

안동댐 유역 기상인자의 시공간분포 추정 Estimating Spatio-Temporal Distribution of Climate Factors in Andong Dam Basin

임철희* · 문주연** · 임윤진*** · 김세진**** · 이우균*****

Lim, Chul Hee · Moon, Joo Yeon · Lim, Yoon Jin · Kim, Sea Jin · Lee, Woo Kyun

要 旨

본 연구는 안동댐 유역을 대상으로 수문기상 정보의 조밀한 시공간분포를 추정하여 수문기상에서 나타나는 시계열적 공간분포 특성을 규명하고자 한다. 국립기상과학원에서 설치·운영하고 있는 낙동강 상류 안동댐 유역의 수문기상 관측소 7곳의 기상정보와 인근 두 곳의 종관기상관측소(ASOS) 정보를 활용하여 분석을 실시하였으며, 공간적 자기상관성에 기반한 Semi-Variogram을 추정하여 시공간분포를 확인하였다. 유역에서 변이성을 관찰할 수 있는 기상요소인 온도와 습도를 시간과 각 월에 따라 분석하였다. 계절에 관계없이 온도의 경우 14시, 습도의 경우 10시에 가장 균일한 공간분포를 나타내고, 18시에 온도와 습도 모두 가장 불균일성이 높게 확인되었다. 월별 공간분포에서는 온도의 경우 1월에 가장 불균일하였고, 9월에 가장 균일한 것으로 확인되었으며, 습도의 경우 5월에 가장 불균일하고, 1월에 가장 균일한 것으로 나타났다. 수문기상에서는 일반 산림에서와 달리 계절적 공간분포특성이 적게 나타나며, 온도와 습도가 각각의 특성을 보이는 차이가 있었다.

핵심용어 : 시공간분포, 수문기상, Semi-Variogram, 안동댐 유역

Abstract

This study investigates characteristics of time series spatial distribution on climate factors in Andong Dam basin by estimating precise spatio-temporal distribution of hydro-meteorological information. A spatio-temporal distribution by estimating Semi-Variogram based on spatial autocorrelation was examined using the data from ASOS and 7 hydro-meteorological observatories in Andong Dam basin of upper Nakdonggang River, which were installed and observed by NIMR(National Institute of Meteorological Research). Also, temperature and humidity as climate variables were analyzed and it was recognized that there is a variability in watershed area by time and months. Regardless of season, an equal spatial distribution of temperature at 14 o'clock and humidity at 10 o'clock was identified, and nonequal distribution was noticed for both variables at 18 o'clock. From monthly spatial analysis, the most unequal distribution of temperature was seen in January, and the most equal distribution was detected in September. The most unequal distribution of humidity was identified in May, and the most equal distribution was seen in January. Unlike in forest, seasonal spatial distribution characteristics were less apparent, but temperature and humidity had respective characteristics in hydro-meteorology.

Keywords : Spatio-temporal Distribution, Hydro-meteorology, Semi-Variogram, Andong Dam Basin

Received: 2015.11.23, revised: 2015.12.17, accepted: 2015.12.21

* 정희원 · 고려대학교 환경생태공학과 박사수료(Member, Ph.D Candidate, Department of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, limpossible@korea.ac.kr)

** 정희원 · 고려대학교 환경생태공학과 석사과정(Member, Master Course, Department of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, mgy891024@gmail.com)

*** 국립기상과학원 기상연구관(Senior research scientist, Applied Meteorological Research Division, National Institute of Meteorological Research, yoonjin.lim@korea.kr)

**** 고려대학교 환경생태공학과 석사과정(Master Course, Department of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, bluegulcy@gmail.com)

***** 교신저자 · 정희원 · 고려대학교 환경생태공학과 교수(Corresponding author, Member, Professor, Department of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, leewk@korea.ac.kr)

1. 서론

2011년 수도권에 많은 피해를 남긴 집중호우, 2014-2015년 이어지고 있는 한반도의 극심한 가뭄 등은 기후 변화와 기상이변이 야기하는 수문학적 변화의 중요성을 대변하고 있다(Dibike and Coulibaly, 2005; Fleig et al., 2006; Lim et al., 2015a). 이러한 수문학적 변화를 모의하고 관측하는 수문기상 분야는 장기적으로 그 중요성이 더욱 확대될 것으로 예상되고 있다(Park et al., 2012).

주로 유역단위로 이루어지는 수문기상 연구에서는, 세부 유역으로 대상지가 좁아질수록 조밀한 관측 정보의 유무가 연구의 정확성을 좌우하게 된다(Chun et al., 2012). 특히 육상과 수생태계가 공존하는 유역에서는 물의 흐름과 수위의 변화에 따른 변이성이 미세하게 생성되는데, 이를 판단하기 위해서는 해당 지역의 관측 정보가 반드시 요구된다(Khaliq et al., 2006).

기상 관측 정보는 해당 유역의 전반적 기후정보를 제공함은 물론, 관측지점들이 포괄할 수 있는 면적에 대한 시계열적, 공간적 특성을 규명하여 유역의 수문기상 특성을 찾아 낼 수 있다. 관측 정보를 활용하여 대상지역의 시공간분포를 추정하는 연구는 산림이나, 도시 등 다양한 지역에서 선행된 바 있으며, 정보 간의 공간적 자기상관(Spatial Autocorrelation)에 기반하여 분포의 특성이 추정되었다(Kim et al., 2011; Choi et al., 2012; Lim et al., 2014).

