

아고산 지역의 구상나무 분포 변화에 관한 연구*

김남신¹⁾ · 이희천²⁾

¹⁾ 국립생태원 · ²⁾ 국립공원관리공단

A Study on Changes and Distributions of Korean Fir in Sub-Alpine Zone*

Kim, Nam-Shin¹⁾ and Lee, Hee-Cheon²⁾

¹⁾ National Institute of Ecology, ²⁾ Korea National Park Service.

ABSTRACT

This study was carried out to analysis change of distribution and habitat location environment of Korean Fir which is typically vulnerable species by the climate change in Mt. Jiri and Halla. Korean Fir was decreased 18% during 27 year since year 1981, Mt. Halla was 34% during 15 years since year 1988. In the same periods, Temperature change was increased from 8.56 to 9.36°C, from 11.2 to 12.1°C. Distribution changes by the elevation showed higher change ratio 1,400 ~ 1,600m in Mt. Jiri and 1,200 ~ 1,900m in Mt. Halla. Changes of Korean Fir each slope aspects was high 180 ~ 360° in Mt. Jiri, 45° in Mt. Halla. In slope was 30° in Mt. Jiri and 20° in Mt. Halla. Changes by reliefs was 12 in Mt. Jiri, 0 or 15 in Mt. Halla, and Sites of Korean Fir was convex slopes both of two areas. Changes by soils was in the good drainage textures.

Key Words : *Korean Fir, Climate change, Mt. Jiri, Mt. Halla, Vulnerable species, Distribution change, Habitat location environment.*

* 본 연구는 2012년도 환경부 “국가장기생태연구”사업의 지원으로 수행되었음.

First author : Kim, Nam-Shin, National Institute of Ecology,
Tel : +82-41-950-5314, E-mail : kns9027@dreamwiz.com

Corresponding author : Lee, Hee-Cheon, Korea National Park Service,
Tel : +82-063-583-2064, E-mail : ssju86@hanmail.net

Received : 16 August, 2013. **Revised** : 8 October, 2013. **Accepted** : 24 September, 2013.

I. 서론

환경문제와 사회적 공감대가 폭넓게 인식하게 된 것은 20세기 후반부터이다. 환경문제에 대한 연구와 논의는 전에도 있었지만 지구상에 살고 있는 인간의 영역에 영향을 미치기 전까지는 심각한 수준에서의 논의는 없었다.

지구환경변화가 우리에게 지대한 관심사가 된 것은 기후 즉, 자연환경의 변화로 인해 직간접적으로 인류에게 피해를 주거나 경제적인 비용지출 문제가 발생하면서 부터이다. 기후 변화로 인해 지구에서 발생하는 기상이변에 의한 자연재해, 양극지방의 해빙, 해수면 상승, 농업의 불안정화, 수산물 어획의 변화, 에너지 소비량 증가 등은 우리에게 재난을 일으키고 문제해결을 위해 막대한 비용지출을 요구하고 있다.

기후변화는 특정 국가의 문제가 아니다. 자연환경 구성요소 중에 순환적인 요소의 변화로 발생하는 기후변화는 대기와 해양에 영향을 주기 때문에 지구 곳곳에 영향을 미칠 수밖에 없다.

그간 기후환경 변화에 대해 주로 지구적인 스케일에서 연구가 되었지만 이제는 지역 내에서 구체적으로 어떠한 변화가 일어나고 있는지 논의해야 할 때가 왔다. 지역적인 단위에서 환경문제는 국가마다 여러 분야에서 발생하고 있으며 그에 대한 구체적인 조사와 연구를 통해서 변화에 대해 인과관계를 찾고 문제 해결을 위한 대안을 제시할 수 있을 것이다.

우리나라는 국토면적에 비해 산지비율이 높고 반도국가로서 바다와 접하고 있다. 따라서 해양의 영향을 받는 해안지역에서 기후환경변화와 산지에서의 변화 그리고 위도별 변화의 특징이 잘 나타나는 지역이다(Lee and Hong, 1995; Park 등, 1998). 따라서 우리나라 환경요소의 주요 지표들을 활용하면 환경문제를 이해하고 해법을 제시하는데 좋은 결과를 제시

할 수 있다.

