

중량식 원형 적설판 개발에 관한 연구

이부용* · 김현철

대구가톨릭대학교 환경과학과

(2008년 12월 22일 접수; 2009년 1월 20일 승인)

Development of Weight Type Rounded Snow Plate

Bu-Yong Lee and Hyun-Chul Kim

Dept. of Environmental Science, Catholic University of Daegu, Kyeongbuk, 712-702, Korea

(Manuscript received 22 December 2008; in final form 20 January 2009)

Abstract

We need water equivalent unit data of snowfall for the purpose of forecast and hydrology related research area. This study developed new method of automatic recording snowfall as weight unit with circle type plate using stain-gauge loadcell. Field test of instrument carried out at Daegwallyeong Obs. Station from 20 to 23 Jan. 2008 during heavy snowfall. There is 74.2 cm snow depth and 54.6 mm precipitation by Daegwallyeong Obs. Station. But the instrument of this study recorded 71.0 mm of precipitation amount. Because of different observation method can cause more 15.4 mm than Daegwallyeong Obs. Station. But this study gives the possibility of observation of new snow fall measurement under freezing conditions of snow. From the observation data the density of snowfall calculated from 0.09 to 0.15 g/cm³ from the observation period. And have a good relations between manual observation and automatic observation data from this study instrument with slope of 1.35 to 1.39.

Key words: snow, snow cover, automatic observation

1. 서 론

최근 폭설에 의한 교통과 사회 여러 분야에서 피해가 발생하기 때문에 강설에 대한 정확한 관측과 예측이 필수적으로 이에 대한 연구(권태영 등, 2006)가 진행되고 있으며, 이러한 강설에 대한 관측은 목적에 따라 크게 둘로 나누어지며 그 형태는 목측과 자동관측이다. 목측 요소인 적설량은 설척이나, 적설판을 이용하여 관측을 하고 있다. 목측의 단점은 연속적으로 관측을 할 수 없다는 점이다. 특히 적설과 같은 현상이 나타날 경우에는 실시간의 관측 데이터는 필수적으로 제공되어야 할 필요성이 있어 자동관측에 대한 수요는

점차 증가하고 있는 추세이다. 자동관측 방법으로는 초음파에 의한 적설관측이 널리 이용되고 있으나 그 물리량이 길이 단위이다. 최근 적설 관측 자료를 레이더와 위성영상의 해석과 수치예보에 있어 기초적인 자료의 제공 등에 활용되며, 그 단위는 질량단위의 적설량이 요구된다. 이러한 것에 대한 해석적인 접근으로 레이더 에코 강도와 적설량과의 관계에 대한 연구가 있다(김병환 등, 2002). 그리고 이와 유사한 연구로는 적설 깊이의 수치 예측에 대한 연구(이태영 등, 2005)로 정확한 강수량에 대한 예측을 필수 조건으로 제시하였다. 이 두 연구의 공통점은 강설에 대한 무게 정보가 매우 중요하다는 점이다. 그리고 신적설에 대한 연구로는 초음파 적설계를 이용한 산출 기법에 대한 연구(이영미 등, 2006)가 있었는데, 이는 새롭게 내리는 강설에 대한 정량적인 정보를 해석하기 위한 접근으로 쌓인 눈 위에 새로운 눈이 쌓이면서 부피가 줄어들 경우에는 그 값이 측정되지 못하는 것으로 그 해석 원리에 한계가 있는 연구이다. 이러한 필요성에 적설의 무

*Corresponding Author: Bu-Yong Lee, Department of Environmental Science, Catholic University of Daegu, Kyeongbuk 712-702, Korea
Phone: +82-53-850-3249, fax: +82-53-850-3458
E-mail: bylee@cu.ac.kr

계 측정에 의한 연구 접근으로 산림지역의 차단 강수량에 대한 연구(Eriksson *et al*, 1997)가 있다. 이 연구는 지표면에 쌓이는 적설 관측의 어려움으로 지상에서 떨어지는 눈을 지상에서 포집하여 측정하는 방법을 이용하였다. 한국에서는 이부용과 김현철(2007)에 의해 대관령기상대 노장에서 사각의 중량 측정 적설판을 지면에 설치하고 그 상부에 쌓이는 적설의 무게를 직접 측정한 것으로 초기 강설에는 정확한 측정이 가능하나, 시간이 지나면서 나타나는 측면 부의 하중에 대해서는 노출된 상태로 측정하는 방법으로 오차가 발생할 수 있는 구조를 가지고 있어 적설 중량 측정값의 신뢰도는 다소 낮게 나타날 수 있다. 본 연구에서는 측면부에서 가해지는 하중에 대해서 완벽하게 처리를 할 수 있는 원형 구조의 적설판을 개발하여 야외에서 관측을 통하여 그 관측 특성을 알아보고 대관령기상대 관측자에 의해 목측으로 관측되는 우설량과 적설심도 자료를 상호 비교하였다.