유역이라는 공간의 특성은 물의 흐름과 수위에 따라 기상조건의 변이성이 두드러지게 나타나며, 특히 댐이

나 보를 통해 수면적이 변할 경우 그 변이성이 더욱 크게 나타난다. 이러한 미기상 변화 특성은 지역의 농업, 산림, 생태계에 주요 영향 인자가 되는데, 정량적 차이는 단순 비교를 통해 가능하나, 시계열적, 공간적 특성은 정보의 공간적 자기상관을 통해 규명이 가능하다(Wang et al., 2014).

이에 본 연구에서는 국립기상과학원에서 설치·운영 중인 안동댐 유역 수문기상 관측소의 기상정보를 활용하여 유역 내 기상조건의 조밀한 시공간분포를 추정하고자 하였다. 시공간분포를 추정함에 있어, 시간 및 공간 단위를 최소화하여 조밀한 분석을 시도하였다. 이를 위해 공간적 자기상관에 기반한 Semi-Variogram을 활용하였으며, 궁극적으로는 시간과 월, 계절에 따른 안동댐 유역의 수문기상 공간분포 특성을 규명하고자 하였다.

2. 연구자료 및 방법

2.1 연구대상지

본 연구의 대상지는 낙동강 상류 안동댐 유역으로, 낙동강 발원지에서 가장 가까이 위치한 유역이다. 하류에 8곳의 보가 설치되어 일부 지역이 인위적으로 수몰되었고, 수 면적에도 큰 변화가 발생한 지역이다. 대상지는 전 유역의 87.7% 정도가 산림으로 구성된 산악지형이지만, 소규모 밭이 농선마다 형성되어 복잡한 토지 피복을 이루는 지역이다. 행정구역 상 강원도 태백시 황지천에서 발원하여 경상북도 봉화군, 안동시까지 약 1,628km²에 해당하는 지역이다(Fig. 1).

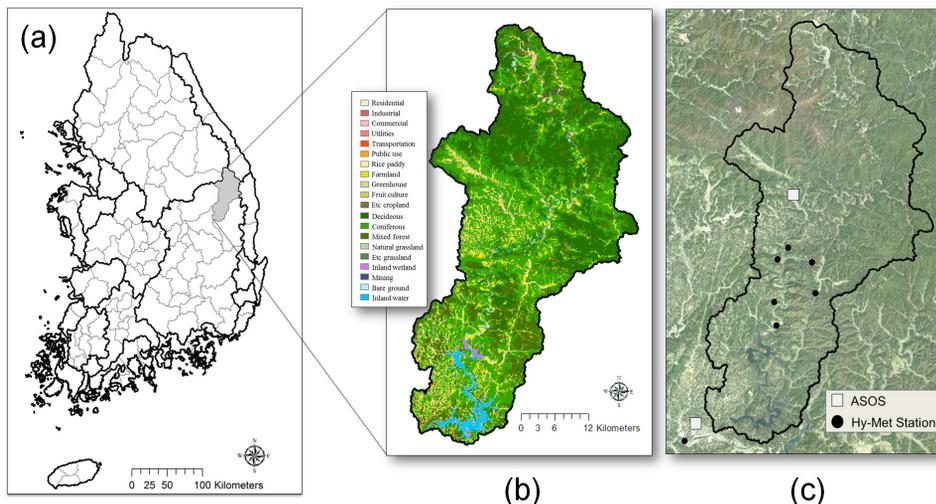


Figure 1. Study area on Andong dam basin (a: Watershed map of South Korea b: Land cover map of Andong dam basin, C: Studied weather station)

2.2 수문기상 관측 정보

국립기상과학원에서 안동댐 유역에 설치한 수문기상 관측소는 총 7소로써, 2011년에 안동댐 상류지역인 도천리, 상리, 남면리, 가송리의 4개 지점에 수문기상 관측망이 구축되었고, 2012년에는 기존의 수문기상 관측망을 보강하여 보다 조밀한 수문기상 및 플렉스자료를 획득하고자 풍호리에 수문기상 관측장비, 원천리와 옥동에 플렉스 타워가 각각 설치되었다. 각 지점에서는 분단위로 기온, 강수, 습도, 일사량, 풍속, 토양수분, 지중온도 등을 관측하며, 두 곳의 플렉스 타워에서는 잠열, 현열, 지열, 순복사량, CO₂, H₂O 등을 관측 추가로 관측하고 있다(NIMR, 2013).

다만, 7소의 수문기상관측소는 대부분 유역의 중앙부 지류 인근에 설치되어, 전체 면적을 포괄하는데 어려움이 있으므로, 인근에 위치한 안동(136)과 봉화(271) 두 곳의 종관기상관측소(ASOS) 정보를 함께 활용하였다.

2.3 시공간분포 추정 방법

안동댐유역 기상조건의 조밀한 시공간분포 추정을 위해 먼저, 기상요소는 유역에서 특성이 나타날 수 있는 온도와 습도로 선정하였다. 국립기상과학원에서 설치한 7개의 수문기상 관측정보와 인근 종관기상관측소(안동, 봉화) 정보를 함께 활용하여 총 9개 지점 정보가 활용되었고, 수문기상 관측정보 중 데이터 오류가 가장 적었던 2013년을 선정하였다.

