

0.01 mm 급 우량계 개발에 관한 연구

이 부 용
대구가톨릭대학교 환경과학과
(2003년 11월 28일 접수; 2004년 6월 25일 채택)

A Study on the Development of Raingauge with 0.01 mm Resolution

Bu-Yong Lee

Dept. of Environmental Science, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea
(Manuscript received 28 November, 2003; accepted 25 June, 2004)

A new method of automatic recording raingauge is developed to measure rainfall with 0.01mm resolution. This use two different signals to measure rainfall more accurately compare than other raingauges. One is weight of the tipping bucket with rainfall amount and the other is pulse from tipping bucket reverse. New method applied 1 mm tipping bucket mechanism and install loadcell under tipping bucket mechanism for measuring rainfall weight. Loadcell measure weight of rainfall until 1 mm with 0.01 mm resolution and more than 1 mm than bucket reverse and pulse signal generate, after that loadcell measure weight again.

The validation of new instrument was examined in the room 65 mm/hour rainfall rate total 53 mm range. There is below than 1 % error of absolute rainfall amount and 0.01 mm resolution. The field test of instrument was carried out by comparing its measured values with values recorded by weight type and standard type on June 1 2003 at Terrestrial Environmental Research Center at Tsukuba University in Tsukuba of Japan, when it has recorded total amount of 40.58 mm rainfall by standard raingauge and new raingauge recorded 41.032 mm. Same rainfall intensity pattern observed in field observation with weight type raingauge. Rainfall intensity between weight type and Lee-A type raingauge reached 0.9947 correlation in 3 minute average.

Key Words : Rain, Raingauge, Tipping Bucket, Loadcell, Instrument

1. 서 론

인간 활동에 필요한 수자원 공급은 강우 및 강수 현상에 이루어지고 있으며, 관측방법으로는 우량계를 이용하여 관측을 하고 있다. 객관적인 강우관측의 시작은 1441년 세종대왕 때 우량계의 발명으로 부터 시작되었다. 그때 제작된 우량계는 지금의 우량계와는 직경과 높이에 있어 차이는 있으나, 객관적인 우량관측을 하였다는 데 큰 의의가 있다. 그리고 전국적인 규모의 관측 망을 구성하여 관측한 기록이 있다. 현재 자동기록이 가능한 다양한 형태의 우량계가 설치되어 관측되고 있다.

우리나라의 연 평균 강수량은 1,274 mm 로 비교적 많은 편에 해당하나, 계절별로 편차가 심하고, 강우량의 60 % 이상이 6월에서 8월 사이에 집중해서 내리고 있다¹⁾. 세계 평균 강수량 973 mm 에 비해 약 1.3 배 많으나, 인구 1인당 사용가능 수자원은 세계 평균의 11%에 불과한 물 부족국가에 해당되어 강우의 정밀한 측정이 더욱더 요구되고 있는 상황이다. 그리고 강우를 정밀하게 측정해야 하는 이유로는 레이더나 위성에 의해 측정되는 원격 강우관측에 대한 지상의 참값을 제공하여 예측에 대한 정확도가 증가되어 피해를 줄이는데 도움이 될 수 있으며, 인공 강우와 같은 실험 시 요구되는 정밀한 측정이 가능하게 된다.

강우 관측에 대한 규정은 세계기상기구 WMO에 의해 규정이 되는데, WMO의 권고 사항은 우량관

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

측의 최소 단위는 0.2 mm 로 권장하고 있으나, 권고사항은 0.1 mm 를 권고하고 있다²⁾. 우리나라 기상관측소의 관측은 0.1 mm 와 0.5 mm 전도형 우량계 두 개를 설치하여 운영하고 있는데, 2002년 1월 23일자로 누적 강우 0.5 mm 미만은 0.1 mm 우량계로 관측하고, 그 이상은 0.5 mm 우량계로 관측을 하게 되어 있어 WMO 의 권고 사항을 만족시키지 못하고 있다.

