

## 충청남도 산림의 기후변화대응 권장수종 선정과 과제

표 정 기

한국임업진흥원 산림탄소인증센터 책임연구원, pyojk@kofpi.or.kr

이 상 신

충남연구원 기후변화대응연구센터 전임책임연구원, sinslee@cni.re.kr

이 연구는 기후변화 적응 측면의 산림 생산성 향상과 지속가능성 확보를 위해 충청남도 산림의 기후변화 대응 권장수종 선정과 추진과제를 제시하고자 함

### CONTENTS

1. 기후변화와 산림
2. 충남의 산림자원
3. 충남 산림의 권역별 임상변화 예측
4. 권장수종 선정과 추진과제
5. 정책 제언

### 요약

- ◀ 본 연구는 충청남도 산림을 3개의 권역으로 구분하고 권역별 기후변화에 따른 임상변화와 식재대상지 면적변화 등 충남의 미래 산림변화 예측과 권장수종을 제안하고 미래 산림정책의 추진과제를 제안함
- ◀ 충남 산림을 충남해안권역, 금강하류권역, 금강상류권역으로 구분하였으며, 기후변화에 따른 임상변화로 확보되는 조림지 면적은 2050년대, 2070년대에 각각 금강상류권역 약 1만ha, 약 3만ha, 금강하류권역 약 5만1천ha, 약 9만4천ha, 충남해안권역 약 5만1천ha, 약 14만8천ha로 분석됨
- ◀ 기후변화로 예상되는 충남지역 산림의 주요 변화는 수종별 적응능력 측면에서 소나무림이 쇠퇴하고, 침엽수림 감소로 산림의 순생장량이 줄어들면서 천이과정인 혼효림 증가가 예상됨
- ◀ 기후변화에 따른 충남지역 대체가능수종은 남부와 북부의 일부지역은 활엽수 식재가 권장되고 있으며, 서해안지역과 내륙 일부지역에서 침엽수림 식재가 권장됨
- ◀ 권장수종 추진을 위한 과제로 ‘충남 시·군 양묘 사업 육성’, ‘산림부문 전과정 평가체계 구축’ 등이 필요하고, 권장수종 선정과 수종갱신을 통한 지역 산림의 지속가능성 확보를 위해 산주의 경영활동 참여 유도가 우선 추진되어야 함



# 01

## 기후변화와 산림

- 기후변화에 따른 식생기후대 변동 속도와 생물종의 이동 가능한 속도의 차이로 인해 많은 생물이 기후적응에 문제가 있을 것으로 예상됨
- IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체, Intergovernmental Panel on Climate Change)는 평균기온 1.5~2.5℃ 상승에 약 20~30%의 생물종이 멸종위기에 처할 것으로 경고하고 온실가스 완화와 위기관리를 포함한 적응 조치를 권고하고 있음
  - 수종의 이동속도는 100년에 약 4km에서 200km 범위였으나 기온이 1℃ 상승하면 기후대 위도는 극지방 쪽으로 약 150km, 고도는 위쪽으로 약 150m 이동함
  - 크기가 작은 종자식물을 제외하고 크기가 크고 다년생인 식물종(생장기간이 긴 수목)이 우리가 우려하는 기후변화 속도에 적응 못하고 도태되거나 소멸될 것으로 예상됨
- 기후변화에 따라 평균 기온이 상승하게 되면 전지구적 북반구의 식생대는 남쪽에서 북쪽으로, 저지대에서 고지대로 이동함
  - 미세한 크기의 종자를 가진 식물을 제외하고 현재 예상되는 기후변화의 속도를 따라 잡기는 쉽지 않을 것으로 보고되고 있으며, 고산 지대에만 서식하는 식물의 종들도 분포하는 범위가 줄어들거나 소멸될 위험성이 높아짐
  - 우리나라의 연평균 기온이 2℃ 상승할 경우 남부 해안지역에 분포하는 동백나무를 비롯한 상록활엽수는 서울을 포함한 중부 내륙지역까지 생육이 가능할 것으로 예상됨
- 우리나라는 여름철 이상 고온과 태풍의 영향으로 병해충 번식이 증가하고 열대성 병해충의 증가로 기후변화 취약성이 확산되고 있음
  - 최근 우리나라 소나무에 소나무재선충, 솔껍질 깍지벌레, 솔잎혹파리 등 병해충 발생이 증가하고 리기다소나무 푸사리움가지마름병, 참나무 시들음병이 발병하고 있음