2013년의 시간별, 월별 변화 패턴을 확인하기 위해, 분 단위로 관측된 기상정보는 각 시간의 월평균 통계값으로 가공하여, 해당 월, 각 시간대의 대표성 있는 정보로 제작하였다. 점 단위로 관측된 기상자료는 대표적 공간내삽기법인 Kriging을 통해 10m² 해상도로 내삽하였고, Semi-Variogram을 추정하는 데는 Circular 모형이 활용되었다(Olivier and Webster, 1990). Semi-Variogram을 추정하기 위해 일반적으로 Circular, Spherical, Exponential, Gaussian 등의 모형들이 활용되는데, 그 값의 차이는 미미하나 Circular 모형이 대표성을 지닐 수 있음이 기존 연구에서 밝혀진 바 있다(Lim et al., 2015b).

일정 거리만큼 떨어져 있는 자료들이 평균적으로 얼마나 차이를 보이는지 확인하는 정량적 지표로 활발히 활용되는 기법이 Semi-Variogram이다. 이를 통해 일정 거리에 있는 관측정보들의 유사성을 판단할 수 있다(Jung et al., 2008). Semi-Variogram은 식(1)과 같이 설명되는데, 여기서 자료 사이의 거리는 h, 자료 수는 n, Semi-Variogram은 r, 임의 지점 x에 있는 자료 값은 z이다.

$$r(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

본 연구에서는 새벽, 아침, 오전, 오후, 저녁, 밤에 대한 대표 값을 2:00, 6:00, 10:00, 14:00, 18:00, 22:00로 선정하여 2013년 1월부터 12월까지 각 월에 대한 시공간분포를 온도와 습도 각 72개 씩 총 144개의 Semi-Variogram을 통해 추정하였다. 또한, 공간분포의 시계열적 비교를 위해 각 시기의 Partial Sill 값을 따로 추출하여 시간별, 월별 비교를 수행하였다. 여기서 Partial Sill 값은 Semi-Variogram의 곡선을 나타내는 수치이다(Kwak et al., 2012).

3. 결과 및 고찰

3.1 Semi-Variogram 추정 결과

본 연구에서는 각 계절을 대표하는 시기를 겨울 1월, 봄 4월, 여름 7월, 가을 10월로 선정하여, 각 계절의 시간대별 Semi-variogram을 활용하였다.

먼저 온도의 겨울철 Semi-Variogram 결과, 2시, 6시에는 Nugget 값과 Sill 값의 차이가 매우 크게 나타나 온도의 불균일성이 높은 것으로 나타났고, 10시부터 차이가 감소하다가, 14시에는 Nugget 값과 Sill 값이 같아지며 매우 균일한 상태를 나타냈다. 이후 18시, 22시에서는 다시 불균일한 상태로 변화하였다(Fig. 2).

4월을 기준으로 한 봄철 Semi-Variogram에서 2시에 가장 높은 불균일성을 보이다가, 6시부터 불균일성이 감소하여, 6시에는 중간 정도의 불균일함을 보였고, 10시에는 상대적으로 낮은 수준, 14시에는 상당히 균일한 수준으로 나타났다. 이후 시간에는 다시 불균일성이 증가하며, 온도의 변이가 증가함이 확인되었다(Fig. 2).

여름철 온도의 결과에서는 겨울, 봄 보다 새벽 및 아침 시간의 Nugget-Sill의 차가 적게 나타났으나, 반대로 10시부터 차이가 증가하여, 14시에 매우 불균일한 상태를 보였다. 이후 시간에서는 중간 정도의 변이를 나타냈다(Fig. 2).

가을철 온도의 결과에서는 여름철 특성이 유사하게 나타났으나, 10시에 가장 변이가 크고, 14시에는 다시 낮아지는 차이를 보였다(Fig. 2).

습도의 겨울철 Semi-Variogram 결과에서는 대체로 균일하다가, 22시에 변이성이 커지는 것으로 나타났다(Fig. 3).

봄철 습도 결과에서는 2시와 6시에 Nugget 값과 Sill 값의 차이가 매우 크게 나타나 습도의 불균일성이 높은 것으로 나타났다가, 10시에는 차이가 전혀 없는 균일한