전도형 우량계를 관측에 사용하는 이유로는 구조가 아주 간단하여, 야외의 열악한 환경에서도 잘 동작하는 특징이 있고, 자동관측에 적합한 신호인 점접 신호를 이용하기 때문에 우리나라의 거의 모든 강우 관측소에서 이용되고 있다. 그러나 전도형 우량계의 단점으로 0.1 mm 급은 강우 강도가 증가할 경우 오차 발생이 크지는 단점과 0.5 mm 급 우량계는 WMO 권고 사항에 맞지 않는 문제점이 존재한다.

이러한 문제점을 개선하기 위한 방안으로 한국에서는 부력의 원리를 이용한 우량의 자동관측에 대한 연구가 이부용에 의해 시도되었다³⁾. 최초 200 mm 급으로 개발된 우량계는 0.1 mm 이하의 분해능을 나타내었으나, 주기적으로 배수를 해야 하는 문제점 때문에 현업에 이용되지 못하고 있다. 그리고 배수가 필요 없는 1200 mm 급으로 개발을 하였으나⁴⁾, 부력 발생을 위해 우량계 내부에 항상 일정량의 물이 존재해야 하는 단점과 구조의 복잡성 그리고 예측 강우량 보다 많을 경우 관측이 되지 않는 문제점이 있었다.

본 연구에서는 WMO의 권고사항을 만족하면서, 연속 강우 관측이 가능한 새로운 형태의 0.01 mm 급 강우 관측 메카니즘을 개발하는 것이 본 연구의 목적이며, 개발된 메카니즘으로 제작한 우량계를 실내 검정 및 야외 관측을 통해 장비의 성능을 조사하고, 현업적용 가능성을 시험하여, 추후 연구에서 강우 관측 자료의 질적인 향상을 유도하는 연구의 기초가 되는 것이다.

2. 측정 원리와 검정 결과

2.1. 강우와 물리량

우량계는 원통형으로 내부 직경은 0.2 m(20 cm)로 되어 있다. 가장자리 부분은 날카로운 edge형으로 정확한 단면적을 계산 할 수 있게 제작되어 있다. Table 1은 직경 20 cm 의 표준형 우량계의 강우량에 대한 물의 부피와 무게로, 강우 밀도는 1 g/cm³ 이다. 우량계 직경 20 cm 이고, 단면적이 314.16 cm²인 우량계에서 100 mm 강우량은 무게로 3141.6 gram, 부피로는 3141.6 ml가 된다. 따라서 0.01 mm의 강우량은 무게로 0.31416 gram, 부피로는 0.31416 ml가 된다. 유효자리를 소수 3자리로 할

Table 1. Weight and volume of water according to rainfall amount

Rainfall(mm)	Weight(g)	Volume(ml)
100	3141.6	3141.6
10	314.16	314.16
1	31.416	31.416
0.1	3.1416	3.1416
0.01	0.31416	0.31416

경우 0.314 gram 또는 0.314 ml이 된다. 따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 0.01 mm 급의 우량계에서는 0.314 gram 또는 0.314 ml를 측정할 수 있는 메카니즘 개발이 필요하게 된다.

2.2. 기존 측정원리

강우량 측정은 근본적으로 물의 양을 측정하는 것으로, 사이펀형 우량계나, 표준형 우량계와 같이 부피를 측정하는 방법과, 전도형 우량계, 수정우설량계, 로드셀을 이용한 중량식 우량계와 같이 무게를 측정하는 방법이 있다. 물과 같은 액체의 양을 측정하는데 있어, 부피보다는 무게를 측정하는 것이 더 정확하게 측정할 수 있다.

가장 많이 사용하고 있는 전도형의 경우 강우의 무게에 의해 tipping bucket의 좌·우 전도 운동으로 내부에 설치된 마그네틱 스위치의 전접 횟수로 강우량을 측정하고 있다. 이 측정원리는 안정적으로 강우를 측정할 수 있는 구조이나, 그 tipping bucket의 용량까지는 강우를 측정하지 못하는 단점을 가지고 있다. 0.5 mm 우량계의 경우 0.5 mm 까지는 강우를 측정 할 수 없다는 것이다. 그리고 강우 강도가 계속 증가할 경우 우량계 관측 값에 대한 정확도는 낮아지는 것으로 밝혀졌다^{5,6)}.

