

## 온실에 대한 적설심 설계기준 개선방안

# Improvement of Snow Depth Design Criteria for Green House

유인상\* · 이영우\*\* · 정상만\*\*\*

Yu, Insang\*, Lee, Youngwoo\*\*, and Jeong, Sangman\*\*\*

### Abstract

In this study, snow depth design criteria for green house were evaluated and analyzed for its improvement. In Korea, there are a total of 229 administrative districts. However, this research combined the smaller districts of each Metropolitan city and made it into one administrative district, so a total of 162 administrative districts were used in this study. The analytical results show that the design snow depths for 77 administrative districts were appropriate out of 162 existing administrative districts. However, the design snow depths for the other 86 administrative districts were proven to be inappropriate and are required to increase their snow depths, so the 86 administrative districts' design snow depths were also revised based on a 30-year recurrence interval snow depth. Snow load is significantly changed depending on snow unit weight, hence providing design criteria for green house with snow load is more reasonable than snow depth, because it considers the snow's unit weight. With this, the snow unit weights of 162 administrative districts were calculated and it was used with the revised design snow depth for estimating the design snow load. Therefore, this study will use the designed snow load with unit weight consideration to design green houses based on the administrative districts.

**Key words** : Green House, Snow Depth, Unit Weight, Snow Load, Design Criteria

### 요 지

본 연구에서는 온실의 적설심 설계기준을 개선하기 위하여 적설심 설계기준의 적정성을 분석하였다. 우리나라는 229개 행정구역으로 구분되어 있지만, 본 연구에서는 특별시, 광역시를 1개의 행정구역으로 분류하여 우리나라 162개 행정구역을 대상으로 분석하였다. 분석결과, 우리나라 162개 행정구역 중 76개 행정구역의 설계적설심이 적합한 것으로 나타났으며 나머지 86개 행정구역은 설계적설심의 상향이 요구되는 것으로 분석되었다. 이에 따라, 온실의 설계빈도인 30년빈도 적설심 산정결과를 기준으로 86개 행정구역의 설계적설심을 보완하였다. 적설의 무게는 적설의 단위중량에 따라 크게 변화하는데, 온실을 포함한 구조물을 설계할 경우에는 적설심 보다 적설하중으로 설계기준을 제시하는 것이 합리적이다. 이에 따라, 우리나라 162개 행정구역별 최대 적설단위중량을 산정하였고 최대 적설단위중량을 보완된 설계적설심에 적용하여 설계적설하중을 산정하였다. 본 연구를 통해 산정된 설계적설하중은 지역별 눈의 단위중량을 고려한 온실설계에 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 온실, 적설심, 단위중량, 적설하중, 설계기준

## 1. 서 론

전 세계적인 인구증가, 경제성장 및 산업발달로 인한 온실 가스 배출량 증가는 세계 곳곳에 온실효과를 발생시키고

북극의 빙산을 녹여 해수면을 상승시키는 등 기후변화의 주된 원인이 되고 있다. 특히, 북극의 기온 증가는 세계 여러 나라의 겨울철 폭설 및 한파에 매우 큰 영향을 미친다. 북극의 기온이 증가하면 북극 주변의 매우 찬 공기 덩어리인

\*정회원, 공주대학교 건설환경공학과 박사과정(E-mail: isyu@kongju.ac.kr)

Member, Ph.D. Student, Department of Civil and Environmental Engineering, Kongju National University

\*\*정회원, 공주대학교 건설환경공학과 석사과정(E-mail: dlduddn9@kongju.ac.kr)

Member, Master Student, Department of Civil and Environmental Engineering, Kongju National University

\*\*\*교신저자, 정회원, 공주대학교 건설환경공학부 교수(Tel: +82-41-521-9300, Fax: +82-41-568-0287, E-mail: smjeong@kongju.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Kongju National University

플라보어텍스(polar vortex)를 고정시키고 있는 제트기류(jet stream)가 남하하게 되고 플라보어텍스에 영향을 받는 범위가 넓어져 세계 곳곳에 한파 및 폭설 피해를 가중시킨다. 이와 같은 영향으로 최근 우리나라에서도 폭설에 의한 피해가 빈번하게 발생하고 있다. 2014년 2월에는 울산 북구에서 공장의 지붕이 붕괴되어 근로자 2명이 사망하고 4명이 다치는 사고가 있었으며, 비슷한 시기에 경주에서는 체육관 지붕이 붕괴되어 10명이 사망하고 128명이 중경상을 입는 최악의 사고가 발생한 바 있다. 2012년, 부산에서는 400여 농가의 비닐하우스 약 1,920여동이 무너지며 시설복구비용만 58억원에 달했으며 농작물 피해액까지 더해지면 피해액은 더욱 큰 것으로 나타났다. 이와 같은 폭설에 의한 피해를 방지하기 위해 다양한 연구와 설계기준이 아래와 같이 제시되었다.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA) (2014)에서는 폭설에 의한 온실의 피해방지를 위해 원예특작시설 내재해형 규격 설계도·시방서를 통해 행정구역별 온실의 설계적설심을 제시하고 있으며 행정구역의 설계적설심보다 낮은 강도의 온실은 해당 행정구역에 설계 및 시공을 하지 못하게 하고 있다. 폭설 피해원인 분석에 관한 연구로 Lee and Lee(1994)는 폭설의 국지적 요인들과 종관적 요인들을 분석하고 영동지역 강설현상의 수치실험을 통해 폭설요인을 분석하였다. Kim(2001)은 재해가 많이 일어나는 단동형과 연동형 비닐하우스에 대하여 각각 피해양상을 분석하고 재해복구용 비닐하우스 모델을 개발하였다. Lee et al.(2005)은 태풍 ‘매미’에 의한 지역별 비닐하우스 피해실태를 유형별로 조사 분석하여 상습피해지역에 적합한 비닐하우스 모델에 대해 검토하였다. Kim(2010)은 겨울철 여러 대기조건에 따른 대설 특징을 3차원 분석시스템으로 제공되는 고분해능의 자료를 이용하여 강원·영동지방의 강설패턴의 개념모델을 정립하고 영동지방 대설현상에 대하여 분석을 수행하였다. 통계분석 및 시뮬레이션 관련 연구로 Kwon(2010)은 재현기간별 확률적설량과 권역별 확률분포형을 통하여 최근의 보충된 자료와 상호간의 통계적인 동질성 검정 및 객관성이 있는 다수의 적합도 검정을 통하여 우리나라 적설량에 대한 대표 확률분포형에 따라 확률적설량을 산출하였다. 또한 Yun et al.(2013)은 간척지 내 온실의 설계에 합리적으로 적용할 수 있는 적설심을 제공하기 위해 전국 72개 기상관측소의 기상자료를 바탕으로 재현기간별 설계적설심을 산정하였다. Kim et al.(2013)은 기상청에서 제공하는 KMA-RegCM3 모형과 기후변화 시나리오를 바탕으로 미래의 기온과 강수량을 이용하여 대표 기상관측소 18개 지점의 목표기간별 일 적설량을 토대로 빈도별 확률적설량을 산정한 바 있다. 적설하중 산정 관련연구로 Lee(1984)는 다설지 구조물을 설계할 경우 필수적으로 평가되는 눈의 밀도를 실질적으로 관측하여 적설심도와 밀도와의 상관관계를 공식화 하여 설하중 산정에 활용 할 수 있도록 기초자료