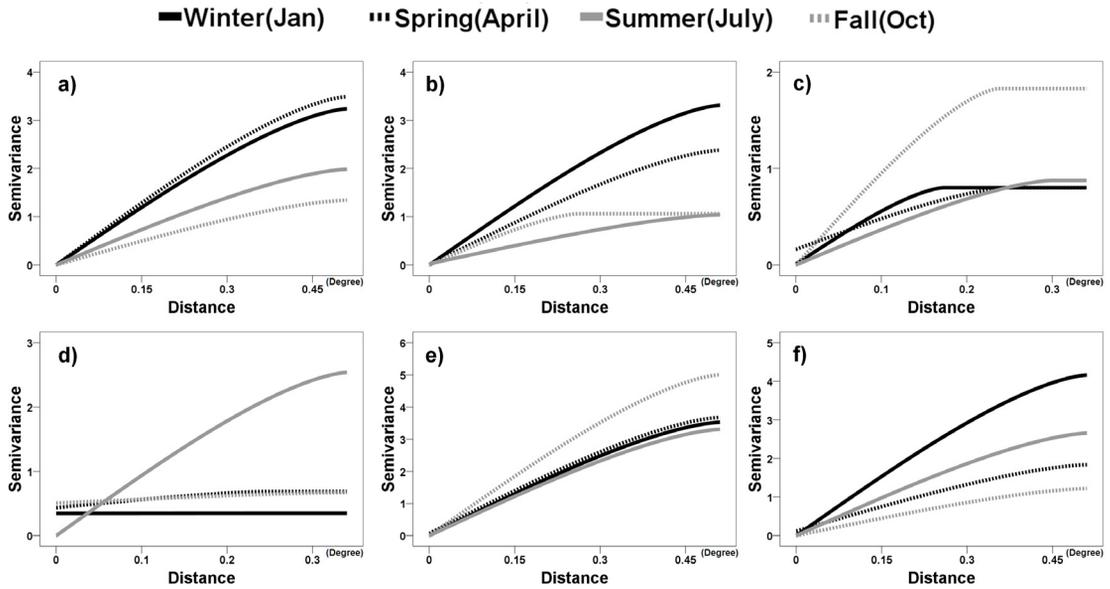


Figure 2. Temperature semi-variogram in each time and season(a: 2:00, b: 6:00, c: 10:00, d: 14:00, e: 18:00, f: 22:00)

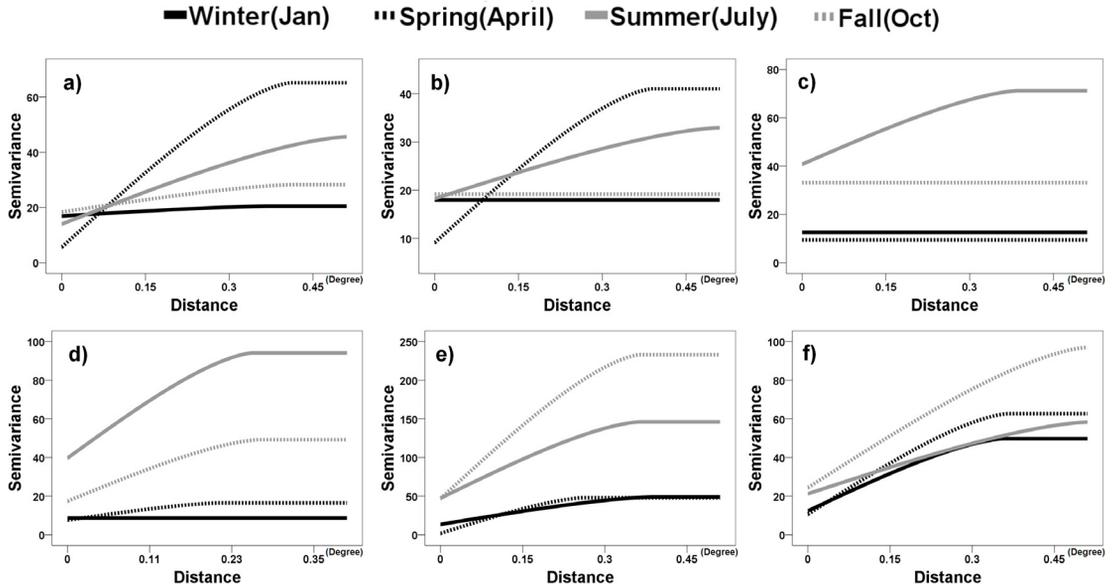


Figure 3. Humidity semi-variogram in each time and season(a: 2:00, b: 6:00, c: 10:00, d: 14:00, e: 18:00, f: 22:00)

상태로 변화하였다. 이후 14시까지 균일하였다가, 22시부터 다시 불균일함이 나타났었다(Fig. 3).

여름철 습도의 Semi-Variogram에서는 모든 시간대에 유사한 Nugget 값과 Sill 값의 차이가 나타났는데, 대체로 타 계절에 비해 불균일함이 높을 것으로 예상할 수 있다. 모든 계절에 균일하였던 10시에도 균일성이

떨어지는 것으로 확인되었다(Fig. 3).

가을철 습도의 결과에서는 2시부터 대체로 균일하다가 14시부터 불균일함이 나타났고, 18시에는 Nugget 값과 Sill 값의 차이가 최고조로 확인되었다. 22시에도 타 계절에 비해 가장 높은 변이성을 가진 것으로 나타났다(Fig. 3).

종합적으로는 온도의 일부 결과에서 계절적 특성을 보였으나, 매일 다른 패턴을 보일 수 있으므로, 월별 차이를 확인할 필요가 있다. 습도에서는 10시가 가장 균일한 것으로 확인되었고, 계절적인 특성보다는 습도 고유의 특성이 강할 것으로 나타났다.

3.2 시간별 온습도 공간분포 변화

Semi-Variogram을 통해 추정된 곡선의 수치인 Partial Sill 값을 통해 각 시간별 차이를 분명히 확인할 수 있다. Partial Sill 값이 크면 공간분포의 변이가 높고, 작으면 변이가 적다고 해석 된다. 이를 통해 각 기상인자 공간분포의 시간별 차이를 나타낼 수 있다.