2. 연구 방법

2.1 측정방법

본 연구에서 중요한 점은 기존의 적설 심도 관측과는 달리 적설을 중량 단위로 측정하는 것을 목적으로 하고 있다. 적설 중량 관측에 있어 가장 중요한 점은 중량을 정확하게 측정할 수 있는 센서가 필요하게 된다. 이러한 센서로는 장기간에 걸친 관측에서도 안정적인 출력이 보장되는 로드셀이 가장 적합한 센서이다. 본 연구에서는 (주) 카스(CAS)사의 slim platform 모델의 SPL-50 로드셀을 사용하였다(Table 1 참조). 이 로드셀의 특징은 높이가 낮으며, 독립 측정 구조를 하고 있어 낮은 구조로 중량을 측정할 수 있는 형태를 만들 수 있다는 장점이 있다.

시간이 지남에 따라 중량 측정부 상부에 놓인 적설의 용해와 결빙 등이 원인이 되어 연속적으로 정확한 중량을 측정할 수 없게 되는 경우가 발생한다. 따라서 정확한 중량을 측정하기 위해서는 눈의 용해와 결빙과 같은 원인의 영향을 최소화 하는 설계가 필요하게 된다. 이러한 점을 해결하기 위해서 본 연구에서는 직경 100 cm, 가장자리 폭 10 cm의 도너츠 구조의 알루미늄 원판 내부에 직경 80 cm의 원판을 설치하고 그 하부에 로드셀을 설치하여 가운데 있는 직경 80 cm의 원판(면적 : 5026.5 cm²)에 가해지는 적설 중량을 측정하

Table 1. Specifications of loadcell (CAS SPL-50)

Item	Range
Rated Load	50 kgf
Input Resistance	760±10 Ω
Output Resistance	350±3.5 Ω
Recommended Excitation	10 Volt
Max. Excitation	15 Volt
Compensated Temp. Range	-10 °C ~ 40 °C
Operating Temp. Range	-30 °C ~ 80 °C
Combined Error	0.05 %
Repeatability	0.05 %
Creep(30 minute)	0.03 %

게 하였다. 가장자리 폭 10 cm는 적설의 용해와 결빙의 영향을 최소화 할 수 있는 구조로 설계되었다. 직경 100 cm의 측정부 상부에는 비닐시트를 덮어서 적설이 녹아 기계 내부로 물이 유입되는 것을 방지하였다.

적설계는 중량으로 최대 50 kg을 측정할 수 있어 이를 적설상당수량으로 환산하면 100 mm 까지 측정이 가능하다. 평균 밀도가 0.1 g/cm³인 적설의 경우 안정적인 측정 범위는 100 cm 적설까지 가능하고, 최대 가능 측정 범위는 150 cm까지이다. 이 값은 우리나라 대부분의 적설량을 측정할 수 있는 범위의 값이다. 또한 더 많은 적설량의 관측이 필요한 경우에는 로드셀의 측정 용량이 큰 것으로 교체만 하면 되기 때문에 간단하게 측정 범위를 확대할 수 있는 장점이 있다.

2.2 관측 장소

본 연구의 관측지점은 강원도 평창군 도암면 황계리 279-10의 대관령 기상대(북위: 37° 40' 37.75", 동경: 128° 43' 05.90")이다. 평창군, 홍천군, 강릉시에 걸쳐 있는 강원중부산간과 강원남도내륙에서 평창군에 속하는 지역을 관할하고 있는 곳으로(Fig. 1 참조) 해발고도는 772.4 m인 우리나라에서 가장 높은 기상 관서이다. 동절기 북동기류의 영향으로 대설현상이 잦은 대관령 기상대를 본 연구의 대상지역으로 선정하였다.