를 제시하였고 용설기와 증설기에 눈의 밀도변화에 관한 연구를 수행하였다. 또한 Son(1994)은 농업시설의 시설하중 산정을 위하여 설계하중 결정의 기초가 되는 온도와 단위적설 중량의 분석을 온도변화에 따른 적설심과 단위적설중량의 관계를 통계적으로 분석하였으며, 평균온도를 기준으로 온도분포에 따른 단위적설중량을 산정하였다. 미국의 연방 재난관리청(Federal Emergency Management Agen, FEMA) (2013)에서는 Snow Load Safety Guide를 통하여 적설심이 아닌 적설하중을 통해 적설에 대한 시설물의 안전을 관리하고 있다. 눈의 밀도와 관련된 연구로 Judson and Doesken(2000)은 Central Rocky Mountain에 위치한 11개의 관측소를 대상으로 실측한 눈의 밀도를 통계 분석하여 각 관측소별 눈의 특성을 비교하였으며 눈의 밀도와 온도와의 상관관계에 대해서 연구하였다. Brian(2006)은 각기 다른 고도에서 실측한 눈의 밀도에 대하여 비교·분석하여 고도변화에 따른 눈의 밀도변화에 관련된 연구를 하였다.

기존 연구들을 살펴보면 특정지역에 대한 적설심, 적설의 단위중량, 적설하중에 대한 각각의 연구는 진행된 바 있으나 전국을 대상으로 적설심으로부터 적설하중을 산정하고 이를 설계기준 개선을 위해 적용한 연구는 진행된 바 없다. 이에 따라, 본 연구에서는 우리나라 162개 행정구역에 대해 온실의 적설심 설계기준 적정성을 평가한 기존의 연구 결과를 분석 보완하여 설계 적설심의 상향이 요구되는 지역은 보완하고 추가적으로 지역의 적설단위중량을 적용하여 적설하중 기반의 온실의 적설심 설계기준 개선방안을 제안하고자 한다.

## 2. 온실의 적설심 설계기준 평가 결과 분석 및 보완

본 장에서는 우리나라 162개 행정구역별 온실의 적설심 설계기준 평가에 대한 연구를 분석하고 보완한 결과를 서술하였다. 여기서, 행정구역은 특별시, 광역시를 포함한 시, 군을 말한다. 일반적으로 특별시, 광역시 내에 존재하는 구를 개별적인 행정구역으로 인정하여 우리나라를 229개의 시, 군, 구로 분류하지만 우리나라의 특별시, 광역시는 면적이 비교적 크지 않아 구들 간의 적설심 편차가 거의 없는 것으로 나타나 본 연구에서는 특별시, 광역시를 1개의 행정구역으로 분류하였다. Yu et al.(2015)은 온실 설계빈도인 30년빈도에서의 설계적설심을 산정하고 MAFRA(2014)에서 제시한 우리나라 162개 행정구역의 온실 설계적설심 자료를 수집하여 두 설계적설심의 차이를 제시하였다. MAFRA(2014)의 온실 설계적설심은 Table 1과 같이 최소 20cm 최대 40cm 이상 까지 2cm 단위로 행정구역별 온실 설계적설심을 제시하고 있으며 온실의 적설심 설계기준을 평가하기 위해 설계적설심 40cm 이상은 40cm로 간주하고 평가가 수행되었다. 본 연구에서는 Yu et al.(2015)의 연구결과에서

기상관측소별 최신화된 적설심을 적용하여 적설심 빈도분석을 통해 30년빈도 적설심을 재 산정 하였으며 이를 행정구역별 30년빈도 적설심으로 나타내기 위해 보간(interpolation) 하여 Table 1과 같이 행정구역별 온실의 설계적설심과 함께 나타

내었다.

온실의 적설심 설계기준 평가 결과, 총 162개 행정구역 중 76개 행정구역의 온실 설계적설심이 적정한 것으로 분석 되었으며 86개 행정구역에서 온실 설계적설심의 상향이

