

한반도 확률적설량 산정과 2010년 최심신적설량 빈도해석

Estimation of Frequency Based Snowfall Depth and Maximum Snowfall Depth in 2010, Korea

김연수* · 박무종** · 김수전*** · 문기호**** · 김형수*****

Yon Soo Kim, Moo Jong Park, Soo Jun Kim, Ki Ho Moon, Hung Soo Kim

요 지

최근에 한반도에 발생한 강설은 국민생활의 교통장애와 같은 생활의 불편함뿐만 아니라 농축산업의 광범위한 피해를 발생시키고 있다. 이번 2010년 1월 서울에는 40년만에 최대 적설량을 기록하였고 교통 및 도시 기능이 마비되는 등의 피해가 발생하였다. 본 연구에서는 기상청 산하 61개 지점 최심신적설량을 이용하였으며, 최근 적설량의 확률빈도규모를 고려하여 빈도별 확률적설량을 산정하고 확률적설량도를 작성하였다. 확률분포형은 확률가중모멘트법(PWM)을 이용하였고 적정분포형으로는 Gamma 2변수를 선정하였으며, 과거 적설량 자료를 검토한바 2004년, 2005년의 최심신적설량 극값은 평균 300년 빈도, 이번 2010년 1월 서울은 약 200년, 인천, 수원, 이천은 약 50년, 춘천은 약 30년 빈도인 것으로 분석되었다. 이러한 연구 결과는 적설량에 따른 방재 기준의 개선방안 및 재설정 방향 제시에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 최심신적설량, 확률적설량, 확률적설량도

1. 서론

최근의 지구 온난화에 따른 기후변화로 인하여 기상이변이 발생하고 있으며 이에 따른 황사, 태풍, 집중호우, 폭염, 폭설 등과 같은 기상이변으로 자연재해 발생빈도 증가 및 피해 규모는 증가하고 있는 추세로 나타나고 있다. 기후변화는 단순히 평균기온 상승만이 아니라 이에 따른 온도, 바람, 적설 그리고 강수량의 변화를 의미하며 이에 따른 자연재해는 사회간접자본시설을 비롯한 각종 시설물의 파괴나 손실로 이어져 사회 및 경제 전반에 막대한 피해를 입히고 복구로 인한 사회적 비용을 급증시키게 된다.

이러한 기상이변 상황은 우리나라 또한 예외는 아니며 기상청 산하 61개 관측지점 중 2004년에 7개 지점, 2005년도에 13개 지점에서 기상관측 이래 최대 적설량을 기록하였고 2010년 1월 서울에는 1969년 이후 40년 만에 최대 적설량인 25.8cm를 기록하였으며 이로 인하여 교통 및 도시의 기능이 마비되는 등 사회적 경제적으로 막대한 피해를 입혔다.

적설로 인한 피해유형 및 형태, 종류는 다양하지만 국내의 경우 매년 발생하는 집중호우 및 홍수에 대해서는 많은 분석과 대비를 하고 있는 반면에, 겨울철 적설에 대한 연구 및 대비는 일부 연구에 의해 어느 정도 진전되었으나 아직 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 기상청 산하 61개 지점의 일 최심신적설량 자료를 바탕으로 확률적설량을 빈도별로 산정하여 한반도 내 지역별 적설량 규모를 산정하였고, 이번 2010년 1월 4일 서울을 포함한 수도권 지역에 관측된 적설량에 적용·분석 하였다.

* 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : civil.engineer@hanmail.net)
** 정회원 · 한서대학교 토목공학과 교수 공학박사 (E-mail : mjpark@hanseo.ac.kr)
*** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : soojuny@empal.com)
**** 비회원 · (주) 이산 수자원부 5팀 공학석사 (E-mail : mkhhi@nate.com)
***** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 정교수 공학박사 (E-mail : sookim@inha.ac.kr)

2. 지점 및 자료의 선정

확률적설량을 산정하는 방법으로 관측지점의 적설량 자료를 수집하고 통계적인 방법에 의한 지점빈도 해석을 이용하였는데, 지점빈도해석이 가능한 지점들은 일반적으로 30년 이상의 관측자료를 보유하고 있는 지점들이며 본 연구에서는 30년 이상의 일 최심신적설량기록을 보유한 기상청 산하 61개 관측지점의 자료를 이용하였다.