- 전체 산림의 약 5% 내외가 각종 산림 병해충의 피해를 입고 있으며 특히, 우리나라 전역에 분포한 소나무류 병해충이 40% 이상을 차지하고 있음
- 산림부문 기후변화 취약성 저감으로 산림생태계의 건강성 유지와 함께 산림 자원의 손실을 방지한다는 측면에서 이산화탄소 흡수원의 유지 및 증진효과를 함께 기대할 수 있음
  - 기후변화 영향으로 인한 병해충 발생 및 피해를 줄이기 위해서는 예찰 방지 시스템의 확충, 검역의 강화, 산림 체질의 개선, 조기 발견 및 진압을 위한 기반 구축이 필요함
  - 병해충을 조기 발견하거나 적기에 집중 방제활동을 하는 것과 더불어 산불저감, 산림경영 체계개선 등의 취약성 저감 노력이 필요함
- 현재까지 다양한 연구에서 기후변화가 산림생태계에 미치는 영향이 보고되었으나 충청 남도의 산림을 대상으로 수행된 연구는 드문 실정이고 현재는 산림의 지속가능한 발전을 위해 기후변화 대응을 위한 대체수종 설정이 필요한 시기임
  - 소나무는 현재 우리나라 전역에 분포하고 있으나 RCP 시나리오(8.5 기준)<sup>1)</sup>를 기반으로 조사된 선행 연구에서 생육과 갱신능력이 유지되는 적정생육범위가 2060년대에는 지리산, 덕유산 등 남부 고지대와 경북 북부 및 충청남도에 국한되고 나머지 지역은 쇠퇴하거나 개체군 축소가 예상되며 2090년대에는 강원 산간지역으로 국한되어 분포할 것으로 보고됨

---

1) RCP는 Representative Concentration Pathways의 약자로 ‘대표농도 경로’라는 의미임. IPCC 제5차 평가보고서 작성을 위해 도입된 미래 온실가스 시나리오로 온실가스 농도를 4가지(2.6, 4.5, 6.0, 8.5)로 나누고 있음. RCP 8.5는 이산화탄소 농도가 940ppm인 경우로 현재 추세대로 온실가스가 배출되는 경우를 말함

