

기후변화 대응을 위한 충청남도 산림의 수종 대체 방안

표정기 · 이상신

발 간 사

기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC) 제5차 평가보고서에 의하면 전 인류적 활동이 급격한 기후변화에 기여한다는 것은 부정할 수 없는 사실이 되었습니다. 이에 따라, 기후변화의 폭을 줄이는 노력과 함께 기후변화가 우리 생활에 미치는 영향을 파악하고 취약한 부분의 발굴과 적응 노력은 전 인류에게 주어진 과제입니다. 2015년 12월, 파리에서 개최된 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP21)에서 파리 협정(Paris Agreement)이 채택됨에 따라, 신(新)기후체제(Post-2020)의 초석을 다지게 되었습니다. 파리 협정에서 산림의 중요성은 재차 강조되었고 기후변화 완화 및 적응을 위한 가장 적극적인 활동으로 인정받게 되었습니다. 충청남도는 전체 면적의 50%를 산림이 차지하고 있는 만큼, 산림에 대한 선도적인 정책과 산림부문 기후변화 적응 대책 수립은 도민 안전과 건강한 삶 영위와 직결되는 사항입니다.

이에 충남연구원은 도내 기후변화가 산림에 미치는 영향과 미래변화상 예측 연구를 선도적으로 수행해왔습니다. 특히, 이번 전략과제(기후변화 대응을 위한 충청남도 산림의 수종 대체 방안)는 충남 산림 전반에 걸친 기후변화 영향을 평가하고 현실적으로 요구되는 대체 수종 선정 전략을 수립하는데 목표를 두고 추진되었습니다. 충청남도 산림의 기후변화에 따른 변화와 임상분포를 예측하는 연구를 통해 도내 기후변화 영향 연구의 초석을 다졌습니다. 본 연구를 통해 충청남도 산림 변화와 전망에 다양한 정보를 얻고자 하는 기관 및 관심 있는 분들에게 도움이 되기를 기대합니다.

2016년 12월 31일
충남연구원장 강 현 수

연구 요약

1. 연구 필요성과 목적

충남은 기후변화에 따라 산림생태계의 직접적인 영향보다 산물중심의 2차적인 피해를 나타내고 있다. 충남의 주요 임산물인 밤나무는 전국적으로 높은 생산량과 면적을 나타내지만 최근 밤 수출·입에 관한 대내·외적 여건 및 산림 변화에 따라 생산량은 지속적으로 감소하고 있다. 이러한 현상의 원인으로 현재 기후변화와 일부 상관성을 나타내고 있다. 그러므로 도내 주요 산림자원을 보호하고 지속가능한 산림경영 체제 마련을 위해 기후변화에 따른 산림변화 연구는 필수적 사항이다. 아울러 충청남도 기후변화에 따른 산림변화를 파악하고 대체 수종을 제시하여 지속가능한 산림경영 기반 마련이 필요하다. 본 연구는 기후변화에 대응하고 충청남도 면적의 50%를 차지하는 산림의 가치 증진을 위해 기후변화에 따른 도내 산림 변화를 예측하고 기후변화와 산림인자의 연관성을 분석하여 충청남도 기후변화에 대응한 산림부문 정책개발에 활용 가능한 기초자료를 제공하였다.

기후변화에 따른 충남 산림자원의 대체수종 선정을 위해 본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫 번째로, 기후변화에 따른 도내 산림의 권역별 변화상을 제시하였다. 두 번째로, 충남의 주요 산림자원을 대상으로 변화상을 제시하고, 대체 수종 선정을 위한 기준을 마련하고자 한다. 마지막으로, 이를 통해 도내 산림의 지속가능한 산림경영을 위한 대체 수종 선정 정책을 제시하였다.

2. 주요 연구 내용

1) 충남 산림권역별 자료 구축

본 연구는 충청남도의 산림을 선행연구를 참고하여 ‘충남해안권역’, ‘금강하류권역’, ‘금강상류권역’으로 구분하였다. 충남의 산림환경변화 조사를 위해 산림청에서 제공하는 임상도(1:5,000)를 이용하고 임업통계연보를 이용하였다. 또한, 국가에서 전국 산림을 대상으로 4년 주기로 조사하는 국가산림자원조사(National

Forest Inventory, NFI)자료를 이용하였다. 수집된 자료를 바탕으로 충청남도 대체 수종 제안 및 이를 위해 수행되어야 할 정책을 중점 추진사항으로 제시였다.

2) 기후변화에 따른 식재대상지 면적

본 연구는 충남의 임상도, 국가산림자원조사 자료를 분석하여 2030년, 2050년, 2070년별 별채에 따른 식재 면적을 추정하였다. 충남해안권역에서 확보되는 식재 대상 면적은 2050년대 약 51천ha, 2070년대 약 148천ha로 분석되었다. 금강상류권역의 식재대상 면적은 2050년대 약10천ha, 2070년대 약30천ha로 분석되었다. 금강하류권역의 식재대상 면적은 2050년대 약 51천ha, 2070년대 약 94천ha로 분석되었다.

3. 대체수종 선정을 위한 추진과제

충남의 남부 및 북부의 일부지역은 활엽수 식재가 권장된다. 활엽수종 굴참나무, 자작나무, 고로쇠나무가 식재 되어야 한다. 침엽수림은 서해안지역과 내륙 일부 지역에서 식재가 권장된다. 기후변화에 따라 침엽수의 쇠퇴는 예상되나 해안지역의 재해저감 기능으로 서해안 권역은 침엽수 혹은 해송 식재가 필요하다. 충남 대체 수종 선정을 위한 구체적인 정책으로 ‘지속가능한 산림자원 조성을 위한 로드맵 작성’, ‘충남 산림의 임산업 육성 비전제시’, ‘권역별 식재 가능 수종’을 제시하였다. 이에 대한 설명은 아래와 같다.

1) 지속가능한 산림자원 조성을 위한 로드맵 작성

기후변화에 따른 산림의 변화 예측은 가능하지만 도내 다양한 현황(경제적, 사회적, 환경적)을 고려하여 충남 산림의 권역별(충남해안권역, 금강하류권역, 금강상류권역) 적합한 조림 및 경영 시나리오가 부재한 것으로 조사되었다. 그러므로 기후변화에 관한 산림의 변화 예측보다 장기적인 측면의 경영 로드맵이 중요하다.

2) 충남 산림의 임산업 육성 비전 제시

침엽수가 쇠퇴하고 활엽수가 우점되는 지역은 다양한 임산물에도 영향을 받게 되므로 도내 목재 공급 및 임산업 측면에서 활엽수 천이에 따른 장기적인 목재 수급 및 임산업 육성 대책이 필요하다.

3) 권역별 식재 가능 수종

충남해안권역은 봄, 여름은 서늘하고 가을, 겨울은 따듯하지만 강수량의 계절적 변이가 심하고 여름, 가을의 강수량이 적은 기후적 특징이 있다. 그러나 안면도 침엽수림, 서산해안국립공원이 위치하고 이에 대한 보전과 기후변화에 따른 방풍 및 해안침식 방지 기능의 고려가 필요하다. 천안시와 아산시에 분포하는 적합수종은 낙엽송과 소나무(중부지방소나무)이다. 현재까지 침엽수 위주의 해안방재림이 대부분이지만 기후변화에 따라 활엽수 위주의 해안방재림연구가 필요하다. 금강상류권역은 봄, 가을, 겨울이 따듯하나 여름은 더운 곳으로 생육기의 강수량은 많고 산림 면적이 적은 특징이 있다. 또한, 임목축적도 양호하지 않아서 용재림 경영보다 임산물 위주의 경영이 적합하다. 그러므로 고로쇠나무, 표고자목 목적의 굴참나무, 상수리나무 식재가 필요하다. 무엇보다 산림의 대표적인 임산물 산양삼에 대한 임분 고려가 필요하다. 산양삼은 주로 참나무류 하층에서 재배되기 때문에 굴참나무 위주의 임분 조성이 필요하고 부수적인 수익 창출을 위해 고로쇠나무 식재가 필요하다. 금강하류권역은 호서정맥을 중심으로 하단에 위치하고 충남내에서 높은 산림면적 비율을 나타낸다. 실제 국가에서 지정하는 목재생산림 분포가 대부분으로 기후변화에 따른 침엽수의 쇠퇴와 함께 도내 목재수급을 위해 낙엽송 위주의 식재가 필요하다.

대체수종 선정의 방향아래, 추진해야하는 과제로는 ‘충남 시군 양묘 사업의 발전’, ‘산림부문 전과정 평가 체계 구축’, ‘충남형 목재수급체계 개발’, ‘산림 생태계 및 생산 환경 변화 모니터링’, ‘기후변화를 고려한 충남 임산물 개발 및 육성 대책’, ‘지역별 맞춤형 산림 비즈니스 모델 제시’가 필요하다. 위의 사항은 기후변화에 따른 충남 산림의 대체 수종 선정을 위해 필수적으로 수행되어야 한다.

4. 결론 및 시사점

충청남도는 변화하는 산림 상황을 고려하여 대체수종을 선정해야 한다. 이를 위해 ‘지속가능한 산림자원 조성을 위한 로드맵 작성’, ‘충남 산림의 임산업 육성 비전 제시’, ‘권역별 식재 가능 수종’의 산림정책적 방향아래 6개의 세부적인 정책적 과제 수행이 필요하다.

충청남도는 공공영역에서 산림사업을 운영하고 법/제도적 장치를 이용하는 지방정부의 역할수행 전략이 필요하다. 단계적으로 활엽수 식재를 위해 도내 시·군 양묘 사업을 확대하고 현행유지를 위해 묘목 생산자 및 도내 소비에 관한 교육, 산림인력 육성 사업이 병행되어야 한다. 대체수종 선정을 위해 산주 역할의 기본적인 사항으로 시·군 별채에 따른 행정비용 의존을 지양하고 산주의 경영활동 참여를 위한 사업추진 참여가 필요하다.

목 차

제1장 서 론	1
1. 연구배경 및 목적	1
1) 연구배경	1
2) 연구목적	2
3) 기대효과	3
2. 연구내용 및 방법	4
1) 연구내용	4
2) 연구방법	5
3) 연구체계	9
4) 선행연구와의 차별성	10
제2장 관련 이론 및 사례	12
1. 기후변화 이론	12
1) 기후변화 현상	16
2) 기후변화시나리오	17
3) 기후변화 정책동향	18
2. 기후변화에 따른 산림변화	20
1) 국외사례	20
2) 국내사례	21
제3장 충남 주요 산림자원 변화	23
1. 충남의 산림권역 구분	23
2. 권역별 산림변화	36
1) 충남해안권역	36
2) 금강상류권역	40
3) 금강하류권역	44
3. 충남의 주요 산림자원 및 기후변화	48

4. 기후변화에 따른 충남 산림의 변화 요인	49
1) 소나무림 쇠퇴	49
2) 혼효림 증가	50
3) 생물다양성 변화	51
5. 대체 수종 선정을 위한 고려사항	52
제4장 대체 수종 선정 방향과 추진과제	53
1. 대체수종 선정방향	53
1) 지속가능한 산림자원 조성을 위한 로드맵 작성	53
2) 충남 산림의 임산업 육성 비전 제시	54
3) 권역별 식재 가능 수종	55
2. 대체 수종 선정을 위한 추진과제	58
1) 충남 시군 양묘 사업의 발전	58
2) 산림부문 전과정 평가 체계 구축	58
3) 충남형 목재수급체계 개발	58
4) 산림 생태계 및 생산 환경 변화 모니터링	59
5) 기후변화를 고려한 충남 임산물 개발 및 육성 대책	59
6) 지역별 맞춤형 산림 비즈니스 모델 제시	60
제5장 결론 및 정책제언	61
1. 요약 및 결론	61
2. 정책제언	63
1) 충남의 산림기능별 활용전략 개발	63
2) 시·군별 특화 수종의 양묘정책 마련	65
3) 지방정부 주도의 보조 조림제도 변화	66
3. 향후 연구 과제	67
부 록	70
1. 도내 시·군별 기후변화 전망	71
2. 산림 적지적수 연구	75

표 목 차

[표1-1] 충남 기후 DB구축 인자	5
[표1-2] 충남 산림입지 DB구축 인자	6
[표2-1] 국가 기후변화대응 정책방향	19
[표3-1] 임상별 주요 수종 면적과 비율	26
[표3-2] 도내 산림의 권역별 임상면적	35
[표3-3] 충남해안권역의 임상별 비율	36
[표3-4] 금강상류권역의 임상별 면적 변화	40
[표3-5] 금강하류권역의 임상별 면적 변화	44

그림 목 차

[그림1-1] 국가산림자원조사 충남권역 조사지점	7
[그림1-2] 충남 산림의 임상 레스터 자료	8
[그림1-3] 연구체계	9
[그림1-4] 대체 수종 선정에 위한 정책 프로세스	11
[그림2-1] 전지구적 연 기온(a) 및 강수량(b) 변화	12
[그림2-2] 우리나라 연 기온(a) 및 강수량(b) 변화	13
[그림2-3] 30년간 우리나라 평균기온, 강수량 변화	14
[그림2-4] 지역별 평균온도 편차 변화 추세	15
[그림3-1] 충청남도 임상별 축적 변화량	24
[그림3-2] 충청남도 임상도	25
[그림3-3] 충청남도 침엽수림 분포	27
[그림3-4] 충남 침엽수림의 수종 구분 및 비율	28
[그림3-5] 충청남도 활엽수림 분포	29
[그림3-6] 충남 활엽수림의 수종 구분 및 비율	30
[그림3-7] 충청남도 혼효림 분포	31
[그림3-8] 충청남도 산림의 영급분포	32
[그림3-9] 충청남도 산림의 영급분포 비율	33
[그림3-10] 충청남도 산지관리현황	34
[그림3-11] 충남해안권역 2030년 임상분포	37
[그림3-12] 충남해안권역 2050년 임상분포	38
[그림3-13] 충남해안권역 2070년 임상분포	39
[그림3-14] 금강상류권역 2030년 임상분포	41
[그림3-15] 금강상류권역 2050년 임상분포	42
[그림3-16] 금강상류권역 2070년 임상분포	43
[그림3-17] 금강하류권역 2030년 임상분포	45
[그림3-18] 금강하류권역 2050년 임상분포	46
[그림3-19] 금강하류권역 2070년 임상분포	47
[그림4-1] 충남 식재 권장수종	54
[그림4-2] 충남해안권역 식재적합수종	55
[그림4-3] 금강상류권역 식재적합수종	56
[그림4-4] 금강하류권역 식재적합수종	57

제1장 서론

1. 연구배경 및 목적

1) 연구배경

기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental panel on climate change, 이하 IPCC)는 온실가스 배출 시나리오에 따른 2100년까지 전 지구적 기후변화 전망을 발표하였다(IPCC, 2012). 주요한 내용으로 화석연료에 의존한 현재의 발전 시나리오(RCP8.5)를 유지하는 경우 21세기 말 기온은 최대 20세기말 대비 최대 6.4℃, 해수면은 최대 59cm 상승을 제시하고 보수적 기준을 적용하더라도 1.1℃상승 해수면 18cm 상승할 것으로 보고하였다. IPCC 5차 평가보고서(이하 AR5)에서 온난화와 바람 패턴, 강수량, 극한과 해빙 관련 일부 현상 등 지역규모 기후변화 예측은 기존 보고서에 비해 높은 정확도를 나타내고 있다.

기후변화에 따른 지구온난화가 지속되면 산림생태계의 호흡량은 증가하고 토양과 산림유기물의 분해속도는 가속화되어 산림의 탄소배출량은 증가한다. 결과적으로 기후변화에 따라 산림의 물질생산성과 탄소배출량은 증가하는 것이다. 자연과 인류에게 영향을 미치는 기후변화는 국제적으로 높은 신뢰도를 포함하고 있다. 북반구 고위도에서 수목의 개화기에 영향을 미치고 산불 증가 등의 교란발생은 기후변화와 일정한 상관관계를 나타내고 있다.

전 지구적 현상으로 유럽에서의 열파 관련 사망률, 일부 지역의 전염병, 질병 매개체의 변화, 북반구 중·고위도의 알레르기 꽃가루 등과 같은 보건부문에서도 변화를 나타내고 극지방 및 고산지역에서 휴양 및 관광 등 인간 활동 영역에서도 다양한 변화를 파악되고 있다.

충남은 기후변화에 따라 산림생태계의 직접적인 영향보다 산물중심의 2차적인 피해를 나타낸다. 충청남도는 우리나라 밤나무 면적(16,899ha)의 약 50%인 8,057ha의 면적 분포를 나타낸다. 충남의 주요 임산물인 밤나무는 전국적으로 높은 생산량과 면적을 나타내고 있지만 최근 밤 수출·입에 관한 대내·외적 여건과

충남 산림 변화에 따라 밤 생산량은 2011년부터 지속적인 감소추세를 나타내고 재배농가는 2015년에 2014년 대비 약 40% 감소하였다. 밤나무는 연간 10~14℃의 기온대가 적합하고 늦가을이나 이른 봄의 서리피해 및 겨울동안 이상기후 영향으로 뿌리부근부터 줄기까지 피해가 쉽게 발생한다. 이외에도 기후변화에 따라 충남 주요 산림자원인 안면도 소나무림 면적은 지속적인 감소 추세를 나타내고 있다. 이러한 현상의 원인으로 현재 기후변화와 일부 상관성을 나타내고 있다.

그러므로 도내 주요 산림자원을 보호하고 지속가능한 산림체계 마련을 위해 기후변화에 따른 산림변화 연구는 필수적 사항이다. 아울러 충청남도 기후변화에 따른 산림변화를 파악하고 대체 수종을 제시하여 지속가능한 산림경영 체계 마련이 필요하다.

2) 연구목적

본 연구는 기후변화에 대응하고 충청남도 면적의 50%를 차지하는 산림의 가치 증진을 위해 탄소흡수원으로 인정 가능한 자원을 조사하고 유지 및 증진 방안을 모색하고자 하였다. 이를 위해 기후변화에 따른 도내 산림 변화를 예측하고 기후변화와 산림인자의 연관성을 분석하여 충청남도 기후변화에 대응한 산림부문 정책개발에 활용 가능한 기초자료를 제공하였다. 기후변화에 따른 충남 주요 산림자원의 대체수종 선정을 위해 본 연구의 목적은 다음과 같다.

첫 번째로, 기후변화에 따른 도내 산림의 권역별 변화상을 제시하였다.

두 번째로, 충남의 주요 산림자원을 대상으로 변화상을 제시하고, 대체 수종 선정을 위한 기준을 마련하고자 한다.

마지막으로, 이를 통해 도내 산림의 지속가능한 산림경영을 위한 대체 수종 선정 정책을 제시하였다.

3) 기대효과

본 연구를 통해 기후변화에 따른 충남 산림의 변화상을 파악하고 국가에 충남 주요 산림변화에 따른 지원방안을 제안하여 충청남도는 향후 변화하는 산림에 대한 능동적이고 효과적인 정책마련의 기초자료 제공이 가능하다. 또한, 도민은 지속가능한 산림 서비스 및 인식의 전환이 가능할 것으로 판단된다.

구체적으로, 전략과제의 연구 결과를 산림청이 수립하는 10년 단위의 ‘산림기본계획’에 충남 산림의 변화 반영이 가능하도록 관련 자료를 제시하고 충남의 특화 작물인 공주시 밤나무단지, 안면도 소나무림 관련 계획 수립, 제6차 지역산림계획 수립시 반영되어 지역특성을 고려하는 계획 수립이 가능하다.

아울러, 기후변화에 따른 도내 산림의 변화상을 파악하여 지속가능한 산림경영이 가능하도록 양묘정책수립, 목재의 지속가능한 생산 등 도내 산림정책의 근거자료 구축에 활용이 가능하다.

2. 연구내용 및 방법

1) 연구내용

본 연구는 충청남도 기후변화 현황 및 전망제시를 위해 국내·외 문헌을 검토하여 기후변화 추이와 전망을 제시하였다. 주요한 분석인자는 충청남도의 평균기온, 강수량, 극한 기상자료를 조사하고 RCP시나리오를 이용한 시군별 평균 기온, 강수량을 제시하였다.

충남의 산림환경변화 조사를 위해 산림청에서 제공하는 임상도(1:5,000)를 이용하여 산림을 조사하고 산림부문의 임업통계연보를 이용하였다. 또한, 국가에서 전국 산림을 대상으로 4년 주기로 조사하는 국가산림자원조사(National Forest Inventory, 이하 NFI)자료를 이용하였다. 수집된 자료를 바탕으로 충청남도 대체수종 제안 및 이를 위해 수행되어야할 정책을 중점 추진사항으로 제시였다.

대체 수종에 관한 연구보고, 논문, 정책회의 자료를 검토하여 충남의 기후변화 시나리오와 산림현황을 파악하고 기후변화에 따른 산림의 변화를 분석하여 대체수종 선정의 근거자료로 제시하였다. 아울러, 충남 산림의 기후변화 대응 역량 강화를 위한 대체수종 활용 방안을 단기, 중·장기로 제시하였다.

2) 연구방법

(1) 기후 DB

임목의 생장에서 강수, 온도조건 등은 산림생태계의 중요한 제한인자로 작용한다는 기존의 연구를 참고하여 관련 정보를 구축하였다. 기후변이는 임목의 수고생장과 직경생장에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되어 수종별 생장과 분포에서 필수인자이다. 본 연구에서 구축된 기후자료는 기상청에서 제공하는 수치화된 기후(30년간)자료이다[표1-1]. 산림에 대하여 전체적인 규모에서 관찰한다면 특정지역에서는 특정수종이 우점하고 성장하는 성향을 나타내고 있다. 이러한 모습은 일정한 규칙을 형성하고 있다.

[표1- 1] 충남 기후 DB구축 인자

코드	변수명	코드구분
W1	연평균 기온	실측치(°C)
W2	연 최고 일평균 기온	실측치(°C)
W3	연 최저 일평균 기온	실측치(°C)
W4	연간 누적 강수량	실측치(mm)
W5	월평균 강수량	실측치(mm)

(2) 산림입지정보 DB

산림청에서 구축한 산림입지도는 산림입지조사 가이드라인에 따라 현지 조사한 자료를 국립산림과학원의 검토 후, 종이지형도(1:5,000) 위에 도식된 산림입지도면을 국토지리 관련 국가기관에서 제작된 수치지도와 중첩하여 다양한 목적으로 활용 가능하도록 전산화하였다.

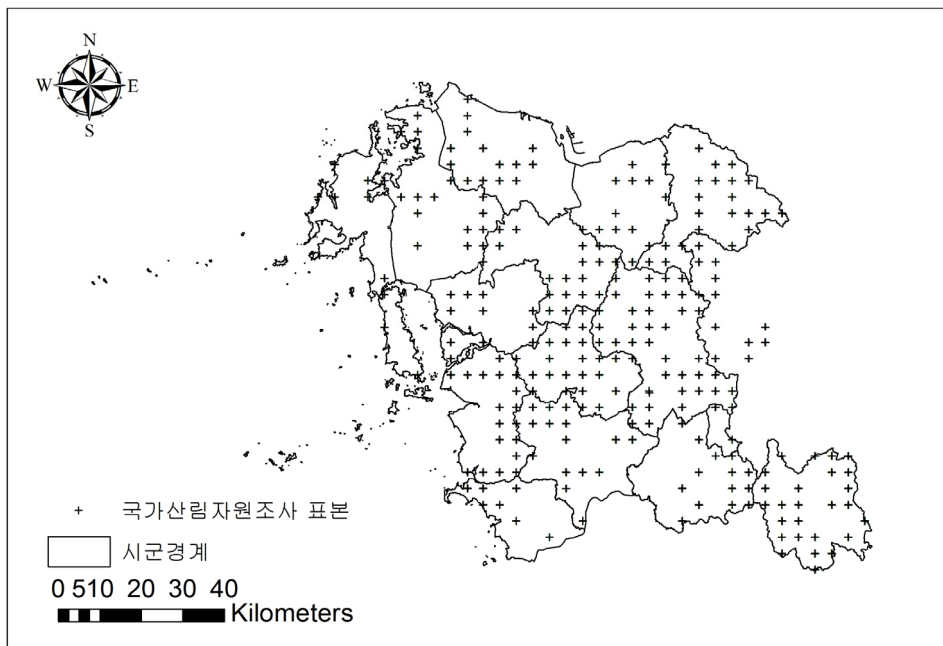
본 연구는 시·군별 산림자료 파악을 위해 산림청에서 구축한 제5차 국가산림자원조사자료를 이용하여 구역별 주요 수종 및 생장정보를 구축하였다[그림1-2]. 시군별 분포하는 산림현황은 부록1에서 제시하였다.