본 연구의 주요 관심사인 산지지역은 지구 온난화에 따른 기온의 수직적 상승이 잘 반영되는 지역이다. 기온의 수직적 상승은 온난화에 따라 고산지역에서 고도별 기온분포대가 상승함으로써 생태계의 교란은 물론 생물 서식환경의 변화로 서식지의 이동, 고사, 이종침입, 해충이나 질병의 출현으로 인한 변화 등을 일으킨다(Stokes and Smiley, 1968; Lee 등, 2008; Yun 등, 2010).

이러한 현상은 현재 우리나라의 산지지역 전반에 걸쳐 일어나고 있을 것으로 추정된다. 하지만 이러한 변화에 대한 연구가 시작된 지 얼마 되지 않았기 때문에 구체적인 자료로서 확인하기는 힘들다.

국토생태계에서 기후변화에 대한 반응을 연구하기 위해서는 지표종을 찾아 지속적 모니터링에 의한 연구가 필요하다. 자연계는 다양한 종들이 분포하고 종마다 기후변화의 민감도가 다르기 때문에 전수조사를 할 수 없다. 기후변화에 민감종들은 한랭한 환경을 선호하는 식생이 일반적이다(Koo 등, 2001; Lee and Cho, 1993).

우리나라에서 이러한 종들 중에 대표적인 것이 구상나무(Korean Fir)이다. 구상나무는 상록 침엽수로 신생대 제4기 한반도 주빙하기후 환경하에 서식하던 고유종이다. 구상나무는 간빙기에 접어들면서 한반도의 온난한 저지대에서는 사라지고 현재 해발 1,000m 이상의 일부 고산지역에 남아 있는 대표적인 기후변화 민감종이라고 할 수 있다(Schweingruber, 1988; Kim and Choo, 2000; Kong 등, 2009).

현재 구상나무의 분포는 지리산, 한라산, 덕유산, 가야산 등지에 서식지가 확인되었으며 군락단위 분포는 지리산과 한라산이다(Park and Seo, 1999). 최근 수십 년에 걸쳐 지리산과 한라산의 구상나무 군락이 원인 모르게 고사하는 현상이 발생하고 있다. 이에 대한 원인

구명을 위한 연구들이 꾸준히 지속되고 있지만 현재까지의 결론은 온난화에 따른 생육환경의 변화로 고사되고 있는 것으로 해석되고 있다.

본 연구에서는 지리산과 한라산 지역에 분포하는 한반도 기후변화에 대표적 민감종인 구상나무를 대상으로 변화와 서식지 입지환경을 분석하고자 하였다.

II. 지리산과 한라산 구상나무 분포지역의 현황

지리산과 한라산의 구상나무는 해발 1,000m 이상의 지역에 분포한다. 구상나무는 개체로서도 존재하지만 군락단위로 집단 분포지를 이룬다(Figure 1).

현장에서 확인되는 구상나무 군락지역은 고사하고 있는 것을 확인할 수 있다(Figure 2, 3). 지리산에서 구상나무 분포지역은 반야봉에서

천황봉일대 능선지역을 따라 분포한다. 해발고도는 1,700~1,900m로 아고산지역에 해당되는 곳이다. 한라산에서 구상나무는 백록담을 중심으로 북서사면, 남서사면, 북사면의 계곡 주변 능선부를 따라 분포한다. 해발고도는 1,800m 지역을 중심으로 나타나고 있다. 공통적으로 이들 지역은 구상나무의 고사는 물론 이종의 침입이 진행되고 있다(Figure 2, 3).

III. 연구내용 및 방법

지리산과 한라산의 아고산대 구상나무 분포 변화와 환경적 요인을 분석하기 위해 고도분포도(DEM), 토양도, 식생도, 하계망도, 기온자료, 항공사진 및 위성사진을 사용하였다.