2.3 장비의 설치

관측 장비는 2008년 1월 14일 대관령 기상대 관측 노장 남동쪽 방향의 빈 공간에 설치를 하였다. 장비를 설치할 때 이미 노장에는 기존의 34.6 cm의 적설이 쌓

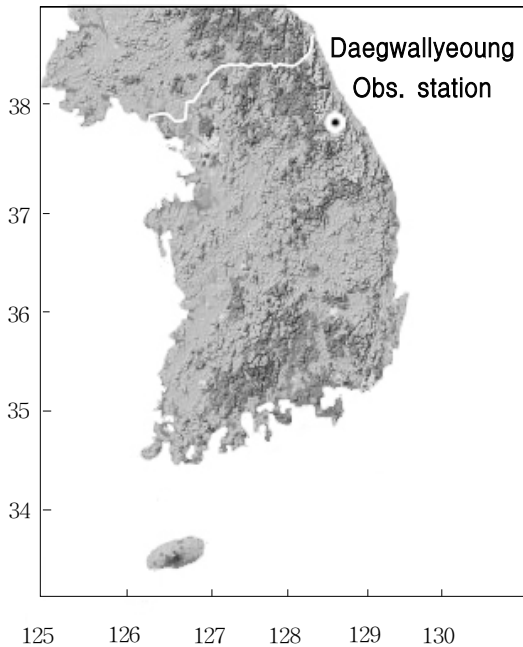


Fig. 1. Observation station.

여 있는 상태에서 쌓인 눈을 제거하고 원형 적설판을 설치하였다(Fig. 3 참조). 사진에는 2개의 적설판을 설치하였으나, 본 연구의 분석에서는 앞쪽의 높이가 낮은 적설판 자료에 대해서만 분석을 하였다. 그 이유는 높이에 따라서 측정값이 달라질 수 있어 가능한 지표면에 가까운 높이의 적설판 값을 사용하였다. 바람 관측에는 RM YOUNG사의 05103과 온도 습도에 대해서는 바이살라사의 HMP45, 그리고 적설판 상부의 온도



Fig. 2. Photograph of field installation of Rounded Snow Plate.

측정에는 써미스타 107-L 센서, 데이터로거는 CR10X를 사용하였다. 자료의 측정은 매 1분이고 자료의 저장은 매 10분 간격으로 하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

3.1 관측자료

본 연구에서의 강설 사례일은 2008년 1월 20일 09 LST에서 강설이 시작되어 3일간 강설이 지속되어 1월 23일 09 LST에 강설이 끝난 날이다. Fig. 3은 본 사례일 중 눈이 가장 많이 내린 때의 일기도로 우리나라 남쪽으로 저기압이 이동하고 북쪽에는 고기압이 위치하면서 등압선이 겨울철의 전형적인 남북방향의 등압선이 아닌 동서방향의 등압선이 나타나고 있다. 또한 우리나라 동해 쪽에서 서해 쪽으로 갈수록 등압선은 북쪽으로 향하고 있어 대관령 기상대에는 강설현상이 강하게 나타날 수 있는 동풍이 유입 할 수 있는 특징의 일기 상태이다.

Fig.4는 대관령 기상대 관측노장에 장비를 설치한 후 관측한 적설 자료를 나타낸 것이다. 그림에서 S.D.는 대관령 기상대에서 관측한 적설심도 값을 나타낸 것이고, S.W.(이하 : BYL)는 본 연구에서 개발된 원형 적설판에 의해 관측된 중량값을 적설상당수량 값으로 환산하여 나타내었다. 그리고 Precip.는 대관령 기상대(이하 : DKR)의 우설량계에 의해서 관측된 값을 나타낸 것이다. 대관령 기상대의 값은 민원용 일기상통계표 자료를 참고하였다. 1월 20일 눈이 내리기 전 기준

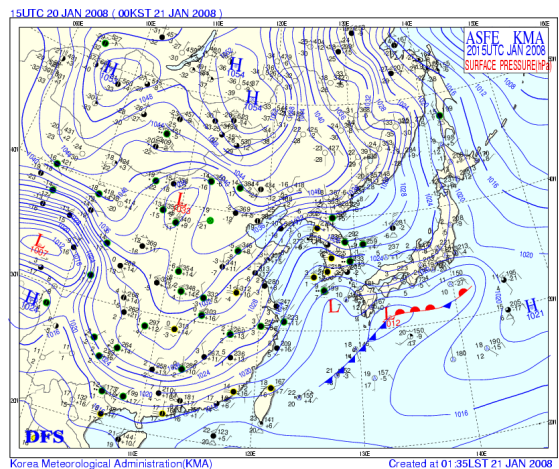


Fig. 3. Surface chart for 00 LST 21 Jan. 2008 during heavy snow fall.

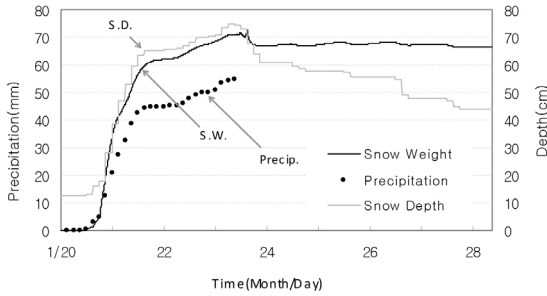


Fig. 4. Observation data of during 20 to 28 Jan. 2008 of snow weight and snow depth and precipitation.