[표1- 2] 충남 산림입지 DB구축 인자

코드	변수명	코드구분
F1	일반조사현황조사(표본점의 위치, 토지이용구분)	실측치(좌표)
F2	임분현황조사(NFI5,6 표본점의 지황, 임황)	실측치(임상정보)
F3	임목자원조사(NFI5, 6)	실측치(cm)
F4	벌근 및 고사목 조사	실측치(본)
F5	치수조사	실측치(개)
F6	산림식생조사	실측치(종명)
F7	토양특성조사	실측치(토심구분)

(3) 산림정보 DB

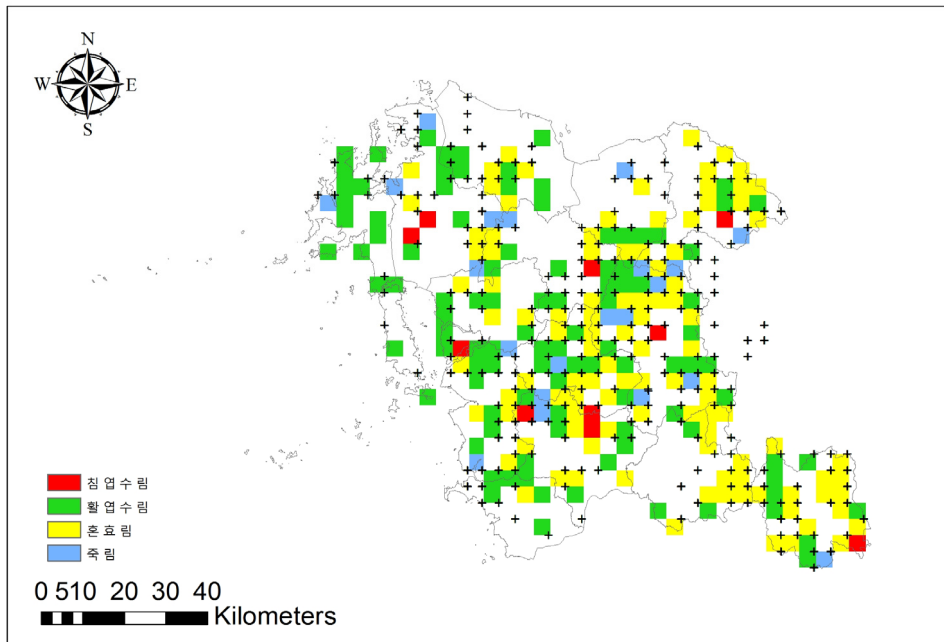
충남 산림과 기후인자 DB를 구축하고 시·군별 자료를 이용하였다. 도내 산림권역·수종별 인자를 DB화하고 자료의 무결성 검정을 통해 충남 기후변화 대응을 위한 산림변화를 제시하였다. 기존의 자료를 바탕으로 본 연구를 통해 구축된 ‘도내 산림입지 정보’를 중첩하여 시·군별 임분 생장 및 특성을 제시하였다. 이것을 바탕으로 ‘충남기후DB’ 및 기후변화 시나리오(RCP8.5)에 따른 충남 산림의 변화상을 파악하였다[그림 1-1]. 기후변화시나리오(RCP8.5)에 따른 충남의 산림 구분(충남해안권역, 금강하류권역, 금강상류권역)별 침엽수림, 활엽수림, 혼효림 면적별 변화를 제시하였다.



[그림1-1] 국가산림자원조사 충남권역 조사지점

본 연구는 NFI의 조사지점별 자료를 추출하고 임상 정보를 활용하여 관련 변수 4개, 국가산림자원조사 자료를 지형관련 변수, 토양관련 변수 추정에 활용하였다. 벡터형태 자료를 포함한 모든 환경요인변수는 레스터 형태로 변화하고 국가산림자원조사의 조사지점 간 거리(4km)를 고려하여 분석에 이용된 변수의 해상도는 조사지점을 중심으로 4km×4km 레스터로 조정하였다. 충남 산림의 임상별 레스터 자료는 [그림1-2]와 같다.

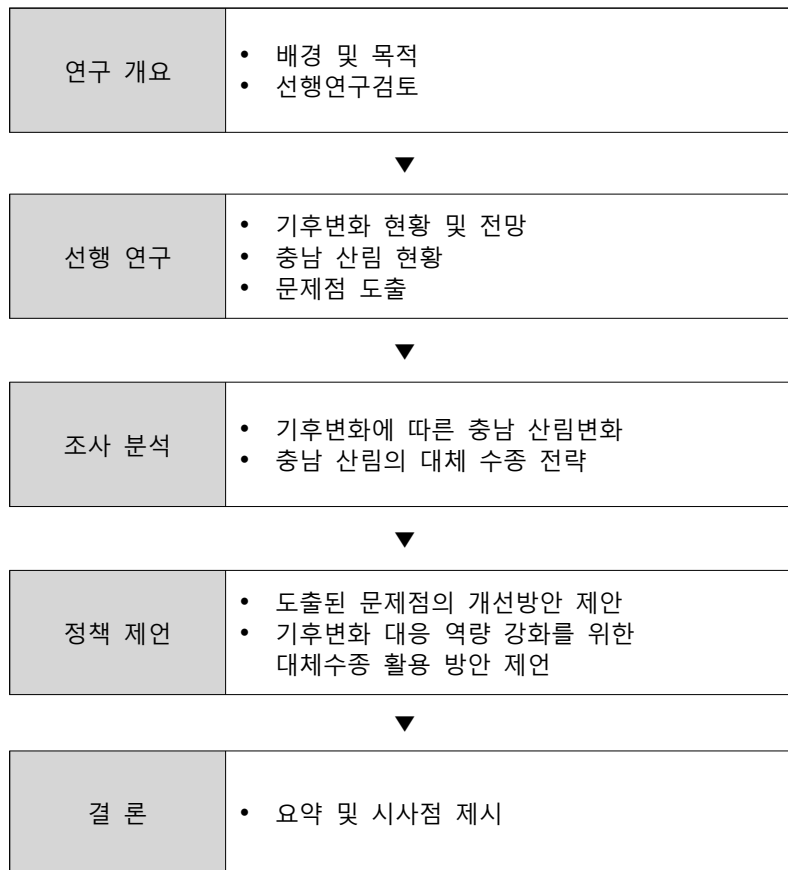
본 연구에서 NFI 자료를 기반으로 임상별 분포도를 작성하였을 때, 수종별 출현지점의 임령에 따른 정보는 레스터자료로 변환하여 임상의 미분포 지역은 백색으로 출현 지역은 유색으로 나타내었다.



[그림1-2] 충남 산림의 임상 레스터 자료

3) 연구체계

본 연구의 시간적 범위는 2016년 상반기이고 공간적 범위는 충청남도에 분포하는 산림을 대상으로 하였다. 내용적 범위는 충남의 기후변화 현상 및 전망, 산림에 한정하였다. 본 연구의 체계는 연구개요, 선행연구, 조사분석, 정책제언, 결론의 순서이고 연구 체계는 [그림1-3]과 같다.



[그림1-3] 연구체계

4) 선행연구와의 차별성

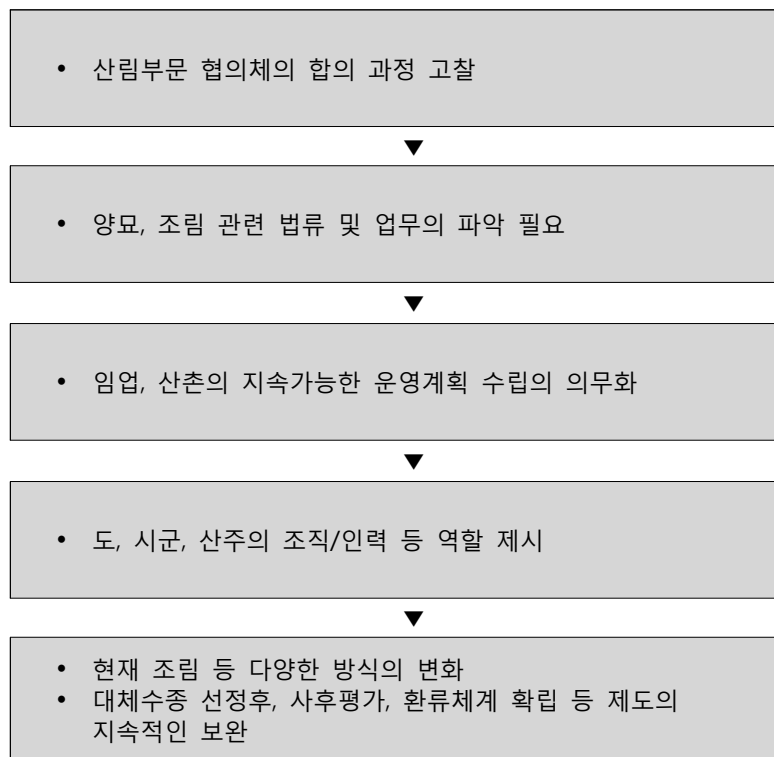
기후변화에 따른 산림연구는 ‘기후변화에 따른 국가단위의 산림변화 연구’, ‘우리나라 대표수종의 분포지역 변화에 대한 연구’가 보고되었다.

기후변화에 따른 국가단위 산림변화 연구는 우리나라 주요 수종의 분포 면적 변화, 기후와 산림생태계의 상관에 관한 연구 등이 수행되었다. 선행 연구는 모형을 통한 기술적인 연구가 대부분이고 산림변화에 따른 적합수종 제시 및 정책적인 관리방안 연구는 드문 실정이다. 아울러, 현재 시·군 산림 업무에서 대다수를 차지하는 조림, 양묘업무에서 발생하는 실제적인 고충과 개선사항과 연계한 연구는 드문 상황이다.

대체수종 선정을 위한 정책적인 부분의 체계는 [그림1-4]와 같다. 수종 선정은 중앙(충청남도)과 집행(시군)으로 구분되고 정책적 추진과정에서 유의 사항으로 기후변화에 따른 도와 시·군의 합의과정 결과는 법률과 계획수립 등의 제도적 활동으로 구체적으로 명문화해야 한다. 그러므로 집행과 성과측정을 위해 정보시스템에 기반한 과학적인 정책관리체계를 구축하고 지속적으로 사회구성원에게 산림과 산림관계자에게 긍정적인 면을 홍보하고 교육해야 한다.

이에 본 연구는 기후변화에 따른 산림 변화상을 바탕으로 적합한 대체수종을 제시하고 관련 당사자인 국가, 충청남도, 시·군, 산주에게 필요한 정책적 과제를 제시하는 부문에서 이전 연구와 차별성을 나타낸다.

정책추진체계란 특정한 정책 집행을 위해 활동하는 조직간 유기적 관계로 정의할 수 있다(이양수, 2016). 제도 설계시 현장과 현실에서 실현가능성을 고려하여 유연성을 최대한 발휘해야 한다. 특히 산림은 경영기간이 길고 불확실성이 높은 특징을 내포하여 정책집행을 담당하는 조직이나 기관들은 상호보완적이고 정책 권한도 차이를 나타내기 때문에 체계에 근거하여 정책이 추진되어야 한다. 산림 부문의 대체 수종 선정을 위해 관련된 조직은 충청남도, 시·군 산림관련부서, 산주, 양묘업자가 있다.

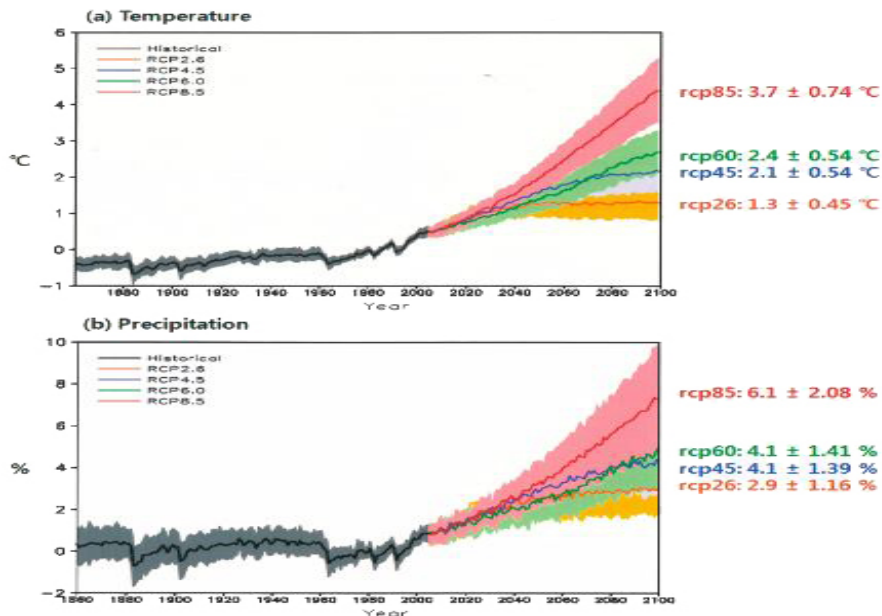


[그림1- 4] 대체 수종 선정을 위한 정책 프로세스

제2장 관련 이론 및 사례

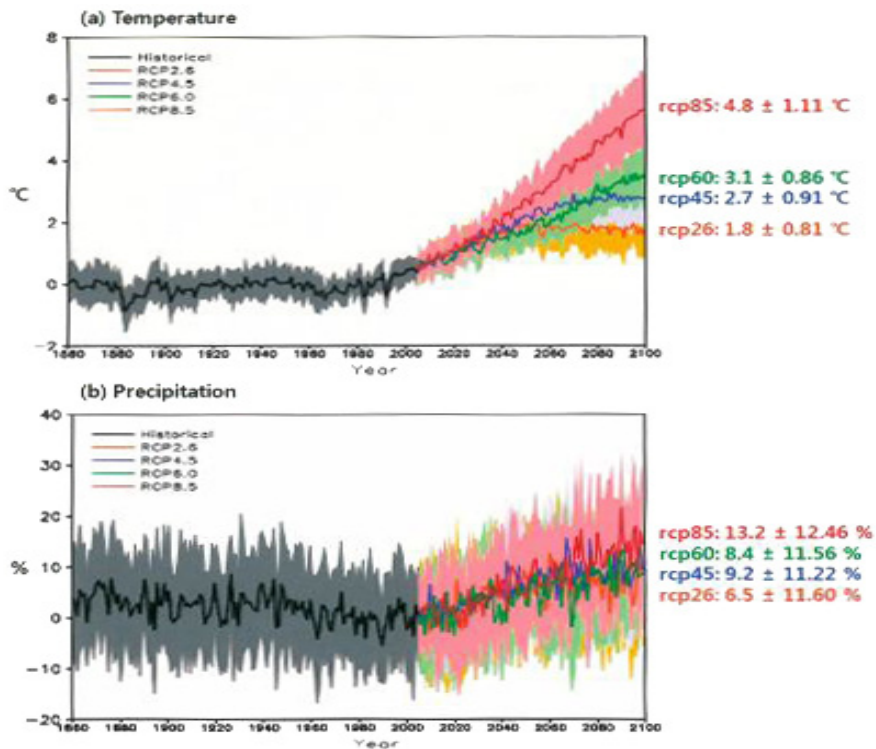
1. 기후변화 이론

전 지구적 온난화는 지구평균 기온과 해수온도의 상승, 광범위한 빙하 용해 및 평균 해수면 상승 자료의 지속적인 관측을 통해 구체적으로 증명되고 있다. 지난 100년(1916~2015년)간 지구평균온도는 0.74°C 상승하고 위성자료의 관측결과에서 북극 해빙 범위는 1978년 이후 10년에 2.7%, 여름에는 7.4% 감소하였다. 지구평균해수면은 1961년 이후 1.8mm/yr , 1993년 이후 3.1mm/yr 상승하였다. 1900부터 2005년까지 강수량은 북남미의 동부, 북부 유럽, 중부아시아에서 증가하고 남부아프리카, 남아시아 일부 지역에서 감소하였다. 대부분의 육지에서 폭염 발생빈도는 증가하고 호우 발생의 빈도는 증가하고 있다. AR5는 132년간(1880~2012년)의 전 지구평균온도는 0.85°C 상승한 것으로 보고하였다[그림2-1].



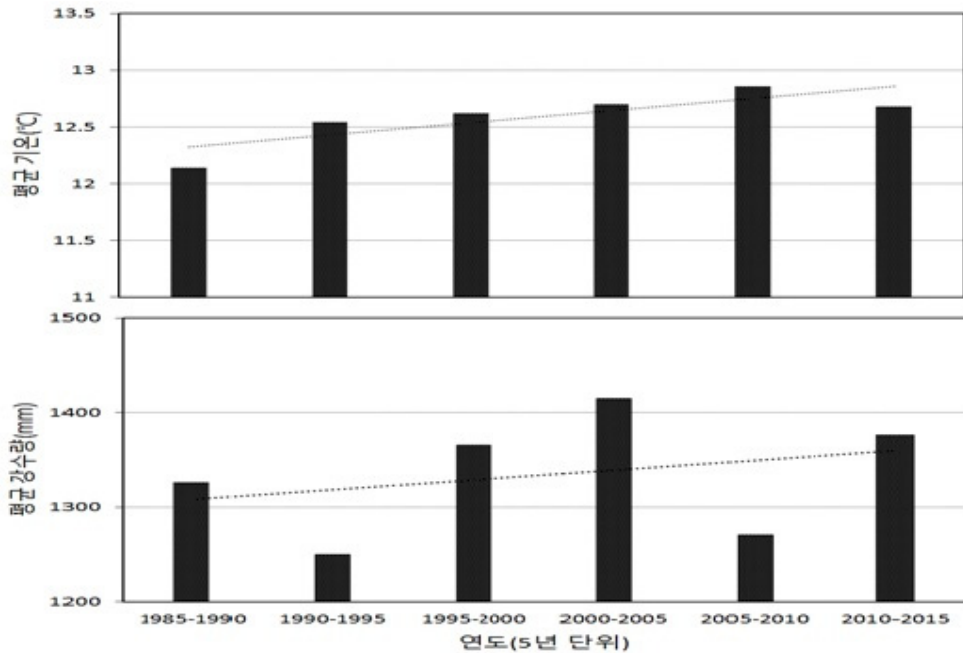
[그림2- 1] 전지구적 연 기온(a) 및 강수량(b) 변화(1861년-2100년)
음영은 표준편차를 의미함(기상청, 2012).

우리나라 평균 기온은 전국적으로 12.6℃이나 지역적 편차(대관령의 6.4℃부터 서귀포의 16.2℃까지)를 나타내고 있다. 1912부터 2015년까지 우리나라 평균기온은 1.5℃ 상승(도시 열섬효과 포함)하여 전 지구 기온상승($0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$)보다 높은 수준이다[그림2-2]. 기후변화와 관련하여 계절 변화도 나타나고 있다. 1920년대에 비해 1990년대는 겨울은 19일 정도 짧아지고, 여름은 16일 정도 길어지는 등 여름, 봄은 길어지고 겨울, 가을은 짧아지는 경향을 나타내는 것으로 보고된다.



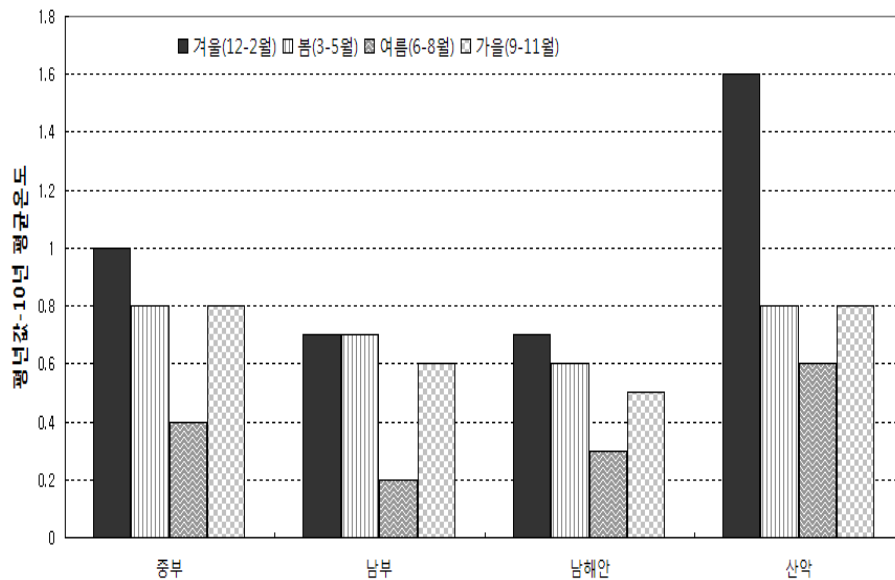
[그림2-2] 우리나라 연 기온(a) 및 강수량(b) 변화(1860-2099)
 음영은 표준편차를 의미함(기상청, 2012).

우리나라의 평균 기온은 지난 30년간 약 0.54°C 상승하였고 지난 30년간 평균 강수량은 해에 따라 편차가 있으나 장기적으로는 증가하는 추세이다[그림2-3]. 지난 30년간(1985-2015년) 우리나라의 연평균 기온은 0.54°C 상승($0.09^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 추세)했으며 모든 계절에서 증가하는 경향을 나타내었다.



[그림2- 3] 30년간 우리나라 평균기온, 강수량 변화(1985-2015)

연평균 기온의 증가경향은 겨울철과 가을철에 최대, 여름철과 봄철에 최소로 나타났다[그림2-4]. 우리나라의 평균 강수량은 지난 30년간(1981-2010년) 50.4mm 내외로 증가하는 경향을 나타내었으나 이것은 한반도 연강수량의 7% 수준으로 통계적으로 유의한 수준은 아닌 것으로 보고되었다. 1990년대 초, 2000년 후반 강수량은 다른 기간보다 적은 것으로 조사되었고 최근 30년간(1985~2015년) 연평균 강수량은 1,334mm를 중심으로 변화하면서 전체적으로 증가하는 추세를 나타내고 있다.



[그림2- 4] 지역별 평균온도 편차 변화 추세(1985-2015)

2) 기후변화 현상

기상청은 우리나라의 기후변화 전망으로 2001년부터 2100년까지 평균 기온은 지속적인 상승세를 나타내고 강수량은 연간 변동이 있으나 전체적으로 상승하는 경향을 나타내는 것으로 보고하였다. 예측된 2020, 2050, 2080년의 기온, 강수량, 해수면 변화에서 2020년 기온은 과거 30년(1971~2000)에 비해 1.5℃, 강수량은 5%상승할 것으로 보고되었다 국립기상연구소는 2071년부터 2100년 사이 기온 상승으로 인해 충청남도 서해안 지역은 아열대 기후대로 충남 지역은 온대 기후대로 변화할 것으로 보고하였다.

기후변화의 영향으로 가뭄, 폭염, 폭설, 집중호우 등 이상기후의 발생 빈도와 산림 교란의 발생 가능성 증가가 예상된다. 최근 우리나라에서도 2000년 동해안 대형 산불 발생, 2001년도 봄철 가뭄, 2002년 루사(태풍), 2003년 매미(태풍)로 인한 산림훼손 및 산사태, 2004년 3월의 폭설피해, 2015년부터 지속적으로 발생하는 충남 보령지역 가뭄, 2016년 부산지역 차바 등 기후변화로 인한 간접적인 피해는 증가할 것으로 예상되어 다양한 측면에서 기후변화에 따른 산림의 변화상 조사가 필요하다.

기후변화로 산림 피해는 증가할 것으로 보고된다. 기후변화에 따른 해충발생 증가의 주요 원인으로 CO₂ 농도 증가에 따른 식물방어능력 저하와 영양분 증가, 생물다양성 감소, 계절성 변화 등이 있다. 또한 극한적 고온등 이상 기상현상 발생으로 수목은 스트레스로 인해 해충 침입이 용이해지고 수목의 병충해 내성은 약해진다. 이러한 기작의 결과로 우리나라에서 아열대성 병해충이 출현하거나 최근 급격한 증가세를 나타내고 있다. 솔나방은 30~40년 전에는 년 1회 정도 발생을 기록하였으나 최근 발생빈도가 증가하고 있다.

