

대설 재난의 시나리오 분류에 대한 연구

A Study on the Development of Filtration System for Drainage Discharge Capacity

김 근 영* · 김 희 재** · 주 현 태*** · 김 선 영**** · 김 민 정*****

Kim, Geun-Yueng · Kim, Hee-Jae · Joo Hyun-Tae · Kim, Sun-Young · Kim, Min-Jeong

요 약

지구 온난화로 인하여 대설재난의 발생이 증가하고 있으며, 대설은 우리나라에서 풍수해 다음으로 발생 빈도가 높게 나타나고 있다. 이에 대설재난에 효과적으로 대응하기 위하여 1979년~2014년에 발생한 대설 재난 데이터를 분석하여 4가지의 시나리오로 구분하였다. 우리나라에서 발생하고 있는 대설 재난을 5가지 시나리오로 분석하여 대설 재난의 발생 유형을 구분하고, 연관성 검증을 통하여 재난의 시나리오대한 검증을 진행하였다. 대설 재난의 시나리오 구분에 따라 발생할 대설 재난의 유형을 확인하고 발생할 재난에 대응할 수 있는 기초자료로 활용하고자 한다.

주제어: 대설, 제설, 시나리오, 재난 대응

1. 서 론

18세기 이후 산업혁명으로 인한 지구 온난화 현상은 기후변화에 영향을 주고 있으며, 기후변화의 영향으로 인하여 대설발생이 증가하고 있다. 특히 우리나라가 속해있는 북반구는 북극 얼음의 해빙으로 인하여 대설이 빈번하게 발생하고 있는 추세를 보이고 있다.

우리나라에서 대설은 지난 2005년부터 2014년까지 연평균 8.8백원의 피해를 발생시켜 풍수해(태풍·호우)에 이어 두 번째로 위험한 재난으로 평가되고 있다. 피해액도 1985년부터 2014년 까지 30년동안 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있어 대설 재난에 대한 대책의 필요성이 대두되고 있으며, 대설 재난에 보다 효율적인 대처를 하기 위해서 대설 재난에 대한 대응책 및 관련 연구가 이루어 지고 있다.

대설재난은 연도별로 지역적 편차가 크게 나타나고 있으며, 기후변화에 따른 대설 취약성 분석결과에 따르면 대설에 대한 기후 노출은 강원권이 가장 취약한 것으로 나타나고 있다(국토연구원, 2014). 대설재난에 대하여 보다 효율적으로 대응하기 위해서는 이러한 지역적 편차에 대한 적절한 대처가 필요한 것으로 판단된다. 아울러 겨울철 대설 유형은 예방·대비·대응·복구 등 다양한 분야에서 활용되어

* 연구책임자 · 강남대학교 강남대학교 교수 gykimusc@empal.com

** 연구위원 · 강남대학교 산학협력단 U-City융합연구소 연구원 irex1@naver.com

*** 책임연구원 · 강남대학교 산학협력단 U-City융합연구소 연구원 joohyuntae@paran.com

**** 연구위원 · 강남대학교 산학협력단 U-City융합연구소 연구원 ggsunny@naver.com

***** 책임연구원 · 강남대학교 산학협력단 U-City융합연구소 연구원 fanatic0319@naver.com

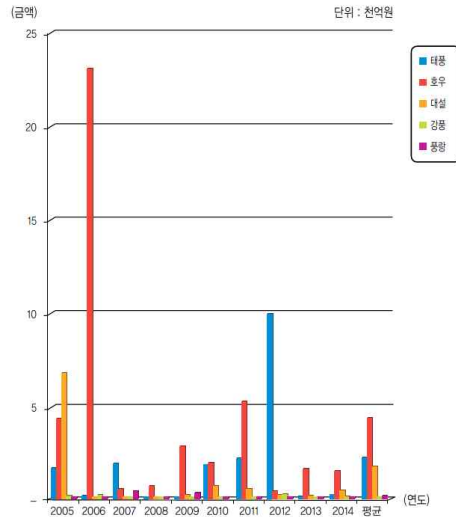


그림 1 Disaster damage amount

질 것으로 예상된다.

