pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503 http://dx.doi.org/10.5322/JESI.2016.25.6.897

TECHNICAL NOTE

칠곡 동영 약초원 인근 산지의 국지 기후 환경 관측 연구

김학윤 · 최서환 · 김해동*

계명대학교 지구환경학과

Observational Study on Local Climatological Environment of the Mountain Adjacent the Dongyeong Herb Garden in Chilgok

Hak-Yun Kim, Seo-Hwan Choi, Hae-Dong Kim*

Department of Global Environment, Keimyung University, Daegu 42601, Korea

Abstract

We investigated the local climatological characteristics of the mountain adjacent the Dongyeong herb garden in Chilgok. We established one set of automatic weather system (AWS) on a hill where development of herb garden is in progress. The observations were continued for 2 years(2013. 07-2015.06). In this study, we analyzed the observed data comparing the data of Gumi meteorological observatory (GMO). The results showed that the air temperature(relative humidity) of Dongyeong herb garden were lower(higher) than those of GMO. Especially the differences are more during warm climate season. It means that the gaps of thermal environment between two points are mainly caused by the evaporation effects of forest.

In addition, we analyzed the warmth indices(warmth index and coldness index) with the observed air temperature. The warmth and coldness indices indicate about 107 and -12, respectively. The values correspond to warm temperature climate.

Key words: Climatological factor, Evaporation, Warmth index, Coldness index

1. 서 론

영양 보급의 개선과 의학의 발달로 평균 기대수명이 늘어남에 따라서 유병장수가 보편화 되면서 건강 의약품에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되고 있다. 이러한 배경으로 계명대학교에서는 경상북도 도립공원인 금오산 남쪽 자락에 해당하는 칠곡군 동영 숭오리 일대 약 70만평의 임야에 국내 생약규격에 따른 400여 종의 약용식물을 조성하여 약용식물 테마파크로 발전시키고, 약학대학의 연구 실습장으로 제공하는 동양 최대 규모의 테마형약용식물원 건립을 추진하고 있다. 일반적으로 약초는

지중 및 기후환경에 큰 영향을 받아 발아 생장하기 때문에 최적의 약초원을 선정하기 위해서는 지중 환경(지온, 토양수분)과 대기환경(기온, 습도, 일조 등)조건은 필수적이다. 최적의 약초 종을 재배하기 위해서는 그에 맞는 기후환경이 뒷받침 되어야 한다(Kim, 2012).

약초원 주변의 지중 및 기후환경을 파악하여 재배에 유리한 약초 종류를 판단하고, 현장의 장기적인 기후변화 경향을 모니터하기 위하여 자동기상관측장치(AWS)를 현장에 설치하여 2013년 6월 이래로 연속 관측을 수행하여 오고 있다. 현장 관측에 기초한 기후자료의 조사와 분석은 향후 성공적인 약초원 운영을 위한 기초자료

 $\textbf{Received} \ 16 \ February, 2016; \textbf{Revised} \ 21 \ March, 2016;$

Accepted 18 April, 2016

*Corresponding author: Hae-Dong Kim, Department of Global

Environment, Keimyung University, Daegu 42601, Korea

Phone: +82-53-580-5930 E-mail: khd@kmu.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.

로 활용할 수 있을 것이다.

최근 각종 작물과 자연생태계의 생육 적합 환경 지역이 기후변화로 인해 빠르게 변화하고 있다. 기후변화에 대한 대응대책 중에서 온실가스 감축문제는 본질적으로전 세계적인 대응으로 대처할 문제이지만, 기후변화의 영향은 지역적, 국가적 차원의 문제로 나타난다. 그래서 기후변화 영향에 대해서는 개별 국가적 차원에서 대비하여야 하는데, 이러한 노력은 국제적 협력을 통하여 달성하여야 하는 온실기체 저감으로 해결하지 못하는 문제를보완할 수 있는 행동으로 평가되고 있다(Smit et al., 1999).