**Table 1.** Results of Comparison Between Design Snow Depth and 30-year Recurrence Interval Snow Depth

Administrative districts					Administrative districts					Administrative districts					
	30-year snow depth A (cm)	Design snow depth B (cm)	Difference A-B (cm)		Design snow depth A (cm)	30-year snow depth B (cm)	Difference A-B (cm)		Design snow depth A (cm)	30-year snow depth B (cm)	Difference A-B (cm)		Design snow depth A (cm)	30-year snow depth B (cm)	Difference A-B (cm)
Gang-won	Seoul	25	26	-1	Gang-won	Hongcheon	47	30	+17	Gyeo-ng-nam	Goseong	17	20	-3	
	Incheon	10	26	-2		Hwacheon	34	28	+6		Gimhae	16	20	-4	
	Daejeon	5	30	-1		Hoengseong	38	34	+4		Namhae	19	20	-1	
	Daegu	8	20	+1		Gyeryong	29	32	-3		Miryang	16	20	-4	
	Ulsan	5	20	-4		Gongju	28	28	0		Sacheon	19	20	-1	
	Busan	16	24	-8		Geumsan	27	26	+1		Sancheong	25	24	+1	
	Gwa-ngju	5	35	-1		Nonsan	29	28	+1		Yangsang	16	20	-4	
Gyeo-ng-nam	Sejong	1	30	-1	Dangjin	27	28	-1	Uiryeong		21	20	+1		
	Gapyeong	27	24	+3	Boryeong	26	26	0	Jinju		20	20	0		
	Goyang	25	24	+1	Buyeo	27	26	+1	Changnyeong		19	20	-1		
	Gwacheon	25	24	+1	Seosan	29	30	-1	Changwon		17	20	-3		
	Gwangmyeong	25	24	+1	Seocheon	31	32	-1	Tongyeong		15	20	-5		
	Gwangju	26	24	+2	Asan	25	26	-1	Hadong		22	20	+2		
	Guri	25	24	+1	Yesan	27	26	+1	Haman		18	20	-2		
	Gunpo	24	24	0	Cheonan	26	26	0	Hamyang		29	30	-1		
	Gimpo	23	24	-1	Cheongyang	27	26	+1	Hapcheon		24	22	+2		
	Namyangju	26	24	+2	Taeon	28	28	0	Gochang	44	40	+4			
	Dongducheon	25	22	+3	Hongseong	27	26	+1	Gunsan	34	34	0			
	Bucheon	25	24	+1	Goesan	30	30	0	Gimje	38	40	-2			
	Seongnam	25	24	+1	Danyang	33	26	+7	Namwon	27	30	-3			
	Suwon	24	24	0	Boeun	32	32	0	Muju	29	30	-1			
	Siheung	25	24	+1	Yeongdong	30	30	0	Buan	47	40	+7			
	Ansan	25	24	+1	Okcheon	30	30	0	Sunchang	37	36	+1			
	Anseong	27	26	+1	Eumseong	28	28	0	Wanju	30	26	+4			
	Anyang	25	24	+1	Jecheon	28	26	+2	Iksan	32	28	+4			
	Yangju	25	24	+1	Jeungpyeong	31	32	-1	Imsil	35	40	-5			
	Yangpyeong	26	24	+2	Jincheon	29	30	-1	Jangsu	33	38	-5			
Yeoju	27	26	+1	Cheongju	32	34	-2	Jeonju	28	26	+2				
Yeoncheon	23	24	-1	Chungju	27	26	+1	Jeongeup	49	40	+9				
Osan	25	24	+1	Gyeongsan	21	20	+1	Jinan	32	34	-2				
Yongin	25	24	+1	Gyeongju	20	20	0	Gangjin	22	22	0				
Uiwang	24	24	0	Goryeong	23	22	+1	Goheung	17	20	-3				
Uijeongbu	25	24	+1	Gumi	26	24	+2	Gokseong	28	28	0				
Icheon	28	28	0	Gunwi	24	22	+2	Gwangyang	21	20	+1				
Paju	24	24	0	Gimcheon	28	28	0	Gurye	25	24	+1				
Pyeongtaek	26	26	0	Mungyeong	33	34	-1	Naju	31	34	-3				
Pocheon	25	22	+3	Bonghwa	37	24	+13	Damyang	36	40	-4				
Hanam	25	24	+1	Sangju	31	30	+1	Mokpo	36	32	+4				
Hwaseong	25	24	+1	Seongju	25	24	+1	Muan	34	36	-2				
Gyeo-ng-buk	Gangneung	127	40	+87	Andong	26	22	+4	Boseong	21	20	+1			
	Goseong	92	40	+52	Yeongdeok	33	34	-1	Suncheon	22	22	0			
	Donghae	96	40	+56	Yeongyang	35	24	+11	Sinan	33	30	+3			
	Samcheok	75	40	+35	Yeongju	31	28	+3	Yeosu	16	20	-4			
	Sokcho	95	40	+55	Yeongcheon	21	20	+1	Yeonggwang	37	40	-3			
	Yanggu	38	30	+8	Yecheon	30	26	+4	Yeongam	28	28	0			
	Yangyang	95	40	+55	Ulleung	213	40	+173	Wando	19	20	-1			
	Yeongwol	44	30	+14	Uljin	45	38	+7	Jangseong	40	40	0			
	Wonju	28	26	+2	Uiseong	24	20	+4	Jangheung	22	22	0			
	Inje	51	30	+21	Cheongdo	19	20	-1	Jindo	25	22	+3			
	Jeongseon	83	40	+43	Cheongsong	27	22	+5	Hampyeong	34	36	-2			
	Cheorwon	24	20	+4	Chilgok	24	22	+2	Haenam	23	22	+1			
	Chuncheon	32	32	0	Pohang	24	20	+2	Hwasun	28	30	-2			
	Taebaek	79	40	+39	Geoje	15	20	-5	Seogwipo	28	30	-2			
	Pyeongchang	88	40	+48	Geochang	29	30	-1	Jeju	16	20	-4			

필요한 것으로 나타났다. 그러나 대부분의 행정구역의 적설심 차이는 1-5cm 안팎으로 큰 차이가 발생하지 않은 것으로 분석되었으며 6cm 이상 차이가 있는 지역은 대부분이 강원도 지역으로 24개의 행정구역인 것으로 나타났다.

현재 온실의 적설심 설계기준은 앞서 기술한 바와 같이 행정구역별로 최소 20cm 최대 40cm 이상으로 제시하고 있는데, 40cm 이상이라는 수치는 설계기준으로 사용하기에 적설심 범위가 한정되어 있지 않아 애매모호한 수치로 명확한 설계 적설심 결정이 필요하다. 우리나라는 주로 산지가 많고 삼면이 바다로 둘러싸인 지형으로 강설의 특성 또한 지역별로 많은 차이가 나타난다. 일반적으로 2월에 한반도 남쪽과 북쪽에 각각 저기압과 고기압이 위치해 동풍이 지속적으로 유입되는 기압계가 형성되는데 이 동풍에 동해안의 풍부한 해상의 습기가 합쳐지면서 눈에 수분을 많이 포함한 습설형태의 눈이 내리게 된다. 습설은 건설에 비하여 중량이 무거워 동일한 적설심이라도 습설인 경우 피해가 더 크게 나타날 수 있다. 따라서 폭설에 의한 비닐하우스의 피해를 최소화하기 위해서는 지역별 눈의 단위중량을 고려하여 적설심이 아닌 적설하중을 통한 구조물 설계가 필요하다.

### 3. 행정구역별 온실의 적설심 설계기준 산정

행정구역별 합리적인 온실의 적설심 설계기준을 산정하기 위해 농림축산식품부(2014)에서 제시하고 있는 행정구역

별 온실의 적설심 설계기준과 본 연구에서 산정한 온실의 설계빈도인 30년빈도 적설심을 비교 분석하였다. 온실의 적설심 설계기준이 더 큰 지역은 Fig. 1에서 제시하고 있는 바와 같이 적설심 설계기준 값을 그대로 사용하였고, 본 연구에서 산정한 30년빈도 적설심이 높게 산정된 지역은 30년빈도 적설심을 사용하여 Table 2와 같이 행정구역별 온실의 설계적설심 값을 산정하였다.