의 적설심도는 12.5 cm 이었으며 관측기간 중 최대 적설심도는 74.2 cm를 기록하였다. 초기 12.5 cm를 제외 하면 61.7 cm의 적설량으로 계산되었다. 눈이 그친 이후에는 적설 심도는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 이때 중량의 변화는 거의 나타나지 않았다. 이것은 적설의 질량 변화 없이도 적설심도에는 변화가 있을 수 있음을 알 수 있다.

Table 2는 본 관측기간 중 대관령 기상대의 우설량 값(Precip.)과 본 연구의 중량식 적설값(BYL)을 3시간 간격의 누적값으로 나타내었으며 아울러 적설심도 값(Snow Depth)을 나타내었다. 괄호 안의 값의 초기 적설심도 12.5 cm를 0으로 환산하여 계산한 값이다. 본 연구에서 이렇게 한 것은 적설의 경우 신적설, 누적 강설량의 측정값이 서로 달리 나타나기 때문에 본 연구에서는 이렇게 기준을 설정하였다. 우설량값은 54.6 mm를 기록한 반면 본 연구는 71.03 mm를 기록하였다. 이 두 값의 차이는 관측 방법이 서로 상이한 것에 기인한 것으로 판단이 되는 것으로 우설량의 경우 직경 20 cm 원통내부에 포획이 되는 적설을 관측하는데 반해 본 연구의 관측 방법은 지면에 쌓인 눈의 중량을 측정하기 때문으로 사료된다. 그리고 각각의 관측 자료에 의한 밀도를 계산하였다. 우설량계를 이용한 밀도의 계산은 현실적으로는 적합하지 않으나, 본 연구에서 측정한 중량식 적설값과 상대적인 비교를 하기 위하여 계산하였다. 본 연구에서 측정된 밀도의 범위는 0.09~0.13 g/cm³을 기록한 반면 우설량계에서 측정한 밀도의 범위는 0.08~0.09 g/cm³사이를 나타내었다. 이는 내린 눈이 압축되지 않은 상태에서 가지는 밀도 범위인 0.1~1.3 g/cm³인 기존의 자료(소선섭 등, 2005)와 비교할 때 본 연구에서 구해진 값은 비교적 타당성이 있는 것으로 사료된다.

Fig. 6은 관측기간 중의 지상 1 m 높이에 설치한 온

습도계에 의한 관측 값을 나타내었다. 적설이 시작되기 전에는 기온이 영하 8 °C 정도이나 눈이 내리면서 약 -5 °C 이상의 상태가 유지 되었다가 눈이 그친 후에는 기온이 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 습도는 눈이 내리기 전에서부터 약 90 % 이상 되었으나, 눈이 내리면서 짧은 시간 동안 습도가 낮아졌다가 다시 90 % 이상 유지되었다. 기온이 영하의 상태에서는 적설이 고화되어 적설면 하부에서 중량 관측이 원활하지 않을 수 있으나, Fig. 4에서 보는 바와 같이 부드러운 누적 관측 곡선을 볼 수 있다.

Fig. 7은 지상 1 m 높이의 풍향 풍속 자료로 눈이 내리는 동안은 대관령 기상대의 전형적인 모습인 60 도 방향의 북동계열의 바람 유입이 확인 되었으며, 최대 풍속은 4 m s⁻¹을 초과하여 나타났다. 눈이 그친 후에는 바람

Table 2. The snow density from observation data of precipitation and snow weight and snow depth

Time	Acc. Precip. (mm)	BYL (mm)	Snow Depth (cm)	Density		
				DKR (g/cm ³)	BYL (g/cm ³)	
1/20	3:00	0.00	12.5(0.0)			
	6:00	0.00	12.5(0.0)			
	9:00	0.0	0.00	12.5(0.0)		
	12:00	0.4	0.45	13.0(0.5)	0.08	0.09
	15:00	3.0	1.51	16.0(3.5)	0.09	0.04
	18:00	4.7	4.70	18.0(5.5)	0.09	0.09
	21:00	12.7	19.64	28.3(15.8)	0.08	0.12
1/21	24:00	20.8	34.19	38.5(26.0)	0.08	0.13
	3:00	27.4	41.64	46.8(34.3)	0.08	0.12
	6:00	32.4	45.80	53.0(40.5)	0.08	0.11
	9:00	38.6	51.28	59.5(47.0)	0.08	0.11
	12:00	42.4	56.67	63.5(51.0)	0.08	0.11
	15:00	44.3	59.54	65.2(52.7)	0.08	0.11
	18:00	44.6	61.12	65.3(52.8)	0.08	0.12
1/22	21:00	44.7	61.75	65.3(52.8)	0.08	0.12
	24:00	44.9	62.03	65.5(53.0)	0.08	0.12
	3:00	45.1	62.24	65.6(53.1)	0.08	0.12
	6:00	45.4	62.69	66.1(53.6)	0.08	0.12
	9:00	46.3	63.67	67.1(54.6)	0.08	0.12
	12:00	47.7	65.03	68.4(55.9)	0.09	0.12
	15:00	49.1	66.23	69.8(57.3)	0.09	0.12
1/23	18:00	50.0	67.13	70.1(57.6)	0.09	0.12
	21:00	50.2	67.67	70.3(57.8)	0.09	0.12
	24:00	51.0	68.55	71.0(58.5)	0.09	0.12
	3:00	53.3	69.50	73.4(60.9)	0.09	0.11
	6:00	54.5	70.72	74.6(62.1)	0.09	0.11
	9:00	54.6	71.03	74.2(61.7)	0.09	0.12