국지적인 규모에서 발생하는 기후변회는 온실가스 증가에 따른 지구온난화의 영향만이 아니라 개발행위로 녹지대가 훼손되어 나대지나 포장지대로 바뀌는 효과에 의해서도 유발된다(Okamoto, 1997; Kim et al., 2003). 최근 Kai(2012)는 기후변화를 가져오는 요인이 지표면의 피복변화에 있는 경우를 제2의 온난화라고 지칭하고 있다. 북반구 온대지역은 이러한 2가지의 온난화가 중첩되어 기온 상승이 더욱 빠르게 진척되고 있으며, 이에 따라서 식생지의 변화도 빠르게 일어나고 있다(Hujibe, 2012). 실제로 우리나라에서도 대나무, 동백나무 등의북상이 확인되고 있으며, 사과나무를 포함한 각종 과실수의 북상도 빨라지고 있다. 그런데 이들 식생대의북상은 지구온난화로 인한 기온상승에 원인이 있지만,

한편으로는 새로운 과수원을 조성하기 위한 삼림 벌채와 산불로 인한 삼림파괴로 인해 기온과 지온의 상승이 가중된다는 사실도 제기되고 있다(Lim et al., 2009; Harazawa and Nishioka, 2003). 현장관측이 이루어지고 있는 동영 약초원 주변은 도립 금오산의 남쪽 자락인데, 산지를 개간하여 사과, 단감나무, 복숭아 등을 재배하는 과수원이 확장되고 있어서 이곳의 국지적 기후환경의 변화경향을 국립산림과학원에서 운영 중인 금오산의 산악 기상관측 자료와 비교하면 산지의 피복변화에 따른기후환경변화 효과를 검출할 수도 있을 것으로 기대된다.

한편, 이 연구에서는 지난 2년여 동안 현장에서 관측한 자동기상관측자료를 분석하여 국지기후환경의 특성을 살펴보고, 현재의 기후환경 조건에서 생육 최적에 해당하는 수목을 평가해 보고자 한다. 향후 관측 자료가 더축적되면 삼림생태환경 변화를 예측하는 연구도 가능해질 것으로 생각된다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

칠곡 동영 약초원 부지 내 산지의 국지기후환경을 조 사하기위하여 약초원 부지 내에 AWS를 2013년 6월 설 치하여 연속 관측하고 있다(Fig. 1). 관측요소로는 기온, 상대습도, 풍향풍속, 일사량, 토양수분, 지중온도, 강우량



Fig. 1. The position of Dongyoung herb garden (DHG). GMO indicates Gumi Meteorological Observatory.

등으로 10분 평균값이 자동적으로 관측되어 저장된다.

이 연구에서는 최근 2년 동안(2013년 7월 1일~2015년 6월 30일)의 기상관측 자료를 분석 대상으로 하였다. 측정하고 있는 자료의 종류는 기온, 상대습도, 강수량, 지표온도, -2 cm 지중온도, -5 cm 지중온도, 일사량, 강수량이며, 관측 센서는 Vaisala사 제품을 사용하고 있다. 관측된 기상자료의 분석에 있어서, 동일 기간에 구미기상대에서 얻은 자료를 동시에 분석하여 제시하고 있기에, 자료의 품질평가 결과를 별도로 제시하지 않기로 한다. 그리고 관측 장소는 해발 180 m에 위치하고 있어서 기온의 고도 보정이 필요하지만, 고도보정의 효과가 약0.12℃로 작으며, 이 연구의 목적이 현장의 생태학적 서식조건 평가에 있어서 보정된 온도가 아니라 현장의 기온을 이용하여야 하므로 고도보정을 수행하지 않았다.

