

대전시 도시형 탄소상쇄 숲 조성 방안

Strategies of Urban Forests for Carbon Offset in Daejeon City

이 소 라

연구진

연구책임

- 이소라 / 도시기반연구실 연구위원

연구원

- 이은지 / 도시기반연구실 위촉연구원

요약 및 정책건의

요약 및 정책건의

■ 연구의 배경 및 목적

- 도시숲의 환경적 편익과 사회경제적 편익을 동시에 활용할 수 있는 방법이 산림탄소상쇄임(그림 1)
 - 도시숲의 이산화탄소 흡수 기능은 지구온난화를 방지한다는 면에서 환경적인 편익을 제공할 뿐 아니라 탄소크레딧을 확보하게 함으로써 사회경제적 편익을 제공함
 - 또한 도시숲으로부터 바이오매스를 활용함으로써 자원고갈을 방지하는 환경적 편익을 제공할 뿐 아니라, 에너지 비용 절감 등 사회경제적 편익도 제공함



[그림 1] 도시숲의 산림탄소상쇄에 관한 환경적·사회경제적 편익

- 정부에서는 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」을 시행(2012.11) 중이며, 2015년부터는 상쇄를 포함한 배출권의 거래를 허용하기로 함

- 또한 「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」을 시행(2013.2)하여 산림의 탄소흡수 기능 유지 및 증진을 통해 기후변화에 대응하고, 산주, 임업인, 기업, 국민에게 도움이 되는 온실가스 감축활동을 이행을도록 지원하고 있음
 - 법률 6장 38조, 시행령 32조, 시행규칙 6조로 구성
 - 탄소흡수원 증진 종합계획 수립(제5조-6조), 탄소흡수원 정보 및 통계 구축(제8조), 탄소흡수원 유지 및 증진활동(제9조-18조), 산림탄소상쇄를 통한 산림탄소흡수량 거래 허용(제19조), 산림탄소흡수량 거래기반 조성을 위한 산림탄소등록부 개발(제24조), 탄소흡수원지수 개발 및 민간부문 상쇄실적 평가 및 포상(제26조)
- 그간 민간 위주의 산림탄소상쇄제도 시범사업이 진행되어 왔으나 최근 서울시 등이 도시형 숲 조성을 통해 산림탄소상쇄 사업 등록을 추진하고 있음
- 또한 ‘사회공헌형 산림탄소상쇄제도 운영표준’ 개정(행정예고 2014.9)을 통해 숲을 조성하는 식생복구 활동과 산지전용허가 면적보다 산림이용을 억제하거나 녹지를 조성하는 경우도 탄소상쇄 활동으로 인정됨
- 따라서 본 연구에서는 대전시 도시형 탄소 상쇄 숲의 조성 가능성과 대상 부지를 검토하고, 식생복구 사업에 따른 이산화탄소 흡수 잠재량을 산정하였음
- 또한 온실가스 배출권거래제 연계 활용 및 탄소상쇄에 대한 사회적 인식 확대 방안 탄소상쇄 숲 활성화 방안을 제시함

■ 연구의 내용 및 방법

- 국내외 산림탄소상쇄 제도 및 사업 사례 조사, 운영 지침을 검토하여 대전에서 적용가능한 도시형 탄소상쇄 숲 대상 후보지를 선정하였음(그림 2)
- 대전시 도시형 탄소상쇄 숲 대상 후보지 11개 사업별로 산림탄소상쇄 등록요건 등을 분석하고, 적용 가능한 사업에 대해 탄소상쇄 숲 조성에 따른 이산화탄소 흡수량을 산정하였음
- 기존 검토 결과 등과 연계하여, 대전시에서 추구해야할 탄소상쇄 숲 활성화 방안을 분석하여 제안하였음



[그림 2] 연구의 수행체계

■ 연구결과

- 산림탄소상쇄 시범사업 추진 후 적정 사업대상지 부족과 접근성 문제, 사업에 대한 낮은 기대이익 문제, 사업의 지속가능성 확보 문제, 복잡한 사업추진절차 및 의사소통 구조, 사회적 인식 및 제도 홍보부족 문제, 실제 사업추진에 필요한 정보 부족 및 전문가 자문 부족 문제가 파악되었음
- 시범사업 실시 2년 후인 2013년 2월에 산림탄소상쇄제도 내용을 담은 탄소흡수원법이 제정·시행되어, 본 사업을 실시하고 확장할 기반을 마련하는 단계에 접어들었음
- (주)신세계, 한국공항공사, 한국예탁결제원, 그리고 자연환경 국민신탁은 시범사업의 형태로 참여했고, 본 사업은 2013년 강원도 춘천의 도유림 등록을 시작으로 서울시 및 ㈜이브자리와 대구 테크노폴리스, 정천 생태 숲 조성 등 20여건의 사업이 등록되었음(표 1)

〈표 1〉 국내 산림탄소상쇄 사업 현황

비고	사업자	사업 유형	참여 유형	사업기간	사업지	면적 (ha)	연 흡수량 (tCO ₂ /yr)	추진 현황
시범사업	(주)신세계	산림 조성	-	2011.04 ~ 2041.03	경기도 연천	10.0	66.2	등록 (2011)
	한국공항공사	산림 조성	-	2011.03 ~ 2041.02	경기도 화성	6.8	55.0	등록 (2011)
	한국예탁결제원	재조림	거래	2012.05 ~ 2021.12	강원도 평창	2.5	16.8	등록 (2012)
	자연환경 국민신탁	재조림	비거래	2012.04 ~ 2022.03	경북 구미	2.7	8.9	등록 (2012)
본사업	강원도 춘천 도유림	재조림	거래	-	강원도 춘천	4.5	56.0	등록 (2013)
	한국예탁결제원	재조림	거래	-	-	-	-	등록 (2014)
	한국공항공사	재조림	비거래	-	-	-	-	등록 (2014)
	(주) 이브자리	산림 경영	비거래	2014.04 ~ 2048.12	경기도 양평군	9.47	80.0	등록 (2014)
	서울시 및 (주) 이브자리	재조림	비거래	2014.04 ~ 2044.03	서울시 강동구	0.54	4.5	등록 (2014)
	정천 생태숲 조성	신규 조림	거래	2014.04 ~ 2064.03	전북 진안	1.19	14.1	등록 (2014)
	대구 테크노폴리스	재조림	거래	2014.05 ~ 2064.04	대구시 달성군	0.85	26.8	등록 (2014)
	예금보험공사	재조림	비거래	-	-	-	-	등록 (2014)
	강원도 화천군	목제품 이용	비거래	-	-	-	-	등록 (2014)
	전라북도 진안군(주천면)	신규 조림	거래	-	-	-	-	등록 (2014)
이후 10건의 사업 추진	신규/재조림	비거래	-	강원도 등	-	-	등록 (2014)	

자료 : 산림탄소센터(<http://carbon.kgpa.or.kr/>), 산림탄소상쇄제도 사업 현황을 토대로 본 연구에서 제작성(2014년 9월 기준)

- 가로수 및 공원 수목에 대한 재적(흉고직경, DBH) 생장률이 개발되지 않아 국립산림과학원에서 제시하고 있는 수종그룹별, 흉고직경별, 식재공간 유형별

흥고직경 생장에 따른 총 이산화탄소 흡수량 환산표를 적용하여 이산화탄소 흡수량을 산정하였음

- 식생복구 사업에서는 기존의 조림사업과는 다른 다음과 같은 계산 방법을 이용함

$$\text{이산화탄소 순 흡수량(tCO}_2\text{)} = \text{본수} \times \text{본당 재적생장량} \times \text{CF} \times 44/12$$

여기서, 본당 재적생장량과 CF(탄소전환계수)를 곱한 값은 탄소 저장량(kgC)이 됨

- 수종 중 활엽수에서는 C그룹(양버즘나무), 침엽수에서는 M그룹(메타세콰이어)의 이산화탄소 흡수량이 가장 크며, 이산화탄소 흡수량 산정시 수종을 알 수 없는 경우에는 보수적인 생장을 나타내는 활엽수 B그룹(왕벚나무), 침엽수 H그룹(중부소나무)의 식을 차용하여 산정함(표 2)
- 사업기간 30년간의 이산화탄소 흡수량을 산정하기 위하여 10년 수령의 수목과 40년 수령 수목의 이산화탄소 흡수량의 차이를 계산하였음

<표 2> 도시숲 주요 가로수목의 그룹별 수령에 따른 이산화탄소 흡수량(kgCO₂)

그룹	수종	40년 수령 흡수량 (a)	10년 수령 흡수량 (b)	30년간 흡수량 (c=a-b)
활엽수				
A	느티나무	964.9	26.6	938.3
B	왕벚나무	662.7	56.2	606.5
C	양버즘나무	1,744.8	71.1	1,673.7
D	회화나무	1,271.2	30.5	1,240.7
E	이팝나무	957.3	22.5	934.8
F	단풍나무	857.3	23.6	833.7
H	상수리나무	741.4	28.9	712.5
침엽수				
L	은행나무	762.7	28.9	733.8
M	메타세콰이어	1,912.2	121.2	1,791.0
O	중부소나무	234.3	12.9	221.3
P	편백, 향나무	297.6	22.6	275.0

- 대전시 사회공헌형 산림탄소상쇄 사업의 대상 후보지로 자연마당, 샘머리근린공원, 중촌근린공원, 판암근린공원, 장동문화공원, 안영생활체육시설단지, 목재문화체험장, 조림(5대명산 가꾸기), 대사근린공원, 행평근린공원, 숲가꾸기 사업 등 총 11개 사업을 검토하였음(표 3)

〈표 3〉 대전시 대상 후보지 주요사업

	사업명	특징
1	자연마당	정부대전청사 전면광장 생태휴식공간 추가 조성
2	샘머리근린공원	생태습지형 저류공원 추가 조성
3	중촌근린공원	유등천변 생태문화공원 신규 조성
4	판암근린공원	사회적 약자 밀집지역에 주민휴식공간 추가 조성
5	장동문화공원	계족산 맨발축제 연계 휴양 공간 추가 조성
6	안영생활체육시설단지	도시민을 위한 산책 및 운동활동공간 조성
7	목재문화체험장*	대도시권 유일한 목재문화체험장
8	조림(5대명산가꾸기)**	불량림 대상으로 친환경 벌채 및 조림
9	대사근린공원	장기 방치 공원환경개선 및 자연생태복원사업
10	행평근린공원	대전오월드 테마파크 확대, 관광벨트 조성
11	숲가꾸기 사업**	큰나무숲 가꾸기, 어린나무 가꾸기, 조림지숲 가꾸기, 공공산림 가꾸기

*:목제품이용사업, **:산림경영 사업

- 사회공헌형 산림탄소상쇄 사업 등록 요건에 부합하는 사업은 총 7개 사업으로 자연마당, 샘머리근린공원, 중촌근린공원(1차, 2차), 판암근린공원(1차, 2차), 장동문화공원, 안영생활체육단지, 목재문화체험장이 이에 해당됨(표 4)
- 이 중 목재문화체험장은 등록사업 유형 중 목제품이용 사업에 해당되며, 나머지 사업은 신규조림 및 재조림 사업의 요건에 해당됨
 - 총 사업면적은 15ha이며, 예상되는 총 이산화탄소 흡수량 6,078 tCO₂이고, 연간 이산화탄소 흡수량은 204 tCO₂/yr임

〈표 4〉 대전시 산림탄소상쇄 이산화탄소 흡수량 총괄표

구분	순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂)	연간 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /yr)	면적 (ha)	나무식재량 합계(본수)	면적당 나무본수 (본수/ha)	
자연마당	791.4	26.4	2.4	1,823	750	
샘머리	432.9	14.4	1.5	1,125	750	
중촌	중촌1차	1,141.7	38.1	2.2	2,063	929
	중촌2차	966.4	32.2	1.4	2,109	1,554
판암	판암1차	129.9	4.3	1	267	263
	판암2차	108.3	3.6	0.4	204	501
장동	1,478.20	49.3	2.6	3,840	1,500	
안영	981.6	32.7	3.4	2,550	750	
목재	47.5	3.2	-	-	-	
총계	6,077.90	204.2	14.9	13,981.00	938.8	

■ 결론 및 정책건의

- [그림 3]은 대전시 7개 대상 후보지 자연마당, 샘머리근린공원, 중촌근린공원 (1차, 2차), 판암근린공원(1차, 2차), 장동문화공원, 안영생활체육단지, 목재 문화체험장의 이산화탄소 흡수량 지도를 나타냄
 - 대전시 도시형 탄소상쇄 숲 구성에 의해 신도심(둔산동) 및 구도심(중촌동)의 이산화탄소 흡수량이 크게 증대될 것으로 분석되었음



[그림 3] 대전시 산림탄소상쇄 이산화탄소 흡수량 지도

- 대전시 대상 후보지별 면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량은 최소 2.7 tCO₂/ha에서 최대 23.7 tCO₂/ha이며, 평균 순 이산화탄소 흡수량은 12.9 tCO₂/ha으로 산림청 기존 등록 사업 평균 10.9 tCO₂/ha보다 높음(표 5)
- 대전시 대상 후보지 중에서 중촌근린공원 2차 사업의 면적당 순 이산화탄소 흡수량이 가장 높았으며, 이는 면적 ha당 식재 본수가 비교적 많기 때문임

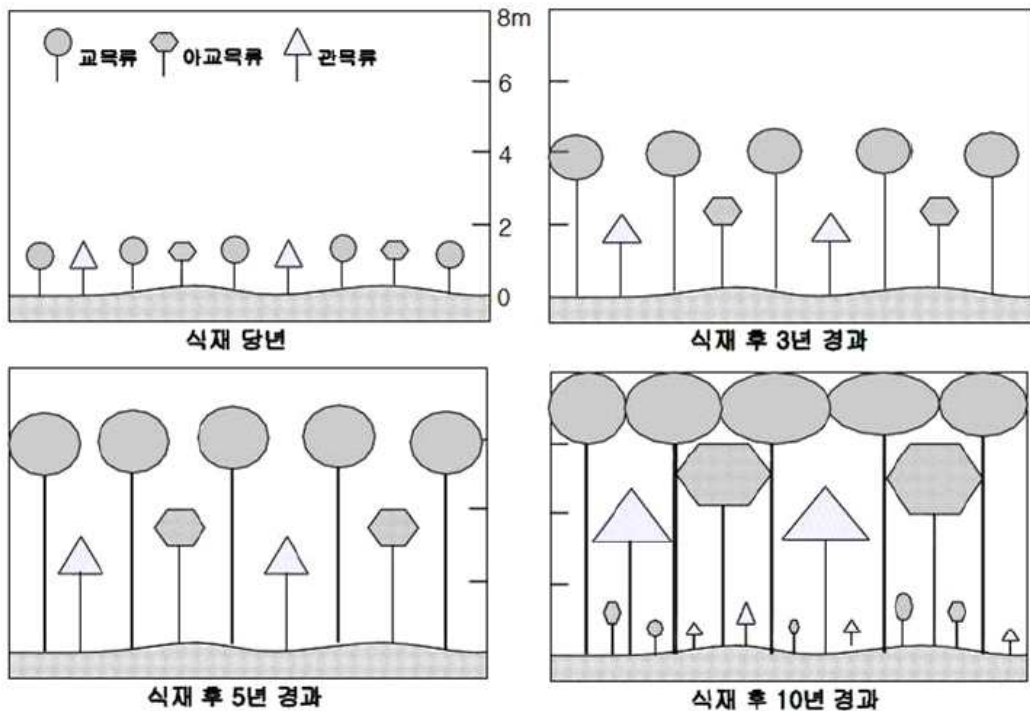
- 대전시 대상 후보지의 본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량은 평균 0.015 tCO₂/본으로 산림청 기존 등록 사업 평균 0.010 tCO₂/본 보다 높음(표 5)
- 대전시 대상 후보지 중에서 중촌근린공원 1차 및 판암근린공원 2차 사업의 본수당 순 이산화탄소 흡수량이 가장 높았으며, 이는 이산화탄소 흡수량이 많은 수종의 식재가 비교적 많기 때문임

〈표 5〉 대전시 및 국내 사업 이산화탄소 흡수량 산정 비교표

구분	자연 마당	샘머 리	중촌		판암		장동	안영
			1차	2차	1차	2차		
면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /ha)	10.9	9.6	17.1	23.7	4.3	8.9	19.2	9.6
본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /본)	0.014	0.013	0.018	0.015	0.016	0.018	0.013	0.013
면적당 나무 본수(본/ha)	750	750	929	1,554	263	501	1,500	750
구분	국내 사업							전체 평균
	신세계	한국 공항 공사	한국 예탁 결제원	자연 환경 국민 신탁	서울 시	진안 군	대구 시	
면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /ha)	6.6	8.1	6.7	3.3	8.3	11.8	31.5	12.0
본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /본)	0.003	0.007	0.002	0.001	0.005	0.023	0.027	0.013
면적당 나무 본수(본/ha)	2,550	1,092	2,952	3,000	1,667	511	1,176	1,330

- '사회공헌형 산림탄소상쇄제도 운영표준'이 개정(행정예고 2014.9)으로 식생복구 사업과 산지전용 억제 사업이 추가되어 대전시 탄소상쇄 숲은 식생복구 사업으로 인정받아 등록이 가능함
- 또한 한해 흡수량 600tCO₂ 이하의 소규모사업도 여러 개를 묶어 하나로 인정받을 수 있게되므로, 대전시의 도시숲 조성사업을 일괄 신청하여 등록 추진이 가능함

- 대전시 탄소상쇄 숲의 이산화탄소 흡수량을 극대화하기 위해서는 이산화탄소 흡수량을 고려한 식재 가이드라인이 발굴되어야 함
 - 식재 수령에 따라 이산화탄소 흡수량이 달라지므로 도시공원의 기능을 살리면서 흡수량을 증대시킬 수 있는 수종 및 임령을 선택하도록 함
 - 각 수목의 수종에 따라 자라는 속도와 크기가 다르기 때문에, 수종의 특성을 파악하여 적절한 간격의 식재밀도로 식재하는 것이 중요하며 지속적인 관리가 필요함



[그림 4] 다양한 수종의 식재 후 산림조성 과정

자료 : 서울시, ㈜이브자리 사업계획서(2014.3)

- 중장기적인 관점에서 기후변화 적응에 대응하는 탄소상쇄 숲 조성 방안을 검토하여야 하며, 기후변화의 수목 성장에 대한 영향·잠재 식생 변화 등을 고려한 식재계획을 마련해야 함

- 도시숲 조성 사업은 30년 이상 50년을 바라보는 사업이기 때문에 기후변화에 의한 주산지 변경 등 식생 변화를 고려하여 식재계획 수립하여야 함
- 또한 환경성 질환인 알레르기 질환 예방·관리 면에서도 도시림과 도시공원에 저자극성(hypoallergenic) 식물 종을 식재하는 것이 바람직함
- 탄소상쇄 숲 활성화를 위해서 대전 시민과 함께하는 소통의 도시숲 사업을 추진하고, 기업참여 독려로 민관협력 녹색사업을 추진하여야 함
 - 서울시는 ‘서울, 꽃으로 피다’ 사업 일환으로 2018년까지 탄소상쇄 숲 10개소 조성을 계획하고 있음
 - 이는 기업의 사회공헌사업으로 비예산 사업이며, 현재 암사역사생태공원에 이어 고덕천 천변, 서초구 개발제한구역 내 상쇄 숲을 추진 중에 있음
- 또한 대전시 도시공원 등 신규 사업 이외에 기존 사업에서 추가 발굴하거나 신규 나대지를 발굴하도록 함
 - 대전 3000만 그루 나무심기 일환 사업 중 2010년 녹색성장기본법 이후 완료 사업을 추가 발굴하여 산림탄소상쇄 등록을 추진함
- 목재문화체험장 등 신규 사업 이외에 기존 목재이용 사업에서도 추가 발굴하여 등록을 추진하며, 향후 다양한 목재이용 사업을 추진하여야 함
 - 대전시 한옥 목조주택 단지 건설 등 향후 유사 계획을 추진토록 함
- 신규조림/재조림, 산림경영은 매 5년, 목제품 이용은 매 2년 마다 모니터링을 실시하고 결과보고서를 작성하여, 탄소흡수량 모니터링 및 공원 식생 상태를 철저히 관리하여야 함
- 대전시 탄소상쇄 숲을 온실가스 배출권거래제 상쇄제도를 외부사업으로 연계하여 활용하는 방법을 모색하도록 함
 - 2015년 1월부터 온실가스 배출권거래제 본격 시행으로 대전시는 대상 업체이며 관내 환경기초시설 11개소가 할당신청 예정임
 - 이는 외부사업(경계 외부의 배출시설 또는 배출활동 등에서 국제적 기준에 부합하는 방식으로 온실가스를 감축, 흡수 또는 제거하는 사업) 인증실적을 상쇄배출권으로 전환하여 배출권거래제도에 상쇄 또는 거래하는 제도임

— 목 차 —

제1장 연구의 개요	3
제1절 연구의 필요성 및 목적	3
제2절 연구 방법 및 내용	5
제2장 국내외 산림탄소상쇄 정책 동향	9
제1절 탄소시장의 개요 및 특징	9
1. 의무 감축시장과 자발적 감축시장	9
2. 할당시장과 상쇄시장	9
3. 국제시장과 지역시장	10
4. 전 세계 자발적 탄소시장 표준	10
제2절 국내 산림탄소상쇄 정책	16
1. 탄소상쇄 사업의 국내 동향	16
2. 산림탄소상쇄 제도 특징	17
3. 국내 탄소상쇄 표준 제도 현황	21
제3절 해외 산림탄소상쇄 정책	22
1. 탄소상쇄 사업의 해외 동향	22
2. 해외 탄소상쇄 표준 제도 현황	24
3. 해외의 산림을 이용한 탄소상쇄 제도 비교 및 시사점	28
제3장 사회공헌형 산림탄소상쇄제도 현황	35
제1절 사회공헌형 산림탄소상쇄제도	35
1. 산림탄소상쇄 제도 추진단계	35
2. 산림탄소상쇄제도에 관한 법률	39
3. 산림탄소상쇄 운영표준	45

제2절 국내 사업 사례 현황	51
1. (주) 신세계	53
2. 한국공항공사	57
3. 한국예탁결제원	62
4. 자연환경 국민신탁	66
5. 서울시·(주) 이브자리	71
6. 대구 테크노폴리스	75
7. 정천 생태 숲 조성	79
제3절 국내 사업 운영 결과 분석	84
1. 산림탄소상쇄 사업의 문제점	84
2. 산림탄소상쇄 사업 참여 특성	84
3. 산림탄소상쇄제도의 현 위치	85
4. 식생복구 사업과 산지전용 억제 사업 추가	85
제4장 대전시 탄소상쇄 숲 조성방안	89
제1절 탄소상쇄 숲 이산화탄소 흡수량 산정 방법	89
1. 산림 탄소흡수량 국가 표준	89
2. 식생복구 사업 탄소흡수량 계산방법	93
제2절 대전시 탄소상쇄 숲 대상 후보지 검토	99
1. 자연마당	101
2. 샘머리근린공원	105
3. 중촌근린공원	109
4. 판암근린공원	114
5. 장동문화공원	118
6. 안영생활체육시설단지	121
7. 목재문화체험장	124
8. 조림 사업	127

9. 대사근린공원	130
10. 행평근린공원	132
11. 숲 가꾸기 사업	134
제3절 대전시 이산화탄소 흡수 잠재량 비교	136
1. 흡수 잠재량 총괄 비교	136
2. 면적당·분수당 흡수 잠재량 비교	138
제5장 결론 및 정책건의	143
제1절 종합 결론	143
제2절 정책건의	146
1. 이산화탄소 흡수량 극대화를 위한 식재 가이드라인 발굴	146
2. 기후변화 적응에 대응하는 탄소상쇄 숲 조성	148
3. 대전시 탄소상쇄 숲 활성화 방안	150
4. 온실가스 배출권거래제 상쇄제도 연계 활용	151
부 록	
전문가 콜로키움 개최 결과 요약	155
참고문헌	167

— 표 목 차 —

<표 2-1> 산림부분 자발적 탄소시장의 주요 표준	15
<표 2-2> 산림탄소상쇄 사업유형 및 설명	19
<표 2-3> 세계 탄소시장 현황	22
<표 2-4> 해외 산림탄소상쇄 프로그램의 종합 비교	32
<표 3-1> 국내 산림탄소상쇄 사업 현황	52
<표 3-2> (주)신세계 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	55
<표 3-3> (주)신세계 상쇄사업 추진으로 인한 영향	56
<표 3-4> 한국공항공사 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	59
<표 3-5> 한국공항공사 상쇄사업 추진으로 인한 영향	60
<표 3-6> 한국예탁결제원 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	64
<표 3-7> 한국예탁결제원 상쇄사업 추진으로 인한 영향	65
<표 3-8> 자연환경국민신탁 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	68
<표 3-9> 자연환경국민신탁 상쇄사업 추진으로 인한 영향	69
<표 3-10> 서울시·(주)이브자리 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	73
<표 3-11> 서울시·(주)이브자리 상쇄사업 추진으로 인한 영향	74
<표 3-12> 대구 테크노폴리스 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	77
<표 3-13> 대구 테크노폴리스 상쇄사업 추진으로 인한 영향	78
<표 3-14> 정천 생태 숲 조성 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	81
<표 3-15> 정천 생태 숲 조성 상쇄사업 추진으로 인한 영향	82
<표 4-1> 단위면적당 연간 CO ₂ 흡수량	90
<표 4-2> 나무 한 그루 당 연간 CO ₂ 흡수량	90
<표 4-3> 배출 1CO ₂ 톤 상쇄에 필요한 수종별 식재 그루 수	91
<표 4-4> 주요 수종별 임목성장량	91
<표 4-5> 주요 수종별 탄소배출계수	92

<표 4-6> 수종의 특성에 따른 나무 분류	93
<표 4-7> 탄소계정을 위한 도시숲 수목의 그룹화 - 활엽수	94
<표 4-8> 탄소계정을 위한 도시숲 수목의 그룹화 - 침엽수	95
<표 4-9> 도시숲 주요 가로수목의 그룹별 수령에 따른 이산화탄소 흡수량	96
<표 4-10> 그룹 H,O,P의 바이오매스 계수 및 30년간 이산화탄소 흡수량	98
<표 4-11> 대전시 대상 후보지 주요사업	100
<표 4-12> 자연마당 사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	104
<표 4-13> 샘머리근린공원 사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	108
<표 4-14> 중촌근린공원 사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	111
<표 4-15> 중촌근린공원 1단계 사업 식재수량표	112
<표 4-16> 중촌근린공원 2단계 사업 식재수량표	113
<표 4-17> 판암근린공원 사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	116
<표 4-18> 판암근린공원 1단계 사업 식재수량표	117
<표 4-19> 판암근린공원 2단계 사업 식재수량표	117
<표 4-20> 장동문화공원 조성사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	120
<표 4-21> 안영생활체육시설단지 조성사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	123
<표 4-22> 목재문화체험장 조성사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량	126
<표 4-23> 대전시 산림탄소상쇄 이산화탄소 흡수량 총괄표	137
<표 5-1> 대전시 및 국내 사업 이산화탄소 흡수량 산정 비교표	145
<표 5-2> 도시숲 그룹별 수령에 따른 30년간 이산화탄소 흡수 잠재량	146
<표 5-3> 기능에 따른 수종의 분류	147

— 그림 목 차 —

[그림 1-1] 도시숲의 환경적 편익	3
[그림 1-2] 도시숲의 사회경제적 편익	4
[그림 1-3] 연구의 수행체계	6
[그림 2-1] 세계 탄소시장 규모추이	11
[그림 2-2] 자발적 탄소시장 사업 유형별 비율(2012)	12
[그림 2-3] 국내 산림탄소상쇄제도 추진 단계	16
[그림 3-1] 산림탄소상쇄 제도 기본 원칙	35
[그림 3-2] 국내 산림탄소상쇄제도 추진 단계	36
[그림 4-1] 대전시 대상 후보지 위치도	99
[그림 4-2] 자연마당 부지 현황	102
[그림 4-3] 자연마당 조성계획 조감도	102
[그림 4-4] 자연마당 계획녹지면적	103
[그림 4-5] 자연마당 녹지조성 상세계획	103
[그림 4-6] 샘머리근린공원 부지 현황	106
[그림 4-7] 샘머리근린공원 조성계획 조감도	106
[그림 4-8] 샘머리근린공원 우수저류조 설치 계획	107
[그림 4-9] 중촌근린공원 부지 현황	110
[그림 4-10] 중촌근린공원 조성계획 조감도	110
[그림 4-11] 판암근린공원 부지 현황	115
[그림 4-12] 판암근린공원 조성계획 조감도	115
[그림 4-13] 장동문화공원 부지 현황	119
[그림 4-14] 장동문화공원 조성계획 조감도	119
[그림 4-15] 안영생활체육시설단지 부지 현황	122
[그림 4-16] 안영생활체육시설단지 조성계획 조감도	122

[그림 4-17] 목재문화체험장 부지 현황	125
[그림 4-18] 목재문화체험장 조성계획 조감도(예시)	125
[그림 4-19] 조림조성 사업 전(예시)	128
[그림 4-20] 조림조성 사업 후(예시)	128
[그림 4-21] 산림경영 사업의 유형	129
[그림 4-22] 대사근린공원 부지 현황	131
[그림 4-23] 대사근린공원 조성계획 조감도	131
[그림 4-24] 행평근린공원 부지 현황	133
[그림 4-25] 행평근린공원 조성계획 조감도	133
[그림 4-26] 숲 가꾸기 사업 과정	135
[그림 4-27] 면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량 비교	139
[그림 4-28] 본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량 비교	140
[그림 5-1] 대전시 산림탄소상쇄 이산화탄소 흡수량 지도	144
[그림 5-2] 다양한 수종의 식재 후 산림조성 과정	148
[그림 5-3] 기후변화에 따른 소나무, 신갈나무, 편백 참재 식생변화	149
[그림 5-4] 암사역사생태공원의 탄소상쇄숲 조성사업	150
[그림 5-5] 온실가스 배출권거래제 상쇄제도	151

제 1 장

연구의 개요

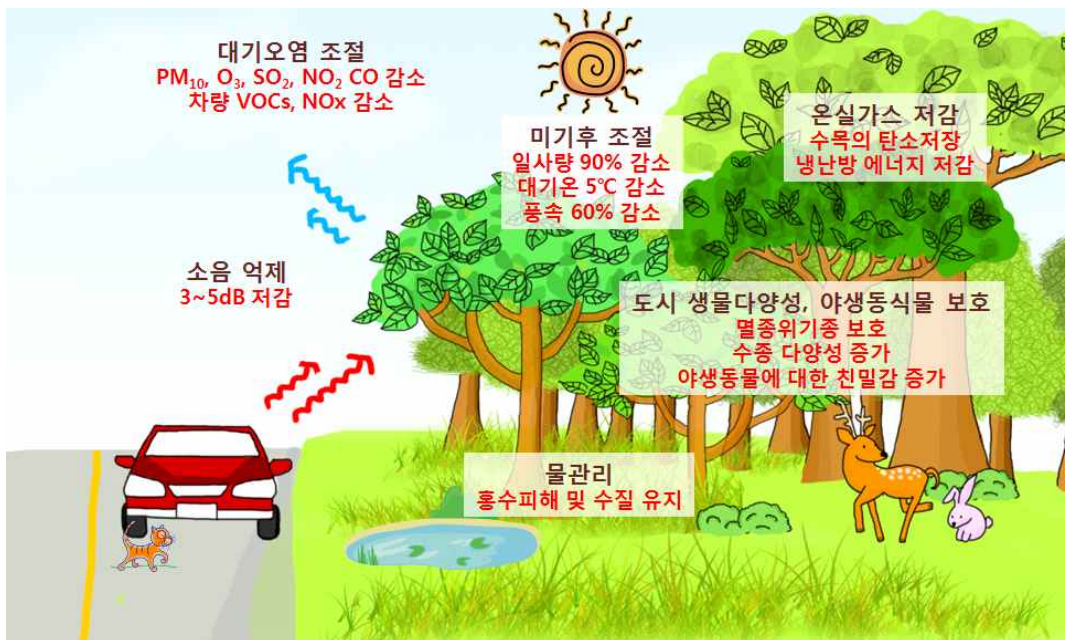
제1절 연구의 필요성 및 목적

제2절 연구 방법 및 내용

제1장 연구의 개요

제1절 연구의 필요성 및 목적

도시숲은 온실가스 저감효과 뿐만 아니라 대기오염 조절, 소음 억제, 미기후 조절, 도시 생물다양성 및 야생동식물 보호, 물 관리 등 다양한 환경적 편익을 제공하고 있다(그림 1-1). 또한 도시숲은 그 자체만으로도 자산적 가치를 가지고 있으며, 주변의 부동산 가치를 상승시키고, 숲을 이용하는 주민들에게 심미적·보건적 영향을 미치는 등 사회경제적 편익도 제공한다(그림 1-2).