3) 기후변화시나리오

충남의 시군별 미래 기후변화 전망을 위해 국가에서 발표한 RCP시나리오를 이용하였다. RCP¹⁾(Representative Concentration Pathways)는 AR5에서 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 의미한다. 대표적인 복사강제력에 대해 사회-경제 시나리오는 여러 가지가 될 수 있다는 의미에서 ‘대표(Representative)’라는 표현을 사용하고 온실가스 배출 시나리오의 시간에 따른 변화를 강조하기 위해 ‘경로(Pathways)’라는 의미를 포함하고 있다. RCP시나리오는 최근 온실가스 농도 변화경향을 반영하고 최근 예측모델을 고려하여 해상도 등을 업데이트하였고 4가지의 대표 온실가스 농도²⁾(2.6, 4.5, 6.0, 8.5)를 사용하고 있다.

본 연구는 기상청 기후정보포털(<http://www.climate.go.kr/>)에서 제공하는 남한 상세 기후변화 시나리오(RCP8.5)를 이용하여 충남 자료를 정리하였다. 자료 형태는 월별로 구성되고 연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온은 월별 자료를 연별로 평균하고 연강수량은 연별로 더하여 산출하였다. 표에서 ‘현재’는 2016년이 포함되는 2001년부터 2020년까지이고 ‘전반기’는 2011년에서 2040년까지이다. ‘중반기’는 2041에서 2070년까지이고 ‘후반기’는 2071에서 2100년까지이고 항목별 변화양상을 제시하였다.

1) RCP(Representative Concentration Pathways) 국가 표준 시나리오

2) RCP시나리오 숫자는 복사강제력으로 온실가스에서 에너지의 평형을 변화시키는 영향력의 정도를 의미하는 양으로서 지상에 도달되는 태양복사가 약 238w/m² 이므로 RCP 8.5/6.0/4.5/2.6의 복사강제력은 입사 태양복사량의 약 3.6%, 2.5%, 1.9%, 1.1%에 해당되었다.

4) 기후변화 정책동향

국제적으로 온실가스 감축에 대한 논의가 본격적으로 이루어지기 시작한 이후 2009년 COP15에서 ‘지구온도 상승 2.0℃내로 제한’ 목표에 합의가 성사되고 2011년 195개국이 2020년까지 법적 구속력을 갖춘 새로운 기후변화체제 수립에 합의하였다. 2013년 COP19에서 당사국들은 각국이 자발적으로 결정한 감축량을 파리에서 개최된 COP21 이전 제출에 합의하여 신기후체제 출범을 예고하였다. 2015년 12월 파리에서 개최된 COP21에서 ‘지구온도 상승폭을 2100년까지 2.0℃ 이하로 제한’에 합의하고 2020년 이후 모든 국가가 참여하고 자국이 정한 감축목표에 대한 책임은 개별 국가가 부담하는 신(新)기후체제(Post-2020)가 출범하였다.

파리총회가 개최되는 시기 온실가스 배출규제에 대한 긍정적인 분위기와 당사국들의 자발적 감축목표(Intended Nationally Determined contributions, 이하 INDC) 제출에 적극적인 모습으로 합의 가능성이 높아지고 있었으나 사무국의 종합보고서에 따르면 제출된 INDC 공약이 모두 이행되더라도 2100년까지 2.7℃의 온도상승이 예상되어 2.0℃에는 미치지 못하고 대다수의 개발도상국 INDC는 공약 이행의 보장이 없다는 측면에서 기후변화 문제를 해결하는데 충분하지 않다는 점을 시사하고 있다.

파리협정에 우리나라의 대비책으로 우리 산업계의 저탄소 기술 경쟁력을 면밀히 분석하여 대비가 필요하고 온실가스 완화정책의 강화를 장기적인 관점에서 접근해야한다는 시사점이 있다. 향후 제출한 INDC보다 강화된 감축목표 제시가 필요하고 완화분야에서 선진국과 개발도상국의 구분이 무의미하다는 점이 있다. 파리협정은 합의과정에서 복잡한 이해관계가 부각되고 세계적인 기후변화에 대한 의지를 확인하는 계기가 되었다. 파리협정은 향후 경제발전의 패러다임을 변화시키는 중요한 전환점이 될 것으로 예측되고 우리나라의 제조업에서 온실가스 다배출업종의 비중이 높다는 점에서 혁신적인 대비가 요구되고 있다.

우리나라 2030년 온실가스 감축 목표치인 37%감축은 GDP당 배출량으로 환산하면 54.7%, 1인당 배출량으로 환산하면 25% 감축을 실현해야 하는 수준으로 국제사회에 우리나라의 적극적인 기후변화 대응의지를 보여준 감축목표라고 할 수 있다. 다만 우리나라의 제조업은 약 31%로 다른 선진국들과 비교하였을 때, 높은 비중을 차지하고 이로 인해 단기에 감축효과를 기대하기 어려우며 급진적인 온실가스 완화는 산업 경쟁력을 약화시킬 우려가 있다. 기후변화 대응과 관련된 각 부처별 계획은 [표2-1]과 같다.

[표2- 1] 국가 기후변화대응 정책방향

부문 (분야)	정책방향
지식경제부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 민간 투자 활성화 기반조성 ◦ 핵심기술 및 신산업 발굴을 통한 신성장동력 확보 ◦ 에너지 신산업의 글로벌 경쟁력 확보
환경부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 친환경 에너지타운 확산 ◦ Carbon Free Island(제주도) 조성 ◦ 생물자원산업 ◦ 친환경자동차 산업
국토교통부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 저에너지 친환경 건축물 확산 ◦ 지속가능한 친환경 교통체계 구축
미래창조과학부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2030년 온실가스 17백만 톤(BAU대비 2%) 감축 ◦ 온실가스를 활용하여 화학소재·제품 등을 생산하는 신산업 창출을 위한 「탄소자원화 전략」 수립·추진('16.3)
산업통상자원부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ ICT 융·복합 산업의 글로벌 경쟁력 확보 ◦ ESS 신규수요 창출 등을 통한 산업화 및 해외진출 지원 ◦ 태양광 등 규제개선을 통한 기술경쟁력 강화 촉진 ◦ 스마트그리드 성공모델 정착 및 확산 ◦ 에너지산업, 서비스업, 입지·환경등 규제완화 ◦ 금융·세제·입지 등 지원확대

2. 기후변화에 따른 산림변화

1) 국외사례

전 지구적 기후변화로 인해 많은 생물종들이 멸종위기에 처할 것으로 보고되고 있다. 최근 인간 활동에 의한 기후변화는 급속히 진행되어 생물다양성이 감소할 것으로 보고되고 있다. 현재 진행되고 있는 기후변화의 속도는 자연적인 기후변화 속도보다 100배 이상 수치로 생물의 적응 가능성은 불확실하다. 이렇게 기후변화에 따른 식생기후대 변동 속도와 생물 종의 이동 가능한 속도의 차이로 인해 많은 생물이 감소할 것으로 예상된다. 과거 지구 역사적인 수종의 이동속도는 100년 동안에 약 4km에서 200km까지 범위였다. 기온이 1℃ 상승하면 기후대는 위도는 극지방 쪽으로 약 150km, 고도는 위쪽으로 150m정도 이동하는 것에 해당된다. 따라서 크기가 작은 종자를 가진 식물을 제외하고는 현재 우려하는 기후변화 속도에 적응 못하여 도태되거나 소멸종이 나타날 것이다. IPCC는 평균기온 1.5~2.5℃ 상승에 약 20~30%의 생물종이 멸종위기에 처할 것으로 경고하고 온실가스 완화와 위기관리를 포함한 적응 조치를 권고하였다.

산림은 생물적 요소인 임목, 동식물, 토양미생물 등과 비생물적 요소인 환경인자(토양, 수분, 온도, 광등)의 상호작용 체계를 말한다(천정화 등, 2016). 이러한 산림생태계를 경관생태학적 측면에서 관찰해 보면 고유한 기질의 임목들이 집합되어 구성된 산림은 위계와 규모에 따라 상이하지만 수종, 수령, 임분구조 차이에 따라 주변 환경과 경관적, 생태적 이질성과 함께 내부적 동질성을 포함하고 있다. 기후변화에 따라 평균 기온이 상승하게 되면 전지구적 북반구의 식생대는 남쪽에서 북쪽으로, 저지대에서 고지대로 이동하게 된다. 따라서 미세한 크기의 종자를 가진 식물을 제외하고 현재 예상되는 기후변화 속도를 따라 잡는 것은 불가능한 것으로 보고되고 있다. 또한 고산 지대에만 서식하는 식물 종들도 분포하는 범위가 줄어들거나 소멸 가능성이 높아지고 우리나라 연평균 기온은 2℃ 상승할 경우 남부 해안지역에 분포하는 동백나무를 비롯한 상록활엽수는 서울을 포함한 중부 내륙지역까지 생육이 가능할 것으로 보고된다.

2) 국내사례

우리나라는 여름철 이상고온과 태풍의 영향으로 병해충 번식이 증가하고 열대성 병해충이 급격히 증가하고 있다. 또한, 최근 우리나라 소나무에 소나무재선충, 솔껍질 깍지벌레, 솔잎혹파리 등 병해충 발생이 증가하고 리기다소나무 푸사리움 가지마름병, 참나무 시들음병이 발병하고 있다. 2001년 현재 전체 산림의 약 5%인 337천ha가 각종 산림 병해충의 피해를 입고 특히, 소나무류 병해충이 40% 이상을 차지하고 있다.

기후변화의 영향으로 인한 병해충 발생 및 피해를 줄이기 위해 예찰 시스템 확충, 검역 강화, 산림 체질 개선, 조기 발견 및 진압을 위한 기반 구축이 필요하다. 병해충을 조기 발견하거나 적기에 집중 방제활동을 하는 것은 산림생태계의 건강성 유지와 산림 자원의 손실을 방지한다는 측면에서 이산화탄소흡수원의 유지 및 증진효과를 얻을 수 있다.

전국적으로 병해충 중 솔잎혹파리는 2004년까지 감소후 증가경향을 나타내고 솔껍질깍지벌레는 2006년 이후 증가하는 추세를 나타내었으나 충청남도에는 발생이력은 전무하였다. 살아있는 나무에서 피해를 주는 소나무재선충은 2000년대 이후 증가하는 경향이 있으나 충청남도는 2005년 발생하여 2006년에는 급격히 증가하였다. 솔나방은 우리나라에서 발생 사례가 존재하나 충청남도에는 아직 발생되지 않았다. 흰불나방의 경우 전국, 충청남도 모두 점차 감소하는 경향이고 기타 해충의 경우도 감소하고 있다. 건강한 생태계는 상당 부분 재해나 악영향에 대해 완충작용을 할 수 있으며 회복능력을 가지고 있다. 반면에 피해를 입어 허약해진 생태계에 다른 재해가 중첩되면 피해가 증폭되는 결과를 나타내어 생태계의 복원 능력은 현격하게 저해될 수 있다. 이에 따라 산림생태계 건강성 유지를 위해서 병해충 발생으로 인한 피해를 줄이도록 대책마련이 필요하다(임종환, 2009).

소나무는 현재 우리나라 전역에 분포하고 있으나 RCP시나리오를 기반으로 조사된 선행연구에서 생육과 갱신능력이 유지되는 적정생육범위가 2060년대에는 지리산, 덕유산 등 남부 고지대, 경북 북부 및 충청남도에 국한되고 나머지 지역은 쇠퇴하거나 개체군 축소가 예상된다. 현재까지 다양한 연구에서 기후변화가 산림생태계에 미치는 영향이 보고되었으나 충청남도 산림을 대상으로 수행된 연구는 드문 실정이고 현재는 산림의 지속가능한 발전을 위해 대체 수종 선정 연구가 필요한 시기이다.

제3장 충남 주요 산림자원 변화

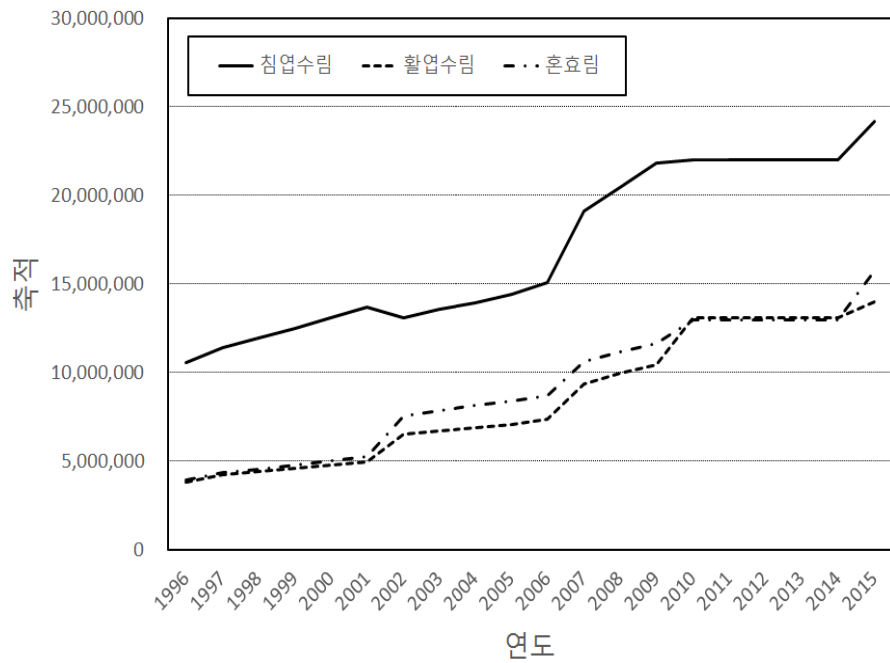
1. 충남의 산림권역 구분

충청남도 임상에서 침엽수는 37.1%를 차지하고 소나무림이 약 17% 분포한다. 활엽수림은 전체 산림의 30.1%이고 수종별 참나무류(*Quercus*)에서 높은 비율을 나타내었다. 참나무류중 상수리나무에서 높은 면적비율을 나타내는 것은 충남 공주의 주요 임산물인 밤 및 표고자목의 재료가 되기 때문이다. 혼효림, 죽림, 무림목지³⁾에서 각각 26.5%, 0.4%, 5.9%를 나타내었다(산림청, 2016).

국가산림자원조사에서 무림목지의 비율은 점점 증가하고 있는 것으로 조사되었다. 충남의 무림목지는 전국 평균(3.8%)에 비해 높은 수치를 나타내어 지속적인 관리가 필요한 것으로 판단된다.

충남 산림면적은 408천ha로 전국 산림면적(6,334천ha)의 6.4%, 도 전체면적의 49.7%를 차지한다[그림3-1]. 충청남도의 산림면적은 1990년대부터 지속적인 감소추세이다. 이것은 우리나라의 도시화, 기후변화가 원인으로 우리나라 산림이 감소하는 것과 유사한 경향을 나타내고 있다. 2015년 408천ha로 감소한 것은 세종시 분리에 의한 분석된다. 2000년대 이후 시·군 확장 및 분할로 인해 산림 면적은 지속적으로 감소하고 도내 임목지 면적은 소폭 증가하였으나 무림목지 면적이 크게 감소하여 전체적으로 산림면적이 축소한 것으로 분석되었다.

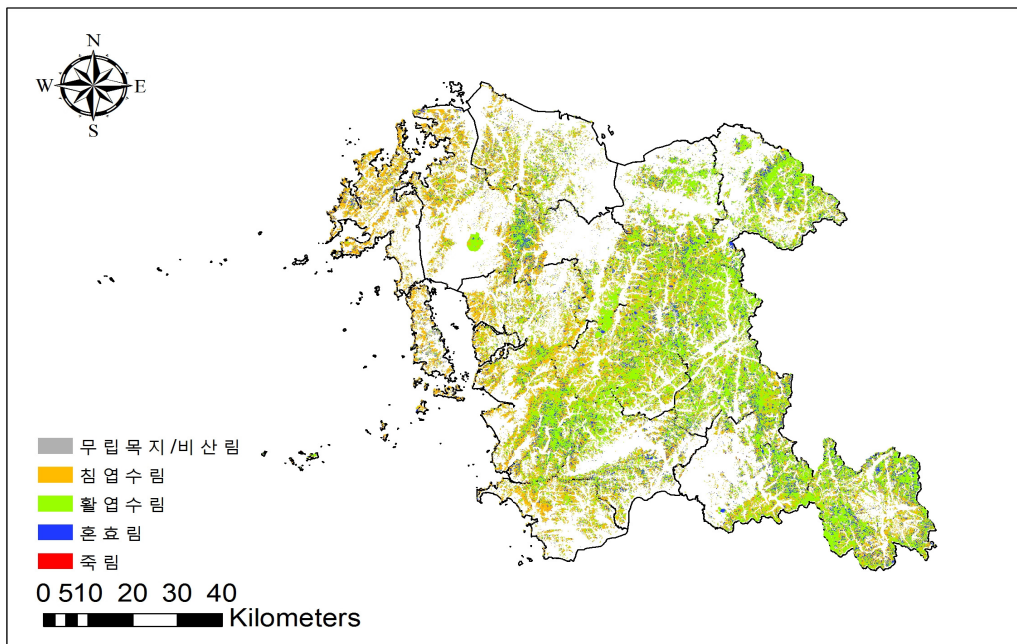
3) 무림목지: 산림내에서 분포하는 미림목지(묘지, 시설물 등), 제지



[그림3-1]충청남도 임상별 축적 변화량

충청남도 산림의 임목축적은 48,043천 m^3 로 국유림 3,900천 m^3 , 공유림 2,118천 m^3 , 사유림 42,025천 m^3 로 구성되고 ha당 평균 임목축적은 109.73 m^3 (국유림 118, 공유림 102, 사유림 109)로 전국(125.62 m^3) 평균의 87%의 수준이다. 도내 산림의 임상별 임목축적은 침엽수에서 가장 높은 축적을 나타내고 혼효림, 활엽수림의 순서이다[그림3-1].

이것은 전국적인 경향으로 혼효림에 대한 기준 정립을 통한 국가산림자원조사가 수행되어 전국적인 통계에서 혼효림 면적과 축적 비율이 증가하였다. 도내 시·군별 임목축적은 공주시와 금산군에서 높은 것으로 조사되고 당진시에서 가장 낮은 임목축적률을 나타내었다. 도내 산림의 면적은 감소하고 있으나 연간 성장량은 벌채량을 초과하여 임목축적은 지속적으로 증가할 것으로 판단된다. 그러므로 연간 성장량과 벌채량을 고려하는 도내 산림경영계획이 필요한 것으로 예상된다.



[그림3-2] 충청남도 임상도

(1) 임상

충청남도 산림의 임상파악을 위해 산림청에서 제공하는 충청남도 임상도 자료를 이용하였다. 임상도(1:5000)는 2008년부터 2012년 구축된 자료를 이용하였다[표3-1].

[표3-1] 임상별 주요 수종 면적과 비율

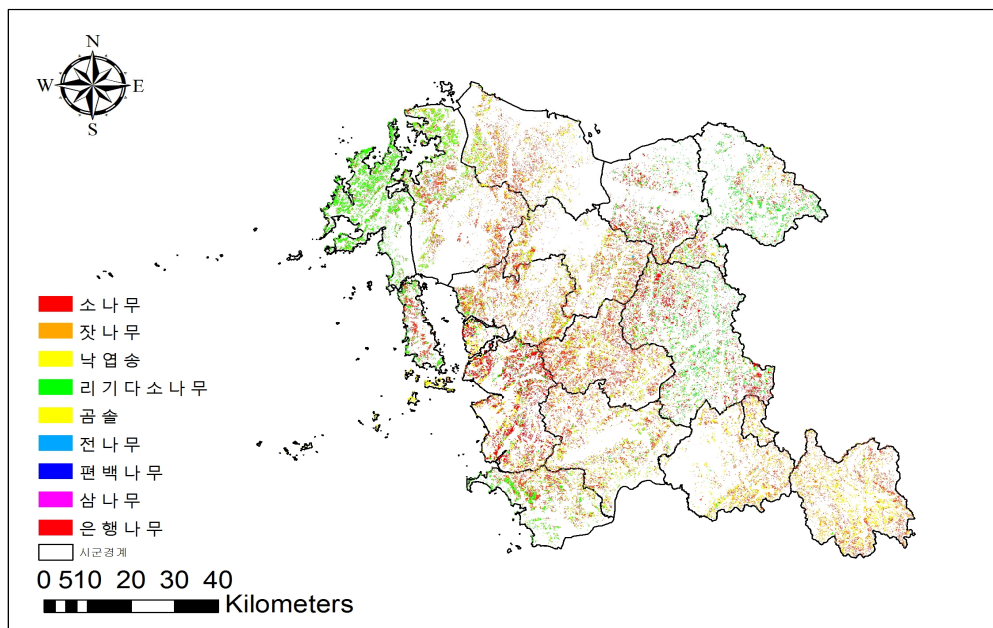
임상	수 종	면 적 (ha)	비율 (%)	비고
침엽수	기타침엽수	176.3	0.16	상기수종 외 기타 침엽수류
	소나무	19890.2	17.51	소나무
	잣나무	2137.7	1.88	잣나무, 섬잣, 눈잣, 스트로브잣
	낙엽송	3223.9	2.84	잎갈나무, 일본잎갈
	리기다소나무	12521.2	11.02	리기다, 리기테다, 방크스
	곰솔	3225.4	2.84	곰솔(해송)
	전나무	8.0	0.01	전나무, 구상, 분비
	편백나무	168.0	0.15	편백, 화백
	삼나무	8.5	0.01	삼나무, 낙우송, 메타세콰이어
활엽수	은행나무	61.6	0.05	은행나무
	기타활엽수	18579.1	16.36	상기수종 외 기타 활엽수류
	상수리나무	16378.4	14.42	상수리나무
	신갈나무	3300.0	2.91	신갈나무
	굴참나무	5824.6	5.13	굴참나무
	기타 참나무류	15161.9	13.35	갈참나무, 떡갈나무, 졸참나무 등
	오리나무	4.9	0.00	오리나무, 물오리, 사방오리
	고로쇠나무	25.9	0.02	고로쇠나무
	자작나무	380.5	0.33	자작나무, 거제수나무
	박달나무	0.1	0.00	박달나무, 개박달, 물박달
	밤나무	9727.0	8.56	밤나무
	물푸레나무	1.8	0.00	물푸레나무, 들메나무
	서어나무	0.5	0.00	서어나무, 개서어나무
	호두나무	285.1	0.25	호두나무, 가래나무
	백합나무	1313.4	1.16	백합나무
	포플러	306.5	0.27	미루나무, 은사시, 이태리포플러, 수원사시
	벚나무	16.4	0.01	벚나무, 양벚, 산벚, 꽃벚, 왕벚
	느티나무	206.6	0.18	느티나무
	층층나무	1.0	0.00	층층나무, 곰의 말채, 말채나무
	아까시나무	616.0	0.54	아까시나무
	기타상록활엽수	32.1	0.03	상기수종 외 기타 상록 활엽수류
	후박나무	1.4	0.00	후박나무

주: 비율은 임상별 비율이 아닌 전체 비율임.

(2) 침엽수림 비율

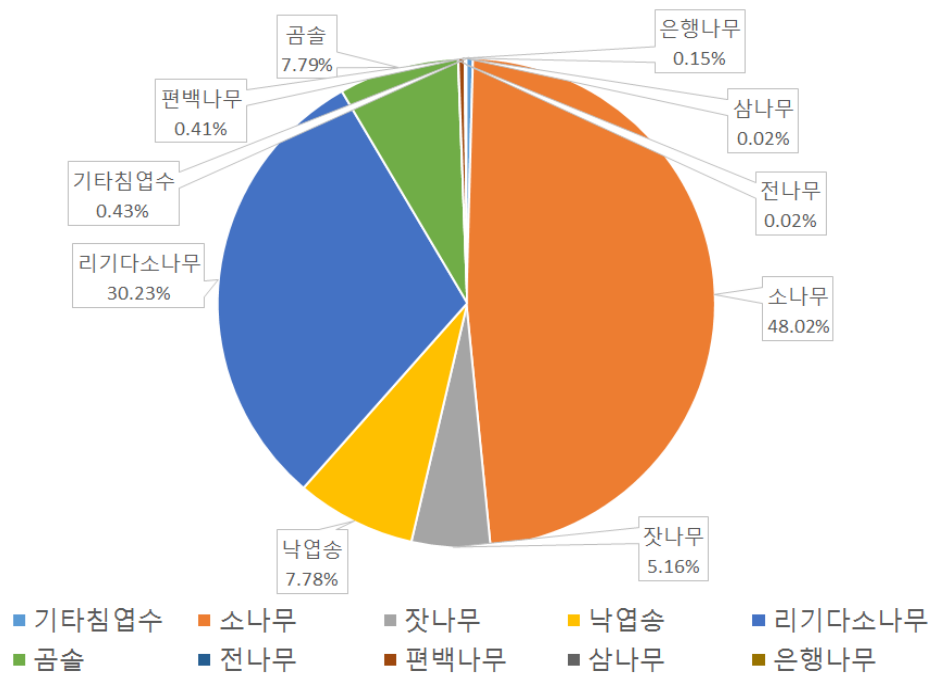
충남의 침엽수림⁴⁾ 분포는 [그림3-3]과 같다. 서해안과 인접한 지역은 주로 곰솔(해송)이 주요 수종으로 분포하고 서부지역(당진시, 보령시)을 중심으로 주로 소나무가 분포하고 있다. 동부와 남부에 분포하는 주요 침엽수는 낙엽송, 리기다소나무이다.

