음으로 연평균 최고기온의 이동평균과 24시간 최대강우량의 이동평균의 상관계수가 0.882로 강한 양의 상관관계를 보였다. 이동평균 간의 상관관계는 모두 양의 상관관계를 유의하게 보이고 특히 24시간 최대강우량의 이동평균값과 기온 이동평균 값들의 상관계수가 1시간 최대강우량의 이동평균 값의 상관계수보다 더 크게 나타난다. 연강수량과 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온과의 상관관계는 이동평균값의 상관관계보다 낮게 나타났으나 이 중 연평균 최저기온과 연강수량의 상관계수는 0.351, 유의확률은 0.013으로 양의 상관관계가 나타난다.

<표 10> 기온과 강수량의 상관관계, 1961-2010

강수량 \ 온도		연평균 기온	연평균 최고기온	연평균 최저기온	연평균 기온 10년 MA	연평균 최고기온 10년 MA	연평균 최저기온 10년 MA
연강수량	상관 계수	0.206	0.008	0.351*	0.231	0.227	0.206
	유의 확률	0.152	0.958	0.013	0.147	0.154	0.197
1시간 최대 강수량	상관 계수	0.164	0.079	0.202	0.205	0.203	0.193
	유의 확률	0.255	0.588	0.159	0.199	0.204	0.226
24시간 최대 강수량	상관 계수	0.032	-0.077	0.120	0.077	0.067	0.082
	유의 확률	0.826	0.593	0.407	0.632	0.676	0.612
연강수량 10년 MA	상관 계수	0.446**	0.441**	0.451**	0.781**	0.698**	0.853**
	유의 확률	0.003	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000
1시간 최대 강수량 10년 MA	상관 계수	0.529**	0.561**	0.468**	0.720**	0.679**	0.781**
	유의 확률	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
24시간 최대 강수량 10년 MA	상관 계수	0.548**	0.529**	0.527**	0.882**	0.817**	0.938**
	유의 확률	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

\*\* . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함.

\* . 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.

주: MA(Moving Average)는 이동평균을 뜻함.

<표 11>은 1981년부터 2010년까지의 30년간 피해액 및 기온과 강수량 자료를 이용하여 상관분석을 실시한 결과이다. 모든 기온 값들과 강수량 값들은 서로 거의 무시될만한 상관계수가 도출되었다. 피해액과 각 기후요소 간의 상관분석

결과, 피해액과 기온 값들과의 자료는 거의 무시될만한 상관계수가 도출되었으나, 피해액과 강수량 값들과의 상관계수는 뚜렷한 양적 상관관계가 도출되었다. 피해액과 24시간 최대강우량의 상관계수는 0.885, 1시간 최대강우량의 상관계수는 0.710으로 강한 양의 상관관계가 나타났고, 연강수량과의 상관계수는 0.462로 뚜렷한 양의 상관관계가 나타났으며 이는 모두 통계적으로 유의하였다. 이는 풍수해 피해액과 기온 값들 사이에는 관계가 없고 강우 값들과는 상관관계가 나타남을 시사한다.

**<표 11> 풍수해 피해액 및 기온과 강수량의 상관관계, 1981-2010**

강수량		기온	피해액	연평균기온	연평균 최고기온	연평균최저 기온
		상관계수				
피해액	상관계수	1	-0.018	-0.116	0.025	
	유의확률	-	0.926	0.542	0.897	
연강수량	상관계수	0.462**	0.113	-0.144	0.282	
	유의확률	0.010	0.552	0.447	0.131	
1시간 최대강우량	상관계수	0.710**	0.035	-0.062	0.082	
	유의확률	0.000	0.852	0.746	0.667	
24시간 최대강우량	상관계수	0.885**	-0.024	-0.152	0.058	
	유의확률	0.000	0.901	0.422	0.760	

\*\* . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함.

\* . 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.

## 2. 풍수해와 강수량 및 기온의 단계적 회귀분석

위의 상관분석의 결과로(표 11) 기온과 강우 값 사이, 피해액과 기온 값 사이에는 상관관계가 있다고 하기 어려우나 피해액과 강우 값 사이는 통계적으로 유의한 양적 상관관계가 있었다. 하지만 상관관계는 단지 두 변수의 선형적 관계만 나타내므로 피해액과 각 기후요소 간의 유의한 설명력을 가지는 변수를 확인하기 위하여 단계적 회귀분석을 실시하였다.