2.2. 연구방법

기상요소 중에서 식생의 생육 조건을 판단하는 기후 지수를 산출함에 있어서 이용 빈도가 가장 높은 것은 기온과 강수량이다(Mizukoshi and Yamashita, 1993). 이두 요소는 기후의 2대 요소인 열과 물의 공급조건을 나타내는 것이기에 식생의 생육 조건을 판단하는 데에 가장중요한 역할을 한다(Yoshino, 1979). 이 두 기상요소를 단독으로 또는 조합하여 식생분포를 설명할 수 있는 기후지수를 작성하기에 용이하다. 또 이 두 기상요소는 관측이 용이하여 전 세계적으로도 자료가 상대적으로 풍부한데, 이것도 기후지수 작성에 기온과 강수량이 널리 사용되고 있는 중요한 이유이다(Lee, 2012)

그래서 이 연구에서는 현장에서 관측된 기상요소 중에서 기온(일최저, 일최고, 일평균), 습도, 강수량의 월평균 값을 구하여 구미기상대에서 같은 시간대에 관측된 값과 비교하여 조사하였다. 그리고 삼림의 생육조건 평가를 위하여 현장에서 관측된 기온을 이용하여 온량지수를 산출하였다. 일반적으로 곡물의 생육조건 판단에는 유효 적산기온을 많이 사용하고, 과수와 임목의 생육조건 평가에는 온량지수를 많이 사용한다(Mizukoshi and Yamashita, 1993). 온량지수에는 온난지수(warmth index, WI; ℃·month)와 한랭지수(coldness index, CI; ℃·month)가 있다. 어느 것이나 월평균 기온을 이용하는데, 전자는 5℃를 넘는 값을 나타내는 달에 대하여, 후자는 5℃ 이하인 달에 대하여 각각 5℃와의 차를 일 년

동안 적산하여 얻어지는 것인데, 각각,

$$WI = \sum_{i=1}^{m} (t_i - 5)$$
 (1)

$$CI = \sum_{i=1}^{n} (5 - t_i) \tag{2}$$

으로 표현된다. 단, t_i 는 각월의 평균기온이다. 이들은 일종의 적산 온도로, 그 특정치는 세계적인 식생분포의 경계치와 거의 일치한다. 온난지수는 식물군계 수준의 크기인 식생형의 지리분포와 온도기후와의 관계를 나타내는 적산온도로 아래 식으로 나타낸다. t는 각 달의 평균기온($^{\circ}$ C), m은 1년 중 t>5인 달의 수, 5 $^{\circ}$ C는 경험적으로 정한 식물의 정상적인 생활 활동의 역치이다. 이 지수($^{\circ}$ C·month)는 월평균 기온을 이용함으로써 종래의 일적산 온도보다 훨씬 간략화된 것으로 세계 각지 식생의온도분포를 잘 설명할 수 있다.

온난지수에 의한 기후 및 식생대 구분은 Yoshiro (1971)에 의하면 다음과 같다 WI=0, 극빙설대 0<WI ≤15, 한대, 툰드라대 15<WI≤45, 아한대, 북반구 습윤기후지에서는(이하 같음) 침엽수림대 45<WI≤85, 냉온대, 낙엽활엽수림대 85<WI≤180, 난온대, 상록활엽수림대 180<WI≤240, 아열대, 아열대 다우림대 WI>240.

온난지수와 구별하기 위해서 한랭지수(CI)는 음의 값을 갖도록 정의하고 있으며, 한랭지수는 난온대의 상록 광엽수인 조엽수의 각 종이나 삼림식생으로서의 조엽수림 분포의 저온한계(북한 또는 상한)와 일치한다. 조엽수림의 북한은 CI=−10 (℃·month) 정도로 알려져 있다.

3. 결 과

3.1. 기후요소의 연간 변화 특성

일평균, 일최고, 일최저 기온을 각각 Fig. 2, 3, 4에 제시하였다. 최근 2년 동안의 월평균기온을 Fig. 2에 구미기상대의 자료와 함께 제시하였다. 가장 높은 값은 7월의 25.0℃, 가장 낮은 것은 1월의 0.12℃이었다. 연중 구미기상대에 비하여 동영 약초원의 월평균 기온이 낮았는데, 11~4월의 한후기(cold-climate season)보다 5~10월의 난후기(warm climate season)에 두 지역 간 기온 차

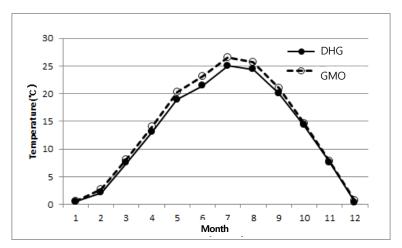


Fig. 2. Monthly mean air temperature at Gumi meteorological observatory (GMO) and Dongyoung herb garden (DHG).