먼저 시간에 따른 온도의 분포는 기존 Semi-Variogram에서와 같이 10시와 14시에 상당히 균일하고, 18시와 22시에 가장 불균일한 것으로 나타났다. 온도의 공간분포는 기온이 상승하는 낮 시간대에 균일하였다가, 일사가 줄어들어 시점에 편차가 커지는 것으로 해석할 수 있다(Fig. 4).

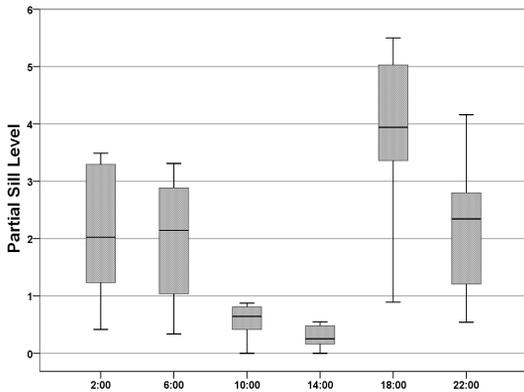


Figure 4. Spatial distribution of temperature by time

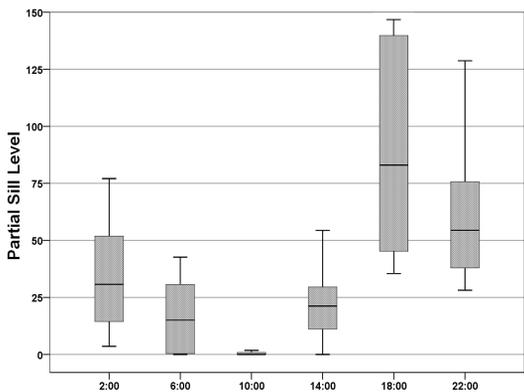


Figure 5. Spatial distribution of humidity by time

습도의 시간에 따른 분포도 기존 Semi-Variogram에서와 같이 10시에 가장 균일한 것으로 나타났고, 나머지 시간대에 전반적으로 불균일하지만, 18시에 가장 불균일한 것으로 확인되었다(Fig. 5). 이는 수문지역에서 오전 시간대에 많이 발생하는 물안개가 영향을 미쳤을 가능성을 확인해 볼 필요가 있다. 산림을 대상으로 유사한 연구가 수행된 Lim et al.(2015b)의 연구에서는 늦은 오후에 습도의 균일함을 회복하는 것으로 나타났으나, 수문지역이 대상지인 본 연구에서는 저녁 시간대에 오히려 불균일함이 증가하는 차이를 보였다.

3.3 월별 온습도 공간 분포 변화

월별 온도와 습도의 공간 분포를 확인하기 위해 시간대별 분석과 같은 방법으로 Partial Sill 값을 활용하였다.

먼저 온도의 월별 그래프에서는 기존 Semi-Variogram 결과(Fig. 2, 3)에서 확인하기 어려웠던 월별 편차를 확인할 수 있었는데, 가을에 대체로 균일하고, 그 외 계절에서는 불균일한 경향을 갖고 있는 것으로 나타났다. 월별 차이로는 1월에 가장 불균일하고 9월에 가장 균일한 것으로 확인되었으며, 3월의 평균 Sill 값이 낮아 대체로 균일하지만, 시간별 편차가 심할 것으로 사료된다(Fig. 6).

습도의 월별 공간분포는 두드러지는 계절적 특성은 없으나, 5월에 가장 편차가 심하며, 1월에 가장 균일한 값을 보였다. 그 외에 8월과 11월에도 대체로 균일한 상태를 나타내었다. (Fig. 7).

3.4 수문기상의 시공간분포 특성

시간 및 월별 Partial Sill 값을 통해 밝혀진 안동댐 유역 수문기상의 시공간적 변화 특성을 보다 자세히 규명하기 위해 시간과 계절의 값을 Fig. 14, 15와 같이 통합하였다. 이를 통해 시간대 별 기상의 공간 분포 변화에서 밝혀진 특성이 월별로 어떻게 변화하는지, 월별 기상의 공간분포 변화에서 밝혀진 특성이 각 시간에 따라 어떻게 나타나는지 확인하였다.

낮 시간대, 특히 14시와 10시에 매우 균일하였던 온도의 경우, 14시에는 여름에만 덜 균일한 값을 나타내었고, 10시의 경우 대체로 유사한 연중 분포를 보이다가 10월 겨우 소폭 불균일성이 높아지는 것을 확인할 수 있다. 22시의 경우 평균적으로는 낮 시간대보다 불균일성이 높지만, 4월 경 부터 가을철까지 감소하여 일부 여름철에는 14시 보다 균일한 값을 나타내기도 하였다. 가장 불균일하였던 18시의 경우 11월을 제외한 전체 기간이 불균일하게 나타났고, 중간 정도의 균일함을 보였던 2시, 6시는 3월, 9월에 균일성이 높아졌다가