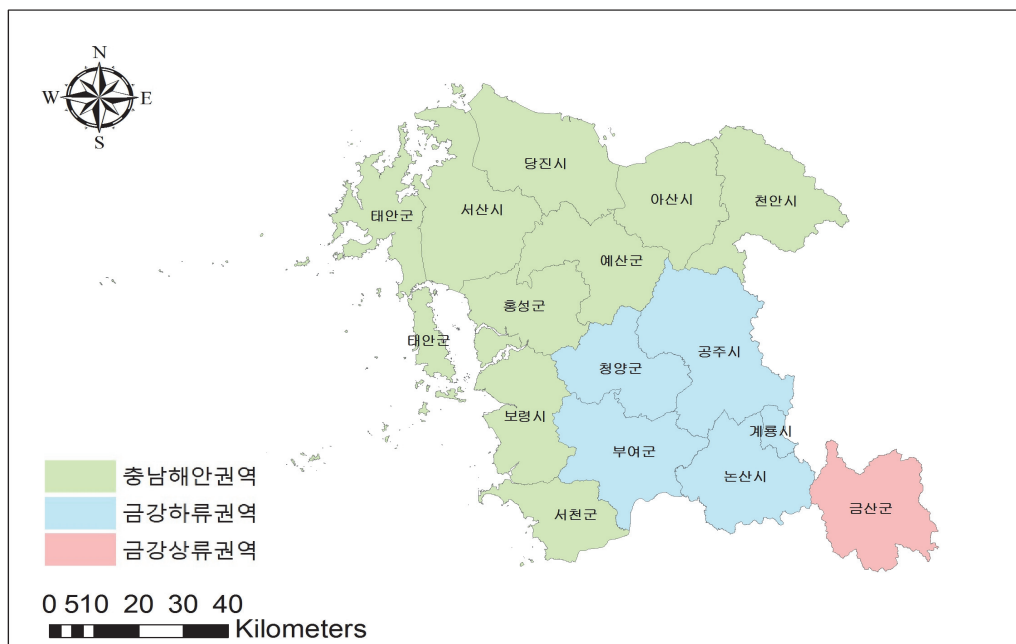
## 02 충남의 산림자원

- 충남 산림면적은 40만 8천ha로 전국 산림면적(633만 4천ha)의 6.4%, 도 전체면적의 49.7%를 차지하고 있으며 1990년대부터 지속적인 감소추세임
- 충남도 임상에서 침엽수 37.1%, 활엽수림 30.1%, 혼효림, 죽림, 무림목지가 각각 26.5%, 0.4%, 5.9% 차지, 수종별로는 소나무림이 약 17%로 가장 우위(산림청 임상도 분석, 2016)
  - 활엽수림 중 참나무류에서 높은 비율을 나타내고 있으며, 이중 상수리나무에서 높은 면적비율을 나타내고 있는데 이는 충남 공주의 주요 임산물인 밤 및 표고자목의 재료가 되기 때문임
  - 무림목지는 산림내에 분포하는 미림목지(묘지, 시설물 등)로 국가산림자원조사 결과 무림목지 비율이 점차 증가하고 있는 데 특히, 충남은 전국 평균(3.78%)에 비해 높은 것으로 나타나 지속적인 관리가 필요함
- 충남도 산림의 임목축적은 48,043천m<sup>3</sup>로 국유림 3,900천m<sup>3</sup>, 공유림 2,118천m<sup>3</sup>, 사유림 42,025천m<sup>3</sup>로 구성되고 ha당 평균 임목축적은 109.73m<sup>3</sup>로 전국(125.62m<sup>3</sup>) 평균의 87%임
  - 도내 산림의 임상별 임목축적은 침엽수이 가장 높은 축적이었고 혼효림, 활엽수림 순서임
  - 도내 시·군별 임목축적은 공주시와 금산군에서 높은 것으로 조사되고 당진시가 가장 낮음
  - 도내 산림면적은 감소하고 있으나 연간 생장량은 벌채량을 초과하여 임목축적은 지속적으로 증가할 것으로 판단되어 연간 생장량과 벌채량을 고려하는 도내 산림경영계획이 필요한 것임
- 충남 도내 산림률은 49.7%로 전국 63.2%보다 다소 낮았으며, 도내 소유별 산림 중 사유림 비율이 87.2%로 매우 높게 나타남

## 충남 산림의 권역별 임상변화 예측

## 1. 충남 산림 권역 구분

- 조사된 충남산림 현황을 바탕으로 우리나라 전국의 산림경관 생태·경제적 특성에 따른 기준과 ‘제1차 충청남도 산지관리지역계획’을 참고하여 ‘충남해안권역’, ‘금강하류권역’, ‘금강상류권역’으로 구분함



[그림 1] 충청남도 산림 권역구분

- 충남해안권역에 속하는 도내 시·군은 천안시, 아산시, 당진시, 예산군, 홍성군, 서산시, 태안군, 보령시, 서천군으로 해안생태계의 다양성(방풍림, 해안습지, 금강송, 철새도래지 등) 보전을 위한 산지관리가 필요한 지역임
- 금강하류권역에 속하는 도내 시·군은 공주시, 계룡시, 논산시, 부여군, 청양군 등 중간산지로서 수원함양기능, 백제역사·문화자원과 연계한 산지관리가 필요한 지역임