수정우설량계의 경우 중량센서에 의해 강우를 측정하고 20 mm 강우마다 우량계 내부 수차를 90°씩 강제 회전을 시켜 배수해야하는 구조를 가지고 있으며, 로드셀을 이용한 200 mm 급 중량식의 경우 200 mm가 되면 강제 배수 시켜야 하는 문제점을 가지고 있고, 바람이 강한 경우엔 바람에 의해 로드셀에 하중이 가해지는 구조로, 오차가 발생할 수 있다.

이부용³⁾에 의해 개발된 Lee type 부력식 우량계의 경우 로드셀을 이용한 중량식 우량계와 마찬가지로 강우를 강제로 배수시켜야 하는 문제점과 항상 일정량의 물이 우량계 내부에 있어야 하는 단점을 가지고 있다.

2.3. 로드셀의 특성

우량을 중량으로 측정하기 위해 로드셀을 사용하였다. 현재 로드셀은 무게 측정에 가장 많이 사용되고 있는 센서로 디지털저울에 많이 사용하고 있다.

로드셀은 다양한 형태와 측정 한계를 가지고 있는데, 로드셀 메이커에서 제공하는 자료에 의하면 bar type 로드셀이 가장 안정되고 측정의 정확도가 높은 것으로 되어 있어, 본 연구에서도 기존의 연구에 사용된 bar type 로드셀을 사용하였다⁷⁾. 로드셀 회사에서 실시하는 로드셀의 검정 기준시간은 30분으로 규격서에 나와있다. 그러나 본 연구와 같이 야외에서 사용하는 환경은 1년 365일 연속 측정이 되는 곳으로 최소한 1달 이상의 연속 측정이 필요하다고 생각하여, 본 연구에서는 실험실에서 54일간 로드셀의 특성 변화를 연속 관측하였으며, 그 자료를 Fig. 1에 나타내었다. X 축은 Julian day이며, 신호 측정에는 CR10X (미국, Campbell Sci. 사) data logger를 이용하여 매 10 분마다 신호를 기록하였다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 로드셀의 creep 특성은 초기 값에 대해서 점차 오차가 감소하는 경향을 나타내고 있는데, 본 연구에서 계속 가해져 있던 부하가 사라진 경우이다. 이러한 creep 특성은 양의 방향과 음의 방향이 있는데, 그 방향을 결정하는 것은 부하가 가해지는 가 또는 가해진 하중이 해소 되는가에 의해서 결정된다. 그래서 양과 음의 방향은 그리 중요한 요소가 되지 못하며, 다만 그 변화의 크기가 중요하다. 54일간 동안 변화 값은 강우량 환산 0.045 mm로 나타났다.

이 값은 1 kg 로드셀 최대 측정 가능 값 45 mm의 0.1 %에 해당하는 값이며, 이것을 측정 정확도로 표현하면 $\pm 0.05\%$ 의 측정 정확도를 가지는 것으로 나타났다. 이 값에는 data logger가 가지고 있는 측정오차도 포함되어 있다. 측정 시작 후 30 일 동안은 그 측정값의 변동이 약 0.045 mm 이나, 30일 이후 24일 동안에는 약 0.01 mm 로 점점 줄어드는 경향이 나타났다.

Fig. 1의 관측자료에서 우량관측이 24시간 동안 지속된다고 가정할 경우 24시간 동안의 오차를 계

산하여 Fig. 2에 나타내었다. 최대 오차는 0.006 mm/day 이하로 나타나 로드셀의 creep에 의한 강우관측 오차는 본 연구에서 개발하고자 하는 0.01 mm 보다 작은 값을 나타나 적합한 것으로 판명되었다.

2.4. 우량계 메카니즘 구조

본 연구에서 가장 중요한 부분이며, 기존의 연구에서 해결하지 못한 부분이 바로 0.01 mm 급의 우량 관측용 메카니즘의 제작이다. 현재 상용화 된 메카니즘으로는 수수구 직경 20 cm 인 우량계에서 0.01 mm 강우를 측정할 수 있는 메카니즘이 없어, 새로운 우량측정용 메카니즘을 설계하였다(이하 Lee-A type raingauge). 우량관측 메카니즘의 크기는 기존의 직경 20 cm 우량계 내부에서 동작을 할 수 있는 크기로, 높은 분해능(0.01 mm 이하)로 연속관측 할 수 있는 구조이다 (Fig. 3 참조).