먼저 기후요소인 강우와 기온 값에 대하여 단계적 회귀분석을 실시하였으며, 종속변수는 연강수량, 독립변수는 연평균기온, 연평균 최저기온, 연평균 최고기온으로 하여 어떠한 변수가 영향을 미치는지 분석하였다. 그 결과는 다음 <표 12>와 같다. 연평균기온은 단계선택의 기준에 의해 제외되고 첫 번째 모형에서는 연평균 최저기온이 선택되고 두 번째 모형으로는 연평균 최고기온이 연강수량을 설명할 수 있는 변수로 선택되었다. 연평균 최저기온만 선택되는 경우의  $R^2$  값은 0.213이며, 연평균 최저기온과 연평균 최고기온이 선택되는 두 번째 모형의  $R^2$  값은 0.419로 보다 더 높은 설명력을 가진다. 변수가 적기 때문에 보다 높은 설명력을 보인 두 번째 연평균 최저기온과 연평균 최고기온을 포함하는 모형을 살펴보면 F값이 16.945, 유의확률이 0.000으로 통계적으로 유의하며,  $R^2$  값이 0.419로 연평균 최저기온과 연평균 최고기온의 모형이 연강수량에 대하여 41.9%만큼 설명력이 있음을 확인하였다.  $\beta$  값은 연평균 최저기온이 5.821로 연평균 최고기온보다 더 큰 영향력이 있음을 알 수 있다.

<표 12> 기온과 강수량의 단계적 회귀분석, 1961-2010

독립변수 \ 종속변수	연강수량				
	B	$\beta$	t-value	유의확률	R <sup>2</sup>
모형 1 연평균 최저기온	135.371	0.351	2.593	0.013	0.213
상수	209.334				
F	6.723				
모형 2 연평균 최저기온	470.203	1.217	5.821	0.000	0.419
연평균 최고기온	-415.111	-1.024	-4.894	0.000	
상수	4413.810				
F	16.945				

반면 종속변수를 연강수가 아닌 강우강도 값으로 하고 독립변수를 기온값들로 분석하였을 경우 모든 독립변수가 통계적으로 유의하지 않아 제외되어 결과값이 도출되지 않았으며, 종속변수를 기온 값으로 독립변수를 연 강수량, 1시간 최대 강수량, 24시간 최대강수량으로 하여 단계적 회귀분석을 실시하였을 때에는 모든 독립변수가 통계적으로 유의하지 않아 제외되어 결과값이 도출되지 않았다. 따라서 강우 값은 온도 값에 영향을 미친다고 하기 어렵다.

다음으로 풍수해 피해액과 기후요소 간 관계를 알아보기 위하여 1981년부터 2010년까지 30년간 자료를 바탕으로 단계적 회귀분석을 실시하였다. 종속변수를 피해액으로 하고 독립변수를 연강수량, 1시간 최대강수량, 24시간 최대강수량, 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온으로 하여 어떤 변수가 피해액에 가장 영향을 미치는지 분석하였다. 분석결과는 다음 <표 13>과 같다.

피해액을 가장 잘 설명해줄 수 있는 독립변수는 24시간 최대강수량만 포함한 모형이 선택되었으며, F값은 101.343, 유의확률은 0.000으로 통계적으로 유의하였고, R<sup>2</sup> 값이 0.784로 높은 설명력을 가진다.

**<표 13> 풍수해 피해액 및 기온과 강수량 간의 단계적 회귀분석, 1981-2010**

독립변수 \ 종속변수	연강수량				
	B	$\beta$	t-value	유의확률	R <sup>2</sup>
모형 1 24시간 최대강우량	1162948.1 33	0.885	10.067	0.000	0.784
상수	-1.90E+08				
F	101.343				

## VI. 결론

산업혁명 이래 지구의 평균온도의 지속적인 증가경향과 강우량의 변화는 집중호우 및 태풍과 같은 재해의 강도를 증가시키고 막대한 재산피해와 인명피해를 가져오며, 앞으로도 이러한 불가측 자연재해가 문제가 될 것으로 예상된다. 극단적 기상재해는 그 지역마다 피해와 패턴이 상이하기 때문에 국가적인 재해에 대한 이해뿐만 아니라 미시적 관점의 국지적인 재해분석이 필요하다.