본 연구는 증가하고 있는 대설 재난에 대응하기 위하여 1979년~2014년까지 발생한 84개의 대설 재난 데이터를 이용하여 대설 재난의 유형에 따라 시나리오를 구분하였다. 구분한 시나리오에 따라 향후 발생할 수 있는 대설 재난에 대비하고, 시나리오에 따라 효율적인 재난 대응의 기초자료로 활용할 수 있도록 하고자 한다.

2. 선행연구 검토

자연재해와 관련한 논문은 토목 및 환경공학적인 관점에서 이루어진 논문이 주를 이루고 있으며, 연재해의 피해를 줄이기 위한 기술적 접근에 대한 논문이 주를 이루고 있다. 자연재해를 줄이기 위한 기술적 접근의 결과는 도시계획적인 예방 대책을 마련하기 위한 기초 자료로 활용되고 있다. 또한 이러한 연구자료를 얻기 위한 연구들은 지속적으로 진행되어 오고 있다.

영국의 Merseyside지역 내 11개 주거지역을 대상으로 Pauleit et al.(2005)는 항공사진을 활용하여 GIS분석 실행하였으며, 토지이용의 변화가 홍수 발생에 주는 영향에 대하여 연구를 진행하였다. 자연재해대한 연구는 중국에서도 진행되었으며, Wang et al.(2008)은 중국의 663개 도시를 대상으로 자연재해 특성에 따른 지역별 분류에 대한 연구를 진행하였다.

우리나라의 경우에는 강설량과 동서분포형 강설, 저기압 이동로 등 3개 요인의 분석을 통하여 유형을 구분한 Choi(1990)의 연구가 있다. 최진식의 연구에서는 울릉도, 태백산간지역의 심설지역, 영동지방과 오령산맥 북측의 다설지역, 중서부와 호남지역의 강설지역, 소백산맥 이남의 영남과 호남남해안·제주도의 과설지역 등 4개 지역권으로 구분하고 있다. 이후 강설지역을 동해안지역, 서해안지역, 중부내륙지역, 영동 중동부지역, 영남 남부지역의 5개 권역으로 구분한 Jung(1999)의 연구가 이루어졌다.

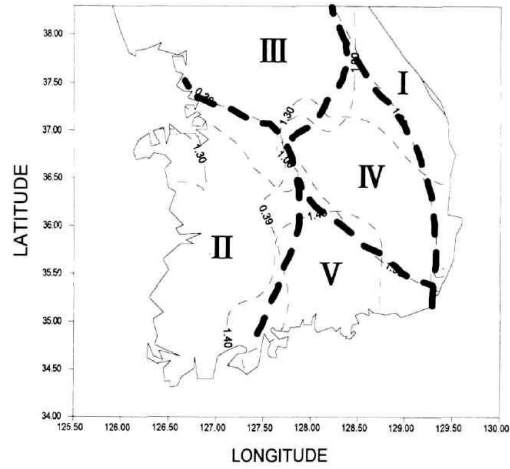


그림 2 Snowfall Zones (Jung,1999)

이후 호남지역에 국한되어 연구를 진행한 Lee et al.(2006)의 연구가 이루어졌으며, Lee et al.의 연구에서는 호남지역을 내륙 북부 다설지역, 내륙 남부 다설 지역, 산간 다설 지역, 남해안 과설 지역, 서해안 다설 지역, 남해안 다설 지역, 남해안 소설 지역 등 7개의 권역으로 구분하고 있다.

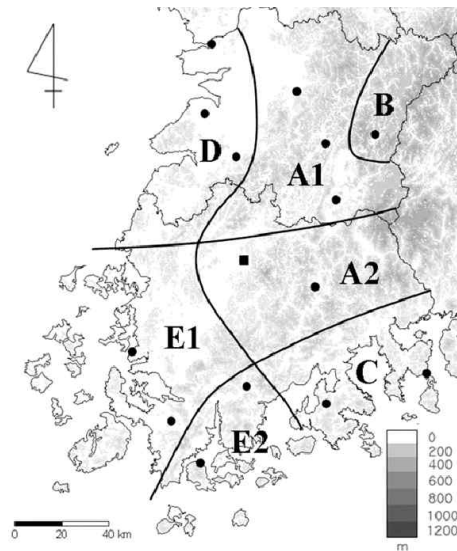


그림 3 Snowfall Zones (Lee,2006)

지역별 적설량 변화를 분석한 Kim et al.(2012)의 연구에서는 전국 76개의 기상관측소에서 30년(1980~2010)간 관측된 겨울철 강설자료를 활용하여 울릉도, 영동북부, 서태백산맥, 소백산맥 서부, 남해안 등 5개 지역으로 구분하여 대설지역을 제시하였다. 대설빈도와 적설량 추세 자료로 시계열적 분석을 진행하였으며 대설의 시공간적 특징을 확인하였다.