Fig. 3의 우량계 아래쪽에 사각으로 보이는 부분 안에 로드셀이 들어가 tipping bucket의 무게를 측정하고, 상부의 깔대기는 로드셀에 하중이 가해지지 않게 별도의 지지점에 고정을 하였다. 우량이 1 mm (무게 : 31.4 gram) 되기까지는 로드셀에 의한 중량 측정으로 강우를 측정하고, 그 이상이 되면 tipping bucket은 전도하게 되는데, 이때 자석이 마그네틱 스위치를 동작시켜 접전 신호를 발생하게 된다. 그리고, 계속해서 무게를 측정하게 되는 원리로, 기본 구조는 전도형 우량계와 같이 연속 무한 측정이 가능한 구조에 중량식 우량계의 구조를 결합하여, 두 가지 우량계의 형태를 동시에 가진 새로운 구조의 우량계이다. 그리고 우량계의 신호는 로드셀로부터 나오는 중량에 대한 신호와 tipping bucket 으로부터 나오는 접전 신호 두 가지의 신호를 이용한 우량 측정 방법이다.

연구에 사용한 전도형 우량계의 메카니즘은 1

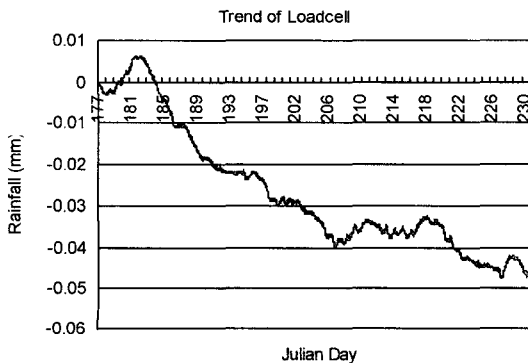


Fig. 1. Loadcell creep time series.

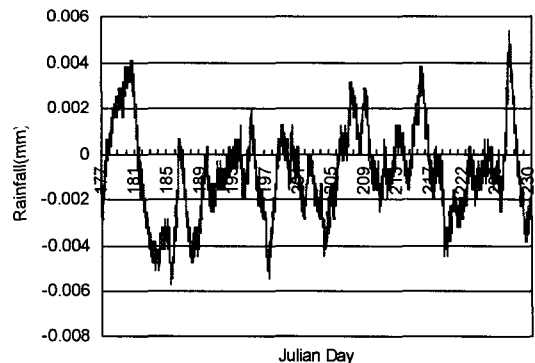


Fig. 2. Daily error amount of loadcell.

mm급이고, 무게측정에는 본 연구에서 안정성을 확인한 1 kg급의 로드셀을 사용하였다. 이 로드셀은 0.1 gram 측정이 가능하여 강우 0.01 mm 측정에 필요한 0.3141 gram 보다 분해능이 높아 0.01 mm 이하의 강우를 연속적으로 측정할 수 있음을 알 수 있다.

2.5. 메카니즘의 검정

제작된 메카니즘의 검정에는 자료의 자동 관측에 많이 사용되고 있는 CR10X를 사용하였다. 검정에 대한 정확성을 높이기 위해 페트병을 이용하여, 일정한 수위를 유지하면서 물을 공급 할 수 있는 구조체를 개발하였으며, 이 구조체를 로드셀에 매달아 매 1분마다 무게 변화를 측정하였다. 이 변화 값으로부터 공급된 물의 양을 계산하고, 물의 양으로 부터 강우량을 환산하였다.

Table 2는 본 연구에서 제작한 우량측정용 메카니즘의 실내 검정자료로, True Rainfall은 공급된 물의 양을 강우단위로 환산 한 것을 매 2분 자료를 나타내었다. Obs. Rainfall은 본 연구에서 개발된 Lee-A type 메카니즘으로 관측한 값이다. 검정시간 49분 동안 총 53 mm의 강우량에 대해 검정하였다. 이것을 강우 강도로 환산하면 약 65 mm/hr에 해당한다.