우리나라는 태풍과 집중호우 등 풍수해에 의한 피해가 자연재해의 약 80% 이상을 차지한다. 우리나라의 풍수해는 기존에 겪어왔던 것과 다르게 예측할 수 없을 정도로 강도가 더욱 급격하게 증가하면서 기록적인 피해를 가져왔으며, 그 영향을 직접 실감할 수 있게 되었다. 집중호우와 같은 경우는 공간규모가 작고 예측이 어려워 많은 재산피해를 발생시키며, 태풍과 같은 경우는 폭풍을 함께 동반하여 낮은 빈도라도 규모에 따라 영향권에 든 지역에 대규모 피해를 발생시킨다. 이러한 풍수해는 기후요소 중 강수량이 가장 큰 영향을 미치는데, 강수량이 클수록 호우강도가 높아져 집중호우로 인한 피해가 커지고 오랜 기간 큰 강수가 지속적으로 내릴 경우 홍수발생 가능성이 높아지기 때문이다.

문헌연구를 진행한 결과 재해 분석에 있어서 지리적인 관점의 연구보다는 대부분 강우량의 정량적 분석과 변동경향에 대한 연구에 초점이 맞춰져 있어 사실상 과거 재해피해를 바탕으로 한 연구가 많지 않다. 통계적 분석도 중요하나 그러한 결과가 나오게 된 원인을 과거 피해 우심지역을 바탕으로 지역적으로 분석하여 보고 미시적인 관점에서 지역 특성을 파악하여 수해 지역이 왜 문제가 되는가에 대해 지리적인 관점에서 바라볼 필요성이 제시되었다. 우리나라는 지리적인 특성이 다양하게 나타나고 국지적인 집중호우 등의 예측하기 어려운 재해가 빈번하여 여름철 풍수해 피해가 관례적인 경향이 있어 과거 재해분석을 이용한 피해지역의 특성 파악이 의미가 있을 것으로 판단하였다.

본 연구는 지구온난화로 인한 수문순환의 변화로 물 관련 재해의 강도 및 패

턴이 변화한다는 것을 근거로 풍수해 우심지역 경향이 변화하고 있으며, 우심지역의 강우량과 기온이 변화하고 있음을 밝히는데 목적이 있다. 또한 우심지역의 풍수해 피해와 기후요소 간의 관계가 나타날 것이라는 가설을 전제하고 있다.

연구의 방법은 문헌연구를 바탕으로 기후변화의 개념과 출현에 대한 이론을 검토하고 지리적인 관점에서의 재해분석이 어떻게 이루어지고 있는지 파악하였다. 미시적 관점으로 재해의 피해양상과 기후요소의 변화를 알아보기 위하여 특정 풍수해 우심지역을 선정하였는데, 이를 위해 1981년부터 2010년까지의 시군구 재해 데이터를 정리하여 누적 피해액과 빈도를 분석하였으며, 지도화 작업을 통해 전체적인 피해 경향을 파악할 수 있도록 하였다. 분석기간의 풍수해 빈도와 피해액을 시기별로 분석하여 지역적인 패턴의 변화를 살펴보고, 이를 바탕으로 특정 행정구역을 풍수해 우심지역으로 선정하여 1961년부터 2010년까지의 50년간 강우량과 기온자료를 정량적으로 분석해보았다. 강우량과 기온 자료는 선형 추세선을 이용하여 실제 증가 경향성이 나타나는지 확인하여 보았으며, 상관분석을 통하여 기후요소와 피해액 간 설명력이 어떻게 나타나는지 알아보았다. 이때에 피해액과 강우량, 기온을 모두 변수로 두어 피해액과 기후요소 간 가장 설명력이 있는 자료를 알아보기 위해 단계적 회귀분석을 실시하였다.