- 금강상류권역은 금산군이 포함되며 대도시 배후 산림도시로서 산림휴양자원과의 연계와 산양삼 복합산림경영이 필요한 지역임

- 시·군별 침엽수림 면적은 서산시, 보령시, 공주시에서 가장 넓게 나타났으며, 활엽수림과 혼효림 면적은 공주시, 금산군, 부여군에서 높은 나타남

[표 1] 도내 산림의 권역별 임상면적

(단위: 천ha)

권역	시·군	침엽수	활엽수	혼효림	죽림	무림목지
금강상류권역	합계	12,102	13,944	12,828	19	1,805
	금산군	12,102	13,944	12,828	19	1,805
금강하류권역	합계	42,678	55,935	42,421	481	8,368
	계룡시	1,184	1,236	1,399	12	172
	공주시	14,536	24,814	17,632	64	3,484
	논산시	7,063	7,525	7,064	158	866
	부여군	9,063	12,352	9,085	186	1,278
	청양군	10,832	10,008	7,241	61	2,568
충남해안권역	합계	96,521	53,006	53,080	1,147	13,705
	당진시	9,950	4,435	5,666	133	2,046
	보령시	15,847	7,329	8,304	197	2,292
	서산시	16,598	4,850	7,072	146	1,476
	서천군	7,314	2,752	3,001	262	1,689
	아산시	5,392	7,489	5,563	19	424
	예산군	9,068	6,990	6,694	52	658
	천안시	6,991	14,063	9,534	3	2,039
	태안군	14,875	1,125	3,195	136	2,616
	홍성군	10,486	3,973	4,051	199	465
총계	408,040	151,301	122,885	108,329	1,647	23,878

## 2. 권역별 산림변화

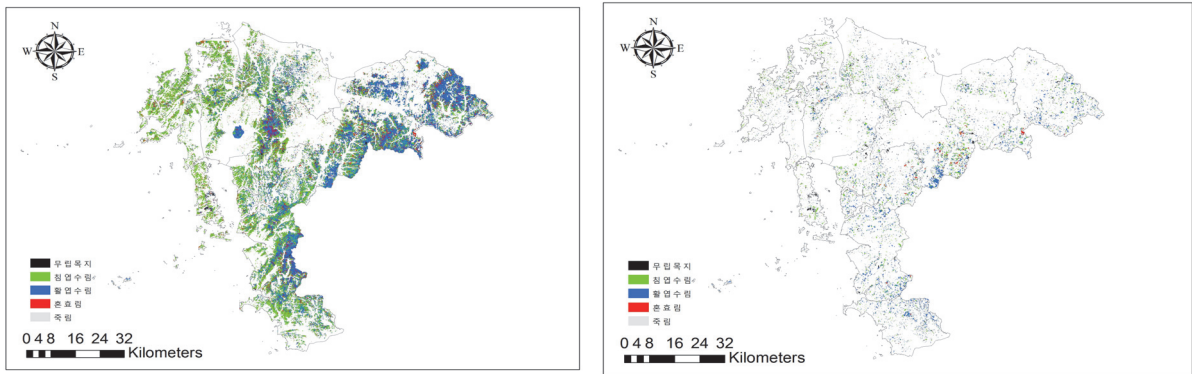
- 구분된 충남 산림권역별로 2030년대, 2050년대, 2070년대 임상변화와 식재대상지면적 변화 예측을 실시함
- 예측을 위한 기후변화 전망자료는 RCP기후변화시나리오의 시·군별 기온, 강수량분석 자료를 활용하고 산림환경변화 조사를 위해 산림청에서 제공하는 임상도(1:5,000)와 임업통계연보, 국가산림자원조사(NFI, National Forest Inventory) 제5차 자료를 활용함
- 도내 산림권역·수종별 인자를 DB화하고 자료의 무결성 검정을 통해 충남 기후변화 대응을 위한 산림변화를 제시하기 위해 기존의 자료를 바탕으로 본 연구를 통해 구축된 ‘도내 산림입지 정보’를 중첩하여 시·군별 임분 생장 및 특성을 제시함
  - ‘충남기후DB’ 및 기후변화 시나리오(RCP 8.5)에 따른 충남 산림의 변화상을 파악하였고, 기후변화 시나리오에 따른 충남의 산림 구분별 침엽수림, 활엽수림, 혼효림 면적별 변화를 제시함
  - 국가산림자원조사의 조사지점 간 거리(4km)를 고려하여 분석에 이용된 변수의 해상도는 조사지점을 중심으로 4km × 4km 레스터자료로 조정하여 분석함