RCP시나리오에 근거한 기존의 연구에서 침엽수림은 기후변화에 따른 생육범위와 조림지대가 변화하여 생산성이 감소할 것으로 보고된다(성주환 등, 2008). 현재 전국에 분포하는 소나무림은 RCP시나리오를 이용한 시뮬레이션 결과에서 21세기 후반에는 적정 생육범위가 일부 고산지대와 강원산간 지역으로 제한되는 것으로 조사되었다. 현재 천연림과 조림지 식재 수종은 기후변화에 따라 생육이 부적합하여 쇠퇴 혹은 목재생산력 저하가 예상되므로 이에 대한 대책이 필요하다.



[그림3-3] 충청남도 침엽수림 분포

4) 침엽수의 수관 점유면적이 75%이상인 임분

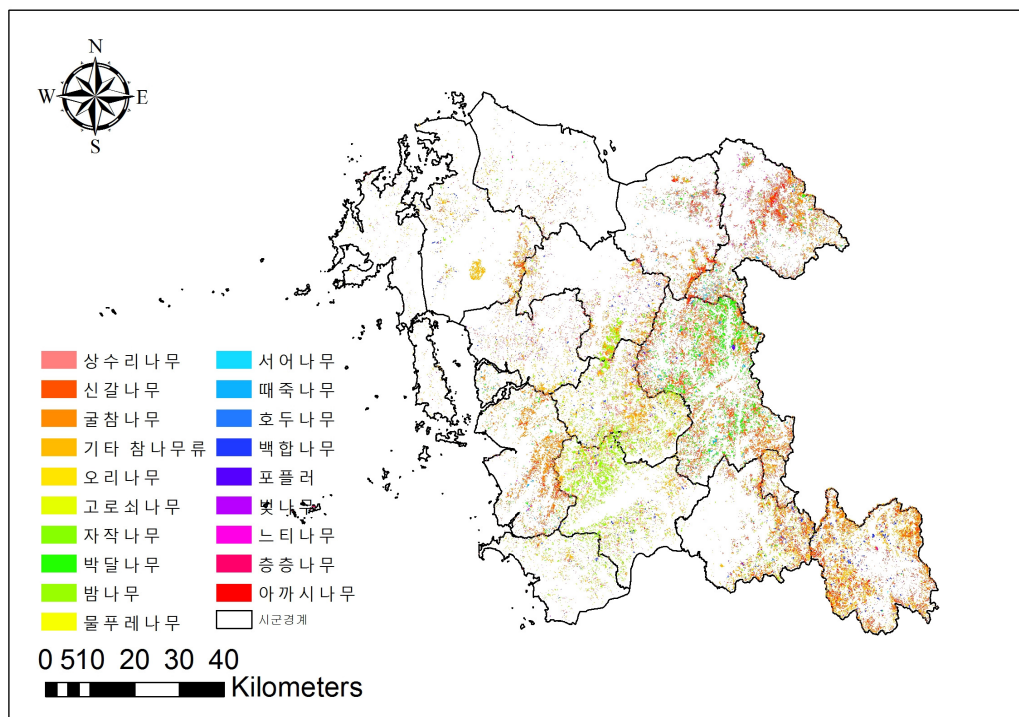


[그림3-4] 충남 침엽수림의 수종 구분 및 비율

도내 대부분의 산지에 분포하고 임종비율은 인공림 비율이 대부분으로 침엽수림중 소나무 비율은 약 50%를 차지한다. 소나무림은 충남 서북부 지역이 다수를 차지하고 호서정맥 지역에도 나타나고 있었으나, 현재는 청양군, 논산시, 부여군를 중심으로 지속적으로 감소하고 있다. 전체적인 수종별 비율순위는 소나무>리기다소나무>낙엽송>잣나무의 순서이다[그림3-4]. 이중 리기다소나무는 우리나라에 부적합한 수종으로 인식되어 향후 대단위 갱신이 예상된다. 그러므로 행정구역의 특징을 바탕으로 환경적 요건을 고려하여 대체수종의 선택이 필요하다.

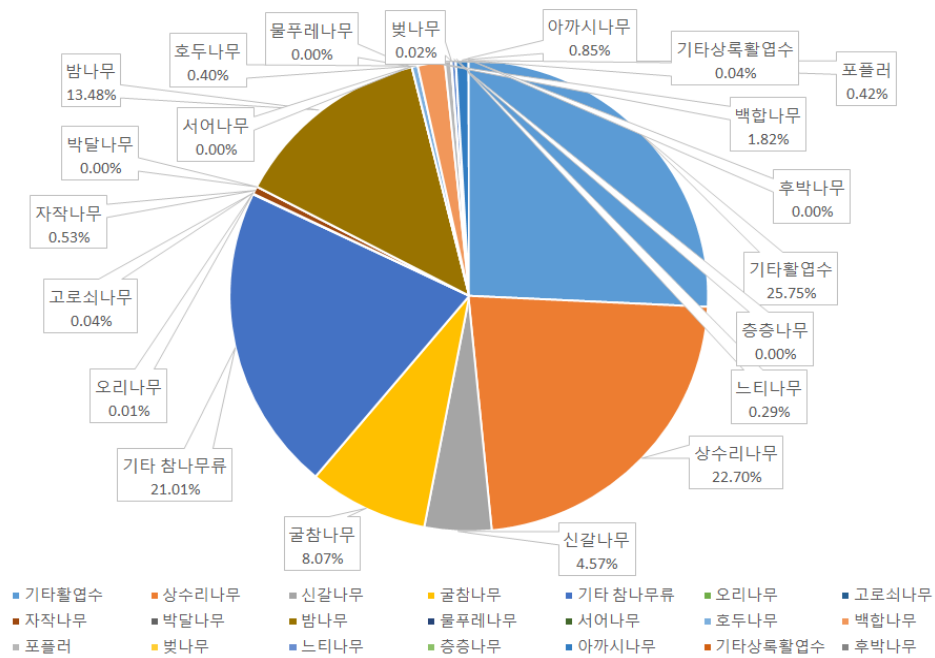
(3) 활엽수림 비율

충남의 활엽수림⁵⁾ 분포는 [그림3-5]와 같다. 주로 충남의 호서정맥을 중심으로 다수의 활엽수림이 분포하고 있다. 충남의 활엽수림은 기타 활엽수와 참나무 비율이 높은 것으로 조사되었다. 참나무림 비율이 감소하고 활엽수 인공림과 밤나무림에서 높은 비율을 나타낸다. 이것은 조림수종 중에서 활엽수와 밤나무등 유실수 식재가 늘고 있기 때문이다.



[그림3-5] 충청남도 활엽수림 분포

5) 활엽수의 수관 점유면적이 75%이상인 임분

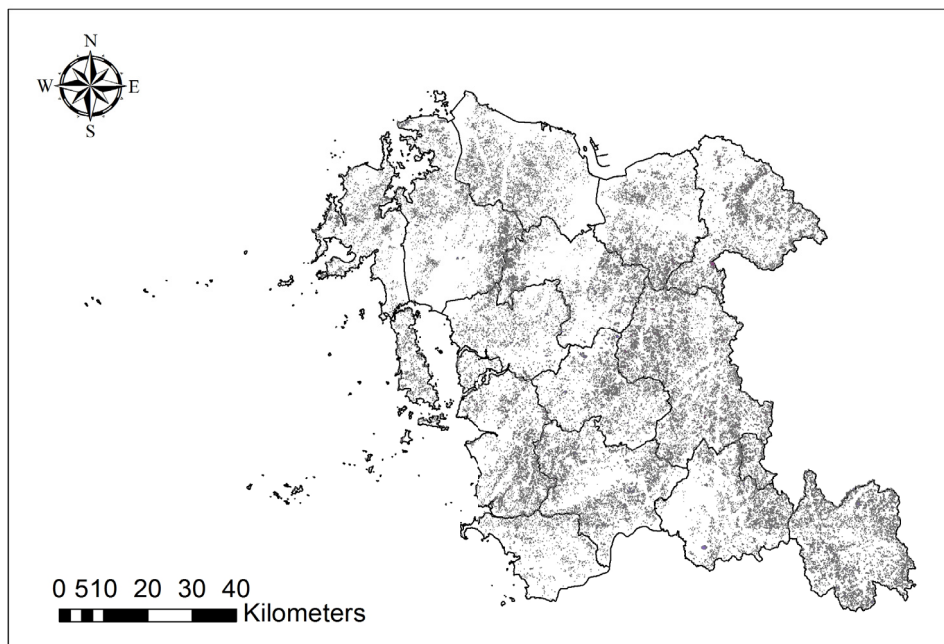


[그림3-6] 충남 활엽수림의 수종 구분 및 비율

[그림3-6]은 활엽수의 수종별 구분 및 비율 그림으로 활엽수의 다양한 수종에서 고른 분포를 나타낸다. 임종에서도 높은 천연림 비율을 나타내고 있다. 주로 호서정맥을 중심으로 분포하고 충남 남부지역에 주로 생육하고 있다. 전체적인 수종별 비율순위는 상수리나무>기타 참나무류>밤나무>굴참나무 순서이다. 밤나무는 충남 공주의 주요 산림작물로 기후변화에 따라 자목 수급 등의 문제가 발생하고 있다.

(4) 혼효림 비율

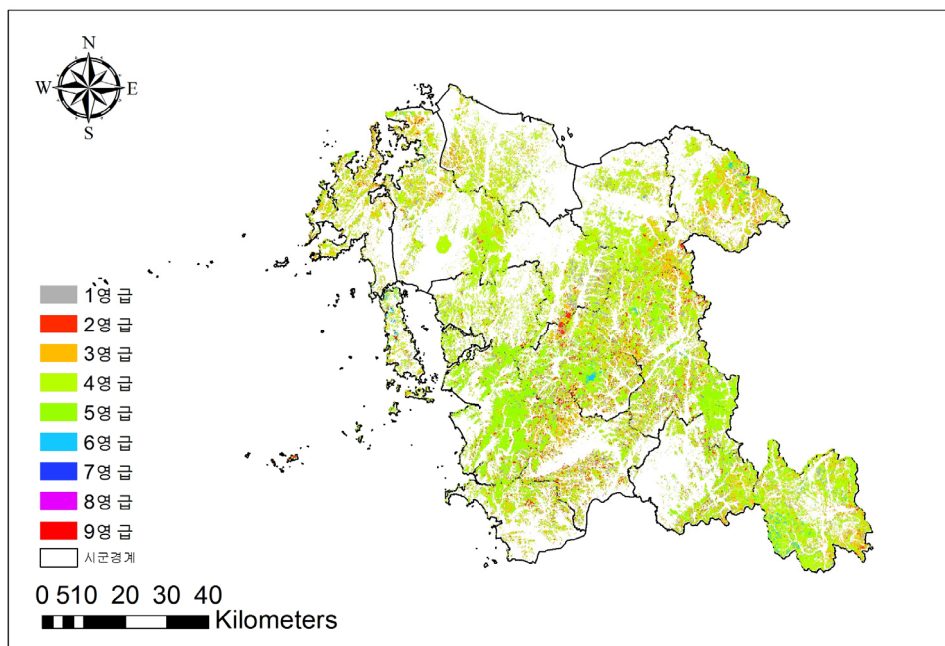
산림내 임종, 수종 정보를 제공하는 임상도는 현재 1:5,000으로 제공되고 있다. 이것은 기존의 3, 4차 임상도에 비해 굉장히 정밀한 수준으로 개발과정에서 다양한 정보가 추가되었다. 기존 산림분야 연구에서 혼효림은 현장조사와 경제적인 어려움으로 정확한 기준보다 조사원의 경험에 근거하는 경우가 대부분이었다. 그러나, 국가산림자원조사를 토대로 임상의 정확한 구분에 관한 근거가 마련되었다. 그러므로 혼효림은 ‘침엽수, 활엽수의 구성 비율이 25%이상, 75%미만인 임분’으로 구분되었다[그림3-7]. 혼효림은 활엽수로 변화해가는 천이 단계에서 필수적으로 형성되는 임분으로 충청남도에서 혼효림 비율은 지속적으로 증가할 것으로 예측된다.



[그림3-7]충청남도 혼효림 분포

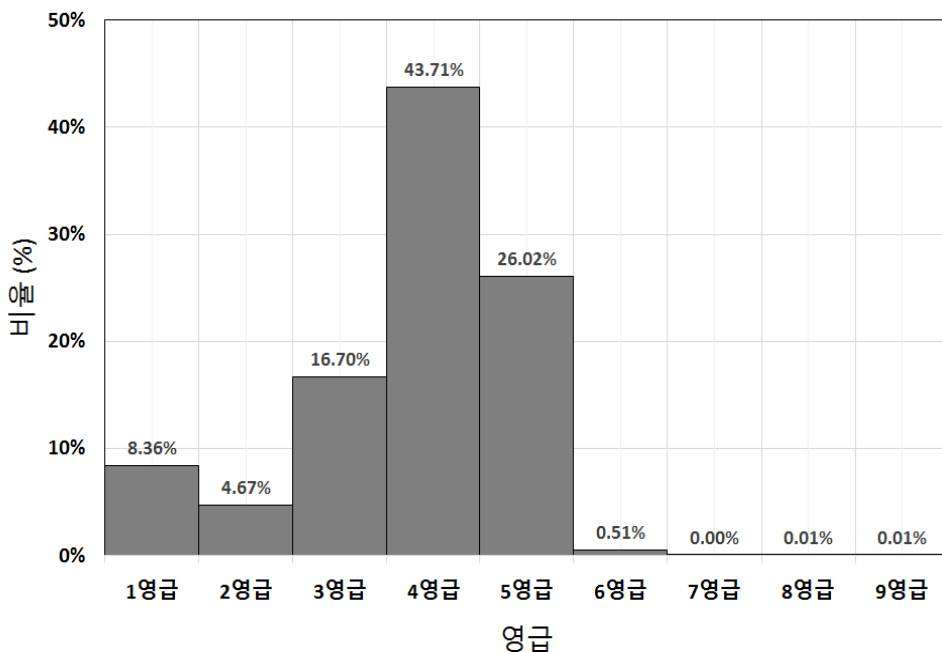
(5) 영 급

충남 산림은 Ⅲ~Ⅴ영급이 대부분(86%)을 차지하는 불균형적인 영급구조이다 [그림3-8]. Ⅲ영급 이하 30%, Ⅳ영급 43%, Ⅴ영급 이상 27%, 무입목지 4%의 분포를 나타내고 Ⅲ, Ⅳ영급이 대부분을 차지(60%)하는 현재 영급구조는 향후 2050년에는 Ⅶ영급 이상이 70%를 나타내어 향후 장령, 노령림으로 편중이 심화 되는 구조를 나타낼 것으로 전망된다. 임상도의 영급현황을 토대로 2050년 6영급이상의 산림은 청양군 일부 지역에 분포하고 타 시군에서는 발견되지 않았다.



[그림3-8] 충청남도 산림의 영급분포

2015년 전국 산림의 영급구조는 I영급이 6.6%, II영급이 14.9%, III영급이 37.6%, IV영급이 28.0%, V영급이 7.9%, VI영급이 2.3%, 죽림·무림목지가 2.7%로서 III영급 이상 장령림이 전체의 75.8%를 차지하고 있다. 전국 산림의 영급분포와 비교하여 충청남도의 영급 불균형은 심각한 것으로 판단된다[그림 3-9]. 그러므로, 장기적인 관점에서 산림의 영급불균형 문제 해결이 필요하다. 아울러, 기후변화에 따라 침엽수 목재 생산량은 지속적으로 감소할 것으로 예측되어 이에 대한 대비책 마련이 필요하다.

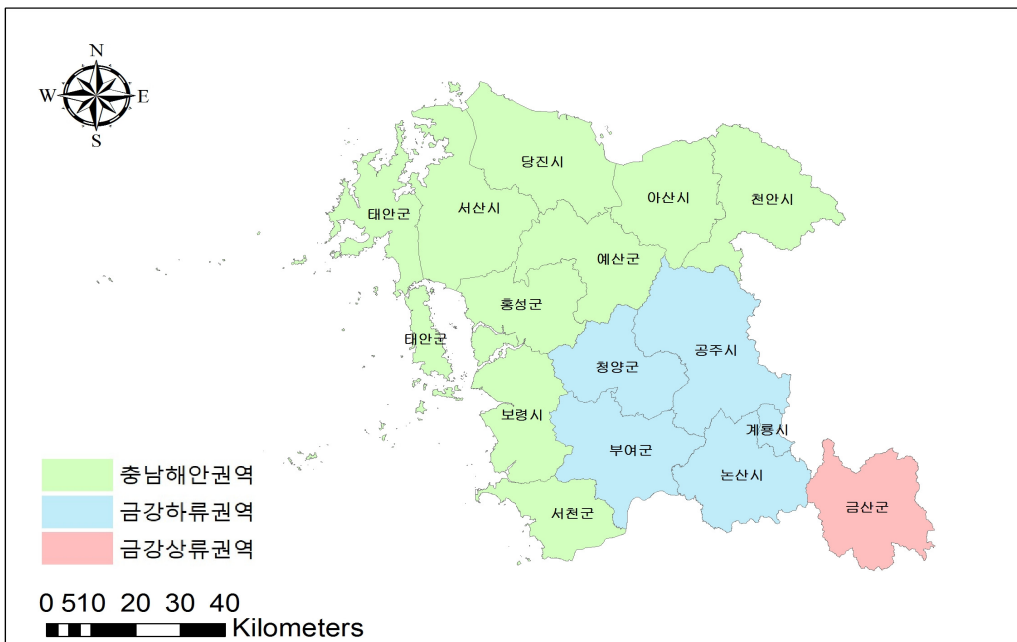


[그림3-9] 충청남도 산림의 영급분포 비율

(6) 권역구분

본 연구는 조사된 충남 산림을 충청남도에서 구분한 ‘제1차 충청남도 산지관리 지역계획’을 참고하여 ‘충남해안권역’, ‘금강하류권역’, ‘금강상류권역’으로 구분하였다[그림3-10]. 구분의 기준은 우리나라 전국의 산림경관·생태·경제적 특성을 참고하였다.

충남해안권역에 속하는 도내 시군은 ‘천안시’, ‘아산시’, ‘당진시’, ‘예산군’, ‘홍성군’, ‘서산시’, ‘태안군’, ‘보령시’, ‘서천군’으로 해안생태계의 다양성(방풍림, 해안습지, 금강송, 철새도래지 등) 보전을 위한 산지관리가 필요한 지역이고, 금강하류권역에 속하는 도내 시군은 ‘공주시’, ‘계룡시’, ‘논산시’, ‘부여군’, ‘청양군’으로 중간산지로써 수원함양기능, 백제역사·문화자원과 연계한 산지관리가 필요한 지역이다. 금강상류권역은 ‘금산군’이 포함되며 대도시 배후 산림도시로서 산림휴양자원과 연계가 필요한 지역이다.



[그림3-10] 충청남도 산지관리현황

도내 시군별 침엽수림 면적은 서산시, 보령시, 공주시에서 가장 넓은 면적을 나타내었다[표3-2]. 서산시와 보령시에서 타 임상에 비하여 높은 침엽수림 면적을 나타낸 것은 과거 산업단지 혹은 관광 발전에 의해 나대지, 무림목지에 1980년대 권장수종인 리기다의 침엽수림이 조성되었기 때문이다.

활엽수림과 혼효림 면적은 공주시, 금산군, 부여군에서 높은 면적을 나타내었다. 이것은 충남 산림의 주요 산맥의 영향을 판단된다. 이전에 언급한 무림목지의 면적은 전국 평균에 비하여 높은 것으로 조사되어 무림목지에 대한 지속적인 관리가 필요하다.

[표3-2] 도내 산림의 권역별 임상면적

권역	시군	침엽수	활엽수	혼효림	죽림	무림목지
금강상류지역	합계	12,102	13,944	12,828	19	1,805
	금산군	12,102	13,944	12,828	19	1,805
금강하류지역	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
총합계		151,301	122,885	108,329	1,647	23,878

2. 권역별 산림변화

1) 충남해안권역

(1) 임상변화

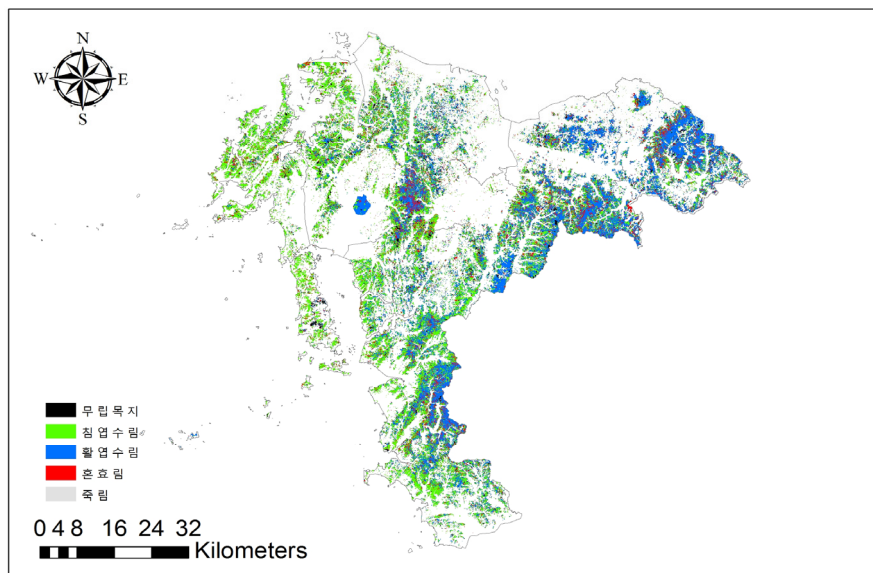
충남해안권역에서 가장 넓은 면적과 축적을 나타내는 침엽수림은 일부 고원지대를 제외한 표고 1,300m 이하에서 자생하며 전국적으로 가장 많은 분포를 나타내는 수종이다. 2030년 예상되는 권역내 면적은 96,512ha이고 권역 산림의 43.5%를 나타낸다[표3-3]. 이러한 면적은 시간에 따라 지속적인 감소추세를 나타내고 2070년 충청남도 일부지역에서 분포할 것으로 예상된다. 충남에서 가장 넓은 면적과 축적을 나타내는 중부지방침엽수는 아산지역 지역 및 서해안 지역에서 해안방풍림의 조성을 위하여 식재가 될 것으로 예측된다.

[그림3-11, 3-12, 3-13]에서 현재 식재되어 있는 침엽수 변화상을 제시한 것으로 실제 침엽수의 벌채에 따라 타 수종이 식재된다는 가정으로 분석하였다. 2050년과 2070년에는 호서정맥과 서해안부근, 도시권역 일부에 침엽수림이 분포할 것으로 예측된다.