DEM, 식생도, 하계망도, 토양도는 구상나무 분포지의 입지환경을 분석하기 위해 사용하였고, 기온자료는 연구지역의 기온변화 분석, 그

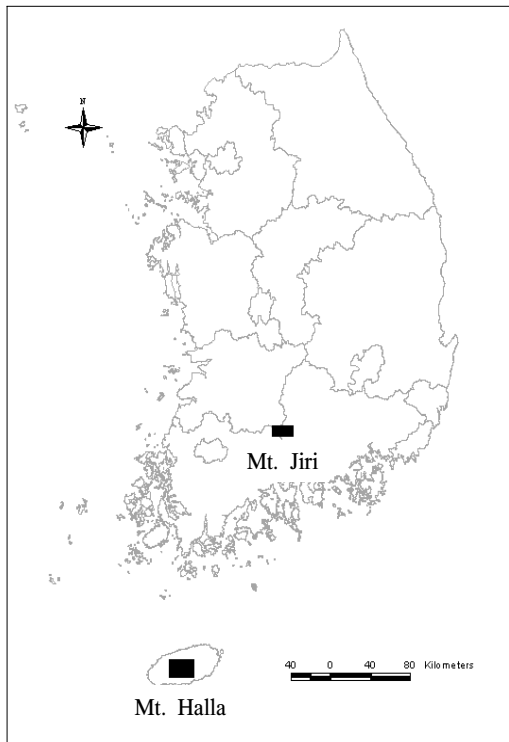


Figure 1. Study area.



Figure 2. Korean Fir, Mt. Jiri.



Figure 3. Korean Fir, Mt. Halla.

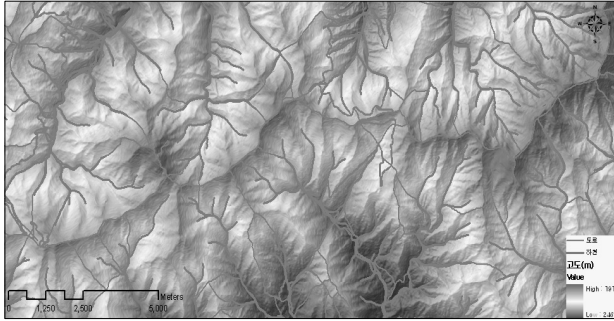


Figure 4. Research boundary, Mt. Jiri.

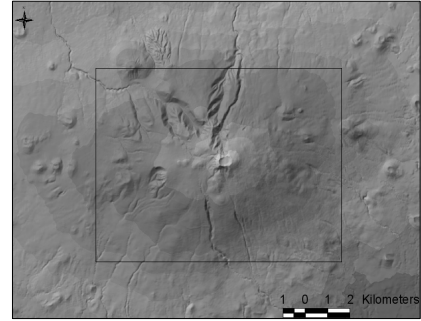


Figure 5. Research boundary, Mt. Halla.

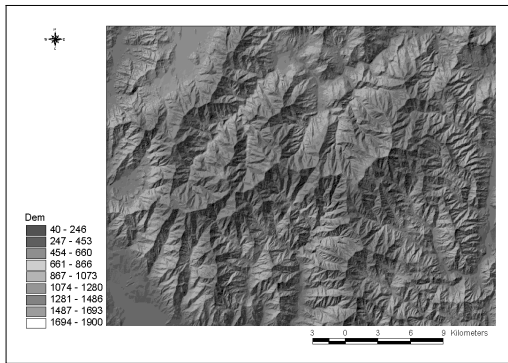


Figure 6. DEM of Mt. Jiri.

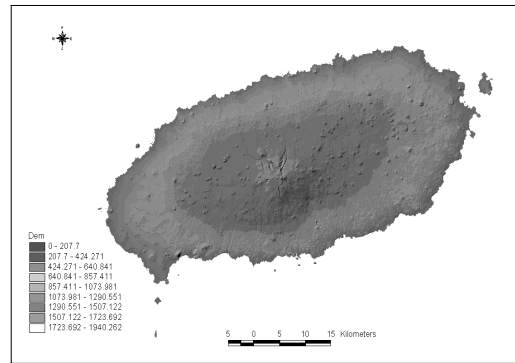


Figure 7. DEM of Jeju.

리고 항공사진과 위성사진은 구상나무 분포지역의 변화를 지도화하기 위해 사용하였다.

DEM은 지리산과 한라산 구상나무 분포지역의 고도, 경사도, 향, 지형기복량을 분석하기 위해 사용하였다. 토양도는 연구지역의 토성별 분포와 구상나무의 분포관계를 분석하기 위해 사용하였다. 식생도와 하계망은 연구지역의 개괄적 특징을 파악하기 위한 보조 자료로 이용하였다. 기온자료는 연구지역이 30년간 기온변화를 월별 기온감률에 따른 변화를 분석하였다.