표 1. 최심신적설량 관측지점 및 관측기간

No.	관측지점	관측기간 (년)	No.	관측지점	관측기간 (년)	No.	지점	관측기간 (년)	No.	지점	관측기간 (년)
1	속초	41	17	포항	48	33	이천	36	49	고흥	36
2	대관령	37	18	군산	41	34	인제	36	50	영주	36
3	춘천	43	19	대구	48	35	홍천	36	51	문경	36
4	강릉	48	20	전주	48	36	제천	36	52	영덕	35
5	서울	48	21	울산	46	37	보은	36	53	의성	36
6	인천	48	22	광주	48	38	천안	36	54	구미	36
7	원주	36	23	부산	48	39	보령	36	55	영천	36
8	울릉도	48	24	통영	41	40	부여	36	56	거창	36
9	수원	45	25	목포	48	41	금산	36	57	합천	36
10	충주	36	26	여수	46	42	부안	37	58	밀양	36
11	서산	41	27	완도	36	43	임실	36	59	산청	36
12	울진	37	28	제주	48	44	정읍	36	60	거제	35
13	청주	42	29	서귀포	48	45	남원	36	61	남해	35
14	대전	40	30	진주	38	46	순천	36			
15	추풍령	48	31	강화	36	47	장흥	36			
16	안동	36	32	양평	36	48	해남	36			

3. 분석 및 적용

3.1 확률분포형의 선정

적설량 분석에는 기상청의 일최심신적설량 자료를 확률적설량 산정을 위해 이용하고 Gamma, GEV, Gumbel, Log-Gumbel, Log-Normal, Log-Pearson type III, Weibull, Wakeby 등의 확률분포형을 적용하여 적정분포형을 선정하였다. 분포형에 대한 매개변수 추정에는 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법을 사용하여 매개변수를 추정하였으며, 적합도가 좋은 분포형을 판단하기 위해 χ^2 -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, Cramer von Mises검정, PPCC검정을 통하여 적합도 검정을 실시한다.

본 연구에서 확률분포형 선정은 기존 연구된 내용을 바탕으로 모수추정 방법은 모수추정 단계에서의 간편성과 사용성, 수렴정도 등을 종합적으로 고려하여 확률가중모멘트법(PWM)을 이용하였고 적합도검정은 기각력이 가장 뛰어난 PPCC 검정을 1순위로, 2순위로 χ^2 -검정, 3순위 및 4순위로 Kolmogorov-Smirnov 검정과 Cramer von Mises 검정을 채택하였으며, 적설량 자료에 대한 적정분포형으로는 가장 우수하다고 판정되는 2변수 Gamma분포를 선정하였다(이재준 등, 2007).

3.2 빈도별 확률적설량 및 확률적설량도

기상청 산하 61개 관측지점의 최심신적설량으로부터 빈도별 확률적설량을 산정하였으며, 2004년에 7개 지점, 2005년도에 13개 지점에서 기상관측 이래 최대인 평균 300년 빈도의 적설량을 기록하였다. 2010년 1월 서울에는 1969년 이후 40년만에 최대인 약 200년 빈도에 해당하는 적설량을 기록하는 등 관측된 적설량의 확률빈도규모를 고려하여 20년, 30년, 50년, 80년, 100년, 200년, 300년, 500년 빈도에 해당하는 확률적설량을 선정하였으며, Kriging기법에 의해 한반도 확률적설량도를 작성하였다.

