

## 양상블 기후 시나리오 자료를 활용한 우리나라 잣나무림 분포 적지 전망\*

김재욱<sup>1)</sup> · 정휘철<sup>1)</sup> · 전성우<sup>2)</sup> · 이동근<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 한국환경정책·평가연구원 · <sup>2)</sup> 고려대학교 환경생태공학부

<sup>3)</sup> 서울대학교 조경·지역시스템공학부

## Predicting the Potential Distribution of Korean Pine (*Pinus koraiensis*) Using an Ensemble of Climate Scenarios\*

Kim, Jaekuk<sup>1)</sup> · Jung, Huicheul<sup>1)</sup> · Jeon, Seong Woo<sup>1)</sup> and Lee, Dong-Kun<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Korea Environment Institute,

<sup>2)</sup> Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University,

<sup>3)</sup> Dept. of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University.

### ABSTRACT

Preparations need to be made for Korean pine(*Pinus koraiensis*) in anticipation of climate change because Korean pine is an endemic species of South Korea and the source of timber and pine nut. Therefore, climate change adaptation policy has been established to conduct an impact assessment on the distribution of Korean pine. Our objective was to predict the distribution of Korean pine while taking into account uncertainty and afforestation conditions. We used the 5th forest types map, a forest site map and BIOCLIM variables. The climate scenarios are RCP 4.5 and RCP 8.5 for uncertainty and the climate models are 5 regional climate models (HadGEM3RA, RegCM4, SNURCM, GRIMs, WRF). The base period for this study is 1971 to 2000. The target periods are the mid-21st century (2021-2050) and the end of the 21st century (2071-2100). This study used the MaxEnt model, and 50% of the presences were randomly set as training data. The remaining 50% were used as test data, and 10 cross-validated replicates were run. The selected variables were the annual mean temperature

\* 이 논문은 2014년 기후변화대응 환경기술개발사업의 지원으로 수행되었음(과제번호: 2014001310005).

**First author** : Kim, Jaekuk, Korea Environment Institute, 370, Sicheong-daero, Sejong-si 339-007, Korea,  
Tel : +82-44-415-7853, E-mail : jukim@kei.re.kr

**Corresponding author** : Jung, Huicheul, Korea Environment Institute, 370, Sicheong-daero, Sejong-si 339-007, Korea,  
Tel : +82-44-415-7813, E-mail : hchjung@kei.re.kr

**Received** : 12 March, 2015. **Revised** : 29 April, 2015. **Accepted** : 27 April, 2015.

(Bio1), the precipitation of the wettest month (Bio13) and the precipitation of the driest month (Bio14). The test data's ROC curve of Korean pine was 0.689. The distribution of Korean pine in the mid-21st century decreased from 11.9% to 37.8% on RCP 4.5 and RCP 8.5. The area of Korean pine at an artificial plantation occupied from 32.1% to 45.4% on both RCPs. The areas at the end of the 21st century declined by 53.9% on RCP 4.5 and by 86.0% on RCP 8.5. The area of Korean pine at an artificial plantation occupied 23.8% on RCP 4.5 and 7.2% on RCP 8.5. Private forests showed more of a decrease than national forests for all subsequent periods. Our results may contribute to the establishment of climate change adaptation policies for considering various adaptation options.

Key Words : *Uncertainty, Ensemble model, Climate change, Adaptation policy.*

## I. 서 론

잣나무는 전국의 표고 100~1,900m 사이에 분포하는 우리나라 고유 수종으로서 지리적으로는 중국 및 시베리아 지역까지 분포하는 대표적인 한대수종이다. 우리나라에서는 경기도 가평과 강원도 홍천지역에 많이 분포되어 있으며, 토심이 깊고 비옥하고 적윤한 토양에서 생장이 우수하며 내한성은 강하지만 건조 및 조해에 약한 특성을 가지고 있다(Korea Forest Research Institute, 2014).

우리나라의 대표적인 경제수종으로 이용되고 있는 잣나무는 최근 들어 건축용재인 일본잎갈나무(낙엽송)의 가격 상승으로 인하여 잣나무가 대체용재로 사용되기 때문에 제재용 원목 가격이 상승하고 있으며, 잣나무에서 생산되는 잣은 임산물 중 수실의 13.1%인 191억원의 생산액을 올리고 있다(Korea Forestry Promotion Institute, 2014; Korea Forest Service, 2014a).

한대수종인 잣나무는 기후요인에 많은 영향을 받을 것으로 예상되기 때문에 경제적 활용도를 높이기 위해서는 잣나무의 분포에 대한 영향 평가 결과를 바탕으로 기후변화 적응대책을 마련해야 한다(Kim, 2012; Chun, 2013).