지리산지역의 분포는 항공사진을 이용하여 분석하였는데 시기는 1981년과 2007년 자료를 사용하였다. 한라산은 1988년과 2002년 Landsat 위성을 사용하여 분석하였다. 지리산 지역은 항공사진 영상분석에 의한 방법으로는 이종식생들과 혼재하기 때문에 분리가 잘되지 않는

다. 따라서 입체시하여 canopy 특징을 분석한 후, 이미지 segmentation을 과정을 거쳐 구상나무 분포지역을 추출하였다. 한라산 지역은 Landsat에서 NDVI를 분석한 후, 고해상도 영상과 영상대조를 거쳐 구상나무 분포지역을 추출할 수 있었다.

IV. 결과 및 고찰

1. 지리산지역 구상나무 분포

지리산에서 27년간 구상나무 분포지역 변화는 262ha에서 216ha로 18% 감소한 것으로 분석되었다(Figure 8, 9). 지리산 구상나무 지역은 저지대의 산지에서 식생대가 고산지역까지 연속되기 때문에 구상나무 분포지역에도 다양한 침엽수와 함께 군락이 분포하는 것으로 나타났다.

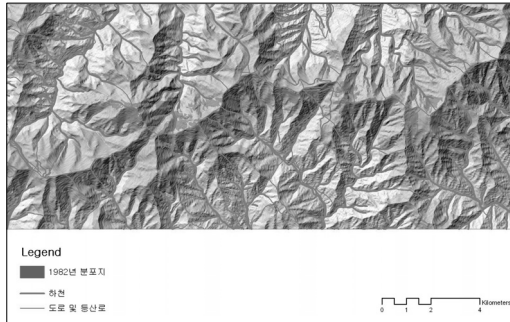


Figure 8. Korean Fir, year 1981.

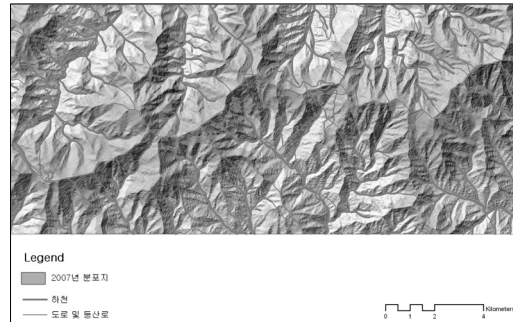


Figure 9. Korean Fir, year 2007.



Figure 10. Korean Fir withering, ChilseonBong, Jiri.

분포지역 규모 변화는 크게 차이를 보이지 않지만 구상나무 밀도의 변화가 큰 것으로 드러났다. 이는 구상나무 군락지역에서 진행되고 있는 고사가 군집 내에서 개체단위로 진행되고 있어 분포지역 변화보다는 밀도가 감소한 것으로 해석된다. 야외조사에서 구상나무가 고사하는 지역은 신갈나무림으로 대체되고 있는 것으로 나타났다(Figure 10).

지리산 구상나무 분포지역의 기온변화는 27

년간 0.8°C 상승하였고, 온량지수도 상승한 것으로 나타났다(Table 1). 이는 지구온난화가 고산지역에도 영향을 미치고 있는 것으로 해석할 수 있다.

2. 한라산지역 구상나무 분포

한라산지역은 해발 1,100m 이상 초원지역에 구상나무 분포지역이 나타난다. 구상나무는 1988년에 175ha에서 2002년 117ha로 15년간 34%나 감소하였다(Figure 11, 12).

같은 기간 기온은 0.9°C, 온량지수가 상승한 것으로 분석되었다(Table 1). 하지만 영상분석에서 초지가 4,728ha에서 4,780ha로 2%나 증가하였고, 나대지는 1,860ha에서 2,387ha로 23% 증가하였다. 결과적으로 구상나무가 사라지는 지역은 초지와 무임목지인 나대지로 대체되고 있는 것으로 판단된다. 주요 감소지역은 한라산 정상에서 서남부와 북부지역이 감소율이 뚜렷한 것으로 분석되었다.

Table 1. Change of Mt. Jiri and Halla.

Region	Year	Decrease		Temperature	Warm index
		Area(ha)	Decreasing ratio(%)		
Mt. Jiri	1981	262	18	8.56	74
	2007	216		9.36	79
Mt. Halla	1988	175	34	11.2	86
	2002	117		12.1	89

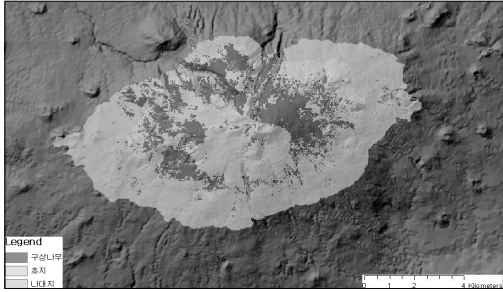


Figure 11. Korean Fir, year 1988.

