

TECHNICAL NOTE

마을 단위 AWS 구축의 필요성 및 적용사례 소개

조원기 · 강동환* · 김문수¹⁾ · 신인규¹⁾ · 김현구¹⁾

부경대학교 지질환경연구소, ¹⁾국립환경과학원

Introduction for the Necessity and Application Example of the Village-based AWS

Won Gi Jo, Dong-hwan Kang*, MoonSu Kim¹⁾, In-Kyu Shin¹⁾, HyunKoo Kim¹⁾

Institute of Environmental Geosciences, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

¹⁾National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, Korea

Abstract

In this study, the necessity for a village unit Automatic Weather System (AWS) was suggested to obtain correct agricultural weather information by comparing the data of AWS of the weather station with the data of AWS installed in agricultural villages 7 km away. The comparison sites are Hyogyo-ri and Hongseong weather station. The seasonal and monthly averaged and cumulative values of data were calculated and compared. The annual time series and correlation was analyzed to determine the tendency of variation in AWS data. The average values of temperature, relative humidity and wind speed were not much different in comparison with each season. The difference in precipitation was ranged from 13.2 to 91.1 mm. The difference in monthly precipitation ranged from 1.2 to 75.4 mm. The correlation coefficient between temperature, humidity and wind speed was ranged from 0.81 to 0.99 and it of temperature was the highest. The correlation coefficient of precipitation was 0.63 and the lowest among the observed elements. Through this study, precipitation at the weather station and village unit area showed the low correlation and the difference for a quantitative comparison, while the elements excluding precipitation showed the high correlation and the similar annual variation pattern.

Key words : Automatic weather system, Weather station, Agricultural weather, Precipitation, Correlation analysis

1. 서론

자동기상관측장비(Automatic Weather System, AWS)는 기온, 습도, 풍향, 풍속, 기압, 강수량 등 기상요소를 실시간으로 관측하는 장비이다. 현재 기상청은 종관기상 관측, 방재기상관측 그리고 농업기상관측과 같은 지상기상관측을 목적으로 다수의 AWS를 운용하고 있다.

AWS는 일반 기상 분야 외에도 도로기상, 농업기상, 산업기상 등 다양한 분야에서 사용되고 있다(Jeong et al., 2014; Kim et al., 2015). 특히, 농업기상에서 AWS는 주요 농산물 재배의 효율성을 높이기 위해 농산물의 생산량과 기상요소 간의 관계를 분석하거나(Lee et al., 2012) 농업환경을 모니터링하기 위해 농경지의 토양 및 수질을 분석하는 데(Park et al., 2011) 사용됨으로써,

Received 8 August, 2020; Revised 8 September, 2020;

Accepted 8 September, 2020

*Corresponding author: Dong-hwan Kang, Institute of Environmental Geosciences, Pukyong National University, Busan 48513, Korea
Phone : +82-51-629-7393
E-mail : dhkang@pknu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

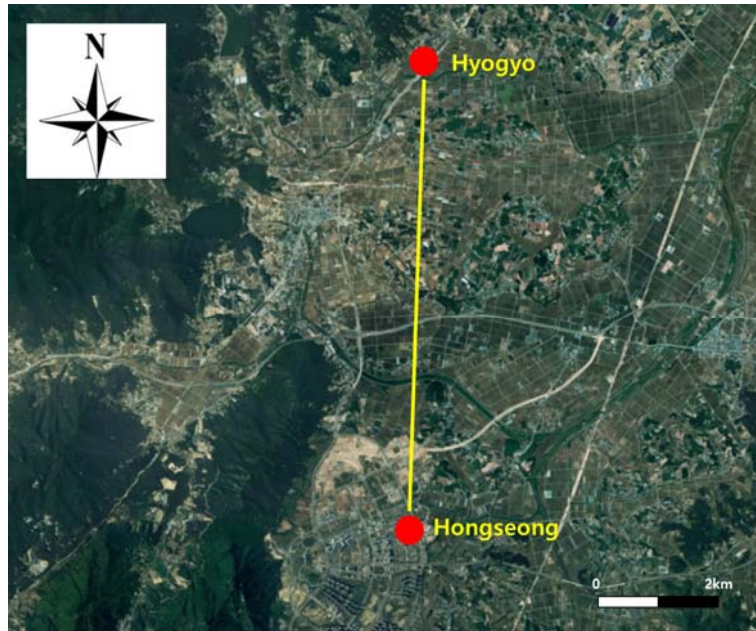


Fig. 1. Observation location of Hyogyo and Hongseong.