잣나무와 관련된 국내 연구는 환경요인을 고려한 지위지수 추정과 적지 판정이 대부분이고

(Shin et al., 2006; Lee et al., 2012; Kim, 2013), 기후변화의 영향을 평가한 연구는 아직 미흡한 실정이다(Kim, 2012; Chun, 2013). 그러나 최근 들어 기후요소까지 반영한 지위지수 추정 및 적지 분포와 관련한 연구가 진행되기도 하였다(Korea Forest Research Institute, 2014). 해외에서는 기후 인자와 나이트 생장에 관한 연구가 많이 진행되었고(Ahmed et al., 2012), 분포와 관련된 연구는 부족한 것으로 나타났다(Rehfeldt et al., 2006).

생물종의 분포에 대한 정량적인 평가는 주로 종분포 모형을 이용해서 이루어지고 있는데(Kim et al., 2012; Jeon et al., 2014), 잣나무의 경우에는 조림수종이기 때문에 인공림 또는 경제수종으로서의 적지 등을 추가적으로 고려해야 할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 기후변화 적응대책 수립에 필요한 기초 자료를 도출하기 위하여 여러 가지 불확도 및 조림수종의 특징을 반영한 잣나무림 분포를 예측하였다.

## II. 연구방법

본 연구에서는 첫째, 잣나무림은 인공림에만 분포하고 둘째, 국유림과 사유림의 경계는 변하지 않고 셋째, 잣나무지위지수도 동일하다고 가정하였다. 잣나무림의 경우 조림수종이기 때문

에 기후변화 적응대책을 수립하기 위한 종분포를 예측할 때, 잣나무림이 분포하는 인공림 지역과 벌기령이 다르게 제시되고 있는 국유림, 사유림, 그리고 토지가 가지고 있는 임목의 생산능력을 의미하는 잣나무지위지수 등을 고려하였다.

잣나무림의 분포 현황을 분석하기 위해 5차 임상도에서 천연림과 인공림, 잣나무림을 추출하고, 산림입지도에서는 국유림과 사유림(공유림 포함), 잣나무지위지수를 이용하였다. 행정구역별 인공림과 국유림, 사유림에서 잣나무림이 차지하는 비율을 살펴보고, 현재 잣나무림이 분포하는 지역과 잣나무지위지수를 중첩하여 잣나무지위지수의 활용 가능성을 살펴보았다.

우리나라의 경우 대부분의 자료가 출현자료로 이루어져 있기 때문에 잣나무림 분포를 예측하기 위하여 출현자료 만으로도 설명력이 높은 Maxent 모형을 이용하였다(Phillips et al., 2006; Seo et al., 2008; Song and Kim, 2012).

종속변수인 잣나무림의 분포는 자기공간상관을 고려하여 5km 이상 떨어진 임의의 지점 300 곳을 5차 임상도에서 선정하였고, 독립변수로 기후요인을 생물학적으로 의미있게 활용할 수 있도록 만들어진 Bioclim 변수와 잣나무림의 공간적인 분포특성을 고려하기 위한 지형(고도, 경사, 향) 및 토양 변수(토심, 토양배수, 유기물, 토성)를 활용하였다.

출현 자료의 50%를 이용하여 Maxent 모형으로 잣나무림 분포를 예측하였고, 모형의 적합성을 검증하기 위하여 10회 반복하였다. 관측된 값과 예측된 값의 평균이 최소가 되는 “Maximum training sensitivity plus specificity” 값을 기준으로 출현(1)/비출현(0) 자료로 변환하였으며, 불확실성을 고려하기 위하여 10회 반복된 값을 중첩하여 확률로 나타내었다(Hu and Jiang, 2011; Tronstad and Andersen, 2011; Heibl and Renner, 2012; Ayebare et al., 2013; Jeon et al., 2014).

잣나무림의 분포를 예측하기 위한 현재의 기

준년도는 1971~2000년까지 30년 평균 자료를 이용하였고, 미래의 목표연도는 2021~2050년(중기 미래)과 2071~2100년(장기 미래)으로 선정하였다.

미래의 불확도를 고려하기 위하여 온실가스 저감 정책에 상당히 실행될 것으로 예상하는 RCP 4.5와 현재 추세로 온실가스가 배출되는 것을 가정한 RCP 8.5 두 개의 시나리오를 이용하였고, 기후모형으로는 기상청 HadGEM3RA, 공주대학교 RegCM4, 서울대학교 SNURCM, 연세대학교 GRIMs, 부산대학교 WRF 등 5개 양상불 모형을 이용하였다.

본 연구에서는 행정구역별 결과, 인공림에서의 잣나무림 분포 결과, 국유림과 사유림에서의 잣나무림 분포 결과 등을 살펴보고 향후 기후변화 적응대책 수립을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 잣나무림의 분포 현황

우리나라 잣나무림과 관련된 현황을 살펴보기 위하여 인공림에서 잣나무림의 비중, 국유림과 사유림에서의 비율, 잣나무지위지수의 적용 가능성 여부 등을 분석하였다.