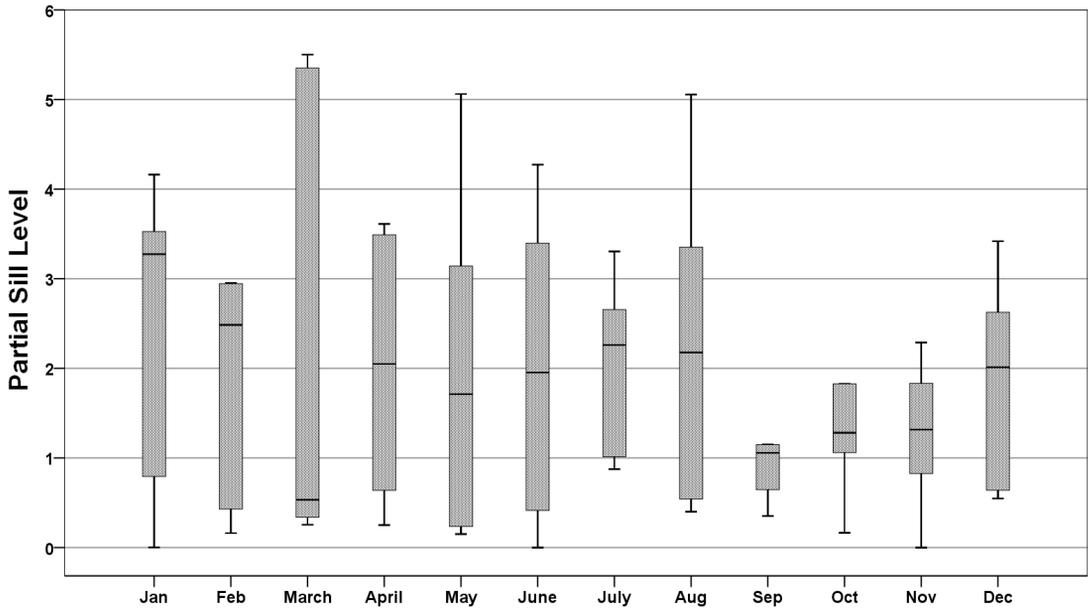


Figure 6. Spatial distribution of temperature by month

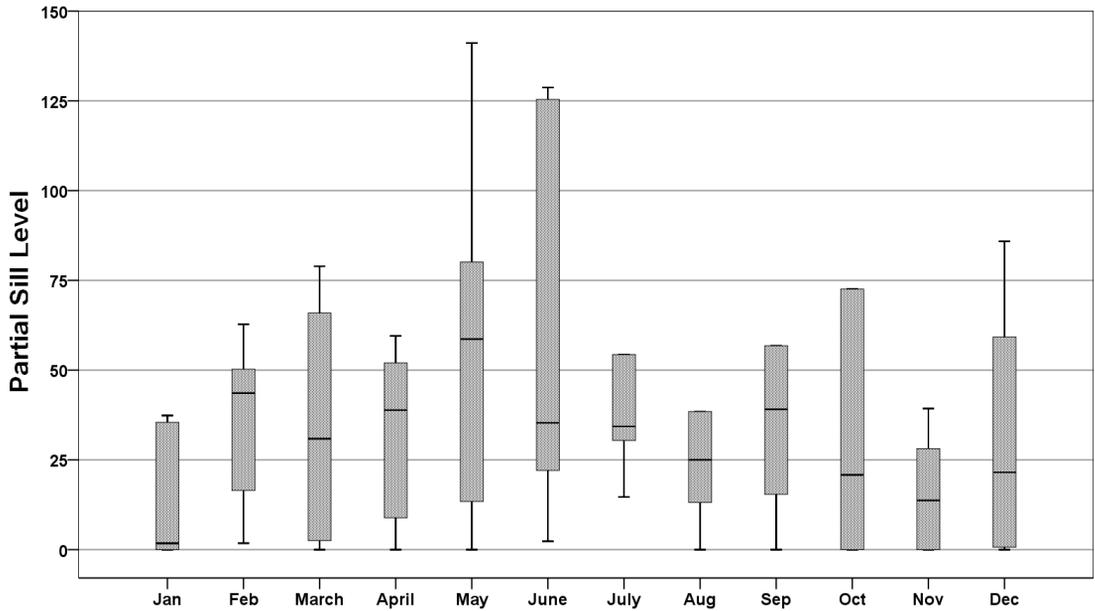


Figure 7. Spatial distribution of humidity by month

다시 평균치로 돌아오는 경향을 보였는데, 두 시간대는 연중 유사한 수준의 균일성을 보였다(Fig. 14).

습도의 경우 가장 두드러지게 균일하였던 10시의 월별 변화가 매우 적게 나타났으며, 온도의 14시와 같이 7월에 소폭 불균일성이 증가하였다. 두 번째로 균일하였던 6시의 경우 연중 큰 변화 없이 대체로 균일한 특

성을 보였으며, 14시에서도 여름에만 불균일성이 소폭 상승하였다. 가장 불균일하였던 18시의 경우 다른 시간대에서 대체로 균일하였던 8-10월에 가장 불균일성이 높아졌으며, 그 외 기간에서는 타 시간대와 비슷한 수준으로 나타났다(Fig. 15).