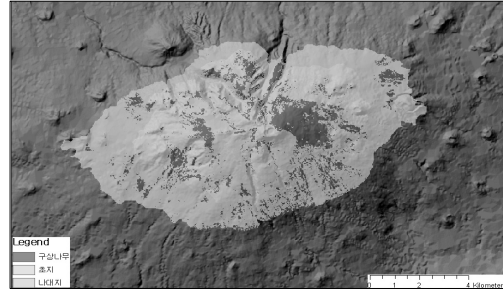


Figure 12. Korean Fir, year 2002.

3. 분포지역의 환경인자 분석

구상나무 분포지역의 환경인자 분석은 서식지의 입지로서 생육환경 요인이 된다. 따라서 환경인자는 구상나무의 변화에 대한 원인을 밝히는데도 도움이 된다.

환경인자 중 고도별 분포는 지리산은 분포지역이 1,400m 지역이 가장 높은 비중이 보인다(Figure 13, 14). 감소율이 큰 지역은 1,200m 지역과 1,600m, 1,800m 지역에서 나타났다. 한라산도 1,400m 지역에서 가장 높은 분포를 차지하나 감소율은 1,200~1,900m 지역에 걸

쳐 나타나고, 오히려 1,100 지역에서는 증가하는 경향으로 분석되었다.

기온별 분포는 지리산은 7.4~8.1°C에 분포지역이 비중이 높고, 변화는 7.0~9.2°C에 진행되었다(Figure 15, 16). 기온별로는 8.1~8.8°C 구간에서는 2007년에는 분포하지 않는 것으로 분석되었다. 한라산은 10.3~12.3°C 사이에 분포 비중이 높았고, 변화는 9.0~12.3°C에 분포하던 구상나무 지역이 2002년에는 12.3°C 이상에서는 사라진 것으로 나타났다.

사면방향별 분포는 지리산에서는 방향에 따른

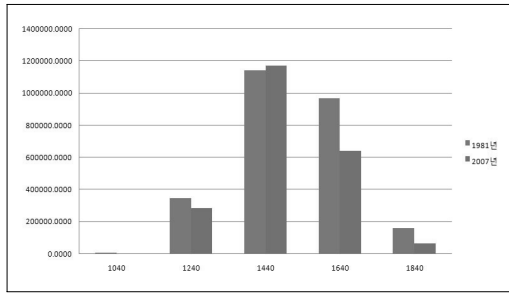


Figure 13. Distribution rate of Korean Fir, Mt. Jiri.

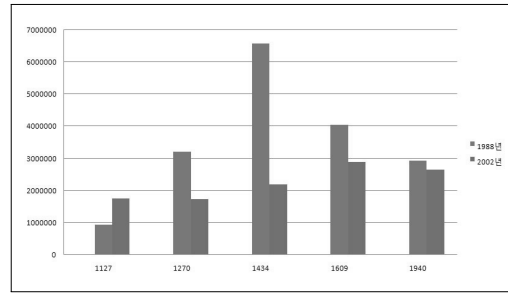


Figure 14. Distribution rate of Korean Fir, Mt. Halla.

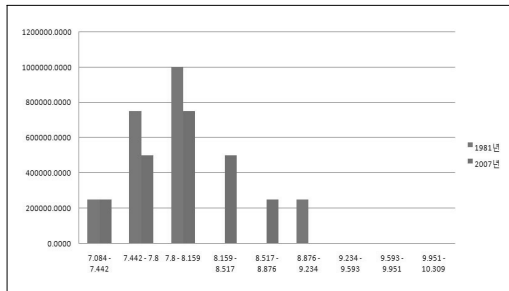


Figure 15. Distribution rate of Korean Fir, Mt. Jiri.

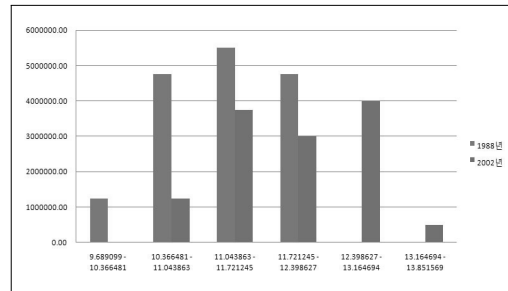


Figure 16. Distribution rate of Korean Fir, Mt. Halla.