농업환경 개선 및 발전에 중요한 역할을 하고 있다. 또한, AWS 강수량 자료는 지하수위 변동 모델을 개발하고 검증하기 위하여 사용되었고(Kim et al, 2013), 지하수위 자료와 함께 지하수 변동 및 함양 특성을 연구하는 데 사용되었다(Lee et al, 2000; Yun et al., 2013).

AWS 관측값은 관측소의 위치, 지면 상태 등 환경에 따라 다르게 나타난다(Joo et al., 2005). 많은 AWS가 부지확보와 장비 관리의 어려움 등의 이유로 표준관측환경에 맞지 않는 조건에 설치 운영되고 있다. AWS를 사용하여 특정 분야에서 전문화된 기상정보를 생산하기 위해서는 여기에 필요한 인력, 시설, 주변 환경을 조성하는 작업이 필요하다(Jung, 1989). 일반 기상관측(Automatic Surface Observing Systems, ASOS)을 중심으로 만들어진 기상청의 관측 노장 환경과 다르게 농업기상관측(Automated Agricultural Observing System, AAOS)은 그 지역의 지표면에 덮인 식생 조건 등의 지표면 조건을 대표하는 장소에 설치되어야 한다(WMO, 1980).

많은 선행연구에서 기상자료를 얻기 위하여 기상청의 AWS 자료를 사용하였지만, 관측소의 위치와 관측 환경에 따라 연구에 부적합한 관측 자료가 사용되었을 부분을 간과할 수 없다. 특히, 관측소와 거리가 떨어진 경우는

산악에 의해 발생하는 지상 기상의 변화를 무시하기 어렵다.

본 연구에서는 충남 예산시 덕산면 효교리에 AWS를 설치하고 홍성기상대의 AWS와 비교함으로써, 정밀한 농업기상 정보를 얻기 위한 마을 단위 AWS 관측시스템의 필요성을 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

기상청은 대기 상태의 파악 등 종관기상관측을 수행하기 위해서 96개소의 AWS와 국지적인 위험기상의 실시간 감시 등 방재기상관측을 수행하기 위해서 500개소의 AWS를 설치 운영하고 있고, 이러한 지상관측시스템을 모두 고려하면 약 12 km 해상도의 관측망을 구축하고 있다(Kim et al., 2013).

본 연구에서는 2019년 6월 21일부터 2020년 6월 20일까지 1년 동안 충청남도 예산시 덕산면 효교리에 AWS를 설치하고, 홍성기상대의 AWS와 비교하였다. 효교리는 홍성기상대로부터 북쪽으로 약 7 km 정도 떨어져 있으며(Fig. 1), 남북으로 뻗어있는 산악지형의 동쪽에 위치한다. 이 산악지형은 홍성기상대까지 뻗어있다.

Table 1. AWS observation information at Hyogyo and Hongseong

Site	Hyogyo	Hongseong
Height above surface (m)	3.0	10.0
Elevation (m)	17.0	25.6
Land cover	Field	Lawn
Component (Resolution)	Temperature (0.01 °C)	
	Relative humidity (0.1%)	
	Wind speed (0.1 m/s)	
	Precipitation (0.1 mm)	
Period	21 June 2019 ~ 20 June 2020	

또한, 평지가 대부분이며 마을 중심으로 작은 하천이 흐르는 지형을 갖추고 있다. 효교리는 농작물이 심어진 밭에 농업관측환경을 조성하고 지표면으로부터 3 m 높이에서 관측을 수행하였고, 홍성기상대는 종관기상관측에 대한 표준관측환경에서 관측을 수행하였다(Table 1).

본 연구에서 수행된 자료 처리 및 연구 방법은 Fig. 2와 같다. AWS를 통해 기온, 습도, 풍속, 강수량 등을 1분간격으로 관측하였고 강수량은 1시간 누적값으로, 나머지 성분들은 1시간 평균값으로 산출하였다. 효교리와 홍성기상대의 장기간 관측값을 분석하기 위하여 연간 계절별 평균을 산출하고 월 강수일수와 월강수량을 비교하였다. 월 강수일수는 일강수량이 0.1 mm 이상인 일수를 계산한 것이다. 그리고 단기간 관측값의 경향과 차이를

비교하기 위하여 산출된 1시간 자료의 시계열 분석과 상관 분석을 수행하고, 관측값의 차를 비교하였다. 두 지점 중 관측되지 않거나 오류가 발생한 경우는 자료 비교 분석에서 제외하였다.