표 2. 최심신적설량 관측지점 및 관측기간

No.	관측 지점	빈도별 확률적설량(cm)								No.	관측 지점	빈도별 확률적설량(cm)							
		20yr	30yr	50yr	80yr	100yr	200yr	300yr	500yr			20yr	30yr	50yr	80yr	100yr	200yr	300yr	500yr
1	속초	65.6	73.0	82.3	90.8	94.8	107.1	114.3	123.3	32	양평	19.0	20.5	22.4	24.1	24.9	27.3	28.7	30.5
2	대관령	87.4	94.6	103.5	111.5	115.3	126.7	133.3	141.5	33	이천	20.5	22.2	24.4	26.3	27.2	29.9	31.5	33.5
3	춘천	22.4	24.2	26.3	28.3	29.2	31.9	33.5	35.4	34	인제	18.3	19.5	20.9	22.3	22.9	24.7	25.8	27.1
4	강릉	55.0	59.7	65.6	70.9	73.4	80.9	85.3	90.7	35	홍천	21.6	23.3	25.4	27.2	28.1	30.8	32.3	34.2
5	서울	18.5	20.0	21.7	23.3	24.1	26.3	27.6	29.2	36	제천	19.2	20.5	22.1	23.5	24.2	26.2	27.3	28.7
6	인천	18.9	20.5	22.6	24.5	25.4	28.1	29.6	31.6	37	보은	23.5	25.5	28.1	30.3	31.4	34.6	36.5	38.8
7	원주	19.7	21.3	23.2	24.9	25.8	28.2	29.7	31.4	38	천안	18.8	20.2	21.9	23.4	24.1	26.3	27.5	29.0
8	울릉도	82.7	89.6	98.1	105.6	109.2	120.1	126.3	134.1	39	보령	17.6	18.8	20.3	21.6	22.2	24.0	25.0	26.3
9	수원	17.0	18.3	20.0	21.5	22.1	24.2	25.4	26.9	40	부여	20.4	21.9	23.7	25.3	26.0	28.3	29.6	31.2
10	충주	19.0	20.6	22.5	24.2	25.1	27.6	29.0	30.8	41	금산	19.8	21.4	23.3	25.0	25.8	28.3	29.7	31.4
11	서산	20.5	22.1	23.9	25.6	26.4	28.8	30.1	31.8	42	부안	25.6	27.2	29.1	30.8	31.6	34.0	35.4	37.1
12	울진	25.6	28.1	31.3	34.1	35.5	39.6	42.0	45.0	43	임실	25.9	27.4	29.1	30.7	31.5	33.7	34.9	36.5
13	청주	24.1	26.4	29.3	31.8	33.0	36.7	38.9	41.6	44	정읍	32.5	34.9	37.8	40.4	41.6	45.3	47.4	50.0
14	대전	24.0	26.5	29.5	32.3	33.6	37.7	40.0	42.9	45	남원	21.3	22.8	24.6	26.2	27.0	29.3	30.6	32.2
15	추풍령	23.4	25.5	28.0	30.3	31.4	34.7	36.6	39.0	46	순천	17.2	18.8	20.7	22.5	23.3	25.8	27.2	29.0
16	안동	19.1	21.4	24.4	27.1	28.4	32.3	34.6	37.5	47	장흥	16.6	18.4	20.7	22.9	23.8	26.9	28.7	30.9
17	포항	15.2	17.7	20.9	23.9	25.3	29.8	32.4	35.8	48	해남	14.5	15.9	17.6	19.1	19.9	22.1	23.3	24.9
18	군산	21.9	23.5	25.3	27.0	27.8	30.1	31.5	33.2	49	고흥	12.3	14.2	16.7	18.9	20.0	23.4	25.3	27.8
19	대구	15.1	17.0	19.3	21.4	22.4	25.5	27.3	29.5	50	영주	23.1	25.3	28.1	30.5	31.7	35.2	37.3	39.9
20	전주	19.9	21.5	23.4	25.1	25.9	28.3	29.7	31.5	51	문경	28.4	31.7	35.8	39.6	41.4	46.8	50.0	54.0
21	울산	9.2	10.6	12.5	14.2	15.1	17.6	19.2	21.1	52	영덕	26.4	30.8	36.4	41.7	44.2	52.0	56.6	62.4
22	광주	22.1	23.7	25.7	27.5	28.4	30.9	32.3	34.2	53	의성	17.6	19.6	22.1	24.3	25.4	28.6	30.5	32.9
23	부산	11.6	14.0	17.1	20.1	21.5	26.0	28.7	32.1	54	구미	18.6	20.7	23.4	25.8	26.9	30.4	32.4	35.0
24	통영	10.7	12.9	15.7	18.3	19.6	23.6	26.0	29.0	55	영천	16.3	18.3	20.7	23.0	24.1	27.4	29.3	31.7
25	목포	21.7	23.8	26.3	28.6	29.7	33.1	35.0	37.4	56	거창	21.2	23.1	25.3	27.4	28.4	31.3	33.0	35.1
26	여수	10.5	12.1	14.1	16.0	16.9	19.8	21.4	23.5	57	함천	16.7	18.7	21.2	23.5	24.6	28.0	29.9	32.4
27	완도	9.2	10.2	11.3	12.3	12.8	14.3	15.2	16.2	58	밀양	12.0	13.7	15.8	17.7	18.6	21.5	23.1	25.2
28	제주	9.5	10.5	11.7	12.9	13.4	15.1	16.0	17.2	59	산청	19.0	20.8	23.1	25.2	26.2	29.2	31.0	33.2
29	서귀포	9.1	10.0	11.2	12.2	12.7	14.2	15.1	16.2	60	거제	12.1	14.2	17.1	19.7	21.0	24.9	27.3	30.3
30	진주	15.2	17.4	20.2	22.7	24.0	27.8	30.0	32.8	61	남해	15.2	17.6	20.6	23.5	24.8	29.0	31.5	34.6
31	강화	18.0	19.6	21.6	23.4	24.3	26.9	28.4	30.3										