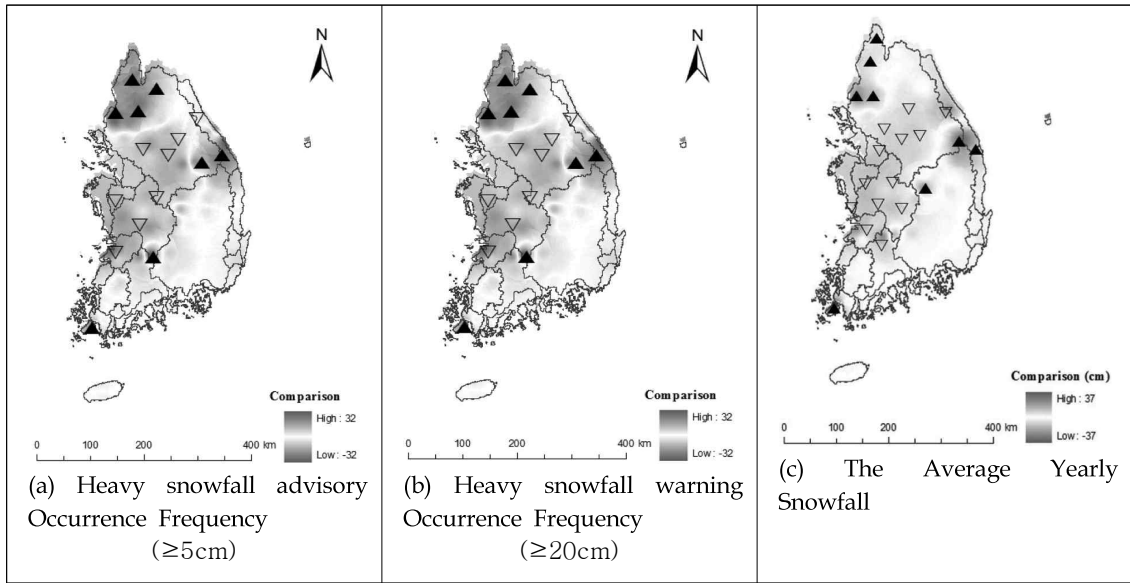


그림 4 Snowfall Zones (Kim,2012)

이 외에도 지역적인 분석이 이루어진 연구는 다시 존재하고 있다. Choi(2004)와 Kim(2013)은 경기도에 한정하여 연구를 진행하였으며, Shim and Kim(2012)은 수도권 전체, Kim et al.(2011)은 서울특별시, 대전광역시, 부산광역시를 대상으로 하여 연구를 진행하였다.

공간적인 범위를 확대하여 진행한 연구로는 30년 이상의 자료를 가지고 분석한 Lee et al.(2010)의 연구가 있다. Lee et al.(2010)의 연구에서는 57개 지점의 강설량, 지리적 요인 등의 변수를 이용하여 주 성분 분석을 실행하였다. 분석을 통해서 영동권, 영서권, 수도·중부권, 서남권, 동남권 등 5개 지역으로 구분하였다.

연구 방법론 적인 부분을 살펴보면, Kazmierczak and Cavan(2011)과 Kim et al.(2011) 연구에서는 실증분석을 위하여 상관분석을 진행하였다. 두 연구는 자연재해의 피해와 도시특성 요소들의 연관성을 밝히기 위한 실증분석에서 상관분석을 이용하여 특정 요인이 자연재해의 피해에 주는 영향요인의 정도를 확인하고 있었다.