[표3-3] 충남해안권역의 임상별 비율

년도	2030년대	2050년대	2070년대
침엽수림 비율	43.5	31.9	10.7
활엽수림 비율	39.7	34	14
혼효림 비율	11.3	8.8	2.2

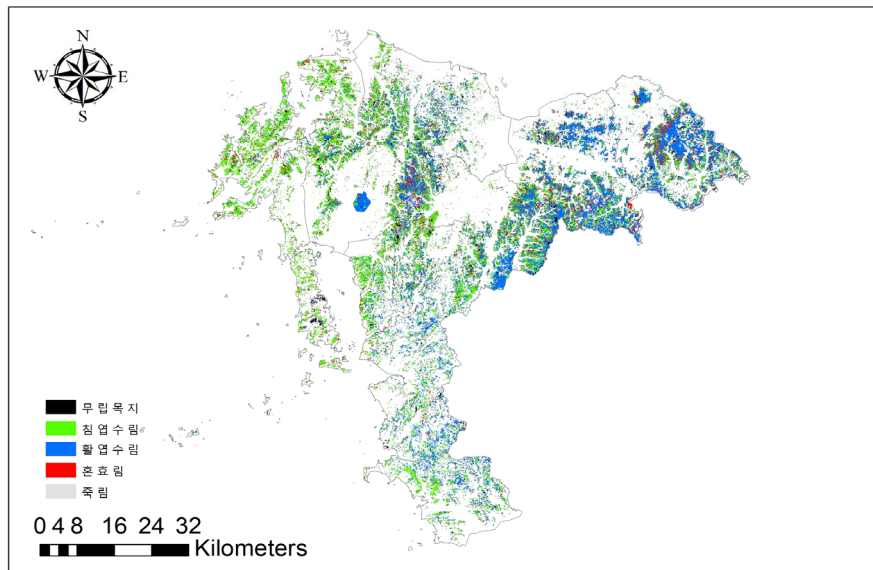
충남해안권역은 호서정맥을 중심으로 활엽수 84,296ha의 면적으로 2030년 39.7%에서 지속적인 감소가 예상되지만 추세는 침엽수에 비하여 낮으며 활엽수림으로 도내 산림의 갱신이 지속적으로 이루어진다면 2070년에는 예산군 일부 지역에 분포할 것이다. 현재 가장 많은 식재분포를 나타내는 활엽수는 참나무류이고 [그림3-11, 3-12, 3-13]은 기후변화에 따른 충남해안권역의 임상 변화상을 제시한 것으로 실제 활엽수림 벌채에 따라 타 수종이 식재된다는 가정으로 분석하였다.



[그림3-11] 충남해안권역 2030년 임상분포

충남해안권역을 중심으로 충남의 주요 임상인 혼효림은 임분 천이과정에서 출현하는 임분 형태로 극상림으로 변화하며 타 임분(침엽수림, 활엽수림)으로 전환 가능성이 크다. 현재 권역내 11.3%의 분포를 나타내지만 향후 산림 변화에 따라 면적은 지속적으로 감소할 것으로 예측된다. 또한, 목재생산의 기능이 아닌 심미적 혹은 경관적 측면에서 혼효림은 부족한 것으로 보고된다.

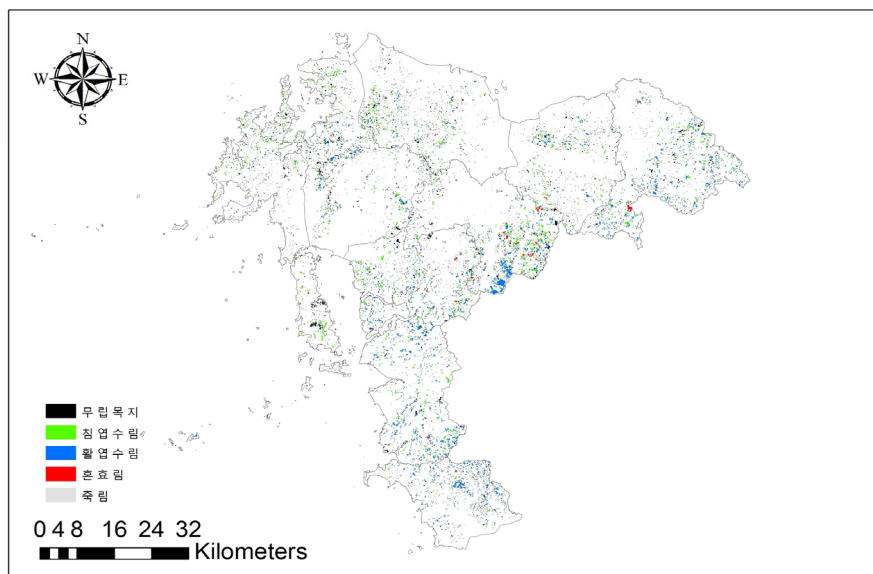
실제 2070년까지 갱신이 아닌 현 상태가 유지되는 경우 호서정맥의 일부에 분포할 것으로 예측된다. [그림 3-13]은 현재 식재되어 있는 혼효림의 변화상을 제시한 것으로 실제 혼효림의 임분 전환에 따라 타 수종의 전환이 가능하다.



[그림3-12] 충남해안권역 2050년 임상분포

(2) 식재대상지 면적

충남해안권역의 침엽수 면적은 2030년대 약 96천ha, 2050년대 약 70천ha, 2070년 약 23천ha의 면적을 나타내는 것으로 분석되었다. 활엽수 면적은 2030년대 약 53천ha, 2050년대 약 45천ha, 2070년 약 18천ha의 면적을 나타내는 것으로 분석되었다. 혼효림 면적은 2030년대 약 53천ha, 2050년대 약 41천ha, 2070년 약 10천ha의 면적을 나타내는 것으로 분석되었다. 이를 통해 확보되는 조림지 면적은 충남해안권역에서 2050년대 약 51천ha, 2070년대 약 148천ha로 분석되었다.



[그림3-13] 충남해안권역 2070년 임상분포

2) 금강상류권역

(1) 임상변화

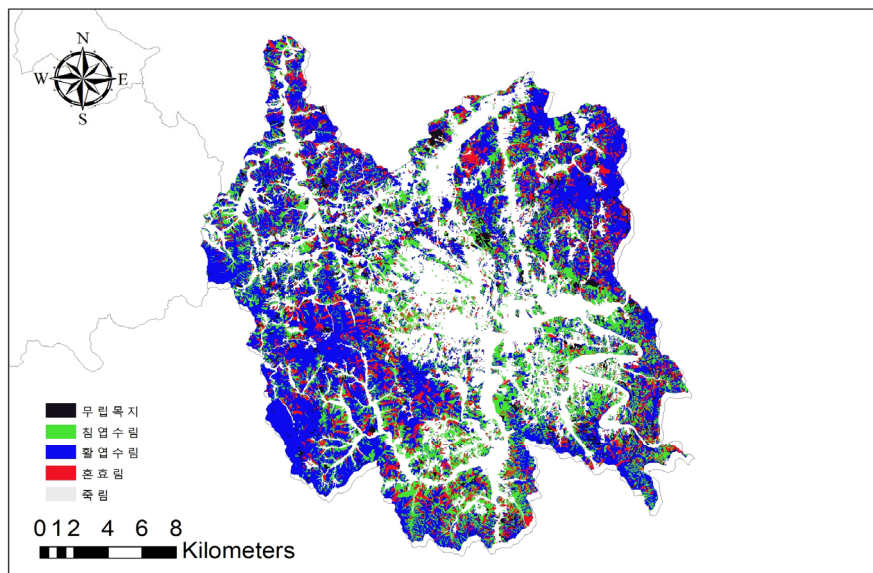
금강상류권역에서 가장 넓은 면적과 축적을 나타내는 참나무림은 일부 고원지대를 제외한 표고 1,300m 이하에서 자생하며 전국적으로 가장 많은 분포를 나타낸다. 2030년 예상 면적은 10,930ha이고 권역의 28.5%이다[표3-4]. 이러한 면적은 지속적으로 감소추세를 나타내고 2070년 충청남도 일부지역에서 분포할 것으로 예상된다. 충남에서 가장 넓은 면적과 축적을 나타내는 참나무림은 금산지역에서 인삼 재배와 관련하여 지속적인 활엽수림 관련 식재가 예상된다.

[그림3-14, 3-15, 3-16]은 현재 임상에서 기후변화에 따른 변화를 나타낸 것으로 실제 입목 벌채에 따라 타 수종이 식재된다는 가정으로 분석하였다. 실제 2050년과 2070년에는 호서정맥과 서해안부근, 도시권역 일부에 침엽수림이 분포할 것으로 예측된다.

[표3-4] 금강상류권역의 임상별 면적 변화

년도	2030년대	2050년대	2070년대
침엽수림	28.5	23.8	10.0
활엽수림	51.2	38.0	10.0
혼효림	14.9	11.6	3.5

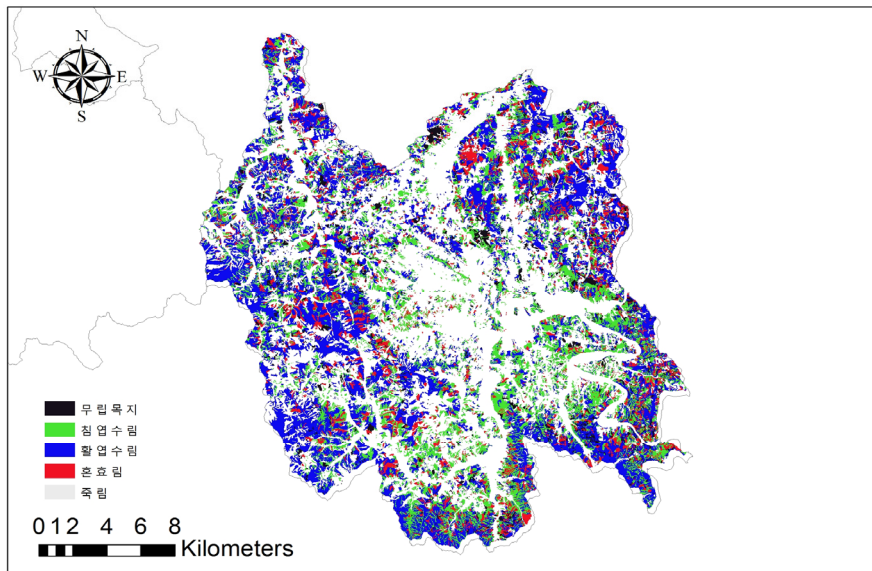
금강상류권역에서 호서정맥을 중심으로 활엽수는 19,671ha의 면적으로 2030년 39.7% 면적에서 지속적으로 감소할 것으로 예상된다. 감소추세는 침엽수에 비하여 낮으며 이러한 상황에서 활엽수림으로 도내 산림의 갱신이 지속적으로 이루어진다면 2070년 금산군 일부지역에 분포할 것으로 예측된다. 현재 가장 많은 식재 분포를 나타내는 활엽수는 참나무류이고 [그림3-14, 3-15, 3-16]은 미래의 활엽수림 분포가 예상되는 지역으로 실재 벌채에 따라 타 수종이 식재된다는 가정으로 분석하였다.



[그림3-14] 금강상류권역 2030년 임상분포

충남 금산군을 중심으로 충남의 주요 식재 수종인 낙엽송은 수형적 특징으로 인해 우리나라 전역에 식재가 권장되는 수종이다. 종적인 특징에 따라 병해충에 강하고 토심이 깊고 비옥한 토양조건 및 건조하고 척박한 입지조건에서도 견디는 수종이다. 낙엽송은 전국적으로 많은 산림에 식재되어 대부분의 지역에서 식재 적합수종으로 권장된다. 그러나 목재생산의 기능이 아닌 심미적 혹은 경관적 측면에서 부족한 것으로 보고된다.

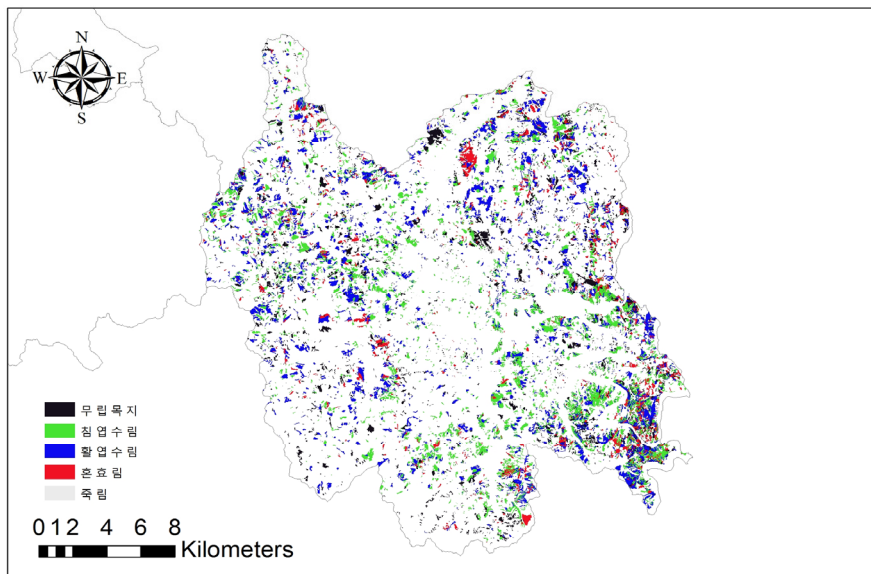
[그림3-14, 3-15, 3-16]은 현재 식재되어 있는 낙엽송림의 변화상을 제시한 것으로 실제 낙엽송림의 별채에 따라 타 수종이 식재된다는 가정으로 분석하였다.



[그림3-15] 금강상류권역 2050년 임상분포

(2) 식재대상지면적 변화

금강상류권역의 침엽수 면적은 2030년대 약 12천ha, 2050년대 약 10천ha, 2070년 약 4천ha의 면적으로 분석되었다. 활엽수 면적은 2030년대 약 13천ha, 2050년대 약10천ha, 2070년 약 2천ha의 면적을 나타낸다. 혼효림은 2030년대 약 12천ha, 2050년대 약 9천ha, 2070년 약 3천ha의 면적을 나타낸다. 이를 통해 확보 되는 조림지 면적은 금강상류권역에서 2050년대 약10천ha, 2070년대 약30천ha이다.



[그림3-16] 금강상류권역 2070년 임상분포

3) 금강하류권역

(1) 임상변화

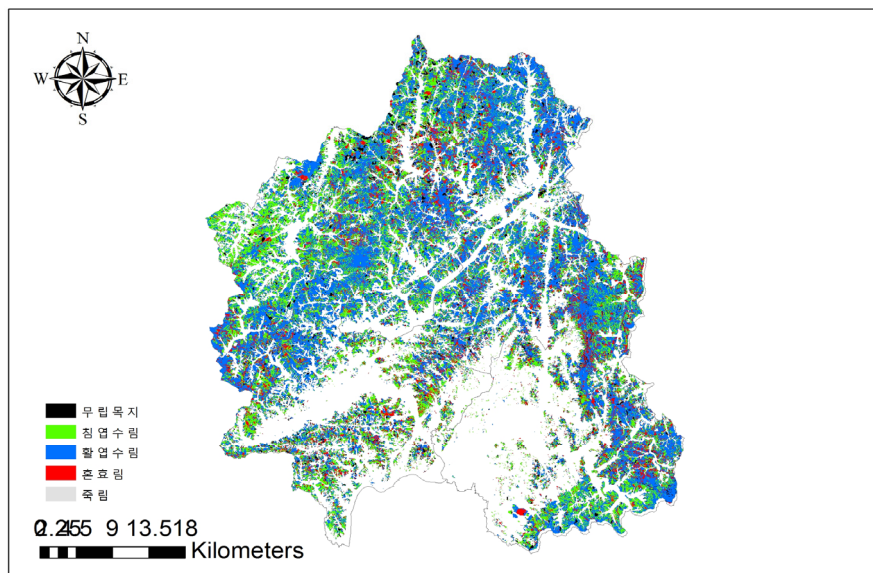
금강하류권역에서 가장 넓은 면적과 축적을 나타내는 활엽수림으로 다양한 표고에서 자생하며 전국적으로 많은 분포를 나타내는 임상이다. 2030년 예상되는 권역내 면적은 47,037ha이고 산림의 30.7%이다[표3-5]. 이러한 면적은 시간에 따라 지속적인 감소추세를 나타내고 2070년 충청남도 일부지역에서 분포할 것으로 예상된다.

금강하류권역에서 가능 넓은 면적과 축적을 나타내는 굴참나무 임분은 공주, 부여지역 및 호성정맥 일부 지역에서 식재되어야 한다. [그림3-17, 3-18, 3-19]에서 현재 식재되어 있는 임상 변화상을 제시한 것으로 실제 활엽수의 벌채에 따라 타 수종이 식재된다는 가정으로 분석하였다. 실제 2050년과 2070년에는 호서정맥과 서해안부근, 도시권역 일부에 활엽수림이 분포할 것으로 예측된다.

[표3-5] 금강하류권역의 임상별 면적 변화

년도	2030년대	2050년대	2070년대
침엽수림	30.7	16.2	5.5
활엽수림	52.8	41.0	25.0
혼효림	11.7	6.5	2.6

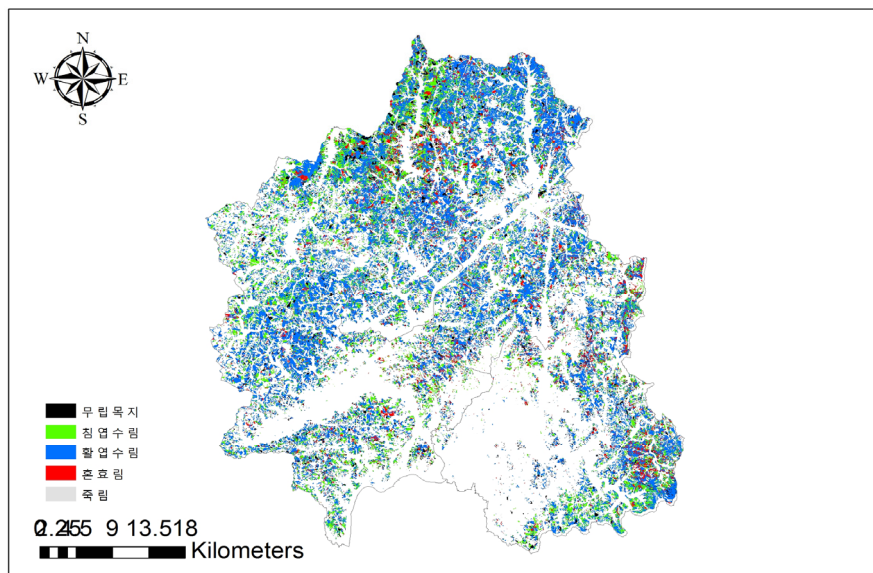
금강하류권역에서 호성정맥을 중심으로 활엽수는 80,758ha 면적이고 2030년 52.8%에서 지속적인 감소가 예상된다. 감소 추세는 침엽수에 비하여 낮으며 이러한 상황에서 활엽수림으로 도내 산림의 갱신이 지속적으로 이루어진다면 2070년은 예산군 일부지역에 분포할 것이다. 현재 가장 많은 식재분포를 나타내는 활엽수는 참나무류이고 [그림3-17, 3-18, 3-19]는 활엽수림 분포가 예상되는 지역으로 현재 식재 변화상을 제시하여 실제 활엽수림 벌채에 따라 타 수종이 식재된다는 가정으로 분석하였다.



[그림3-17] 금강하류권역 2030년 임상분포

충남 예산군을 중심으로 충남의 주요 식재 수종인 낙엽송이 식재되어 있다. 낙엽송은 충남 산림에도 다수 식재되어 실제 벌채후 식재 적합수종으로 권장되고 있다. 그러나 목재생산의 기능이 아닌 심미적 혹은 경관적 측면에서 부족한 것으로 보고되지만 2070년까지 갱신이 아닌 현 상태가 유지되는 경우 호서정맥의 일부에 분포할 것으로 예측된다.

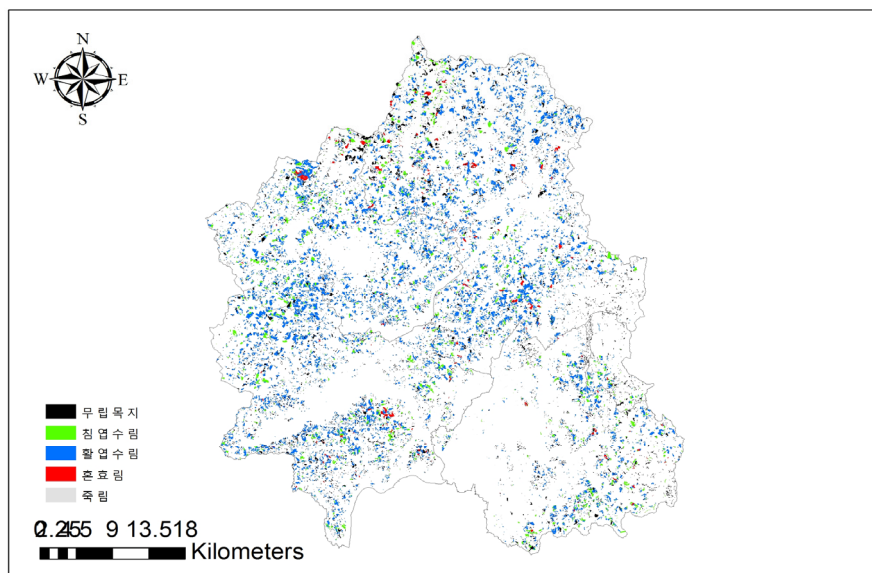
[그림3-17, 3-18, 3-19]는 현재 식재되어 있는 낙엽송림의 변화상을 제시한 것으로 실제 낙엽송림의 벌채에 따라 타 수종이 식재된다는 가정으로 분석하였다.



[그림3-18] 금강하류권역 2050년 임상분포

(2) 식재대상지면적 변화

금강하류권역의 침엽수 면적은 2030년대 약 42천ha, 2050년대 약 22천ha, 2070년 약 7천ha의 면적을 나타낸다. 활엽수 면적은 2030년대 약 55천ha, 2050년대 약 43천ha, 2070년 약 26천ha의 면적이다. 혼효림은 2030년 약 42천ha, 2050년 약 23천ha, 2070년 약 9천ha의 면적으로 이를 통해 확보되는 조림지 면적은 금강하류권역에서 2050년대 약 51천ha, 2070년대 약 94천ha이다.



[그림3-19] 금강하류권역 2070년 임상분포

3. 충남의 주요 산림자원 및 기후변화

1) 공주시 밤나무 생산

우리나라의 연간 밤 생산량은 2015년 약 55,592천톤, 생산액은 1,100억으로 임업인의 소득증대를 위해 중요한 위치를 차지하고 있다. 이중 충남은 전국대비 약 50%의 밤생산량을 나타내고 있다. 특히, 밤은 농림업 전체 수출 품목 가운데 단일품목으로 수출액이 가장 많은 품목이고 2015년에 172만 달러를 수출하였으며 임산물 전체 수출액의 높은 비율을 차지하는 품목이다.

이처럼 국내 밤 생산은 임산물 생산과 수출 측면에서 매우 중요한 위치를 차지하지만 대내·외적 여건 변화로 밤나무재배 사업은 위기에 직면하고 있다. 대내적으로는 밤나무의 노령화로 인한 생산량 감소, 품질 하락, 재배자 노령화, 경영 장비 부족, 작업로 미비 등 재배 여건이 열악한 상태이고 대외적으로 깻밤 수출 위축, 중국 냉동밤 수입 증가로 시장여건이 악화되고 있다. 이러한 대내·외적 변화는 충남의 기후변화에 따른 밤나무 생산과 보존에 다양한 영향을 미칠 것으로 판단된다.

밤나무는 낙엽활엽 교목으로 전국적인 분포를 나타낸다. 12℃의 등온선을 중심으로 하여 남대중부에서 온대북부에 분포하고 전국 표고 100~1,000m에서 서식한다. 연평균 10~14℃ 기온대가 적당하고 늦가을이나 이른 봄 서리 피해를 받기 쉽다. 겨울동안 이상기후의 영향으로 뿌리에 가까운 줄기가 동해 피해를 받기 쉽다. 이러한 생육특성에 따라 현재 충남의 기후변화에 따라 밤나무 생육과 생산량에 변화가 나타날 것으로 예측된다.

2) 서천군 동백나무 숲

서천군에 위치한 동백나무숲은 천연기념물 제169호로 1965년 4월에 지정·관리되고 있는 서천군의 명소이다. 상록활엽수인 동백나무는 바닷가 언덕. 바닷바람을 피할 수 있는 언덕에 80여 그루가 군락을 이루며 생육하고 있다.

동백나무는 상록활엽 소교목으로 해풍과 염기에 강하여 남쪽해변에 분포하지만 내한성이 약하여 내륙지방에서는 월동이 어렵고 내공해성은 보통이다. 기후변화는 장기적인 측면에서 동백나무 생육지의 영향을 미쳐, 동백나무의 적합 생육지는 변화할 것으로 예측된다. 이러한 동백나무의 생육 특성상 서천군 동백나무림에 대한 지속적인 관리가 되어야 한다.