유역에서 나타나는 수문기상 특성을 산림에서 선행된

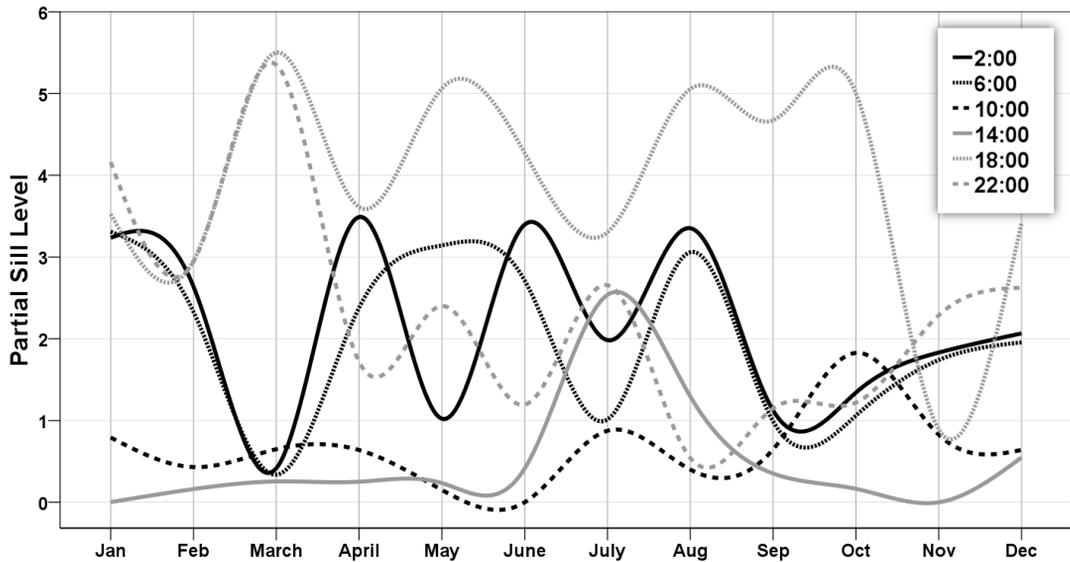


Figure 8. Spatio-temporal distribution of temperature

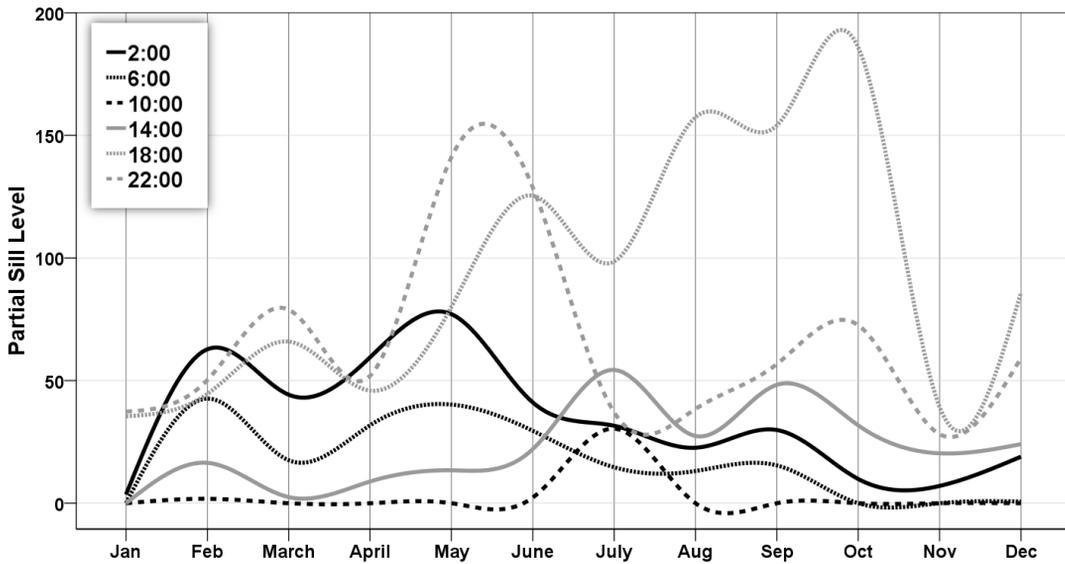


Figure 9. Spatio-temporal distribution of humidity

유사 연구(Lim et al., 2015b)와 비교하여 볼 때, 온도와 습도가 이른 아침에 모두 균일하였던 산림과 달리, 유역에서는 온도의 경우 한 낮에 가장 균일하고, 습도는 오전 시간대에 균일하였다. 또한 여름철 불균일성이 뚜렷했던 산림과 달리 유역에서는 여름의 계절적 특성이 나타나지 않았고, 타 계절 또한 두드러진 공통적 경향을 보이지 않았다. 종합적으로 산림에서는 온도와 습도가 대체로 동조하는 경향이 있던 반면, 유역에서는

시간적 경향만 유사하고 전반적인 균일성에서는 각각의 특성을 나타냈다.

4. 결론

안동댐유역 수문기상 관측정보의 조밀한 공간분포를 시계열적으로 분석한 본 연구에서는 시간과 월, 계절에 따른 안동댐 유역의 수문기상 분포 특성을 규명하고자

하였다. 공간적 자기상관성을 통해 확인된 수문기상의 공간분포 특성은 다음과 같다.