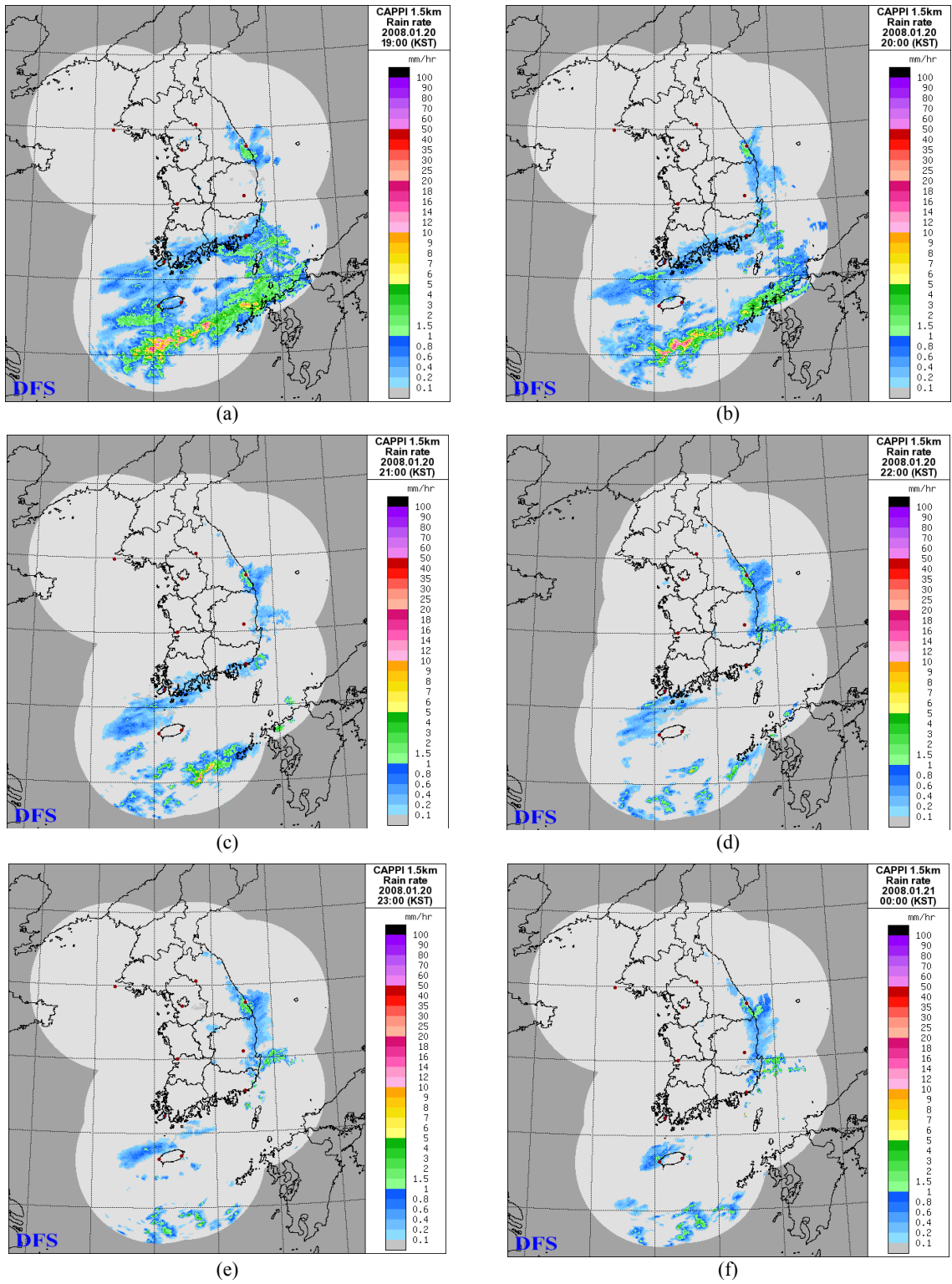


Fig. 5. Radar image of 19 to 24 LST Jan. 2008 during heavy snow fall.