본 연구에서는 분석 범위를 전국의 252개 행정구역을 대상으로 자료를 구축하였다. 시계열적인 범위에 있어서도 1979년부터 2014년까지 35년의 대설 재난 자료를 이용하여 다른 연구에 비하여 장기간 전국의 상황을 살펴보고자 하였다. 또한 GIS를 활용하여 대설 재난의 시나리오를 구분하였으며, 구분된 시나리오 구분에 대한 정합성을 검토하였다. 이와 같은 시나리오 구분 및 검증방법은 대설 재난에 대응하기 위한 대책마련의 실무적인 부분에 있어 기초자료로 활용 가능할 것으로 판단된다.

3. 자료 및 분석

3.1 분석자료

본 연구에서는 1979년부터 2014년까지 발생한 통 84개의 대설 재난 데이터를 활용하여 재난에 대한 시나리오를 구분하였다. 대설 재난 데이터는 재해연보에 기록되어 있는 자료를 활용하였다.

표 1 Annual Snowfall

year	Frequency	The Maximum of Snowfall (cm)	year	Frequency	The Maximum of Snowfall (cm)
1979	1	73.9	1997	2	47.2
1980	3	48.9	1998	4	70.2
1981	5	39.8	1999	3	19
1982	2	88.9	2000	0	-
1983	0	-	2001	2	87.7
1984	2	6.2	2002	0	-
1985	0	-	2003	0	-
1986	0	-	2004	3	49.0
1987	2	90.3	2005	6	61.8
1988	0	-	2006	2	32.9
1989	5	87.0	2007	1	31.0
1990	1	67.9	2008	5	55.0
1991	2	43.2	2009	3	16.8
1992	2	30.5	2010	5	59.3
1993	2	50.9	2011	5	70.2
1994	1	33.5	2012	4	16.5
1995	0	-	2013	5	27.0
1996	2	69.3	2014	4	41.7

3.2 분석방법

재해연보를 통해서 구축한 84개의 대설 데이터를 이용하여 전국 252개 지역을 강설 량 없음, 1cm 미만, 1-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 20cm이상인 6단계로 구분하였다. 5개의 시나리오에 따른 구분은 252개 지역의 강설 유무를 통하여 구분하였으며, 재난별 시나리오 구분은 강설 유무를 기초로 하여 구분하였다.

각 시나리오는 GIS분석을 통하여 강설 패턴을 구분하였으며, 분석된 시나리오에 따라 시나리오 검정 및 강설 량 검정을 실시하였다. 시나리오 검정은 각 시나리오별로 대표 재난을 설정하여, 대표 재난과 다른 재난의 지역별 강설 유무의 차이를 확인하였으며, 강설 량 검정은 시나리오의 대표 재난과 다른 재난의 지역별 강설 량 등급 차이를 확인하였다. 1차적으로 강설량의 범위와 강설 량 등급에 따른 시나리오별 분류를 확인하였다.

2차 검정으로 시나리오별 연관성 확인을 위하여 각 재난의 지역별 강설량을 토대로 하여 상관분석을 진행하였다. 상관분석을 통하여 재난별 시나리오의 적합성을 다시 한번 확인하고자 하였다.

4. 분석결과

4.1 시나리오 분석

GIS를 통한 강설 패턴을 분석하였으며, 강설 유무와 강설량 등급을 통하여 세부적인 시나리오 조절을 진행하였다. 시나리오는 총 5개의 사나리오로 구분하였으며 구분된 시나리오는 다음과 같다. 시나리오 1은 우리나라 전국에 대설이 내린 경우를 의미하며 29개의 대설재난 사례가 속하여 가장 많은 대설재난이 기록되고 있다. 시나리오 2는 우리나라의 중부권과 서해안에 대설이 내린 경우이며 16개의 대설 재난이 기록되고 있다. 시나리오 3은 우리나라 중부권과 동부권에 대설이 내린 경우이며 20개의 대설 재난이 기록되고 있다. 시나리오 4는 우리나라 동부권과 남부권에 주로 대설이 내린 경우이며 10개의 대설 재난이 기록되고 있다. 마지막으로 시나리오 5는 우리나라의 서부권과 남부권인 충청권과 호남권에 대설이 내려 재난이 발생한 유형이며 9개의 대설 재난이 기록되어 가장 낮은 빈도를 보이고 있다.