강우 강도 65 mm/hr의 검정에 있어 강우량 53.048 mm에 0.507 mm의 오차가 발생하여, 개발된 메카니즘의 측정 오차는 1 % 이하였다. 기상청 우량계 검

정에서 요구하는 $\pm 5\%$ 보다 아주 작은 값으로 우량계로 사용에 문제가 없는 것으로 판명되었다. 그리고 검정 시 발생한 오차는 선형으로 증가하고 있는데, 이는 전도형 우량계가 가지는 측정 오차로 추후 보정이 가능한 오차이다.

현재 우량계 검정에서는 강우 강도에 대한 개념이 없으나, Michel Leroy⁶⁾, 우덕모⁵⁾에 의해 강우 강도의 필요성에 대해서 언급하였다. 그리고 우덕모⁵⁾의 우리나라 강우 특성 연구에서 10분간 60 mm 이하의 강우강도가 전체 강우의 96.6 %를 차지하는 것으로 밝혀내었으며, 또한 0.5 mm 전도형 우량계의 경우 우량관측의 한계가 250 mm/hr인 결과가 있어, 0.5 mm의 두배 용량인 1 mm 급으로는 시간당 250 mm/h 이상의 강우를 충분히 관측 할 수 있는 것으로 추정할 수 있다. 분해능 또한 본 연구에서 목표로 한 0.01 mm 보다 높은 분해능으로 WMO의 관측 권고사항인 0.1 mm를 충족하였다. 250 mm/h의 강우강도는 우리나라 전체 강우 특성을 모두 수용할 수 있는 것으로 현업 사용에 문제가 없다.

Table 2. Test data of Lee-A type rain gauge

Time (min)	True Rainfall(mm)	Obs. Rainfall(mm)	Error (mm)
0	0.000	0.000	0.000
1	1.092	1.097	0.005
3	3.270	3.301	0.031
5	5.447	5.499	0.052
7	7.635	7.702	0.067
9	9.871	9.913	0.096
11	11.998	12.099	0.101
13	14.175	14.311	0.136
15	16.365	16.498	0.142
17	18.545	18.693	0.148
19	20.733	20.903	0.170
21	22.925	23.113	0.188
23	25.114	25.313	0.199
25	27.306	27.525	0.219
27	29.497	29.750	0.253
29	31.691	32.018	0.327
31	33.888	34.233	0.345
33	36.083	36.447	0.364
35	38.283	38.655	0.372
37	40.475	40.880	0.405
39	42.665	43.085	0.420
41	44.863	45.286	0.423
43	47.054	47.496	0.442
45	49.245	49.715	0.470
47	51.441	51.959	0.518
49	53.048	53.555	0.507

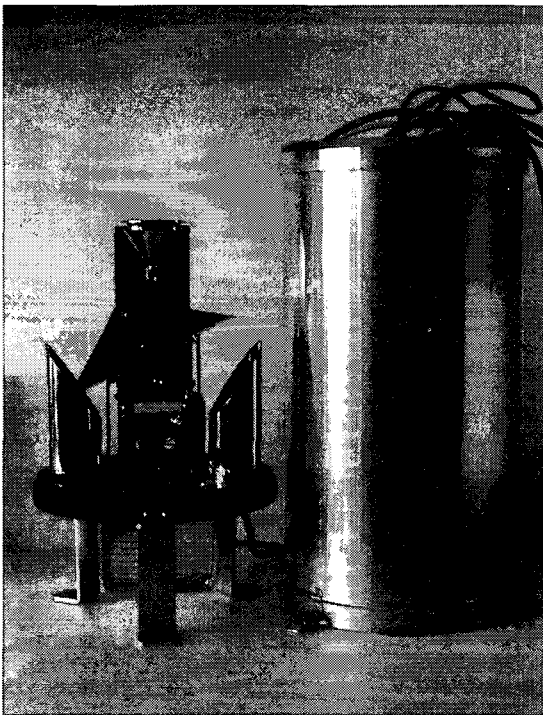


Fig. 3. Photo of Lee-A rain gauge.