이가 더 컸다. 기온 차이가 가장 큰 것은 6월의 1.7℃, 가장 작은 기온 차는 1월에 0.15℃이었다. 이처럼 겨울철보다 여름철에 두 지역 간 기온 차이가 더 크게 나타난 원인은, 도시의 포장화와 인공 열 발생에 따른 도시열섬 강도는 계절적으로는 겨울철에 시간적으로는 이른 아침 시간대에 나타난다는 점을 고려하였을 때에, 산지 삼림의증발산 효과에 크게 의존하였을 것으로 추정할 수 있다.

일 최고기온의 월평균 값을 Fig. 3에 제시하였다. 연 간 평균으로는 구미기상대가 동영부지보다 약 1.6℃더 높게 나타났다. 가장 큰 기온 차는 7월의 2.0℃, 가장 작 은 기온 차는 2월의 약 1.35 ℃이었다. 난후기와 한후기의 월평균 일최고기온의 차이는 일평균기온보다 더 크게 나타났는데, 특히 삼림의 증발산 효과가 가장 큰 하계(6~8월)에 가장 컸다. 특히 7월에 가장 높은 일최고기온이 나타났으며, 구미기상대(31.5℃)가 동영부지(29.5℃)보다 약 2.0℃ 높았다. 반면에 삼림의 증발산 효과가 거의 없을 것으로 판단되는 10월에서 3월까지는 양 지역의일최고기온의 월평균 값에 차이가 거의 나타나지 않았다.

Fig. 4에 일최저기온의 월평균값을 나타내었다. 일 최 저기온의 월평균온도는 구미기상대가 동영부지보다

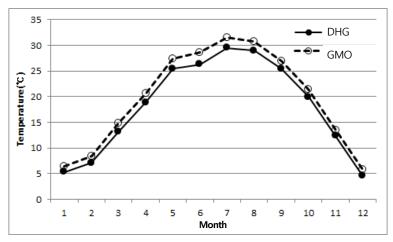


Fig. 3. Same as Fig. 2 except for monthly mean of daily maximum air temperature.

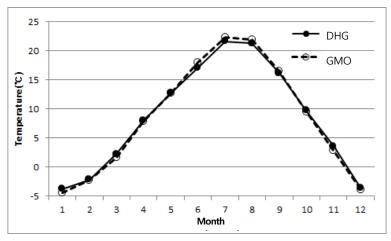


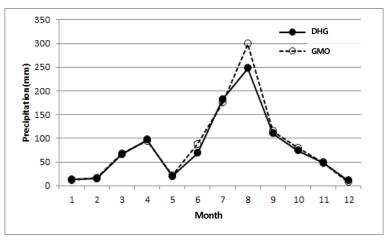
Fig. 4. Same as Fig. 2 except for monthly mean of daily minimum air temperature.

연간으로는 약 0.01 ℃ 정도 낮은 것으로 나타나서 거의 같은 수준으로 판단된다. 하지만 여름철(6-8월)에는 구미기상대가 동영부지보다 8월의 0.7 ℃ 정도 높게 나타나는 등 기온이 높은 것을 확인할 수 있다. 이에는 동영부지와 구미기상대 주변 사이의 토지 피복도와 인간 활동의차이가 복합적으로 작용한 것으로 판단된다. 그렇지만일최고 기온에 비하여 두 지역 간의 온도 차이가 현저히작은 것을 알 수 있다. 동영부지의 AWS 위치고도가해발 180 m이고,고도보정이 이루어지지 않은 채로 그림에 나타낸 것이므로 동영부지의 기온은 실제로는 이보다

약 0.2 ℃ 낮게 평가되어져야 한다. 이러한 점을 고려하면 연중 일최저기온이 구미기상대보다 동영부지에서 더 낮 고 8월에는 약 1 ℃ 정도 낮다는 것을 알 수 있다. 일평균 과 일최고기온의 경우에도 양 지역의 비교에는 고도보정 의 효과를 감안하여 동영부지의 온도를 그림에 제시한 것보다 약 0.2 ℃ 정도 낮다는 점을 감안하여야 한다.