4. 기후변화에 따른 충남 산림의 변화 요인

1) 소나무림 쇠퇴

충남 기후변화 전망에 따라 도내 평균 기온이 상승하면서 강수량이 증가하고 대기 중 이산화탄소농도는 증가하게 된다. 결과적으로 수목의 성장기간이 늘어나고 수분이용 효율도 증가하여 임목 성장과 산림생태계에 저장되는 탄소량은 증가하게 된다. 이러한 기작에 따라 난대 수종의 북상이 예상되고 도내 50%이상을 차지하는 침엽수림의 임분전환이 예상된다. 기후변화에 따른 산림생태계 구조의 변화 및 영향 정도는 구성 수종별 적응능력에 따라 상이하고 대체로 서서히 진행되지만 침엽수 인공림(단일 구성수종 75%이상)은 기후변화에 취약한 것으로 보고된다. 그러므로 충남 산림의 소나무 수종은 쇠퇴하고 면적은 축소될 것으로 판단된다.

2) 혼효림 증가

대기 중 이산화탄소농도 상승은 광합성량 증가로 연결되어 산림생산량을 증가시킨다. 그러나 기온 상승으로 산불, 병해충 발생은 증가하여 산림감소의 주요한 원인이 될 것으로 보고된다. Mendelsohn(2003)은 20세기 초반(2020년대) 산림면적과 성장량 증가로 산림 수확 증가를 예측하였으나 장기적(2100년)으로 침엽수림의 감소로 산림의 순성장량은 줄어드는 것으로 보고하였다. 아울러, 임분 변화에 따라 현재 기후에 부적응하는 수종은 쇠퇴하고 극상 천이를 위한 단계로 혼효림 증가가 예상된다. 이러한 변화는 산림의 주요 생산물인 목재 외 다양한 산업에 이용되는 식물 등 임산물 생산에도 상당한 영향을 미치고 충남의 시군별 차이가 심할 것으로 예측된다.

충남해안권역에 분포하는 침엽수림은 기후변화에 따라 활엽수로 변화하며 혼효림의 과도기적 임분 형성이 예측된다. 그러므로 혼효림에 대한 조성 및 관리에 관한 대비가 필요하다.

3) 생물다양성 변화

기후변화에 따른 지구온난화의 영향으로 기온이 상승하면 식물의 개화시기는 약 5~7일정도 앞당겨지고 이것은 곤충의 출현에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(국립산림과학원, 2012). 이러한 결과는 입목의 잎, 꽃의 개화 시기와 높은 관련성이 있으며 전체적인 산림생태계의 기작에 영향을 미친다.

현재 국가적으로 기후변화에 따른 야생동물(양서류, 조류 및 포유류에 해당)들의 생물학적인 행동시기 변화에 관한 연구가 진행 중에 있으며, 영국의 연구조사에서 17년 동안 연평균 기온이 1℃ 상승함에 따라 양서류의 연못 출현 시기가 9일 내지 10일정도 당겨지는 것으로 보고되고 있다. 충남의 산림은 서부의 침엽수림, 호서정맥을 중심으로 내륙의 활엽수림이 주를 이루는 분포를 나타내고 있다. 그러므로 입목의 기작과 관련되는 동식물과 다양성에 대한 변화 파악은 충청남도 산림의 변화상을 파악하는 중요한 요소가 될 것으로 판단된다.

5. 대체 수종 선정을 위한 고려사항

충남의 대체 수종 선정과정에서 필수적 고려 사항으로 첫째, 산림변화를 결정하는 주요 인자 선택이다. 산림변화를 유발하는 여러 인자중 주요 인자를 선택하여 선택 인자를 중심으로 변화상을 파악하고 지역화 및 정량화가 필요하다. 도내 산림변화 인자에는 이전 장에서 제시한 동식물 및 생물다양성의 변화, 양묘 현황, 충남의 도시화 등 여러 가지의 고려사항이 존재하고 이것에 대한 시나리오 작성 이 필요하다.

도내 산림변화에 관한 시나리오 설정은 다수 산림관계자의 의사결정이 필요한 사항으로 본 연구에서는 몇 가지 기본적인 시나리오 제시를 통해 도내 산림의 변화상을 제시하였다. 첫 번째, 현재 충남의 산림 면적은 현재의 변화상을 유지한다. 두 번째, 임상도의 무릅목지와 죽림 면적은 현재와 동일하다. 세 번째, 벌채는 현재 임상별 벌기령을 적용한다. 네 번째, 벌채를 통해 확보되는 조림 수종 선정은 현재 조림 수종을 참고하여 선정한다. 즉, 벌채되는 면적은 충남에서 식재되는 전체수종 비율을 고려하여 배분하였다. 위 네 가지 조건을 고려하여 충남 산림의 대략적인 변화상을 제시하고 현재의 기후변화를 바탕으로 산림청에서 제시하는 식재권장수종을 참고하여 충청남도 대체수종을 제시하였다. 향후, 충남 산림변화에 관한 다양한 자료를 수집하여 시나리오 설정에 대한 면밀한 연구가 필요하다.

제4장 대체 수종 선정 방향과 추진과제

1. 대체수종 선정방향

충남의 기후변화에 따라 대체 가능한 수종은 [그림4-1]과 같다. 주로 충남의 남부 및 북부의 일부지역은 활엽수 식재가 권장되고 있다. 활엽수 중에서도 굴참나무와 자작나무, 고로쇠나무 식재가 필요하다. 침엽수림은 서해안지역과 내륙 일부지역에서 식재가 권장된다. 기후변화에 따라 침엽수의 쇠퇴는 예상되나 해안지역에서 재해저감 기능으로 서해안 권역은 침엽수 혹은 해송 식재가 필요하다.

충남 대체 수종 선정을 위한 구체적인 정책으로 ‘지속가능한 산림자원 조성을 위한 로드맵 작성’, ‘충남 산림의 임산업 육성 비전제시’, ‘권역별 식재 가능 수종’이 있다. 이에 대한 설명은 아래와 같다.

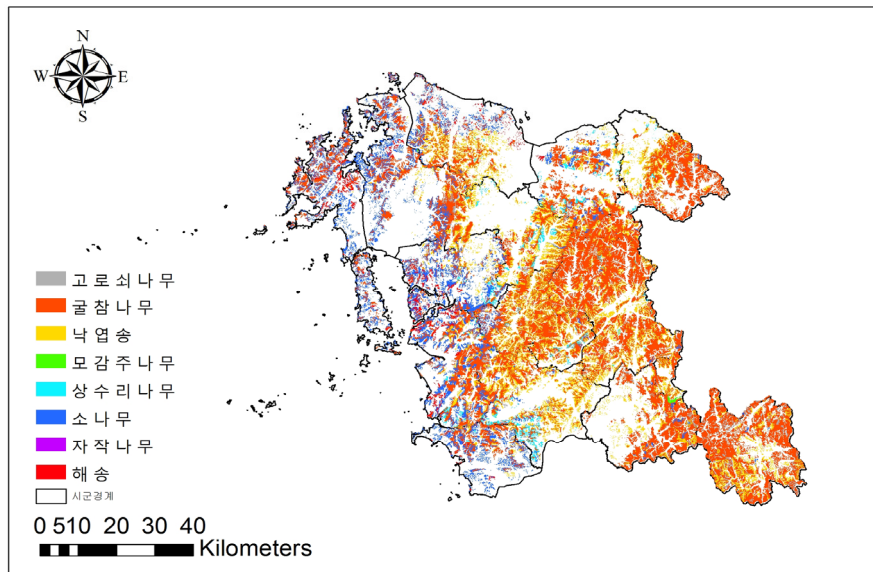
1) 지속가능한 산림자원 조성을 위한 로드맵 작성

본 연구의 수행과정에서 제시되는 도내 주요 수종별 변화량예측 이후 실제 식재되는 산림은 장기적 측면에서 산림경영 및 변화 시나리오에 대한 확립이 필요하다. 현재 기후변화에 따른 산림 변화상 예측은 가능하지만 도내 다양한 현황(경제적, 사회적)을 고려하여 충남의 권역별(충남해안권역, 금강하류권역, 금강상류권역) 적합한 조림 및 경영 시나리오가 부재한 것으로 조사되었다.

그러므로 현재 가장 중요한 것은 기후변화에 관한 변화상 예측보다 이에 대한 대응 정책 마련이 중요하다. 예를 들어, 침엽수림의 쇠퇴 및 활엽수의 증가, 개화기시 변화에 따라 식재 수종을 어떠한 형태로 식재할 것인지, 그리고 권역별 어떠한 기능을 부여하여 충남의 산림경영이 되어야 하는지에 대한 장기적인 측면의 시나리오가 필요하다.

2) 충남 산림의 임산업 육성 비전 제시

침엽수가 쇠퇴하고 활엽수가 우점되는 지역은 다양한 임산물에도 영향을 받게 된다. 대표적으로 도내 목재 공급에서 활엽수 천이에 따라 침엽수 및 낙엽송에 대한 장기적인 보전 및 목재 수급 대책이 필요하다. 또한, 산주에게 피해되는 부분에 대한 생태계 서비스 지불제에 대한 고려가 되어야 한다. 아울러, 산림 복합 경영, 산림 6차 산업 비즈니스 모델을 제시하여 충남 산림에 적합한 임산업에 관한 육성 비전이 필요하다.



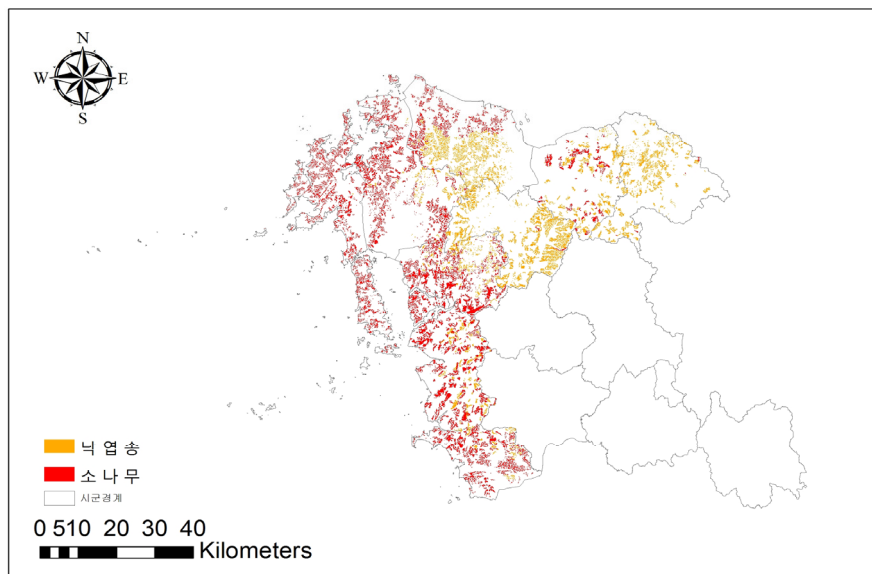
[그림4-1] 충남 식재 권장수종

3) 권역별 식재 가능 수종

충남해안권역

충남해안권역에 적합한 식재 수종은 [그림4-2]와 같다. 충남해안권역은 봄, 여름은 서늘하고 가을, 겨울은 따듯하나 강수량의 계절적 변이가 심하고 여름, 가을의 강수량이 적은 기후적 특징이 있다. 그러나 안면도 침엽수림, 서산해안국립공원이 위치하고 이에 대한 보전과 기후변화에 따라 방풍 및 해안침식 방지 기능고려가 필요하다.

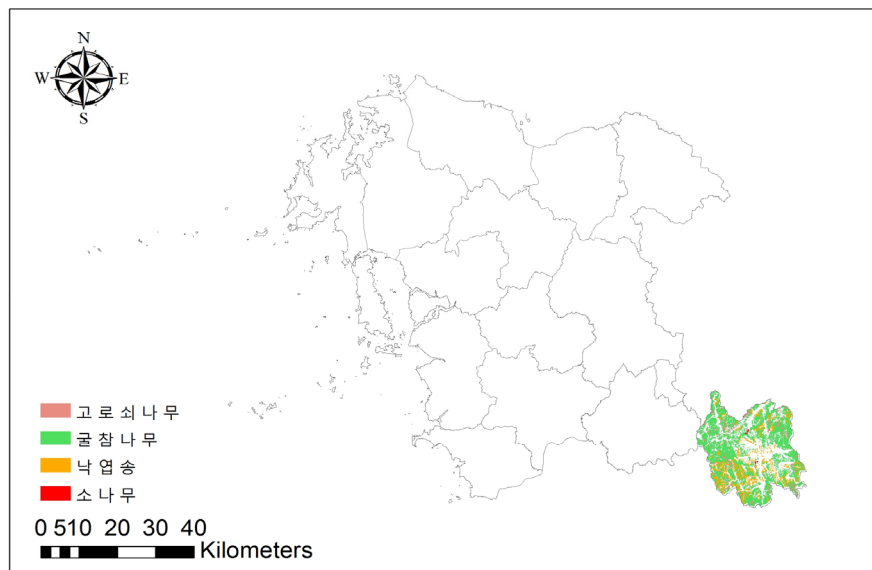
천안시와 아산시에 분포하는 적합수종은 낙엽송과 소나무(중부지방소나무)로 현재까지 침엽수 위주의 해안방재림이 대부분이지만 기후변화에 따라 활엽수 위주의 해안방재림 연구가 필요하다.



[그림4-2] 충남해안권역 식재적합수종

금강상류권역

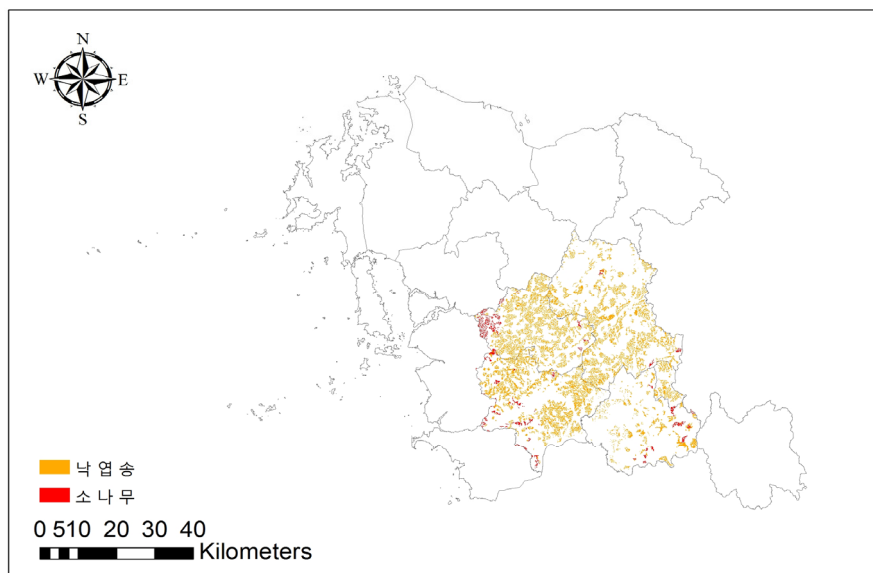
금강상류권역에 적합한 식재 수종은 [그림 4-3]과 같다. 금강상류권은 봄, 가을, 겨울이 따듯하나 여름은 더운 곳으로 생육기의 강수량은 많고 산림 면적이 적은 특징이 있다. 또한, 임목축적도 낮은 수준이어서 목재 생산보다 임산물 위주의 경영이 적합하다. 그러므로 고로쇠나무 수액 채취, 표고자목 활용의 굴참나무 식재가 필요하다. 무엇보다 산림의 대표적인 임산물 산양삼에 대한 고려가 필요하다. 산양삼은 주로 참나무류 하층에서 재배되기 때문에 굴참나무 위주의 임분 조성이 필요하고, 부수적인 시업창출을 위해 고로쇠나무 식재가 필요하다.



[그림4-3] 금강상류권역 식재적합수종

금강하류권역

금강하류권역에 적합한 식재 수종은 [그림4-4]와 같다. 금강하류권역은 호서정맥을 중심으로 하단에 위치하고 충남내에서 높은 산림면적 비율을 나타낸다. 실제 국가에서 지정하는 목재생산림 분포가 대부분으로 기후변화에 따른 침엽수의 쇠퇴와 함께 도내 목재수급을 위하여 낙엽송 위주의 식재가 필요하다. 그러므로 낙엽송 식재를 통한 목재생산 기능과 활엽수림 천이를 위한 준비가 필요하다.



[그림4-4] 금강하류권역 식재적합수종

2. 대체 수종 선정을 위한 추진과제

기후변화에 따른 대체수종 선정을 위한 ‘도내 산림의 로드맵수립’, ‘권역별 경영필요’, ‘임산업 육성비전 수립’의 방향 아래, 추진되어야할 과제는 아래와 같다.

1) 충남 시군 양묘 사업의 발전

도내 기후변화로 인해 충청남도 침엽수림은 지속적으로 감소하고 내륙에 위치하는 침엽수림은 산림교란에 취약하여 산불이 발생시 대단위 면적의 피해가 예상된다. 손실된 산림에 대한 산림의 복원과정에서 수종의 선정과 함께 양묘의 수준이 중요한 것으로 조사되었다.

실제 충남에서 공급되는 양묘의 대부분은 침엽수이다. 변화하는 산림환경 및 재해에 따른 산림복원시 양묘는 중요한 부분이다. 그러므로 중기적 계획의 중요한 부분으로 변화하는 산림환경과 여건을 고려하여 시·군단위 복원 및 양묘 연구가 수행되어야 한다.

2) 산림부문 전과정 평가 체계 구축

향후 기후변화는 충남 산림의 양묘에서 최종적인 임산물 수확까지 다양한 부문에서 영향을 미칠 것으로 판단된다. 그러므로 이에 대한 적극적인 대응 수단으로 도내 산림의 전과정(life cycle)을 평가하는 산림경영전략 모형 개발이 세부적인 사업으로 필요하다. 이를 통해 장기적인 측면에서 충남산림에 대한 변화상을 파악하고 유의미한 결과 제시를 통해 활용도 높은 정책 개발이 가능하다.

3) 충남형 목재수급체계 개발

충청남도 산림은 기후변화 시나리오에 따라 침엽수림은 혼효림, 활엽수림으로 천이가 예상되므로 충남해안권역, 금강하류권역, 금강상류권역으로 구분하고 권역별 목재수급 및 경영 대책이 필요하다. 조림수종 선택시 수확기 산림환경 변화를 고려하여 대체 수종을 선택하여야 한다. 연료림 조성은 국가 차원에서 추진하고 있는 바이오순환림 사업을 병행 추진되어야 한다.

기후변화에 따른 2100년을 기준으로 제시하면, 도내 서부 해안지대와 중부 고지대 및 남동지역, 연료림 생산이 많은 논산시와 부여군은 온대 남부 수종의 식재고려가 필요하다. 중부 및 북부지역은 용재 생산 많은 지역으로 부여, 홍성, 예산, 청양 등은 온대 중부 수종의 식재가 필요하다. 아울러, 국내 기후변화 대응대책과 관련하여 친환경에너지인 목재펠릿과 목재칩에 대한 인정이 국산재로 제한되어 도내 목재수요는 증가할 것으로 예측된다.

4) 산림 생태계 및 생산 환경 변화 모니터링

본 연구에서 예측된 기후변화에 따라 침엽수 임분 쇠퇴 및 전환이 예측되어 산림내 서식하는 곤충, 야생동물의 서식환경 변화가 발생한다. 그러므로 도내 산림 생태계 변화를 주기적으로 조사하고 적합한 대처 방안 마련이 필요하다. 특히, 도내에 생육하는 멸종위기 종, 개체수감소 종에 대한 보존대책이 중/장기적으로 마련되어야 한다. 또한 충청남도는 산지에서 생산되는 목재, 밤, 표고버섯, 산나물, 약용식물 등 부산물 생산이 많으므로 기후변화에 따른 변화가 예상되는 지역에 따라 대표지역을 선정하고 칠갑산을 포한하는 호서정맥 지역과 도시주변, 농촌지역, 밤생산지역 등 대표 산물에 대한 모니터링을 실시하고 변화 정도에 따라 대책을 수립하여야 한다.

5) 기후변화를 고려한 충남 임산물 개발 및 육성 대책

충청남도 산나물의 주요 생산지역은 논산, 부여, 청양, 금산이다. 기후변화에 따라 산지복합경영을 통한 산나물재배는 도내 내륙지역인 청양, 공주, 부여, 논산 지역에서 이루어지고 있으므로 향후 재배면적을 확대시킬 경우, 재배지를 점차 고산 지역으로 이동하는 것이 필요하다. 또한, 인삼의 주요 산지인 금산에서 산지를 활용한 산양삼 재배에 대한 대책이 필요하다.

6) 지역별 맞춤 산림 비즈니스 모델 제시

충청남도의 강수량은 도내 서북부를 중심으로 서해안 지역에서 높게 나타나고 전국적으로 강수량의 증가가 예상된다. 또한 이상기온으로 집중호우의 빈번한 발생이 예측되고 강수량이 많은 지역을 중심으로 산사태 등 홍수대책을 수립하여야 한다. 특히, 호서정맥 주변지역은 충청남도 임산물 재배지로 산사태에 대한 재해 발생 가능성이 타 지역에 비해 높다. 그러므로 기후변화에 따라 산림재해 가능성을 예측하고 발생하는 문제에 대한 종합적인 대책을 수립하여 임분 전환을 통한 충청남도에 적합한 산림 비즈니스 모델 개발이 필요하다. 고랭지채소밭을 과수재배, 목본류 혹은 다년생 약용식물 재배지로 전환하여 산사태 예방, 지역 임업관계자의 소득향상 등 충남 산림의 새로운 소득원으로 조성되어야 한다.

제5장 결론 및 정책제언

1. 요약 및 결론

IPCC 제5차 평가 보고서에서 인류의 화석연료 사용은 전 지구적 기온 상승에 영향을 미친다는 유의미한 결과와 함께 전 지구적 기온상승은 더욱 가속화 될 것으로 보고되고 있다. 우리나라는 RCP시나리오를 기반으로 다양한 기상인자를 고려하여 추정한 결과에서 우리나라 평균기온은 과거에 비하여 급격하게 상승할 것으로 예측되고 있다. 또한 이상기온의 발생빈도는 증가하고 산림환경 변화에 따라 병충해 출현이 증가하는 등 산림생태계의 다양한 변화가 예측된다.

특히 기후변화에 따른 산림변화의 정량적 산정, 대책 마련을 위한 기초자료 수집, 기후변화와 관련된 산림부문 정책마련의 중요성이 증가한다. 따라서 본 연구는 기후인자와 산림 면적, 산림환경 변화 등 변화 인자를 조사하여 기후변화대응 산림부문 기초 자료를 제공하여 충청남도 산림의 대체수종 선정을 위한 정책적 고려사항을 제시하였다.

충남 산림의 기후변화에 따른 대체수종 선정을 위해 국가 산림정책 일부와 동일하고 핵심적으로 고려해야할 몇 가지 사항이 있다.

- 첫째로, 충남 산림은 환경, 경관, 충남자원의 보전 등 다목적 기능 충족을 위해 ‘지속가능한 산림자원 조성을 위한 로드맵 작성’이 필요하다.
- 두 번째로, 국가 산림의 정책 목표인 우량 대경재 생산에 따라 ‘충남 산림의 임산업 육성 비전 제시’가 되어야 한다.
- 세 번째로, 산림경영 특징 중 하나인 생산기간의 장기성을 고려하고 현재 정책수요보다 지속가능한 발전을 위한 ‘권역별 식재 가능 수종’ 정책이 마련되어야 한다.

대체수종 선정의 방향아래 추진 과제는 ‘충남 시군 양묘 사업의 발전’, ‘산림부문 전과정 평가 체계 구축’, ‘충남형 목재수급체계 개발’, ‘산림 생태계 및 생산 환경 변화 모니터링’, ‘기후변화를 고려한 충남 임산물 개발 및 육성 대책’, ‘지역별 맞춤형 산림 비즈니스 모델 제시’가 필요하다. 위의 사항은 기후변화에 따른 충남 산림의 대체 수종 선정을 위해 필수적으로 수행되어야 한다.

본 연구는 충남 5차 지역산림계획의 23개 핵심과제중 ‘2. 기능별 산림자원 육성·관리’, ‘3. 사유림 경쟁력 제고와 산림경영 인프라 구축 강화’, ‘4. 기후변화 대응 탄소흡수원 확충’, ‘6. 자원 순환형 목재산업 진흥과 바이오매스 활용 확대’, ‘7. 고품질 단기 임산물 생산 확대와 수출 경쟁력 제고’, ‘9. 산림생물 다양성 보전 및 생태계 건강성 증진’, ‘10. 산림보호구역 관리체계의 정비’, ‘11. 산림생물자원을 활용한 신산업 육성’, ‘12. 계획적·생태적 산지관리체계 도입’과 연계가 가능하다.