기상청 우량계 검정에서는 최종적인 값만을 비교하여 그 오차 범위가 $\pm 5\%$ 이하인 것을 요구하고 있는데, 본 연구에서는 매 1분마다 값을 비교하는 방식으로 검정하여, 우량계의 특징을 보다 정확하게 파악 할 수 있는 새로운 방법을 개발하였다.

3. 야외 비교관측

3.1. 우량계의 설치

우량계는 그 특성상 강수일에 동작을 해야 하는 장비로 야외 비교 관측이 필수적이다. 그리고 정확한 자료를 위해 넓고 균질한 지표면을 가진 지역을 요구하고 있다.

본 연구에서는 이러한 조건들을 잘 만족하는 일본 쓰쿠바시에 있는 쓰쿠바 대학 TERC(Terrestrial Environmental Research Center) 연구소에서 관리하는 노장(직경 160 m)에서 비교관측을 하기 위해 Fig. 4와 같이 장비를 설치하였다(연구소 홈페이지 주소 <http://www.suiri.tsukuba.ac.jp/>). 우량계 주변 풀을 우량계와 같은 높이로 다듬어 바람에 의해 발생할 수 있는 우량 관측의 오차를 최소화하였다. 또한 우량비교 관측을 보다 정확하게 하기 위해 표준형 우량계, 그리고 본 연구에서 제작한 중량식 우량계를 동시에 설치하여 관측을 하였다. 맨 앞에 있는 우량계가 본 연구에서 개발된 Lee-A type 우량계이며, 사진의 좌측에 보이는 것이 원통형 표준 우량계(강우 후 우량계 내부에 저수된 물의 무게 측정으로 총 강우량만 측정), 우측에는 로드셀을 이용한 중량식 우량계(최대 측정 강우량 28.84 mm)를 설치하였다. 우량계들 간의 간격은 3 m 정 삼각형 모양으로 배치하였다.

3.2. 관측 결과

강우가 관측된 날은 2003년 6월 1일 오전 07시 55분에서 오후 17시까지로 9시간 동안 표준형 우량

계의 강우 측정은 우량계 내부에 저수병에 저장된 강우를 그릇에 담아, 디지털 저울에서 무게를 달아 강우량으로 환산하였는데, 이때 강우의 총무게는 1275 gram이었으며, 이를 강우량으로 환산하면 40.58 mm 이다.

비교 관측을 위해 본 연구에서 제작한 중량식 우량계는 측정 한계는 28.84 mm로 13시 50분경에 그 한계 값에 달해 더 이상 강우를 측정하지 못하고 같은 값을 유지하였다. 시간당 강우 강도는 11시부터 13시 30분사이에 7 mm에서 14 mm/hr 내외의 강우 강도가 기록되었다(Table 3 참조).

Fig. 5에서 보면 두 우량계의 관측값에서 Weight type이 초기에 많은 강우를 기록하는데, 이는 Lee-A type 우량계의 경우 상부에 철망이 있으며, 중량식의 경우엔 철망이 없어 철망의 효과에 의한 것으로

Table 3. Comparison of rainfall between Lee-A and Weight type

Observation Period 2003. 6. 1.	Lee-A type (mm)	Weight type (mm)	Difference (mm)
07 : 55	0.001	0.027	-0.026
09 : 00	0.012	0.148	-0.136
10 : 00	0.418	0.749	-0.331
11 : 00	2.528	2.722	-0.194
12 : 00	10.794	10.787	0.007
12 : 30	15.901	15.704	0.197
13 : 00	20.710	20.334	0.376
13 : 30	27.178	26.550	0.628
13 : 50	29.468	28.840	0.628
14 : 00	30.299	-	-
15 : 00	35.321	-	-
16 : 00	39.804	-	-
17 : 00	41.032	-	-



Fig. 4. Installation of raingauge in TERC field.