전국 산림을 소유별로 구분하면 사유림(공유림 포함)이 약 48,255km<sup>2</sup>(75.8%)를 차지하고 있으며, 국유림이 15,434km<sup>2</sup>(24.2%)로 나타났다(Korea Forest Service, 2014b). 인공림 지역의 임상을 살펴본 결과, 일본잎갈나무(낙엽송)가 가장 넓은 면적을 차지하고 있었으며 리기다소나무림, 잣나무림, 곰솔림(해송림), 밤나무림 순으로 나타났다. 그중 잣나무림은 약 16.7%를 차지하였다.

5차 임상도 기준 소유별 잣나무림 분포는 국유림에는 21.3%, 사유림에는 78.7%를 차지하는 것으로 나타났다. 구체적인 행정구역별로는 국유림 지역은 강원도가 가장 많은 11.5%이고 나머지 지역은 상대적으로 적은 비중을 차지하였

다. 사유림 지역에서는 경기도 지역이 26.3%, 강원도 지역이 25.5%이고 경상북도(7.3%), 충청북도(5.9%), 전라북도(5.4%) 순서로 조사되었다.

또한 잣나무림 조림과 관련해서 잣나무지위 지수를 검토하였는데 현재의 잣나무림 분포지역과 잣나무지위지수를 중첩한 결과, 잣나무지위지수는 6~17의 값을 나타내었으며 지위지수 12 이상인 지역이 잣나무림 전체 면적의 92.1%를 차지하는 것으로 나타났다.

중분포 모형은 주로 자연림이나 천연림을 대상으로 하는 모형이기 때문에 조림수종인 잣나무림을 직접적으로 활용한다면 잣나무림의 분포가능 면적이 현재의 분포 보다 넓게 나타날 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 자연림 지역에 인위적으로 잣나무림을 조성할 수 없다고 판단하여 인공림 지역으로 분포 범위를 한정하고 인공림 지역 중에서도 잣나무지위지수 12 이상인 지역만을 대상으로 잣나무림을 조림할 수 있다고 가정하였다.

## 2. 중분포 모델 분석 결과

잣나무림의 분포를 예측하기 위하여 Bioclim 변수를 이용하였다. 임의의 지점 300개 중 150

개를 Training point로 설정하고 10회 반복하여 변수를 선정한 결과, 연평균기온(Bio1), 가장 습한 달의 강수량(Bio13), 가장 건조한 달의 강수량(Bio14)이 선정되었다. 변수의 기여도를 살펴보면, 연평균기온이 가장 높은 65.0% 기여하였고, 강수량에서는 가장 습한 달의 강수량이 상대적으로 높은 26.7%로 나타났다.

잣나무림 분포와 3가지 기후변수를 이용한 예측모형의 Training AUC값은 0.903으로 높았으며, Test AUC값은 0.689로 나타났다.

잣나무림의 출현과 비출현을 구분하기 위한 임계값(Threshold)은 “Maximum training sensitivity plus specificity” 값을 기준으로 0.390~0.530을 적용하였고, 10회 반복된 결과를 중첩하여 현재 시기에서의 잣나무림의 분포를 확률로 예측하였다. 그리고 잣나무림의 분포 확률이 60% 이상인 지역을 잣나무림 면적으로 산출하였다.

그러나 잣나무림은 조림수종이기 때문에 소나무와 참나무류와 같은 자연림과 달리 현재의 인공림 지역과 잣나무지위지수가 12 이상인 지역을 제한요인으로 고려하여 잣나무림 분포 확률 및 면적과 중첩하였다.

5차 임상도상의 잣나무림 분포와 MaxEnt 모형을 이용해서 예측된 결과를 비교해 보면 공간

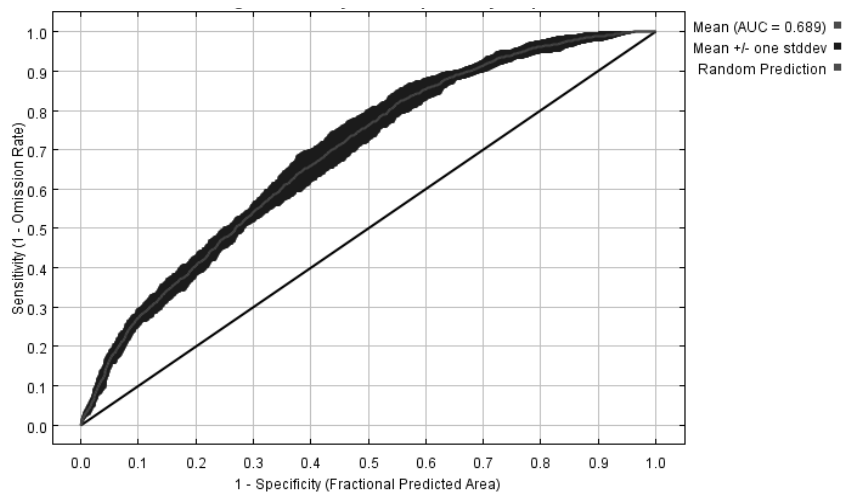


Figure 1. Average Sensitivity vs. 1 - Specificity of Korean pine (*Pinus koraiensis*).