[그림 1-1] 도시숲의 환경적 편익

자료 : 국립산림과학원, 탄소지킴이 도시숲(2012) 2~8p에서 발췌, 제작성



[그림 1-2] 도시숲의 사회경제적 편익

자료 : 국립산림과학원, 탄소지킴이 도시숲(2012) 13~20p에서 발췌, 제작됨

도시숲의 이러한 환경적 편익과 사회경제적 편익을 동시에 활용할 수 있는 방법이 산림탄소상쇄이다. 도시숲의 이산화탄소 흡수 기능은 지구온난화를 방지한다는 면에서 환경적인 편익을 제공할 뿐 아니라 탄소크레딧을 확보가능하게 함으로써 사회경제적 편익을 제공한다. 또한 도시숲으로 부터 바이오매스를 활용함으로써 자원고갈을 방지하는 환경적 편익을 제공할 뿐 아니라, 에너지 비용 절감 등 사회경제적 편익도 제공한다.

우리나라는 2020년 온실가스 배출전망치(BAU) 대비 30% 감축목표를 설정하고, 부문별·단계별 대책을 적극적으로 추진하고 있다. 탄소배출권 거래제 시범사업, 탄소포인트제도 등 다양한 온실가스 배출 감축제도를 여러 기관에서 시범 운영 중이다. 하지만, 산림을 이용한 온실가스 감축목표 상쇄에 대한 기업과 시민의 수요가 증가하고 있고, 이에 대한 제도가 미비한 실정이다.

이에 정부에서는 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」을 시행

(2012.11) 중이며, 2015년부터는 외부사업 등 상쇄를 포함한 배출권의 거래를 허용하기로 했다. 또한 「탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률」을 시행(2013.2)하여 산림의 탄소흡수 기능 유지 및 증진을 통해 기후변화에 대응하고, 산주, 임업인, 기업, 국민에게 도움이 되는 온실가스 감축활동을 이행토록 지원하고 있다.

이렇듯, 그간 민간 위주의 산림탄소상쇄제도 시범사업이 진행되어 왔으나 최근 서울시 등이 도시형 숲 조성을 통해 산림탄소상쇄 사업 등록을 추진하고 있다.

따라서 본 연구에서는 대전시 도시형 탄소 상쇄 숲의 조성 가능성과 대상 부지를 검토하고, 탄소상쇄 숲 조성에 의한 이산화탄소 흡수 잠재량을 산정하였다. 또한 온실가스 배출권거래제 연계 활용 및 탄소상쇄에 대한 사회적 인식 확대 방안 등 탄소상쇄 숲 활성화 방안을 제시하였다.

제2절 연구 방법 및 내용

본 연구에서는 정책 집행단계에서 직접 활용 가능한 연구 성과를 제시하기 위해, 국내외 산림탄소상쇄 정책을 분석하여 산림탄소상쇄 사업의 정책적인 측면을 살펴보고, 국내 제도 및 운영 사례를 분석하여 향후 대전에서 적용가능한 도시형 탄소상쇄 숲 조성방안을 제시하였다.

[그림 1-3]에 나타낸 바와 같이, 제2장에서는 탄소시장의 개요 및 특징, 국내외 산림탄소상쇄 정책 동향을 조사·분석 하였으며, 제3장에서는 국내에 최근에 도입된 사회공헌형 산림탄소상쇄제도의 특징과 국내 운영 현황을 조사하였다. 제4장에서는 도시형 탄소상쇄 숲의 이산화탄소 흡수량 산정 방법을 검토하였고, 대전시에서 추진하고 있는 도시공원 사업 등 11건에 대해 산림탄소상쇄제도 적용가능성을 검토하였다. 또한 적용 가능한 사업들에 대해 이산화탄소 흡수 잠재량을 산정하였다. 마지막으로, 기존 검토 결과 등과 연계하여, 대전시에서 추구해야할 탄소상쇄 숲 활성화 방안을 분석하여 제안하였다.



[그림 1-3] 연구의 수행체계

제 2 장

국내외 산림탄소상쇄 정책 동향

제1절 탄소시장의 개요 및 특징

제2절 국내 산림탄소상쇄 정책

제3절 해외 산림탄소상쇄 정책

제2장 국내외 산림탄소상쇄 정책 동향

제1절 탄소시장의 개요 및 특징¹⁾

탄소시장이란 온실가스를 배출할 수 있는 권한을 탄소배출권이라는 형태로 상품화하고 이를 거래할 수 있도록 개설한 거래소 또는 장외시장을 지칭한다. 탄소시장은 다음과 같이 3가지 형태로 분류할 수 있다.

1. 의무 감축시장과 자발적 감축시장

1) 의무 감축시장

의무 감축시장이란 온실가스 감축이라는 법적 규제 하에서 운영되는 배출권 거래 시장이다. 교토의정서 체제의 탄소시장, EU 및 뉴질랜드 배출권 거래소 등이 있다.

2) 자발적 감축시장

자발적 감축시장이란 감축 주체의 자발적 참여를 통해 탄소 배출권을 거래하는 시장이다. 시카고 기후거래소와 자발적 탄소시장 등이 있다.

2. 할당시장과 상쇄시장

1) 할당시장

할당시장이란 각국 또는 기업에 의무적으로 할당된 배출권을 거래하는 의무적 시장이다.

2) 상쇄시장

상쇄시장이란 감축사업을 통해 배출한 배출권을 거래하는 자발적 시장이다.

1) 산림청, 산림탄소상쇄제도 가이드북(2013), 23p에서 발췌

3) 혼합시장

혼합시장이란 할당 배출권과 상쇄 배출권 모두 거래하는 시장이다.

3. 국제시장과 지역시장

1) 국제시장

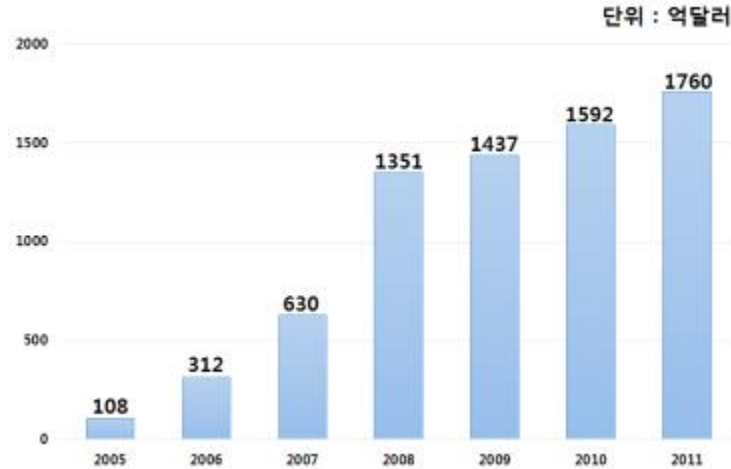
국제시장이란 국가를 넘어 국제적인 거래가 가능한 배출권 시장이다.

2) 지역시장

지역시장이란 국제 내 또는 국가의 일부지역에서 이루어지는 배출권 시장이다. 호주의 NSW GGAS, 미국 동부의 RGGI등이 있다.

4. 전 세계 자발적 탄소시장 표준

금융 투자업계와 세계은행(World Bank)에 따르면 온실가스 배출권을 거래하는 전 세계 탄소시장 규모는 2011년 1천 760억 달러에 달했다. 이는 교토의정서가 시행되며 본격적으로 탄소배출권 거래가 시작된 2005년 108억 달러보다 16배 증가한 규모이다. 이렇듯 세계 탄소시장 규모는 급팽창하고 있다. [그림 2-1]은 이러한 세계 탄소시장 규모 추이를 나타내는 그래프이다.



[그림 2-1] 세계 탄소시장 규모추이

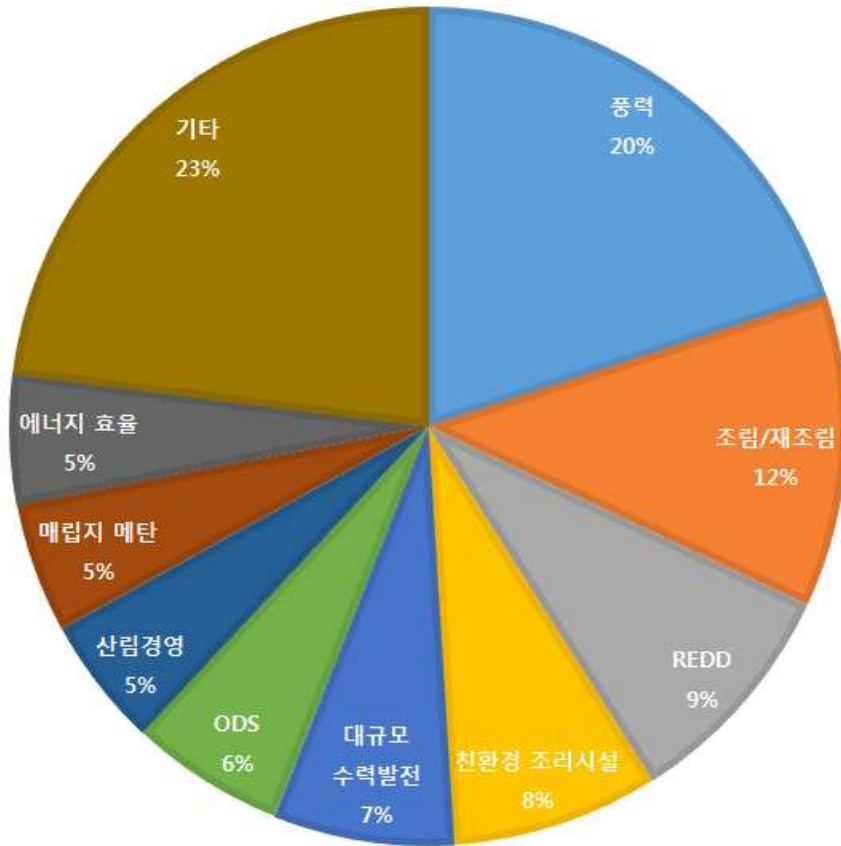
자료 : 에너지 관리공단 및 World Bank, State and Trends of the Carbon Market(2012).

국제 탄소시장 중, 국제 산림탄소시장은 의무시장보다 자발적 탄소시장이 주도하고 있다.²⁾ 2012년에는 자발적 탄소시장 중 산림사업 점유율은 30%이고, 주요 산림 활동은 조림/재조림(12%), REDD(9%), 산림경영(5%), 그리고 바이오매스(3%)이다 (그림 2-2).

이러한 산림탄소상쇄 사업의 증가 동향은 자발적 탄소 시장에서의 표준 개발과 관련이 있는데, 2006년 이후 크레딧의 품질에 대한 논의가 본격화됨에 따라 크레딧의 품질을 보증하는 표준들이 개발되었다. 이러한 표준들은 산림사업의 추가성, 비영속성, 제 3자검증과 관련된 체계와 기준을 제시함으로써 CDM중심의 규제적 시장의 틀을 벗어나, 보다 혁신적이고 유연한 방식으로 운영되고 있다. 이를 통해 산림탄소상쇄 사업의 단점을 최소화하고 장점을 최대화할 수 있다.³⁾

2) 산림청, 산림탄소상쇄 제도 가이드북(2013), 21p에서 발췌

3) 국립산림과학원, 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012), 17~19p에서 발췌



[그림 2-2] 자발적 탄소시장 사업 유형별 비율(2012)

자료 : Forest Trends' Ecosystem Marketplace, State of the Voluntary Carbon Markets (2013)을 토대로 본 연구에서 제작성.

2009년 EcoSecurities사의 조사에 따르면 탄소 상쇄 크레딧을 구매하는 가장 큰 이유는 지역 및 환경적 편익 때문인 것으로 나타났다. 이를 통해 탄소 상쇄 크레딧의 가격은 시장의 수요공급 현황 뿐만 아니라 부가적 가치의 영향도 받는 것을 알 수 있다.

생태적, 사회적 편익을 강조하는 표준인 CCBS(Climate, Community, Biodiversity Standard)는 사업의 설계 및 실행과정에서 다양한 편익을 확인하고 지역민들의 참여를 촉진시킴으로써 사업의 리스크를 경감하며 지속가능한 발전을 촉진한다.

하지만 CCBS(Climate, Community, Biodiversity Standard)가 온실가스 배출량의 감축에 대한 인증은 하지 않으므로, 이를 탄소 계정 표준인 CDM이나 VCS와 결합시켜 인증을 받는 경우가 많다. 왜냐하면 많은 탄소 구매자들이 CCBS인증 받은 사업에 대해 추가적 가격 프리미엄을 지불할 의사를 나타내기 때문이다.

다음은 자발적 탄소시장의 표준의 종류 및 설명이다.

(1) VCS(Voluntary Carbon Standard)⁴⁾

VCS(Voluntary Carbon Standard)는 VCS협회에서 운영하는 자발적인 온실가스 감축 프로그램으로 2007년부터 시행되었다. CDM보다는 완화된 상쇄기준을 적용하여 접근이 쉬우나, CDM 외의 상쇄 표준제도에 비해 높은 품질을 보장하여 자발적 시장에서 가장 널리 활용되는 대표적인 제도이다.

(2) CFS(Carbon Fix Standard)⁵⁾

CFS(Carbon Fix Standard)는 독일의 비영리 재단인 CFS 협회 주도로 임업, 환경, 기후변화 관련 과학자들에 의해 개발되었고, 2007년부터 시행되었다. 이는 기후변화에 대응하는 산림 사업에 관한 실용적인 방법론을 제시하고, 신뢰성 있는 크레딧을 발행하기 위한 표준이다.

(3) CCBS(Climate, Community, and Biodiversity Standard)⁶⁾

CCBS(Climate, Community, and Biodiversity Standard)는 연구기관, 기업, NGO 들로 이루어진 CCBA(Climate, Community, and Biodiversity Alliance)에 의해 개발되었고, 2005년부터 시행되었다. 표준의 목적은 기후변화를 완화시키고, 통합적인 지속가능한 편익을 제공하는 토지이용 관련 사업을 개발하기 위한 가이드스를 제공하는 것이므로 사업의 탄소편익과 동등하게 생태적, 사회적 편익에도 중점을 둔다.

4) 산림청, 국내 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용 방안 연구(2013), 106~108p에서 발췌

5) 국립산림과학원, 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012), 97~106p에서 발췌

6) 국립산림과학원, 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012), 106~111p에서 발췌

(4) Plan Vivo⁷⁾

Plan Vivo는 Plan Vivo 재단이 총괄하여 운영하는 제도로 1994년부터 시행되었음. 환경·사회적 가치를 강조하며, 개도국의 사업 참여자들의 금전적 상황을 고려해 사업 초기 단계에 ex-ante 형태의 크레딧을 발급하는 것이 특징적이다.

(5) CCX(Chicago Climate Exchange)⁸⁾

CCX(Chicago Climate Exchange)는 CCX 집행위원회에서 탄소감축 실적에 대한 가치를 부여하기 위해 개발한 자발적인 탄소 상쇄제도로 2003년부터 시행되었다. 2011년에 기존에 있던 배출권 거래제(cap-and-trade) 제도 종료 후 프로젝트 단위의 상쇄표준 제도만 운영되고 있다.

<표 2-1>은 산림부분 자발적 탄소시장의 각 주요 표준들의 개발기관, 개발년도, 개발목적에 대해 설명된 표이다. VCS와 CCBS 표준의 경우, 개발 기관 중에 NGO 포함되어 있다는 점에 있어서 공통적인 특징을 갖는다. 또한, CPS와 CCX 표준의 경우, 개발 기관이 연구자나 과학자들이라는 점에서 공통적인 특징을 갖는다.

7) 산림청, 국내 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용 방안 연구(2013), 115~117p에서 발췌

8) 산림청, 국내 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용 방안 연구(2013), 108~110p에서 발췌

〈표 2-1〉 산림부분 자발적 탄소시장의 주요 표준

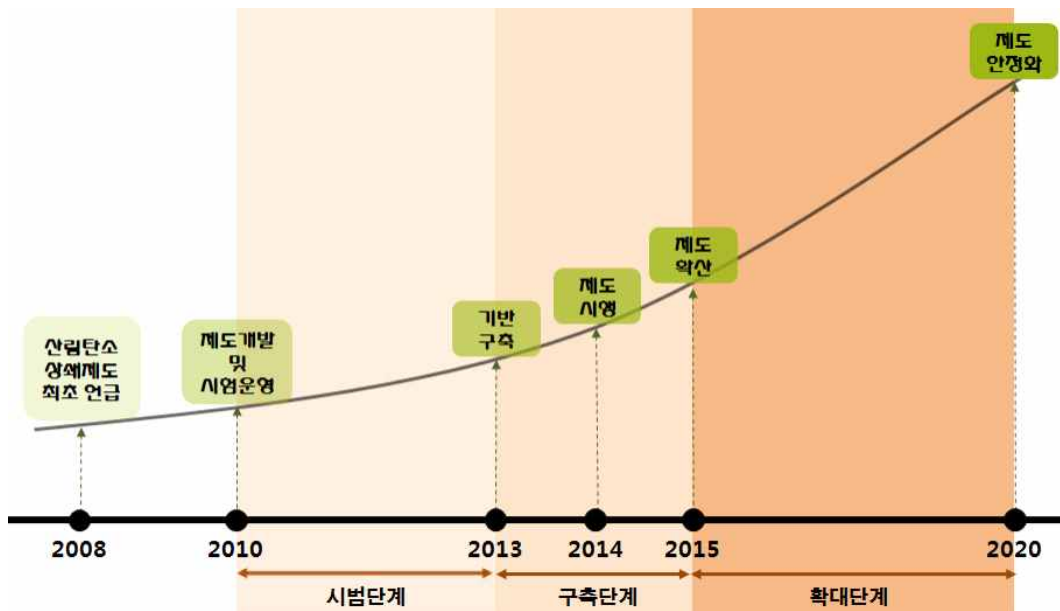
프로그램 / 표준	개발 기관	개발 년도	개발 목적
VCS (Voluntary Carbon Standard)	<ul style="list-style-type: none"> The Climate Group, IETA, WBCSD 등 “NGO, 산업계, 사업개발자, 옵셋바이어”가 개발 	2007. 11	<ul style="list-style-type: none"> 자발적 시장에서 기본적 품질을 보증하는 비용절약적 표준 제공을 위함
CPS (Carbon Fix Standard)	<ul style="list-style-type: none"> 독일의 비영리재단(NGO) CFS협회의 주도로 “임업, 환경, 기후변화 과학자들”이 개발 	2007년 말(ver.1) 2008. 5(ver.2) 2009. 6(ver.3)	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화 대응 산림사업에 대한 실용적 방법론과 신뢰성 있는 크레딧 발행을 하기 위함
CCBS (Climate, Community, and Biodiversity)	<ul style="list-style-type: none"> 기업, 연구기관, NGO로 구성된 “Climate, Community, and Biodiversity Alliance”가 개발 	2005. 5	<ul style="list-style-type: none"> 기후편익 이외에 사회적, 생태적 편익을 생성하는 토지이용 관련 사업 설계를 위함
Plan Vivo	<ul style="list-style-type: none"> 영국의 “Edinburgh Centre for Carbon Eng”가 개발 	1994 2008. 6(최신판)	<ul style="list-style-type: none"> 개도국의 소규모 지역 사업을 통한 기후변화 완화 및 지속가능한 개발을 지원하기 위함
CCX (Chicago Climate Exchange)	<ul style="list-style-type: none"> 노스웨스턴 대학 중심의 “연구자 그룹”이 개발 	2003	<ul style="list-style-type: none"> 북미 탄소 감축 실적에 대한 가치를 부여하기 위함

자료 : 국립산림과학원, 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012)을 토대로 본 연구에서 재작성

제2절 국내 산림탄소상쇄 정책

1. 탄소상쇄 사업의 국내 동향

국내 산림탄소상쇄제도는 2008년도에 발표된 제 5차 산림기본계획(변경 전)에서 '탄소 배출권 거래제, 탄소세 등 국내 의무감축 이행 제도와 연계된 산림탄소배출권 운영체제의 국내 산림 온실가스 감축 보상 체계 구축'에서 그 내용이 처음 언급되었다. [그림 2-3]에서도 알 수 있듯이, 본격적인 제도 개발은 2010년 4월 시범사업 운영 계획 및 운영 규정이 마련되고, 산림탄소상쇄센터(현 산림탄소센터)가 녹색사업단 내에 설립되면서 추진되었다.⁹⁾



[그림 2-3] 국내 산림탄소상쇄제도 추진 단계

자료 : 산림청, 국내 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안(2013)

9) 산림청, 국내 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안(2013), 20~24p에서 발췌

2. 산림탄소상쇄 제도 특징

1) 정의¹⁰⁾

산림탄소상쇄 제도는 지방자치단체장, 기업, 산주 등이 자발적으로 온실가스 배출을 줄이기 위하여 탄소흡수원 증진 활동을 하고, 이를 통해 추가적으로 확보한 산림 탄소흡수량을 정부가 인증해주는 제도이다.

2) 운영기관¹¹⁾

산림탄소상쇄 제도 실무 운영기관으로는 산림탄소센터가 있다. 사업 등록 신청 접수, 신청된 사업에 대한 타당성 평가, 사업등록, 모니터링 결과보고서 접수, 검·인증 신청, 산림탄소등록부의 관리 등 산림탄소상쇄제도와 관련된 제반 업무를 담당하는 산림탄소센터는 탄소흡수원법 제 23조에 따라 설치된 기관으로 현재 녹색사업단 산하에 있다. 산림탄소상쇄사업을 통해 추가적으로 확보한 산림탄소흡수량 인증기관으로 산림탄소인증센터가 있으며, 한국임업진흥원내에 설치되었다.

3) 참여유형¹²⁾

산림 탄소흡수량의 거래가능 여부에 따라 “거래형”과 “비거래형”으로 사업에 참여할 수 있다. 산림탄소상쇄 제도 참여 유형을 “거래형”과 “비거래형”으로 구분한 이유는 민간부문의 자발적 참여를 유도하기 위함이다.

10) 산림청, 산림탄소상쇄제도 가이드북(2013), 16p에서 발췌

11) 산림청, 산림탄소상쇄제도 가이드북(2013), 19p에서 발췌

12) 산림청, 산림탄소상쇄제도 가이드북(2013), 18p에서 발췌

4) 사업유형¹³⁾

탄소흡수원법 제9조, 제13조, 제15조, 제18조에 따른 산림탄소상쇄 운영표준에서는 산림탄소상쇄 사업 유형을 신규조림/재조림, 산림경영, 목제품이용, 산림바이오매스 에너지이용, 복합형으로 나누어 규정하고 있다.

(1) 신규조림/재조림 사업

신규조림/재조림 사업은 산림이 아닌 지역에 인위적인 식재과종 및 천연갱신 유도를 통해 산림을 조성하는 사업이다.

(2) 산림경영 사업

산림경영 사업은 산림을 지속가능한 방식으로 경영함으로써 산림의 건강성을 유지하고, 왕성한 성장을 유도하여 산림의 탄소흡수량을 증대시키는 사업이다.

(3) 목제품 이용 사업

목제품 이용 사업은 산림경영을 통해 수확된 원목이나 이를 가공하여 생산된 목제품을 이용하는 사업이다.

(4) 산림 바이오매스 에너지 이용 사업

산림 바이오매스 에너지 이용 사업은 화석연료를 목재펠릿 등과 같은 산림바이오매스 에너지로 대체함으로써 온실가스 배출량을 줄이는 사업이다.

(5) 복합형 사업

복합형 사업은 두 가지 이상의 개별 사업을 연계하여 추진하는 사업이다.

<표 2-2>는 앞서 언급한 5가지의 산림탄소상쇄 사업유형에 대한 정의, 최소 사업기간, 탄소 흡수량 모니터링 기간, 설명도로 정리된 표이다.

13) 산림청, 산림탄소상쇄제도 가이드북(2013), 26~35p에서 발췌

〈표 2-2〉 산림탄소상쇄 사업유형 및 설명

	정의	최소 사업 기간	탄소 흡수량 모니터링 기간		설명도
			거래형	비거래형	
신규조림 / 재조림	산림이 아닌 지역에 인위적인 식재과중 및 천연갱신 유도를 통해 산림을 조성하는 사업.	30년	10년	5년	
산림경영	산림을 지속가능한 방식으로 경영함으로써 산림의 건강성을 유지하고, 왕성한 성장을 유도하여 산림의 탄소흡수량 증대시키는 사업.	100년	10년	5년	

자료 : 산림청, 산림탄소상쇄제도 가이드북(2013)을 토대로 본 연구에서 재작성.

〈표 2-2〉 산림탄소상쇄 사업유형 및 설명(계속)

	정의	최소 사업 기간	탄소 흡수량 모니터링 기간		그림
			거래형	비거래형	
목제품 이용	산림경영을 통해 수확된 원목이나 이를 가공하여 생산된 목제품을 이용하는 사업.	10년	4년	2년	
산림 바이오매스 이용	화석연료를 목재펠릿 등과 같은 산림바이오매스 에너지로 대체함으로써 온실가스 배출량을 줄이는 사업.	5년	2년	1년	
복합형	두 가지 이상의 개별 사업을 연계하여 추진하는 사업.	-	-	-	

자료 : 산림청, 산림탄소상쇄제도 가이드북(2013)을 토대로 본 연구에서 재작성.

산림청은 '사회공헌형 산림탄소상쇄제도 운영표준' 개정(행정예고, 2014.9)을 통해 기존 다섯가지 사업유형에 식생복구 사업과 산지전용 억제 사업을 추가하였다. 즉, 소규모 토지(500㎡ 이상)에 숲을 조성하는 식생복구 활동과 산지전용허가 면적보다 산림이용을 억제하거나 녹지를 조성하는 경우도 탄소상쇄 활동으로 인정된다. 이는 산림탄소상쇄 활동의 인정 범위를 넓혀 참여를 확대하려는 것이다. 또한 연간 흡수량 600tCO₂ 이하의 소규모 사업은 여러 개를 묶어 하나로 인정받을 수 있게 되고, 6만tCO₂ 이하는 '경제적 추가성 평가'¹⁴⁾를 생략하도록 했다

3. 국내 탄소상쇄 표준 제도 현황

1) 한국 자발적 배출 감소(K-VER)¹⁵⁾

K-VER(Korea Voluntary Emission Reduction)은 우리나라 최초의 자발적 온실가스 감축사업 인증제도로 에너지관리공단이 주관하여 2005년부터 시행되었다. 향후 목표관리제에서 조기감축실적으로 인정될 예정이며, 탄소중립 제도에서 상쇄 실적으로 활용이 가능하게 되어있는 등, 타 제도와의 연계를 통해 크레딧 활용도를 높인 것이 특징적이다.

2) 농업 탄소상쇄¹⁶⁾

농업탄소상쇄제도는 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업으로 농림축산식품부에서 2011년부터 시범사업 형태로 운영하고 있다. 2012년 기준 총 5개의 시범사업이 등록되어, 시범사업단계에서 실적을 전량 정부가 구매하고 있으며, 농업분야에 특화된 상쇄제도인 것이 특징적이다.

14) 경제적 추가성 평가 : 사업의 경제성이 낮아 사업을 통한 수익을 기대하기 어렵다는 것을 증명하기 위한 분석

15) 산림청, 국내 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안(2013), 127~128p에서 발췌

16) 산림청, 국내 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안(2013), 129~130p에서 발췌

제3절 해외 산림탄소상쇄 정책

1. 탄소상쇄 사업의 해외 동향

오늘날 탄소상쇄 사업은 규제적 탄소시장보다 자발적 시장에서 더 큰 역할을 하고 있다. 규제적 시장이란 국제적 온실가스 감축제도나 정부의 규제에 의해 만들어진 시장이며, 자발적 시장은 기업이나 정부, 지자체, NGO, 개인들이 책임감과 홍보를 위해 자발적으로 참여하는 시장이다.

<표 2-3>은 규제 및 자발적 시장의 국제 및 국가 지리적 범위에 대해 설명된 표이다.¹⁷⁾ 규제적 시장의 경우 국제적 측면으로는 교토배출권시장이 있으며, 국가적 측면으로는 호주의 뉴사우스웨일즈, 그리고 미국의 RGGI와 WCI가 있다. 자발적 시장의 경우 국제적 측면으로는 CCX, VCS, Carbon Fix가 있고, 국가적 측면으로는 CCAR, PCT가 있다.

<표 2-3> 세계 탄소시장 현황

	지리적 범위	
	국제	국가
규제	- 교토 배출권 시장 (EU-ETS, AAU, CER, ERU)	- 호주 : 뉴사우스웨일즈, 뉴질랜드 배출권 시장(예정), 호주 배출권 시장(예정) - 미국 : RGGI, WCI
자발	- 시카고 기후 거래소(CCX) - VCS - Carbon Fix	- CCAR - PCT

자료 : 산림청, 산림탄소상쇄 제도 시범운영 계획(2010)

17) 산림청, 산림탄소상쇄 제도 시범운영 계획(2010), 29p에서 발췌

1) 산림을 통한 탄소상쇄사업의 변천과정¹⁸⁾

1989년 미국의 전력회사인 AES에 의한 최초의 탄소상쇄 사업이 시행되었다. 2004년 이후 산림탄소상쇄 사업 거래 비중은 감소하였지만 거래량은 꾸준히 증가하였고, 2008년 이후 전체 자발적 탄소시장의 규모가 급증하였다.