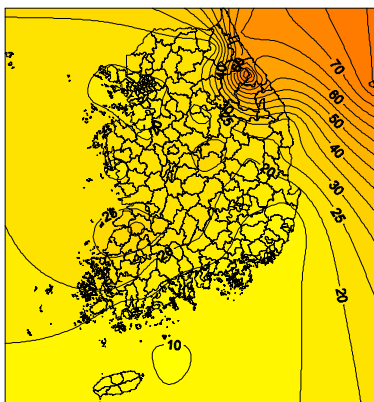


그림 1. 20년 빈도 확률적설량

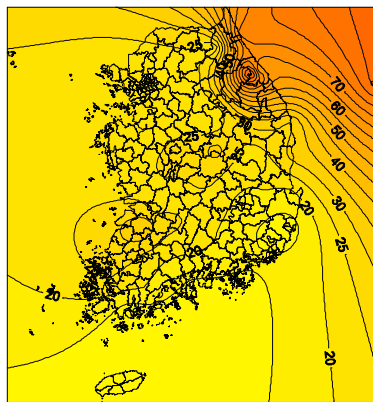


그림 2. 30년 빈도 확률적설량

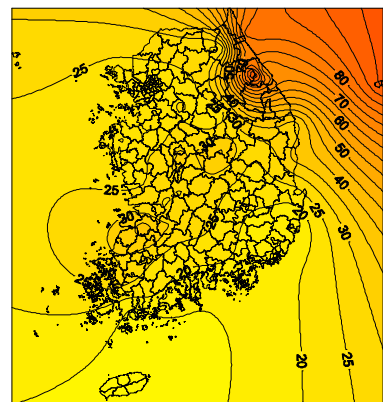


그림 3. 50년 빈도 확률적설량

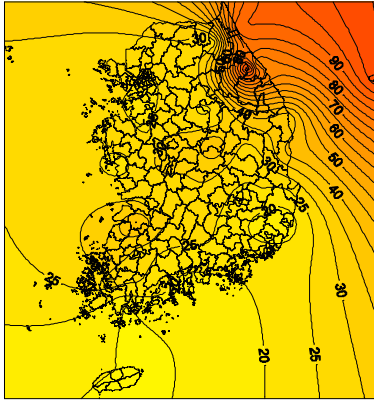


그림 4. 80년 빈도 확률적설량

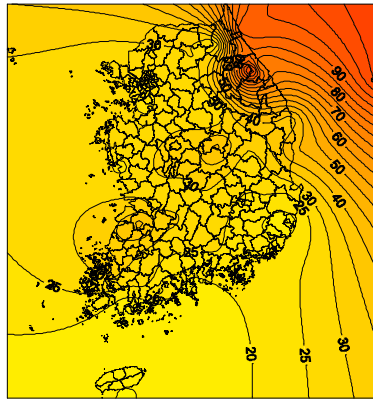


그림 5. 100년 빈도 확률적설량

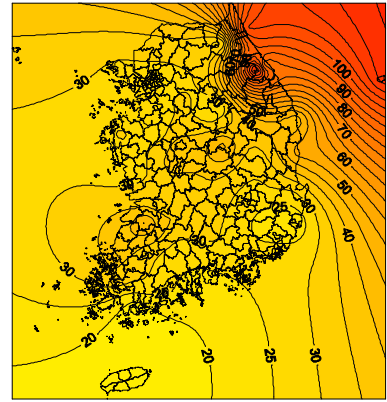


그림 6. 200년 빈도 확률적설량

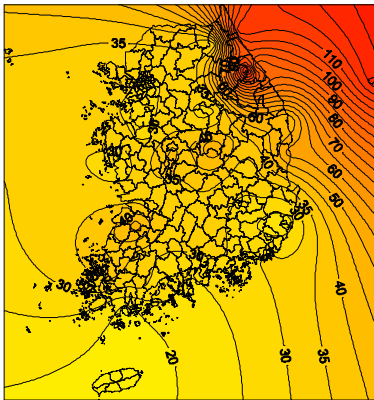


그림 7. 300년 빈도 확률적설량

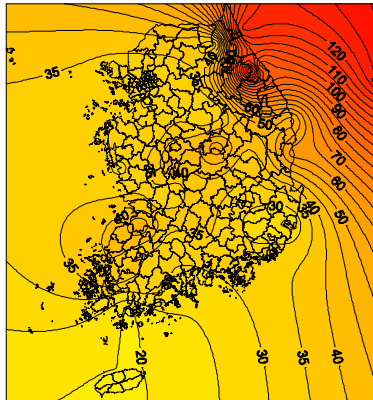


그림 8. 500년 빈도 확률적설량

4. 과거 최심신적설량 기록의 분석

4.1 주요 최심신적설량 기록