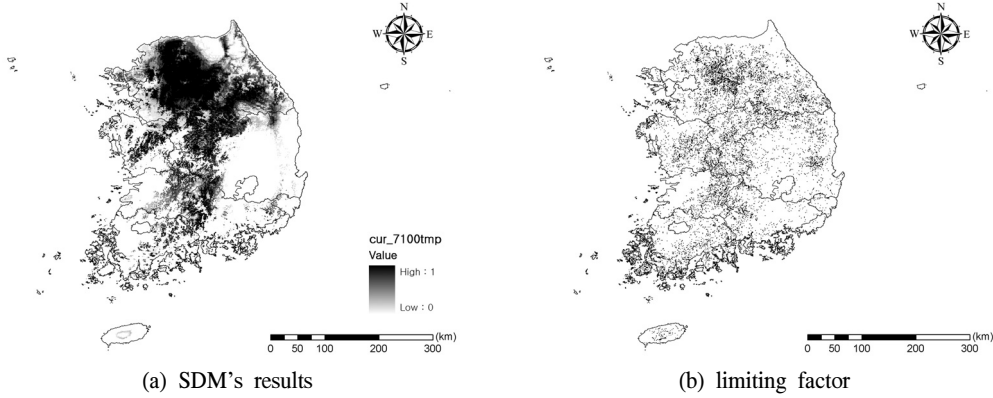


Figure 2. SDM's results and limiting factor of Korean pine (*Pinus koraiensis*).

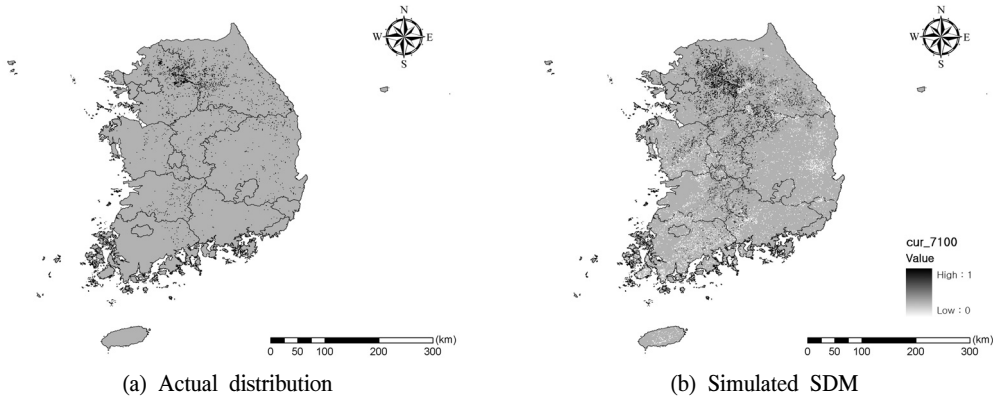


Figure 3. Actual distribution and simulated SDM of Korean pine (*Pinus koraiensis*).

적인 패턴은 유사하였으나, 잣나무림의 실제 면적 2,329km<sup>2</sup> 보다 약 2배 가량 넓은 4,654km<sup>2</sup>로 나타났다. 행정구역별 면적의 비율을 살펴본 결과, 경기도는 현재의 분포와 비슷하였으나 충청과 충남, 경남은 실제 보다 높았고 경북과 강원은 낮게 나타났다.

실제 잣나무림이 인공림에서 차지하는 비율은 16.7%로 나타났지만, 모형에서는 51.6%를 차지하여 약 3배 정도 높은 것으로 예측되었다. 이러한 결과는 잣나무림의 분포 면적이 모형에 의한 결과가 더 넓게 나타났기 때문으로 판단된다.

현재의 잣나무림 분포는 국유림에 21.3%, 사유림에 78.7%의 비율로 분포하고 있는데, 중분포 모형에 의한 결과에서도 국유림은 17.2%, 사

유림은 82.8%로 비슷한 경향이 나타났다.

### 3. RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오에 따른 중기 미래 예측

RCP 4.5를 이용한 중기 미래(2021~2050)의 우리나라 잣나무림 분포는 현재 보다 20.6~35.3% 가량 줄어들 것으로 예측되었다. 면적이 가장 많이 감소한 모형은 HadGEM3RA로 3,010km<sup>2</sup>를 차지하였으며, RegCM4 모형에서 상대적으로 분포지역이 넓게 나타났다. 인공림에서의 비율은 33.4~41.0%를 차지할 것으로 예측되었다.