분석의 결과로 풍수해 빈도에 있어서는 전라도가 가장 높은 빈도를 보였고, 다음으로 충남, 경기, 강원, 충북 등의 순으로 나타났다. 풍수해 빈도가 가장 낮게 나타난 지역은 대구이다. 시기별 우심지역을 파악한 결과 1980년대보다 2000년대에 발생빈도가 더 적게 집계되었는데, 이는 재해 빈도 집계 시 인명이나 재산 피해가 실제로 발생했던 지역만을 집계하므로 방재와 정비 사업이 상대적으로 잘 이뤄진 최근에 있어서 빈도가 더 낮게 잡힌 것으로 판단된다. 상대적인 우심지역의 변화를 살펴보면 1980년대에는 전라와 충남이 빈도가 높게 나타났으며, 1990년대에는 전라, 경상 등의 남부지방에 높게 나타났다. 이후 2000년대에 들어서는 강원, 경기, 경상의 북동부 지방에 비교적 높은 빈도가 발생하는 경향이다. 1980년대부터 살펴본 결과 북서부지방에서부터 남부지방으로 변화하였

다가 2000년대에 들어서는 북동부지방으로 우심지역이 변화하는 경향이 나타남을 확인하였다. 풍수해 피해액에 있어서는 2002년과 2003년의 피해가 두드러지게 나타나며 이는 기록적인 태풍에 원인이 있다. 30년 중 이 두 해를 제외하고는 피해액이 높아도 2조원에 그쳤던 것에 비하여 약 3배 이상에 달하는 피해가 발생하였다. 강원도와 같은 경우 30년간 누적빈도에 있어서 타 지역보다 비교적 낮은 빈도를 보이지만 재해 건 당 피해액이 가장 높게 나타났는데 이는 최근 2000년대 이후 기록적인 재해의 발생이 대부분 강원도 지방에서 일어나 재해 피해 경향이 두드러지게 나타났기 때문이다. 이를 바탕으로 최근의 경향에서 피해가 급속도로 증가하고 빈도 대비 피해액의 우선순위를 고려하여 강릉지역을 풍수해 우심지역으로 선정하였으며, 이에 연구대상 관측소를 관측기간이 가장 오래 되고 시내에 관측소가 위치해 있는 강릉지점으로 선정하였다. 강릉지역의 연강수량은 증가하는 선형경향을 띄었으며, 여름철 강우는 증가하고 겨울철 강수는 감소함을 확인하였다. 강우강도에 있어서는 1시간 최대강우량의 10년 이동평균값을 분석한 결과로 증가하는 선형추세를 보였으며, 누적평균값의 분석결과보다 이동평균값의 증가 경향성이 더 높게 나오므로 과거보다 최근에 더 증가 경향을 띄고 있음을 확인하였다. 기온 분석 결과 연평균기온은 80년대 후반을 기점으로 50년간의 평균치보다 더 높게 나타나는 경향을 보였다. 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온은 증가하는 선형경향이 나타났고 연평균 최고기온보다 연평균 최저기온이 더 큰 증가추세를 보였다. 피해액과 강우량, 기온과의 상관관계를 살펴보면 피해액과 기온 값들은 거의 무시될만한 상관을 보였고 피해액과 강우량 값들 사이에는 뚜렷한 양적 상관관계가 있음을 파악하였다. 강우값과 기온값의 단계적 회귀분석 결과로 연평균 최저기온과 연평균 최고기온이 연강수량에 영향을 미칠 수 있다는 결과가 도출되었으며, 반대로 강우값은 기온값에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 피해액과 기후요소값들 사이의 단계적 회귀분석의 결과로는 강릉의 풍수해 피해액을 설명해줄 수 있는 변수로 24시간 최대강우량만이 선택되었다.