행정구역별 온실의 적설심 설계기준 산정 결과는 Table 2에 제시한 바와 같이 경상북도 울릉군에서 213cm로 가장 크게 산정되었고 이어서 강릉시, 동해시, 양양군, 속초시, 고성군, 평창시, 정선군, 태백시, 삼천시 순으로 각각 213cm, 127cm, 96cm, 95cm, 95cm, 92cm, 88cm, 83cm, 79cm, 75cm로 산정되었다. 온실의 적설심 설계기준이 가장 작게 산정된 행정구역은 울산시, 경주시, 청도군, 거제시, 고성군, 김해시, 남해군, 밀양군, 산천군, 양산군, 진주시, 창녕군, 창원시 등으로 20cm 로 산정되었다.

우리나라 162개 행정구역의 온실 적설심 설계기준은 평균 32.8cm, 표준편차 21.7cm, 최대 213.0cm, 최소 20.0cm로 산정되었다. 도별로 온실의 적설심 설계기준 평균 값을 분석해보면 서울, 인천을 포함한 경기도 지역이 25cm, 강원도 지역이 65cm, 대전, 세종을 포함한 충청남도 지역이 28cm, 충청북도 지역이 30cm, 대구를 포함한 경상북도 지역이 35cm, 부산, 울산을 포함한 경상남도 지역이 22cm, 전라북도 지역이 37cm, 광주를 포함한 전라남도 지역이 29cm로 산정되었다.

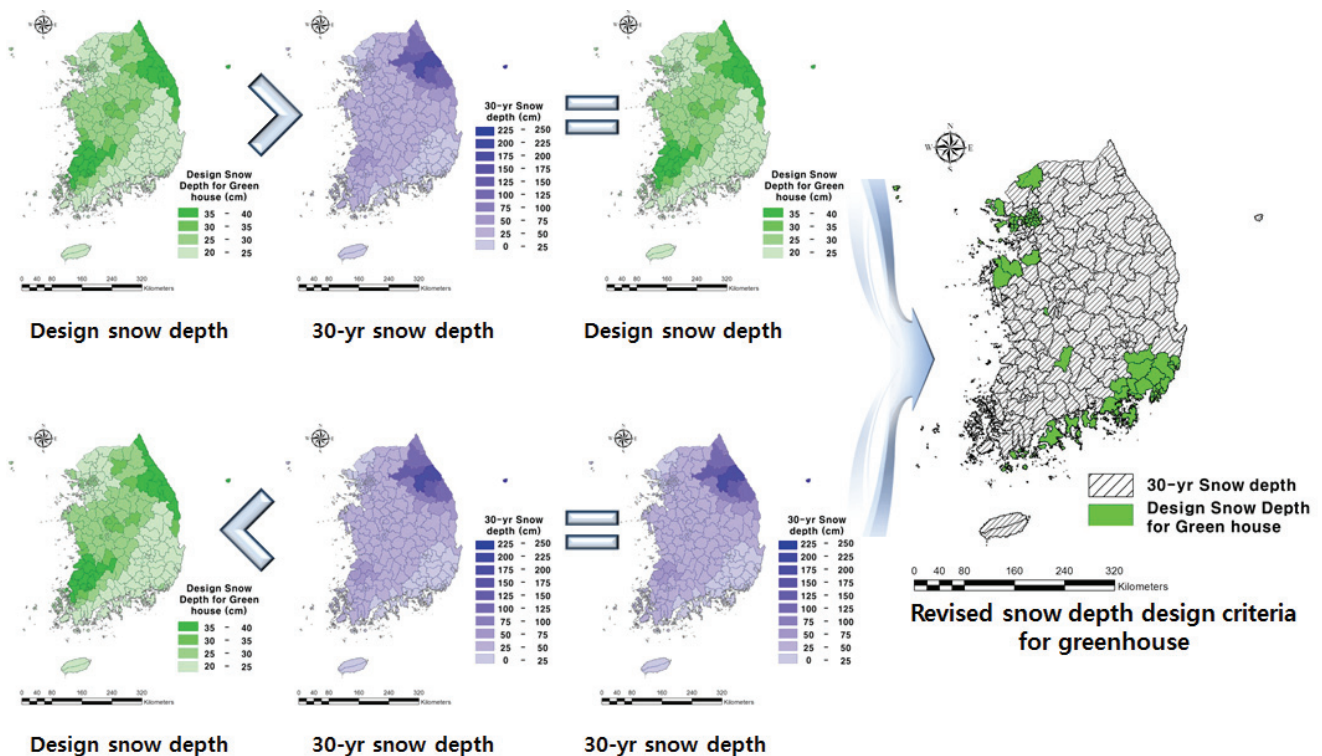


Fig. 1. Method of Revision for Snow Depth Design Criteria for Greenhouse According to Administrative Districts