5개의 기후모형을 종합한 잣나무림의 면적(MME5s)은 28.1% 감소한 3,346km<sup>2</sup>로 나타났고, 인공림에서 차지하는 비중은 37.1%를 차지

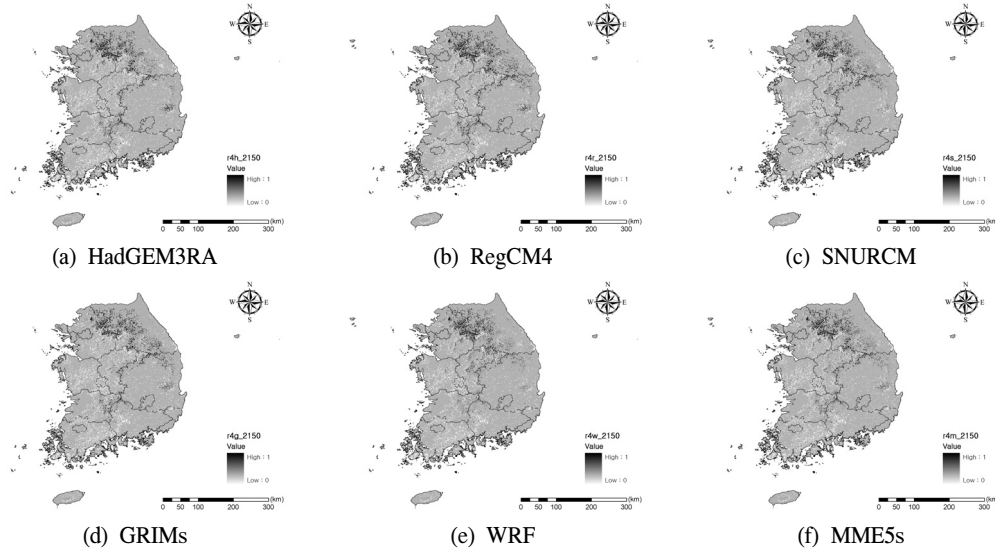


Figure 4. Distribution map of Korean pine(*Pinus koraiensis*) on RCP 4.5 Scenarios.

하였다.

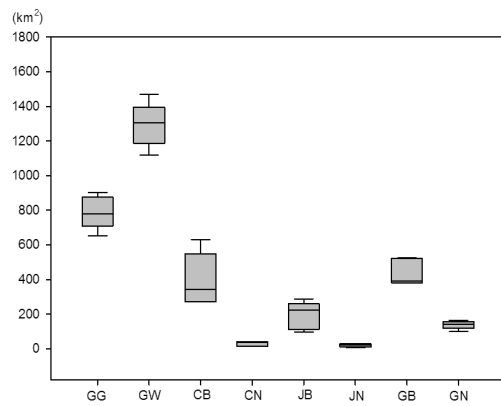
잣나무림의 현재 분포와 비교했을 때 RCP 4.5를 이용한 중기 미래(2021~2050)의 잣나무림은 국유림 24.8~31.2%, 사유림 68.8~75.2%를 차지할 것으로 예측되었다. 국유림에서는 모든 기후모형에서 면적이 증가하였으나, 사유림에서는 감소하는 결과가 도출되었다. 국유림에서 가장 좁은 면적이 나타난 모형은 WRF 모형이었으며, 가장 넓은 면적은 RegCM4 모형에서 나타났다. 사유림에서는 HadGEM3RA 모형에서 가장 좁은 면적이 나타났으며, RegCM4 모형에서 가장 넓은 면적이 예측되었다.

기상청에서 제공하고 있는 5개 모형을 종합한 결과는 국유림 29.5%, 사유림은 70.5%를 차지하였다. 현재시기와 비교한 결과, 국유림에서 잣나무림이 분포하는 비율이 높아지고 사유림에서는 낮아졌기 때문에 국유림에서의 잣나무림 분포에 대한 서식환경조건이 사유림 보다 더 좋아질 것으로 판단된다.

잣나무림 분포에 대한 강원과 충북지역의 모형별 불확도가 높게 나타났고, 충남과 전남은 비교적 낮은 불확도를 보였다. 대부분의 지역에

서는 잣나무림의 면적이 줄어들 것으로 나타났으나, 경북지역만 유일하게 모든 모형에서 면적이 증가하였으며, 강원, 전북지역은 일부 모형에서만 면적이 증가할 것으로 예측되었다.

RCP 8.5를 고려한 중기 미래(2021~2050)에서는 같은 시기의 RCP 4.5 보다 잣나무림 분포



※ GG: Gyeonggi province, GW: Gangwon province, CB: Chungbuk province, CN: Chungnam province, JB: Jeonbuk province, JN: Jeonnam province, GB: Gyeongbuk province, GN: Gyeongnam province

Figure 5. Area of Provincial-level divisions on RCP 4.5 Scenarios.