본 연구의 결과를 요약해보면, 풍수해 피해액은 절대적으로 증가하는 추세에 있어 그 지역적 분포 또한 변화하고 있음을 확인하였고, 빈도 대비 피해 우심지역이 강릉지역으로 나타나 강우량과 기온 값을 분석한 결과 증가하는 선형추세가 있음을 확인하였다. 또한 피해액과 기후요소 값에 있어서는 24시간 최대강우량이 가장 설명력 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 1980년대부터 2010년까지의 30년간의 피해액 누적 자료를 이용하여 자연현상 자체를 파악하였다는 점, 10년 단위의 시기별 풍수해 패턴을 분석한 점, 우심지역 선정 시 광역적 행정구역이 아닌 시군구단위의 행정구역별로 피해액과 발생빈도를 파악한 점에서 의의가 있다. 시군구 단위의 피해패턴과 원인분석을 통한 과거 풍수해 패턴 변화가 주는 의미를 파악하고 실제로 피해액에 영향을 주는 것으로 고려될만한 기후요소를 파악하였다.

본 연구의 한계로는 피해액 산출 시 인문환경을 고려하지 못하였다는 점과 지도화 작업 시 행정구역 수렴에 있어서 30년간의 규모 변화를 고려하지 못했다는 점이다. 또한 재해 패턴의 시기별 변화경향의 원인을 파악하기 어렵다는 점인데, 홍지혜 외(2008)<sup>67)</sup> 연구에서는 이러한 지역적인 피해 변화 경향이 남부보다 북부지역이 홍수에 취약해졌음을 유추할 수 있고 이는 과거 홍수에 대한 대책이 침수지역을 줄이는 방향으로 수립되어 국가적으로 동일한 대응방안이 적용되었기 때문에 상대적으로 북부지역에서 취약성이 덜 경감되었기 때문이라고 하였다. 향후에는 이러한 피해 지역의 변화가 실제로 풍수해 피해와 연관이 있는지 지역적 지표를 이용하여 추가적으로 분석할 필요성이 있으며, 지역적인 특성을 고려한 미시적인 관점에서의 풍수해 대응방안이 필요할 것으로 보인다.

---

67) 홍지혜 외, 전계서, pp. 17-18.

## 참고문헌

### 국내문헌

- 강상혁, 2003, 2000년 강원도 동해안지역 대규모 산불화재가 태풍루사 홍수피해에 미친 영향 - 삼척시 오십천을 중심으로, 한국화재·소방학회 논문집, 17(4), pp. 70-75.
- 강원도, 2003, 강원수해백서 2002.
- 강원지방기상청, 2002, 제15호 태풍 루사(RUSA) 종합분석.
- 건설부, 1982~1991, 재해연보.
- 국립방재연구소, 2003, 우리나라 자연재해 발생추이분석 및 대응방안 연구(I) -풍수해 장기대응을 중심으로-,
- 권현수, 1995, 남한의 기온과 강수량 변화, 건국대학교 석사학위논문.
- 김광섭, 임태경, 2005, “한반도 강수량과 유량의 장기 추세 분석”, 한국수자원학회, 한국수자원학회 2005년도 학술발표회 논문집, pp. 916-919.
- 김동은 외, 2008, “전 세계 자연재해 추이 및 유형 분석”, 한국수자원학회, 한국수자원학회 논문집, 41(2), pp. 56-61.
- 김선영 외, 2008, “우리나라 5~9월까지의 지역별 강수량의 월 변화 특성”, 건국대학교 기후연구소, 기후연구, 3(2), pp. 64-75.
- 김연옥, 1998, 기후변화, 민음사.
- 김연희 외, 2009, “한반도 재해피해와 호우의 재현주기”, 건국대학교 기후연구소, 기후연구, 4(2), pp. 96-109.
- 김우철 외 공저, 2007, 통계학개론, 영지문화사.
- 내무부 중앙재해대책본부, 1992~1997, 재해연보.
- 박영선, 2011, 기상 Index들과 한반도 강수량과의 상관관계분석, 서울시립대학교 일반대학원 석사학위논문.