2) 각 나라별 탄소상쇄 사업에 대한 선호도 비교¹⁹⁾

산림탄소상쇄 사업에 대한 선호도에 있어서 각 나라별 견해 차이가 존재하는데 유럽에 비해 북미 및 그 외 국가들(호주, 일본 등)에서 선호도가 훨씬 높게 나타났다.

유럽에서는 전통적으로 NGO들이 산림의 탄소상쇄 사업을 거의 지지하지 않고 신재생 에너지 도입과 같은 저탄소 경제 체계를 구축하기 위한 사업을 더 중시하였으며, 최근 유럽 배출권거래제도인 EU-ETS에서도 산림의 탄소상쇄부분이 제외되었다.

북미 및 그 외 국가들(호주 등)은 산림 흡수원이 대기 중 이산화탄소 농도를 비용 효과적으로 조절할 수 있는 수단으로서 기후변화 대응을 위해 적극적으로 활용될 수 있다 생각하며, 버퍼 크레딧이나 보험 등의 메카니즘을 통해 사업의 비영속성을 확보할 수 있으며, 산림 크레딧의 사용을 일정 비율로 제한함으로써 탄소시장에서의 부작용을 방지할 수 있다는 측면에서 산림탄소 상쇄 사업을 긍정적으로 바라본다.

(1) 미국

미국은 기후변화 전략에 있어 산림사업을 중요히 여겨, 시카고 기후거래소(CCX)에 등록된 사업 유형중 산림사업이 차지하는 비율이 2007년도 1%에서 2008년도 22%로 크게 증가하였다.

18) 국립산림과학원, 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012), 15p에서 발췌

19) 국립산림과학원, 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012), 15~17p에서 발췌

(2) 호주

산림 분야를 탄소배출권 거래제의 주요 대상으로 한다.

(3) 일본

최근 자국 내 조림 및 산림경영, 목질 바이오매스 활용 사업에 의한 이산화탄소 흡수량을 자발적 배출감축(J-VER) 크레딧으로 인증하는 제도를 구축한다.

2. 해외 탄소상쇄 표준 제도 현황

산림탄소 상쇄 사업에 있어서 선진적 국가는 유럽연합, 미국, 호주, 일본 등이 있다. 따라서 이 절에서는 유럽연합, 미국, 호주, 일본의 탄소 상쇄 프로그램 선진 사례를 살펴볼 것이다.

1) 영국

(1) 유럽 배출권 거래제(EU-ETS, EU Emissions Trading Scheme)²⁰⁾

EU-ETS(EU Emissions Trading Scheme)는 EU국가 내 산업체들이 EU의 온실가스 감축목표에 근거하여 배출권을 할당받아, 목표 초과/부족량을 거래하는 제도이다. 유럽연합 배출권 거래제는 세계 최초로 시행된 배출권 거래제이자 가장 큰 탄소 거래 시장으로, 타 거래제의 기준이 되고 있다.

(2) 우드랜드 탄소 코드(WCC, Woodland Carbon Code)²¹⁾

WCC(Woodland Carbon Code)는 영국 Forest Commission에서 총괄하여 2011년부터 시행된 제도로, 산림분야에 특화된 상쇄표준 제도이다. 산림분야에 특화되어 거래 가능한 크레딧을 발급하는 제도로, 산림탄소상쇄제도 사회공헌형과 가장 유사한 개념의 제도이며, 거래에 참여하는 브로커의 경우 별도의 자격 제한을 두고 있다.

20) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 133~134p에서 발췌

21) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 120~122p에서 발췌

2) 미국

(1) 기후 변화 대응 준비기구(CAR, Climate Action Reserve)²²⁾

비영리재단인 CCAR의 국가 탄소 상쇄 프로그램 중 하나인 CAR(Climate Action Reserve)은 탄소상쇄 사업으로부터의 온실가스 배출 감축량을 정량화 및 검증하기 위한 고품질의 표준에 기초하여 탄소크레딧을 발행하는 제도로, 2008년부터 시행된 제도이다. 산림, 도시림, 매립지, 축산메탄 사업 분야에 관한 탄소상쇄 프로토콜을 개발해 왔고, 광산 메탄 사업 등의 다른 프로토콜도 개발하고 있다.

(2) 지역 온실가스 감축 이니셔티브(RGGI, Regional Greenhouse Gas Initiative)²³⁾

RGGI(Regional Greenhouse Gas Initiative)는 미국 북동부 10개 주의 전력 생산에서 발생하는 온실가스 배출을 감축하고자 2009년에 설립된 배출권 거래제도이다. 미국 최초로 도입된 의무적 온실가스 배출권 거래제로, 거래 가격에 기준을 마련하고 상쇄실적의 활용가능비율을 조절하는 등 시장조절정책을 적용하고 있는 것이 특징이다.

(3) 캘리포니아 배출권 거래제(CA-ETS, California' s Cap-and-Trade Program)²⁴⁾

CA-ETS(California's Cap-and-Trade Program)는 캘리포니아 지역의 온실가스 감축목표(2020년까지 1990년대 배출량 수준으로의 회복)를 달성하기 위해 2012년부터 시행된 제도이다. 배출권 경매 시 최저가를 설정함으로써 일정 수준 이하의 가격 폭락을 방지하는 등의 시장안정화 정책을 보유하고 있으며, 향후 WCI(Western Climate Initiative)를 통해 북미권의 다른 탄소 시장과 연계할 예정이다.

3) 호주

(1) NSW 배출권 거래제(NSW-CGAS, NSW Greenhouse Gas Reduction Scheme)²⁵⁾

NSW-CGAS(NSW Greenhouse Gas Reduction Scheme)는 Independent Pricing

22) 국립산림과학원, 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012), 28~38p에서 발췌

23) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 134~135p에서 발췌

24) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 135~136p에서 발췌

25) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 138~139p에서 발췌

and Regulatory Tribunal(IPART)에서 총괄하여 2003년부터 2012년까지 시행한 제도이다. 2009년 기준 연 거래량은 3천4백만 tCO₂(6대 온실가스 해당), 거래 금액은 1억1천7백만 달러였으나, 2012년 기준으로 전 호주적 통합 온실가스 관리제도(A-CPM)가 시행됨에 따라 제도가 중지되었다.

(2) 친환경적인 온실가스 감축(Greenhouse Friendly)²⁶⁾

Greenhouse Friendly는 호주 정부가 온실가스 감축을 촉진하기 위한 자발적 탄소상쇄 프로그램이며, 2007년부터 시행된 제도이다. Greenhouse Friendly에서 인증된 온실가스 감축 사업의 크레딧이 상품 및 서비스의 탄소상쇄에 이용되고, 이것이 다시 소비자의 배출 인벤토리에 반영되는 연결 고리를 가진다는 특징이 있다.

(3) 탄소 농업 이니셔티브(CFI, Carbon Farming Initiative)²⁷⁾

CFI(Carbon Farming Initiative)는 DAFF(Department of Agriculture, Fisheries and Forestry: 호주 농림부)가 총괄하여 2011년부터 시행된 제도이다. 농업분야에 특화된 상쇄제도로, A-CPM 및 NCOS-CN에서 상쇄 실적으로 활용 가능하도록 연계되어 있는 것이 특징적이다.

(4) 호주 배출권 거래제(A-CPM, Australian Carbon Pricing Mechanism)²⁸⁾

A-CPM(Australian Carbon Pricing Mechanism)은 호주 정부가 총괄하여 국가 내 의무기업들의 온실가스 배출량에 대해 가격을 매겨 거래하게 하는 제도로 2015년부터 시행될 예정이다. 시장·가격 조절 정책, 배출권 거래 브로커에 대한 자격 제한 조건 설정 등이 특징적이다.

4) 일본

(1) 일본 배출권거래제(J-VETS, Japan Voluntary Emission Trading Scheme)²⁹⁾

J-VETS(Japan Voluntary Emission Trading Scheme)는 일본 환경성(MOEJ)에서 총괄하여 2005년부터 시행되었으며, 일본의 감축목표(2020년까지 2005년 대비 25%

26) 국립산림과학원, 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012), 44~51p에서 발췌

27) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 122~124p에서 발췌

28) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 136~138p에서 발췌

29) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 139~140p에서 발췌

감축)달성을 위한 배출권 거래제도이다. 분석 대상 배출권 거래제 사례 중 유일한 자발적 거래제도로, 제도 참여시 참여 유형을 A, B, C로 선택해 신재생설비 등에 대해 보조금을 받을 수 있으며, 거래 자체는 자율적이나 목표 미달성시 보조금을 지원하지 않는 방식의 제제가 특징적이다.

(2) 일본 지자체 이산화탄소 흡수량 인증제 : 나가노현, 고치현³⁰⁾

나가노현과 고치현은 일본 지자체 이산화탄소흡수량 인증제도 중 선진사례이며, 나가노현은 2009년부터, 고치현은 2007년부터 시행된 제도이다. 나가노현은 산림의 양육 촉진사업의 이산화탄소 흡수평가 인증제도가 특징적이며, 고치현은 협동의 숲 만들기 이산화탄소 흡수인증제도와 배출권거래 지역모델사업이 특징적이다.

(3) 일본 배출감소제(J-VER, Japan Verified Emission Reduction)³¹⁾

J-VER(Japan Verified Emission Reduction)은 일본 환경성이 일본 내 탄소상쇄를 촉진시키는 기반 구축 및 통합을 위한 목적으로 운영하는 자발적인 온실가스 감축 프로그램으로 2008년 시행되어 2013년 종료되었다. 추가성 증명 시 positive-list 개념 적용하는 등 자발적 참여를 유도한 것이 특징적이었으나, 2012년 6월부터 탄소오프셋 인증제도로 편입되었다.

(4) 일본 청정개발체제(J-CDM, Japan Clean Development Mechanism)³²⁾

J-CDM(Japan Clean Development Mechanism)은 일본 경제 산업성에서 대기업을 자금 및 기술지원을 통해 중소기업의 자발적 감축활동을 유도하기 위해 대·중소 상생 협력 프로그램으로 운영하는 제도로, 2008년부터 시행되어 2013년 종료되었다. 자주행동계획의 목표 달성, 배출량 거래제 및 탄소중립 인증제도에서 상쇄 실적으로 활용할 수 있게 하는 등 크레딧의 활용처를 다양하게 유도하는 것이 특징이다.

30) 국립산림과학원, 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012), 52~60p에서 발췌

31) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 124~125p에서 발췌

32) 산림청, 국내 산림 탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용방안 연구(2013), 125~127p에서 발췌

3. 해외의 산림을 이용한 탄소상쇄 제도 비교 및 시사점³³⁾

해외의 산림을 이용한 탄소상쇄 제도는 다음과 같은 3가지 유형으로 구분될 수 있다 : 유형 1. 사회공헌형 프로그램, 유형 2. 자발적 탄소시장에서 거래되는 크레딧을 생성하는 탄소상쇄 프로그램, 유형 3. 국가 및 지역의 자발적 또는 규제적 배출권 거래제도와 연계되어 있거나 연계예정인 탄소상쇄 프로그램

유형 1은 사회공헌형 프로그램으로, 지자체나 민간단체가 주도적으로 지역의 산림재생, 임업 활성화 및 교류 촉진 등을 목적으로 산림을 조성 및 관리하며, 흡수량에 대한 인증서를 발행한다. 고치현, 나가노현 등 일본 지자체 이산화탄소 흡수량 인증제도가 여기에 포함된다.

유형 2는 자발적 탄소시장에서 거래되는 크레딧을 생성하는 탄소상쇄 프로그램으로 조림이나 산림경영, 전용방지, 목제품 등 CDM 사업에는 제한되어 있는 다양한 사업 유형을 대상으로 하며, 이산화탄소 흡수량을 산출하고, 모니터링 및 제 3자 검증을 거쳐 크레딧을 발행한다. VCS, CFS, CCB, Plan Vivo, J-VER, Greenhouse Friendly 등이 여기에 포함된다.

유형 3. 국가 및 지역의 자발적, 또는 규제적 배출권 거래제도와 연계되어 있거나 연계 예정인 탄소상쇄 프로그램으로, 배출량 할당을 받은 주체가 감축 목표를 비용 효과적으로 달성하기 위한 목적으로 크레딧을 구매하게 되므로, 비교적 엄격한 표준이나 프로토콜에 기초하여 고품질의 탄소상쇄 크레딧이 생성된다. CCX, RGGI, CAR 등이 여기에 포함된다.

1) 프로그램의 운영기관

해외의 산림을 이용한 탄소상쇄 프로그램의 운영체계에 있어서 주요 운영 주체는 정부, 지자체, 민간단체, 인증기관 등이 있지만 프로그램마다 관여하는 운영주체는 다르다. 핵심은 인증기관임. 인증기관은 법제도나 지침, 프로토콜 등에 기초하여 투명하고도 객관적으로 프로그램을 운영해야 한다.

33) 산림청, 산림탄소상쇄 제도 시범운영 계획(2010), 130~146p에서 발췌

2) 사업 유형 및 기준

사업 유형의 경우, 유형 1은 식재나 간벌 등의 산림경영을 주 대상으로 하고, 유형 2와 3은 신규조림/재조림, 산림경영, 식생복원, 목제품, 경작지 등의 다양한 사업 유형을 대상으로 한다.

3) 크레딧 유형 및 발행기간

유형1의 경우, 흡수된 이산화탄소량을 종이 인증서의 형태로 발행하고, 유형 2와 3은 등록소를 통하여 고유번호가 부여된 크레딧이 생성, 관리, 거래된다.

4) 추가성

유형 1의 경우, 사업의 추가성에 대한 별도의 분석 절차나 기준은 없다. 이 경우, 이산화탄소 흡수 인증서는 추가적인 이산화탄소 감축보다는 기업의 사회공헌 활동을 수치화한다는 상징적인 의미가 크다. 반면, 유형 2와 3의 경우, 사업 기반 또는 성과 기반형 추가성 분석을 실시하고, 그 수준이나 절차는 프로그램별로 상이하다.

추가성 분석에는 다음과 같이 2가지 방법이 있는데, 가장 실용적인 추가성 평가 방법은 사업기반 접근법과 성과기반 접근법의 요소를 혼합하여 적용하는 것이다.

(1) 사업 기반형 추가성 평가

사업 기반형 추가성 평가는 사업별로 법규, 재정, 장벽, 관행 등의 측면에서 추가성을 평가하는 방법이다. 사업적 기반 추가성 분석은 주관적인 요소가 개입하기 쉽고, 사업자의 비용 등 리스크가 크다. 법규적 추가성 분석과 재정적 추가성 분석으로 구분된다.

(2) 성과 기반형 추가성 평가

성과 기반추가성 평가는 사업별 추가성 평가의 약점을 일부 보완하려는 측면에서 추가성을 평가하는 방법이다. 성과 기반 추가성 분석은 추가적인 사업의 성과 표준을 설정하기 위해서는 오랜 시간과 비용이 소요되고, 특정 산업 부문에는 적합하지 못한 등의 단점이 있다. 사업목록법과 성과표준방법으로 구분된다.

5) 이산화탄소 흡수량

(1) 탄소풀

유형 1은 지상부 및 지하부에 생존하는 목질 바이오매스만을 대상으로 하는 반면, 유형 2와 3은 다양한 탄소풀을 선택적으로 고려한다.

(2) 베이스라인

유형마다 다른 부분이 아니며 유형에 속한 각 요소마다 다르다. 베이스라인을 산정하는 방법은 사업 시작시의 사업 경계 내 탄소 축적량을 베이스 라인으로 하거나, 시작하기 전 1년 동안의 평균 탄소축적량을 베이스라인으로 하거나, 시나리오를 예측하여 베이스라인으로 하는 등 크게 3가지 방법이 있다.

(3) 순흡수량

유형 1은 사업으로 인한 추가적인 배출량이나 사업 경계 밖의 누출을 고려하지 않는 반면, 유형 2와 3은 대부분 반영한다.

6) 비영속성 관리

비영속성 문제는 산림을 이용한 탄소상쇄 사업의 가장 큰 특성이자 단점이다. 이는 유럽 배출권거래제도(EU-ETS)에서 산림 사업을 제외시킴으로써 유럽의 탄소상쇄 사업에 방해가 되었지만, 미국이나 호주 등의 산림탄소상쇄 프로그램과 자발적 탄소시장에서는 다양한 수단을 활용하여 비영속성에 대응함으로써 산림 크레딧의 영속성을 보장하려는 노력을 보이고 있다.

유형 1의 경우 시장에서 거래하지 않는 사회공헌활동을 이산화탄소 흡수량의 측면에서 홍보하는 것이 주목적이므로 비영속성에 대응에 대한 언급이 없다. 유형 2의 경우 사업 설계 시 사업의 리스크를 평가하고 완화하기 위한 방안을 수립하고, 실제로 리스크 발생 시 버퍼 크레딧으로 보상하는 대응책을 두고 있다. 유형 3의 경우 보다 엄격하고도 실질적인 산림 보전 장치를 두고 있다.

7) 지속가능성 편익

유형 1은 사회적, 환경적 편익에 대한 특별한 요구사항이 없다. 유형 2는 표준의 방향성과 가치 등의 특성에 따라 환경적, 사회적 편익에 대한 요구사항의 수준이 다르다. 유형 3은 사업지역의 관련 법규를 준수하고, 필요한 경우 환경영향평가를 수행하도록 하고 추가적인 환경적, 사회적 요구사항은 없다.

8) 모니터링 및 검증

유형 1의 경우, 제 3의 독립적인 검증기관에 의해 수행되는 검증 절차는 없다. 유형 2와 3의 경우, 독립적인 검증기관에 의한 제 3의 검증절차를 거친다.

<표 2-4>는 해외의 산림을 이용한 탄소상쇄 프로그램의 종합 비교가 되어있는 표이다. 해외 산림탄소상쇄 프로그램은 유형1, 2, 3으로 분류될 수 있으며, 각 유형마다 목적이 다르다. 또한, 유형 1은 사회공헌형 산림탄소상쇄이기 때문에 시장 거래가 불가하며, 유형 2와 3은 감축실적(크레딧형) 산림탄소상쇄이기 때문에 시장 거래가 가능한 특징을 보인다.

〈표 2-4〉 해외 산림탄소상쇄 프로그램의 종합 비교

	유형 1		유형 2					유형 3			
	나가노현	고치현	VCS	CFS	CCBS	Plan Vivo	J-VER	Greenhouse Friendly	CCX	RGGI	CAR
목적	사회공헌, CSIR 수치화		자발적 탄소상쇄, CSR, 탄소시장 참여 등					규제 목표(cap and trade)의 달성			
운영조직	지자체 (CO ₂ 평가 인증 위원회)	지자체 (CO ₂ 전문 위원회)	VCS 협회	CPS 협회	CCB 연합	플랜비보 재단	기후변동 대책 인증센터 (인증 위원회)	Snowy Mountain Engineering Comp.	CCX 이사회	주정부	CAR 이사회
사업위치	나가노현	고치현	제한 없음	제한 없음	제한 없음	제한 없음	일본	호주	유럽 제외	RGGI 110개주 및 MOU 체결 주	미국
크레딧 형태(발행기간)	흡수 인증서		사후 (20~100년)	사전 (30년~)	사전 /사후 (5~15년)	사전 /사후 (5~15년)	사후 (5년)	사후 (5년)	사후 (8년)	사후 (~60년)	사후 (100년)
거래방식	시장거래 불가		시장 거래형(등록소)								

자료 : 국립산림과학원 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준(2012)을 토대로 본 연구에서 제작됨

제 3 장

사회공헌형 산림탄소상쇄제도 현황

.....
제1절 사회공헌형 산림탄소상쇄제도

제2절 국내 사업 사례 현황

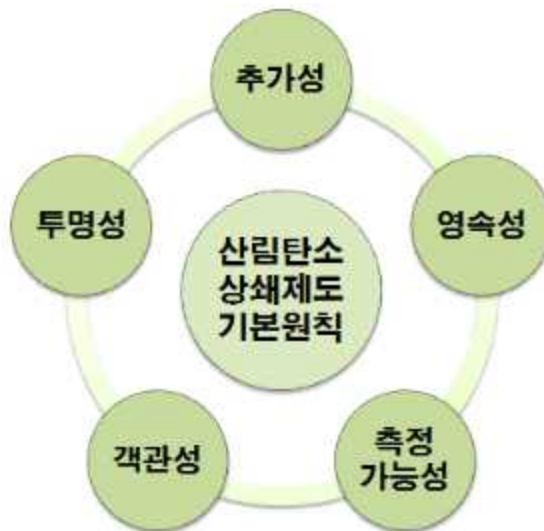
제3절 국내 사업 운영 결과 분석
.....

제3장 사회공헌형 산림탄소상쇄제도 현황

제1절 사회공헌형 산림탄소상쇄제도

1. 산림탄소상쇄 제도 추진단계

산림탄소상쇄 제도는 다음 그림과 같은 기본 원칙 5가지를 기반으로 하여 기후 변화 대응 및 지속가능한 산림경영을 활성화하는 비전을 가지고 있다(그림 3-1). 추가성이란 상쇄사업을 통해 추가적으로 온실가스를 흡수하는 것이다. 영속성이란 인증기간 동안 지속적으로 온실가스 감축을 하는 것이다. 측정가능성이란 과학적인 탄소 흡수량 계정을 통한 측정을 하는 것이다. 객관성이란 제3자 검증 및 인증을 통해 신뢰성과 품질을 확보하는 것이다. 투명성이란 각종 정보를 공개하여 투명하게 관리하는 것이다.³⁴⁾

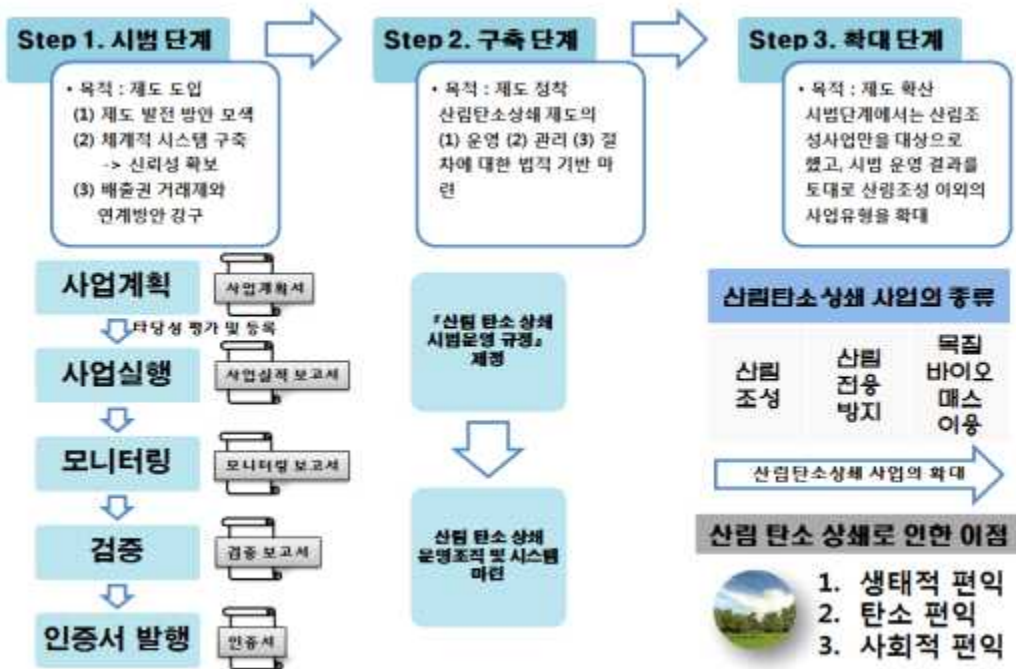


[그림 3-1] 산림탄소상쇄 제도 기본 원칙

34) 산림청, 산림탄소상쇄제도 시범운영 계획(2010), 11p에서 발췌

산림탄소상쇄 제도는 저탄소 녹색성장 기본법 제55조 제3항을 근거로 산림을 통한 탄소흡수원 확충으로 온실가스 감축에 기여하고자 하는 목적을 가진다. 2010년 하반기 전(배출권거래제법 제정 전)까지의 시범단계를 거쳐 구축단계, 확대단계로 추진된다.³⁵⁾

[그림 3-2]는 국내 산림탄소 상쇄제도의 전체적인 추진 단계를 표현한 그림이다. 각 단계별로 시행하는 목적이 다르며, 추진되는 절차도 다르다. 시범 단계는 사업 계획, 사업실행, 모니터링 및 검증, 인증서 발행 순서로 진행된다. 그 과정 중, 여러 종류의 계획서와 보고서가 작성되어야 인증서가 발급된다. 구축 단계에서는 제정된 규정을 통해 운영조직 및 시스템을 마련한다. 확대 단계에서는 시범 단계의 산림 조성 시행 결과를 바탕으로 산림탄소상쇄 사업의 종류를 산림전용방지, 목질 바이오매스 이용 등으로 확대해 나간다.



[그림 3-2] 국내 산림탄소상쇄제도 추진 단계

35) 산림청, 산림탄소상쇄제도 시범운영 계획(2010), 12~18p에서 발췌

1) 시범 단계³⁶⁾

(1) 목적

시범단계는 제도를 도입하기 위해 제도 발전 방안을 모색하고, 체계적 시스템을 갖추으로써 신뢰성을 확보하며 배출권 거래제와 연계방안을 강구한다.

(2) 절차

추진 절차는 사업계획, 타당성 평가 및 등록, 사업 실행 및 모니터링, 검증 및 인증서 발행 순서로 이루어진다.

① 사업계획 단계

사업계획 단계에서 사업자는 사업 실행 및 모니터링 방법, 흡수량 계산 등의 내용을 포함한 사업계획서를 작성하여 센터에 등록 신청을 한다.

② 사업타당성 평가 및 등록 단계

사업타당성 평가 및 등록 단계에서 센터는 사업자가 신청한 산림탄소상쇄사업의 타당성 평가를 검증기관에 요청하고, 검증기관의 타당성 평가 결과에 따라 사업을 등록한다.

③ 사업실행 및 모니터링 단계

사업실행 및 모니터링 단계에서 사업자는 등록증이 발급된 후 사업계획서에 따라 사업을 실행하고 주기적으로 모니터링 보고서를 센터에 제출한다.

④ 사업검증 및 인증서 발급 단계

사업검증 및 인증서 발급 단계에서 센터는 사업실적 및 모니터링 보고서의 검증을 시범검증기관에 요청하고, 인증위원회 심의 후 산림탄소상쇄인증서 및 크레딧을 발급한다.

36) 산림청, 산림탄소상쇄제도 시범운영 계획(2010), 12~18p에서 발췌

2) 구축 단계³⁷⁾

(1) 목적

구축단계는 제도를 정착하기 위해 산림탄소상쇄 제도의 운영, 관리, 절차에 대한 법적 기반을 마련한다.

(2) 절차

추진 절차는 『산림탄소상쇄 시범운영 규정』을 제정한 후 산림탄소상쇄 운영조직 및 시스템을 마련하는 순서로 이루어진다.

① 포럼 구성·운영 및 교육훈련

제도의 조기정착을 위하여 전문가 포럼 구성·운영 및 교육훈련을 강화한다.

② 홍보물 제작·배포

제도 확산과 국민 인식 제고를 위해 CI 개발, 리플렛 등 홍보물을 제작·배포한다.

③ 인센티브 강화

제도의 활성화 및 법인·지자체 참여 유도를 위해 인센티브를 강화한다.

3) 확대 단계³⁸⁾

(1) 목적

확대단계는 제도를 확산하기 위해 산림조성사업만을 대상으로 한 시범운영 결과를 토대로 산림조성 이외의 사업유형으로 확대한다.

(2) 절차

산림탄소상쇄 사업의 종류를 산림조성에서 산림전용방지, 더 나아가 목질 바이오매스 이용으로 확대해 나감으로써 산림탄소상쇄로 인한 생태적 편익, 탄소 편익, 그리고 사회적 편익이 나타날 수 있다.

37) 산림청, 산림탄소상쇄제도 시범운영 계획(2010), 12~18p에서 발췌

38) 산림청, 산림탄소상쇄제도 시범운영 계획(2010), 6p에서 발췌

2. 산림탄소상쇄제도에 관한 법률

1) 산림탄소상쇄 시범운영 규정과 관련된 법률³⁹⁾

(1) 총칙

이 규정은 산림청 훈령 제 1047호로써 2010년 4월 22일 발령되었으며 산림의 탄소흡수원 확충을 위해 시행하는 산림탄소상쇄 제도 시범운영에 관한 사항을 정하는 것을 목적으로 한다. 산림탄소상쇄제도 시범운영에 관하여 관계법령에서 정하는 사항을 제외하고는 이 규정에 의한다.

(2) 사업 등록과 관련된 법률

○ 산림탄소상쇄 사업의 정의

산림탄소상쇄사업은 2005년 12월 31일 당시부터 사업 시작 전까지 성숙시의 잠재적 최소수고가 5m에 도달하는 수목의 수관울폐도가 10%이하인 토지에 수목을 식재하여 추가적으로 이산화탄소를 흡수·저장하는 사업이다.

○ 산림탄소상쇄 사업의 등록 과정

- 산림탄소상쇄사업을 하고자 하는 자는 사업계획서를 포함한 사업신청서를 작성하여 센터장에게 제출하여야 한다. 사업계획서에는 대상지 위치 및 현황, 대상지 도면, 사업기간 등의 사업개요, 산림조성계획 및 산림관리계획, 모니터링 계획, 이산화탄소 예상흡수량 및 영속성 확보방안, 사업추진으로 인한 환경적·사회적·경제적 영향 그리고 기타 사업추진을 위해 요구되는 사항이 포함된다.
- 사업자는 산림조성 후 사업기간 동안 산림을 보전하겠다는 산림보전서약서를 작성하여 제출하여야 한다. 단, 사업자와 토지소유자가 다를 경우에는 토지소유자와의 계약서에 사업기간 동안 산림을 보전한다는 내용을 명시하고, 이를 산림보전서약서로 대신할 수 있다.

39) 산림청, 산림탄소상쇄제도 시범운영 규정[훈령](2010).

- 센터장은 사업자가 제출한 사업신청서를 접수한 후, 시범검증기관에 타당성 평가를 요청하여야 한다.
- 시범검증기관은 사업타당성 평가보고서를 작성하여 센터장에게 제출하여야 한다.
- 센터장은 사업타당성 평가보고서를 검토 후 등록, 보완하여 등록 또는 반려 등으로 구분하여 사업자에게 신청일로부터 30일 이내에 알려야 한다.
- 보완요청을 받은 사업자는 10일 이내에 보완한 사업신청서를 센터장에게 재 제출하여야 한다.