시나리오 1의 대표재난은 62번 재난으로 2010년 1월 3일에서 1월 8일까지 발생한 재난이다. 62번 재난은 시나리오 1로 구분된 다른 재난과 비교하였을 때 0.61~0.94의 매칭률을 보이고 있다. 강설량 등급과 매칭한 결과는 252개 지역의 등급도 동일한지 확인한 매칭률이기 때문에 사나리오의 매칭률 보다는 낮게 나오지만 0.12~0.56의 매칭률을 보이고 있다.

시나리오 1의 재난은 가장 광범위하고 두번째로 많은 빈도를 나타난 재해이기 때문에 재해의 피해를 줄이기 위해서 적극적으로 대응해야할 재해인 것으로 판단된다.

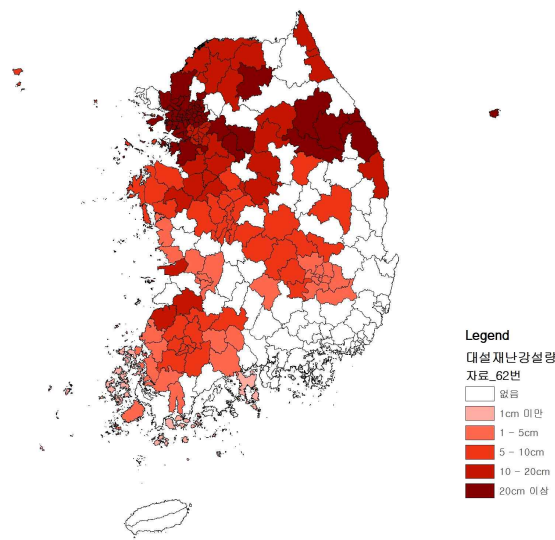


그림 5 Represent Snowfall of Senario 1 (No.62)

표 2 Matching Ratio of Senario 1

Represent	No	Matching Rate of Senario	Matching Rate of Snowfall Level
	NO.3	0.67	0.37
	NO.4	0.70	0.45
	NO.5	0.72	0.25

	NO.7	0.61	0.18
	NO.8	0.64	0.26
	NO.14	0.64	0.28
	NO.15	0.57	0.28
	NO.21	0.70	0.12
	NO.22	0.64	0.18
	NO.23	0.70	0.53
	NO.26	0.72	0.28
	NO.28	0.70	0.40
	NO.30	0.70	0.29
	NO.31	0.66	0.20
	NO.32	0.68	0.33
	NO.33	0.64	0.19
	NO.35	0.64	0.20
	NO.40	0.63	0.26
	NO.42	0.72	0.26
	NO.43	0.76	0.25
	NO.44	0.71	0.21
	NO.50	0.76	0.43
	NO.51	0.70	0.27
	NO.62	0.94	0.34
	NO.64	0.89	0.56
○	NO.66	1.00	1.00
	NO.73	0.85	0.37
	NO.75	0.65	0.30
	NO.81	0.78	0.53

시나리오 2의 대표재난은 76번 재난으로 2013년 2월 3일에서 2월 4일까지 발생한 재난이며, 76번 재난은 0.52~0.94의 매칭률을 보이고 있다. 시나리오 2의 빈도는 5개의 대설 재해 시나리오 중에서 가장 많은 빈도를 나타내고 있다.

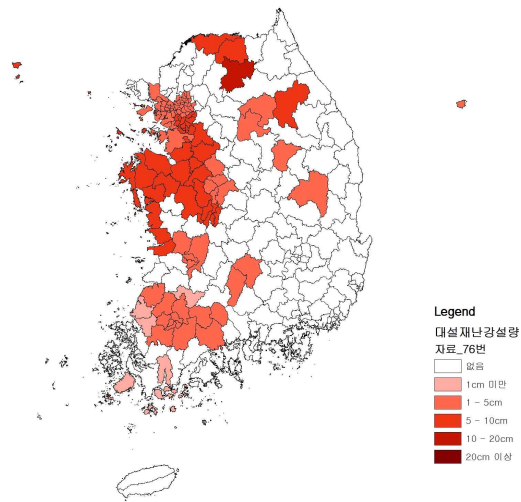


그림 6 Represent Snowfall of Senario 2 (No.76)