**Table 2.** Revised Design Snow Depth for Green House According to Administrative Districts

Administrative districts	Revised design snow depth(cm)	Administrative districts	Revised design snow depth(cm)	Administrative districts	Revised design snow depth(cm)	Administrative districts	Revised design snow depth(cm)	
Seoul	25gu	26	Sokcho	95	Gumi	26	Buan	47
Incheon	10gun-gu	26	Yanggu	38	Gunwi	24	Sunchang	37
Daejeon	5gu	30	Yangyang	95	Gimcheon	28	Wanju	30
Daegu	8gun-gu	21	Yeongwol	44	Mungyeong	34	Iksan	32
Ulsan	5gun-gu	20	Wonju	28	Bonghwa	37	Imsil	40
Busan	16gun-gu	24	Inje	51	Sangju	31	Jangsu	38
Gwangju	5gu	36	Jeongseon	83	Seongju	25	Jeonju	28
Sejong	1si	30	Cheorwon	24	Andong	26	Jeongeup	49
Gyeonggi	Gapyeong	27	Chuncheon	32	Yeongdeok	34	Jinan	34
	Goyang	25	Taebaek	79	Yeongyang	35	Gangjin	22
	Gwacheon	25	Pyeongchang	88	Yeongju	31	Goheung	20
	Gwangmyeong	25	Hongcheon	47	Yeongcheon	21	Gokseong	28
	Gwangju	26	Hwacheon	34	Yecheon	30	Gwangyang	21
	Guri	25	Hoengseong	38	Ulleung	213	Gurye	25
	Gunpo	24	Gyeryong	32	Uljin	45	Naju	34
	Gimpo	24	Gongju	28	Uiseong	24	Damyang	40
	Namyangju	26	Geumsan	27	Cheongdo	20	Mokpo	36
	Dongducheon	25	Nonsan	29	Cheongsong	27	Muan	36
	Bucheon	25	Dangjin	28	Chilgok	24	Boseong	21
	Seongnam	25	Boryeong	26	Pohang	24	Suncheon	22
	Suwon	24	Buyeo	27	Geoje	20	Sinan	33
	Siheung	25	Seosan	30	Geochang	30	Yeosu	20
	Ansan	25	Seocheon	32	Goseong	20	Yeonggwang	40
	Anseong	27	Asan	26	Gimhae	20	Yeongam	28
	Anyang	25	Yesan	27	Namhae	20	Wando	20
	Yangju	25	Cheonan	26	Miryang	20	Jangseong	40
	Yangpyeong	26	Cheongyang	27	Sacheon	20	Jangheung	22
	Yeoju	27	Taeon	28	Sancheong	25	Jindo	25
Yeoncheon	24	Hongseong	27	Yangsan	20	Hampyeong	36	
Chungnam	Osan	25	Goesan	30	Uiryong	21	Haenam	23
	Yongin	25	Danyang	33	Jinju	20	Hwasun	30
	Uiwang	24	Boeun	32	Changnyeong	20	Seogwipo	30
	Uijeongbu	25	Yeongdong	30	Changwon	20	Jeju	20
	Icheon	28	Okcheon	30	Tongyeong	20		
	Paju	24	Eumseong	28	Hadong	22		
	Pyeongtaek	26	Jecheon	28	Haman	20		
	Pocheon	25	Jeungpyeong	32	Hamyang	30		
	Hanam	25	Jincheon	30	Hapcheon	24		
	Hwaseong	25	Cheongju	34	Gochang	44		
Gangwon	Gangneung	127	Chungju	27	Gunsan	34		
	Goseong	92	Gyeongsan	21	Gimje	40		
	Donghae	96	Gyeongju	20	Namwon	30		
	Samcheok	75	Goryeong	23	Muju	30		

#### 4. 행정구역별 적설 단위중량 산정

적설 단위중량은 적설하중을 산정하기 위한 매우 중요한 요소로서 지역에 따라 많은 차이를 보인다. 눈은 녹아서 물로 변하기 때문에 물의 단위중량과 연관시켜 적설 단위중량 산정 공식을 유도할 수 있다. 임의의 직사각형 상자 안에 눈이 쌓여있다고 가정했을 때 적설 단위중량은  $\gamma_s$ , 적설의 바닥면적은 직사각형 상자의 면적인  $A$ , 적설의 높이는  $H_s$ 로 볼 수 있다. 시간이 지나서 쌓인 눈이 녹아 물로 변했을 때 물의 단위 중량은  $\gamma_w$ , 물의 바닥면적은 직사각형 상자의 면적인  $A$ , 물의 높이는  $H_w$ 로 볼 수 있다. 질량보존의 법칙에

의해 눈과 물의 중량은 동일하다. 이를 공식으로 나타내면 식 1과 같다.

$$W_s = \gamma_s \times A \times H_s = \gamma_w \times A \times H_w = W_w \quad (1)$$

여기서,  $W_s$ 는 적설의 중량,  $W_w$ 는 물의 중량이다.

식 (1)의 좌변 중 적설의 단위 중량인  $\gamma_s$ 를 제외하고 오른쪽으로 이동시키면 식 (2)와 같이 적설의 단위중량을 산정할 수 있다. 적설의 높이( $H_s$ )는 적설심 자료를 통해, 물의 높이 ( $H_w$ )는 강수량 자료를 통해 산정할 수 있고 물의 단위 중량



( $\gamma_w$ )은 4°C의 물로 가정하여  $1.0tf/m^3$ 를 적용할 수 있다.

$$\gamma_s = \frac{H_w}{H_s} \times \gamma_w \quad (2)$$

기상청에서 제공하고 있는 강수량(mm)자료는 00~24시 까지 내린 비나 눈, 우박 등과 같이 구름으로부터 땅에 떨어져 내린 강수이고 적설심(cm)은 고체상의 강수인 눈, 싸락눈, 우박 등이 지면에 내려 쌓여있는 깊이를 말하며 눈, 싸락눈, 우박 등 고체상의 강수를 녹인 물을 우량으로 환산하고 이를 강수량으로 기록하고 있다. 적설 단위중량은 동일한 관측소에서 동일한 일자에 관측된 강수량과 적설심을 식 (2)에 대입하여 산정할 수 있다. 적설 단위중량의 경우 강설 당일 온도, 습도와 같은 기상상황에 따라 다르게 나타나기 때문에 강수량 자료 수집 시 주의가 필요하다. 적설 단위중량 산정을 위한 강수량은 비가 포함되지 않고 순전히 고체성 강수인 눈, 싸락눈, 우박에 의한 강수량이기 때문에 관측자료 수집일자의 기상상황 자료도 같이 수집하여 강우가 발생한 일자의 강수량, 적설심 자료는 사용하지 않는다. 또한, Judson and Doesken(2000)에 의하면 적설의 단위중량 산정 시 오차를 줄이기 위하여 적설심이 2.5cm 이상 관측된 사상에 대해서만 적설의 단위중량을 산정한다. 이는 눈으로 볼 수 없는 강우와 같은 기상 현상을 분류하기 위한 방법으로 본 연구에서도 이와 같은 방법을 적용하였다.

강수량, 적설심, 기상상황 자료를 20년 이상 보유한 우리나라 69개 기상관측소를 선별하여 식 (2)를 통해 연최대치 적설의 단위중량을 산정하였으며 이중 가장 큰 값을 기상관측소를 대표하는 적설의 단위중량으로 선정하였다.

적설의 단위중량 산정 결과, 겨울철 평균기온이 가장 높은 3월에 단위중량이 가장 크게 나타났으며 최대 적설 단위중량은 속초관측소에서  $214\text{kgf}/\text{m}^3$ 로 산정 되었으며, 이어서 강릉, 영덕, 포항, 울진, 남해, 합천, 울산 관측소에서 각각  $203\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $199\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $184\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $162\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $162\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $150\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $149\text{kgf}/\text{m}^3$ 로 산정 되었다. 최소 적설 단위중량은 완도관측소에서  $59\text{kgf}/\text{m}^3$ 로 산정 되었으며, 이어서 목포, 부안, 충주, 군산, 광주, 천안, 장흥 관측소에서 각각  $63\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $67\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $69\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $69\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $70\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $71\text{kgf}/\text{m}^3$ ,  $72\text{kgf}/\text{m}^3$ 로 산정 되었다.