(3) 사업 실행 및 모니터링과 관련된 법률

○ 산림탄소 센터장에게 제출할 서류

- 사업자는 사업실행 후 사업실적 보고서를 작성하여 센터장에게 제출하여야 한다.
- 사업 등록 시 승인된 모니터링 계획과 원칙에 따라, 사업 착수 후 2년, 5년, 이후 5년마다 사업추진상황, 이산화탄소 흡수·배출량 등에 대한 모니터링을 실시하고, 모니터링 보고서를 작성하여 센터장에게 제출하여야 한다.

○ 산림탄소 센터장에게 통보할 내용

- 사업자는 사업의 운영책임자 및 소유권자가 변경된 경우 14일 이내에 센터장에게 통보하여야 한다.
- 사업규모의 확대 또는 축소 등에 의해 이산화탄소 흡수·배출량이 변경되는 경우에도 변경내용을 센터장에게 통보하여야 한다.

(4) 사업 검증 및 인증서 발급과 관련된 법률

○ 사업실적 보고서 및 모니터링 보고서 검증

사업실적 보고서 및 모니터링 보고서의 검증을 검증기관에 요청하여야 한다.

○ 이산화탄소 흡수량 인증심의

이산화탄소 흡수량 인증심의를 인증위원회에 요청한다.

2) 산림탄소흡수원 유지 및 증진과 관련된 법률⁴⁰⁾

(1) 총칙

이 규정은 저탄소 녹색성장 기본법 제 55조에 따라 산림의 탄소흡수 기능을 유지하고 증진시킴으로써 기후변화에 대응하고 저탄소 사회 구현에 이바지함을 목적으로 한다. 탄소흡수원의 유지 및 증진과 관련하여 다른 법규에 우선하며 그 기본이 된다.

(2) 탄소흡수원 증진 종합 계획과 관련된 법률

○ 탄소흡수원 증진 종합계획의 수립

산림청장은 이 법의 목적을 효율적으로 달성하기 위하여 탄소흡수원의 유지 및 증진에 관한 정책목표와 기본방향을 정하는 탄소흡수원 증진 종합계획을 5년마다 수립·시행하여야 한다.

○ 탄소흡수원 증진 종합계획에 포함되어야 하는 사항

- 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 목표와 기본방향
- 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 국내외 여건 및 전망에 관한 사항
- 탄소흡수원 유지 및 증진 기술의 개발·보급에 관한 사항
- 탄소흡수원 유지 및 증진을 위한 국제협력 및 해외시장 진출에 관한 사항
- 산림부문 온실가스 정보 및 통계 구축에 관한 사항
- 산림탄소등록부의 구축과 운영에 관한 사항
- 산림탄소등록부의 구축과 운영에 관한 사항
- 그 밖에 연구개발, 전문 인력 양성, 재원조달, 교육·홍보 등 효과적인 탄소흡수원 유지 및 증진을 위하여 필요한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

40) 산림청, 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률(2013).

○ 탄소흡수원 증진위원회의 역할

- 종합계획의 수립 및 변경한다.
- 제17조에 따른 국외 산지전용 억제 등의 시책 수립·지원, 제27조에 따른 산림 탄소상쇄 운영 등에 관한 표준의 제정 및 운용을 실시한다.
- 제28조에 따른 산림탄소흡수량 측정·보고·검증 결과, 그 밖에 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 사항 중 대통령령으로 정하는 사항 심의한다.

○ 산림청장의 역할

산림청장은 탄소흡수원 유지 및 증진 활동을 원활하게 추진하고 국제적으로 인정받기 위하여 『기후변화에 관한 국제연합 기본협약』 및 관련 국제규범에 적합하도록 탄소흡수원 정보 및 통계를 작성하여야 한다.

(3) 탄소흡수원 증진 활동과 관련된 법률

○ 탄소흡수원 확충을 위한 신규조림·재조림·식생복구 및 산림경영 실시

- 대통령령으로 정하는 보호지역의 탄소흡수원을 유지하고 증진하기 위하여 그 지정목적 달성에 지장이 없는 범위에서 관리 및 기술지원을 할 수 있다.
- 산불, 산사태, 병충해, 이상기후로 인한 재해로부터 탄소흡수원을 보호하기 위하여 내화수림대 및 해안 방재림 조성 등 필요한 시책을 수립하고 추진하여 하며, 재해 방지를 위해 신규조림·재조림·식생복구를 하는 경우 지구온난화에 대비한 지역별 육성수종을 고려하여 선정하고 시업하여야 한다.

○ 탄소 저장 목제품 및 산림 바이오매스 에너지의 이용증진

- 목제품에 저장된 탄소를 유지하고 증진할 수 있도록 목제품의 이용증진 시책을 수립하고 실시한다. 또한 목제품에 저장된 탄소의 흐름을 파악하기 위하여 목제품 생산 전 과정에 관한 유통 및 이용 실태를 조사한다.
- 산림청장은 『한국표준산업분류』에 따른 목재·제지 관련 제조업부문의 에너지 효율화 대책을 수립하고 시행하여야 한다.

- 산림 바이오매스 에너지 원료의 안정적인 공급을 위하여 산림바이오매스를 공급하는 산림을 지속적으로 조성하여야 한다. 또한 산림바이오매스 에너지 활용을 통하여 저감된 온실가스 배출량은 상쇄실적으로 사용할 수 있으며 산림탄소상쇄를 목적으로 하는 산림바이오매스 에너지 활용 촉진 활동은 운영 표준을 적용한다.

○ **산지 전용 억제 및 산림 황폐화 방지**

- 산지전용 및 산림황폐화로 인한 온실가스 배출을 저감하기 위하여 산지전용 억제 및 산림황폐화 방지 대책을 수립하고 시행하여야 한다. 이를 위해 산지 소유자의 요청에 따라 보호지역으로 지정된 이후 추가적으로 감축된 온실가스 배출량은 상쇄실적으로 사용가능하다.
- 산림청장은 산지전용 억제 등에 관한 연구를 수행하거나 민간의 연구를 지원할 수 있다.
- 제9조, 제10조, 제13조 및 제15조부터 제17조까지의 개별 탄소흡수원 유지 및 증진 활동을 결합한 복합형 탄소흡수원 유지 및 증진 활동에 따른 산림탄소 흡수량을 상쇄실적으로 사용가능하다.

(4) 탄소흡수원 증진 기반 조성과 관련된 법률

○ 탄소흡수원 증진을 위한 산림청장의 역할

- 지방자치단체 및 공공기관과 민간을 대상으로 탄소흡수원 유지 및 증진 실적에 대한 탄소흡수원 지수를 측정하여 개인정보, 기업경영상 비밀 등의 법률에 위배되지 아니하는 범위에서 그 결과를 공표할 수 있다.
- 기후변화대응 수준이 우수하다고 인정되는 결과를 가진 지방자치단체 및 공공기관에 포상을 실시할 수 있다.
- 산림부문의 온실가스 흡수량·배출량 및 이의 산정에 사용된 흡수·배출계수, 산림탄소흡수량 관련 각종 정보 및 통계를 측정·보고·검증할 수 있는 체계를 구축하여야 한다.

- 탄소흡수원 유지·증진, 탄소흡수원 평가 및 기후변화 적응을 위한 연구개발을 수행하거나 공공기관·연구소·대학 등에 연구개발을 위탁할 수 있다.
- 탄소흡수원 유지 및 증진에 필요한 전문 인력을 양성하기 위하여 대학원과 고등학교를 각각 탄소흡수원 특성화 대학원 또는 탄소흡수원 특성화 고등학교로 지정할 수 있다.
- 탄소흡수원의 지속적인 유지 및 증진에 필요한 국내 인력 양성 및 해외 협력과 국내외 전문가 육성을 위한 교육훈련을 실시하여야 하며, 탄소흡수원 유지 및 증진 활동에 대하여 인센티브 등 행정적·재정적 지원을 할 수 있다.
- 산림탄소흡수량 시장 및 관련 산업의 육성하기 위한 사항을 시행할 수 있으며 대통령령으로 정하는 탄소 관련 국제기구 및 관련 기구와 지속적인 협력 관계를 유지하고 관련 정책교류 및 연구 등을 수행하여야 한다.

○ **산림탄소상쇄 운영 등에 관한 표준**

- 제9조에 따른 신규조림 등에 관한 사항
- 제10조에 따른 보호지역의 탄소흡수원 관리에 관한 사항
- 제12조에 따른 목제품이용증진 활동에 관한 사항
- 제15조에 따른 산림바이오매스 에너지 활용 촉진 활동에 관한 사항
- 제20조에 따른 산림탄소흡수량 모니터링 및 검증에 관한 사항
- 제21조에 따른 산림탄소흡수량 인증에 관한 사항
- 그 밖에 산림탄소상쇄 운영을 위하여 대통령령으로 정하는 사항

3. 산림탄소상쇄 운영표준⁴¹⁾

1) 개요

○ 산림탄소상쇄 운영 표준의 목적

본 운영표준은 『탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률』 제27조 및 같은 법 시행령 제24조에 따라 사회공헌형 산림탄소상쇄사업의 구체적인 내용 등을 정하는 것을 목적으로 한다.

○ 각 기관별 역할

- 산림청에서는 산림탄소상쇄제도 운영 및 총괄·조정, 산림탄소상쇄제도 활성화에 관한 사항, 등록부의 구축 등에 관한 사항을 담당한다.
- 산림탄소센터에서는 산림탄소상쇄제도의 실무를 담당하는 기구로서 산림탄소상쇄사업 계획서 검토 및 타당성 평가를 통한 사업 계획 등록, 검증기관의 지정·운영, 검증기관의 검증 결과에 대한 검토, 한국임업진흥원이 인증한 산림탄소흡수량의 인증서 발급, 등록부의 운영 및 관리에 관한 사항, 기타 산림청장이 지원을 요청한 사항 등을 담당한다.
- 검증기관은 시행령 제18조 제1항에 따른 기관 중 산림탄소센터장이 지정한 기관으로 센터장이 요청하는 사업 모니터링 결과보고서를 검토하여 검증 보고서를 작성하는 업무를 수행한다.
- 한국 임업진흥원은 법 제21조 제3항에 따라 산림청장으로부터 위탁받은 인증 업무를 수행한다.

41) 산림청, 사회공헌형 산림탄소상쇄 운영표준(2013).

2) 산림탄소상쇄 사업 유형

(1) 산림 조성

① 사업 개요

법 제9조에 따른 신규조림/재조림 사업을 말하며 산림이 아닌 지역에 인위적인 식재 파종 및 천연갱신 유도를 통해 산림을 조성하는 사업이다.

② 대상지 요건

■ 거래형: (신규조림) 최소 과거 50년 동안 산림이 아니었던 토지

(재조림) 본래 산림이었으나 1989년 12월 31일 이전에 다른 용도로 전용되어 현재까지 산림이 아닌 토지

■ 비거래형: 사업신청 당시 산림이 아닌 토지

③ 이산화탄소 흡수량 산정

신규조림/재조림 사업에서는 사업기간 동안의 줄기, 가지, 잎 등의 지상부 산림 바이오매스와 뿌리 등의 지하부 산림바이오매스의 탄소흡수량을 구하고, 여기에서 베이스라인 흡수량과 이차적 배출량(사업 활동에 따른 배출량 및 누출량)을 제외하여 이산화탄소 순흡수량을 구한다. 고사유기물 및 산림토양의 탄소저장 변화량은 선택사항으로 사업자가 원하는 경우 포함할 수 있다.

$$C_t = \left(\sum_i (B_i + S_i - R_i) \times 44/12 \right) - E - L$$

C_t : t 기간 동안의 이산화탄소 흡수량(tCO_2)

B_i : t 기간 동안 구획 i의 산림바이오매스의 탄소흡수량(tC)

S_i : t 기간 동안 구획 i의 고사유기물 및 산림토양의 탄소저장변화량(tC)

R_i : t 기간 동안의 구획 i의 베이스라인 흡수량(tC)

E : t 기간 동안의 사업 활동에 따른 배출량(tCO_2)

L : t 기간 동안의 누출량(tCO_2)

(2) 산림경영

① 사업개요

법 제9조에 따른 산림경영 사업을 말하며 산림을 지속가능한 방식으로 경영함으로써 산림의 건강성을 유지하고, 왕성한 성장을 유도하여 산림의 탄소흡수량을 증대시키는 사업이다.

② 대상지요건

- 거래형: 산림인증을 획득한 사람이나 산림경영계획이 작성되어 있는 산림
- 비거래형: 사업신청 당시 산림경영이 가능한 지역

③ 이산화탄소 흡수량 산정

산림경영 사업에서는 사업기간 동안 줄기, 가지, 잎 등의 지상부 산림바이오매스와 뿌리 등의 지하부 산림바이오매스의 평균 이산화탄소 흡수량을 구하고, 여기에서 베이스라인 흡수량과 이차적 배출량(사업 활동에 따른 배출량 및 누출량)을 제외하여 이산화탄소 순흡수량을 구한다. 고사유기물 및 산림토양의 탄소저장의 변화량은 선택사항으로 사업자가 원하는 경우 포함할 수 있다.

$$C_t = \frac{t}{T} \left(\sum_i (B_i + S_i - R_i) \times 44/12 \right) - E - L$$

C_t : t 기간 동안의 이산화탄소 흡수량(tCO₂)

T : 전체 사업기간

B_i : 전체 사업기간 동안 구획 i의 산림바이오매스의 탄소흡수량(tC)

S_i : 전체 사업기간 동안 구획 i의 고사유기물 및 산림토양의 탄소저장변화량(tC)

R_i : 전체 사업기간 동안의 구획 i의 베이스라인 흡수량(tC)

E : t 기간 동안의 사업 활동에 따른 배출량(tCO₂)

L : t 기간 동안의 누출량(tCO₂)

(3) 목제품이용

① 사업개요

법 제13조에 따른 목제품이용 사업을 말하며 숲 가꾸기와 간벌 및 주벌 등의 산림경영 활동을 통해 수확된 원목이나 이를 가공하여 생산된 목제품을 이용하는 사업이다.

② 대상지요건

모두 국내 산림으로부터 합법적인 절차에 의해서 수확된 목재를 이용하여 만든 목제품을 구입 또는 이용한다.

③ 이산화탄소 흡수량 산정

목제품은 탄소저장고로서 이산화탄소 흡수기능은 없으나, 목제품 내에 장기간(100년) 동안 저장되는 평균 탄소량을 이산화탄소량으로 환산하여 흡수량을 산정한다.

$$C_t = -\frac{t}{T} \left(\sum_i H_i \times 44/12 \right) - L$$

C_t : t 기간 동안의 이산화탄소 흡수량(tCO_2)

T : 100년

H_i : 100년 동안의 목제품 유형 i의 평균 탄소저장량(tC)

L : t 기간 동안의 누출량(tCO_2)

(4) 산림바이오매스

① 사업개요

법 제15조에 따른 산림바이오매스 사업을 말하며 기존에 사용하던 화석연료의 일부 혹은 전부를 산림바이오매스 에너지(목재펠릿, 목재칩 등)로 대체함으로써 온실가스 배출량을 줄이는 사업이다.

② 대상지요건

국내산 산림바이오매스 에너지를 사용하여 온실가스 배출량을 저감한다. 국내 목재자원 이용 활성화를 위해 국내산으로 사업 요건을 한정하였다.

③ 이산화탄소 흡수량 산정

기존의 화석연료를 이용할 경우의 배출량에서 목재펠릿, 목재 칩 등 산림바이오매스 에너지를 이용하였을 경우의 배출량과 보조연료 사용 등 사업 활동에 따른 배출량 누출량을 제외하여 이산화탄소 감축량을 산정한다.

$$C_t = \sum_i (R_i - A_i) - L$$

C_t : t 기간 동안의 이산화탄소 감축량(tCO₂)

R_i : t 기간 동안의 구획 i의 베이스라인(기존 화석연료) 배출량(tCO₂)

A_i : t 기간 동안 구획 i의 사업 활동에 따른 배출량(tCO₂)

L : t 기간 동안의 누출량(tCO₂)

(5) 복합형

① 사업개요

법 제18조에 따른 복합형 사업을 말하며 신규조림/재조림, 산림경영 등으로 발생한 임목 부산물을 이용하여 산림바이오매스 에너지로 활용하는 사업 또는 신규조림/재조림, 산림경영 등으로 수확한 임목을 이용하여 생산한 목제품을 활용하는 사업이다.

② 이산화탄소 흡수량 산정

복합형 사업에서는 각 단위사업별로 이산화탄소 순 흡수량을 산정하고 그 결과를 종합하여 전체 사업에 따른 이산화탄소 순 흡수량을 산정한다. 산림경영과 함께 목제품 이용 또는 산림바이오매스 이용 사업을 복합형 사업으로 추진할 경우 사업 경계가 달라질 수 있으므로, 사업경계를 고려하여 이산화탄소 순 흡수량을 산정한다.

3) 산림탄소상쇄 참여 유형

(1) 거래형

산림탄소상쇄사업을 통해 획득한 산림탄소흡수량을 등록부에 등록함으로써 자발적인 산림탄소 시장 등을 통해 거래할 수 있는 참여유형이다.

(2) 비거래형

산림탄소상쇄사업을 통해 획득한 산림탄소흡수량을 거래하지 않고, 기업 홍보 등 거래 이외의 목적으로만 사용하기 위해 사업에 참여하는 유형으로, 사업계획서 및 모니터링 결과보고서 작성 등에 있어서 완화된 요건을 적용하며 검증절차는 생략한다.

제2절 국내 사업 사례 현황

<표 3-1>은 국내 산림탄소상쇄 사업 현황을 나타낸 표이다. (주)신세계, 한국공항공사, 한국예탁결제원, 그리고 자연환경 국민신탁은 시범사업의 형태로 참여했고, 이들 4개의 사업 모두 사업 유형은 산림조성이다. 시범사업인 (주)신세계와 한국공항공사의 사업은 2011년부터, 자연환경 국민신탁과 한국예탁결제원의 사업은 2012년부터 시작되었다. 시범사업의 총면적은 22ha이며, 총 연간 순 이산화탄소 흡수량은 146.96 tCO₂이다.

본 사업은 2013년 강원도 춘천의 도유림 등록을 시작으로 서울시 및 (주)이브자리와 대구 테크노폴리스, 정천 생태 숲 조성 등 20건의 사업이 등록되었다(표 3-1). 본사업인 서울시 및 (주)이브자리의 사업 면적은 0.54ha, 연간 순 이산화탄소 흡수량은 4.5 tCO₂, 대구 테크노폴리스의 사업 면적은 0.85ha, 연간 순 이산화탄소 흡수량은 26.78 tCO₂, 정천 생태 숲 조성 면적은 1.19ha, 연간 순 이산화탄소 흡수량은 14.06 tCO₂이다.

산림경영 사업은 2014년에 (주)이브자리가 경기도 양평에 최초로 사업을 등록하였으며, 목제품 이용 사업은 강원도 화천군이 2014년에 비거래형으로 최초로 등록하였다.

〈표 3-1〉 국내 산림탄소상쇄 사업 현황

비고	사업자	사업 유형	참여 유형	사업기간	사업지	면적 (ha)	연 흡수량 (tCO ₂ /yr)	추진 현황
시범사업	(주)신세계	산림 조성	-	2011.04 ~ 2041.03	경기도 연천	10.0	66.2	등록 (2011)
	한국항공공사	산림 조성	-	2011.03 ~ 2041.02	경기도 화성	6.8	55.0	등록 (2011)
	한국예탁결제원	재조림	거래	2012.05 ~ 2021.12	강원도 평창	2.5	16.8	등록 (2012)
	자연환경 국민신탁	재조림	비거래	2012.04 ~ 2022.03	경북 구미	2.7	8.9	등록 (2012)
본사업	강원도 춘천 도유림	재조림	거래	-	강원도 춘천	4.5	56.0	등록 (2013)
	한국예탁결제원	재조림	거래	-	-	-	-	등록 (2014)
	한국항공공사	재조림	비거래	-	-	-	-	등록 (2014)
	(주) 이브자리	산림 경영	비거래	2014.04 ~ 2048.12	경기도 양평군	9.47	80.0	등록 (2014)
	서울시 및 (주) 이브자리	재조림	비거래	2014.04 ~ 2044.03	서울시 강동구	0.54	4.5	등록 (2014)
	정천 생태숲 조성	신규 조림	거래	2014.04 ~ 2064.03	전북 진안	1.19	14.1	등록 (2014)
	대구 테크노폴리스	재조림	거래	2014.05 ~ 2064.04	대구시 달성군	0.85	26.8	등록 (2014)
	예금보험공사	재조림	비거래	-	-	-	-	등록 (2014)
	강원도 화천군	목제품 이용	비거래	-	-	-	-	등록 (2014)
	전라북도 진안군(주천면)	신규 조림	거래	-	-	-	-	등록 (2014)
	이후 10건의 사업 추진	신규/재조림	비거래	-	강원도 등	-	-	등록 (2014)

자료 : 산림탄소센터(<http://carbon.kgpa.or.kr/>), 산림탄소상쇄제도 사업 현황(2014)을 토대로 본 연구에서 재작성(2014년 9월 기준)

1. (주)신세계⁴²⁾

1) 개요

○ 사업 대상지 및 토지소유자

사업대상지는 경기도 연천군 중면 적거리 산17번지에 위치하고 있으며 토지소유자는 서울국유림관리소이다.

○ 시범 지역 면적

서울국유림관리소와 협의 후 전체 40ha 중 시범지역으로 선정된 면적은 10ha(100,000m²)이다.

○ 예상 순 흡수량 및 연간 흡수량

예상 순 흡수량은 1,988.36 tCO₂며 연간 이산화탄소 흡수량은 66.28 tCO₂로 예상된다.

○ 사업 기간

사업 기간은 2011년 04월 01일 부터 2041년 03월 30일이다.

○ 지역에 대한 설명

민통선 지역으로 출입 시 군부대의 허가를 받아야 한다. 방향은 동남향, 경사도는 경(15~20°), 해발고 80~180m이다. 과거 화전 농업지로 불법 개간되어 사용되어 토양이 척박한 상태이다. 민통선 내에 위치하여 오랫동안 관리의 사각지대로 방치되어왔다.

2) 산림조성 및 관리계획

○ 조림면적에 식재된 나무의 종류 및 양

전체 조림면적 10ha 중에서 남향 3ha는 소나무 대묘(4년생)를, 북향 7ha는 자작나무 소묘(1년생)를 식재했다. ha당 식재본수는 소나무 1,500본, 자작나무 3,000본으로 전체 식재본수는 소나무 4,500본, 자작나무 21,000본이다.

42) 산림탄소센터, 내부자료-(주)신세계 사업계획서(2011).

○ 매뉴얼 현황 및 대상지에 따른 산림관리계획

■ 풀베기

자작나무는 초기 3년간 매년 2회씩 총 6회 풀베기를 실시하며 소나무는 초기 2년간 매년 2회씩 총 4회 풀베기를 실시한다.

■ 덩굴 제거

덩굴류의 번식이 활발한 대상지의 특성을 고려하여 초기 활착을 위해 덩굴제거를 초기 3년간에는 매년 2회씩, 이후 2년간에는 매년 1회씩 실시한다.

■ 보식 및 재조림

조림 후 2년차에 모니터링을 실시하여 활착률이 낮은 경우에는 3년차에 보식 및 재조림을 실시한다. 지속가능한 산림자원관리 표준 매뉴얼에 기초하여 활착률 80%미만일 경우에는 보식을, 50% 미만일 경우에는 수종 대체하여 재조림을 실시한다.

■ 어린나무 가꾸기

어린나무 가꾸기로 소나무는 7년차와 11년차 2회 실시하며 가지치기를 병행한다. 자작나무는 10년차에 1회만 실시하며 가지치기는 생략한다.

■ 간벌

소나무는 18년차에 1차 간벌, 30년차에 2차 간벌을 실시한다. 자작나무는 20년차에 1차 간벌, 30년차에 2차 간벌을 실시하며 약도 간벌을 시행한다.

3) 이산화탄소 예상 흡수량

<표 3-2>는 (주) 신세계 산림탄소상쇄 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 순 이산화탄소 예상 흡수량은 1,988.4 tCO₂ 이며 사업기간 30년에 따른 연간 순 이산화탄소 예상 흡수량은 66.28 tCO₂/yr이다. 사업 활동에 의한 배출량은 시범사업에서 사용된 0.5%를 적용하였다.

<표 3-2> (주)신세계 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 생장에 의한 탄소흡수량(a)	794.6 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	238.4 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	556.2 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	2,039.4 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.005)	10.2 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	40.8 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	1,988.4 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	66.3 tCO ₂ /yr

자료 : 산림탄소센터, ㈜ 신세계 사업계획서(2011)를 토대로 본 연구에서 재작성

4) 사업 추진으로 인한 영향

<표 3-3>은 ㈜ 신세계 산림탄소상쇄 사업추진으로 인한 환경적 및 사회·경제적인 측면에서 긍정적 및 부정적 영향을 나타낸 표이다. 환경적 측면의 긍정적 영향으로는 소나무가 환경에 잘 적응하는 수종인 측면에서 유리한 것과, 환경오염을 최소화할 수 있다는 점이다. 환경적 측면의 부정적 영향이 존재하긴 하지만 그 영향은 미미할 것으로 판단된다. 사회·경제적 측면의 긍정적 영향은 소나무를 식재함으로써 과거의 임상 복원 등 문화적인 의미가 존재한다는 것과, 소나무와 자작나무 모두 다양하게 활용될 수 있다는 점이다. 또한, ㈜ 신세계 사업은 국내 최초의 산림탄소 상쇄 시범사업으로써 사회·경제적 측면에서 긍정적 측면이 있다. 사회·경제적 측면의 부정적 영향은 사업의 영속성에 좋지 않은 영향을 미친다는 점이다.

<표 3-3> (주)신세계 상쇄사업 추진으로 인한 영향

	긍정적 영향	부정적 영향
환경적	<p>- 환경에 잘 적응하는 수종 소나무와 자작나무는 비교적 척박한 환경이고 관리가 용이하지 않는 대상지 특성에 잘 적응하면서 대기 중의 온실가스를 흡수하는데 기여할 것으로 판단됨.</p> <p>- 환경오염의 최소화 작업에 참여하는 직원에 대한 사전교육 등을 통하여 폐기물 발생을 최소화 함. 또한, 기계와 인력 투입에 의한 토양 훼손을 최소화 하고, 토양 및 수질 오염 등이 유발되지 않도록 함.</p>	<p>- 미미한 부정적 영향 조립 및 관리 활동 과정에서 기계나 장비 사용으로 인한 소음 발생 및 이산화탄소 발생 등의 부정적 환경적 영향이 예상되지만, 사업면적이나 기간 등으로 보아 그 영향은 미미할 것으로 판단됨.</p> <p>- 미미한 환경적 영향 정기적 관리 활동 등을 위한 자원봉사자나 작업인부 등 민간인 출입이 증가함에 따라 폐기물 발생이나 수질오염과 같은 미미한 환경적 영향이 발생할 가능성이 있음.</p>
사회·경제적	<p>- 소나무 식재의 의미 사업 대상지는 과거 소나무가 식재되었던 지역으로 소나무의 식재는 과거의 임상을 일부 복원한다는 문화적인 의미가 있음.</p> <p>- 수종의 다양한 활용가치 소나무와 자작나무 모두 다양한 활용가치가 있음. 즉, 솔잎이나 송진, 껍질, 수액 등 다양한 산물을 건축재, 약용, 식용 등으로 활용할 수 있고, 향후에는 지역 주민들의 일자리 창출 및 소득 증가에도 기여할 수 있을 것임.</p> <p>- 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범사업 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범사업 대상지로서 타 지역에 앞서 관련 지식과 경험을 축적하고, 기후변화에 선도적인 지역사회의 이미지를 높임.</p>	<p>- 사업의 영속성에 부정적인 영향 대상지 주변 사유지에서의 불법개간 등에 의해 사업의 영속성에 부정적 영향을 미칠 수 있는 가능성이 존재함.</p>

자료 : 산림탄소센터, (주) 신세계 사업계획서(2011)를 토대로 본 연구에서 제작됨

2. 한국공항공사⁴³⁾

1) 개요

○ 사업 대상지 및 토지소유자

사업대상지는 경기도 화성시 서신면 사곶리 산66-1번지에 위치하고 있으며, 토지 소유자는 수원 국유림관리소이다.

○ 시범 지역 면적

묘지가 위치한 우측 가장자리 토지 약 0.7ha를 제외한 6.8ha(68,000m²)에 조림을 실시한다.

○ 예상 순 흡수량 및 연간 흡수량

예상 순 흡수량은 1,650.26 tCO₂으로 연간 이산화탄소 흡수량은 55.01 tCO₂으로 예상된다.

○ 사업 기간

사업 기간은 2011년 03월 01일부터 2041년 02월 28일이다.

○ 지역에 대한 설명

대상지의 방향은 남서향, 경사는 20~25°, 해발 20~70m이다.

2) 산림조성 및 관리계획

○ 조림면적에 식재된 나무의 종류 및 양

전체 조림면적 6.8ha 중에서 가운데 남향 2.8ha는 소나무 대묘(7년생)를, 왼쪽 2ha에 벗나무 2년생, 오른쪽 2ha에 자작나무 2년생을 식재한다. ha당 식재본수는 소나무 1,080본, 자작나무 1,100본, 왕벗나무 1,100본으로 전체 식재본수는 소나무 3,024본, 자작나무 2,200본, 왕벗나무 2,200본이다.

43) 산림탄소센터, 내부자료-한국공항공사 사업계획서(2011).

○ 매뉴얼 현황 및 대상지에 따른 산림관리계획

■ 풀베기

풀베기는 초기 2년간 매년 실시한다.

■ 덩굴 제거

덩굴 제거는 초기 2년간 매년 실시한다.

■ 보식 및 재조림

조림 후 2년차에 모니터링을 실시하여 활착률이 낮은 경우에는 3년차에 보식 및 재조림을 실시한다. 지속가능한 산림자원관리 표준 매뉴얼에 기초하여 활착률 80% 미만일 경우에는 보식을, 50% 미만일 경우에는 수종 대체하여 재조림을 실시한다. 조림 후 3년차에 비료주기를 실시하여 활착률을 높이도록 한다.

■ 어린나무 가꾸기

어린나무 가꾸기는 도림 후 15년차에 1회 실시한다.

■ 간벌

간벌은 조림 후 22년차에 1회 실시한다.

3) 이산화탄소 예상 흡수량

<표 3-4>는 한국 공항공사 산림탄소상쇄 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 순 이산화탄소 예상 흡수량은 1,650.26 tCO₂ 이며 사업 기간 30년에 따른 연간 순 이산화탄소 예상 흡수량은 55.01 tCO₂/yr이다. 사업 활동에 의한 배출량은 시범사업에서 사용된 0.5%를 적용하였다.