먼저, 계절에 관계없이 온도의 경우 14시, 습도의 경우 10시에 가장 균일한 공간분포를 나타내는 것으로 확인되었다. 가장 균일하였던 시간대의 두 기상인자 모두 여름철에 잠시 균일성이 감소하였다. 온도와 습도에 서 모두 18시에 가장 불균일성이 높게 나타났는데, 연 중 높은 불균일성을 유지하다가, 11월에 두 기상조건 모두 타 시간대와 비슷한 수준의 균일성을 보였다.

월별 공간분포에서는 온도의 경우 1월에 가장 불균 일하였고, 9월에 가장 균일한 것으로 확인되었으며, 습 도의 경우 5월에 가장 불균일하고, 1월에 가장 균일한 것으로 나타났다. 1월의 온습도 공간분포가 정 반대의 양상을 보인 것이다.

산림에서 수행된 기존 연구와 비교하였을 때, 구역에 서는 계절적 특성이 적게 나타나며, 온도와 습도가 각 각의 특성을 보이는 차이가 있었다.

본 연구는 일 년 간의 관측정보로 수문기상의 시간 별, 월별 공간분포 특성을 규명하여, 조밀한 시계열적 비교를 가능케 한 것에 큰 의미가 있다. 이러한 결과는 앞으로의 수문기상 관련 연구 시, 참고 가능한 기초자 료가 되며, 수문기상 관측 정보의 활용성을 넓힐 수 있 는 사례가 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 국립기상과학원 주관의 ‘응용기상기술개발 연구’의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Choi, H.A., Lee W.K. and Byun, W.H., 2012, Determining the effect of green spaces on urban heat distribution using satellite imagery, *Asian Journal of Atmospheric Environment*, Vol. 6, No. 2, pp. 127-135.
- Chun, J., Kim, K.R., Lee, S.Y., Kang, W.S., Park, J.S, Yi, C.Y., Choi, Y.J Park, E.W. and Hong, S.S., 2012, High resolution gyeonggi-do agrometeorology information analysis system based on the observational data using local analysis and prediction system (LAPS), *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 14, No. 2, pp. 53-62
- Dibike, Y.B. and Coulibaly, P., 2005, Hydrologic impact of climate change in the saguenay watershed: comparison of downscaling methods and hydrologic models, *Journal of Hydrology*, Vol. 307 pp. 145-163.
- Fleig, A.K., Tallaksen, L.M., Hisdal, H. and Demuth, S., 2006, A global evaluation of streamflow drought characteristics, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 10, pp. 535-552.
- Jung, J., Jin, S., and Park, M.S., 2008, Precipitation analysis based on spatial linear regression model, *The Korean Journal of Applied Statistics*, Vol. 21, No. 6, pp. 1093-1107.
- Khaliq, M.N., Ouarda, T.B.M.J., Ondo, J.C., Gachon, P. and Bobee, B., 2006, Frequency analysis of a sequence of dependent and/or non-stationary hydro-meteorological observations: A review, *Journal of Hydrology*, Vol. 329, pp. 534-552.
- Kim, M.I., Kwak, H., Lee, W.K., Won, M.S. and Koo, K.S., 2011, Study on regional spatial autocorrelation of forest fire occurrence in korea, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 19, No. 2, pp. 29-37.
- Kwak, H., Lee, W.K., Saborowski, J., Lee, S.Y., Won, M.S., Koo, K.S., Lee, M.B. and Kim, S.N., 2012, Estimating the spatial pattern of humancaused forest fires using a generalized linear mixed model with spatial autocorrelation in South Korea, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 26, No. 9, pp. 1589-1602.
- Lim, C.H., Song, C., Kang, B., Lee, W.K., Park, S.B. and Lee, S.J., 2014, The analysis on relationship between weather condition and forest therapy effect, *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation*, Vol. 18, No. 1, pp. 85-97.
- Lim, C.H., Kim, D., Shin, Y. and Lee, W.K., 2015a, Assessment of drought severity on cropland in korea peninsula using normalized precipitation evapotranspiration index (NPEI), *Journal of Climate Change Research*, Vol. 6, No. 3, pp. 223-231.
- Lim, C.H., Ryu, D.H., Song, C.H., Zhu, Y.Y., Lee, W.K. and Kim M.S., 2015b, Estimating precise spatio-temporal distribution of weather condition using semi-variogram in small scale recreation forest, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 18, No. 3, pp. 63-75.
- NIMR, 2013, Advanced research on hydro-meteorology research, National Institute of Meteorological Research, Research Report, No. 11-1360395-000448-01.

13. Olivier, M.A and Webster, R., 1990, Kriging: a method of interpolation for geographical information systems, *International journal of geographical information systems*, Vol. 4, No. 3, pp. 313-332.
14. Park, J.H., Lee, G.S., Yang, J.S. and Kim, S.W., 2012, A Hydrometeorological time series analysis of geum river watershed with GIS data considering climate change, *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol. 20, No. 3, pp. 39-50.
15. Wang, F., Wang, X., Zhao, Y. and Yang, Z., 2014, Correlation analysis of NDVI dynamics and hydro-meteorological variables in growth period for four land use types of a water scarce area, *Earth Science Information*, Vol. 7, pp. 187-196.