3. 결과 및 고찰

2019년 6월 21일부터 2020년 6월 20일까지 관측된 네 개 요소(기온, 습도, 풍속, 강수량) 자료의 시계열 그래프를 작성하였다(Fig. 3). 전체적인 관측값의 변동 경향은 유사하였다. 기온 변동을 보면, 계절에 따른 기온의 증감 특징이 나타나고, 여름에 최대 37°C, 겨울에 최저 -10°C까지 관측되었다. 습도 변동을 보면, 관측 기간 동안 대부분 50% 이상이지만, 2020년 3~5월에는 최저 20%까지 다른 기간에 비해 상대적으로 낮은 습도를 보여준다. 2019년 6~8월의 경우, 홍성의 습도가 99%로 관측되었다. 풍속 변동을 보면, 가을과 겨울보다 봄과 여름의 풍속이 더 강했고, 누적강수량은 여름과 가을이 봄과 겨울보다 더 많았다. 시계열 분석에서 관측값 중 기온만 계절적 변동의 형태가 나타났고, 나머지 관측값은 계절적 특징이 나타나지 않았다.

효교와 홍성에서 관측된 네 개 요소 값의 차(효교-홍성)를 선정하여 시계열 그래프를 작성하였다(Fig. 4). 기온 차를 보면, 효교가 홍성보다 기온이 더 높은 경우가 많았다. 기온 차의 폭은 겨울에 -7~+3°C로 가장 컸고 봄, 가을에 -2~+3°C로 가장 작았다. 습도 차를 보면, 여름에 홍성의 습도가 더 높았고, 이후로는 효교가 홍성보다 습도가 높은 경우가 많았다. 풍속의 차를 보면, 홍성이 효교보다 더 강한 경우가 많았고, 봄과 여름보다 가을과 겨울에

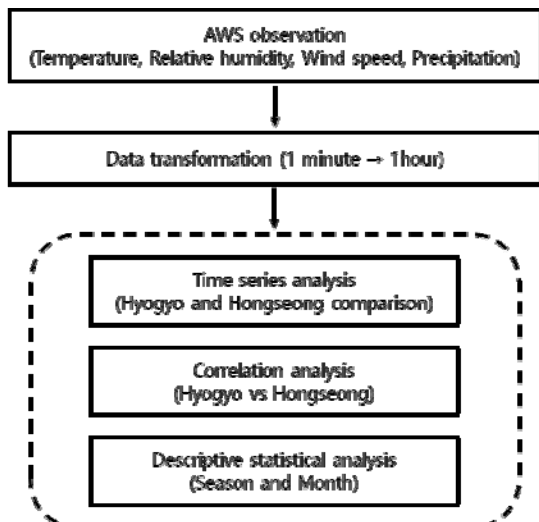


Fig. 2. Data processing and research method.

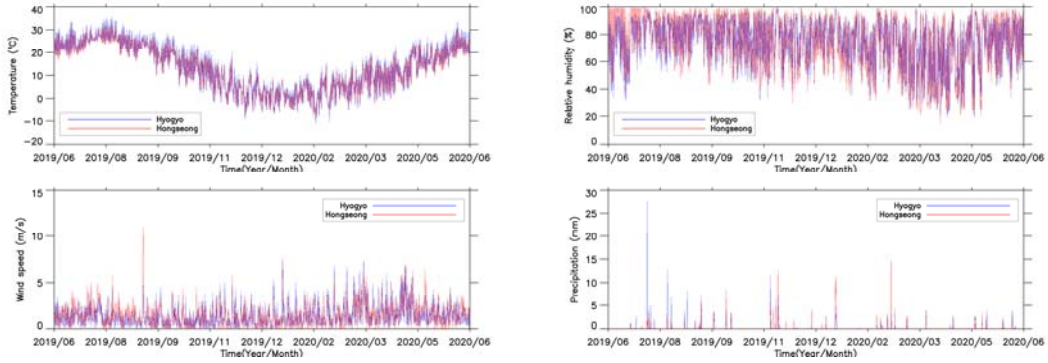


Fig. 3. Comparison of observation data at Hyogyo and Hongseong.