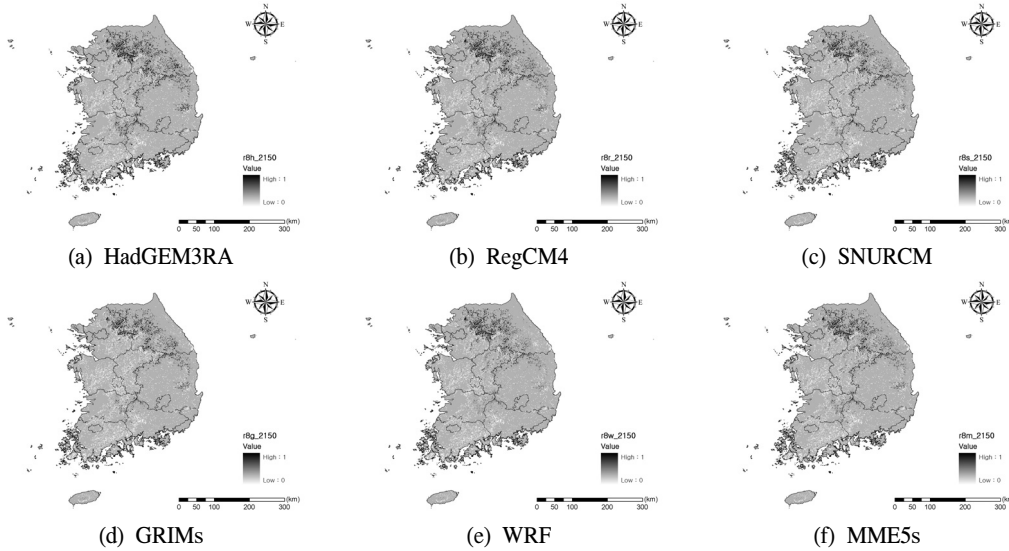


Figure 6. Distribution map of Korean pine (*Pinus koraiensis*) on RCP 8.5 Scenarios.

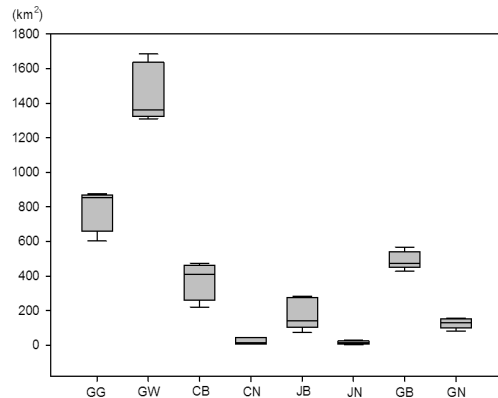
의 감소 폭이 넓게 나타났다. 기후모형별 약간의 차이는 있으나 잣나무림의 면적이 현재 보다 11.9~37.8% 정도 줄어들 것으로 예측되었는데, GRIMs 모형의 면적이 가장 많이 줄어들었으며, HadGEM3RA 모형에서는 다른 모형에 비해 상대적으로 조금 감소한 4,100km<sup>2</sup>로 나타났다. 인공림 내에서 잣나무림의 비율은 RCP 4.5와 비슷한 32.1~45.4%를 차지할 것으로 예측되었다.

5개의 기후모형을 종합한 잣나무림의 면적은 23.4% 감소한 3,566km<sup>2</sup>로 예측되었고, 인공림에서 차지하는 비중은 39.5%로 나타났다.

RCP 8.5 기후 아래에서 5개 기후모형을 살펴본 결과, RCP 4.5와 마찬가지로 국유림에서는 잣나무림 면적이 증가하고 사유림에서는 감소하는 경향이 나타났으며 전체적으로는 면적이 감소하였다. 국유림 지역에는 27.6~33.5%, 사유림 지역에는 66.5~72.4%의 비율을 차지할 것으로 나타났다. 기후모형 별로는 HadGEM3RA 모형이 국유림과 사유림 모두 잣나무림의 면적이 가장 넓게 나타났고, 국유림에서는 WRF 모형, 사유림에서는 GRIMs 모형이 상대적으로 가장 좁은 면적을 차지하였다. 불확도를 고려하기

위하여 5개 모형을 종합한 결과에서는 국유림이 31.0%, 사유림이 69.0%로 나타났다.

모형에 따른 불확도는 RCP 4.5와 비슷하게 나타났는데 강원과 경기, 충북지역이 높게 나타났고, 충남과 전남이 비교적 낮은 것으로 예측되었다. 대부분의 지역에서는 RCP 4.5와 마찬가지로



※ GG: Gyeonggi province, GW: Gangwon province, CB: Chungbuk province, CN: Chungnam province, JB: Jeonbuk province, JN: Jeonnam province, GB: Gyeongbuk province, GN: Gyeongnam province

Figure 7. Area of Provincial-level divisions on RCP 8.5 Scenarios.