Table 2. Environmental factors of Korean Fir Sites, Mt. Jiri and Halla.

Mt. Jiri			Mt. Halla		
Elevation(m)	Year 1982	Year 2007	Elevation(m)	Year 1988	Year 2002
1040	5650.00	3225.00	1127	934088.00	1753650.00
1240	344075.00	284650.00	1270	3201890.00	1738220.00
1440	1143375.00	1171800.00	1434	6573540.00	2189010.00
1640	969425.00	639800.00	1609	4049880.00	2889170.00
1840	158425.00	67050.00	1940	2923290.00	2652810.00
Slope(°)					
Slope(°)	Year 1982	Year 2007	Slope(°)	Year 1988	Year 2002
10	46200.00	52075.00	10	3765590.00	3750160.00
20	423175.00	352925.00	20	9150810.00	6111370.00
30	1192775.00	956225.00	30	2807950.00	894287.00
40	850475.00	704075.00	40	1635060.00	389068.00
50	106550.00	99700.00	50	302969.00	74727.00
60	1775.00	1525.00	60	20306.30	3249.00
Aspect(°)					
Aspect(°)	Year 1982	Year 2007	Aspect(°)	Year 1988	Year 2002
45	186550.00	194050.00	45	3037820.00	1715470.00
90	204400.00	257450.00	90	1657800.00	1795880.00
135	292575.00	251775.00	135	1583080.00	1890920.00
180	409575.00	307100.00	180	1402760.00	1983510.00
225	415600.00	313700.00	225	1470170.00	1145270.00
270	397600.00	263650.00	270	2768150.00	886977.00
315	391050.00	279825.00	315	3077620.00	913781.00
360	323600.00	298975.00	360	2685300.00	891038.00
Reliefs					
Reliefs	Year 1982	Year 2007	Reliefs	Year 1982	Year 2002
-16	150.00	200.00	0	10209200.00	6546740.00
12	2620325.00	2166025.00	8	812.25	4600580.00
40	425.00	275.00	15	7320000.00	
68	50.00	25.00			
Temperature(°C)					
Temperature(°C)	Year 1982	Year 2007	Temperature(°C)	Year 1988	Year 2002
7.084 ~ 7.442	250000.00	250000.00	9.68 ~ 10.36	1250000.00	
7.442 ~ 7.8	750000.00	500000.00	10.36 ~ 11.04	4750000.00	1250000.00
7.8 ~ 8.159	1000000.00	750000.00	11.04 ~ 11.72	5500000.00	3750000.00
8.159 ~ 8.517		500000.00	11.72 ~ 12.39	4750000.00	3000000.00
8.517 ~ 8.876		250000.00	12.39 ~ 13.16		4000000.00
8.876 ~ 9.234	250000.00		13.16 ~ 13.85		500000.00
9.234 ~ 9.593					
9.593 ~ 9.951					
9.951 ~ 10.30					

시기별 분포의 차이는 크지 않았으며, 전 사면에 걸쳐 감소한 것으로 분석되었다(Table 2). 반면에 한라산은 1988년에는 45~360°에서 분포비중에 높았지만 2002년에는 전체적으로 감소하면서 분포의 차이는 보이지 않았다.

지리산의 경사도별 분포는 30~40°가 가장 높은 비중을 차지하였고 감소율은 20~40°에서 낮아지는 것으로 나타났다. 한라산은 20°에서 분포가 높았고, 감소율은 10~50° 전 구간에 걸쳐 감소한 것으로 분석되었다.

마지막으로 기복별 분포를 분석 결과 지리산은 12정도의 기복 지역에서 한라산은 0~6 기복지역에서 분포와 변화율이 큰 것으로 나타났다. 기복은 토양내 수분양을 결정하는 것으로 수분유지와 배수가 어느 정도 유지될 수 있는 저기복 지대에 구상나무가 서식하고 있는 것으로 분석되었다.