- 박종길 외, 2006, “한반도에 영향을 주는 태풍의 통계적 특성 변화”, 대한기상학회, 대기, 16(1), pp. 1-17.
- 박홍식 · 박용길, 2003, “자연재해의 대응정책과 자연자원 관리방안 - 강릉지역의 수해를 중심으로”, 국토연구원, 국토연구, 39, pp. 35-50.
- 설동일, 2010, “지구온난화와 태풍의 변화 경향”, 한국항해항만학회, 한국항해항만학회지, 34(6), pp. 453-458.
- 소방방재청 중앙재난안전대책본부, 2005~2011, 재해연보.
- 신임철 외, 2007, “한반도의 2007년 8월과 2007년 여름의 기후특성 및 8월과 여름의 장기기후변화”, Korean Meteorological Society, Atmosphere, 17(4), pp. 471-481.
- 안재현 외, 2011, 강 “우량의 특성과 풍수해 재산피해액의 관계 분석”, 한국수자원학회, 한국수자원학회 논문집, 44(3), pp. 77-83.
- 엄은형, 1984, 최근 우리나라의 기후변화(1951~1980), 이화여자대학교 석사학위논문.
- 오제승 외, 2006, “수문 및 기후 자료에 대한 선형 경향성 및 평균이동 분석”, 대한토목학회, 대한토목학회 논문집B, 26(4), pp. 355-362.
- 이상복 외, 2004, “강우자료에 대한 변동성 및 경향성 해석”, 한국수자원학회, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 696-700.
- 이승호 · 권원태, 2004, “한국의 여름철 강수량 변동 -순별 강수량을 중심으로 -”, 대한지리학회, 대한지리학회지, 39(6), pp. 819-832.
- 이승호 · 이경미, 2008, “강원도 산지지역의 자연재해 분포 특성”, 대한지리학회, 대한지리학회지, 43(6), pp. 843-857.
- 이원준, 김태웅, 2010, 통계학개론, 신영사.
- 이자원 외, 2011, “재해대응 국제협력의 관점에서 본 베트남 자연재해의 지리적 특성과 재난관리에 관한 연구”, 국토지리학회, 국토지리학회지, 45(2), pp. 265-278.

- 장재연 외, 2009, “한국의 기후변화와 기상재해 발생 및 피해 경향 분석”, 한국환경독성보건학회 2009년 추계학술대회 논문집, p. 205.
- 정대일 외, 2008, “기후변화를 고려한 홍수 위험도 평가”, 대한토목학회논문집 B, 28(1), 대한토목학회, pp. 55-64.
- 정석호, 2011, 최근 70년간(1940~2009) 광주지방의 기온 및 강수량 변화, 전남대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 존 휴턴, 2007, 지구온난화, 한울.
- 최영은, 2002, “남부지방의 강수강도와 극값의 변화경향에 관한 연구”, 한국환경영향평가학회, 환경영향평가, 11(3), pp. 189-203.
- \_\_\_\_\_, 2004, “한국의 극한 기온 및 강수 사상의 변화 경향에 관한 연구”, 대한지리학회, 대한지리학회지, 39(5), pp. 711-721.
- 최영진, 문자연, 2000, “한국의 여름철 일 강우강도 변화 경향”, 한국기상학회, 한국기상학회 2000년도 정기총회 및 가을 학술발표회 학술발표자료, pp. 339-341.
- 최의수 외, 2008, “56년간 한반도 강수 및 풍속의 극값 변화”, 한국기상학회, 대기, 18(4), pp. 397-416.
- 행정자치부 중앙재해대책본부, 1998~2004, 재해연보.
- 홍기욱 외, 2006, “최근 30년간(1976-2005) 우리나라 강수의 시·공간변동과 지리환경”, Journal of Korean Earth Science Society, 27(4), pp. 433-449.
- 홍지혜 외, 2006, “홍수피해에 따른 지역적 취약성 변화 분석”, 한국환경정책연구원, 환경정책연구, 5(4), pp. 1-18.

## 국외문헌

- Alexander, L.V. et al., 2006, “Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation” , *Journal of Geophysical Research*, 111: Issue D5, 16, pp. 1–22.
- Arrhenius, S. 1896, “On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground” , *Philosophical Magazine and Journal of Science*, Series 5, 41(251), pp. 237–276.
- Callendar, G.S., 1949, “Can Carbon Dioxide Influence Climate?” , *Weather*, 4(10), pp. 310–314.
- Charles, D.K., 1960, “The Concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in the atmosphere” , *Tellus*, 12(2), pp. 200–203.
- Emanuel, K.A., 2003, Tropical Cyclones, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 31, pp. 75–104., Emanuel, K.A., 2005, Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years, *Nature*, 436(4), pp. 686–688.
- Hays, J.D. et al, 1976, “Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages” , *Science*, New Series, 194(4270), pp. 1121–1132.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.)], IPCC, Geneva, Switzerland.
- Jones, P.D. et al, 1986, “Global temperature variations between 1891 and 1984” , *Nature*, Vol 322, pp. 430–434.
- Karl, T.R. and Knight, R.W., 1998, “Secular Trends of Precipitation

amount, frequency, and intensity in the United States” , *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(2), pp. 231–241.