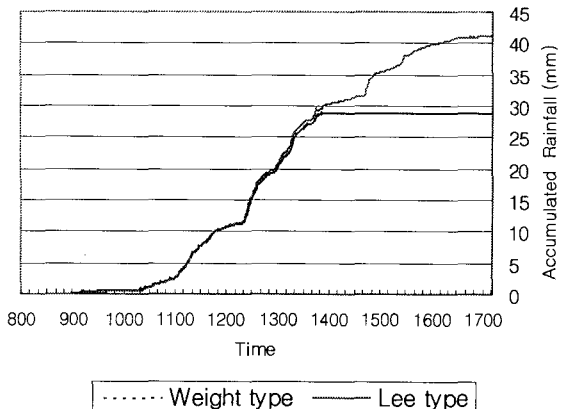


Fig. 5. Accumulated rainfall.

사료되며, 그 이후 시간에는 두 우량계가 같은 값을 기록하고 있어, 우량계가 아주 정확하게 동작하고 있음을 확인 할 수 있다. Table 3에서 두 우량계간의 최대 오차는 13시 50분으로 Lee-A type 29.468 mm Weight type 28.840 mm 로 기록되어 0.628 mm를 나타내었다.

이후 시간에도 Lee-A type은 계속 강우를 기록하여 마지막 17시에는 41.032 mm를 기록하였다. 이 값은 표준형 우량계에서 관측한 강우량 40.58 mm 보다 0.452 mm 많은 값이며, 약 1.1 % 해당하는 작은 오차 값이다.

4. 결과 및 고찰

Fig. 1, 2에서 볼 수 있듯이 로드셀의 장기간 변화 실험에서 시간의 변화에 따라 변동량이 점점 줄어드는 경향이 있어 우량계 센서에 로드셀이 적합함을 알 수 있었다. 이러한 특성은 중량식 우량계에도 사용가능함을 알 수 있다.

Table 1에서 알 수 있듯이 본 연구에서 개발된 표준 우량 공급 장치는 시간의 변화에 따라 일정한 강우량을 공급이 가능하였다. 그리고 매 1 분마다 자동 기록을 통한 검정이 가능하여 보다 세밀한 우량계 검정 방법을 제시하였다.

현재까지의 우량계 검정은 총 강우량에 대한 오차만으로 합격 불합격을 판정하였다. 그러나 우량계의 관측 성능을 정확하게 알기 위해서는 시간에 따른 강우강도를 연속적 자동 관측 할 필요성이 있는 것으로 사료되었다.

Fig. 6은 시간에 따른 강우강도의 변화를 그래프로 표시하였다. 1분 간격의 자료는 바람의 난류와 시어의 영향으로 짧은 시간동안에는 두 우량계 간에 관측값이 틀릴 수가 있어, 1분 관측자료를 3분간

이동 평균으로 노이즈를 줄였다. 두 그래프의 패턴이 거의 같아서 Weight Type의 경우엔 값에다 10 mm를 더해서 중복을 피하였다. 최고의 강우강도는 시간당 30 mm로 나타났다. 그리고 전 구간에 걸쳐서 약 10 mm의 차이가 있어, Lee-A Type 우량계가 강우강도 측정에도 정확하게 동작하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 이를 좀더 정확하게 보기위해 두 우량계 간의 상관관계를 Fig. 7에 나타내었다. 두 우량계의 상관은 0.9947로 아주 높게 나왔다. 이러한 결과는 중량식 우량계의 장점인 정확한 강우강도 측정의 특징을 본 연구에서 개발된 우량계도 가지고 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서 개발된 메카니즘은 현재까지 표준형 수수구를 가진 우량계에서 가질 수 없는 0.01 mm 이하의 높은 분해능과 측정 정확도를 가진 새로운 우량계 개발과 상용화가 가능하게 되어, 일본에서도 도입하여 기상청에서 운영하고 있는 강우 강도계를 대체 할 수 있게 될 것이며, 기존 전도형 우량계도 대체 할 수 있는 우량계라고 사료된다.

또한 기상 현업, 도시 수문, 토목 등에서 요구하는 집중 호우 시 정확한 강우량 관측과 실시간 강우 강도 관측이 가능하게 될 것이다. 기존의 0.1, 0.5 mm 급의 전도형 우량계로는 분석에 어려움이 있었던 레이더 및 위성 영상을 통한 강우 분석에 많은 도움을 줄 수 있어, 강우 현상과 관련한 예보 분야의 기술적인 발전에 많은 도움을 줄 것으로 생각된다.