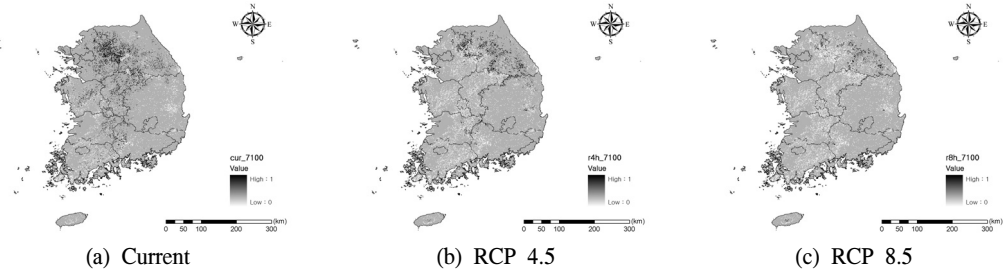


Figure 8. Current(1971~2000) and long-term future(2071~2100) of Korean pine (*Pinus koraiensis*).

가지로 잣나무림의 면적이 줄어들었으나, 경북 지역만 유일하게 모든 모형에서 면적이 증가하였고, 강원은 4개 모형, 전북은 1개 모형에서 면적이 증가할 것으로 예측되었다.

RCP 4.5와 RCP 8.5의 기후모형별 특징은 HadGEM3RA 모형과 RegCM4 모형은 RCP 8.5보다 RCP 4.5에서 잣나무림의 면적이 더 많이 감소하였고, 나머지 3개 모형에서는 RCP 8.5에서 면적이 좁게 나타났다.

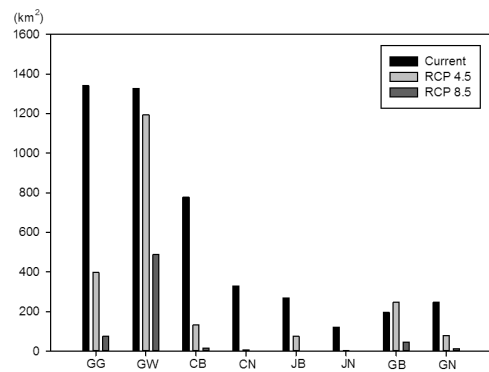
5개 기후모형을 종합한 잣나무림 분포에 대한 지역별 특징을 살펴보면, 면적은 현재보다 감소하였으며, 강원과 경북지역을 제외하고 모든 지역의 비율 역시 줄어들 것으로 예측되었다.

4. RCP 4.5와 RCP 8.5를 이용한 장기 미래 예측

장기 미래시기(2071~2100)에 우리나라 전국 잣나무림의 분포 면적을 현재시기와 비교한 결과, RCP 4.5에서는 53.9% 감소한 2,145km<sup>2</sup>로 예측되었고 RCP 8.5에서는 86.0%가 감소한 651km<sup>2</sup>로 나타났다. 행정구역별로는 RCP 4.5에서는 경북이 유일하게 면적이 증가할 것으로 예측되었고, 나머지 지역은 면적이 감소하였다. 특히, 충남과 전남의 면적 감소율이 높게 나타났다. RCP 8.5에서는 대부분의 지역에서 면적이 줄어들어 강원도의 비율이 74.8%를 차지하였다. 장기 미래에서 잣나무림이 인공림에서 차지하는 비율은 RCP 4.5에서는 23.8%, RCP 8.5에서는 7.2%로 나타났다.

국유림과 사유림을 대상으로 장기 미래시기를 예측한 결과, RCP 4.5에서 국유림 856km<sup>2</sup>, 사유림 1,289km<sup>2</sup>, RCP 8.5에서는 국유림 323km<sup>2</sup>, 사유림 328km<sup>2</sup>의 면적에 잣나무림이 분포할 것으로 예측되었다. 사유림이 국유림 지역보다 감소폭이 큰 것으로 나타나 장기적인 관점에서는 사유림 지역에 대한 관리 방안을 마련해야 할 것으로 판단된다.

RCP 4.5에서의 충남과 전남지역, RCP 8.5에서는 강원지역을 제외한 전 지역의 잣나무림 면적의 감소가 두드러지게 나타났으나, 경북의 경우에는 RCP 4.5에서 현재 보다 잣나무림의 면적이 더 증가할 것으로 예측되었다.



※ GG: Gyeonggi province, GW: Gangwon province, CB: Chungbuk province, CN: Chungnam province, JB: Jeonbuk province, JN: Jeonnam province, GB: Gyeongbuk province, GN: Gyeongnam province

Figure 9. Area of Provincial-level divisions on RCP 8.5 Scenarios.



#### IV. 결 론

잣나무는 우리나라의 대표적인 한대성 수종으로 최근 그 가치가 중요시 되고 있기 때문에 미래에 발생하게 될 기후변화의 영향에 철저하게 대비해야 할 필요가 있다.