<표 3-4> 한국공항공사 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 생장에 의한 탄소흡수량(a)	659.4 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	197.8 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	461.6 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	1,692.6 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.005)	8.5 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	33.9 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	1,650.3 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	55.0 tCO ₂ /yr

자료 : 산림탄소센터, 한국공항공사 사업계획서(2011)를 토대로 본 연구에서 재작성

4) 사업 추진으로 인한 영향

<표 3-5>는 한국 공항공사 산림탄소상쇄 사업추진으로 인한 환경적 및 사회·경제적인 측면에서 긍정적 및 부정적 영향을 나타낸 표이다. 환경적 측면의 긍정적 영향으로는 소나무, 자작나무, 그리고 왕벚나무가 환경에 잘 적응하는 수종인 측면에서 유리한 것과, 다양한 생태계 서비스의 발현이 가능하다는 점이다. 환경적 측면의 부정적 영향이 존재하긴 하지만 그 영향은 미미할 것으로 판단된다. 사회·경제적 측면의 긍정적 영향은 소나무, 자작나무, 그리고 왕벚나무는 다양하게 활용될 수 있다는 것이다. 또한, 한국 공항공사 사업은 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범사업으로써 사회·경제적 측면에서 긍정적 측면이 있다. 사회·경제적 측면의 부정적 영향은 지역 주민의 민원 가능성 및 불법 벌채와 점용 가능성이 존재한다는 점이다.

<표 3-5> 한국공항공사 상쇄사업 추진으로 인한 영향

	긍정적 영향	부정적 영향
환경적	<ul style="list-style-type: none"> - 환경에 잘 적응하는 수종 소나무는 척박한 산성토양 환경에서도 잘 자라고, 자작나무는 일반적으로 한성이 강하고, 생장이 빠르고, 산불 지역이나 붕괴지대에서도 잘 자라며, 병해충에도 강한 특성이 있고, 왕벚나무는 내조성이 강하고, 생장이 빠른 특성이 있음. 따라서 세 수종은 비교적 대상지 특성에 잘 적응하면서 대기 중의 온실가스를 흡수하는데 기여할 것으로 판단됨. - 다양한 생태계 서비스의 발현 사업 추진으로 인하여 온실가스의 흡수뿐 아니라, 대상지 및 그 주변의 생물다양성의 증진, 수원 함양 및 정화, 토양침식 방지 등 다양한 생태계 서비스가 발현될 것으로 예상됨. 	<ul style="list-style-type: none"> - 미미한 부정적 영향 조립 및 관리 활동 과정에서 기계나 장비 사용으로 인한 소음 발생 및 이산화탄소 발생 등의 부정적 환경적 영향이 예상되지만, 사업면적이나 기간 등으로 보아 그 영향은 미미할 것으로 판단됨. - 미미한 환경적 영향 정기적 관리 활동 등을 위한 자원 봉사자나 작업인부 등 민간인 출입이 증가함에 따라 폐기물 발생이나 수질오염과 같은 미미한 환경적 영향이 발생할 가능성이 있음.

자료 : 산림탄소센터, 한국공항공사 사업계획서(2011)를 토대로 본 연구에서 제작성

<표 3-5> 한국공항공사 상쇄사업 추진으로 인한 영향(계속)

	긍정적 영향	부정적 영향
사회·경제적	<ul style="list-style-type: none"> - 수종의 다양한 활용가치 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 소나무 소나무는 뿌리, 줄기, 잎, 꽃가루, 솔씨, 송진, 관솔 등으로 모두 활용되고, 건축재료, 가구재 등 목재로 이용은 물론, 차와 술, 약용식물로 이용되며 소나무밭에서 자라는 송이버섯, 소나무가 죽은 후 4~5년 후에 그 뿌리에 기생하는 복령이라고 하는 버섯, 송진이 오래되어 만들어진 호박이라는 보석 등으로 활용가치가 있음. ▪ 자작나무 자작나무는 목재가 질이 좋고 썩지 않으며 병충해에 강해서 건축재, 조각재 등으로 많이 사용됨. 나무껍질은 화피라 하여 폐렴, 신염, 급성 편도선염, 옹종, 치주염 등을 치료하는 데에 쓰이고, 수액은 화수액이라고 하여 괴혈병, 신장병, 통풍 등을 치료하는데 쓰이고, 뿌리는 황달, 지방간, 간경화 등에 쓰임. ▪ 왕벚나무 왕벚나무는 재질이 단단하고 치밀하여 무늬와 나무 색깔이 아름답기 때문에 귀한 가구재나 건축재로도 활용되고 있음. - 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범사업 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범사업 대상지로서 타 지역에 앞서 관련 지식과 경험을 축적하고, 기후변화에 선도적인 지역사회의 이미지를 높임. 	<ul style="list-style-type: none"> - 지역주민의 민원 가능성 및 불법 벌채와 점용 가능성

자료 : 산림탄소센터, 한국공항공사 사업계획서(2011)를 토대로 본 연구에서 제작됨

3. 한국예탁결제원⁴⁴⁾

1) 개요

○ 사업 대상지 및 토지소유자

사업대상지는 강원도 평창군 대관령면 황계리 산304번지에 위치하고 있다.

○ 시범 지역 면적

전체 14ha중에서 초지 상태로 방치되어 온 2.46ha(24,600m²)를 대상면적으로 선정하였다.

○ 예상 순 흡수량 및 연간 흡수량

예상 순 흡수량은 505.18 tCO₂로 연간 이산화탄소 흡수량은 16.84 tCO₂으로 예상된다.

○ 사업 기간

사업 기간은 2012년 05월 01일부터 2042년 04월 30일이다.

○ 지역에 대한 설명

대상지는 남동향이며 경사는 22~30°, 해발 900m 정도이다. 산림공간정보서비스 (FGIS) 시스템 상에서 임상도를 확인한 결과, 대상지는 모두 초지로 분류되어 있다.

2) 산림조성 및 관리계획

○ 조림면적에 식재된 나무의 종류 및 양

전체 조림면적 2.46ha에 자작나무 2년생을 식재한다. ha당 식재본수는 3,000본으로 전체 식재 본수는 7,380본이다.

○ 매뉴얼 현황 및 대상지에 따른 산림관리계획

■ 풀베기

풀베기는 초기 3년간 매년 실시한다.

44) 산림탄소센터, 내부자료-한국예탁결제원 사업계획서(2012).

■ 덩굴 제거

덩굴 제거는 초기 3년간 매년 실시한다.

■ 보식 및 재조림

조림 후 2년차에 모니터링을 실시하여 활착률이 낮은 경우에는 3년차에 보식 및 재조림을 실시한다. 지속가능한 산림자원관리 표준 매뉴얼에 기초하여 활착률 80% 미만일 경우에는 보식을 실시하고, 활착률 50% 미만일 경우에는 수종을 대체하여 재조림을 실시한다. 조림 후 3년차에 비료주기를 실시하여 활착률을 높이도록 한다.

■ 어린나무 가꾸기

어린나무 가꾸기는 도림 후 10년차에 1회 실시한다.

■ 간벌

간벌은 조림 후 20년차에 1차 간벌, 30년차에 2차 간벌을 실시한다.

3) 이산화탄소 예상 흡수량

<표 3-6>은 한국 예탁결제원 산림탄소상쇄 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 순 이산화탄소 예상 흡수량은 505.18 tCO₂ 이며 사업 기간 30년에 따른 연간 순 이산화탄소 예상 흡수량은 16.84 tCO₂/yr이다. 사업 활동에 의한 배출량은 시범사업에서 사용된 0.5%를 적용하였다.

<표 3-6> 한국예탁결제원 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 생장에 의한 탄소흡수량(a)	191.2 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	49.9 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	141.3 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	518.1 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.005)	2.6 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	10.4 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	505.2 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	16.8 tCO ₂ /yr

자료 : 산림탄소센터, 한국예탁결제원 사업계획서(2012)를 토대로 본 연구에서 재작성

4) 사업 추진으로 인한 영향

<표 3-7>은 한국 예탁결제원 산림탄소상쇄 사업추진으로 인한 환경적 및 사회·경제적인 측면에서 긍정적 및 부정적 영향을 나타낸 표이다. 환경적 측면의 긍정적 영향으로는 자작나무가 환경에 잘 적응하는 수종인 측면에서 유리한 것과, 다양한 생태계 서비스를 발현할 수 있다는 점이다. 환경적 측면의 부정적 영향이 존재하긴 하지만 그 영향은 미미할 것으로 판단된다. 사회·경제적 측면의 긍정적 영향은 지역 주민의 일자리 창출을 통해 주민의 생활을 지원한다는 점이다. 또한, 한국 예탁결제원은 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범사업 참여 지자체로써 사회·경제적 측면에서 긍정적 측면이 있다.

〈표 3-7〉 한국예탁결제원 상쇄사업 추진으로 인한 영향

	긍정적 영향	부정적 영향
환경적	<ul style="list-style-type: none"> - 환경에 잘 적응하는 수종 자작나무는 생장이 빠르고, 산불 지역이나 붕괴 지대 등 비교적 척박한 환경에서도 잘 적응하면서 대기 중의 온실가스를 흡수하는데 기여할 것으로 예측됨. - 다양한 생태계 서비스의 발현 사업 추진으로 인하여 온실가스의 흡수뿐 아니라, 대상지 및 그 주변의 생물다양성의 증진, 수원 함양 및 정화, 토양침식 방지 등 다양한 생태계 서비스가 발현될 것으로 예상됨. 	<ul style="list-style-type: none"> - 미미한 부정적 영향 조림 및 관리 활동 과정에서 기계나 장비 사용으로 인한 소음 발생 및 이산화탄소 발생 등의 부정적 환경적 영향이 예상되지만, 사업면적이나 기간 등으로 보아 그 영향은 미미할 것으로 판단됨. - 미미한 환경적 영향 조림 및 정기적 관리 활동 등을 위한 자원봉사자나 작업인부 등 민간인 출입이 증가함에 따라 폐기물 발생이나 수질오염과 같은 미미한 환경적 영향이 발생할 가능성이 있음.
사회·경제적	<ul style="list-style-type: none"> - 지역 주민 생활 지원 산림관리 활동에 지역주민이 참여함으로써 일자리를 창출하고, 소득 증가에 기여할 것으로 예측됨. 또한, 지역 내의 나무 보일러 사용 주민들에게 간벌목을 이용한 땔감을 무상 보급하는 등 지역 주민들의 생활을 지원하는 데에도 긍정적인 역할을 할 것으로 기대됨. - 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범 사업 참여 지자체 산림탄소상쇄 시범사업에 참여하는 최초의 지자체로서 산림수도 선포 도시에 걸맞은 홍보 효과를 창출하고, 관련 지식과 경험을 축적하여 기후변화에 선도적인 역할을 이행함. 또한, 한국예탁결제원의 조림 및 관리 비용부담으로 지자체의 예산을 절감할 수 있음. 	

자료 : 산림탄소센터, 한국예탁결제원 사업계획서(2012)를 토대로 본 연구에서 재작성

4. 자연환경 국민신탁⁴⁵⁾

1) 개요

○ 사업 대상지 및 토지소유자

사업대상지는 경기도 연천군 중면 적거리 산17번지에 위치하고 있으며 토지소유자는 산림청 구미국유림관리소이다.

○ 시범 지역 면적

면적은 2.7ha(27,000m²)이다.

○ 예상 순 흡수량 및 연간 흡수량

예상 순 흡수량은 62.20 tCO₂으로 연간 이산화탄소 흡수량은 6.22 tCO₂으로 예상된다.

○ 사업 기간

사업 기간은 2012년 04월 01일부터 2022년 03월 30일이다.

○ 지역에 대한 설명

대상지의 방향은 남향, 평균경사는 31.8°이다.

2) 산림조성 및 관리계획

○ 조림면적에 식재된 나무의 종류 및 양

전체 조림면적 2.7ha에 소나무 소묘(2년생)를 식재하였다. ha당 식재본수는 소나무 3,000본으로 전체 식재본수는 소나무 8,100본이다.

○ 매뉴얼 현황 및 대상지에 따른 산림관리계획

■ 풀베기

풀베기는 2012년부터 2015년까지 총 6회 실시한다.

■ 덩굴 제거

현재 덩굴류의 번식이 되지 않고 있어 덩굴제거 계획은 세우지 않았다.

45) 산림탄소센터, 내부자료-자연환경국민신탁 사업계획서(2012).

■ 보식 및 재조림

조림 후 지속가능한 산림자원관리 표준 매뉴얼에 기초하여 활착률 80% 미만일 경우에는 보식을 하고 50% 미만일 경우에는 수종 대체하여 재조림을 실시한다.

■ 어린나무 가꾸기

어린나무 가꾸기는 조림 및 풀베기 후 1회 실시, 가지치기를 병행한다(2018년).

■ 간벌

어린나무 가꾸기 실시 5년 후 설계를 통하여 간벌을 실시하도록 한다.

3) 이산화탄소 예상 흡수량

<표 3-8>은 자연환경 국민신탁 산림탄소상쇄 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 순 이산화탄소 예상 흡수량은 62.20 tCO₂이며 사업 기간 10년에 따른 연간 순 이산화탄소 예상 흡수량은 6.22 tCO₂/yr이다. 사업 활동에 의한 배출량은 시범사업에서 사용된 0.5%를 적용하였다.

<표 3-8> 자연환경국민신탁 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 성장에 의한 탄소흡수량(a)	24.9 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	7.5 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	17.4 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	63.8 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.005)	0.3 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	1.3 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	62.2 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	6.2 tCO ₂ /yr

자료 : 산림탄소센터, 자연환경 국민신탁 사업계획서(2012)를 토대로 본 연구에서 재작성

4) 사업 추진으로 인한 영향

<표 3-9>는 자연환경 국민신탁 산림탄소상쇄 사업추진으로 인한 환경적 및 사회·경제적인 측면에서 긍정적 및 부정적 영향을 나타낸 표이다. 환경적 측면의 긍정적 영향으로는 소나무가 환경에 잘 적응하는 수종인 측면에서 유리한 것과, 다양한 생태계 서비스의 발현이 가능하다는 점이다. 환경적 측면의 부정적 영향이 존재하긴 하지만 그 영향은 미미할 것으로 판단된다. 사회·경제적 측면의 긍정적 영향은 소나무는 다양하게 활용될 수 있다는 것과 개인적 차원에서 탄소상쇄 수단을 제공한다는 점이다. 또한, 자연환경 국민신탁 사업은 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범사업이며 국내 최초의 사회공헌형 산림탄소 상쇄사업으로써 사회·경제적 측면에서 긍정적 측면이 있다. 사회·경제적 측면의 부정적 영향은 사업의 영속성에 좋지 않은 영향을 미친다는 점이다.

<표 3-9> 자연환경국민신탁 상쇄사업 추진으로 인한 영향

	긍정적 영향	부정적 영향
환경적	<ul style="list-style-type: none"> - 환경에 잘 적응하는 수종 소나무는 비교적 척박한 환경이고 관리가 용이하지 않는 대상지 특성에 잘 적응하면서 대기 중의 온실가스를 흡수하는데 기여할 것으로 판단됨. - 다양한 생태계 서비스의 발현 사업 추진으로 인하여 온실가스의 흡수뿐 아니라, 대상지 및 그 주변의 생물다양성의 증진, 수원 함양 및 정화, 토양침식 방지 등 다양한 생태계 서비스가 발현될 것으로 예상됨. 	<ul style="list-style-type: none"> - 미미한 부정적 영향 조립 및 관리 활동 과정에서 기계나 장비 사용으로 인한 소음 발생 및 이산화탄소 발생 등의 부정적 환경적 영향이 예상되지만, 사업면적이나 기간 등으로 보아 그 영향은 미미할 것으로 판단됨. - 미미한 환경적 영향 정기적 관리 활동 등을 위한 자원 봉사자나 작업인부 등 민간인 출입이 증가함에 따라 폐기물 발생이나 수질오염과 같은 미미한 환경적 영향이 발생할 가능성이 있음.

자료 : 산림탄소센터, 자연환경 국민신탁 사업계획서(2012)를 토대로 본 연구에서 재작성

〈표 3-9〉 자연환경국민신탁 상쇄사업 추진으로 인한 영향(계속)

	긍정적 영향	부정적 영향
사회·경제적	<p>- 수종의 다양한 활용가치 소나무 뿌리, 줄기, 잎, 꽃가루, 솔 씨, 송진, 관솔 등으로 모두 활용 되고, 건축재료, 가구재 등 목재로 이용은 물론, 차와 술, 약용식물로 이용되며 소나무밭에서 자라는 송 이버섯, 소나무가 죽은 후 4~5년 후에 그 뿌리에 기생하는 복령이 라고 하는 버섯, 송진이 오래되어 만들어지는 호박이라는 보석 등으 로 활용가치가 있음. 따라서 향후 에는 지역주민들의 일자리 창출 및 소득 증가에도 기여할 수 있을 것임.</p> <p>- 개인적 차원에서의 탄소상쇄수 단 제공 (특)자연환경국민신탁의 『탄소지 우개 클럽』 회원, 참여기업직원 및 일반인들에게 자원봉사의 기회 를 줌으로써 개인적 차원에서의 탄소상쇄수단을 제공하고 자원봉 사자의 자긍심을 고취시킴.</p> <p>- 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범 사업 국내 최초의 산림탄소상쇄 시범사 업 대상지로서 타 지역에 앞서 관 련 지식과 경험을 축적하고, 기후 변화에 선도적인 지역사회의 이미 지를 높임.</p> <p>- 국내 최초의 사회공헌형 산림탄 소 상쇄 시범사업 국내 최초의 사회공헌형 산림탄소 상쇄 시범사업으로서 『탄소흡수 원 유지 및 증진』에 관한 법률의 실효성을 판단할 수 있는 계기가 됨.</p>	<p>- 사업의 영속성에 부정적인 영향 대상지 주변 사유지에서의 불법개 간 등에 의해 사업의 영속성에 부 정적 영향을 미칠 수 있는 가능성 이 존재함.</p>

자료 : 산림탄소센터, 자연환경 국민신탁 사업계획서(2012)를 토대로 본 연구에서 제작성

5. 서울시 · (주) 이브자리⁴⁶⁾

1) 개요

○ 사업 대상지 및 토지소유자

사업대상지는 서울시 강동구 암사동 227-1번지 외 1필지에 위치하고 있으며 토지 소유자는 서울시이다.

○ 시범 지역 면적

시범지역으로 선정된 면적은 0.54ha(5417m²)이다.

○ 예상 순 흡수량 및 연간 흡수량

예상 순 흡수량은 135 tCO₂이며 연간 이산화탄소 흡수량은 4.5 tCO₂으로 예상된다.

○ 사업 기간

사업 기간은 2014년 04월 01일 부터 2044년 03월 31일이다.

○ 지역에 대한 설명

사업 대상지는 지목상 “임야”에 해당된다. 또한 과거 위성사진 확인결과 1989년 당시 수목이 상당량 존재하였던 것으로 추정되나, 현지 방문 결과 인근지역민의 지속적인 불법 경작 등으로 인해 수목이 사라지고 나대지로 변화된 것으로 확인된다.

46) 산림탄소센터, 내부자료-서울시 및 (주) 이브자리 사업계획서(2014).

2) 산림조성 및 관리계획

○ 조림면적에 식재된 나무의 종류 및 양

전체 조림면적 0.54ha에 중부지방소나무, 이팝나무, 산벚나무, 산수유, 산딸나무, 팔배나무, 복자기, 히어리를 총 900본 식재했다. ha당 식재본수는 중부지방소나무 200본, 이팝나무 100본, 산벚나무 100본, 산수유 100본, 산딸나무 100본, 팔배나무 100본, 복자기 100본, 히어리 100본이다.

○ 매뉴얼 현황 및 대상지에 따른 산림관리계획

■ 풀베기

조림 이후 잡초제거와 같은 숲 관리를 별도로 필요로 하지 않으나, 식재 후 2년차까지 풀베기를 실시한다.

■ 덩굴 제거

조림 이후 잡초제거와 같은 숲 관리를 별도로 필요로 하지 않으나, 식재 후 2년차까지 덩굴제거를 실시한다.

3) 이산화탄소 예상 흡수량

<표 3-10>은 서울시·(주) 이브자리 산림탄소상쇄 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 순 이산화탄소 예상 흡수량은 135 tCO₂이며 사업 기간 30년에 따른 연간 순 이산화탄소 예상 흡수량은 4.5 tCO₂/yr이다. 본 사업은 비거래형이므로 사업 활동에 따른 배출량 및 누출량은 0 tCO₂로 본다.

<표 3-10> 서울시·(주)이브자리 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 생장에 의한 탄소흡수량(a)	37.1 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	0 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	37.1 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	135.0 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.05)	0 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	0 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	135.0 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	4.5 tCO ₂ /yr

자료 : 산림탄소센터, 서울시·(주) 이브자리 사업계획서(2014)를 토대로 본 연구에서 재작성.

4) 사업 추진으로 인한 영향

<표 3-11>은 서울시·(주) 이브자리 산림탄소상쇄 사업추진으로 인한 환경적 및 사회·경제적인 측면에서 긍정적 및 부정적 영향을 나타낸 표이다. 환경적 측면의 긍정적 영향으로는 재조림을 통한 쾌적한 환경을 조성한다는 것과, 다양한 생태계 서비스를 제공한다는 점이다. 환경적 측면의 부정적 영향은 없다. 사회·경제적 측면의 긍정적 영향은 숲 조성을 통한 쾌적함을 제공한다는 것과, 기업의 사회공헌활동으로 여겨진다는 점이다. 사회·경제적 측면의 부정적 영향은 사업의 영속성에 좋지 않은 영향을 미친다는 점이다.

〈표 3-11〉 서울시·(주)이브자리 상쇄사업 추진으로 인한 영향

	긍정적 영향	부정적 영향
환경적	<ul style="list-style-type: none"> - 재조림을 통한 쾌적한 환경 조성 사업대상지는 장기간에 걸친 불법 경작 등으로 척박해진 토양과 방치된 폐기물 등으로 지역민에게 악영향을 끼치고 있으나 재조림 사업을 통해 쾌적한 환경을 조성하고 지역주민들에게 맑은 공기와 깨끗한 생활여건을 제공할 수 있음. - 다양한 생태계 서비스 제공 사업추진을 통해 산림탄소흡수원 증진뿐만 아니라 도심지역의 시민들에게 휴식의 공간을 제공하고 주변의 생물다양성의 증진 및 토양 다양한 생태계 서비스를 제공할 것으로 기대됨. 	<ul style="list-style-type: none"> - 없음.
사회·경제적	<ul style="list-style-type: none"> - 숲 조성을 통한 쾌적함 제공 산림조성 활동에 지역주민, 지자체, 기업이 공동으로 참여함으로써 지역사회와 장기간의 관리 책임을 공유할 수 있으며, 서울시에서는 과거 산림이 훼손된 지역에 새롭게 숲을 조성하여 시민들에게 제공하게 됨으로써 도심지역에서의 산림탄소상쇄사업의 긍정적 역할을 할 것으로 기대됨. - 기업의 사회공헌활동 사업자인 (주)이브자리는 지속적인 산림탄소상쇄 사업을 통해 사회공헌활동을 추진하고 있으며 타 기업에 선례적인 사례로 확산되고 일반인들에게도 사회공헌활동의 참여기회를 통해 자긍심을 고취하는 등 사회적으로 긍정적 기능을 할 것으로 기대됨. 	<ul style="list-style-type: none"> - 사업의 영속성에 부정적인 영향 대상지 주변 사유지에서의 경작활동 등에 의해 사업의 영속성에 부정적 영향을 미칠 수 있는 가능성이 존재함.

자료 : 산림탄소센터, 서울시 및 (주)이브자리 사업계획서를 토대로 본 연구에서 제작성.

6. 대구 테크노폴리스⁴⁷⁾

1) 개요

○ 사업 대상지 및 토지소유자

사업대상지는 대구광역시 달성군 유가면 금리 1158번지에 위치하고 있으며 토지 소유자는 한국토지주택공사이다.

○ 시범 지역 면적

서울국유림관리소와 협의 후 전체 36.1ha 중 시범지역으로 선정된 면적은 0.85ha(8,554m²)이다.

○ 예상 순 흡수량 및 연간 흡수량

예상 순 흡수량은 1,338 tCO₂이며 연간 이산화탄소 흡수량은 26 tCO₂으로 예상된다.

○ 사업 기간

사업 기간은 2014년 05월 01일 부터 2064년 04월 30일(50년간)이다.

○ 지역에 대한 설명

대부분의 사업면적이 지목상 “임야”가 아니며, 과거부터 산림으로 유지되지 않고 농지로 사용 되었다. 산업단지 개발계획 단계에서 매수를 시작하여 2009년에 한국 토지주택공사로 소유권이 이전되고 개발 사업이 완료되는 2014년에 구획정리에 따라 구지번이 모두 폐쇄되고 신지번으로 통합되었다.

47) 산림탄소센터, 내부자료- 대구 테크노폴리스 사업계획서(2014).

2) 산림조성 및 관리계획

○ 조림면적에 식재된 나무의 종류 및 양

전체 식재본수는 이팝나무 670본, 산벚나무 130본, 청단풍 100본, 무환자나무 100본이다.

○ 매뉴얼 현황 및 대상지에 따른 산림관리계획

■ 풀베기

1년에 한 번씩 풀베기를 실시한다.

■ 덩굴 제거

조림 이후 잡초제거와 같은 숲 관리를 별도로 필요로 하지 않으나 식재 후 2년차까지 덩굴제거를 실시한다.

■ 간벌

식재 후 10년 동안 수고 성장을 촉진시키고 부피성장을 위해 식재 간격 2m로 약 50% 이하의 정량간벌 시행할 것이다. 식재 후 25년이 되는 2038년도에는 식재간격을 4m로 유지될 수 있도록 50%의 정량간벌을 실행하여 사업 종료까지 사업대상지에 250본을 지속적으로 유지될 수 있도록 관리할 것이다.

3) 이산화탄소 예상 흡수량

<표 3-12>는 대구 테크노폴리스 산림탄소상쇄 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 순 이산화탄소 예상 흡수량은 1,338.73 tCO₂이며 사업기간 50년에 따른 연간 순 이산화탄소 예상 흡수량은 26.78 tCO₂/yr이다. 사업 활동에 의한 배출량은 시범사업에서 사용된 5%를 적용하였다.

<표 3-12> 대구 테크노폴리스 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 생장에 의한 탄소흡수량(a)	392.6 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	0 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	392.6 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	1,439.5 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.05)	72.0 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	28.8 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	1,338.7 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	26.8 tCO ₂ /yr

자료 : 산림탄소센터, 대구 테크노폴리스 사업계획서(2014)를 토대로 본 연구에서 제작성

4) 사업 추진으로 인한 영향

<표 3-13>은 대구 테크노폴리스 산림탄소상쇄 사업추진으로 인한 환경적 및 사회·경제적인 측면에서 긍정적 및 부정적 영향을 나타낸 표이다. 환경적 측면의 긍정적 영향으로는 산림휴양의 기능을 제공한다는 것과, 다양한 생태계 서비스를 제공한다는 점이다. 환경적 측면의 부정적 영향으로는 자연보호기능 저하의 우려가 존재한다는 것이다. 사회·경제적 측면의 긍정적 영향은 지역사회에 산림탄소상쇄 사업의 측면을 보여준다는 것이다. 사회·경제적 측면의 부정적 영향은 없다.

〈표 3-13〉 대구 테크노폴리스 상쇄사업 추진으로 인한 영향

	긍정적 영향	부정적 영향
환경적	<p>- 산림휴양의 기능 제공 사업대상지는 과거 농지로 활용되어 온 2006년 도시개발사업에 따라 한국토지주택공사로 소유가 변경되고 자연녹지지역으로 장기간에 초본류 서식하는 공간으로 방치되었던 수목식재를 통해 도시숲으로 조성됨으로서 쾌적한 환경을 조성하고 맑은 공기와 깨끗한 생활여건 등 산림휴양의 기능을 제공할 수 있음.</p> <p>- 다양한 생태계 서비스 제공 사업추진을 통해 산림탄소흡수원 증진뿐만 아니라 주민들에게 휴식의 공간을 제공하고, 주변의 생물 다양성의 증진 및 다양한 생태계 서비스를 제공할 것으로 기대됨.</p>	<p>- 자연보호기능 저하의 우려 도시주변지역으로 등산로 및 공원의 이용으로 쓰레기 투기 등 자연보호기능이 저하될 수 있으며 가지 부러짐 등 수목 생육에 인위적 피해를 가할 수 있음.</p>
사회·경제적	<p>- 지역사회에 긍정적 측면 보여줌 장기간 동안 초본류만 서식하던 지역에 산림을 조성하여 지역주민 모두가 이용할 수 있는 새로운 숲을 조성함으로써 지역사회에 산림탄소상쇄사업의 긍정적 측면을 보여 줄 것으로 기대됨.</p>	<p>- 없음.</p>

자료 : 산림탄소센터, 대구 테크노폴리스 사업계획서(2014)를 토대로 본 연구에서 재작성

7. 정천 생태숲 조성⁴⁸⁾

1) 개요

○ 사업 대상지 및 토지소유자

본 사업대상지는 전라북도 진안군 정천면 봉학리 197번지 외 10필지이며, 국가 소유이다.

○ 시범 지역 면적

사업면적은 1.19ha(11,971m²)이다.

○ 예상 순 흡수량 및 연간 흡수량

예상 순 흡수량은 704 tCO₂이며 연간 이산화탄소 흡수량은 14.0 tCO₂으로 예상된다.

○ 사업 기간

사업 기간은 2014년 04월 01일 부터 2064년 03월 31일(50년간)이다.

○ 지역에 대한 설명

지목상 “임야”에 해당되지는 않아 산림으로 유지되지 않고 수몰용지로 매입되기 이전까지는 주로 농지로 사용되었으며 일제 강점기부터 용담댐 건설을 위해 주변 토지가 용담댐 담수시설의 일부로 포함되었다. 1989년 용담댐 개발방안 조사 및 타당성 조사를 시작으로 2000년 담수까지 약 11년에 걸쳐 용담댐의 건설로 사업대상지에서는 무임목지로 존치되었다.

48) 진안군, 정천 생태숲 조성 신규조립 사업계획서(2014).

2) 산림조성 및 관리계획

○ 조림면적에 식재된 나무의 종류 및 양

전체 식재본수는 소나무 45본, 잣나무 81본, 화백 117본, 왕벚나무 83본, 산딸나무 35본, 때죽나무 42본, 산사나무 40본, 팔배나무 23본, 매화나무 25본, 산수유 14본, 모감주나무 4본, 이팝나무 79본, 느릅나무 20본으로 총 608본이다.

○ 매뉴얼 현황 및 대상지에 따른 산림관리계획

■ 식재수종의 배치 및 관리

식재목은 2년간 관리될 것이며, 2년간 수목의 관리는 생육을 위한 물주기, 전정, 지주목 훼손방지, 화재·소각 등이 실행될 것이며 사업대상지의 특성상 농약살포 등이 제한되어 식재 시 땅속 비료주기를 통해 활착 및 성장을 도울 것이다.

■ 숲가꾸기 등 조림목 관리

조림 수종이 대부분 1m 이상의 수고를 가지며 사업대상지의 특성상 생태적으로 안정된 숲이 유지될 수 있도록 하는 것을 목적으로 교목층, 아교목층 등이 다양하게 식재되므로 조림 이후 잡초제거와 같은 숲 관리를 별도로 필요로 하지 않으나 식재 후 2년차까지 물주기, 덩굴제거 등을 실시한다.