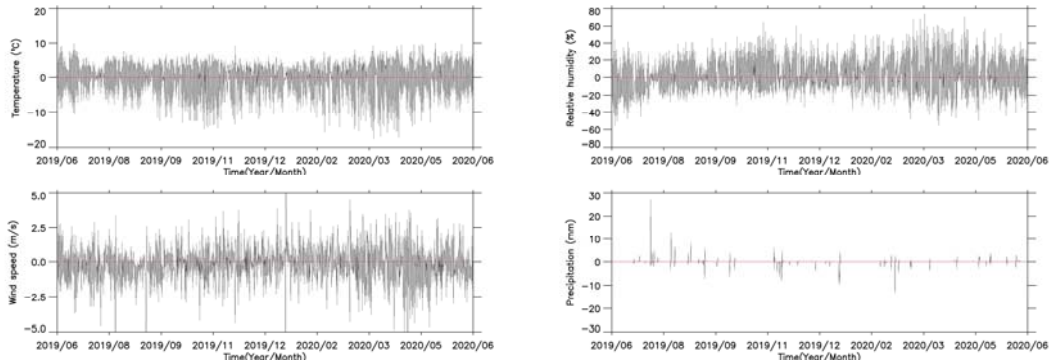


Fig. 4. Comparison of observation data differences at Hyogyo and Hongseong.

풍속 차의 폭이 더 컸다. 누적강수량의 차는 여름-가을-겨울-봄 순으로 계절이 지남에 따라 작아졌다. 여름에 효교의 강수량이 홍성보다 많았고, 겨울에는 비슷하거나 홍성이 효교보다 많았다.

AWS에서 관측된 기온, 습도, 풍속, 강수량에 대한 효교와 홍성의 산포도를 작성하였다(Fig. 5). 상관성 분석에는 총 8,760개의 관측값이 사용되었고, 관측값의 산포도와 F분포를 기반으로 한 선형회귀선을 나타내었다. 기온과 습도의 상관계수는 각각 0.99, 0.95이고, 풍속의 상관계수는 0.81이다. 누적강수량의 상관계수는 0.63으로 관측값 증가가 가장 낮았다.

기온, 습도 그리고 지상 바람을 측정하는 데에 있어서 효교 AWS가 농작물과 같은 식생이 풍부한 밭 환경에 설

치되었고, 홍성 AWS 보다 지표로부터 떨어진 거리가 짧기 때문에 태양복사에 의한 지표 가열 및 증발산에 의한 영향이 더 커서 관측값의 차이가 나타났을 것으로 사료된다(Park et al., 2018). 누적강수량은 Fig. 4와 Fig. 5에서 다른 관측 요소들보다 차이가 더 뚜렷하였으며, 이는 기온, 습도, 풍속보다 강수량이 지역에 따른 관측값의 차이가 더 크다는 것을 보여준다.

2019년 6월 21일부터 2020년 6월 20일까지 효교와 홍성기상대에서 관측된 기온, 습도, 풍속을 1시간 간격으로 평균 산출하였고 강수량 자료를 1시간 누적 산출하였다. 관측 지점별 관측값의 평균과 그리고 누적강수량은 Table 2와 같다. 연간 평균 기온은 효교가 13.3℃, 홍성이 13.1℃이고, 계절별 차이는 여름에 0.6℃로 가장 컸다.