Meehl, G.A. et al, 2000, “Trends in Extreme Weather and Climate Events: Issues Related to Modeling Extremes in Projections of Future Climate Change” , *American Meteorological Society, Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3), pp. 427–436.

Molina, M.J., 1974, “Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone” , *Nature*, 249, pp. 810–812.

Plass, G.N., 1956, “The Carbon Dioxide Theory of Climate Change” , *Tellus*, 8(2), pp. 140–154.

Tyndall, J., 1859, “Note on the Transmission of Radiant Heat through Gaseous Bodies, The Royal Society of London” , *Proceedings of the Royal Society of London*, 10, pp. 37–39.

## 웹사이트

국가재난정보센터 (<http://safekorea.go.kr/>)

기상청 (<http://www.kma.co.kr/>)

소방방재청 (<http://www.nema.go.kr/>)

# ABSTRACT

## A Study on Local Characteristics of Damage of storm and flood in Korea

Yoon, Cho-Rong  
Department of Geography  
Graduate School  
Sungshin Women's University

Since the industrial revolution, a tendency of increasing global mean temperature and a changes in the rainfall influence, intensity of localized torrential downpour and typhoon, we can imagine in the future these unpredictable natural disaster becomes a problem. An extreme weather disaster needs not only national understanding of disaster but also a microscopic disaster-analysis in region because it is very different in damage and pattern by regional groups.

This study analyzes a regional distribution, frequency and variation in the amount of damage when a frequent occurrence of serious disaster happens. We can imagine future disaster situation by data collecting and analysis with 1980~2010 year's damage of disaster.

Following to this study, the amount of damage marked relatively in southern part of Korea in 1980's, the middle northern part in 1990's and the eastern part in 2000's. As contrast cumulative amount of damage with frequency for the past 30 years especially Kangneung city is the first in variation.

Accordingly I selected Kangneung city as relative more damaged region, analyzed trend of change and the amount of change by an important climate point, a precipitation and data of temperature which is related to a damage of storm and flood.

From 1961 to 2010's in Kangneung city data-analysis of rainfall-intensity showed a trend of static curved line and this trend more appeared on a large scale at the latter period than early year's period. According to analysis of temperature value, the yearly mean temperature rose in detail, the year's low mean temperature was more higher than the year's high mean temperature. In the interrelation among the amount of damage, rainfall and temperature, the amount of damage and temperature values have a little connection also the amount of damage and rainfall values have distinct static correlation.

From a gradual recurrent analysis between rainfall value and temperature value, it becomes possible to conclude that the year's low and high temperature could influence to the rainfall and by a gradual recurrent analysis between the amount of damage and important parts of weather, the maximum rainfall was selected only as a variable which could explain the amount of damage in Kangneung city.

This study has a meaningful point in some aspect. The first point is a good grasping of a natural phenomenon from use of 30 (1980-2010) year's cumulative amount of damage. The second point is an annual pattern analysis of a damage of storm and flood in decennial unit. The third point is a matter of scope. I selected heavy rainfall region not by a large region administrative district but by a township, and analyzed the amount of damage and frequency of occurrence in that

scope.

From the analysis of damage pattern and cause explained the meaning of past damage of storm and flood and grasped the important point of weather which actually is considered to influence to the amount of damage. The limit of this study is could not consider the change of city size during 30 years in mapping and could not consider humanistic environment when estimating the amount of damage.

In order to make up the limits if study, it needs to analyze in use of regional index whether change of regional weakness will relate with actual damage of storm and flood. The preparation to scope the damage of storm and flood from considering of regional specificity will be necessary in microscopic view.