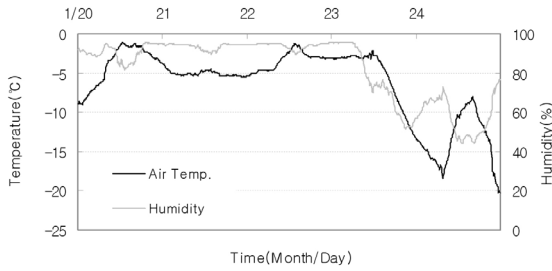


Fig. 6. Time series of temperature and humidity during observation period.

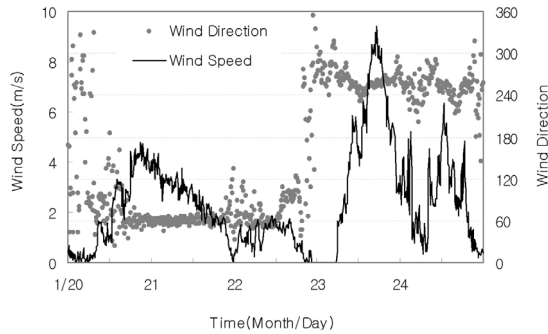


Fig. 7. Time series of wind speed and direction during observation period.

은 북서풍으로 바뀌었으며, 23일 최대 풍속은 9 m s⁻¹ 초과하여 나타났다. 대관령기상대 지상 10 m 높이에서의 23일 17 LST 풍속 관측 자료는 18.8 m s⁻¹ 나타내어 지상 1 m 높이에서의 풍속과는 다소의 차이가 있었다.

Fig. 8은 기온과 적설판 상부의 온도를 나타낸 것이다. 적설판의 상부 온도는 기온과는 달리 눈이 내리기 시작할 때 잠시 영상의 온도를 나타내다가 바로 영하 2~3 °C 정도의 일정한 온도를 유지하였다. 다시 말해 적설면 하부는 적설이 가지는 고유의 단열특성으로 일정한 온도가 지속적으로 유지됨을 알 수 있었으며, 이 관측 자료로부터 적설면 하부에서는 적설 중량을 관측하는 장비는 거의 온도 변화가 없는 안정된 상태에서 관측이 진행되고 있음을 확인할 수 있다. 이렇게 온도가 일정한 지표에서 적설 중량을 측정하는 구조는 지표면 기상 조건이 열악한 겨울철 적설 관측에 아주 효과적인 방법이 될 수 있다.

3.2 레이더 자료

레이더 관측자료는 1월 20일 19 LST에서 24 LST까지의 자료를 나타내었다. 이날 18 LST부터 24 LST

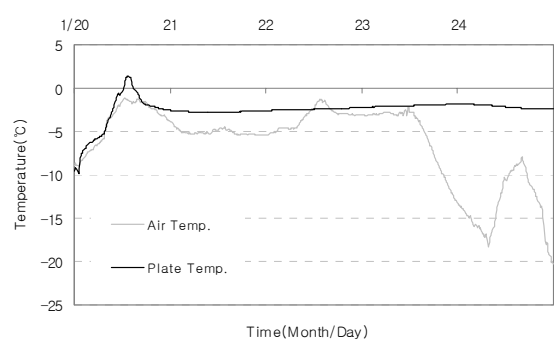


Fig. 8. Time series of air temperature and surface temperature of Rounded Snow Plate during observation period.

까지 본 연구 장비에 의해 관측된 적설의 중량 값이 평균 시간당 5 mm의 적설상당수량을 기록하였다. 이 값은 평균 밀도를 0.1로 할 경우 시간당 5 cm의 큰 적설 값에 해당한다. 아래의 영상에서는 대관령 부근에 강한 에코가 나타나지 않고 있어 지상의 관측 값과 상층의 에코 값 간에 서로 차이가 있는 것으로 사료된다. 이러한 현상에 대해서는 비교할 수 있는 연구가 부족하여 더 이상의 해석은 할 수 없는 상태이고 추후 연구를 지속적으로 진행하면서 해석할 계획이다.

3.3 자료분석.