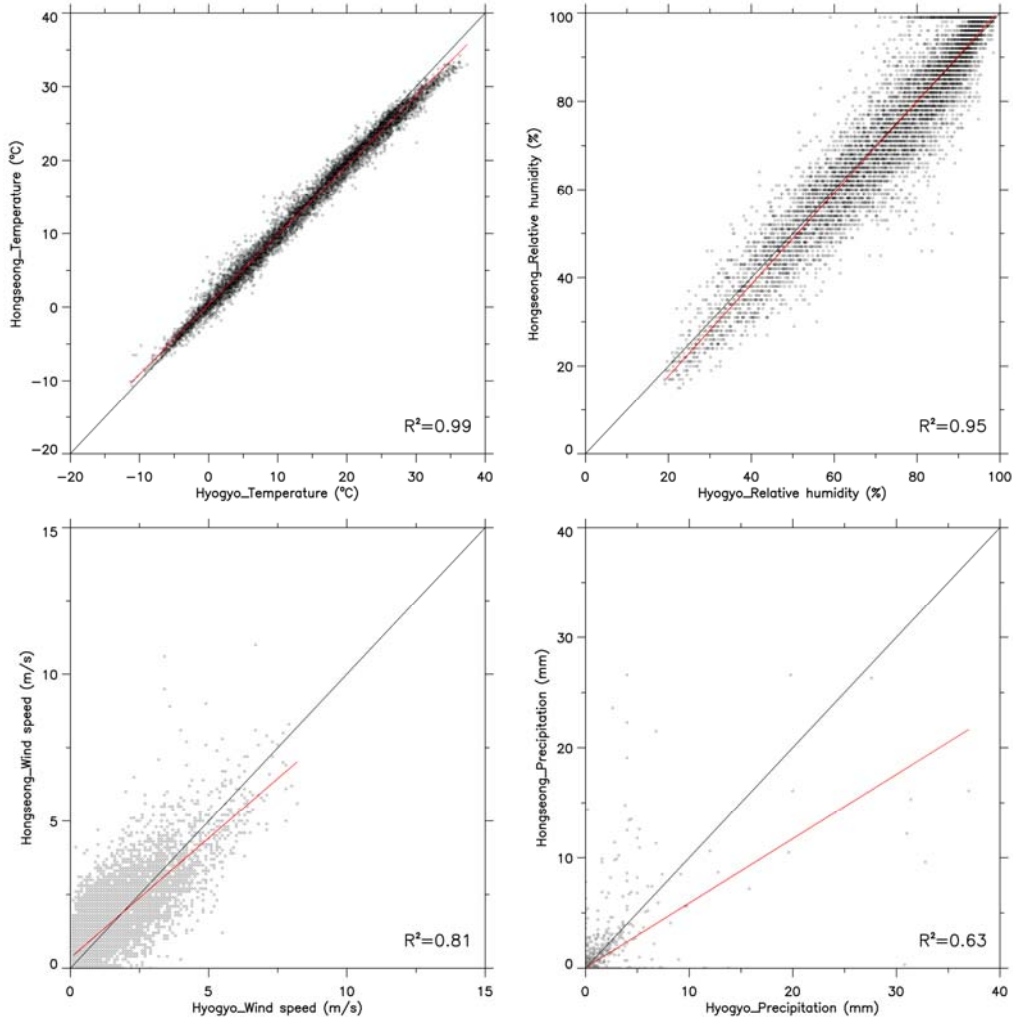


Fig. 5. Correlation comparison of observation data at Hyogyo and Hongseong, linear regression line(red line).

연간 평균 상대습도는 효교가 홍성보다 1% 더 높고, 여름에만 홍성이 더 높았다. 연간 평균 풍속은 홍성이 효교보다 0.1 m/s 더 강했고, 두 지점의 풍속 차이는 거의 없었다.

연간 누적강수량은 효교가 1224.0 mm, 홍성이 1119.8 mm로 효교의 강수량이 104.2 mm 더 많았다. 계절별 누적강수량은 여름과 가을이 봄과 겨울보다 약 2배 많으며, 여름과 가을에 효교가 40.9 mm, 91.1 mm 더 많고, 겨울과 봄에는 홍성이 14.6 mm, 13.2 mm 더 많았다.

효교와 홍성의 월강수량과 월강수일수 자료를 Table 3에 표시하였다. 강수일수는 하루에 강수량이 0.1 mm 이상 관측된 날의 수이다. 월강수일수를 보면, 366일 중 효교는 112일, 홍성은 98일 강수가 발생하였고, 1년 중 효교와 홍성 둘 다 7월과 8월에 평균 13일로 강수일수가 가장 많았다. 매월마다 효교의 강수일수는 홍성보다 평균 1일 많았다. 월강수량은 7월에 효교가 249.2 mm, 홍성이 228.6 mm로 가장 많았고 4월에 효교가 17.4 mm, 홍성이 14.6 mm로 가장 적었으며, 9월에는 효교가 홍성