3) 이산화탄소 예상 흡수량

<표 3-14>는 정천 생태 숲 조성 산림탄소상쇄 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 순 이산화탄소 예상 흡수량은 703 tCO₂ 이며 사업 기간 50년에 따른 연간 순 이산화탄소 예상 흡수량은 14.06 tCO₂/yr이다. 사업 활동에 의한 배출량은 시범사업에서 사용된 5%를 적용하였다.

<표 3-14> 정천 생태 숲 조성 상쇄사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 생장에 의한 탄소흡수량(a)	206.4 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	0 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	206.4 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	757.0 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.05)	37.9 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	15.1 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	703.0 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	14.1 tCO ₂ /yr

자료 : 진안군, 정천 생태 숲 조성 사업계획서(2014)를 토대로 본 연구에서 제작됨

4) 사업 추진으로 인한 영향

<표 3-15>는 정천 생태 숲 조성 산림탄소상쇄 사업추진으로 인한 환경적 및 사회·경제적인 측면에서 긍정적 및 부정적 영향을 나타낸 표이다. 환경적 측면의 긍정적 영향으로는 산림휴양의 기능을 제공한다는 것과, 다양한 생태계 서비스를 제공한다는 점이다. 환경적 측면의 부정적 영향으로는 수자원 보호기능 저하의 우려가 존재한다는 것이다. 사회·경제적 측면의 긍정적 영향은 지역사회에 긍정적인 측면을 보여주고 사회적으로 긍정적인 기능을 할 수 있으며 공익적 가치와 경제적 효과가 증대된다는 것이다. 그러나 비연속성 문제로 인한 사회·경제적 측면의 부정적 영향이 있다.

〈표 3-15〉 정천 생태 숲 조성 상쇄사업 추진으로 인한 영향

	긍정적 영향	부정적 영향
환경적	<p>- 산림휴양의 기능 제공 사업대상지는 용담댐 비수몰지역으로 장기간에 초본류 서식하는 공간으로 수자원 보호 기능 수행을 위해 지역주민 활동이 제한되었던 곳으로 수목식재를 통해 도시숲으로 조성됨으로서 쾌적한 환경을 조성하고 맑은 공기와 깨끗한 생활여건 등 산림휴양의 기능을 제공할 수 있음.</p> <p>- 다양한 생태계 서비스 제공 사업추진을 통해 산림탄소흡수원 증진뿐만 아니라 주민들에게 휴식의 공간을 제공하고 주변의 생물 다양성의 증진 및 다양한 생태계 서비스를 제공할 것으로 기대됨.</p>	<p>- 수자원 보호기능 저하 우려 수변지역으로 이용객 증가에 따라 쓰레기 투기 등의 수자원 보호기능이 저하될 수 있음.</p>

자료 : 진안군, 정천 생태 숲 조성 신규조립 사업계획서(2014)를 토대로 본 연구에서 재작성

〈표 3-15〉 정천 생태 숲 조성 상쇄사업 추진으로 인한 영향(계속)

	긍정적 영향	부정적 영향
사회·경제적	<p>- 지역사회에 긍정적 측면 보여줌 장기간 동안 초본류만 서식하던 지역에 산림을 조성하여 지역주민 모두가 이용할 수 있는 새로운 숲을 조성함으로써 지역사회에 산림 탄소상쇄사업의 긍정적 측면을 보여 줄 것으로 기대됨.</p> <p>- 사회적 긍정적 기능 최초의 신규조림 사업대상지를 지자체인 진안군청이 발굴하여 산림 탄소상쇄사업에 참여함으로써 타 지자체에 선례적인 사례로 확산되고 일반 산주에게도 사회공헌활동의 참여기회를 통해 자긍심을 고취하는 등 사회적으로 긍정적 기능을 할 것으로 기대됨.</p> <p>- 공익적 가치 추가 확대 산림탄소상쇄사업을 통한 기후변화 대응으로 이산화탄소 흡수하는 등 산림의 공익적 가치를 추가적으로 확대하며, 본 사업지는 산림이 아닌 지역으로 사업 실행이후 산림으로 조성되어 수원함양 기능, 산림정수기능, 산림휴양기능 등 다양한 공익적 가치가 증대됨. 1ha의 산림이 신규 조성됨으로서 17,000천원의 공익적 가치가 증대됨.</p> <p>- 경제적 효과 증대 거래형 사업으로 향후 인증된 산림탄소 흡수량을 거래하게 되면 이에 대한 수익 발생도 예상되므로 기후변화사업에 따른 경제적 효과가 증가됨.</p>	<p>- 비연속성 문제 토지관리자인 한국수자원공사는 5년 단위로 하천점용허가증을 교보하고 있어 사업대상지의 사용관계에 있어 비연속성 문제를 내포함.</p>

자료 : 진안군, 정천 생태 숲 조성 신규조림 사업계획서(2014)를 토대로 본 연구에서 제작성

제3절 국내 사업 운영 결과 분석

1. 산림탄소상쇄 사업의 문제점⁴⁹⁾

시범사업 추진 후 적정사업대상지 부족과 접근성 문제, 사업에 대한 낮은 기대의 문제, 사업의 지속가능성 확보 문제, 복잡한 사업추진절차 및 의사소통 구조, 사회적 인식 및 제도 홍보부족 문제, 실제 사업추진에 필요한 정보 부족 및 전문가 자문 부족 문제가 파악되었다.

2. 산림탄소상쇄 사업 참여 특성⁵⁰⁾

산림탄소거래 시장의 주요 참여자는 주 공급자는 산주 및 임업인과 기업, 주 수요자는 기업으로 볼 수 있었다.

1) 공급

공급의 주 관심유형은 산림경영, 조림, 그리고 바이오매스 부분이다. 산림탄소흡수실적은 산주 및 임업인이 산림경영을 통해 기업인이 조림 및 바이오매스를 통해 주요하게 공급할 것으로 보인다. 하지만, 불균등한 사업 분포로 인해 다수의 잠재적인 소규모 사업자가 예상되며, 제도의 저변을 넓히기 위해서는 이들의 참여를 확대할 방안이 필요할 것으로 보인다.

2) 수요

수요의 주 관심유형은 사회 공헌을 강조하며 기존 환경 분야 사회공헌활동과 연계시킬 수 있는 산림경영과 조림 부분이다. 주 수요는 기업이 주도할 것으로 보인다. 그러나 제도에 관심을 보이는 기업들은 규제에 우선적으로 대응하고자 하며 공급에 대한 선호가 상대적으로 높아, 적극적인 수요를 창출하는 방안 및 잠재되어있는 수요 기업을 타겟팅하여 마케팅 하는 등의 전략이 필요하다.

49) 산림청, 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용 방안 연구(2013), 21p.

50) 산림청, 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용 방안 연구(2013), 52~53p.

3. 산림탄소상쇄제도의 현 위치⁵¹⁾

시범사업 실시 2년 후인 2013년 2월에 산림탄소상쇄제도 내용을 담은 탄소흡수원법이 제정·시행되어, 본 사업을 실시하고 확장할 기반을 마련하는 단계에 접어들었다.

2013년 6월에는 시범사업과 탄소흡수원법의 내용을 기반으로 사업 유형, 등록 및 검인증 과정, 베이스라인 및 모니터링 방법 등을 담은 (사회공헌형)운영표준이 고시·시행되었다.

2013년 8월 16일에는 강원도가 산림탄소상쇄제도 본 사업으로 첫 등록을 완료하였다.

2014년부터 2017년까지 산림탄소등록부 구축운영이 예정되어 있어, 현재 국립산림과학원에서 산림탄소등록부 구축(2014년 완료 예정)과 관련된 연구 과제를 진행하고 있다.

4. 식생복구 사업과 산지전용 억제 사업 추가

산림청은 산림탄소상쇄활동으로 인정받는 사업유형을 추가하는 내용을 담은 '사회공헌형 산림탄소상쇄제도 운영표준'을 개정(행정예고, 2014.9)하였다. 개정 내용에 따르면 소규모 땅(500m² 이상)에 숲을 만드는 식생복구활동과 산지전용허가면적보다 산림이용을 억제하거나 녹지를 만들어도 탄소상쇄활동으로 인정된다.

또한 한해 흡수량 600tCO₂ 이하의 소규모사업도 여러 개를 묶어 하나로 인정받을 수 있게 되고 6만tCO₂ 이하는 '경제적 추가성 평가'를 하지 않도록 했다.

51) 산림청, 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용 방안 연구(2013), 22p.

제 4 장

대전시 탄소상쇄 숲 조성 방안

제1절 이산화탄소 흡수량 산정 방법

제2절 대전시 대상 후보지 검토

제3절 대전시 이산화탄소 흡수 잠재량 비교

제4절 대전시 탄소상쇄 숲 활성화 방안

제4장 대전시 탄소상쇄 숲 조성방안

제1절 탄소상쇄 숲 이산화탄소 흡수량 산정 방법

1. 산림 탄소흡수량 국가 표준⁵²⁾

우리나라 산림의 온실가스 흡수기능에 대한 국민들의 인식확산 및 적극적인 온실가스 감축 활동 참여 유도를 위하여 산림청 국립산림과학원에서 개발하였다.

우리나라 소나무, 잣나무, 상수리나무 등 주요 우리나라 주요 8수종에 대하여 전국에 걸쳐 3,212개의 숲을 조사한 결과를 토대로 기후변화협약에서 지정한 국제표준방법에 의하여 작성되었으며, 나이에 따른 연간 단위면적당 CO₂ 흡수량, 나이에 따른 1그루 당 CO₂ 흡수량, 그리고 CO₂ 배출량 1톤을 상쇄하기 위해 심어야 하는 나무 그루 수 등에 대한 국가 표준을 담고 있다.

산림 탄소흡수량 국가 표준은 『탄소흡수원 유지 및 증지에 관한 법률』에 따른 다양한 산림활동의 온실가스 감축 효과 평가에 있어 객관적인 기준으로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

<표 4-1>은 단위면적 당 연간 이산화탄소 흡수량을 나타낸 표이다. 단위면적당 연간 이산화탄소 흡수량은 일반적으로 수령이 20년일 때 가장 크고, 단위면적당 30년생 연간 이산화탄소 흡수량을 비교하였을 때, 참나무의 흡수량이 가장 크다. <표 4-2>는 나무 한그루 당 연간 이산화탄소를 나타낸 표이다. 약 40년까지 흡수량이 급격히 증가하며 그 이후에는 흡수량이 유지되거나 약간 감소하는 경향이 있다. 30년생 나무 한 그루 당 이산화탄소 흡수량을 비교해본 결과, 낙엽송의 흡수량이 가장 크다.

52) 국립산림과학원, 산림 탄소흡수량 국가 표준 개발(2012), 1~3p.

<표 4-1> 단위면적당 연간 CO₂ 흡수량(m³/ha/년)

수종 \ 임령(년)	10	20	30	40	50	60
강원지방소나무	7.35	9.92	9.40	8.08	6.61	5.25
중부지방소나무	3.40	6.76	12.14	6.29	3.22	1.77
소나무(평균)	5.38	8.34	10.77	7.19	4.92	3.51
잣 나 무	5.31	11.55	10.61	8.90	7.45	6.37
낙엽송	8.96	10.31	9.27	8.33	7.70	7.31
리기다소나무	4.42	13.60	12.16	6.47	5.06	4.02
편백	5.10	8.67	8.03	6.47	5.06	4.04
상수리나무	11.72	16.53	14.55	12.83	11.43	10.22
신갈나무	9.00	15.62	9.73	8.79	7.80	7.08
참나무(평균)	10.36	16.08	12.14	10.81	9.62	8.65
전체(평균)	6.91	11.62	10.74	8.27	6.79	5.76
침엽수(평균)	5.76	10.14	10.27	7.42	5.85	4.79
활엽수(평균)	10.36	16.08	12.14	10.81	9.62	8.65

자료 : 국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(2013)

<표 4-2> 나무 한 그루 당 연간 CO₂ 흡수량(kg/그루/년)

수종 \ 임령(년)	10	20	30	40	50	60
강원지방소나무	0.60	1.81	4.63	6.85	7.22	7.18
중부지방소나무	0.95	3.70	8.57	6.26	3.76	2.46
소나무(평균)	0.78	2.76	6.60	6.56	5.49	4.82
잣 나 무	1.60	8.48	12.23	13.81	13.77	13.03
낙엽송	2.34	9.01	13.38	15.55	15.79	15.32
리기다소나무	0.77	5.75	8.93	9.27	7.37	6.27
편백	2.38	4.84	5.56	5.48	5.12	4.31
상수리나무	6.65	14.11	14.62	15.54	16.18	16.59
신갈나무	0.96	5.81	6.96	9.20	11.20	12.79
참나무(평균)	3.81	9.96	10.79	12.37	13.69	14.69
전체(평균)	2.03	6.69	9.36	10.25	10.05	9.74
침엽수(평균)	1.44	5.60	8.88	9.54	8.84	8.10

자료 : 국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(2013)

<표 4-3>은 1톤의 이산화탄소 상쇄에 필요한 수종별 식재 그루 수를 나타내고 있다. 1톤의 이산화탄소를 상쇄시키기 위해서 편백은 8.17그루, 참나무는 4.35그루를 식재해야 한다. <표 4-4>는 임목생장량을 나타낸 표이다. 임목생장량 표 개발을 위한 전국적 조사지는 3,212 개소이다.

<표 4-3> 배출 1CO₂ 톤 상쇄에 필요한 수종별 식재 그루 수

수 종	그루 수	수 종	그루 수
강원지방소나무	6.49	리기다소나무	6.30
중부지방소나무	7.82	편 백	8.17
소나무(평균)	7.16	상 수 리 나 무	3.99
잣 나 무	6.10	신 갈 나 무	4.70
낙 엽 송	5.82	참나무(평균)	4.35

자료 : 국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(2013)

<표 4-4> 주요 수종별 임목생장량

(단위 : m³/ha/년)

수종 \ 수령(년)	10	20	30	40	50	60
강원지방소나무	5.13	6.92	6.56	5.64	4.61	3.66
중부지방소나무	2.22	4.41	7.92	4.11	2.10	1.16
소나무(평균)	3.68	5.67	7.24	4.88	3.36	2.41
잣 나 무	3.19	6.94	6.38	5.35	4.48	3.38
낙 엽 송	6.29	7.20	6.48	5.82	5.38	5.11
리기다소나무	2.65	8.16	7.29	5.09	3.42	2.41
편 백	4.01	6.82	6.32	5.09	3.98	3.18
상 수 리 나 무	4.66	6.57	5.78	5.10	4.54	4.06
신 갈 나 무	3.33	5.78	3.60	3.25	2.89	2.62
참나무(평균)	4.00	6.18	4.69	4.18	3.72	3.34

자료 : 국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(2013)

<표 4-5>는 탄소배출계수이다. 탄소배출계수는 이산화탄소 흡수량 계산 시 필요하다.

<표 4-5> 주요 수종별 탄소배출계수

수종 \ 계수	목재기본밀도 (D)	바이오매스 확장계수 (BEF)	뿌리함량비 (R)	탄소전환계수 (CF)
강원지방소나무	0.419	1.483	0.258	0.5
중부지방소나무	0.472	1.413	0.254	
잣 나무	0.408	1.742	0.276	
낙엽송	0.453	1.335	0.291	
리기다소나무	0.504	1.325	0.362	
편백	0.427	1.349	0.203	
상수리나무	0.721	1.450	0.313	
신갈나무	0.663	1.603	0.388	

자료 : 국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(2013)

본 계산방법은 기후변화협약에서 국가 온실가스 인벤토리 작성 시 사용을 결정한 국제표준 방법에 근거한 것이다.⁵³⁾

$$\text{탄소순흡수량(CO}_2\text{톤)} = \Delta V \times D \times \text{BEF} \times (1+R) \times \text{CF} \times 44/12$$

여기서 ΔV = 임목 순생장량(m³)

D = 목재기본밀도

BEF = 바이오매스 확장계수

R = 뿌리함량비

CF = 탄소전환계수(IPCC 기본 값: 0.5)

44/12 = 이산화탄소 전환계수

53) 국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(2013), 4p.

2. 식생복구 사업 탄소흡수량 계산 방법

도시숲이나 수목 등 도시녹지의 경우 임목축적량 자료가 없고, 개체별 식재 관리 되기 때문에 수종별 개체수를 조사하고 수종별 흉고직경과 수고를 종속변수로 하는 상대성장식을 활용하여 바이매스에 의한 탄소저장량과 흡수량을 추정하도록 IPCC 2006 가이드라인에서 제시하고 있다. 그러나 가로수 및 공원 수목에 대한 DBH 성장률이 개발되지 않아 국립산림과학원에서 제시하고 있는 수종그룹별, 흉고직경별, 식재공간 유형별 흉고직경 생장에 따른 총 이산화탄소 흡수량 환산표를 적용하여 이산화탄소 흡수량을 산정하였다.

기존의 조림사업에서는 어린 수목을 식재하지만 식생복구 사업에서는 보통 10년 이상 성장한 나무를 식재한다. <표 4-6>은 수종의 특성에 따른 나무 분류를, <표 4-7>과 <표 4-8>은 각각 활엽수 및 침엽수의 탄소계정을 위한 도시숲 수목의 그룹화를 나타낸 것이다. 교목과 아교목의 경우에는 탄소 흡수량을 계산할 수 있으나, 관목의 경우에는 탄소 흡수량 계산에서 제외된다.

<표 4-6> 수종의 특성에 따른 나무 분류

유형	정의	수종
교목	보통 키가 8m 이상 자라고, 곧은 줄기가 있으며, 줄기와 가지를 명확히 구분할 수 있고, 중심 줄기의 생장이 현저한 나무를 말한다.	메타세콰이어, 소나무, 참나무, 구실잣밤나무, 느티나무, 벗나무, 양버즘나무, 회화나무, 이팝나무, 단풍나무, 은행나무, 삼나무 등
아교목	관목과 교목의 중간인 나무로 높이가 2~8m에 달한다.	매죽나무, 복사나무, 배나무, 매실나무, 개웃나무 등
관목	대개 키가 2m 이하의 나무로 주된 줄기가 없이 많은 줄기를 가진다.	눈잣나무, 가솔송, 개나리, 진달래, 팽팽나무 등

〈표 4-7〉 탄소계정을 위한 도시숲 수목의 그룹화 - 활엽수

그룹	과	일반명
활엽수		
A	Ulmaceae	느티나무; 팽나무; 느릅나무
B	Rosaceae	왕벚나무; 벚나무; 산벚나무; 겹벚나무; 산사나무; 모과나무; 야광나무; 사과나무; 꽃사과; 배나무; 팔배나무; 마가목; 살구나무; 매화나무; 귀룽나무; 복숭아나무; 자두나무
C	Plantanaceae	양버즘나무
D	Leguminosae	회화나무; 자귀나무; 아카시아나무
E	Oleaceae(물푸레나무과)	이팝나무; 물푸레나무
F	Aceraceae	중국단풍; 신나무; 고로쇠; 단풍; 청단풍; 홍단풍; 공작단풍; 은단풍; 복자기
G	Magnoliaceae	백합나무; 목련
H	Fagaceae	대왕참나무; 루브라참나무; 밤나무; 상수리나무; 굴참나무; 갈참나무; 떡갈나무; 졸참나무
	Betulaceae	자작나무; 오리나무; 박달나무; 소사나무; 서어나무
I	Cornaceae(층층나무과)	산수유; 층층나무; 산딸나무; 말채나무
J	Salicaceae	버드나무, 능수버드나무
K	Cercidiphyllaceae	계수나무
	Sapindaceae	모감주나무
	Hippocastanaceae	칠엽수
	Simaroubaceae(소테나무과)	가죽나무
	Ebenaceae	감나무
	Elaeagnaceae	보리수
	Eucommiaceae	두충나무
	Sterculiaceae	벽오동; 가래나무; 호두나무
	Araliaceae	음나무
	Lythraceae	배롱나무
	Lauraceae	후박나무
	Moraceae	뽕나무
	Punicaceae	석류나무
	Theaceae	노각나무; 후피향나무
	Styracaceae	매죽나무; 쪽동백나무
Tillaceae	피나무	
Rhamnaceae	대추나무	

자료 : 국립산림과학원, 탄소지킴이 도시숲(2012)

〈표 4-8〉 탄소계정을 위한 도시숲 수목의 그룹화 - 침엽수

그룹	과	일반명	
침엽수			
L	Gingkoaceae	은행나무	
M	Taxodiaceae(낙우송과)	메타세콰이어; 삼나무	
N	Pinaceae(전나무속)	구상나무; 전나무	
	Texaceae(주목속)	주목	
O	Pinaceae	소나무류	소나무; 해송; 개잎갈나무
		잣나무류	스토로브잣; 섬잣나무; 잣나무; 백송
P	Cupressaceae	편백속	편백; 화백나무
		향나무속	향나무
		측백속	측백
Q	Pinaceae	가문비속	독일가문비; 가문비나무

자료 : 국립산림과학원, 탄소지킴이 도시숲(2012)

식생복구 사업에서는 기존의 조림사업과는 다른 다음과 같은 계산 방법을 이용한다.

$$\text{탄소 순 흡수량(tCO}_2\text{)} = \text{본수} \times \text{본당 재적성장량} \times \text{CF} \times 44/12$$

본당 재적성장량과 CF(탄소전환계수)를 곱한 값은 탄소 저장량(kgC)가 된다. 이에 식재한 수목의 수와 이산화탄소 전환계수를 적용하여 탄소 순 흡수량을 구한다.

〈표 4-9〉는 도시숲 주요 가로수목의 그룹별 수령에 따른 이산화탄소 흡수량을 나타낸 것이다. 현재 우리나라 도시숲에 대한 일부 수종(그룹)의 수령 대비 흉고직경 생장식이 개발되지 않은 상황이므로 가장 보수적인 생장을 나타내는 활엽수 B 그룹(왕벚나무), 침엽수 H그룹(중부소나무)의 식의 식을 차용하여 추정된 수령에 따른 흉고직경 값을 사용하였다. 수종 중 활엽수에서는 양버즘나무, 침엽수에서는 메타세콰이어의 이산화탄소 흡수량이 가장 크다.

〈표 4-9〉 도시숲 주요 가로수목의 그룹별 수령에 따른 이산화탄소 흡수량(kgCO₂)

그룹	수종	수령(년생)													
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
활엽수															
A	느티나무	4.8	13.0	26.6	46.3	72.2	104.7	143.6	188.9	240.6	298.4	362.3	432.0	507.5	588.5
B	벚나무	17.3	34.3	56.2	82.2	111.6	144.0	178.9	216.1	255.1	295.8	338.0	381.5	426.1	471.8
C	양버즘나무	15.4	37.5	71.1	116.4	173.2	241.0	319.5	407.9	506.0	613.1	728.8	852.6	984.2	1123.0
D	회화나무	5.1	14.5	30.5	54.2	86.1	126.6	175.8	233.8	300.5	375.8	459.7	551.9	652.3	760.8
E	이팝나무	3.8	10.6	22.5	40.1	63.9	94.1	130.9	174.3	224.4	281.0	344.1	413.6	489.3	571.2
F	중국단풍나무	4.2	11.5	23.6	41.0	64.0	92.8	127.3	167.6	213.4	264.8	321.6	383.5	450.6	522.6
침엽수															
L	은행나무	6.1	15.0	28.9	47.9	71.8	100.7	134.4	172.5	215.1	261.7	312.3	366.7	424.7	486.0
M	메타세콰이어	32.5	69.8	121.2	185.3	261.0	347.0	442.4	546.2	657.7	776.1	900.8	1031.3	1167.1	1307.8

자료 : 국립산림과학원, 탄소지킴이 도시숲(2012)

〈표 4-9〉 도시숲 주요 가로수목의 그룹별 수령에 따른 이산화탄소 흡수량(kgCO₂)(계속)

그룹	수종	수령(년생)										
		36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56
활엽수												
A	느티나무	766.5	863.2	964.9	1,071.3	1,182.3	1,297.9	1,417.8	1,541.9	1,670.2	1,802.5	1,938.7
B	벚나무	565.7	613.9	662.7	712.1	762.0	812.4	863.3	914.6	966.2	1,018.1	1,070.4
C	양버즘나무	1,421.3	1,580.1	1,744.8	1,915.3	2,091.3	2,272.5	2,458.7	2,649.7	2,854.3	3,045.4	3,249.6
D	회화나무	1,001.0	1,132.5	1,271.2	1,417.1	1,569.9	1,729.6	1,895.8	2,068.5	2,247.5	2,432.6	2,623.8
E	이팝나무	752.8	852.2	957.3	1,067.8	1,183.7	1,304.8	1,430.9	1,562.1	1,698.1	1,838.8	1,984.2
F	중국단풍나무	680.9	766.9	857.3	951.9	1,050.7	1,153.5	1,260.1	1,370.6	1,484.8	1,602.5	1,723.7
침엽수												
L	은행나무	618.4	689.1	762.7	839.0	917.9	999.3	1,083.2	1,169.3	1,257.6	1,348.1	1,440.6
M	메타세콰이어	1,602.3	1,755.5	1,912.2	2,072.2	2,235.4	2,401.4	2,570.1	2,741.4	2,915.0	3,090.8	3,268.7

자료 : 국립산림과학원, 탄소지킴이 도시숲(2012)

<표 4-10>은 <표4-9>에 나오지 않은 그룹 H, O, P의 바이오매스 계수를 나타낸 것이다. 그룹별 임령에 따른 수고와 평균직경을 구해 바이오매스 확장계수(BEF), 뿌리함량비(R)+1, 탄소전환계수(CF)를 곱하여 이산화탄소 흡수량을 구한다.

본 연구에서는 10년 임령의 수목을 식재하여 이후 30년간 이산화탄소 흡수량을 계산하기 때문에 40년 임령의 수목 이산화탄소 흡수량에서 10년 임령의 수목 이산화탄소 흡수량을 감하여 그 양을 산정하였다.

<표 4-10> 그룹 H, O, P의 바이오매스 계수 및 30년간 이산화탄소 흡수량(kgCO₂)

바이오매스 계수							
	수종	BEF	X(R+1)	CF	40년 (a)	10년 (b)	30년간 흡수량 (c=a-b)
H	상수리나무	1.45	1.31	0.50	741.4	28.9	712.5
O	중부소나무	1.41	1.25		234.3	12.9	221.3
P	편백	1.35	1.20		297.6	22.6	275.0

자료 : 국립산림과학원, 임목재적·바이오매스 및 임분수확표(2012)

제2절 대전시 탄소상쇄 숲 대상 후보지 검토⁵⁴⁾

자연마당, 샘머리근린공원, 중촌근린공원, 판암근린공원, 장동문화공원, 안영생활체육시설단지, 목재문화체험장, 조림(5대명산 가꾸기), 대사근린공원, 행평근린공원, 숲가꾸기 사업으로 총 11개의 대상 후보지를 검토해보았다. [그림 4-1]은 대상 후보지의 위치를 나타낸 지도이다.



[그림 4-1] 대전시 대상 후보지 위치도

54) 대전광역시, 2014 공원녹지 추진시책(2014).

<표 4-11>은 11개 대상 후보지의 주요 사업 특징을 나타낸 표이다. 탄소상쇄 숲 유형에서 목재문화체험장은 목제품이용사업, 조림 및 숲가꾸기 사업은 산림경영 사업에 포함된다. 그 외 나머지 공원은 식생복구 사업에 포함된다.

<표 4-11> 대전시 대상 후보지 주요사업

	사업명	특징
1	자연마당	정부대전청사 전면광장 생태휴식공간 추가 조성
2	샘머리근린공원	생태습지형 저류공원 추가 조성
3	중촌근린공원	유등천변 생태문화공원 신규 조성
4	관암근린공원	사회적 약자 밀집지역에 주민휴식공간 추가 조성
5	장동문화공원	계속산 맨발축제 연계 휴양공간 추가 조성
6	안영생활체육시설단지	도시민을 위한 산책 및 운동활동공간 조성
7	목재문화체험장*	대도시권 유일한 목재문화체험장
8	조림(5대명산가꾸기)**	불량림 대상으로 친환경 벌채 및 조림
9	대사근린공원	장기 방치 공원환경개선 및 자연생태복원사업
10	행평근린공원	대전오월드 테마파크 확대, 관광벨트 조성
11	숲가꾸기 사업**	큰나무숲 가꾸기, 어린나무 가꾸기, 조림지숲 가꾸기, 공공산림 가꾸기

*:목제품이용사업, **:산림경영 사업

1. 자연마당

1) 개요

○ 사업목적

콘크리트, 타일, 블럭 등으로 포장되어 있는 부분이 많아 여름철 열섬 현상 발생 및 시민 이용 저조, 경관이 저해되는 정부대전청사 남측 부지에 대하여 친환경적이고 생태적으로 건강한 공간으로 조성하고자 한다.

○ 사업기간 및 사업비

2014년 ~ 2016년(3개년), 45억 원(국비 환경부 생태계보전협력금 반환사업 42억 원, 시비 3억 원)

○ 사업대상지 위치 및 면적

대전광역시 서구 둔산동 930번지 일원 정부대전청사 남측 광장 부지, 56,860m²

○ 사업내용

소나무 숲, 산책로, 친수공간(실개천), 야생화 등

2014년 7월 실시설계 후 2015년 착공 예정이다. 산림탄소상쇄 사업자를 대전시로 하여야 등록이 가능하다.

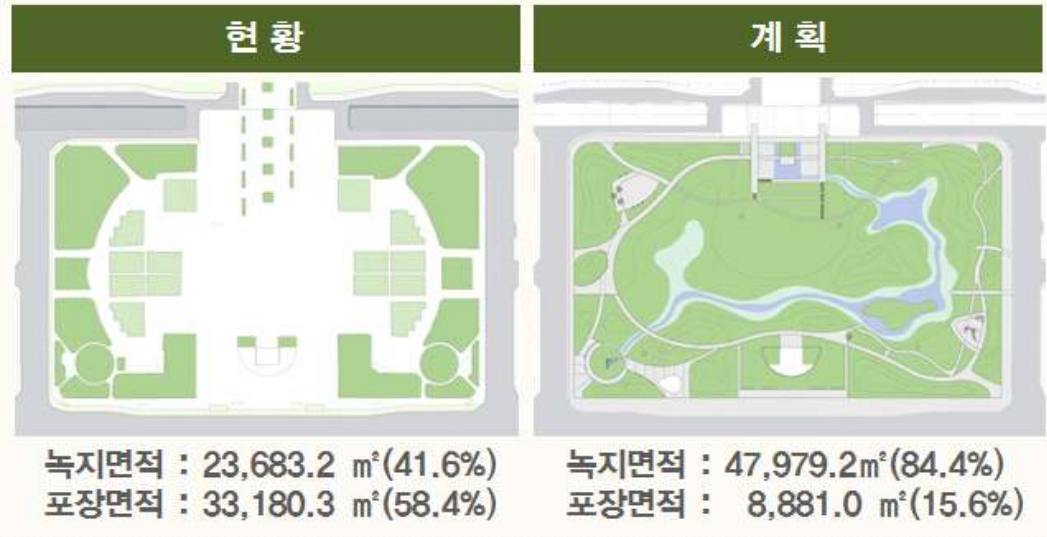
[그림 4-2]는 자연마당의 현황사진이다. 현재는 녹지보다 포장되어 있는 부분이 많아 도시공원의 역할을 다하고 있지 않음을 알 수 있다.. [그림 4-3]은 조성 후 조감도이다. [그림 4-4]에 구체적인 녹지면적 계획이 나타나 있으며, 현재 전체면적에 41.6%인 녹지면적을 84.4%까지 늘릴 계획이다. [그림 4-5]는 녹지면적의 구체적인 조성계획을 나타낸 그림이다. 주로 참나무림과 소나무림을 조성할 예정이다.