V. 결 론

구상나무는 우리나라의 제주도, 지리산, 덕유산, 가야산 등 고산지역에 분포하는 토착종이다. 최근 수십년간 구상나무는 아고산지역에서 기후변화로 감소하고 있다. 본 연구는 기후변화에 따른 구상나무 군락의 감소에 따른 분포지 변화와 서식지 환경입지적 요인을 분석하고자 하였다. 연구결과, 지리산은 구상나무 지역이 1981년 이후 27년간 18% 감소하였고, 제주도는 1988년 이래 15년간 34% 감소하였다.

토지이용 항목 중에 제주도는 초지가 2%증가하였고, 나대지가 23% 증가한 것으로 분석되었다. 특히, 나대지의 증가는 고산지역 기온 상승에 따른 토양환경의 불안정화, 즉 유기물과 토양수분 감소로 인해 확대된 것으로 해석된다. 두 지역 구상나무 분포지는 이종으로 대체되고 있는 것으로 나타났다. 두 지역의 기온 변화는 각각 8.56°C에서 9.36°C로, 11.2°C에서

12.1°C로 상승하였다. 고도별 분포변화가 많이 발생한 곳은 지리산 1,400~1,600m, 제주도는 1,200~1,900m에서 나타났다. 사면방향별 변화는 지리산 180~360°, 제주도는 45°, 270~360° 사면에서 높았다. 경상도에서는 지리산 30°, 제주도는 20°에서 변화가 컸다. 기복별 분포 변화는 지리산은 12, 제주도는 0, 15에서 두 지역 모두 불룩한 사면에 구상나무가 분포하며, 토양수 배출이 잘되는 지역에서 변화가 큰 것으로 분석되었다.

기후변화에 따른 고산식생의 감소는 그 원인이 생장환경 변화도 있지만, 이종침입, 기온 상승에 따른 질병의 발생 등 다양할 수 있다. 구상나무 군락이 감소하는 원인 규명을 위해서는 다양한 측면의 접근이 이루어져야 할 것이다.

인 용 문 헌

- Kim, G. T. and Choo, G. C. 2000, Comparison of growth condition of *Abies koreana* Wilson by districts. *Kor. J. Env. Eco.* 14 : 80-87.
- Kong, W.-S. · Lee, S. G. · Park, H. N. 2009, Species distribution which vulnerable to climate change and temperature, *Journal of the Korean Geographical Society*, 15-16. (in Korean)
- Koo, K. A. · Park, W. K. and Kong, W. S. 2001, Dendrochronological analysis of *Abies koreana* W.at Mt. Halla, Korea : Effects of climate change on the growth. *Korean J. Ecol.* 24 : 281-288.
- Lee, C. S. and Cho, H. J. 1993, Structure and dynamics of *Abies koreana* Wilson community in Mt. Gaya. *Korean J. Ecol.* 16 : 75-91.
- Lee, S. H. · Heo, I. H. · Lee, K. M. · Kim, S. Y. · Lee, Y. S. and Kwon, W.-T. 2008, Impacts of Climate Change on Phenology and Growth of Crops : In the Case of Naju, *Journal of*

- the Korean Geographical Society, 43(1), 20-35.
(in Korean)
- Lee, T. B. 2003. Coloured flora of Korea. Hyangmunsa. Seoul. Lee, Y. W. and S. C. Hong, 1995, Ecological studies on the vegetational characteristics of the *Abies koreana* forest. Jour. Korean For. Soc. 84 : 247-257.
- Park, W. K. and Seo, J. W. 1999, A dendroclimatic analysis on *Abies koreana* in Cheonwang-bong area Mt. Chiri, Korea. The Korean J. Quater. Res.13 : 25-33.
- Park, W. K. · Vaganov, E. A. · Shashkin, A. V. and Pusingha, P. 1998. Influence of global warming on radial growth in Korean conifers : simulation model using intra-annual variations of tracheid dimensions. IAWA. J. 194 : 474.
- Schweingruber, F. H. 1988, Tree Rings : Basics and application of dendrochronology. Kluwer Academic Pub., Dordrecht. Netherlands. 276. species from different altitude. Plant Cell Environ. 19 : 138-146.
- Stokes, M. A. and T. L. Smiley. 1968, An introduction to tree ring dating. University of Chicago Press, Chicago.
- Yun, J. H. · Kim, J. H. · Oh, K. H. and Lee, B. Y. 2010, Vertical distribution of vascular plants in Jungsanri, Mt. Jiri by temperature gradient. Kor. J. Env. Eco. 24 : 680-707.