[표 2] 권역별 임상별 면적비율 변화

(단위 : %)

권역구분	임상	2030년대	2050년대	2070년대
금강상류권역	침엽수림	28.5	23.8	10.0
	활엽수림	51.2	38.0	10.0
	혼효림	14.9	11.6	3.5
금강하류권역	침엽수림	30.7	16.2	5.5
	활엽수림	52.8	41.0	25.0
	혼효림	11.7	6.5	2.6
충남해안권역	침엽수림	43.5	31.9	10.7
	활엽수림	39.7	34.0	14.0
	혼효림	11.3	8.8	2.2.0





[그림 2] 충남해안권역 임상분포 변화-2030년대(좌), 2070년대(우)

- 임상변화에 따라 확보되는 조림지 면적은 2050년대, 2070년대에 금강상류권역 약 1만ha, 약 3만ha, 금강하류권역에서는 약 5만1000ha, 약 9만4000ha, 충남해안권역에서는 약 5만1000ha, 약 14만8000ha로 분석됨
- 기후변화로 예상되는 충남지역 산림의 주요변화는 수종별 적응능력 측면에서 소나무림이 쇠퇴하고, 이런 침엽수림 감소로 산림의 순생장량이 줄어들면서 천이과정인 혼효림 증가가 예상되며, 임목의 기작과 관련된 생물다양성의 변화도 충분히 예상할 수 있음