## 부록

강릉 지속시간별 연최대강우량

(단위 : mm)

연도	1시간	2시간	3시간	6시간	12시간	18시간	24시간	48시간
1961	20.9	32.2	41.7	64.5	82	89.6	103.7	119.2
1962	34.4	48.4	53.4	59.2	72	120.4	130.5	135.8
1963	26.4	48.1	68.2	95.9	121.7	144.9	153.8	167.2
1964	18.6	28.1	34.1	59	107.1	126	131.8	159.2
1965	21	35.5	54	65.7	101.1	112.8	131	177.1
1966	30.6	48.2	56.9	65.6	86.6	96.1	98.8	129.9
1967	19.5	31.4	43.6	75.7	114.4	129.3	134.4	172.6
1968	30.7	56.6	71.3	98.2	135.3	172.4	183.7	221.4
1969	23.4	38.8	53.6	82.9	106.4	136.5	136.6	141.4
1970	25.6	41.3	56.1	108.7	200.8	252.9	273.8	408.2
1971	39	65.6	90.1	157.3	228.4	285.2	327.3	361.6
1972	35.2	52.2	71.7	105.6	167.6	234.3	292.3	327.1
1973	14.9	25.3	33.3	53.7	72.2	91	96.8	102.2
1974	18.5	31.2	46.9	80.5	105.2	125	138.4	173.7
1975	22.6	25.1	35.7	47.8	73.6	111.7	137.5	226
1976	32	54.3	62.9	83.5	104	128.4	168.4	246.1
1977	15.6	29.2	37.4	44.9	63	74.6	79.3	87.9
1978	16.8	27.9	36.9	59.2	91.1	104.5	116.5	180.1
1979	29.4	33.7	43.2	53.2	76.3	84.2	88.9	95.1
1980	37.2	38.6	48.6	62.7	88.9	98.8	106.8	137.3
1981	26	35.8	50.6	81.8	128.3	160.4	183.5	212.4
1982	43	78	96.8	160.9	211.8	238.9	244	262
1983	27.5	31.9	35.3	51.2	59.1	79.3	87.1	95.6
1984	23.1	38.1	49.2	85	148.9	215.8	260.5	399.1
1985	53.4	102.6	122.6	184.8	264.1	276.3	276.4	284.7
1986	39.2	59	71.2	97	121.7	130.6	142.6	154.5
1987	56.5	103.4	139.2	201.8	247.2	265.5	270.6	270.6
1988	33	42.9	45.6	68.5	84.1	123.6	139.6	234.7
1989	17.5	28.1	39.1	73.3	116.3	137.8	145	177.2
1990	22.2	37.5	53.7	93	171.5	252	299.7	430.7
1991	28.3	36.3	43.3	70.2	107.8	125.4	138.4	175.2
1992	43.7	47.2	50.2	59	80.3	96.6	107	133.3
1993	28.3	43.2	67.2	107.5	164.3	211.1	223	230.5
1994	41	69.9	91.4	119.8	169.2	178.8	181.8	188.5
1995	24.2	33.6	50	56.6	71.5	75.7	76.7	148.9
1996	29.6	32.4	39.9	55.9	91.5	124.9	134.9	161.9
1997	31.5	48	55.8	73.5	77.1	81	81.1	93.9
1998	26.7	31.3	43.5	72.7	110.6	142.9	171.4	241.8
1999	25.7	36.5	47.6	74.4	119.3	165.3	217.1	283.6
2000	20	33.4	38.6	46.1	66	91.3	111.8	185
2001	27.7	32.8	36.8	49.8	87.8	97.3	98.6	123.4
2002	98	154	227.5	399.5	576	813.5	880	897.5
2003	44.5	88	120.5	193	251.5	276	300.5	308
2004	51.5	73	94	125	167.5	206.5	244.5	282
2005	38.5	64.5	76.5	121.5	190	241.5	267.5	271
2006	64.5	129	162.5	216.5	275.5	289	305	317.5
2007	20	30	47.9	58	102	120.5	124.5	135.5
2008	48.5	64	74.5	94	122	173	189	243.5
2009	29	52	65	95.5	127.5	132	132.5	145.5
2010	21.5	35	37	58	74	74	100.5	131