5. 결 론

현재까지 진행된 연구는 새로운 검정 장비를 이용하여 개발된 우량 측정 메카니즘을 검정하였다. 그리고 중량식 우량계를 별도 제작하여 야외에서 정확한 우량 비교 검정을 위해 일본 쓰쿠바 대학

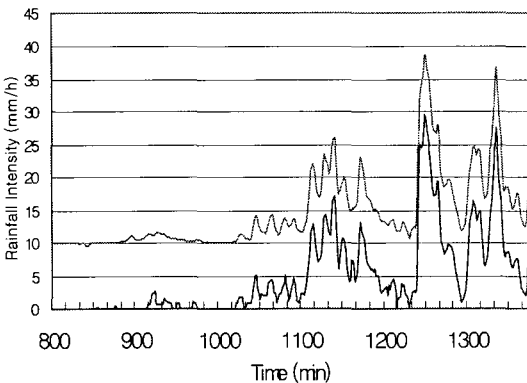


Fig. 6. Time series of rainfall intensity. (upper line: Weight Type, lower line: Lee-A type)

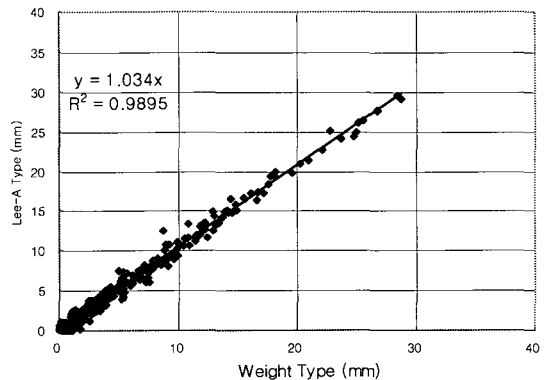


Fig. 7. Correlation between Weight type and Lee-A type rain gauge.

TERC노장에 설치하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

장기간 로드셀의 특성을 조사한 결과 장시간에 안정성이 입증되어 다양한 측정 장비 개발에 사용 가능성이 밝혀졌다.

새로운 검정 장비는 1분 간격으로 정확한 강우량을 측정 할 수 있어 높은 분해능의 우량계를 검정할 수 있는 새로운 방안을 제시하였다.

본 연구의 가장 중요한 목표인 0.01 mm 급 우량 측정 메카니즘을 완성하였으며, 전도형 우량계가 가지고 있는 분해능 한계와 중량식 우량계가 갖는 배수의 문제점을 극복하였다. 그리고 현업, 도시 수문, 토목 등의 여러 분야에서 요구하는 실시간 강우강도 관측과 정확한 우량 측정이 가능한 우량계를 제작 할 수 있게 되었다.

본 연구에서 개발된 Lee-A type 우량계에 사용하는 접전신호와 로드셀의 중량 신호는 기존의 자동관측장비에 완벽한 호환성이 있어 적용에 문제점이 없다.

국내에서도 장비 개발이 충분히 될 수 있음을 알 수 있었으며, 새로운 장비 개발에 대한 가능성을 볼 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 R05-2002-000-01107-0(2002) 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- 1) 이현영, 2000, 한국의 기후, 법무사, 59-60pp.
- 2) WMO, 1996, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation WMO-No. 8.
- 3) 이부용, 1999, 측정분해능이 0.1 mm인 우량계의 개발에 관한 연구, 한국환경과학회지, 8(4), 419-422.
- 4) 김대원, 이부용, 2002, 우량계 개발과 측정 오차, 한국환경과학회지, 11(10), 1055-1060.
- 5) 우덕모, 2002, 전도형 우량계의 강우강도별 특성, 한국기상학회지, 38(5), 479-491.
- 6) Leroy, M., 2000, Calibration and Control Methods for Tipping-Bucket raingauges, WMO Instrument and Observing Method Report No. 74, 92-95pp.
- 7) 이부용, 박병윤, 1997, 0.1 mm급 우량계 개발에 관한 연구 -Load Cell 특성에 관하여-, 대구가톨릭대학교 논문집, 5, 93-97.