[그림 4-2] 자연마당 부지 현황



[그림 4-3] 자연마당 조성계획 조감도



[그림 4-4] 자연마당 계획녹지면적



[그림 4-5] 자연마당 녹지조성 상세계획

2) 예상 이산화탄소 흡수량

<표 4-12>는 자연마당 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 현재 사업계획상 식재계획은 알 수 없고, 녹지면적만 정확히 알 수 있는 상태이다. 수종에 대한 구체적인 계획은 알 수 없었으나 참나무림과 소나무림을 조성할 계획이기 때문에 참나무 H그룹, 소나무 O그룹 값을 차용하였으며, 사업비용을 고려하여 중촌근린공원의 식재밀도의 약 50%인 1ha당 750주를 심는다고 가정하였다. 녹지면적의 경우, 기존에 있던 녹지면적에 추가될 녹지면적 24,296m²를 적용하였다. 탄소상쇄 사업기간 30년에 대한 순 이산화탄소 예상흡수량은 791.39 tCO₂이고 연간 순 이산화탄소 예상흡수량은 26.38 tCO₂/y이다.

<표 4-12> 자연마당 사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 성장에 의한 탄소흡수량(a)	232.1 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	0 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	232.1tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	851.0 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.05)	42.5 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	17.0 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	791.3 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	26.4 tCO ₂ /yr

2. 샘머리근린공원

1) 개요

○ 사업목적

도시공원 내 저류시설 설치로 방재·생태·시민휴식 등 복합기능이 다양하게 발휘될 수 있는 공간을 조성하며 도시민의 안전하고 쾌적한 여가 생활을 도모한다.

○ 사업기간 및 사업비

2014년 03월 ~ 2015년 12월, 50억 원(국비 25, 시비 25)

○ 사업대상지 위치 및 면적

대전광역시 서구 둔산동 1379번지 샘머리근린공원, 25,000m²

○ 사업내용

저류(생태습지)시설, 게이트(수문), 자연학습장, 산책로 등

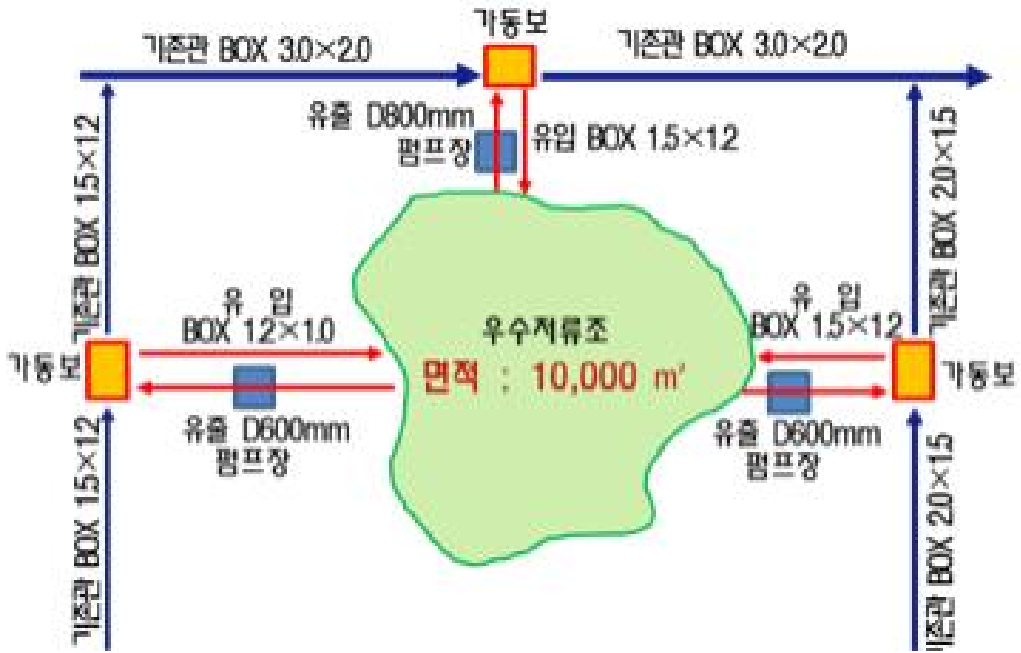
[그림 4-6]은 샘머리근린공원의 현황사진이다. 현재는 광장, 분수대, 조깅트랙, X-게임장이 위치해 있다. [그림 4-7]은 우수저류조가 조성될 계획 조감도이다. [그림 4-8]은 우수저류조의 설치 계획(저류지 면적 10,000m²)이다. 이곳에 저류공원을 조성하여 시민휴식을 위한 공간 창출과 동시에 집중호우 시 빗물 역류, 저지대 침수 등을 예방하고자 한다.



[그림 4-6] 샘머리근린공원 부지 현황



[그림 4-7] 샘머리근린공원 조성계획 조감도



[그림 4-8] 샘머리근린공원 우수저류조 설치 계획

2) 예상 이산화탄소 흡수량

<표 4-13>은 샘머리근린공원 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 현재 사업에 대한 구체적인 계획이 나오지 않은 관계로 수종은 이산화탄소 흡수량의 최소값을 나타내는 B그룹(활엽수), O그룹(침엽수) 값을 차용하였으며, 사업비용을 고려하여 중촌근린공원의 식재밀도의 약 50%인 1ha당 750주를 심는다고 가정하였다. 녹지면적의 경우, 저류지 면적을 제외한 1.5ha(15,000m²)를 적용하였다. 위와 같은 조건에 의해 탄소상쇄 사업기간 30년에 대한 순 이산화탄소 예상흡수량은 432.89 tCO₂이고 연간 순 이산화탄소 예상흡수량은 14.43 tCO₂/yr이다.

<표 4-13> 샘머리근린공원 사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 생장에 의한 탄소흡수량(a)	126.9 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	0 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	126.9 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	465.5 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.05)	23.3 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	9.3 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	432.9 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	14.4 tCO ₂ /yr

3. 중촌근린공원

1) 개요

○ 사업목적

도심 내 생활체육·문화 등 복합기능을 갖는 생태문화공원 조성하여 시민의 여가 및 휴식공간 마련으로 새로운 자연환경과 문화를 창출한다.

○ 사업기간 및 사업비

1단계 2007년 ~ 2013년, 259억 원

2단계 2012년 ~ 2015년, 175억 원

3단계 2013년 ~ 2016년, 356억 원

10개년 총 790억 원

○ 사업대상지 위치 및 면적

대전광역시 중구 중촌동 250번지 일원(호남선 철도~유등천 사이), 총 사업계획면적 112,552m²(공원 102,480m², 완충녹지 10,172m²)

○ 사업내용

큰나무숲, 생태숲, 리틀야구장, 다목적 잔디광장 등

[그림 4-9]는 중촌근린공원 부지의 현황사진이다. 폐기물 재활용업체 및 공장 등이 위치해있다. [그림 4-10]은 중촌근린공원 조성계획 조감도이다. 현재 중촌근린공원 3단계 사업은 공원조성에 따른 맹지발생 민원과 도시공사 청소차 차고지 이전 문제 해결을 위한 도시 관리 계획이 미확정되어 지속적인 과업수행이 어려운 관계로 일시정지 된 상태이다.



[그림 4-9] 중촌근린공원 부지 현황



[그림 4-10] 중촌근린공원 조성계획 조감도

2) 예상 이산화탄소 흡수량

<표 4-14>는 중촌근린공원 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 1단계 사업에서 2.22ha의 녹지면적에 2,063주가 식재되었으며, 2단계에서 1.36ha의 녹지면적에 2,109주가 식재될 계획이다. 탄소상쇄 사업기간 30년에 대한 1단계 사업의 순 이산화탄소 예상흡수량은 1,191.03 tCO₂ 이고, 연간 순 이산화탄소 예상흡수량은 39.70 tCO₂/yr이다. 2단계 사업에서 연간 순 이산화탄소 예상흡수량은 33.77 tCO₂/yr이고, 순 이산화탄소 예상흡수량은 1,013.11 tCO₂이다.

<표 4-14> 중촌근린공원 사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

	1단계	2단계
바이오매스 생장에 의한 탄소흡수량(a)	334.8 tC	283.4 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	0 tC	0 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	334.8 tC	283.4 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	1,227.6 tCO ₂	1,039.1 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.05)	61.4 tCO ₂	52.0 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	24.6 tCO ₂	20.8 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	1,141.7 tCO ₂	966.4 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	38.1 tCO ₂ /yr	32.2 tCO ₂ /yr

<표 4-15>와 <표 4-16>은 각각 중촌근린공원 1단계 사업 식재수량표, 2단계 사업 식재수량표로 각 사업에서 식재될 수종과 수종의 규격, 수량을 나타내었다. 1단계 사업에서 상록교목은 스트로브 잣나무가, 낙엽교목은 메타세콰이어가 비교적 많은 양 식재되었다. 2단계 사업에서 상록교목은 서양층백이, 낙엽교목은 왕벚나무가 비교적 많은 양 식재되었다.

〈표 4-15〉 증촌근린공원 1단계 사업 식재수량표

구분	품명	규격	단위	수량
상록교목	측백나무	H2.5×W0.8	주	349
	측백나무	H3.0×W1.0	주	-
	소나무(장송)	H8.0×R30	주	23
	소나무(장송)	H9.0×R40	주	16
	스트로브 잣나무	H3.0×W1.5	주	624
	스트로브 잣나무	H4.0×W2.0	주	-
낙엽교목	공작단풍	H2.0×R10	주	6
	느티나무	H7.0×R50	주	1
	느티나무	H4.5×R20	주	9
	은행나무	B35, R43 적용	주	2
	대추나무	H3.5×R10	주	10
	감나무	H3.0×R10	주	28
	매화나무	H3.5×R10	주	20
	메타세콰이어	H5.0×B12	주	217
	배롱나무	H2.5×R6	주	55
	산딸나무	H3.5×R10	주	23
	산딸나무	H3.0×R8	주	10
	산수유	H3.0×W1.5×R10	주	31
	산수유	H2.5×R8	주	10
	왕벚나무	H4.0×B12	주	145
	이팝나무	H3.5×R10	주	83
	백목련	H2.5×R8	주	25
	자작나무	H5.0×B12	주	15
	대왕참나무	H3.5×R10	주	95
	청단풍	H3.5×R15	주	90
	상수리나무	H3.5×R8	주	143
팽나무	H3.5×R10	주	33	
	교목합계		주	2,063

자료 : 대전광역시 공원녹지과, 증촌근린공원 총괄물량표(2014)

〈표 4-16〉 증촌근린공원 2단계 사업 식재수량표

구분	품명	규격	단위	수량
상록교목	서양측백	H2.5×W0.8	주	893
	소나무(둥근형)	H1.0×W1.2	주	43
	소나무(장송)	H9.0×R40	주	5
	소나무(장송)	H8.0×R30	주	18
	소나무(장송)	H8.0×R25	주	10
	소나무	H6.0×W3.0×R30	주	7
	소나무	H5.5×W2.5×R25	주	48
	소나무	H5.0×W2.5×R20	주	30
	스트로브잣나무	H2.5×W1.2	주	67
	잣나무	H2.5×W1.2	주	65
	히말라야시다	H2.5×W0.8×B8	주	26
낙엽교목	감나무	H3.0×R10	주	9
	꽃사과	H3.0×R8	주	3
	느티나무	H5.0×R30	주	3
	느티나무	H4.0×R15	주	10
	느티나무	R25	주	20
	대왕참나무	H4.0×R20	주	6
	대추나무	H3.5×R10	주	3
	마가목	H3.5×R10	주	15
	매화나무	H2.5×R6	주	10
	메타세콰이어	H4.0×R8	주	56
	배롱나무	H2.5×R8	주	15
	복자기	H3.0×R8	주	69
	산단풍	H2.5×R8	주	11
	산딸나무	H3.0×R8	주	25
	산벚나무	H3.5×R8	주	38
	살구나무	H3.0×R8	주	8
	상수리나무	R8	주	50
	왕벚나무	H3.5×B8	주	128
	왕벚나무	B15	주	20
	이팝나무	H3.5×R10	주	62
	자작나무	H3.5×B8	주	35
	중국단풍	R15	주	40
	쪽동백	H2.5×R6	주	69
청단풍	H2.5×R8	주	68	
칠엽수	H2.5×R8	주	20	
팽나무	R10	주	50	
홍단풍	H2.5×R8	주	54	

자료 : 대전광역시 공원녹지과, 증촌근린공원 총괄물량표(2014)

4. 판암근린공원

1) 개요

○ 사업목적

사회적 약자 밀집지역에 주민휴식과 소통을 위한 녹지공간을 조성하고, 방치된 공한지를 활용하여 쾌적하고 편안한 주민 휴식공간을 조성한다.

○ 사업기간 및 사업비

1단계 2012년, 24억 원

2단계 2013년 ~ 2014년, 18억 원(국비 9, 시비4.5, 구비 4.5)

○ 사업대상지 위치 및 면적

대전광역시 동구 판암동 산 11-3번지 일원

총 사업계획면적(산림지역 제외) 49,082m², 녹지면적 14,300m², 2단계 10,000m²

○ 사업내용

도시숲 복원, 산책로 조성, 편익시설설치, 주차장 등

[그림 4-11]은 판암근린공원 부지 현황사진이다. 산림지역을 제외한 지역을 공원 면적으로 한다. [그림 4-12]는 판암근린공원 조성계획 조감도이다. 도시숲 외에도 다기능노인복지관, 게이트볼장 등의 시민들을 위한 편익시설이 위치한다.



[그림 4-11] 판암근린공원 부지 현황



[그림 4-12] 판암근린공원 조성계획 조감도

2) 예상 이산화탄소 흡수량

<표 4-17>은 판암근린공원 사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 1단계 사업에서 1.01ha의 녹지면적에 267주가 식재되었으며, 2단계에서 0.41ha의 녹지면적에 204주가 식재될 계획이다. 탄소상쇄 사업기간 30년에 대한 1단계 사업의 순 이산화탄소 예상흡수량은 129.94 tCO₂ 이고, 연간 순 이산화탄소 예상흡수량은 4.33 tCO₂/yr이다. 2단계 사업에서 순 이산화탄소 예상흡수량은 108.34 tCO₂이고, 연간 순 이산화탄소 예상흡수량은 3.61 tCO₂/yr이다.

<표 4-17> 판암근린공원 사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

	1단계	2단계
바이오매스 생장에 의한 탄소흡수량(a)	38.1 tC	31.8 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	0 tC	0 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	38.1 tC	31.8 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	139.7 tCO ₂	116.5 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.05)	7.0 tCO ₂	5.8 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	2.8 tCO ₂	2.3 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	129.9 tCO ₂	108.3 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	4.3 tCO ₂ /yr	3.6 tCO ₂ /yr

<표 4-18>과 <표 4-19>는 각각 판암근린공원 1단계 사업 식재수량표, 2단계 사업 식재수량표로 각 사업에서 식재될 수종과 수종의 규격, 수량을 나타낸다. 1단계 사업에서 상록교목은 옥향미, 낙엽교목은 왕벚나무가 비교적 많은 양 식재되었다. 2단계 사업에서 상록교목은 서양측백이, 낙엽교목은 왕벚나무가 비교적 많은 양 식재되었다.

<표 4-18> 판암근린공원 1단계 사업 식재수량표

구분	품명	규격	단위	수량
상록교목	장송	H8.0×R30	주	13
	장송	H9.0×R35	주	3
	소나무	H5.0×R20	주	10
	등근소나무	H1.2×W1.5	주	20
	옥향(이식)	H1.2×W1.5	주	40
	향나무(이식)	H3.0	주	1
낙엽교목	매죽나무	H3.0×R8	주	12
	목련	H3.5×R10	주	15
	배롱나무	H2.5×R8	주	5
	산딸나무	H3.0×R8	주	15
	산사나무	H3.0×R8	주	15
	산수유	H2.5×R8	주	18
	왕벚나무	H4.0×B12	주	45
	청단풍	H3.5×R15	주	22
	청단풍(이식)	R30	주	2
	청단풍(이식)	R20	주	2
	청단풍(이식)	R18	주	2
	청단풍(이식)	R15	주	12
	살구나무(이식)	R15	주	1
	왕벚나무(이식)	B8	주	13
	호두나무(이식)	R20	주	1
	교목합계		주	267

자료 : 대전광역시 공원녹지과, 판암근린공원 총괄물량표(2014)

<표 4-19> 판암근린공원 2단계 사업 식재수량표

구분	품명	규격	단위	수량
상록교목	서양측백	H1.5×W0.5	주	20
	소나무(조형)	H4.5×W2.0×R25	주	5
낙엽교목	느티나무	H4.0×R15	주	4
	배롱나무	H3.0×R10	주	28
	산수유	H3.0×R8	주	42
	매죽나무	H3.0×R8	주	15
	산사나무	H3.0×R8	주	8
	산딸나무	H3.0×R8	주	7
	서부해당화	H3.0×R8	주	15
	왕벚나무	H4.0×B10	주	40
	왕벚나무	H4.0×B10	주	20

자료 : 대전광역시 공원녹지과, 판암근린공원 총괄물량표(2014)

5. 장동문화공원

1) 개요

○ 사업목적

계족산 공원 맨발축제 등 각종행사와 연계하여 민간기업 등을 활용한 문화행사를 활성화하고 대전의 대표적인 여가·휴양공간의 장으로 조성코자 한다.

○ 사업기간 및 사업비

2013년 ~ 2016년, 192억 원(보상 56, 조성 130, 설계용역 등 6)

○ 사업대상지 위치 및 면적

대전광역시 대덕구 장동 457번지 일원, 85,488m²(국 18,120, 공 2,527, 사 64,841)

○ 사업내용

편익시설, 야외무대, 전시장, 잔디마당, 주차장 등

[그림 4-13]은 장동문화공원 부지 현황사진이다. 현재 이곳은 비닐하우스 및 전답으로 이루어져 있다. [그림 4-14]는 장동문화공원 조성계획 조감도이다. 치유의 숲과, 테마숲길이 조성될 예정이다.



[그림 4-13] 장동문화공원 부지 현황



[그림 4-14] 장동문화공원 조성계획 조감도

2) 예상 이산화탄소 흡수량

<표 4-20>은 장동문화공원 조성사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 계산한 표이다. 현재 사업에 대한 구체적인 계획이 나오지 않은 관계로 수종은 이산화탄소 흡수량의 최소값을 나타내는 B그룹(활엽수), O그룹(침엽수) 값을 차용하였으며, 치유의 숲이라는 공원의 주제와 사업비용을 고려하여 중촌근린공원과 유사한 식재밀도로 1ha당 1500주를 심는다고 가정하였다. 녹지면적의 경우, 계획평면도의 면적을 대략적으로 계산하여 전체면적의 30%인, 2.56ha(25.646m²)를 적용하였다. 위와 같은 조건으로 탄소상쇄 사업기간 30년에 대한 순 이산화탄소 예상흡수량은 1,478.19 tCO₂이고 연간 순 이산화탄소 예상흡수량은 49.27 tCO₂/yr이다.

<표 4-20> 장동문화공원 조성사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 성장에 의한 탄소흡수량(a)	433.5 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	0 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	433.5 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	1,589.5 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.05)	79.5 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	31.8 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	1,478.2 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	49.3 tCO ₂ /yr

6. 안영생활체육시설단지

1) 개요

○ 사업목적

대전의 스포츠산업도시로서의 성장기반을 구축하고, 전국 생활체육의 중심도시로 자리매김할 수 있는 성장기반을 마련한다. 또한, 원도심 및 지역경제 활성화 도모와 오월드, 뿌리공원, 안영IC 등을 연계한 관광자원 인프라 구축 및 전국 생활체육 대회 개최, 시민 여가공간 제공을 통한 지역주민의 삶의 질 향상에 기여코자 한다.

○ 사업기간 및 사업비

2012년 01월 ~ 2020년 12월, 994억 원(국비 96, 시비 598, 지방채 300)

○ 사업대상지 위치 및 면적

대전광역시 중구 안영동 400번지 일원, 164,490m²(자연녹지지역)

○ 사업내용

축구장(야구장 및 럭비장 겸용), 테니스장, 배드민턴장, 국궁장, 스포츠복플렉스, 주차장 등

[그림 4-15]는 안영생활체육시설단지 부지 현황사진이다. 현재 사업부지 대부분이 농경지로 이용되고 있으며, 그 주변에는 취락지와 주거지역이 위치해 있다. [그림 4-16]은 안영생활체육시설단지 조성계획 조감도이다.



[그림 4-15] 안영생활체육시설단지 부지 현황



[그림 4-16] 안영생활체육시설단지 조성계획 조감도

2) 예상 이산화탄소 흡수량

<표 4-21>은 안영생활체육시설단지 조성사업으로 인한 이산화탄소 연간 순 예상 흡수량을 계산한 표이다. 현재 사업계획상 녹지면적만 알 수 있어 수종은 이산화탄소 흡수량의 최소값을 나타내는 B그룹(활엽수), O그룹(침엽수) 값을 차용하였으며, 체육시설단지임을 고려하여 중촌근린공원 식재밀도의 약 50%인 1ha당 750주를 심는다고 가정하였다. 녹지면적은 3.40ha(33,992m²)이다. 위와 같은 조건으로 탄소상쇄 사업기간 30년에 대한 순 이산화탄소 예상흡수량은 981.61 tCO₂이고, 연간 순 이산화탄소 예상흡수량은 32.72 tCO₂/yr이다.

<표 4-21> 안영생활체육시설단지 조성사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

바이오매스 성장에 의한 탄소흡수량(a)	287.9 tC
바이오매스 손실에 의한 탄소배출량(b)	0 tC
바이오매스의 탄소축적 변화량(c=a-b)	287.9 tC
고사유기물의 탄소축적 변화량(d)	0 tC
토양의 탄소축적 변화량(e)	0 tC
총 이산화탄소 흡수량(f=(c+d+e)*44/12)	1,055.5 tCO ₂
사업 활동에 따른 배출량(g=f*0.05)	52.8 tCO ₂
누출량(h=f*0.02)	21.1 tCO ₂
순 이산화탄소 흡수량(i=f-g-h)	981.6 tCO ₂
연간 순 이산화탄소 흡수량(i/사업기간)	32.7 tCO ₂ /yr

7. 목재문화체험장

1) 개요

○ 사업목적

목재문화에 대한 다양한 체험 공간 제공으로 건강한 여가 문화를 창달하고, 목재의 기능 홍보 및 이용 수요 창출을 통한 저탄소 녹색성장에 기여한다.

○ 사업기간 및 사업비

2014년 ~ 2016년, 131억 원(국비 62억원, 시비 69억 원)

○ 사업대상지 위치 및 면적

대전광역시 중구 대사동 190-1번지 일원, 13,111m²

○ 사업내용

목재전시장 - 나무전시관(우리나무 100가지), 목재예술관, 목재문화관

목재체험장 - 목공예 체험장, 목재놀이관, 목가구(DIY)공방, 한옥체험, 목재테마족욕장, 우드버닝 체험, 목조체험교실 등

계족산 황톳길, 만인산 스카이로드 및 자연휴양림, 둘레산길, 보문산 숲길, 대청호수, 장태산휴양림, 한밭수목원, 오월드와 산림자원 연계

[그림 4-17]은 목재문화체험장 부지 현황사진이다. 목재문화체험장은 보문산 공원 내에 조성될 예정이다. [그림 4-18]은 목재문화체험장 내 목조주택 예시이다. 국산 목재를 이용한 20평짜리 목조주택(한옥)을 6동을 계획하고 있다.



[그림 4-17] 목재문화체험장 부지 현황



[그림 4-18] 목재문화체험장 조성계획 조감도(예시)

2) 예상 이산화탄소 흡수량

목재문화체험장 조성사업은 목제품이용 사업에 속하며, 조립이나 식생복구와는 계산식이 다르다. 목조주택으로 인한 이산화탄소 흡수량 계산을 위해서는 목조주택 설치에 필요한 제재목과 합판류 사용량을 알아야 한다. 그러나 현재 나온 계획상에 구체적인 자료가 없어 산림과학원에서 만든 시나리오와 비교하여 대략적인 계산을 하였다. 목제품이용 사업의 최소사업기간은 거래형 10년, 비거래형은 4년이다.

<표 4-22>는 목재문화체험장 조성사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량을 구하기 위한 표이다. 목조주택 시나리오에서 사업기간 10년, 100m²인 목조주택 1채를 건축할 때, 전체 이산화탄소 흡수량은 8 tCO₂이고 연간 이산화탄소 흡수량은 0.8 tCO₂/yr가 된다. 이에 대전시 목재문화체험장의 목조주택 20평(약 66m²), 6채, 사업기간 15년을 적용하여 계산하면, 전체 이산화탄소 흡수량은 47.52 tCO₂이고, 연간 이산화탄소 흡수량은 3.17 tCO₂/yr이다.

<표 4-22> 목재문화체험장 조성사업 이산화탄소 연간 순 예상흡수량

산정방법	면적(m ²)	사업기간(년)	주택수(채)	연간 이산화탄소 흡수량
사업기간 10년, 목조주택(100m ²) 1채 건축, 버퍼 5%, 8 tCO ₂ /채 적용	66	15	6	3.2 tCO ₂ /yr

8. 조림 사업

1) 개요

○ 사업목적

산림의 경제적·공익적 가치증진을 위한 나무심기로 품격 있고 가치 있는 산림자원 조성 및 저탄소 녹색성장의 기반을 구축한다.

○ 사업기간 및 사업비

2014년 03월 ~ 2014년 06월, 14.6억 만 원(국비 9.7, 시비 2.1억, 구비 2.8)

○ 사업대상지 위치 및 면적

총 82ha / 지역특화조림 60ha, 큰나무공익조림 20ha, 산림재해방지조림 2ha(공원 16ha, 동구 10ha, 중구 11ha, 서구 17ha, 유성구 19ha, 대덕구 9ha)

○ 사업내용

「5대 명산가꾸기」 시책사업 목표달성을 위해 지역특화조림 집중 추진, 설계·감리 제도의 정착을 통한 조림사업의 질적 향상 도모, 불량림 대상으로 친환경 벌채 및 조림을 통한 산림의 공익기능 강화, 풀베기 등 조림지 사후관리 체계를 강화하여 조림 성공률 향상에 기여

[그림 4-19], [그림 4-20]은 예시로 나타낸 조림 전 후 사진이다. [그림 4-21]은 산림경영 사업의 유형을 나타낸 그림이다. 산림경영 사업의 최소사업기간은 거래형 100년, 비거래형 10년이다. 사업유형은 세 가지가 있는데 이산화탄소 흡수량이 많은 수종으로 산림갱신을 통한 탄소흡수량 증대, 50년 이상 수확기에 도달한 임분을 수확벌채하지 않고 벌기령 연장을 통한 탄소흡수량 증대 및 후계림 조성, 택벌림 경영을 통한 탄소흡수량 증대가 있다.



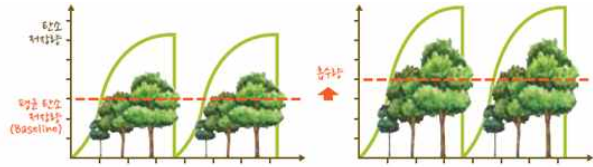
[그림 4-19] 조림조성 사업 전(예시)



[그림 4-20] 조림조성 사업 후(예시)

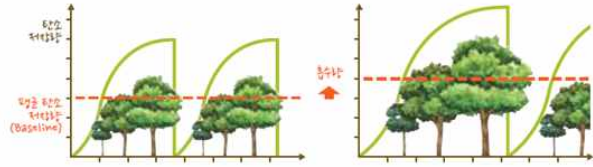
1. 이산화탄소 흡수량이 많은 수종으로 갱신

산림갱신을 통한 탄소흡수량 증대



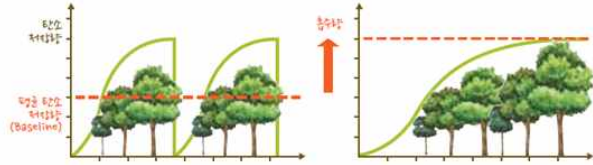
2. 50년 이상 수확기에 도달한 임분을 수확벌채하지 않고 벌기령 연장, 우계림 조성

벌기령 연장을 통한 탄소흡수량 증대



3. 50년 이상 수확기에 도달한 임분의 일부(10%)만 벌채하고 추가 식재

대벌림 경영을 통한 탄소흡수량 증대



[그림 4-21] 산림경영 사업의 유형

자료 : 산림청, 산림탄소상쇄제도 리플렛(2014), 그림 발췌 및 재정리⁵⁵⁾

2) 예상 이산화탄소 흡수량

5대 명산가꾸기 사업은 식생복구 사업이 아닌 산림경영 수종갱신형 사업에 속한다. 이를 계산하기 위해서는 수종 및 재적 등의 자료가 필요하나, 현재 사업계획상 나와 있는 구체적인 자료가 없어서 대략적인 계산에 어려움이 있다. 예시로 이브자리 산림경영 사업은 면적 ha당 이산화탄소 흡수량이 8.4 tCO₂이다.

55) 「산림자원 조성 및 관리에 관한 법률 시행규칙」제7조 제2항에 소나무의 현행 벌기령은 국유림 70년, 공·사유림 50년으로 규정되어 있으며, 수확을 위한 벌채는 공·사유림을 기준으로 소나무의 경우 50년, 잣나무 60년, 낙엽송 40년과 같이 등급이 아닌 수종별 일정 수령이 되어야만 벌채가 가능

9. 대사근린공원

1) 개요

○ 사업목적

보문산 공원 내 경관 저해지역인 구)그린랜드 일원을 자연생태공원으로 복원하여 공원의 경관을 개선하고, 보문산 공원 명소화로 보문산권 관광 및 시민 이용 활성화에 기여한다.

○ 사업기간 및 사업비

2009년 03월 ~ 2014년 12월, 33억 원(국비 15, 시비 18)

○ 사업대상지 위치 및 면적

대전광역시 중구 대사동 190-1번지 일원, 44,066m²

○ 사업내용

그린랜드 지구 생태숲·놀이터 조성, 야외음악당 정비, 생활체육시설 정비(2개소), 진입로 정비 등

[그림 4-22]는 현재 대사근린공원의 부지현황이다. 현재 그린랜드 시설이 장기간 방치되어 있는 상태이다. [그림 4-23]은 대사근린공원 조성계획 조감도이다.