기상관측소를 위치를 기준으로 적설 단위중량을 보간(interpolation)하여 행정구역별 적설단위 중량을 Fig. 2와 같이 작성하였다. 적설의 단위중량은 대표적인 대설지역인 울릉, 호남지역, 영동지방 중 울릉과 영동지방의 단위중량이 높게 산정되었으며 호남지역은 적설하중이 비교적 작게 산정되었다. 이는 겨울철 우리나라의 주변 기압배치에 의한 영향이다. 주로 서해안 지방이나 충청, 호남, 제주에 눈이 내릴 때는 대륙성 고기압이 확장되며 찬 공기가 상대적으로 따뜻한 서해를 지나면서 눈구름을 만들어 눈이 내린다. 반면

에 동해안 지방에 눈이 내릴 때는 대륙성 고기압의 중심이 동쪽으로 밀리면서 북동풍이 불 때로 일반적으로 따뜻한 2월, 남쪽에서부터 점차 영향력을 확대하며 동해를 지나 습기를 머금고 불어오기 때문에 서해 내륙쪽에 비하여 습한 눈이 내린다.

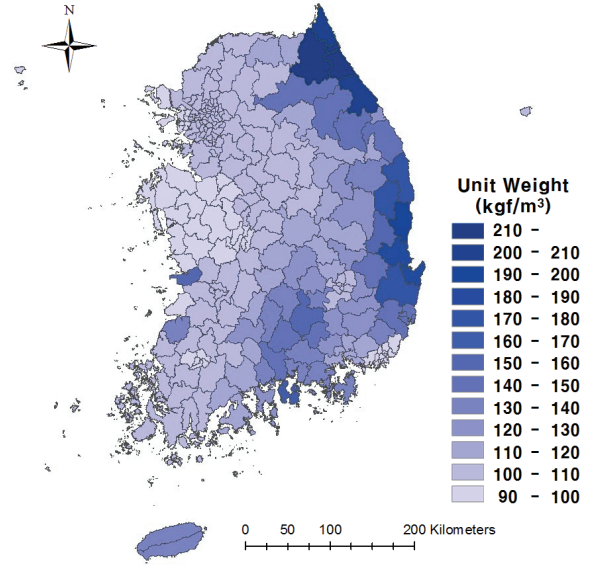


Fig. 2. Snow Unit Weight Map According to Administrative Districts Developed in This Study

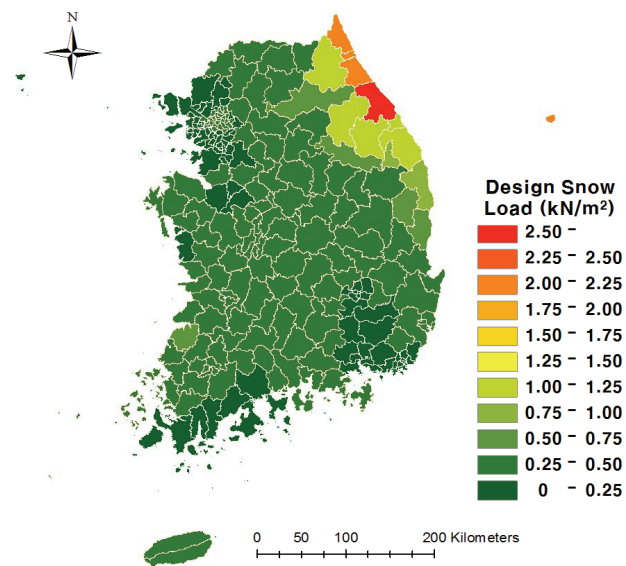
## 5. 온실의 적설심 설계기준 개선방안

온실의 적설심 설계기준을 개선하기 위해 30년빈도 적설심과 적설의 단위중량을 고려하여 Table 3과 같이 행정구역별 설계적설하중을 산정하였다. 설계적설하중 산정을 위한 적설단위중량은  $59\text{kgf}/\text{m}^3 \sim 214\text{kgf}/\text{m}^3$  범위로 산정되었으나 일반적으로 구조물 설계시 적설의 최소 단위중량을  $100\text{kgf}/\text{m}^3$ 로 설정하므로 본 연구에서도 적설의 최소 단위중량을  $100\text{kgf}/\text{m}^3$ 로 설정하고 적설하중을 산정하였다. 또한, 적설하중 단위는 구조물 설계시 사용하는 SI단위계인  $\text{kN}/\text{m}^2$ 으로 표출하였으며 설계기준을 세부적으로 제시하기 위해 각 등급의 간격은  $0.05\text{kN}/\text{m}^2$ 로 나타내었다. 즉, 적설하중이  $1.23\text{kN}/\text{m}^2$ 인 지역은  $1.25\text{kN}/\text{m}^2$ 로,  $0.82$ 인 지역은  $0.85\text{kN}/\text{m}^2$ 로  $0.05\text{kN}/\text{m}^2$  단위로 올림 하여 제시하였다.

행정구역별 설계적설하중 산정 결과, 강릉시에서  $2.55\text{kN}/\text{m}^2$ 로 가장 크게 산정되었으며 이어서 울릉군  $2.20\text{kN}/\text{m}^2$ , 양양군  $2.00\text{kN}/\text{m}^2$ , 속초시  $2.00\text{kN}/\text{m}^2$ , 고성군  $1.82\text{kN}/\text{m}^2$ , 평창군  $1.22\text{kN}/\text{m}^2$ , 동해시  $1.22\text{kN}/\text{m}^2$ , 정선군  $1.16\text{kN}/\text{m}^2$ 로 산정되었다. 설계적설하중이 가장 작게 산정된 행정구역은 수원시, 의왕시, 안양시, 부천시, 동두천시, 군포시, 광명시, 안산시 등 수도권 지역과 남부지방의 행정구역들이며  $0.25\text{kN}/\text{m}^2$ 로 산정되었다.