표 3 Matching Ratio of Senario 2

Represent	No	Matching Rate of Senario	Matching Rate of Snowfall Level
	No.1	0.71	0.40
	No.2	0.71	0.60
	No.10	0.59	0.50
	No.17	0.71	0.49
	No.19	0.53	0.45
	No.20	0.52	0.44
	No.48	0.66	0.59
	No.52	0.72	0.33
	No.57	0.80	0.61
	No.58	0.83	0.61
	No.59	0.85	0.69
	No.68	0.94	0.67
	No.72	0.92	0.62
○	No.76	1.00	1.00
	No.83	0.94	0.79
	No.84	0.83	0.69

시나리오 3의 대표 재난은 56번 재난으로 2008년 3월 3일에서 3월 4일까지 발생한 재난이며, 다른 재난과는 0.52~0.72의 매칭률을 보이고 있다.

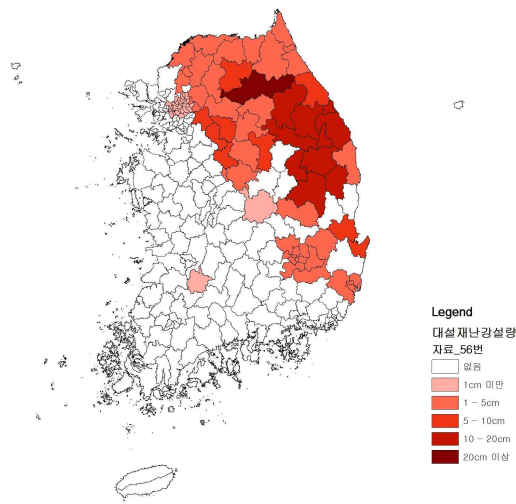


그림 7 Represent Snowfall of Senario 3 (No.56)

표 4 Matching Ratio of Senario 3

Represent	No	Matching Rate of Senario	Matching Rate of Snowfall Level
	No.11	0.67	0.65
	No.18	0.65	0.65
	No.24	0.61	0.49
	No.25	0.67	0.63
	No.27	0.63	0.61
	No.36	0.72	0.67
	No.41	0.71	0.48
	No.47	0.65	0.65
	No.54	0.56	0.34
○	No.56	1.00	1.00
	No.60	0.68	0.65
	No.63	0.63	0.43
	No.65	0.56	0.53
	No.70	0.68	0.65
	No.71	0.65	0.65
	No.74	0.56	0.56
	No.77	0.67	0.65
	No.78	0.55	0.42
	No.79	0.56	0.54
	No.80	0.53	0.51

시나리오 4의 대표 재난은 9번 재난으로 1981년 2월 16일에서 2월 17일까지 발생한 재난이며, 다른 재난과는 0.37~0.88의 매칭률을 보이고 있다. 82번 재난의 경우 다른 재난과 비교하였을 경우 상대적으로 낮은 매칭률을 보이고 있으나 대설이 발생한 지역이 다른 재난에 비하여 국지적인 것으로 확인되었다. 그러나 대설이 발생한 지역이 동부권과 남부권에 집중되어 있어 시나리오 4로 분류하였다.

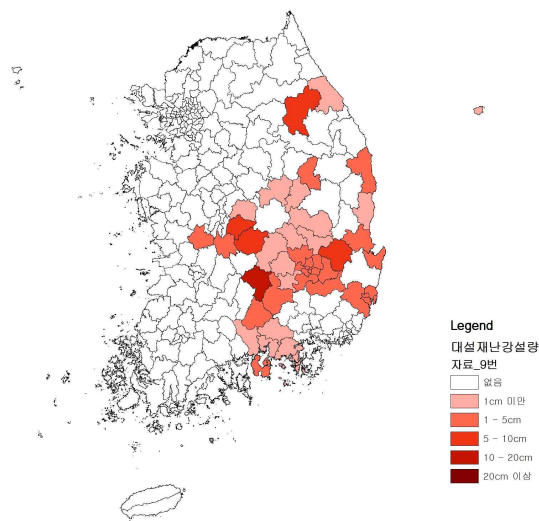


그림 8 Represent Snowfall of Senario 4 (No.9)