Table 2. Seasonal AWS averaged and accumulated data

Month	Summer		Fall		Winter		Spring		Ave (Total)	
Site	Hyogyo	Hong-seong	Hyogyo	Hong-seong	Hyogyo	Hong-seong	Hyogyo	Hong-seong	Hyogyo	Hong-seong
Temperature (°C)	25.6	24.9	14.3	14.4	2.1	2.1	13.6	13.4	13.3	13.1
Relative humidity (%)	78.5	82.3	80.4	78.2	76.6	73.7	68.2	66.7	75.3	74.3
Wind speed (m/s)	1.2	1.5	1.0	1.1	1.2	1.1	1.7	1.9	1.3	1.4
Accumulated precipitation (mm)	429.8	388.9	425.2	334.1	177.6	192.2	191.4	204.6	1224.0	1119.8

Table 3. Monthly AWS accumulated precipitation and number of precipitation days

Date (year / month)	Hyogyo		Hongseong		Number of days of the month
	Accumulated precipitation (mm)	Number of precipitation days	Accumulated precipitation (mm)	Number of precipitation days	
2019 / 06	6.8	2	9.7	2	10
2019 / 07	249.2	13	228.6	14	31
2019 / 08	173.8	13	150.6	12	31
2019 / 09	217.0	11	141.6	9	30
2019 / 10	78.8	6	72.3	4	31
2019 / 11	129.4	9	120.2	9	30
2019 / 12	29.8	10	37.5	9	31
2020 / 01	74.2	6	72.8	4	31
2020 / 02	73.6	12	81.9	10	29
2020 / 03	23.4	4	26.6	5	31
2020 / 04	17.4	5	14.6	4	30
2020 / 05	99.8	13	91.2	9	31
2020 / 06	50.8	8	72.2	7	20
Total	1,224	112	1,119.8	98	366

보다 75.4 mm로 최대 월강수량 차를 보였다.

효교와 홍성의 AWS는 약 7 km 떨어져 있는 환경에서 기온은 계절별 패턴 특징을 잘 보여주며 그 평균값은 비슷하였다. 습도와 풍속은 기온과 달리 계절별 패턴을 보여주지 않았지만 평균값은 비슷하였다. 누적강수량은 여름과 가을에 많고 계절별 차이가 뚜렷하였다. 또한 지역별 누적강수량 차이도 여름과 가을이 컸으며, 가을에는 최대 91.1 mm의 차이를 보였다.

4. 결론

본 연구에서는 관측소의 위치와 관측 환경에 따른 AWS 관측값을 비교하기 위하여 2019년 6월 21일부터 2020년 6월 20일까지 1년 동안 충남 예산 효교리에 AWS를 설치하였다. 비교 관측소는 효교리에서 7 km 떨어진 홍성기상대이고 효교와 홍성의 AWS는 지표로부터 각각 3 m, 10 m 높이와 각각 농작물을 심은 밭과 표준관측환경의 잔디인 지면 상태에 설치되었다. 비교

관측 요소는 기온, 습도, 풍속 그리고 누적강수량이고 계절별 평균값과 월강수량의 정량적인 분석과 관측값의 연간 시계열과 산포도를 통한 정성적인 분석을 수행하였다.

연간 평균 기온과 습도는 효교가 더 높고 풍속은 홍성이 더 강했고 연간 누적강수량은 효교가 104.2 mm 더 많았다. 계절별 누적강수량은 효교와 홍성 둘 다 여름, 가을, 봄, 겨울 순으로 높게 나타났고 여름과 가을이 봄과 겨울보다 2배 많았다. 관측 기간 366일 중 효교의 강수일수는 112일이고 홍성의 강수일수는 98일이었다. 두 지점 모두 7월과 8월에 강수일수가 가장 많았다. 월강수량은 7월에 가장 많았고 4월에 가장 적었다.

기온 변동은 계절에 따른 변화가 뚜렷하게 나타났지만, 습도와 풍속 변동은 계절에 따른 변화가 뚜렷하지 않았다. 누적강수량은 주기적인 변동을 보여주지는 않지만 계절에 따른 강수량의 차이를 나타내었다. 두 지점의 상관계수는 기온이 0.99로 가장 높고 습도, 풍속, 누적강수량 순으로 높게 나타났다. 누적강수량의 상관계수는 0.63이고 관측값 중 가장 낮은 상관성이 나타났다.