**Table 3.** Design Snow Load for Green House According to Administrative Districts

Administrative districts		Design snow load (kN/m <sup>2</sup> )	Administrative districts		Design snow load (kN/m <sup>2</sup> )	Administrative districts		Design snow load (kN/m <sup>2</sup> )	
Seoul	25gu	0.30	Gang-won	Sokcho	2.00	Gyeong-buk	Gumi	0.30	
Incheon	10gun-gu	0.25		Yanggu	0.45		Gumwi	0.30	
Daejeon	5gu	0.30		Yangyang	2.00		Gimcheon	0.35	
Daegu	8gun-gu	0.25		Yeongwol	0.55		Mungyeong	0.40	
Ulsan	5gun-gu	0.30		Wonju	0.30		Bonghwa	0.50	
Busan	16gun-gu	0.25		Inje	1.05		Sangju	0.40	
Gwangju	5gu	0.35		Jeongseon	1.20		Seongju	0.30	
Sejong	Isi	0.30		Cheorwon	0.30		Andong	0.35	
	Gapyeong	0.30		Chuncheon	0.35		Yeongdeok	0.70	
Gyeong-gi	Goyang	0.25		Taebaek	0.95		Yeongyang	0.60	Joen-buk
	Gwacheon	0.25	Pyeongchang	1.25	Yeongju	0.40	Sunchang	0.40	
	Gwangmyeong	0.25	Hongcheon	0.70	Yeongcheon	0.30	Wanju	0.30	
	Gwangju	0.30	Hwacheon	0.40	Yecheon	0.35	Iksan	0.35	
	Guri	0.25	Hoengseong	0.45	Ulleung	2.20	Imсил	0.40	
	Gunpo	0.25	Gyeryong	0.35	Uljin	0.80	Jangsu	0.45	
	Gimpo	0.25	Gongju	0.30	Uiseong	0.30	Jeonju	0.30	
	Namyangju	0.30	Geumsan	0.30	Cheongdo	0.25	Jeongeup	0.50	
	Dongducheon	0.25	Nonsan	0.30	Cheongsong	0.45	Jinan	0.40	
	Bucheon	0.25	Dangjin	0.30	Chilgok	0.30	Gangjin	0.25	
	Seongnam	0.25	Boryeong	0.25	Pohang	0.45	Goheung	0.25	
	Suwon	0.25	Buyeo	0.30	Geoje	0.30	Gokseong	0.30	
	Siheung	0.25	Seosan	0.30	Geochang	0.40	Gwangyang	0.30	
	Chung-gi	Ansan	0.25	Seocheon	0.35	Goseong	0.30	Gurye	0.30
		Anseong	0.30	Asan	0.25	Gimhae	0.25	Naju	0.35
		Anyang	0.25	Yesan	0.30	Namhae	0.35	Damyang	0.40
		Yangju	0.25	Cheonan	0.25	Miryang	0.25	Mokpo	0.35
		Yangpyeong	0.30	Cheongyang	0.30	Sacheon	0.30	Muan	0.35
		Yeoju	0.30	Taean	0.30	Sancheong	0.40	Boseong	0.25
		Yeoncheon	0.30	Hongseong	0.30	Yangsan	0.30	Suncheon	0.25
Osan		0.25	Goesan	0.30	Uiryeong	0.30	Sinan	0.35	
Yongin		0.25	Danyang	0.40	Jinju	0.30	Yeosu	0.25	
Uiwang		0.25	Boeun	0.35	Changnyeong	0.25	Yeonggwang	0.40	
Chung-buk	Uijeongbu	0.25	Yeongdong	0.35	Changwon	0.25	Yeongam	0.30	
	Icheon	0.30	Okcheon	0.35	Tongyeong	0.30	Wando	0.25	
	Paju	0.25	Eumseong	0.30	Hadong	0.30	Jangseong	0.40	
	Pyeongtaek	0.30	Jecheon	0.30	Haman	0.25	Jangheung	0.25	
	Pocheon	0.30	Jeungpyeong	0.35	Hamyang	0.40	Jindo	0.25	
	Hanam	0.25	Jincheon	0.30	Hapcheon	0.35	Hampyeong	0.35	
	Hwaseong	0.25	Cheongju	0.35	Gochang	0.60	Haenam	0.25	
	Gang-won	Gangneung	2.55	Chungju	0.30	Gunsan	0.50	Hwasun	0.30
		Goseong	1.85	Gyeongsan	0.30	Gimje	0.40	Seogwipo	0.40
		Donghae	1.25	Gyeongju	0.35	Namwon	0.40	Jeju	0.30
Samcheok		1.05	Goryeong	0.35	Muju	0.35			



**Fig. 3.** Design Snow Load Map for Green House According to Administrative Districts

행정구역별 설계적설하중 산정 결과를 지도로 Fig. 3과 같이 나타내었으며 대표적인 대설지역인 영동지방의 고성군, 속초시, 양양군, 강릉시, 동해시, 삼척시, 태백시 등은 적설심과 적설의 단위중량 모두 높게 산정된 지역으로 적설하중 또한 가장 높게 산정되었다. 또한 영남지방인 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 경상남도, 경상북도 지역에서는 적설심과 적설단위중량 모두 작게 산정되어 적설하중 가장 작게 산정되었다.

## 6. 결론

본 연구에서는 온실의 적설심 설계기준 개선방안을 도출하기 위해 적설심 기반의 기존 온실 설계기준을 평가 및 보완하고 적설하중 기반의 온실 설계기준을 제안하였다. 본 연구를 통해 도출된 결과를 정리하면 아래와 같다.

- (1) 온실의 적설심 설계기준 평가 결과, 총 162개 행정구역 중 76개 행정구역의 온실 설계적설심이 적정한 것으로

분석되었으며 86개 행정구역에서 온실 설계적설심의 상향이 필요한 것으로 나타났다. 그러나 대부분의 행정 구역의 적설심 차이는 1cm~5cm 안팎으로 큰 차이가 발생하지 않은 것으로 나타났으며 6cm 이상 차이가 있는 지역은 24개 행정구역으로 대부분이 강원도 지역 인 것으로 나타났다. 또한, 온실의 적설심 설계기준을 40cm 이상으로 제시하고 있는 행정구역에 대해서는 명확한 설계 적설심 결정이 필요하며 적설심으로 제시 하고 있는 온실의 설계기준을 적설단위중량을 고려한 적설하중으로 제시할 필요가 있을 것으로 분석 되었다.