1월 20, 21일 양일간에 걸쳐 45.1 mm의 우설량을 기록한 후 22일 00 LST에서 03 LST 사이 0.3 mm 만을 내린 소강상태에서 다시 강설이 시작된 22일과 23일의 자료를 나타내었다(Fig. 10 참조). 두 관측 자료는 아주 일정한 패턴으로 잘 일치하였다. 이때의 풍속은 약 2 m s⁻¹ 이하로 앞의 20, 21일에 비해 비교적 풍속은 비교적 약하였다. 22일 새롭게 내리기 시작한 적설은 Table 3에 나타난 바와 같이 우설량은 9.7 mm를 기록한 반면 BYL은 8.99 mm를 기록하여 약 0.7 mm를 적게 관측되었다. 그러나 이를 동안 영하의 기온을 유지한 상태에서 다시 내리기 시작한 신적설에 대하여 정확하게 그 양을 측정하였다. 다만 1월 23일의 03LST 우설량 2.3 mm 본 연구 0.95 mm로 관측된 이 시각의 자료를 제외하면 두 관측 자료는 크게 차이가 나타나지 않았다. 이것은 본 연구의 장비가 신적설 관측에서 매우 유용하게 활용될 수 있음을 나타낸 것이며 충분히 자동관측에 활용 가능함을 알 수 있다.

Fig. 11은 관측 기간 중 대관령 기상대 우설량과 본 연구의 값을 3시간 단위에 대한 관측 값의 상관관계를

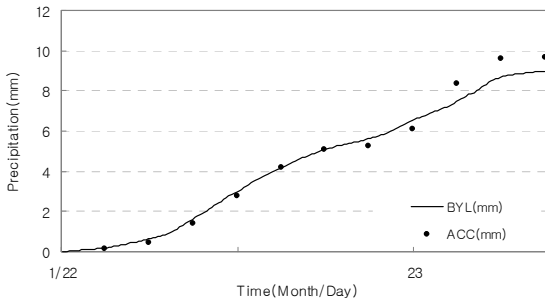


Fig. 10. Time series of accumulated observation data of precipitation(ACC) and snow weight(BYL).

보았다. 두 자료의 상관관계에서 기울기 값은 1.39로 1 이상을 나타내어 우설량계에 의한 관측보다는 본 연구의 관측 값이 크게 나타남을 알 수 있었으며, 두 자료의 상관은 0.85로 나타났다. Fig. 12의 3시간 자료 누적 그래프의 상관에서도 1.35에 상관도 0.99를 나타내어 두 자료의 상관은 아주 좋은 것으로 나타났으며, 두 경우에서 보면 우설량계에 의한 관측 값에 비해 중량식은 35-39 %정도 더 많이 관측됨을 알 수 있었다. 이것은 관측기간 중 비교적 강한 바람이 있어 우량관측에서도 나타나는 바람에 의한 강우량 포획 감소 효과가 적설에 있어서는 더 크게 나타나는 것으로 사료된다. 그러나 본 연구에 사용된 관측 자료의 개수가 매우 제한적이라는 점에서는 정량적인 접근 해석에는 다소의 어려움이 있으나 정성적인 접근의 형태로 바람에 의한 강설의 포획과 관련한 효과는 충분히 알 수 있었다.

4. 결론

새롭게 제작된 원형 중량식 적설계를 이용한 2008

Table 3. Observation data and accumulated data during 22, 23 Jan. 2008

Time	3 hour		Accumulation		
	Precip. (mm)	BYL (mm)	Precip. (mm)	BYL (mm)	
1/22	0:00	0.0	0.00	0.0	0.00
	3:00	0.2	0.19	0.2	0.19
	6:00	0.3	0.45	0.5	0.65
	9:00	0.9	0.98	1.4	1.62
	12:00	1.4	1.37	2.8	2.99
	15:00	1.4	1.20	4.2	4.19
	18:00	0.9	0.90	5.1	5.09
	21:00	0.2	0.54	5.3	5.62
1/23	24:00	0.8	0.89	6.1	6.51
	3:00	2.3	0.95	8.4	7.46
	6:00	1.2	1.22	9.6	8.68
	9:00	0.1	0.31	9.7	8.99
Total	9.7	8.99			

년 1월 20일에서 23일 간의 적설관측에서 다음과 같은 결론에 도달하였다.

중량식 적설 관측과 우설량계에 의한 관측에서 3시간 단위 관측 값과 누적 값에 대해서 상관 관계는 높게 나타났으며, 특히 누적값에 대해서는 매우 높은 상관성을 나타내어 현업화에 대한 가능성을 볼 수 있었으며, 적설상당수량 관측에 대해서는 본 연구에서 개발된 장비가 적용될 수 있음을 알 수 있었다.