본 연구 결과 효교와 홍성의 AWS 관측값은 유사한 패턴 경향과 수치를 보였고 기상청이 제공하는 고해상도의 자료는 거리가 떨어져 있는 환경에서도 높은 신뢰성과 활용성을 보여주었다. 그러나 관측값 중 강수량은 불규칙적인 관측 경향을 보였으며 관측 지점에 따라 큰 차이가 발생했다. AWS 자료는 기상 분야뿐만 아니라 농업 분야, 토양 분야, 물 분야 등에서 중요한 요소이다. 기상청은 일반 기상관측을 목적으로 하여 조성한 환경에서 AWS를 운용하고 있기 때문에 효교리와 같은 농업환경과 기상관측소를 벗어난 지역의 기상정보를 정확히 수집하는 데에 어려움이 있다. 따라서 여러 분야에서 목적에 맞는 정확한 기상정보를 얻기 위해서는 현장 관측이 수행되어야 하고, 이러한 현장에서의 관측시스템을 구축하는 것은 기상청의 관측 영역에서 벗어난 영역과 작은 마을 단위의 기상정보를 수집하고 제공하는 데 기여할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 “농축산지역 지하수 중 질산성질소 수질관리 개선사업(IV)”의 지원(NIER-2020-04-02-052)을 받아 연구되었습니다.

REFERENCES

- Jeong, S. H., Kim, B. J., Ha, Y. C., Revision of basic wind speed map of KBC-2009, 2014, J. Architectural Institute of Korea Structure and Construction, 30, 37-47.
- Joo, H. D., Lee, M. J., Ham, I. W., 2005, The characteristics of air temperature according to the location of automatic weather system, J. Atmos., 15, 179-186.
- Jung, G. W., 1989, Development of an operational weather information system for agricultural applications in Cheju Island, National Institute of Meteorological Research Report, 1-15.
- Kim, M. K., Han, M. S., Jang, D. H., Baek, S. G., Lee, W. S., Kim, Y. H., Kim, S., 2012, Production technique of observation grid data of 1km resolution, J. Climate Res., 7, 56-68.
- Kim, N. W., Kim, Y. J., Chung, I. M., 2013, Development of analyzing model of groundwater table fluctuation(I): theory of model, J. Korean Soc. of Civil Eng., 33, 2277-2284.
- Kim, T. W., Oh, J. S., 2015, Analysis of provincial road in national highway average speed variation, J. Korea Contents Assoc., 15, 510-518.
- Lee, D. R., Koo, H. B., 2000, Analysis of groundwater recharge characteristics using relationship between rainfall and groundwater level, Intern. Hydro. Program, 33, 51-59.
- Lee, K. K., Ko, K. K., Lee, J. W., 2012, Correlation analysis between meteorological factors and crop products, J. Environ. Sci., 21, 461-470.
- Park, J. H., Lee, S. J., Kang, M. S., Kim, J., Yang, I. K., Kim, B. K., You, K. G., 2018, Suggestions for improving quality assurance and spatial representativeness of Cheorwon AAOS data, Korean J. Agricultural and Forest Meteorology, 20, 47-56.
- Park, K. H., Yun, H. J., Ryu, K. Y., Yun, J. C., Lee, J. J., Hwang, H. A., Kim, K. D., Jin, Y. I., 2011, The monitoring of agricultural environment in Daegwallyeong area, Korean J. Soil Sci. Fert., 44, 1027-1034.
- WMO, 1980, Guide to agricultural meteorological practices, WMO-No. 134.
- Yun, S. W., Kim, Y. S., Kim, D. H., Kim, H. C., Shim, M. C., Park, J. Y., Kim, H. J., Lee, J. Y., 2013, Comparative study on waterlevel fluctuation and recharge characteristic in groundwaters of urban and rural areas in Gangwon

province, J. Geol. Soc. Korea, 49, 503-516.

-
- Full-time Researcher. Won-Gi Jo
Institute of Environmental Geosciences, Pukyong National University
brilliantwg@gmail.com
 - Ph.D. Dong-hwan Kang
Institute of Environmental Geosciences, Pukyong National University
dhkang@pknu.ac.kr

-
- Researcher. Moon-Su Kim
National Institute of Environmental Research
hyd009@korea.kr
 - Researcher. In-Kyu Shin
National Institute of Environmental Research
sik5932@korea.kr
 - Researcher. Hyun-Koo Kim
National Institute of Environmental Research
khk228@korea.kr