표 5 Matching Ratio of Senario 4

Represent	No	Matching Rate of Senario	Matching Rate of Snowfall Level
○	No.9	1.00	1.00
	No.16	0.87	0.83
	No.29	0.71	0.64
	No.34	0.80	0.78
	No.45	0.79	0.79
	No.49	0.62	0.52
	No.55	0.83	0.81
	No.67	0.88	0.82
	No.69	0.68	0.60
	No.82	0.37	0.33

시나리오 5의 대표 재난은 61번 재난으로 2009년 12월 16일에서 12월 21일까지 발생한 재난이며, 다른 재난과는 0.55~0.84의 매칭률을 보이고 있다.

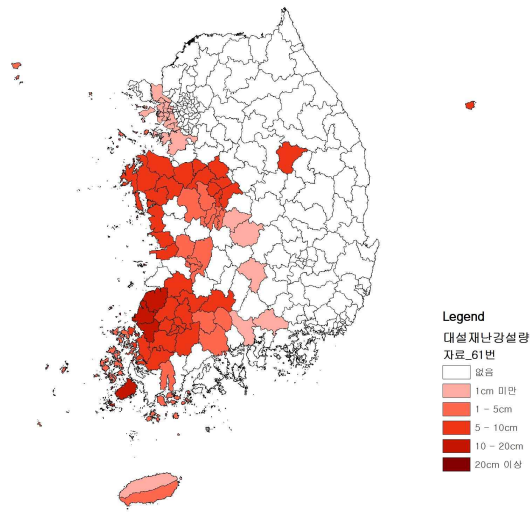


그림 9 Represent Snowfall of Senario 5 (No.61)

표 6 Matching Ratio of Senario 5

Represent	No	Matching Rate of Senario	Matching Rate of Snowfall Level
	No.6	0.80	0.69
	No.12	0.75	0.69
	No.13	0.70	0.60
	No.37	0.84	0.72
	No.38	0.75	0.60
	No.39	0.83	0.72
	No.46	0.59	0.45
	No.53	0.55	0.46
	○	No.61	1.00

4.2 시나리오별 상관 검정

시나리오별 상관성 검정을 위하여 각 재난의 지역별 강설량을 이용하여 상관분석을 실행하였다. 다음의 표에서는 각 시나리오별 대표 재난과 비교하여 하나의 재난에 대하여 상관분석 결과를 제시하였다. 상관분석 결과 분류한 시나리오별 재난이 상관분석 결과가 유의하게 나왔으며, 대설 분포가 유사한 그룹끼리 묶여진 것을 확인 할 수 있었다.

각 재해별로 분류된 시나리오는 서로 1차 및 2차 검정을 통하여 상호 연관성이 있는 것으로 나타나 현 시나리오에 따른 분류가 적절하게 분류된 것으로 판단된다.

표 7 Result of Correlation Analysis

Senario 1	NO.66	NO.64
NO.66	1.00000	0.23046 0.0002
NO.64		1.00000
Senario 2	NO.76	NO.83
NO.76	1.00000	0.47332 <.0001
NO.83		1.00000
Senario 3	NO.56	NO.36
NO.56	1.00000	0.26763 <.0001
NO.36		1.00000
Senario 4	NO.9	NO.16
NO.9	1.00000	0.20222 0.0012
NO.16		1.00000
Senario 5	NO.61	NO.37
NO.61	1.00000	0.49518 <.0001
NO.37		1.00000

5. 결론

본 연구에서는 재해연보의 1979년에서 2014년까지 총 84회의 대설재난 자료를 활용하여 시나리오에 따른 분류를 하였다. 1차적으로 GIS를 활용하여 각 지역의 강설량을 6개 단계로 구분하여 유사한 패턴을 보이는 5개의 시나리오로 구분하였으며, 2차적으로는 상관분석을 실행하여 시나리오에 대한 구분을 다시 한번 진행하였다. 분석결과 5개의 시나리오로 분류된 재해들은 서로 연관성이 있는 것으로 판단되어 분류된 시나리오가 적절한 것으로 판단된다.