- (2) 행정구역별 온실의 설계적설심 보완 결과, 울릉군에서 213cm로 가장 크게 산정되었고 이어서 강릉시, 동해시, 양양군, 속초시, 고성군, 평창시, 정선군, 태백시, 삼천시 순으로 각각 213cm, 127cm, 96cm, 95cm, 95cm, 92cm, 88cm, 83cm, 79cm, 75cm로 산정되었다. 이와 같은 지역들은 기존의 온실의 적설심 설계기준에서는 40cm 이상으로 제시되어 있던 지역들이다. 온실의 적 설심 설계기준이 가장 작게 산정된 행정구역은 울산시, 경주시, 청도군, 거제시, 고성군, 김해시, 남해군, 밀양 군, 산천군, 양산군, 진주시, 창녕군, 창원시 등으로 20cm로 산정되었다. 우리나라 162개 행정구역의 온실 적설심 설계기준은 평균 32.8cm, 표준편차 21.7cm, 최대 213.0cm, 최소 20.0cm로 산정되었다. 도별 온실 의 적설심 설계기준 평균 값을 분석해보면 서울, 인천 을 포함한 경기도 지역이 25cm, 강원도 지역이 65cm, 대전, 세종을 포함한 충청남도 지역이 28cm, 충청북도 지역이 30cm, 대구를 포함한 경상북도 지역이 35cm, 부산, 울산을 포함한 경상남도 지역이 22cm, 전라북도 지역이 37cm, 광주를 포함한 전라남도 지역이 29cm, 제주지역이 25cm로 산정되었다.
- (3) 행정구역별 온실의 설계적설하중은 적설 단위중량과 설계적설심을 통해 산정 하였고 SI 단위계인  $kN/m^2$ 로 표출하였으며 설계기준을 세부적으로 제시하기 위해 각 등급의 간격은  $0.05kN/m^2$ 로 나타내었다. 그 결과, 설계적설하중은 강릉시에서  $2.55kN/m^2$ 로 가장 크게 산정되었으며 이어서 울릉군  $2.20kN/m^2$ , 양양군  $2.00kN/m^2$ , 속초시  $2.00kN/m^2$ , 고성군  $1.82kN/m^2$ , 평창군  $1.22kN/m^2$ , 동해시  $1.22kN/m^2$ , 정선군  $1.16kN/m^2$ 로 산정되었다. 설계적설하중이 가장 작게 산정된 행 정구역은 수원시, 의왕시, 안양시, 부천시, 동두천시, 군포시, 광명시, 안산시 등 수도권 지역과 남부지방의 행정구역들이며  $0.25kN/m^2$ 로 산정되었다.

본 연구에서는 기존의 온실 적설심 설계기준의 개선방안 으로 설계적설심 상향, 40cm 이상으로 제시된 행정구역의 명확한 설계적설심 산정 그리고 적설단위중량 적용을 통한 적설하중 기반의 온실 설계기준 제시를 제안하였다. 현재

우리나라에서는 적설의 단위중량을 계측하여 공식적으로 제공하는 기관이 존재 하지 않아 간접적인 방법으로 적설의 단위중량을 산정하였다. 적설의 단위중량은 강설 당일 기상 상황에 매우 따라 다르게 나타는데 강설 당일 활용 가능한 세부적인 눈의 상태 자료 수집에 어려움이 있어 간접적인 방법을 통해 매우 정확도 높은 적설의 단위중량 산정에는 제약이 따른다. 본 연구를 통해 산정된 전국 단위의 단위중량 과 적설하중은 지역별 적설하중의 분포를 분석하고 온실의 설계기준을 개선하는데 활용 가능할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 온실의 안정성만을 고려하여 결과를 도출하였 으며 본 연구의 결과는 향후 온실 설계 및 온실 설계기준의 개선에 충분히 활용 가능할 것이라고 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 정부(국민안전체)의 재원으로 재난안전기술개발 사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MPSS-자연-2013-62].

## References

- Brian, J.M. (2006) A Study on Snow Density Variations at Different Elevations and the Related Consequences; Especially to Forecasting. *AOS401*, Vol 1, Issue 1.
- FEMA (2013) Risk Management Series - Snow Load Safety Guide.
- Judson, A., and Doesken, N. (2000) Density of Freshly Fallen Snow in the Central Rocky Mountains, Bulletin of the American Meteorological Society. *American Meteorological Society*, Vol. 81, No. 7, pp. 1577-1587.
- Kim, D.W. (2010) *The Analysis of the Characteristics of Heavy Snowfall in Youngdong Region with the Numerical Model Data Assimilation*, Master's Thesis, Chosun University.
- Kim, J.Y. (2001) Damage Status and Countermeasure Against Snowfall on Plastics Houses. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, Korean Society for Horticultural Science, Vol. 19, No. 4, pp. 229-635.
- Kim, Y.S., Kang, N.R., Kim, S.J., and Kim, H.S. (2013) Evaluation for Snowfall Depth Forecasting using Neural Network and Multiple Regression Models. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 13, No. 2, pp. 269-280.
- Kwon, D.H. (2010) *A Study on the Determination of the Regional Representative Probability Distribution for Snowfall in Korea*, Master's Thesis, Kumho National



Institute of Technology.

- Lee, H., and Lee, T.Y. (1994) The Governing Factors for Heavy Snowfalls in Youngdong Area. *Journal of Korean Meteorological Society*, Korean Meteorological Society, Vol. 30, No. 2, pp. 197-218.
- Lee, M.J. (1984) *A basic study on the snow loads*. Master's Thesis, Chonbuk National University.
- Lee, S.Y., Kim, H.J., Yum, S.H., Kang, Y.I., Chun, H., and Nam, Y.I. (2005) Investigation and Analysis of Damaged Single-span Greenhouse by Typhoon 'MAEMI'. *Journal of Bio-Environment Control*, The Korean Society for Bio-Environment Control, Vol. 14, No. 1, pp. 148-152.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2014) Anti-disaster Standards for Agricultural Facilities.
- Son, J.I. (1994) Determination of Reasonable Unit Snow Weight and Greatest Gust Speed for Design of Agricultural Structures and their Applications. *Journal of Bio-Environment Control*, The Korean Society for Bio-Environment Control, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9.
- Yu, I.S., Kim, D.H., and Jeong, S.M. (2015) Assessment of Design Snow Depth for Green House Using Frequency Analysis. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 16, No. 1, pp. 247-254.
- Yun, S.W., Choi, M.K., Yu, C., Lee, J.W., Lee, S.Y., and Yoon, Y.C. (2013) Estimation of Design Load for Greenhouse applicable in Coastal Reclaimed Lands. *Journal of Agricultural & Life Science*, Institute of Agriculture & Life Science, Vol. 47, No. 3, pp. 123-131.

---

<b>Received</b>	January 9, 2017
<b>Revised</b>	January 11, 2017
<b>Accepted</b>	January 23, 2017