2. 정책제언

기후변화에 따른 충남 산림의 대체 수종 선정을 위해 충청남도, 시·군, 산주의 부문별 역할 배경과 개요는 아래와 같다.

1) 충남의 산림기능별 활용전략 개발

우리나라에서 산림은 경영 기간의 장기간성, 산업화의 어려움으로 지속가능한 발전 기반 정립이 어려운 상황이다. 그러므로 산림 계획수립에서 대체수종 선정과 식재계획은 중요한 부분이다. 또한 산림의 지속가능한 발전을 위해 체계화된 교육을 통한 인력 양성이 필요하다. 그리고 국가의 경제림육성단지 정책에 의해 침엽수 위주 단일수종(침엽수, 낙엽송) 식재는 산림생태계 다양성을 저해하여 대체 수종 선정에 대한 명분, 타당성 및 공감대 형성이 필요하다.

산림의 다양한 기능(자연보호, 수원함양, 재해방지, 경관, 목재수급)을 참고하고 다양한 논리를 개발하여 임업정책지원 필요성에 대한 근거 제시 및 산주의 자발적 산림경영 참여를 통한 수익창출이 가능하다는 인식 전환이 필요하다.

산림에 대한 사회적 요구와 수요에 따라 산림의 생물다양성과 같은 환경, 경관, 요구사항등 다기능적 임업을 위해 지자체인 충청남도 역할이 필요하다. 그리고 충청남도(지자체) 단위에서 조림, 숲가꾸기 위주 산림 사업은 도내 산림특성을 반영한 사업화를 위해 기반정비 확대가 필요하다. 이것은 단순히 산주소득보다 장기적으로 충남 산림의 나아가야할 로드맵 설정이라는 측면에서 충청남도 역할이 필요하다.

충청남도는 공공영역에서 산림사업을 운영하고 법/제도적 장치를 이용하는 지방정부 역할수행 전략이 필요하다. 도는 산림의 공공재적 성격, 재해 등에 관한 사회적 안전망을 고려하여 대체수종을 선택하여야 한다. 단계적으로 활엽수 식재를 위해 도내 시·군 양묘 사업을 확대하고 현행유지를 위해 묘목 생산자 및 도내 소비에 관한 교육, 산림인력 육성 사업이 병행되어야 한다. 실제 실행주체는 충청남도, 중부지방산림청, 충남 양묘협회, 연구소이고 기후변화에 따른 대체수종 선정을 위해 현재의 조림방식 전환(도 계획→시군계획), 관련 법률 제/개정, 임업 중장기 계획 수립이 고려해야 한다. 이러한 측면에서 중앙정부와 지방정부 역할은 아래와 같다.

- 중앙정부: 산림을 통한 소득증진 방안 마련, 법률 개정
- 지방정부: 지역 자원의 효과적 이용계획 수립, 지역 전통자원 보존 강화

2) 시·군별 특화 수종의 양묘정책 마련

현재 충청남도에서 공급되는 양묘는 충청남도, 중부지방산림청과 양묘사업자 간 관급계약에 의해 체결되고 이를 통해서만 시·군 묘목이 공급된다. 이에 따라 발생하는 대체수종 선정의 구조적 문제 및 지역 실정과 불일치하는 수종 식재 가능성이 존재한다.

충남지역 양묘시장은 주로 중부지방산림청과 충청도청의 일괄적인 구매에 의해 진행되고 소비주체는 시·군 산림부서이므로 시·군 산림의 특징을 고려한 식재는 어려운 상황이다. 그러므로 관급 양묘물량은 단계적으로 감축하고 시·군에서 독자적인 양묘 조달체계가 마련되어야 한다. 시·군 독자적 양묘공급의 실행주체는 특정대상으로 규정은 어렵지만 일부 양묘생산자 단체/조직/협회/법인이 포함된다. 그러므로 전체적인 양묘조직을 강화하고 시·군 산림의 특성을 반영하고 변화하는 조림상황에 효과적 대처가 가능하도록 인적, 물적 자본의 지원이 필요하다. 이에 대한 실행방법으로 시·군간 소통창구 마련, 정기적인 도내 세미나 개최 등 지원방식 마련을 통해 필요수종 확대 및 특화수종 육성이 필요하다.

이외에도 임산물 판매를 위한 각종 홍보와 판촉활동 지원의 비연속성, 시·군 단위 유통경로 개척에는 다양한 어려움이 존재하고 있다. 시장원리를 참고하여 산림부문 규모를 확장하고 사유림의 산림경영 활성화 및 수익구조 창출을 통한 수익의 다각화 방안 마련이 되어야 한다.

3) 지방정부 주도의 보조 조립제도 변화

현재 산림 정책에서 조립을 위한 벌채시 산주 동의가 필요하고 동의에 따른 사례금이 지불되고 있다. 구체적으로 일선 시·군에서 수행되는 조립은 보조 조립의 형태로 산주가 10%를 부담하고 이외 금액은 국가에서 보조되고 있다. 산주가 부담하는 10% 부담분은 수확된 임목의 매각비용으로 충당하는 구조이다.

이것은 목재 혹은 목상의 시장불안정에 따라 가격 변동 차이가 크다. 그러므로 향후 도내 대체 수종 선정을 위해 산주에게 돌아가는 이익 부분에 대하여 식재 가격 및 시장의 목재 가격 편차가 있으므로 시장을 통한 벌채가격이 형성되어야 한다. 이러한 가격형성과정에서 산주들은 산림경영에 대한 지속적인 관심과 단순 재산가치외 다양한 가치(탄소흡수, 경관, 수원함양, 재해방지)평가가 되어야 한다.

대체수종 선정을 위해 산주의 기본적인 역할로 시군 벌채에 따른 행정비용 의존을 지양하고 산주의 경영활동 참여를 위한 사업추진 참여가 필요하다. 이에 대한 판단기준으로 개별 산주에 대한 직접적 이익(벌채비용, 간접조립 비용 등 경영비) 환급여부, 목재생산량 증대 사항이 있다. 그러므로 단계적 감축으로 목재 생산을 위한 투입재가 발생하고 산주의 산림경영 경쟁력 강화 사업(경영계획 작성비용 지원, 경영계획 컨설팅, 다양한 산림사업에 관한 정보제공 등)등에 대한 지원이 필요하다. 구체적 실행방법으로 임업부문 보조금 관련 사업의 단계적인 감축 혹은 지원방식 변환(보조조립에서 산주에게 용자 혹은 자부담의 확대), 산주의 사회보장제도의무(산림관련 대출 등), 수혜자 자격요건 및 기준 강화 등 제도적 기반 정비가 되어야 한다.

3. 향후 연구 과제

본 연구는 충남 산림 연구를 전체적으로 수행하였으나 구체적인 모니터링 체계를 확대하지 못하였다. 향후 취약 산림수종 변화 등 지속적인 관측망 확대 필요할 것으로 판단된다. 아울러, 산림생태계 구조와 기능의 복잡성을 고려하여 충남 산림생태계 전체를 평가할 수 있는 충남 산림변화 시나리오 개발이 무엇보다 필요하다. 아울러, 복잡한 산림지역 특성을 반영하여 산림내 미기후, 기후자료 구축, 산림생태계 영향 모니터링 강화와 기작 구명을 통한 과학적 근거 확보가 필요하다.

충청남도는 지자체 기후변화 적응 대책을 수립하여 국가 온실가스감축 목표와 연계한 도내 정책을 수립하였으나 도내 기후변화에 따른 구체적인 수종제시 및 다양한 산림 기능별 전략연구는 부족한 상황이다. 국내에서 수행중인 기후변화 적응 수종제시연구는 양묘수급상황 고려보다 현존하는 임분의 생장정보를 활용한 모형 결과를 이용하는 것이 대부분이었다.

이와 같은 연구수행은 실제 적용과정에서 현장과 괴리가 발생하고 실제 정책 수립과정에서 어려움이 존재한다. 그러므로 본 연구를 통해 발견된 한계와 문제점을 보완한다면 충청남도는 기후변화 적응 및 기후변화에 따른 산림의 환경 변화를 예측하여 조림, 경영, 생태 등 산림분야별 연구가 유기적으로 연계되는 충남 산림부문 기후변화 대응 및 대체수종 제시가 가능할 것이다.

참고문헌

- 국립산림과학원. 2009. 한국의 산림경관 및 생태계 관리권역. 연구자료 제 359호. pp. 36.
- 국립산림과학원. 2011. 기후요인을 고려한 주요 수종의 지위지수 추정 및 적지판정. pp. 71.
- 국립산림과학원. 2012. 기후요인을 고려한 생태권역별 주요 수종의 지위지수 추정식개발. pp. 101.
- 국립산림과학원. 2014. 기후변화에 따른 주요 수종의 적지분포 변화 예측. 연구보고 제14호. pp. 13-18.
- 국립기상연구소. 2006. 한반도 기후 100년 변화와 미래. 기상청. pp. 21-45.
- 권원태. 2008. 국제적 기후변화 현황. 국제평화 5(1). pp. 23.
- 기상청. 2009. 한반도 기후변화 추세 분석. 기상청.
- 김점수, 이호규. 2005. 기후변화 대응 강원도 온실가스 저감 방안. 강원발전연구원.
- 농촌진흥청. 2008. 임업분야 기후변화대책 추진현황. 농촌진흥청.
- 배재수 외 2인. 2014. 온실가스 배출량을 반영한 대체산림자원조성비의 단가 추정. 농촌경제 37(3): 165-183.
- 서영호. 2003. 기후 변화가 과수 재배에 미치는 영향. 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 대한 심포지엄 자료. 농촌진흥청.
- 양승룡 외 7인. 2005. 탄소배출권 거래제 도입과 임업부문 대응 전략에 관한연구. 농림부.
- 양승룡 외 3인. 2006. 임업부문의 기후변화협약/교토의정서 대응 방안. 임업 경영·정책연구 33(2): 475-494.
- 오재호, 김맹기, 이승호. 2003. 한반도 및 동아시아지역 기후변화 시나리오 기법개발(2). 한국기상학회: 203-219.
- 오진규 외 4인. 2005. 기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응 방안 연구 (상·하). 에너지경제연구원.
- 이양수. 2014. 정책론적 관점에서 바라본 새마을운동 원형 탐색. 농촌경제 37(2): 85-105.

- 임재규 외 6인. 2006. 기후변화협약 제3차 국가보고서 작성을 위한 기반 구축 연구(제3차년도). 에너지경제연구원.
- 임종환. 2009. 기후변화에 따른 산림부문 영향과 관리방향. 한국농촌경제연구.
- 전성우 외 6인. 2002. 기후변화에 따른 생태계 영향평가 및 대응방안 연구Ⅲ. 한국환경정책·평가연구원.
- 한화진 외 12인. 2007. 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 Ⅲ. 한국환경 정책평가연구원.
- 허인혜 외 3인. 2006. 우리나라에서 기온상승이 식생분포에 미치는 영향 - 대나무와 마늘을 중심으로-. 환경영향평가 15(1): 442-450.
- 환경부. 2008. 기후변화대응 종합계획. 환경부
- IPCC. 2007a. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 - Synthesis Report.
- IPCC. 2007b. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- IPCC. 2007c. Summary for Policy-makers of the Synthesis Report of the
- IPCC. 2014. Fifth Assessment Report.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 기상청.

부 록

1. 충청남도내 시·군별 기후변화 전망 / pp.70
2. 산림 적지적수 연구 / pp.74

1. 도내 시·군별 기후변화 전망

1 도내 시군구별 연평균 기온변화

지역	2000s	2010s	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s
충청남도	12.0	12.1 (+0.1)	13.0 (+1.1)	13.3 (+1.3)	14.0 (+2.1)	14.4 (+2.5)	15.3 (+3.3)	16.2 (+4.2)	16.7 (+4.7)	17.4 (+5.4)
		12.8 (+0.8)			14.6 (+2.6)			16.8 (+4.8)		
천안시	11.6	11.7 (+0.0)	12.7 (+1.0)	12.9 (+1.3)	13.6 (+2.0)	14.0 (+2.4)	14.8 (+3.2)	15.7 (+4.1)	16.3 (+4.7)	17.0 (+5.3)
		12.4 (+0.8)			14.2 (+2.5)			16.3 (+4.7)		
공주시	11.8	11.9 (+0.1)	12.9 (+1.1)	13.1 (+1.3)	13.8 (+2.0)	14.2 (+2.4)	15.0 (+3.2)	15.9 (+4.1)	16.5 (+4.7)	17.2 (+5.4)
		12.6 (+0.8)			14.4 (+2.6)			16.5 (+4.7)		
보령시	12.1	12.1 (+0.0)	13.1 (+1.0)	13.4 (+1.3)	14.1 (+2.1)	14.6 (+2.5)	15.4 (+3.3)	16.3 (+4.2)	16.8 (+4.8)	17.6 (+5.5)
		12.9 (+0.8)			14.7 (+2.6)			16.9 (+4.8)		
아산시	12.0	12.1 (+0.1)	13.1 (+1.1)	13.3 (+1.3)	14.1 (+2.1)	14.4 (+2.4)	15.3 (+3.3)	16.2 (+4.1)	16.7 (+4.7)	17.4 (+5.4)
		12.8 (+0.8)			14.6 (+2.6)			16.8 (+4.7)		
서산시	12.1	12.2 (+0.0)	13.2 (+1.1)	13.5 (+1.4)	14.3 (+2.2)	14.7 (+2.6)	15.6 (+3.5)	16.5 (+4.4)	17.0 (+4.9)	17.8 (+5.7)
		12.9 (+0.8)			14.9 (+2.8)			17.1 (+5.0)		
논산시	12.3	12.5 (+0.2)	13.5 (+1.1)	13.7 (+1.4)	14.4 (+2.1)	14.8 (+2.5)	15.6 (+3.3)	16.5 (+4.2)	17.1 (+4.7)	17.8 (+5.4)
		13.2 (+0.9)			15.0 (+2.6)			17.1 (+4.8)		
계룡시	11.7	11.9 (+0.2)	12.8 (+1.1)	13.1 (+1.4)	13.8 (+2.1)	14.2 (+2.5)	15.0 (+3.3)	15.9 (+4.2)	16.5 (+4.8)	17.2 (+5.4)
		12.6 (+0.9)			14.3 (+2.6)			16.5 (+4.8)		
당진시	12.1	12.2 (+0.1)	13.2 (+1.1)	13.5 (+1.3)	14.3 (+2.1)	14.7 (+2.5)	15.6 (+3.4)	16.4 (+4.3)	17.0 (+4.8)	17.7 (+5.6)
		13.0 (+0.8)			14.8 (+2.7)			17.0 (+4.9)		
금산군	11.3	11.4 (+0.1)	12.3 (+1.0)	12.6 (+1.3)	13.3 (+2.1)	13.7 (+2.4)	14.4 (+3.2)	15.4 (+4.1)	15.9 (+4.6)	16.6 (+5.3)
		12.1 (+0.8)			13.8 (+2.6)			16.0 (+4.7)		
부여군	12.1	12.2 (+0.1)	13.1 (+1.0)	13.4 (+1.3)	14.1 (+2.0)	14.5 (+2.4)	15.3 (+3.2)	16.2 (+4.0)	16.8 (+4.6)	17.4 (+5.3)
		12.9 (+0.8)			14.7 (+2.5)			16.8 (+4.6)		
서천군	12.6	12.7 (+0.1)	13.6 (+1.1)	13.9 (+1.3)	14.6 (+2.1)	15.1 (+2.5)	15.9 (+3.3)	16.8 (+4.2)	17.3 (+4.8)	18.0 (+5.4)
		13.4 (+0.8)			15.2 (+2.6)			17.4 (+4.8)		
청양군	11.5	11.5 (+0.0)	12.5 (+1.0)	12.8 (+1.2)	13.5 (+1.9)	13.9 (+2.3)	14.7 (+3.1)	15.5 (+4.0)	16.1 (+4.6)	16.8 (+5.2)
		12.3 (+0.7)			14.0 (+2.5)			16.1 (+4.6)		
홍성군	12.2	12.3 (+0.1)	13.3 (+1.1)	13.5 (+1.3)	14.3 (+2.1)	14.7 (+2.5)	15.5 (+3.4)	16.4 (+4.2)	16.9 (+4.8)	17.7 (+5.5)
		13.0 (+0.8)			14.8 (+2.7)			17.0 (+4.8)		
예산군	11.9	12.0 (+0.1)	13.0 (+1.1)	13.3 (+1.3)	14.0 (+2.1)	14.4 (+2.4)	15.2 (+3.3)	16.1 (+4.2)	16.6 (+4.7)	17.3 (+5.4)
		12.8 (+0.8)			14.5 (+2.6)			16.7 (+4.8)		
태안군	12.4	12.4 (+0.0)	13.4 (+1.1)	13.8 (+1.4)	14.6 (+2.3)	15.1 (+2.7)	16.0 (+3.7)	16.9 (+4.5)	17.5 (+5.1)	18.2 (+5.8)
		13.2 (+0.8)			15.3 (+2.9)			17.5 (+5.2)		

2. 도내 시군구별 평균 최고기온변화

지역	2000s	2010s	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s
충청남도	17.6	17.7 (+0.0)	18.6 (+1.0)	19.0 (+1.4)	19.6 (+2.0)	20.0 (+2.4)	20.9 (+3.3)	21.7 (+4.1)	22.4 (+4.8)	23.0 (+5.4)
		18.4 (+0.8)			20.2 (+2.5)			22.4 (+4.8)		
천안시	17.8	17.9 (+0.1)	18.9 (+1.1)	19.2 (+1.4)	19.8 (+2.0)	20.2 (+2.3)	21.1 (+3.3)	21.9 (+4.1)	22.6 (+4.8)	23.2 (+5.4)
		18.7 (+0.8)			20.3 (+2.5)			22.6 (+4.7)		
공주시	17.8	17.9 (+0.1)	18.9 (+1.0)	19.2 (+1.4)	19.8 (+1.9)	20.2 (+2.4)	21.0 (+3.2)	21.9 (+4.0)	22.6 (+4.7)	23.2 (+5.3)
		18.7 (+0.8)			20.3 (+2.5)			22.5 (+4.7)		
보령시	17.0	17.0 (+0.0)	18.0 (+1.0)	18.4 (+1.3)	19.0 (+2.0)	19.4 (+2.4)	20.3 (+3.3)	21.1 (+4.1)	21.8 (+4.8)	22.4 (+5.4)
		17.8 (+0.8)			19.6 (+2.5)			21.8 (+4.8)		
아산시	17.8	17.8 (+0.0)	18.9 (+1.1)	19.2 (+1.4)	19.7 (+2.0)	20.1 (+2.4)	21.1 (+3.3)	21.9 (+4.1)	22.6 (+4.8)	23.2 (+5.4)
		18.6 (+0.9)			20.3 (+2.6)			22.6 (+4.8)		
서산시	16.8	16.8 (+0.0)	17.8 (+1.0)	18.2 (+1.4)	18.9 (+2.1)	19.3 (+2.5)	20.3 (+3.5)	21.1 (+4.3)	21.7 (+4.9)	22.4 (+5.6)
		17.6 (+0.8)			19.5 (+2.7)			21.7 (+4.9)		
논산시	18.6	18.7 (+0.1)	19.6 (+1.0)	20.0 (+1.4)	20.5 (+2.0)	21.0 (+2.4)	21.8 (+3.2)	22.7 (+4.1)	23.3 (+4.8)	23.9 (+5.4)
		19.4 (+0.8)			21.1 (+2.5)			23.3 (+4.7)		
계룡시	17.7	17.8 (+0.1)	18.7 (+1.0)	19.1 (+1.4)	19.6 (+1.9)	20.0 (+2.4)	20.9 (+3.2)	21.7 (+4.1)	22.5 (+4.8)	23.0 (+5.4)
		18.5 (+0.8)			20.2 (+2.5)			22.4 (+4.7)		
당진시	17.2	17.2 (+0.0)	18.3 (+1.1)	18.6 (+1.4)	19.3 (+2.0)	19.6 (+2.4)	20.7 (+3.4)	21.5 (+4.2)	22.1 (+4.9)	22.8 (+5.5)
		18.1 (+0.8)			19.9 (+2.6)			22.1 (+4.9)		
금산군	17.9	18.1 (+0.2)	19.1 (+1.0)	19.3 (+1.4)	19.9 (+2.0)	20.3 (+2.4)	21.1 (+3.2)	22.0 (+4.1)	22.6 (+4.7)	23.3 (+5.3)
		18.8 (+0.9)			20.4 (+2.5)			22.6 (+4.7)		
부여군	18.3	18.3 (+0.0)	19.2 (+0.9)	19.5 (+1.3)	20.1 (+1.8)	20.5 (+2.3)	21.4 (+3.1)	22.2 (+4.0)	22.9 (+4.6)	23.5 (+5.2)
		19.0 (+0.7)			20.7 (+2.4)			22.9 (+4.6)		
서천군	17.7	17.7 (+0.1)	18.6 (+1.0)	19.0 (+1.4)	19.6 (+1.9)	20.1 (+2.4)	21.0 (+3.3)	21.8 (+4.1)	22.4 (+4.8)	23.1 (+5.4)
		18.5 (+0.8)			20.2 (+2.5)			22.4 (+4.8)		
청양군	17.7	17.6 (-0.1)	18.6 (+0.8)	18.9 (+1.2)	19.5 (+1.8)	19.9 (+2.2)	20.8 (+3.1)	21.6 (+3.9)	22.2 (+4.5)	22.8 (+5.1)
		18.4 (+0.7)			20.0 (+2.3)			22.2 (+4.5)		
홍성군	17.6	17.6 (+0.0)	18.6 (+1.0)	19.0 (+1.3)	19.6 (+2.0)	20.0 (+2.4)	20.9 (+3.3)	21.7 (+4.1)	22.4 (+4.7)	23.0 (+5.4)
		18.4 (+0.8)			20.2 (+2.5)			22.4 (+4.8)		
예산군	17.7	17.7 (+0.0)	18.7 (+1.0)	19.1 (+1.4)	19.6 (+1.9)	20.0 (+2.3)	21.0 (+3.3)	21.7 (+4.0)	22.4 (+4.7)	23.1 (+5.4)
		18.5 (+0.8)			20.2 (+2.5)			22.4 (+4.7)		
태안군	16.4	16.4 (+0.0)	17.5 (+1.0)	17.9 (+1.4)	18.6 (+2.2)	19.1 (+2.7)	20.1 (+3.6)	20.9 (+4.5)	21.4 (+5.0)	22.2 (+5.8)
		17.3 (+0.8)			19.3 (+2.8)			21.5 (+5.1)		