Fig. 5에 동영부지와 구미기상대에서 관측된 최근 2년 동안의 월 강수량을 나타내었다.

지난 2년간의 연강수량은 구미기상대 1026.4 mm, 동 영부지 954.5 mm로 나타나서 구미기상대가 약 72.0



 $\textbf{Fig. 5.} \ \text{Same as Fig. 2} \ \ \text{except for monthly precipitation}.$

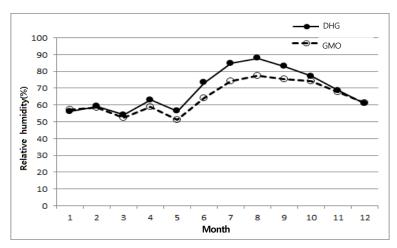


Fig. 6. Same as Fig. 2 except for monthly mean humidity.

mm 더 많았던 것으로 나타났다. 두 지역 간에 나타난 강수량의 대부분은 8월에 동영부지의 관측 값이 구미기상대보다 51.4 mm나 적었던 것에 기인하였다. 그 이외의달에는 두 지역 간에 강수량 차이가 2 mm 이내로 작았다. 이 차이가 관측기기의 오차에 기인하는지 아니면 지형적 차이에서 오는 것인지에 대해서는 확인해야할 과제로 판단된다.

Fig. 6에 동영부지에서 관측된 상대습도의 월평균 값을 구미기상대의 값과 같이 제시하였다. 동영부지와 구미기상대의 연평균 상대습도는 각각 68.7%, 64.4%로 나타나서 동영부지의 습도가 구미기상대에 비하여 약4.3% 높게 나타났다. 동영부지가 구미기상대보다 연중높게 나타났는데, 그 차이가 가장 큰 달은 7월로 10.8%, 가장 작은 달은 12월로 0.3%이었다. 상대습도의 경우에도 삼림의 증발산작용이 활발한 난후기(4~10월)에 뚜렷한 차이가 보이고 한후기에는 그 차이가 대단히 작은 것을 확인할 수 있다.

Table 1에 최근 2년 동안에 동영부지에서 관측된 각종 기후요소와 토양 온도를 월별로 정리하여 나타내었다. 동영부지의 월별 평균기온은 최한월에 0.3℃, 최난월에 25.0℃의 분포를 보였으며 연평균 기온은 12.9℃이었다. 최난월(7월)의 월평균 최고 기온은 29.5℃이었으며 최한월(12월)의 월평균 최저 기온은 1월에 -3.7℃이었다. 월평균습도는 가장 건조한 달(1월)에 56.1%, 가장 습윤한 달(8월)에 87.7%이었으며, 연평균습도는 68.7%였

다. 월 강수량은 12월에 가장 작아서 10.6 mm, 8월에 가장 많아서 247.8 mm로 나타났고, 연강수량은 954 mm 이었다. 월별 일사량 플릭스는 12월에 가장 낮은 92.5 W·m²(약 8.0 MJ·m²·day¹) 5월에 가장 높은 250.2 W·m² (약 21.6 MJ·m²·day¹)로 나타났으며 연평균은 152.0 W·m²(약 13.0 MJ·m²·day¹)이었다.