적설관측에 어려움이 있는 신적설에 대한 관측에 있어 온도가 영하로 내려가 눈이 얼음으로 변한 경우에서도 그 이후 내리는 눈의 정확한 적설 중량 관측이 가능함을 밝혔다. 그리고 대설주의보 등에 필요한 초기의 적은 양의 강설에 대해서도 대응이 가능하여 다

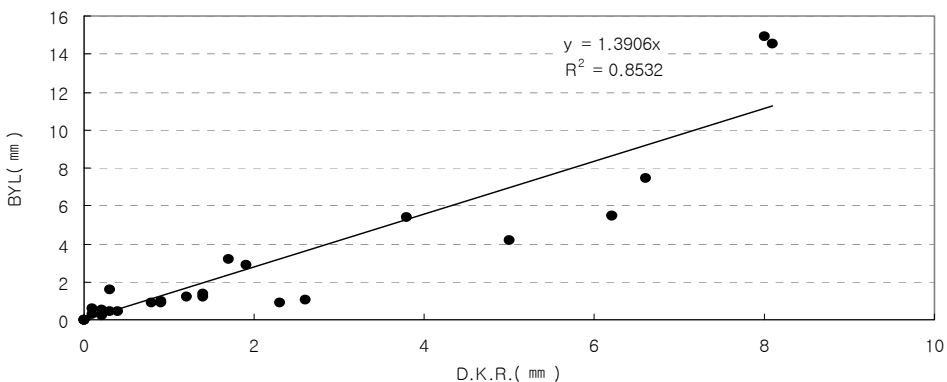


Fig. 11. Relation between precipitation(DKR) and snow weight(BYL) of every 3 hour data.

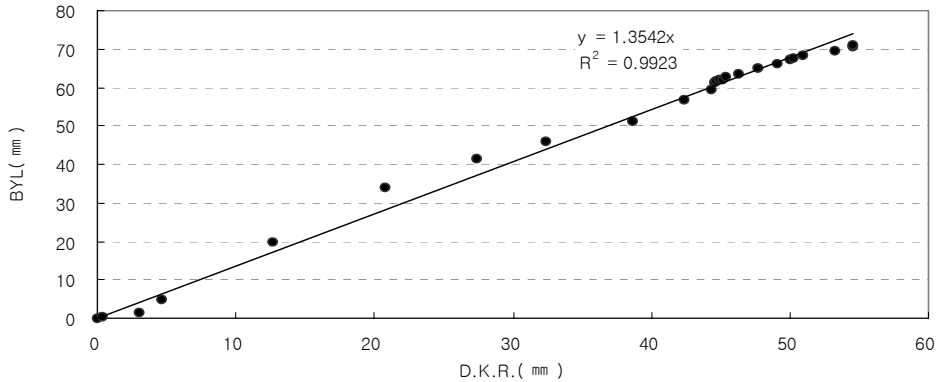


Fig. 12. Relation between precipitation(DKR) and snow weight(BYL) of accumulated data.

양한 적설관련 관측에 활용이 가능함을 볼 수 있다.

본 연구를 통해서 기상관측 분야에 새로운 관측 방법과 장비의 개발이 가능함을 알 수 있었으며, 추후 더 많은 관측 자료를 확보하고 해석하여 다양한 분야에 활용이 가능 할 수 있게 적극적인 추가 연구가 필요한 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2006-3102)의 지원으로 수행되었습니다.

관측 장소와 업무 협조를 하여 주신 강원지방기상청과 대관령 기상대 관계자분들께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

- Eriksson M., S. Halldin, E. Kellner, and J. Seibert, 1997: New approach to the measurement of interception evaporation, *American Meteo. Soc.*, **14**, 1023-1035.
- 김병완, 방영준, 조성호, 2002: 레이더 에코 강도에 따른 겨울철 적설량과의 상관관계-WESTERLY에 대하여-, *대기*, **12(1)**, 126-129.
- 권태영, 함동주, 이정순, 김삼희, 조희구, 김지언, 지준범, 김덕래, 최만규, 김남원, 남궁지연, 2006: 영동대설 예보지원시스템 개발, *대기*, **16(2)**, 247-257.
- 소선섭, 이천우, 김맹기, 2005: 기상관측법, 교문사, 239-240.
- 이부용, 김현철, 2007: 중량식 적설계의 야외 관측, *한국가을환경과학회논문집*, 136-138.
- 이영미, 고범승, 이평근, 2006: 초음파 자동적설 관측자료를 활용한 신적설 산출기법에 관한 연구I, *한국가을기상학회 논문집*, 294-295.
- 이태영, 변건영, Jun Yang, 2005: 적설 깊이의 수치 예측, *한국봄기상학회논문집*, 348-349.