분류된 5개의 시나리오는 시나리오 1부터 순서대로 우리나라 전국에 대설이 내린 경우, 우리나라의 중부권과 서해안에 대설이 내린 경우, 우리나라 중부권과 동부권에 대설이 내린 경우, 우리나라 동부권과 남부권에 주로 대설이 내린 경우, 우리나라의 서부권과 남부권인 충청권과 호남권에 대설이 내

린 경우로 분류하였다.

대설 재해 빈도를 살펴보면 시나리오 2, 시나리오 1, 시나리오 3, 시나리오 4, 시나리오 5 순으로 나타났다. 우리나라에서 눈이 많이 내리는 지역으로 사람들은 강원도를 많이 생각할 수 있다. 그러나 시나리오 2의 빈도를 확인하여 보면 우리나라의 중부권과 서해안 지역도 강설 피해가 많은 지역으로 나타나 이 지역에 대한 강설 피해 예방 대책도 추가적으로 요구되어 진다.

시나리오 검토를 통하여 강설시 각 지역별로 나타날 수 있는 대설 재해에 대비할 수 있는 방안을 검토할 수 있다. 예로 시나리오 3과 같은 강설 패턴을 보일 경우 중부권과 동부권의 재설 대책 및 강설 예방 대책을 우선적으로 실행하여 효과적으로 대응할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 그동안 강설량이 많았던 강원도가 아닌 시나리오 2의 중부권 및 서해안 지역에 대한 빈도가 제일 높게 나타난 결과를 보면 우리나라의 중부권과 서해안 권역도 강설에 대비하여야 한다는 근거 자료를 제공하고 있는 것으로 판단된다.

이러한 연구 결과는 시나리오별 연구를 통해 얻을 수 있는 유용한 결과 자료로 판단되며, 향후 우리나라의 대설 재난 예방을 위한 기초 자료로 유용하게 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

다만 본 연구에서는 대설 피해에 영향을 줄 수 있는 추가적인 요인에 대한 검토는 진행하지 못하였다. 향후 대설 재난 피해액 등의 자료를 추가적으로 구축하여 지역별 강설 및 재난 대비 요인들이 피해액에 미치는 영향력을 분석한다면, 대설 재해의 피해를 줄이는데 더욱 효과적인 연구가 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구입니다.
[MPSS-자연-2014-72]

참고문헌

- Han, W.S.**, (2014), KRIHS Policy Brief, No.450
- Jung, K.Y., Jung, Y.S., Hwang, B.J.** (1999) Classification of Snowfall Regions using Principal Component Analysis, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, Vol.35, No.3, pp.466-473
- Kaźmierczak, Aleksandra and Cavan, Gina** (2011) Surface water flooding risk to urban communities: Analysis of vulnerability, hazard and exposure, *Landscape and Urban Planning*, Vol.103: pp. 185-197.
- Kim, B. K, Jang, D. W., Jang N., and Yang, D. M.** (2011) The Deduction of Urban Flood Risk Factor Considering Climate Change, *Journal of Safety and Crisis Management*, Vol.7, No.1, pp. 125-142
- Kim, S.B., Shun, H.J., Ha, R., Kim, S.J.** (2012) Spatio-temporal Analysis of Snowfall for 5 Heavy Snowfall Areas in South Korea, *Journal of The Korean Society of Civil Engineers B*, Korean Society of Civil Engineers, Vol.32, Vol.2B, pp.103-111
- Pauleit, Stephan, Ennos, Roland, and Holding, Yvonne** (2005) Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change - a study in Merseyside, UK,

Landscape and Urban Planning, 71: pp. 295-310.

Wang, Jing-ai, Shi, Pei-jun, Yi, Xiang-sheng, Jia, Hui-cong and Zhu, Lai-yin (2008) The regionalization of urban natural disasters in China, *Natural Hazard*, 44: pp. 169-179.

Yang, C.H., Kim, I.S., Jun, W.H. (2012) Analysis of Snow Removal Vulnerability through Relationship between Snow Removal Works and Weather Forecasts, *Journal of The Korean Society of Road Engineers*, The Korean Society of Road Engineers, Vol.14, No.4, pp.141-148