3.2. 온량지수의 분포 특성

동영부지에서 최근 2년간 관측된 기온자료를 이용하여 온난지수와 한랭지수를 구하였다. 그 결과는 Table 2와 같다. 동영부지 부근의 온난지수(WI)는 약 107, 한랭지수(CI)는 약 -12로 평가되었다. 온난지수 107은 동영부지의 기후가 난온대에 상당한다는 것을 의미한다. 난온대는 생물기후대 구분에서 아열대와 냉온대 사이에 속하는 온도대로, 온대 기후대에서 가장 온난한 영역에 해당한다. 이에 적합한 수목으로는 후박나무, 잣밤나무, 가시나무, 동백나무, 차나무 등의 상록활엽수를 들 수 있다. 과수로는 사과의 재배 적합지가 온난지수 60~100으로 알려져 있어서, 이를 초과하는 수준임을 알 수 있다.

동영부지의 한랭지수 - 12는 상록활엽수에 적합한 기후조건이며, 중국을 비롯하여 히말라야와 동남아시아의 산지 및 유라시아 대륙 동안 등지에 널리 형성되어 있는 조엽수림의 북한(北限)에 속하는 것으로 평가된다 (Yoshiro, 1971). 조엽수림의 우점종인 후박나무, 종가시나무, 풀고사리, 붉가시나무 등의 종이 분포한 북한은

Table 1. The monthly values of climatological factors observed at Dongyoung herb garden during recent 2 years(1/July 2013~30/June 2015)

Month	Daily mean air temperature (°C)	Daily maximum air temperature (°C)	Daily minimum air temperature (°C)	Relative humidity (%)	Precipitation (mm)	Surface temperature (℃)	Soil temperature at -2 cm (℃)	Soil temperature at -5 cm (°C)	Insolation flux (W·m ⁻²)
1	0.5	5.3	-3.7	56.1	13.5	1.4	1.9	2.1	100.4
2	2.1	7.1	-2.1	59.3	15.4	3.9	4.1	4.3	116.8
3	7.5	13.2	2.3	54.2	66.6	9.4	9.2	9.3	167.3
4	13.1	18.9	8.1	63.1	97.2	14.6	14.7	14.9	170.5
5	18.9	25.5	12.7	56.4	20.2	22.4	22.2	22.3	250.2
6	21.4	26.3	17.1	73.4	68.7	24.4	25.0	25.1	179.5
7	25.0	29.5	21.6	84.8	182.5	27.1	27.1	27.3	175.3
8	24.4	28.9	21.3	87.7	247.8	26.5	27.1	27.3	162.9
9	20.0	25.4	16.1	83.0	110.2	22.2	23.2	23.4	160.7
10	14.3	20.0	9.7	77.2	74.2	15.6	16.6	16.8	142.3
11	7.6	12.3	3.6	68.7	47.9	8.1	9.0	9.2	105.8
12	0.3	4.7	-3.6	60.8	10.6	1.2	2.4	2.5	92.5
Yearly mean	12.9	18.1	8.6	68.7	954.0	14.7	15.2	15.4	152.0

CI=-15 정도이다. 우리나라 남해안과 제주도의 저지대에 널리 분포하고 있는 조엽수림이 이동하여 살 수 있는 기후대로 평가되었다. 비록 이 연구에 사용된 자료가최근 2년에 불과하지만 최근 2년 이상 고온의 해가 아니었다는 점을 염두에 둔다면, 이러한 조사결과는 그동안온난화의 영향이 한반도에 큰 영향을 미치고 있다는 사실을 뒷받침하는 것으로 판단된다.

Table 2. Warmth index (WI) and coldness index (CI) of the Mountain adjacent the Dongyeong herb garden in Chilgok

Period	WI (°C)	CI (°C)
2013.7~2014.6	110.3004	-10.24533
2014.7~2015.6	104.1422	-13.8918
Mean	107.2213	-12.06857

4. 결 론

구미 금오산 남쪽 산지에 약초원 건설을 추진 중인 부지

(동영부지)에 자동기상관측장치를 설치하여 2년간 기상 관측을 수행하였다. 그 자료를 분석하여 다음과 같은 결 론을 얻었다.