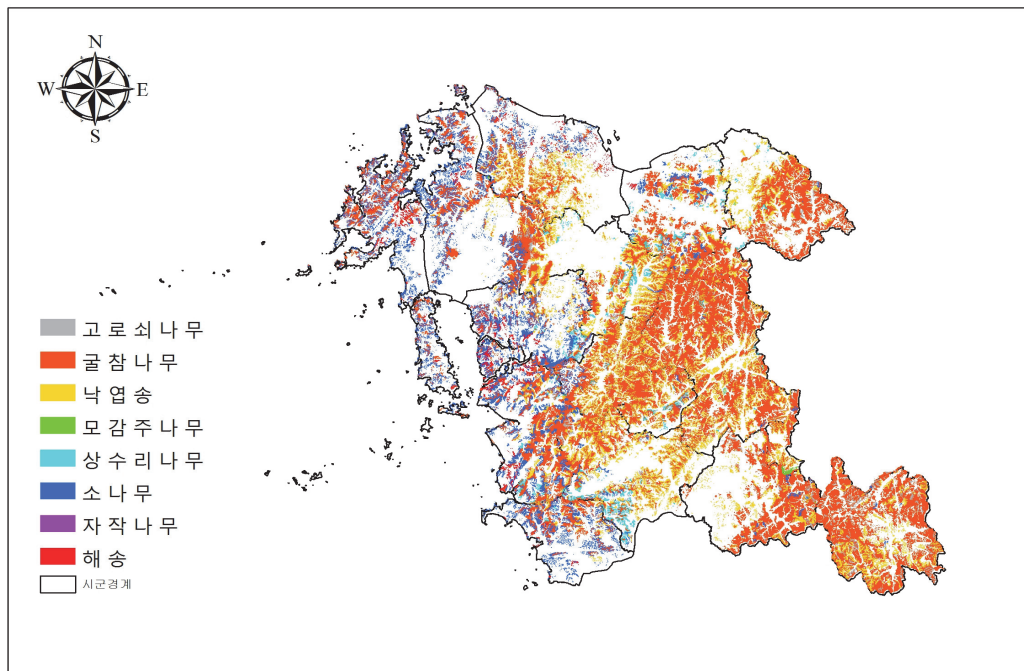
# 04

## 권장수종 선정과 추진과제

### 1. 권장수종 선정

- 권장수종 선정 과정에서는 산림변화를 유발하는 여러 인자 중 주요 인자를 선택하여 변화상에 따라 지역화, 정량화를 거쳐 권장수종을 선정하게 됨
- 도내 산림변화 인자에는 동식물 및 생물다양성의 변화, 양묘 현황, 충남의 도시화 등 여러 가지의 고려사항이 존재하고 이들의 변화 시나리오 설정에 따라 산림변화를 예측하게 되는데, 시나리오 설정은 다수 산림관계자의 의사결정이 필요한 사항으로 본 연구에서는 몇 가지 기본적인 시나리오 제시를 통해 도내 산림의 변화상을 제시함
  - 첫째, 충남의 산림 면적은 현재의 변화상을 유지
  - 둘째, 임상도의 무림목지와 죽림 면적은 현재와 동일
  - 셋째, 벌채는 현재의 임상별 벌기령을 적용
  - 넷째, 벌채를 통해 확보되는 조림 수종 선정은 현재의 조림 수종을 참고하여 선정. 즉, 벌채되는 면적은 충남에서 식재되는 전체수종의 비율을 고려하여 배분
- 위 네 가지 조건을 고려하여 충남 산림의 개략적인 변화상을 제시하고 현재의 기후변화를 바탕으로 산림청에서 제시하는 식재권장수종을 참고하여 기후변화 대응을 위한 충청남도 권장수종을 제시함
- 기후변화에 따른 충남지역 대체 가능수종은 남부 및 북부의 일부지역은 활엽수의 식재가 권장되고 있으며, 활엽수 중에서도 굴참나무와 자작나무, 고로쇠나무 위주로 식재가 되어야 하고, 침엽수림은 서해안지역과 내륙 일부지역에서 식재가 권장됨

- 기후변화에 따라 침엽수의 쇠퇴는 예상되나 해안지역에서의 재해저감 기능으로 서해안 권역은 침엽수 혹은 해송 식재가 필요함



[그림 3] 충남 식재 권장수종

## 2. 권장수종 추진을 위한 과제제안

### ● 충남 시·군 양묘 사업 육성

- 기후변화로 인해 충청남도 침엽수림은 지속적으로 감소하고 내륙에 위치하는 침엽수림은 산림교란에 취약하여 산불 발생시 대단위 면적의 피해가 예상되어 손실된 산림에 대한 복원과정에서 수종의 선정과 함께 양묘의 수급이 중요한 것으로 조사됨
- 실제 충남에서 공급되고 있는 양묘는 대부분 침엽수가 대부분인데 이것은 변화하는 산림환경 및 재해에 따른 산림복원시 활용 측면이 고려된 것으로 산림환경과 여건을 고려하여 시·군단위의 복원 및 양묘사업 육성 노력이 필요함

### ● 산림부문 전과정 평가 체계 구축

- 향후 기후변화는 충남 산림의 양묘에서 최종적인 임산물의 수확까지 다양한 부문에서 영향을 미칠 것으로 도내 산림의 전 과정을 평가하는 산림경영 전략모형 개발이 필요함

- 이를 통해 장기적 측면에서 충남 산림에 대한 변화상을 파악하고 의미있는 결과 제시를 통한 활용도 높은 정책 제언이 가능할 것으로 판단됨

#### ● 충남형 목재수급체계 개발

- 충청남도 산림은 기후변화 시나리오에 따라 침엽수림이 혼효림과 활엽수림으로 천이가 예상되므로 각 권역으로 구분하여 권역별 목재수급 및 경영 대책을 마련해야 함
- 조림수종의 선택에서도 수확기의 산림환경 변화를 고려하여 대체 수종을 선택해야 하는데, 현재는 국가 차원에서 추진하고 있는 바이오순환림 사업을 고려할 수 있음
- 기후변화를 고려하여 2100년을 기준으로 도내 서부 해안지대와 중부 고지대 및 남동지역, 연료림 생산이 많은 논산시와 부여군은 온대 남부 수종의 식재고려가 필요하며, 중부 및 북부지역은 용재 생산이 많은 지역으로 부여, 홍성, 예산, 청양 등은 온대 중부 수종 식재가 필요함
- 국내 기후변화 대응대책과 관련하여 친환경에너지인 목재펠릿과 목재칩에 대한 인정이 국산재로 제한되어 도내 목재수요는 증가할 것으로 예측됨