3. 도내 시군구별 평균 최저기온

지역	2000s	2010s	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s
충청남도	7.1	7.2 (+0.1)	8.2 (+1.1)	8.3 (+1.3)	9.2 (+2.2)	9.6 (+2.6)	10.4 (+3.3)	11.3 (+4.2)	11.8 (+4.7)	12.5 (+5.5)
		7.9 (+0.8)			9.7 (+2.7)			11.9 (+4.8)		
천안시	6.3	6.3 (+0.0)	7.3 (+1.1)	7.4 (+1.1)	8.4 (+2.1)	8.7 (+2.5)	9.4 (+3.2)	10.4 (+4.2)	10.8 (+4.6)	11.6 (+5.3)
		7.0 (+0.7)			8.9 (+2.6)			11.0 (+4.7)		
공주시	6.6	6.7 (+0.1)	7.7 (+1.2)	7.8 (+1.3)	8.8 (+2.2)	9.1 (+2.5)	9.8 (+3.3)	10.8 (+4.2)	11.2 (+4.6)	12.0 (+5.4)
		7.4 (+0.9)			9.2 (+2.6)			11.3 (+4.7)		
보령시	7.8	7.8 (+0.0)	8.9 (+1.1)	9.0 (+1.2)	9.9 (+2.1)	10.3 (+2.5)	11.1 (+3.3)	12.0 (+4.2)	12.5 (+4.7)	13.3 (+5.5)
		8.6 (+0.8)			10.5 (+2.7)			12.6 (+4.8)		
아산시	6.9	7.0 (+0.1)	8.0 (+1.1)	8.1 (+1.2)	9.1 (+2.2)	9.4 (+2.5)	10.1 (+3.2)	11.1 (+4.2)	11.5 (+4.6)	12.3 (+5.4)
		7.7 (+0.8)			9.6 (+2.6)			11.7 (+4.7)		
서산시	7.9	8.0 (+0.1)	9.0 (+1.1)	9.3 (+1.3)	10.2 (+2.2)	10.6 (+2.7)	11.4 (+3.5)	12.3 (+4.4)	12.9 (+4.9)	13.6 (+5.7)
		8.8 (+0.8)			10.7 (+2.8)			12.9 (+5.0)		
논산시	6.9	7.1 (+0.2)	8.2 (+1.2)	8.3 (+1.3)	9.2 (+2.2)	9.5 (+2.6)	10.2 (+3.3)	11.2 (+4.3)	11.7 (+4.7)	12.4 (+5.5)
		7.9 (+0.9)			9.7 (+2.7)			11.8 (+4.8)		
계룡시	6.4	6.7 (+0.2)	7.7 (+1.3)	7.8 (+1.4)	8.7 (+2.3)	9.1 (+2.7)	9.8 (+3.4)	10.7 (+4.3)	11.2 (+4.8)	12.0 (+5.6)
		7.4 (+1.0)			9.2 (+2.8)			11.3 (+4.9)		
당진시	7.6	7.7 (+0.1)	8.7 (+1.1)	8.8 (+1.3)	9.8 (+2.2)	10.2 (+2.6)	11.0 (+3.4)	11.9 (+4.3)	12.4 (+4.8)	13.1 (+5.6)
		8.4 (+0.8)			10.3 (+2.7)			12.5 (+4.9)		
금산군	5.7	5.8 (+0.1)	6.8 (+1.1)	6.9 (+1.2)	7.8 (+2.1)	8.2 (+2.5)	8.9 (+3.2)	9.8 (+4.2)	10.3 (+4.6)	11.0 (+5.4)
		6.5 (+0.8)			8.3 (+2.6)			10.4 (+4.7)		
부여군	6.9	7.0 (+0.1)	8.0 (+1.1)	8.1 (+1.2)	9.0 (+2.1)	9.4 (+2.5)	10.1 (+3.2)	11.0 (+4.1)	11.5 (+4.6)	12.2 (+5.3)
		7.7 (+0.8)			9.5 (+2.6)			11.6 (+4.7)		
서천군	8.1	8.2 (+0.1)	9.3 (+1.2)	9.4 (+1.3)	10.3 (+2.2)	10.7 (+2.6)	11.4 (+3.3)	12.4 (+4.3)	12.9 (+4.8)	13.6 (+5.5)
		9.0 (+0.9)			10.8 (+2.7)			13.0 (+4.8)		
청양군	6.2	6.2 (+0.0)	7.3 (+1.1)	7.4 (+1.2)	8.3 (+2.1)	8.6 (+2.4)	9.4 (+3.2)	10.3 (+4.1)	10.8 (+4.5)	11.5 (+5.3)
		7.0 (+0.7)			8.8 (+2.5)			10.9 (+4.6)		
홍성군	7.4	7.5 (+0.1)	8.6 (+1.2)	8.7 (+1.3)	9.6 (+2.2)	10.0 (+2.6)	10.8 (+3.4)	11.7 (+4.3)	12.1 (+4.8)	12.9 (+5.5)
		8.2 (+0.9)			10.1 (+2.7)			12.2 (+4.8)		
예산군	6.9	7.0 (+0.2)	8.0 (+1.2)	8.1 (+1.2)	9.1 (+2.2)	9.4 (+2.6)	10.2 (+3.3)	11.1 (+4.2)	11.5 (+4.7)	12.3 (+5.4)
		7.7 (+0.9)			9.6 (+2.7)			11.7 (+4.8)		
태안군	8.7	8.8 (+0.1)	9.8 (+1.1)	10.2 (+1.4)	11.0 (+2.3)	11.5 (+2.8)	12.5 (+3.8)	13.3 (+4.6)	14.0 (+5.2)	14.7 (+6.0)
		9.6 (+0.9)			11.7 (+3.0)			14.0 (+5.3)		

4. 도내 시군구별 평균 강수량 변화

지역	2000s	2010s	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s
충청남도	1262.5	1570.2 (+24.4)	1538.5 (+21.9)	1469.6 (+16.4)	1646.3 (+30.4)	1779.0 (+40.9)	1685.8 (+33.5)	1730.6 (+37.1)	1677.2 (+32.8)	1665.6 (+31.9)
		1526.1 (+20.9)			1703.7 (+34.9)			1691.1 (+34.0)		
천안시	1330.0	1640.0 (+23.3)	1578.6 (+18.7)	1525.3 (+14.7)	1722.4 (+29.5)	1837.9 (+38.2)	1746.6 (+31.3)	1772.9 (+33.3)	1786.7 (+34.3)	1729.6 (+30.0)
		1581.3 (+18.9)			1769.0 (+33.0)			1763.0 (+32.6)		
공주시	1278.4	1563.9 (+22.3)	1550.4 (+21.3)	1521.7 (+19.0)	1676.8 (+31.2)	1771.1 (+38.5)	1722.3 (+34.7)	1733.6 (+35.6)	1721.7 (+34.7)	1659.2 (+29.8)
		1545.3 (+20.9)			1723.4 (+34.8)			1704.8 (+33.4)		
보령시	1231.0	1600.4 (+30.0)	1611.4 (+30.9)	1483.7 (+20.5)	1671.6 (+35.8)	1871.5 (+52.0)	1766.8 (+43.5)	1824.0 (+48.2)	1680.3 (+36.5)	1784.7 (+45.0)
		1565.2 (+27.2)			1770.0 (+43.8)			1763.0 (+43.2)		
아산시	1265.2	1608.2 (+27.1)	1489.9 (+17.8)	1463.1 (+15.6)	1677.2 (+32.6)	1765.0 (+39.5)	1664.3 (+31.5)	1716.3 (+35.7)	1737.7 (+37.3)	1639.6 (+29.6)
		1520.4 (+20.2)			1702.1 (+34.5)			1697.9 (+34.2)		
서산시	1184.9	1500.3 (+26.6)	1435.2 (+21.1)	1336.0 (+12.7)	1474.5 (+24.4)	1643.9 (+38.7)	1505.1 (+27.0)	1598.9 (+34.9)	1532.2 (+29.3)	1562.4 (+31.9)
		1423.8 (+20.2)			1541.2 (+30.1)			1564.5 (+32.0)		
논산시	1272.6	1589.2 (+24.9)	1545.0 (+21.4)	1536.4 (+20.7)	1725.9 (+35.6)	1726.1 (+35.6)	1725.3 (+35.6)	1768.1 (+38.9)	1662.4 (+30.6)	1598.4 (+25.6)
		1556.8 (+22.3)			1725.8 (+35.6)			1676.3 (+31.7)		
계룡시	1321.0	1607.5 (+21.7)	1556.6 (+17.8)	1563.2 (+18.3)	1728.8 (+30.9)	1690.4 (+28.0)	1697.0 (+28.5)	1695.5 (+28.3)	1686.1 (+27.6)	1584.9 (+20.0)
		1575.8 (+19.3)			1705.4 (+29.1)			1655.5 (+25.3)		
당진시	1208.3	1537.8 (+27.3)	1441.0 (+19.3)	1383.6 (+14.5)	1535.2 (+27.1)	1683.6 (+39.3)	1527.4 (+26.4)	1620.2 (+34.1)	1672.0 (+38.4)	1535.9 (+27.1)
		1454.1 (+20.3)			1582.1 (+30.9)			1609.4 (+33.2)		
금산군	1424.4	1574.5 (+10.5)	1596.4 (+12.1)	1573.1 (+10.4)	1740.0 (+22.2)	1723.9 (+21.0)	1766.7 (+24.0)	1715.2 (+20.4)	1643.9 (+15.4)	1632.9 (+14.6)
		1581.3 (+11.0)			1743.5 (+22.4)			1664.0 (+16.8)		
부여군	1312.3	1646.5 (+25.5)	1695.2 (+29.2)	1583.1 (+20.6)	1791.2 (+36.5)	2027.1 (+54.5)	1896.6 (+44.5)	1905.9 (+45.2)	1787.2 (+36.2)	1891.0 (+44.1)
		1641.6 (+25.1)			1904.9 (+45.2)			1861.3 (+41.8)		
서천군	1215.4	1558.3 (+28.2)	1697.8 (+39.7)	1483.9 (+22.1)	1721.2 (+41.6)	1965.7 (+61.7)	1805.2 (+48.5)	1890.1 (+55.5)	1724.3 (+41.9)	1855.4 (+52.7)
		1580.0 (+30.0)			1830.7 (+50.6)			1823.3 (+50.0)		
청양군	1351.0	1676.9 (+24.1)	1705.9 (+26.3)	1626.0 (+20.4)	1778.5 (+31.6)	1995.1 (+47.7)	1852.5 (+37.1)	1929.7 (+42.8)	1835.8 (+35.9)	1881.2 (+39.2)
		1669.6 (+23.6)			1875.4 (+38.8)			1882.2 (+39.3)		
홍성군	1224.3	1532.9 (+25.2)	1471.8 (+20.2)	1370.2 (+11.9)	1560.9 (+27.5)	1728.8 (+41.2)	1620.6 (+32.4)	1695.5 (+38.5)	1598.4 (+30.6)	1591.1 (+30.0)
		1458.3 (+19.1)			1636.8 (+33.7)			1628.3 (+33.0)		
예산군	1252.8	1542.4 (+23.1)	1481.7 (+18.3)	1431.5 (+14.3)	1622.0 (+29.5)	1768.4 (+41.2)	1639.0 (+30.8)	1679.1 (+34.0)	1689.1 (+34.8)	1642.8 (+31.1)
		1485.2 (+18.5)			1676.4 (+33.8)			1670.3 (+33.3)		
태안군	1097.0	1424.2 (+29.8)	1277.4 (+16.4)	1245.8 (+13.6)	1363.0 (+24.2)	1525.4 (+39.0)	1372.2 (+25.1)	1503.4 (+37.0)	1382.9 (+26.1)	1439.5 (+31.2)
		1315.8 (+19.9)			1420.2 (+29.5)			1441.9 (+31.4)		

2. 산림 적지적수 연구

1. 우리나라 권역별 기후대

우리나라는 기후 및 지정학적 위치에 따라 7개의 권역으로 구분이 가능하다. 충남은 온대지역으로 중부, 남북부, 그리고 서해안을 포함하는 온대해안지역으로 구분되고 있다. 이러한 기후대별, 지정학적 구분은 식재의 중요한 요소가 되고 있다. 9개 광역자치체별 기후대는 아래와 같다.

도별/ 지대별	온대 북부	온대 중부	온대 남북부	온대 남동부	온대 남서부	온대 해안	난대
경기도	○	○				○	
충청남도	○					○	
충청북도		○	○				
충청남도		○	○			○	
전라북도	○	○	○			○	
전라남도					○		○
경상북도		○		○		○	
경상남도		○		○			○
제주도							○

기존의 연구에서 우리나라를 4개 기후대별 권역으로 구분하여 수목의 식재적기는 아래와 같다. 충남은 3월 하순부터 4월 중순까지 수종별 식재적기의 제시가 필요한 상황이다.

구분	2월	3월			4월		
	21~28	1~10	11~20	21~31	1~10	11~20	21~30
난대지역 (제주·남부 해안)							
온대남부 (전남·경남)							
온대중부 (전북·경북·충남·충북)							
온대북부 (경기·강원)							

2. 권역별 식재 권장수종

국내에서 산림청은 수종유형화를 위하여 경제림(목재 수확 및 소득증대를 위하여 가꾸는 숲)조성을 목적으로 4개 권역별 6종의 수종과 1개 속을 제시하여 일반 산주 및 지자체에 식재수종을 권장하였다. 권역별 권장수종은 아래와 같다. 경기, 충청도는 침엽수(중부지방침엽수), 낙엽송, 백합나무, 삼나무를 제시하였으나 최근의 연구결과에서 권장수종에 대한 변화 필요성을 보고하였다.

강원·경북	경기·충북·충남	전북·전남·경남	남부해안 및 제주
침엽수	침엽수	침엽수	편백
낙엽송	낙엽송	편백	삼나무
잣나무	백합나무	백합나무	가시나무류
편백	삼나무	가시나무류	-

산림청은 목질계 바이오매스 에너지 수확을 위하여 백합나무, 리기테다침엽수, 참나무류, 포플러류, 아까시나무, 자작나무 등을 제시하였으나 충남 산림 상황(늦은 구릉형 산림, 리기다 침엽수 쇠퇴) 및 기후변화 인자에 대한 고려는 드문 실정이다. 산림청은 7개용도(용재, 유실, 조경, 특용, 내공해, 내음, 내화)에 맞추어 78개 수종을 권장하였다. 구체적인 용도별 수종은 아래와 같다.

용도 (종수)	수종명
용재수종 (27종)	침엽수, 잣나무, 낙엽송, 가문비나무, 구상나무, 편백, 분비나무, 삼나무, 자작나무, 음나무, 버지니아침엽수, 상수리나무, 졸참나무, 스트로브잣나무, 피나무, 노각나무, 서어나무, 가시나무, 박달나무, 거제수나무, 이태리포플러, 물푸레나무, 오동나무, 리기테다침엽수, 황칠나무, 백합나무, 들메나무
유실수종 (4종)	밤나무, 호두나무, 대추나무, 감나무
조경수종 (21종)	은행나무, 느티나무, 복자기, 마가목, 벚나무, 층층나무, 매자나무, 화살나무, 산딸나무, 동백, 채진목, 이팝나무, 때죽나무, 가죽나무, 당단풍나무, 낙우송, 회화나무, 칠엽수, 향나무, 팽팽나무, 백합나무
특용수종 (13종)	옷나무, 다릅나무, 쉬나무, 두충, 두릅나무, 단풍나무, 음나무, 느릅나무, 동백나무, 후박나무, 황칠나무, 산수유, 고로쇠나무
내공해수종 (12종)	산벚나무, 때죽나무, 사스레피나무, 오리나무, 참죽나무, 벽오동, 곰솔, 은행나무, 상수리나무, 가중나무, 까마귀쪽나무, 버즘나무
내음수종 (6종)	서어나무, 음나무, 주목, 녹나무, 전나무, 비자나무
내화수종 (4종)	벽나무, 굴참나무, 아왜나무, 동백나무

우리나라에서 식재를 통해 수확이 가능한 유실수종은 밤나무와 감나무로 충남은 온대중부지역에 속하며 두 수종 모두 식재가 가능하였다. 현재, 충남의 주요 식재수종을 충남 동부지역을 중심으로 밤나무가 다수 식재되었다. 주요 유실수종별 식재가능 지역은 아래와 같다.

산림청에서 제시하는 21종의 조경수종중 3개종(복자기, 층층나무, 느티나무)은 지역적인 차이에 따라 식재가 가능한 것으로 제시하였다. 이외 19개 수종은 우리나라 전역에서 식재가 가능한 것으로 조사되었다. 충남의 경우, 온대 중부의 기후대를 나타내어 21종의 조경수종이 식재 가능한 것으로 판단된다.

임산물 생산을 통해 수익이 가능한 특용수종은 고로쇠나무와 다릅나무이다. 고로쇠나무의 경우, 수액을 이용한 수익창출이 가능하고 다릅나무는 산나물의 수확이 가능하였다. 두 수종은 한 대, 온대해안, 난대 외에 식재가 가능한 것으로 보고되고 있다. 기후변화에 따라 기온의 영향을 많이 받는 고로쇠나무의 식재 적지가 변경될 것으로 예측된다.

임해산단외 공업, 도시지역에 식재가능한 공해에 강한수종으로 곶술, 산벚나무, 참죽나무, 사스래나무, 오리나무가 있으며 권역별 식재가능지역은 아래와 같다. 충남이 속하는 온대 중부에서 식재가능한 내공해수종으로 산벚나무, 참죽나무, 오리나무가 있다.

산림내 교란중 산불에 강한수종으로 참나무류가 있다. 참나무류 중에서도 굴참나무는 생리적, 환경적 특징으로 내화수종으로 적합한 것으로 보고되고 있다.

3. 권역별 식재가능 용재 수종

기 제시한 용재수종(42종)에 대하여 권역별 식재적합수종은 아래와 같다. 현재 제주도를 시작으로 우리나라의 전체적인 기후대가 변화하고 있으므로 이에 대한 조정 및 충남의 주요 식재수종의 제시가 필요한 상황이다. 충남에서 식재가능한 용재수종으로 버지니아침엽수, 잣나무, 이태리포플러, 낙엽송, 거제수나무, 피나무, 침엽수, 가죽나무, 서어나무, 음나무, 물푸레나무, 느릅나무, 박달나무, 스트로브잣나무가 있다.

수종	한대	온대 북부	온대 중부	온대 남부	온대 남서부	온대 해안	난대
줄참나무	-	-	-	-	-	-	-
떡갈나무	-	-	-	-	-	-	-
테다침엽수	-	-	-	-	-	-	-
리기테다침엽수	-	-	-	-	-	-	-
버지니아침엽수	-	-	○	○	○	-	○
갈참나무	-	-	-	-	-	-	-
잣나무	○	○	○	○	-	-	○
현사시	-	-	-	-	-	-	-
이태리포플라	-	○	○	○	○	○	○
양황철나무	-	-	-	-	-	-	-
수원포플라	-	-	-	-	-	-	-
낙엽송	-	○	○	○	○	-	○
삼나무	-	-	-	-	○	○	○
신갈나무	-	-	-	-	-	-	-
편백	-	-	-	○	○	-	○
양버즘나무	-	-	-	-	-	-	-
거제수나무	○	○	○	○	-	-	-
아까시나무	-	-	-	-	-	-	-
피나무	○	○	○	○	○	-	-

침엽수	-	○	○	○	○	○	○
가죽나무	-	○	○	○	-	-	-
서어나무	-	○	○	○	○	-	
옻나무	-	○	○	○	○	-	-
귀룽나무	-	-	-	-	-	-	-
물박달나무	-	-	-	-	-	-	-
가래나무	-	-	-	-	-	-	-
상수리나무	-	-	-	-	-	-	-
화백	-	-	-	-	-	-	-
물푸레나무	-	○	○	○	○	-	-
수양버들	-	-	-	-	-	-	-
개서어나무	-	-	-	-	-	-	-
느릅나무	-	-	○	○	○	-	-
물감나무	-	-	-	-	-	-	-
참오동나무	○	-	-	-	-	-	-
박달나무	○	○	○	○	-	-	-
풍계나무	-	-	-	-	-	-	-
스트로브잣나무	-	○	○	○	○	○	-
리기다침엽수	-	-	-	-	-	-	-
물오리나무	-	-	-	-	-	-	-
사방오리	-	-	-	-	-	-	-
까치박달	-	-	-	-	-	-	-
들메나무	-	-	-	-	-	-	-

4. 기후대, 지형, 토심별 식재 특성

용재로 구분된 46종의 용재수종중 기후대별, 지형별, 토심별 식재 조건 및 지형별 토심별 적지는 아래와 같다. 충남은 온대중부지역으로 대부분의 수종이 포함되고 있다.

수종	기후대별(m이하)					지형별,토심별				
	난대	온대 남부	온대 중부	온대 북부	한대	산록	계곡	산복	구릉	평탄
잣나무	-	100	800	800	-	심중	심중	심	-	-
스트로브 잣나무	5000	5000	5000	5000	-	심중	심중	심	-	-
버지니아 침엽수	500	500	500	-	-	심중 천	심중 천	심중 천	-	-
낙엽송	-	-	800	800	-	심	심	-	-	-
삼나무	400	400	-	-	-	심	심	-	-	-
편백	40	400	-	-	-	심중	심중	심	-	-
이태리포폴라	100	100	100	100	-	-	-	-	-	-
박달나무	-	-	300	300	300	심중	-	심중	-	-
서어나무	-					심중	심중	-	-	-
느릅나무	-	1200	1200	1200	-	심중	심중	심중	-	-
가죽나무	-	400	400	400	-	-	-	-	-	-
피나무	-	-			1800	심	심	심	-	-
음나무	-	1800	1800	1800	-	심	심	-	-	-
물푸레나무	100	100	100	1500	1500	심	심	-	-	-
거제수나무	-				-	심중	심중	심	-	-
침엽수	1000	1000	1000	1000	-	심중 천	심중 천	심중 천	-	-

국가에서 제시하는 대표적인 유실수종로 밤나무와 감나무가 있다. 식재를 통해 수확이 가능한 유실수종은 밤나무와 감나무로 온대에서 주로 식재되며 1100m이하를 권장하였다. 감나무는 주로 낮은 산지 및 도심권내에 식재가 권장하고 토심별로 두 수종은 심근성 수종으로 뿌리가 깊다. 주로 구릉지나 평탄지보다 경사지형에 주로 식재한다.

수종	기후대별(m이하)					지형별,토심별				
	난대	온대 남부	온대 중부	온대 북부	한대	산록	계곡	산복	구릉	평탄
밤나무			1100	1100	-	심	심	심	-	-
감나무	700	500	500	-	-	심	-	-	-	-

산림청에서 제시하는 21종의 조경수종중 3개종은 기후대별 차이를 나타내는 것으로 보고되었다. 지역적인 차이에 따라 식재가 가능한 것으로 보고되었다. 이외 19개 수종은 우리나라 전역에서 식재가 가능한 것으로 보고되었다. 충남의 경우, 온대 중부의 기후대를 나타내어 21종의 조경수종이 식재 가능하지만 느티나무의 경우 600m이하, 층층나무 1400m이하에 식재를 권장하고 있다. 기후대별 조경수종의 식재가능 조건 및 적지는 아래와 같다.

수종	기후대별(m이하)					지형별,토심별				
	난대	온대 남부	온대 중부	온대 북부	한대	산록	계곡	산복	구릉	평탄
느티나무	1200	1200	600	600	-	심	심	-	-	-
복자기	-	-			-	심중	심중	심	-	-
층나무	-	-	1400	1400	-	심	심	-	-	-

임산물 생산을 통해 수익이 가능한 특용수종은 고로쇠나무와 다릅나무이다. 고로쇠나무의 경우, 수액을 이용한 수익창출이 가능하고 다릅나무는 산나물의 수확이 가능하였다.

수종	기후대별(m이하)					지형별, 토심별				
	난대	온대 남부	온대 중부	온대 북부	한대	산록	계곡	산복	구릉	평탄
다릅 나무	600m 이하	-	500m 이상	500m 이상	500m 이상	심중	심중	심중	-	-
고로쇠 나무	-	400m 이상	400m 이상	400m 이상	-	심중	심중	-	-	-

산림내 교란중 산불에 강한수종으로 참나무류가 있다. 참나무류 중에서도 굴참나무는 생리적, 환경적 특징으로 내화수종으로 적합한 것으로 조사됨. 굴참나무의 식재지역은 우리나라 전역이다.

수종	기후대별(m이하)					지형별, 토심별				
	난대	온대 남부	온대 중부	온대 북부	한대	산록	계곡	산복	구릉	평탄
굴참 나무	1200 m 이하	1200 m 이하	1200 m 이하	1200 m 이하	1200 m 이하	-	-	심중	-	-

임해산단의 공업, 도시지역에 식재가능한 공해에 강한수종으로 곰솔, 산벚나무, 참죽나무, 사스래나무, 오리나무가 있으며 권역별 식재가능지역은 아래와 같다.

수종	기후대별(m이하)					지형별,토심별				
	난대	온대 남부	온대 중부	온대 북부	한대	산록	계곡	산복	구릉	평탄
곰솔	500	500	-	-	-	심중 천	심중 천	심중 천	-	-
사스래 나무		-	-	-	-	심중	심중	심중	-	-
오리 나무	900	900	900	-	-	중	-	-	-	-
산벚 나무	1600	1600	1600	-	-	중	중	중	-	-
참죽 나무	600	600	600	-	-	-	-	-	-	-

■ 집 필 자 ■

연구책임 · 표정기 충남연구원 초빙책임연구원

공동연구 · 이상신 충남연구원 전임책임연구원

전략연구 2016-35 · 기후변화 대응을 위한 충청남도 산림의 수종 대체 방안

글쓴이 · 표정기, 이상신

발행자 · 강현수 / 발행처 · 충남연구원

인쇄 · 2016년 12월 31일 / 발행 · 2016년 12월 31일

주소 · 충청남도 공주시 연수원길 73-26 (32589)

전화 · 041-630-3923(서해안기후환경연구소) 041-630-3912(대표) / 팩스 · 041-630-3999

ISBN · 978-89-6124-379-7 03350

<http://www.cni.re.kr>

© 2016. 충남연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있다.
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉된다.
- 연구보고서의 내용은 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.