첫째, 동영부지의 기온과, 습도를 분석한 결과 그곳에서 가장 인접한 기상관측소인 구미기상대에 비하여 기온이 낮고 습도가 높은 것이 확인되었는데, 이러한 차이는 관측현장의 자료가 해발 180 m 고도에서 얻어진 것이어서 고도차의 효과에 기인하는 바가 어느 정도 있을 것으로 판단된다. 아울러 두 지역 간의 차이가 삼림의 증발산효과가 큰 여름철에 컸고, 증발산효과가 작은 겨울철에 작게 나타났다는 사실로부터, 두 지역 간의 기온과 습도차이는 구미지역의 도시화효과보다 동영부지의 삼림의증발산효과가 더 크게 영향을 미친 결과에도 기인하는 것으로 판단된다.

둘째, 동영부지의 기온자료를 이용하여 온난지수와 한랭지수를 조사한 결과, 우리나라 중부 지역의 산간 지 방에 상당하는 그곳의 기후조건이 온대기후대 중에서 가 장 기온이 높은 영역에 해당하는 난온대 기후구역으로 판단되었다. 과수 적합도 평가로는 이미 사과재배지로서 는 적합 영역을 넘어서는 고온 지역으로 판단되었다. 이는 한반도에 지구온난화의 영향이 실제로 크게 미치고 있다는 사실을 입증할 수 있는 관측 적 실례로 판단된다.

향후 지속적인 관측을 통하여 자료가 집적되면 온난화에 따른 우리나라의 삼림과 과수 및 곡물의 실질적인 북쪽으로의 이동속도를 판단하는 데에 귀중한 자료를 제 공할 수 있을 것으로 판단된다. 이곳에는 곡물재배가 없고 관측 자료의 축적 기간이 짧아서 곡물의 적합지 판단에 주로 사용되는 유효적산온도를 이번 연구에서는 제시하지 않았지만, 장래 관측 자료가 축적되면 유효적산온도의 변화를 평가하는 연구도 수행할 예정이다.

감사의 글

이 연구는 계명대학교 『동영학술림 정책연구과제』의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Kim, H. D., Lee, S. O., Goo, H. S., 2003, On the warming effects due to artificial constructions in a large housing complex, J. Environ. Sci., 12, 705-713.
- Kim, J. H., 2012, Residues of dioxins in soil cultured Ginseong of North Gyeongbuk, J. Environ. Sci., 21, 451-459.
- Lim, J. S., Lee, B. Y., Kim, H. D., Kim, H. Y., Hwang, S. J., 2009, An Observational study on the change of micro-climatological environment due to deforestation,

- J. Kor. Earth. Sci. Soc., 30, 185-195.
- Lee, S. H., 2012, Climatology, Purungil Press, Seoul, 276-343.
- Lee, S. J., Ahn, Y. H., 2013, Change prediction for vegetation structure, species diversity, and life-form of evergreen broad-leaved forest by climate change in Gageo-Do island, Korea, J. Environ. Sci., 22, 979-998.
- Harazawa, H., Nishioka, S., 2003, Global warming and Japan, Kokin Press, 411.
- Hujibe, H., Urban climate change and abnormal weather, Aasakusa Press, 161.
- Kai, K., 2012, Two warming phenomenon Global warming and heat island -, Seisato Press, Tokyo, 298.
- Mizukoshi and Yamashita, 1993, Introduction to Climatology, Kokin Press, 144.
- Okamoto, K., 1997, The Prospect of surface warming-Relation with ecosystem, Study Group for Climate Impact and Application Newsletter, 13, 67-71.
- Smit, B., Burton, I., Kelin, R. J. T., Street, R., 1999, The Science of adaptation: A Framework for assessment, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 4, 205-213.
- Yoshiro, R. O., 1971, Nature from the ecological viewpoint, Kawadeshobou Press, 259.
- Yoshino, M. M., 1979, Winter and summer monsoon and the navigation in east Asia in historical age, Geo Journal, 3, 161-169.