#### ● 산림 생태계 및 생산 환경 변화 모니터링

- 기후변화에 따라 침엽수 임분 쇠퇴 및 전환이 예측됨으로 산림내 서식하는 곤충, 야생동물의 서식 환경의 변화로 동식물상 변화가 예측됨으로 도내 산림 생태계 변화를 주기적으로 조사하고 적합한 대처 방안을 마련해야 함
- 특히, 도내에 생육하는 멸종위기 종, 개체수 감소 종에 대한 보존대책이 중장기적으로 필요하며 충청남도 주요 임산물인 목재, 밤, 표고버섯, 산나물, 약용식물 등에 대해서는 지역별 산림환경변화에 대한 모니터링을 실시하고 변화 정도에 따른 대체수종 선정계획을 수립해야 함

#### ● 기후변화를 고려한 충남 임산물 개발 및 육성 대책

- 충청남도에서는 산림소득증대를 위해 산림복합경영을 통해 산지이용의 다양화를 시도하고 있으나 기후변화 가속화로 동일한 임산물 재배를 위해서는 고산지로 재배지 이동이 불가피함

## 05 정책 제언

- 본 연구는 충청남도 산림을 권역별로 구분하고 기후변화 시나리오에 따른 권역별 산림 변화 예측과 권장 대체수종을 제시하고 기후변화 대응을 위한 충청남도 산림의 대체수종 추진을 위해 고려해야 할 정책을 제시함
- 국가 산림정책과의 연계성을 고려한 충남지역 기후변화대응 권장수종 추진을 위한 선결과제를 다음과 같이 제안함
  - 환경, 경관, 충남자원의 보전 등 다목적 기능 충족을 위해 지속가능한 산림자원 조성 로드맵 수립
  - 국가 산림의 정책 목표인 우량 대경재 생산에 따라 충남 산림의 임산업 육성 비전 제시
  - 산림경영 특징 중 하나인 생산기간의 장기성을 고려하고 현재의 정책수요보다 미래지향적 지속가능성 확보를 위해 권역별 식재 가능 수종정책 마련
- 기후변화 대응을 위한 대체수종 선정과 수종갱신은 지역 산림의 지속가능성 확보의 첫 걸음으로 산주의 역할이 가장 중요한데 현재 행정비용 의존의 별채를 지양하고 산주의 경영활동 참여를 유도하는 방향으로 추진되어야 함
  - 산주의 산림경영 경쟁력 강화 사업(경영계획 작성비용 지원, 경영계획 컨설팅, 다양한 산림사업에 관한 정보제공 등) 지원
  - 임업부문 보조금 관련 사업의 단계적인 감축 혹은 지원방식의 변환(보조조림에서 산주에게 용자 혹은 자부담의 확대), 산주의 사회보장제도의무(산림관련 대출 등), 수혜자 자격요건 및 기준 강화 등 제도적 기반 정비

**표 정 기**

한국임업진흥원 산림탄소인증센터 책임연구원  
pyojk@kofpi.or.kr

**이 상 신**

충남연구원 기후변화대응연구센터 전임책임연구원  
041-630-3921, sinslee@cni.re.kr

\* 본 글은 충남연구원 2016년 전략과제 “기후변화에 대응한 충남 산림의 대체 수종 선정 방안”을 요약, 재정리한 것임

기상청 기후정보포털 (2015) <http://www.climate.go.kr/>

산림청 (2011) 제5차 국가산림자원조사(2006~2010)

충청남도 (2014) 제1차 충청남도 산지관리 지역계획

표정기, 이상신 (2016) 기후변화 대응을 위한 충청남도 산림의 수종대체 방안