30년 이상의 관측자료를 보유한 61개 관측지점 중 48%에 해당하는 29개 지점의 최심신적설량 최대값은 2000년 이후에 발생하였으며, 이 중 7개 지점은 2004년, 13개 지점은 2005년에 기록되었다. 2004년에는 약 80년~500년 빈도, 2005년에는 약 20년~500년 빈도를 보였으며 평균 300년 빈도 이상의 최심신적설량인 것으로 분석되었다. 이러한 폭설의 원인은 시베리아와 중국에서 발달한 찬 대륙성 고기압이 한반도 서해를 통과하면서 수증기를 흡수하는데, 최근 지구온난화에 따른 기후변화로 해수면 온도가 상승하면서 많은 양의 수증기를 흡수하여 형성된 큰 눈구름대가 내륙지역으로 이동하여 폭설이 발생한 것으로 판단되었다.

4.2 2010년 최심신적설량 기록

지난 2010년 1월 4일 서울에는 1969년에 25.6cm를 기록한 이후 40여년 만에 최대 적설량인 25.8cm를 기록하였으며, 아래 표 3과 같이 이번에 내린 폭설은 서울을 비롯하여 인천 22.3cm, 수원 19.5cm, 이천 23.0cm의 최심신적설량으로 전년 최심신적설량 순위를 갱신할 정도로 많은 양이 내려 사회적·경제적으로 막대한 피해를 입혔다.