단기 미래에서 잣나무림의 분포를 현재와 비교할 때, 면적은 약 1/3 가량 감소하면서 인공림에서 차지하는 비중은 약 25% 정도 줄어들었다. 국유림에서 잣나무림 면적은 증가하였지만 사유림에서는 감소하는 것으로 나타났다. 장기 미래에서 RCP 4.5는 약 50% 정도, RCP 8.5는 약 90% 정도 면적이 감소될 것으로 나타났고, 인공림에서 차지하는 비율도 많이 줄어들어 잣나무림이 조림수종에서도 경쟁력이 떨어질 것으로 판단된다. 국유림과 사유림의 비율에서는 RCP 4.5 국유림의 비율이 40%, RCP 8.5에서는 50%까지 확대될 것으로 나타났다.

본 연구는 잣나무림에 대한 기후변화 적응대책을 수립하기 위하여 불확도를 고려한 단기 미래와 장기 미래, 인공림에서의 비율, 국유림과 사유림의 차이 등 다양한 조건에서 영향평가가 이루어졌는데 큰 의미가 있다. 향후에는 연구 결과를 바탕으로 여러 가지 적응옵션을 고려한다면 효과적인 기후변화 적응대책을 수립하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

#### References

- Ahmed, M. · N. Khan · M. Wahab · U. Zafar and J. Palmer. 2012. Climate/Growth correlations of tree species in the Indus basin of the Karakorum range, North Pakistan. *IAWA Journal* 33 (1): 51-61.
- Ayebare, S. · R. Ponce-Reyes · D. B. Segan · J. E. M. Watson · H. P. Possingham · A. Seimon and A. J. Plumptre. 2013. Identifying climate-resilient corridors for conservation in the Albertine Rift. Unpublished Report by the Wildlife Conservation Society to MacArthur Foundation.
- Chun JH. 2013. Assessing the Effects of Climate Change on the Geographic Distribution of Major Tree Species in Korea using Ecological Niche Model. PhD Thesis. Kookmin University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Heibl, C. and S. S. Renner. 2012. Distribution Models and a Dated Phylogeny for Chilean Oxalis Species Reveal Occupation of New Habitats by Different Lineages, not Rapid Adaptive Radiation. *Systematic Biology* 61(5): 823-834.
- Hu, J. and Z. Jiang. 2011. Climate Change Hastens the Conservation Urgency of an Endangered Ungulate. *PLOS ONE* 6(8): e22873. doi: 10.1371/journal.pone.0022873.
- Jeon SW · Kim JU · Jung HC · Lee WK and Kim JS. 2014. Species Distribution Modeling of Endangered Mammals for Ecosystem Services Valuation - Focused on National Ecosystem Survey Data. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 17(1): 111-122. (in Korean with English summary)
- Kim JY · Seo CW · Kwon HS · Ryu JE and Kim MJ. 2012. A Study on the Species Distribution Modeling using National Ecosystem Survey Data. *Journal of Environmental Impact Assessment* 21(4): 593-607. (in Korean with English summary)
- Kim TW. 2013. Estimation of Productive Areas for Common Tree Species in South Korea Based on Ecoprovinces and Environmental Factors. MS Thesis. Kookmin University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)

- summary)
- Kim YK. 2012. Changes in potential distribution of major coniferous plantations to climate changes in Korea. MS Thesis. Korea University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Korea Forest Research Institute. 2014. Prediction the Changes of Productive Areas for major Tree Species under Climate Change in Korea. Report 14-21.
- Korea Forest Service. 2014a. Production of Forest Products 2014.
- Korea Forest Service. 2014b. Statistical Yearbook of Forestry No. 44.
- Korea Forestry Promotion Institute. 2014. The Domestic Timber Market Price Trends.
- Lee YS · Sung JH · Chun JH and Shin MY. 2012. Development of Site Index Equations and Assessment of Productive Areas Based on Environmental Factors for Major Coniferous Tree Species. *Journal of Korean Forest Society* 101(3): 395-404. (in Korean with English summary)
- Phillips, S. J. · R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(3-4): 231-259.
- Rehfeldt, G. E. · N. L. Crookston · M. V. Warwell and J. S. Evans. 2006. Empirical Analyses of Plant-Climat Relationships for the Western United States. *International Journal of Plant Sciences* 167(6): 1123-1150
- Seo CW · Park YR and Choi YS. 2008. Comparison of Species Distribution Models According to Location Data. *Journal of the Korean society for geo-spatial information system* 16(4): 59-64. (in Korean with English summary)
- Shin MY · Jung IB · Koo KS and Won HG. 2006. Development of a Site Index Equation for *Pinus koraiensis* Based on Environmental Factors and Estimation of Productive Areas for Reforestation. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 8(2): 97-106. (in Korean with English summary)
- Song WK and Kim EY. 2012. A Comparison of Machine Learning Species Distribution Methods for Habitat Analysis of the Korea Water Deer(*Hydropotes inermis argyropus*). *Korean Journal of Remote Sensing* 28(1): 171-180. (in Korean with English summary)
- Tronstad, L. and M. Andersen. 2011. Monitoring Rare Land Snails in the Black Hills National Forest. Report prepared by the Wyoming Natural Diversity Database, Laramie, Wyoming for the Black Hills National Forest Service, Custer, South Dakota.