이를 바탕으로 지난 1월 4일 서울을 비롯한 수도권에 발생한 폭설과 빈도별 확률적설량 자료를 분석하였다. 분석결과 표 4와 같이 서울은 재현기간 200년, 수원, 이천, 인천은 재현기간 50년, 춘천은 재현기간 30년에 해당하는 것으로 분석되었다. 재현기간 200년 정도를 보인 금번 서울지역 및 수도권 지역의 높은 적설빈도를 볼 때 적설하중도 제시를 통한 기존 방재시설 기준의 재설정 및 저감대책 방안이 필요할 것으로 판단된다.

표 3. 최심신적설량 관측지점 및 관측기간

지점명	순위				
	1위	2위	3위	4위	5위
서울	2010.01.04 25.8cm	1969.01.28 25.6cm	2001.2.15 23.4cm	1956.2.28 22.8cm	1969.2.16 19.7cm
인천	1973.12.22 30.0cm	2010.1.4 22.3cm	1969.1.28 20.0cm	1969.2.16 19.2cm	2001.2.15 17.6cm
수원	1981.1.1 21.9cm	2006.12.17 20.5cm	2010.1.4 19.5cm	1973.12.22 19.2cm	2001.2.15 15.1cm
이천	2001.1.7 28.4cm	1981.1.1 23.7cm	2010.1.4 23.0cm	1990.1.31 21.7cm	1973.12.22 17.6cm
춘천	1969.1.31 29.1cm	2001.2.15 25.2cm	2010.1.4 23.0cm	1978.2.28 20.6cm	2005.2.22 20.3cm

표 4. 1월 4일 폭설에 따른 적설의 빈도 분석

지점	2010년 1월 4일 적설량 (cm)	해당 재현기간 확률적설량 빈도
서울	25.8	200년 빈도
인천	22.3	50년 빈도
수원	19.5	50년 빈도
이천	23.0	50년 빈도
춘천	23.0	30년 빈도

5. 결론

본 연구에서는 한반도 확률적설량 작성과 2010년 최심신적설량 분석을 기상청 산하 61개 지점의 일 최심신적설량 자료를 분석하여 한반도 확률적설량 산정 및 확률적설량도를 작성하였고 이를 2010년 최심신적설량과 비교·분석 하였다.

빈도별 확률적설량도를 살펴보면 남부지역에서 북부지역으로 갈수록, 서부지역에서 동부지역으로 갈수록 확률적설량이 높아짐을 알 수 있었다. 북부지역에서는 강원 강릉지역을 중심으로 전 지역에 걸쳐 높은 확률적설량 분포를 보였으며, 중부지방에서는 경북 문경, 남부지방에서는 전북 정읍지역을 중심으로 확률적설량이 분포하였다.

관측된 최심신적설량 최대값은 2004년에는 약 80년~500년 빈도, 2005년에는 약 20년~500년 빈도를 보였고 전체적으로 평균 300년 빈도 이상의 최심신적설량인 것으로 분석되었다. 2010년 1월 4일 서울을 비롯한 수도권에 발생한 폭설의 경우 서울은 200년, 인천, 수원, 이천은 50년, 춘천은 30년 빈도에 해당하는 확률적설량으로 분석되었다.

최근들어 기후변화에 의한 기상이변으로 전년 최심신적설 최고순위에 해당하는 폭설 및 피해가 빈번히 발생하고 있기에 산정된 빈도별 확률적설량과 도시된 확률적설량도는 적설 패턴 변화에 대한 방재시설 기준의 개선방안 및 재설정 방향을 제시하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술사업의 일환인 「기후변화에 따른 자연재난 환경변화 예측 및 방재기준에 미치는 영향연구」 과제의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 박상우, 전병호, 오경두, 장석환, 이신재 (2002), 확률강우량의 적정분포형 결정에 관한 연구, 한국수자원학회 학술대회논문집, 한국수자원학회, pp.1268-1273
2. 한국수자원학회 (2004), FARD(Frequency Analysis of Rainfall Data)를 이용한 강우통계분석, 제12회 수공학 워크샵 교재, pp.3-87
3. 방재연구소 (2007), 강우분석프로그램의 개선 및 활용
4. 이재준, 정영훈, 이상원 (2007), 우리나라의 확률적설량 산정에 관한 연구, 한국방재학회논문집, 한국방재학회, pp.53-63