2) 산림탄소상쇄제도 등록 요건 검토

본래 산림이었던 곳을 공원으로 조성하는 사업으로 산림탄소상쇄제도의 등록 요건에 적합하지 않다.



[그림 4-22] 대사근린공원 부지 현황



[그림 4-23] 대사근린공원 조성계획 조감도

10. 행평근린공원

1) 개요

○ 사업목적

주변관광자원과 연계한 대전의 대표적 국제관광명소로 개발 미래 신 성장 동력인 관광산업육성 지역경제 활성화에 기여하고 부족한 주차시설을 확충·보완하여 교통체증을 해소한다.

○ 사업기간 및 사업비

2013년 ~ 2016년, 260억 원(보상 120억원, 조성 130억 원, 실시설계용역 등 10억원)

○ 사업대상지 위치 및 면적

대전광역시 중구 사정도 170번지, 산38번지 일원, 69,300m²(공원시설 54,800, 주차장 14,500)

○ 사업내용

사계절테마파크, 숲속테마파크, 주차장 조성 등

[그림 4-24]는 행평근린공원의 부지 현황이다. 현재 조성계획 중인 곳은 임야 및 주거지역이며, 그 옆에는 플라워랜드가 위치하고 있다. [그림 4-25]는 행평근린공원 조성계획 조감도이다.

2) 산림탄소상쇄제도 등록 요건 검토

기존의 산림 지역에 이용하여 테마파크 및 주차장을 조성함으로써 산림탄소상쇄제도 등록 요건에는 적합하지 않다.



[그림 4-24] 행평근린공원 부지 현황



[그림 4-25] 행평근린공원 조성계획 조감도

11. 숲 가꾸기 사업

1) 개요

○ 사업목적

산림의 경제적·환경적 가치 제고 및 기후변화에 대응하고 녹색 일자리 창출을 통해 저탄소 녹색성장의 비전에 기여한다.

○ 사업기간 및 사업비

2014년 02월 ~ 2014년 11월, 32억5백만 원(국비 16.2, 시비 9.3, 구비 6.4)

○ 사업대상지 위치 및 면적

총 780ha

큰나무 숲가꾸기 600ha / 공원100, 동구50, 중구150, 서구150, 유성100, 대덕50

어린나무 가꾸기 120ha / 공원45, 동구5, 중구5, 서구50, 유성10, 대덕5

조림지 숲가꾸기 60ha / 공원10, 중구20, 서구20, 유성5, 대덕5

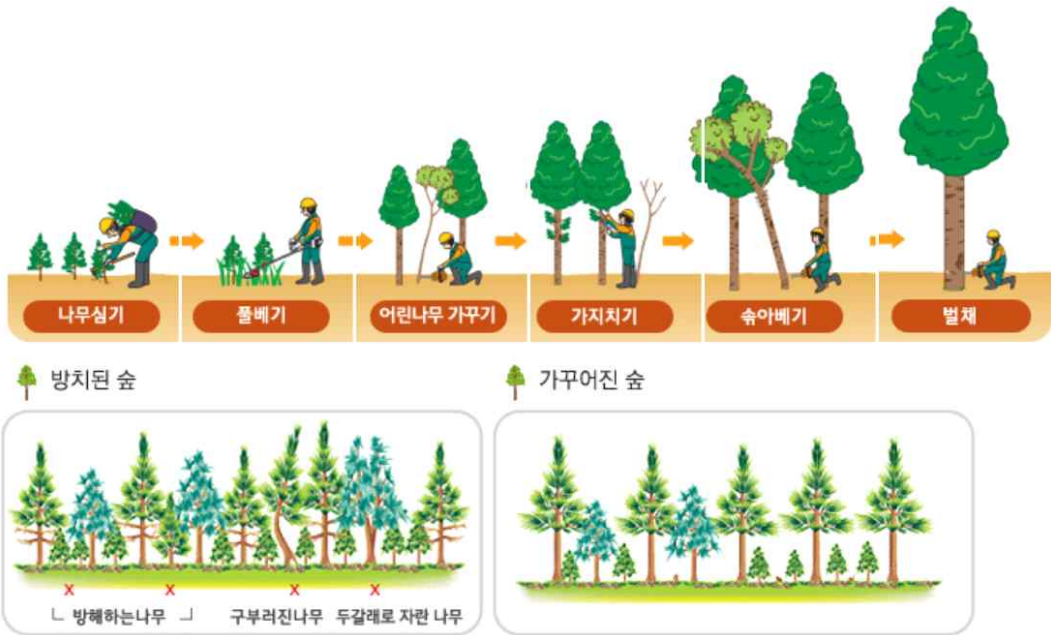
○ 사업내용

산림의 6개 기능별 고유 목적이 달성될 수 있도록 숲가꾸기 사업 실행, 도로변 가시권 및 인공림 우선 추진하여 경제적 가치 제고와 가시적 성과 창출, 숲가꾸기 사업장을 규모화·집단화하고 산물수집 확대 에너지 자원으로 공급, 실시설계·감리 제도 정착을 위한 평가·모니터링 및 기술교육 강화, 숲가꾸기 효과 계량화, 사업평가, 실적관리 및 홍보강화 등

2) 산림탄소상쇄제도 등록 요건 검토

[그림 4-26]은 숲 가꾸기 과정이다. 나무심기, 풀베기, 어린나무 가꾸기, 가지치기, 솎아베기, 벌채를 통해 나무가 곧게 자라도록 한다. 숲을 가꾸기 위해서는 지속적인 관리가 필요하다.

현재 산림탄소상쇄제도에서는 숲가꾸기 사업의 이산화탄소 흡수량을 계산할 수 있는 운영표준이 제시되고 있지 않으므로 대상 후보지에서 본 유형에 대한 산정은 제외되었다.



[그림 4-26] 숲 가꾸기 사업 과정

자료 : 네이버 블로그, 숲가꾸기 효과-과정(2012), <http://xkingkong.blog.me/120157312114>

제3절 대전시 이산화탄소 흡수 잠재량 비교

1. 흡수 잠재량 총괄 비교

대상 후보지 11개 사업 중 산림탄소상쇄 요건에 부합되는 사업은 7개 사업이다. 그 중 6개 사업은 식생복구 사업에 해당되어 사업기간 30년으로 계산하였으며, 나머지 1개 사업인 목재문화체험장은 목제품이용 사업으로 사업기간 15년으로 계산하였다. 현재 식재 계획이 반영된 것은 중촌근린공원과 판암근린공원이며 그 외의 사업은 아직 세부계획이 나오지 않은 관계로 이산화탄소 흡수량이 적은 수준을 보수적으로 반영하였다.

<표 4-23>은 대전시 대상 후보지의 이산화탄소 흡수량 산정 총괄표이다. 산림탄소상쇄 등록 요건에 적합하지 않은 3가지 대상 후보지와 흡수량 산정 가이드라인이 없는 1가지 대상 후보지를 제외한 7개의 대상 후보지의 이산화탄소 흡수 잠재량을 나타냈다. 7개 사업 15ha에 대해서 예상되는 총 이산화탄소 흡수량 6,078 tCO₂이고, 연간 이산화탄소 흡수량은 204 tCO₂/yr이다.

이산화탄소 흡수량이 가장 많은 사업은 장동문화공원 사업으로 총 이산화탄소 흡수량은 1,478.2 tCO₂이고 연간 이산화탄소 흡수량은 49.3 tCO₂이다. 그 외에 자연마당 사업의 총 이산화탄소 흡수량은 791.4 tCO₂이고 연간 이산화탄소 흡수량은 26.4 tCO₂이며, 샘머리근린공원 사업의 총 이산화탄소 흡수량은 432.9 tCO₂이고 연간 이산화탄소 흡수량은 14.4 tCO₂이다. 중촌근린공원 사업은 실제 사업계획서에 따라 면적 ha당 1242본 식재하며, 총 이산화탄소 흡수량은 2108.1 tCO₂이고, 연간 이산화탄소 흡수량은 70.3 tCO₂으로 산정되었다. 판암근린공원 사업 역시 실제 사업계획서에 따라 면적 ha당 382본 식재하여 산정된 총 이산화탄소 흡수량은 238.2 tCO₂이고, 연간 이산화탄소 흡수량은 7.9 tCO₂이다. 안영생활체육단지 사업의 총 이산화탄소 흡수량은 981.6 tCO₂이고 연간 이산화탄소 흡수량은 32.7 tCO₂으로 산정되었다. 목재문화체험장의 총 이산화탄소 흡수량은 47.5 tCO₂이고 연간 이산화탄소 흡수량은 3.2 tCO₂이다.

<표 4-23> 대전시 산림탄소상쇄 이산화탄소 흡수량 총괄표

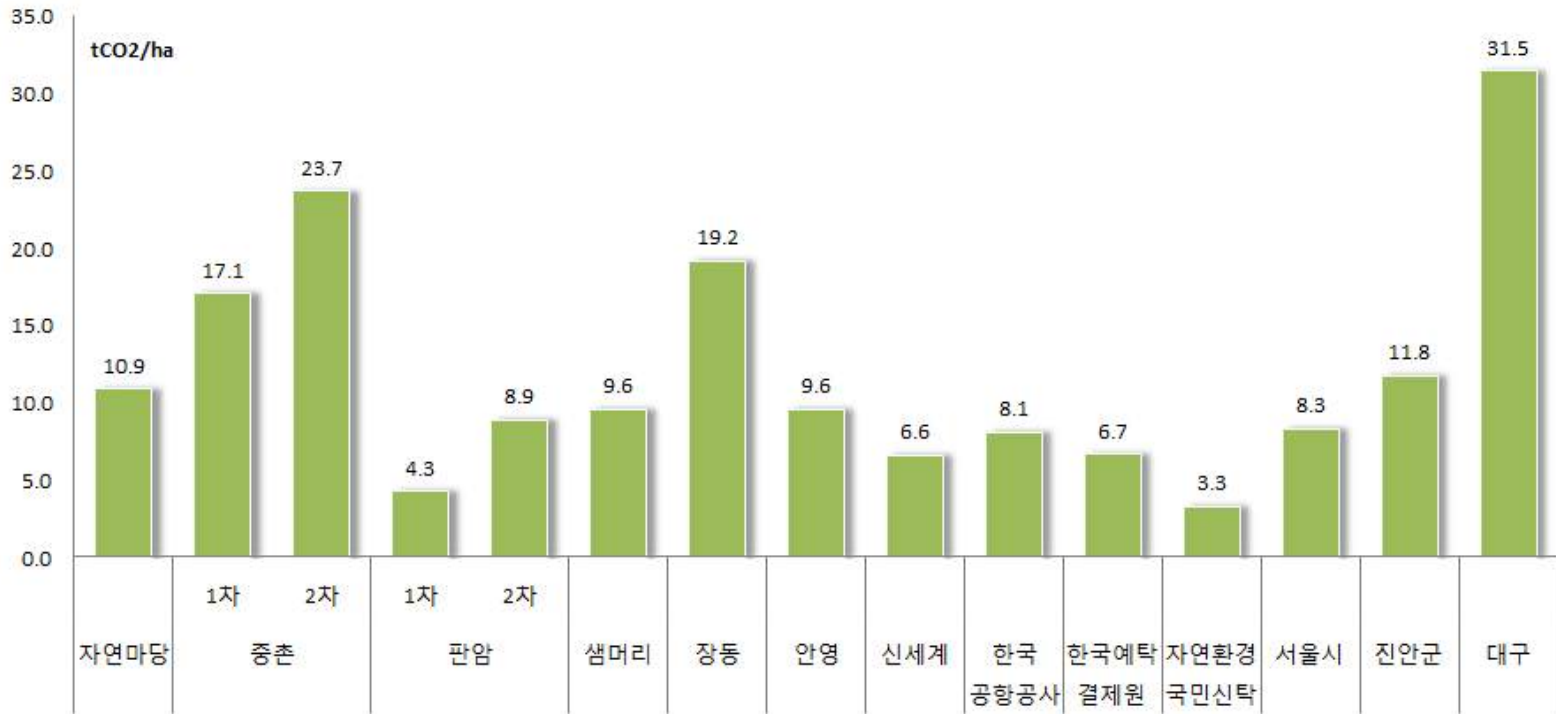
그룹별	대표수종	자연마당	샘머리	중촌		관암		장동	안영	목재	
				중촌1차	중촌2차	관암1차	관암2차				
활엽수	A	느티나무	-	-	40.3	77.9	-	3.8	-	-	-
	B	왕벚나무	-	340.9	100.1	134.6	44.9	50.3	1,164.5	773.3	-
	C	양버즘나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	회화나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E	이팝나무	-	-	77.6	58.0	-	-	-	-	-
	F	단풍나무	-	-	80.0	201.8	33.3	-	-	-	-
	G	백합나무	-	-	15.2	-	9.1	-	-	-	-
	H	상수리나무	649.1	-	180.3	64.8	-	-	-	-	-
	I	산수유	-	-	44.9	15.2	20.0	29.7	-	-	-
	J	버드나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	K	계수나무	-	-	56.4	70.4	10.9	26.1	-	-	-
침엽수	L	은행나무	-	-	1.5	-	-	-	-	-	-
	M	메타세콰이어	-	-	388.6	100.3	-	-	-	-	-
	N	구상나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	O	소나무,잣나무	201.9	124.6	146.7	70.6	10.2	1.1	425.0	282.2	-
	P	편백,향나무	-	-	96.0	245.6	11.3	5.5	-	-	-
Q	가문비나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂)		791.4	432.9	1141.7	966.4	129.9	108.3	1,478.2	981.6	47.5	
연간 순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /yr)		26.4	14.4	38.1	32.2	4.3	3.6	49.3	32.7	3.2	
면적(ha)		2.4	1.5	2.2	1.4	1.0	0.4	2.6	3.4	-	
나무 식재량 합계(본수)		1,823	1,125	2,063	2,109	267	204	3,840	2,550	-	
면적당 나무 본수(본수/ha)		750	750	929	1,554	263	501	1,500	750	-	

2. 면적당·본수당 흡수 잠재량 비교

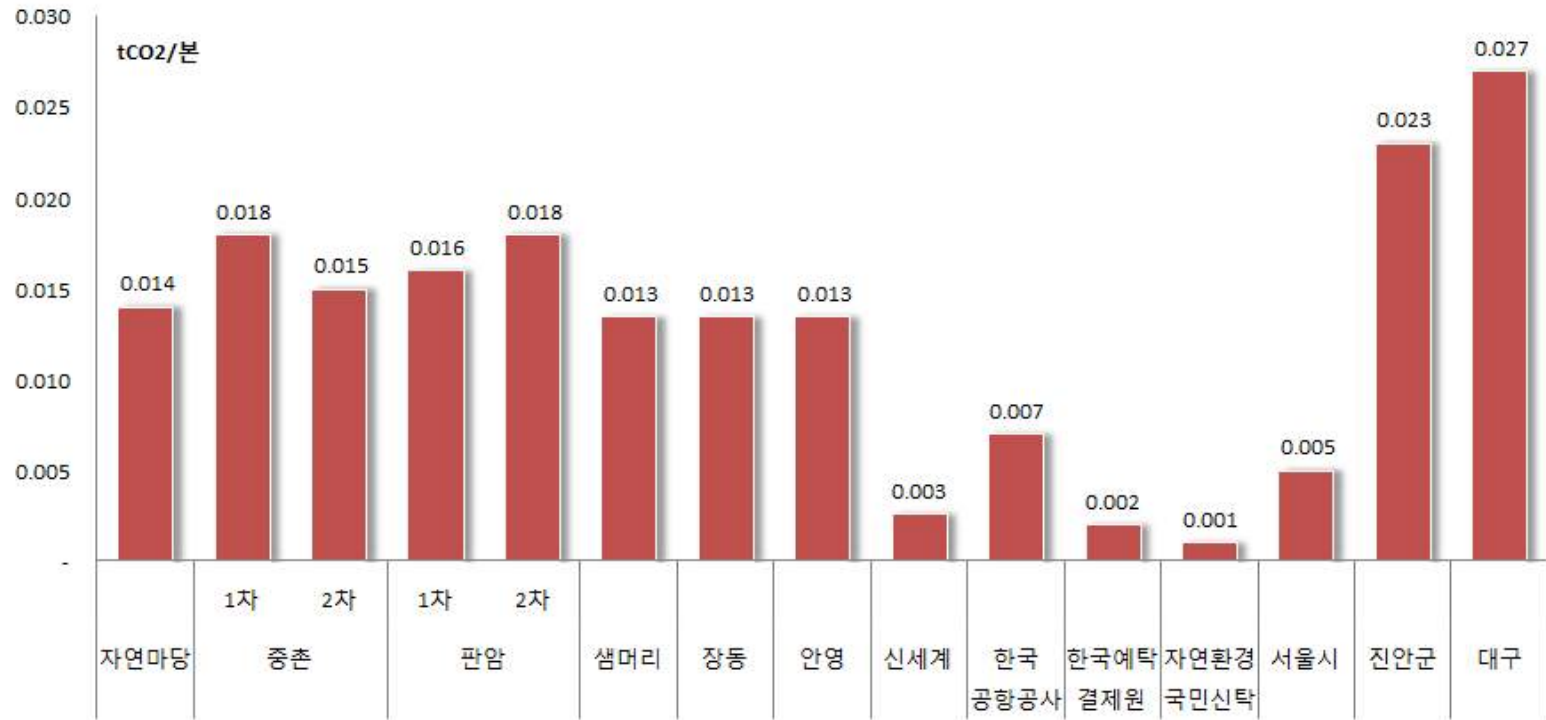
목재문화체험장을 제외시킨 대전시 6개의 대상 후보지와 산림탄소상쇄 시범사업 지역, 본 사업 지역을 비교해보았다. 대전시 6개 대상 후보지 및 신세계, 한국공항 공사, 서울시의 사업기간은 30년, 진안군과 대구시의 사업기간은 50년, 예탁결제원의 사업기간은 9년, 자연환경국민신탁의 사업기간은 10년이다.

[그림 4-27]은 면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량을 그래프로 나타낸 것이다. 대전시 대상 후보지의 면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량은 최소 2.7 tCO₂/ha에서 최대 23.7 tCO₂/ha이다. 그 중 중촌근린공원의 1차, 2차 사업을 모두 합친 순 이산화탄소 흡수량이 가장 높았다. 면적 ha당 식재본수가 비교적 많기 때문이다. 시범 사업은 최소 3.3 tCO₂/ha, 최대 8.1 tCO₂/ha이었으며, 본 사업에서는 대구가 31.5 tCO₂/ha로 가장 큰 값을 나타냈다. 이는 면적 ha당 식재량이 높을 뿐만 아니라, 기존 조림/재조림 사업에서 사용된 산정식이 아닌 식생복구 사업 산정식을 적용하였기 때문이다. 또한 대전시는 임령 10년 묘목을 식재하여 40년이 될 때의 본수당 흡수량(지위지수 중)을 기준으로 하였고, 대구시는 어린묘목 식재 후 50년 본수당 흡수량을 기준으로 하였고, 서울시는 어린묘목 식재 후 30년이 될 때 본수당 흡수량(지위지수 하, 10)을 기준으로 산정하였다.

[그림 4-28]은 본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량을 그래프로 나타낸 것이다. 대전시 대상 후보지의 본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량은 평균적으로 0.013 tCO₂/본이다. 후보지 별로 유사한 값이 나온 것은, 현재 중촌근린공원과 판암근린공원을 제외한 사업지의 정확한 식재량이 나오지 않아 중촌근린공원을 기준으로 식재량을 예측하였기 때문이다. 시범사업 지역은 산정방법(조림사업 산정식)의 차이로 본 사업, 대전시 대상 후보지 사업지보다 비교적 작은 값을 나타내는 것을 알 수 있다.



[그림 4-27] 면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량 비교



[그림 4-28] 본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량 비교

제 5 장

결론 및 정책건의

제1절 종합 결론

제2절 정책 건의

제5장 결론 및 정책건의

제1절 종합 결론

도시숲의 환경적 편익과 사회경제적 편익을 동시에 활용할 수 있는 방법이 산림탄소상쇄이며, 도시숲의 이산화탄소 흡수 기능은 지구온난화를 방지한다는 면에서 환경적인 편익을 제공할 뿐 아니라 탄소크레딧을 확보가능하게 함으로써 사회경제적 편익을 제공한다.

산림탄소상쇄 시범사업 추진 이후 2013년 2월에 산림탄소상쇄제도 내용을 담은 탄소흡수원법이 제정·시행되어, 본 사업 실시하고 확장할 기반을 마련하는 단계에 접어들었다. 또한 '사회공헌형 산림탄소상쇄제도 운영표준' 개정(행정예고 2014.9)을 통해 식생복구 활동 사업이 탄소상쇄 활동으로 인정됨으로써 대전시 도시공원 사업에 대해 적용가능한 사업으로 검토되었다.

이에 국내외 산림탄소상쇄 제도 및 사업 사례 조사 및 운영 지침 검토하여 대전에서 적용가능한 도시형 탄소상쇄 숲 대상 후보지를 선정하였다.

식생복구 사업에 대한 가로수 및 공원 수목에 대한 DBH 생장률이 개발되지 않아, 본 연구에서는 국립산림과학원에서 제시하고 있는 수종그룹별, 가슴높이 지름별, 식재공간 유형별 흉고직경 생장에 따른 총 이산화탄소 흡수량 환산표를 적용하여 이산화탄소 흡수량을 산정하였다.

사회공헌형 산림탄소상쇄 사업의 대상 후보지로 자연마당, 샘머리근린공원, 중촌근린공원, 판암근린공원, 장동문화공원, 안영생활체육시설단지, 목재문화체험장, 조림(5대명산 가꾸기), 대사근린공원, 행평근린공원, 숲가꾸기 사업 등 총 11개 사업을 검토하였으며, 사업 등록 요건에 부합하는 사업은 총 7개 사업으로 자연마당, 샘머리근린공원, 중촌근린공원(1차, 2차), 판암근린공원(1차, 2차), 장동문화공원, 안영생활체육단지, 목재문화체험장이 이에 해당되었다.

[그림 5-1]은 각 대상 후보지에서 흡수하는 이산화탄소량을 비교하여 나타낸 그림이다. 7개 대상 후보지 사업 15ha에 대해 연간 204.2 tCO₂/yr을 흡수하는 것으로 산정되었다. 특히 대전시 도시형 탄소상쇄 숲 조성에 의해 신도심(둔산동) 및 구도심(중촌동)의 이산화탄소 흡수량이 크게 증대될 것으로 분석되었다.



[그림 5-1] 대전시 산림탄소상쇄 이산화탄소 흡수량 지도

대전시 대상 후보지의 면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량은 최소 2.7 tCO₂/ha에서 최대 23.7 tCO₂/ha이며, 평균 순 이산화탄소 흡수량은 12.9 tCO₂/ha으로, 기존 산림탄소상쇄 등록 사업 평균 10.9 tCO₂/ha보다 높게 분석되었다(표 5-1). 대전시 대상 후보지 중에서 중촌근린공원 2차 사업의 면적당 순 이산화탄소 흡수량이 가장 높았으며, 이는 면적 ha당 식재본수가 비교적 많기 때문이다.

대전시 대상 후보지의 본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량은 평균적으로 0.015 tCO₂/분으로 기존 산림탄소상쇄 등록 사업 평균 0.010 tCO₂/분 보다 높게 분석되었다. 대전시 대상 후보지 중에서 중촌근린공원 1차 및 판암근린공원 2차 사업의 본수당 순 이산화탄소 흡수량이 가장 높았으며, 이는 이산화탄소 흡수량이 많은 수종의 식재가 비교적 많기 때문으로 분석되었다.

<표 5-1> 대전시 및 국내 사업 이산화탄소 흡수량 산정 비교표

구분	자연 마당	샘머리	중촌		판암		장동	안영
			1차	2차	1차	2차		
면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /ha)	10.9	9.6	17.1	23.7	4.3	8.9	19.2	9.6
본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /분)	0.014	0.013	0.018	0.015	0.016	0.018	0.013	0.013
면적당 나무 본수(본/ha)	750	750	929	1,554	263	501	1,500	750
구분	신세 계	한국공 항공사	한국 예탁 결제 원	자연 환경 국민 신탁	서울 시	진안 군	대구 시	평균
면적당 연간 순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /ha)	6.6	8.1	6.7	3.3	8.3	11.8	31.5	12.0
본수당 연간 순 이산화탄소 흡수량(tCO ₂ /분)	0.003	0.007	0.002	0.001	0.005	0.023	0.027	0.013
면적당 나무 본수(본/ha)	2,550	1,092	2,952	3,000	1,667	511	1,176	1,330

제2절 정책건의

1. 이산화탄소 흡수량 극대화를 위한 식재 가이드라인 발굴

기존 도시숲을 탄소상쇄 숲으로 적용하기 위해서는 이산화탄소 흡수량을 극대화시킬 수 있는 식재 가이드라인을 발굴하여야 한다. 특히 <표 5-2>와 같이, 식재 수령에 따라 이산화탄소 흡수량이 달라지므로 도시공원의 기능을 살리면서 흡수량을 증대시킬 수 있는 수종 및 임령을 선택하여야 한다.

<표 5-2> 도시숲 그룹별 수령에 따른 30년간 이산화탄소 흡수 잠재량(kgCO₂)

그룹	수종	수령(년생)										
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
활엽수												
A	느티나무	762	850	938	1,025	1,110	1,194	1,274	1,353	1,430	1,504	1,576
B	벚나무	549	579	606	630	650	668	684	699	711	722	732
C	양버즘나무	1,406	1,543	1,674	1,799	1,918	2,032	2,140	2,242	2,339	2,432	2,521
D	회화나무	996	1,118	1,241	1,363	1,484	1,603	1,720	1,834	1,947	2,057	2,164
E	이팝나무	749	842	935	1,028	1,120	1,210	1,300	1,388	1,474	1,558	1,640
F	중국단풍나무	677	755	834	911	986	1,061	1,133	1,203	1,271	1,338	1,402
침엽수												
L	은행나무	612	674	734	791	846	898	949	997	1,042	1,086	1,128
M	메타세콰이어	1,570	1,686	1,791	1,887	1,974	2,054	2,127	2,672	2,257	2,315	2,368

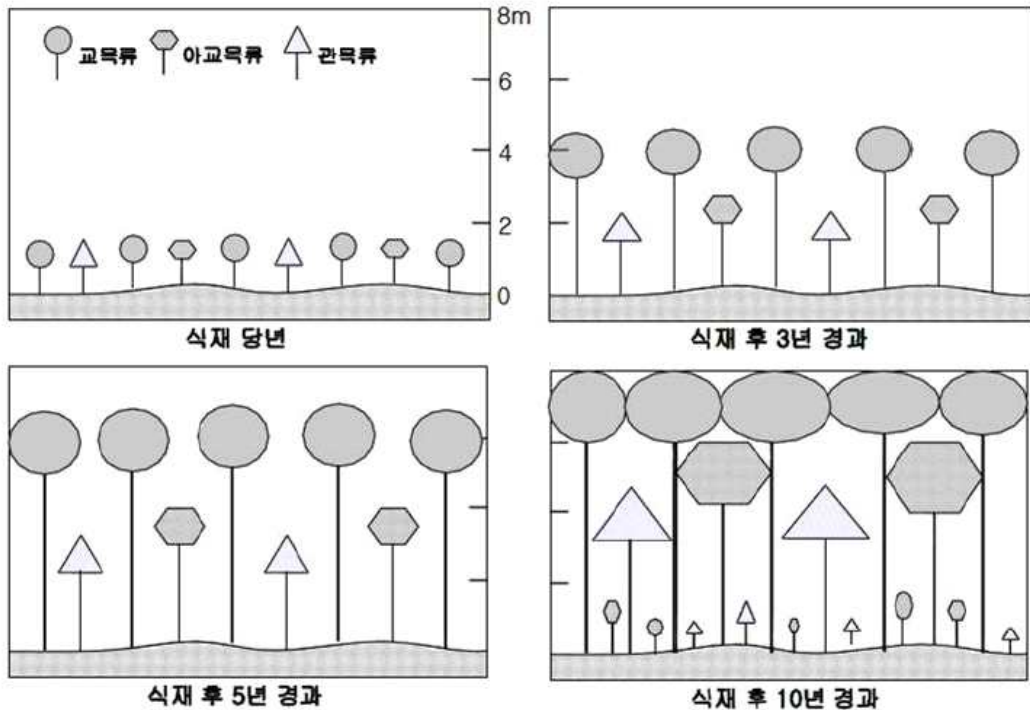
하지만 이산화탄소 흡수량 증대만을 위해 식재 계획을 수립한다면 시민들에게 그늘 제공, 공원의 경관 등 도시공원의 다양한 기능을 저해할 가능성이 있다. 따라서 기능에 따른 수종의 적절한 식재를 통하여 도시공원으로서의 기능을 유지할 필요가 있다.

<표 5-3>은 수종을 분류한 표이다. 장기수란 오랜 기간 자라서 큰 목재를 생산하는 수종이고 속성수란 생장이 빠르고 벌기가 짧은 나무를 일컫는다. 유실수는 과일 생산을 목적으로 재배하는 나무를 뜻한다.

<표 5-3> 기능에 따른 수종의 분류

조림수종	장기수	잣나무, 낙엽송, 리기테다, 강송, 삼나무, 편백, 화백, 참나무류, 자작나무류 등
	속성수	이태리, 포플러, 양황철, 오동나무, 아까시나무 등
	유실수	밤나무, 호두나무 등
녹음수종	교목	느티나무, 느릅나무, 툼나무, 메타세콰이어, 계수나무, 단풍나무류, 자작나무, 층층나무, 칠엽수, 은행나무, 버즘나무, 화나무, 참나무류, 때죽나무 등
	관목	쥐똥나무, 팽팽나무, 눈향나무, 사철나무, 회양목 등
꽃나무	교목	벚나무, 꽃사과, 목련, 모과나무, 이팝나무, 살구나무, 모감주나무 등
	관목	개나리, 철쭉류, 명자꽃, 박태기나무, 병꽃나무, 수국류, 수수꽃다리, 진달래, 해당화, 꽃말발도리, 조팝나무, 자귀나무, 배롱나무, 개쉬땅나무, 작약 목단 등
열매관상수	교목	산딸나무, 마가목, 산사나무, 산수유, 팔배나무, 야광나무, 모감주나무 등
	관목	낙상홍, 매자나무, 작살나무, 화살나무, 왕보리수, 앵두나무, 백당나무, 산머루, 나무딸기(복분자), 괴불나무 등
기타수종	유실과수	매실나무, 유자나무, 감나무, 모과나무, 개암나무, 대추나무 등
	특용수	두충나무, 닥나무, 후박나무, 오갈피나무, 헛개나무, 울나무, 두릅나무, 밀원수종, 지피식물 등

[그림 5-2]는 숲이 조성되는 과정을 나타낸 것이다. 각 수목의 수종에 따라 자라는 속도와 크기가 다르기 때문에, 수종의 특성을 파악하여 적절한 간격의 식재밀도로 식재하는 것이 중요하며 지속적인 관리가 필요하다.

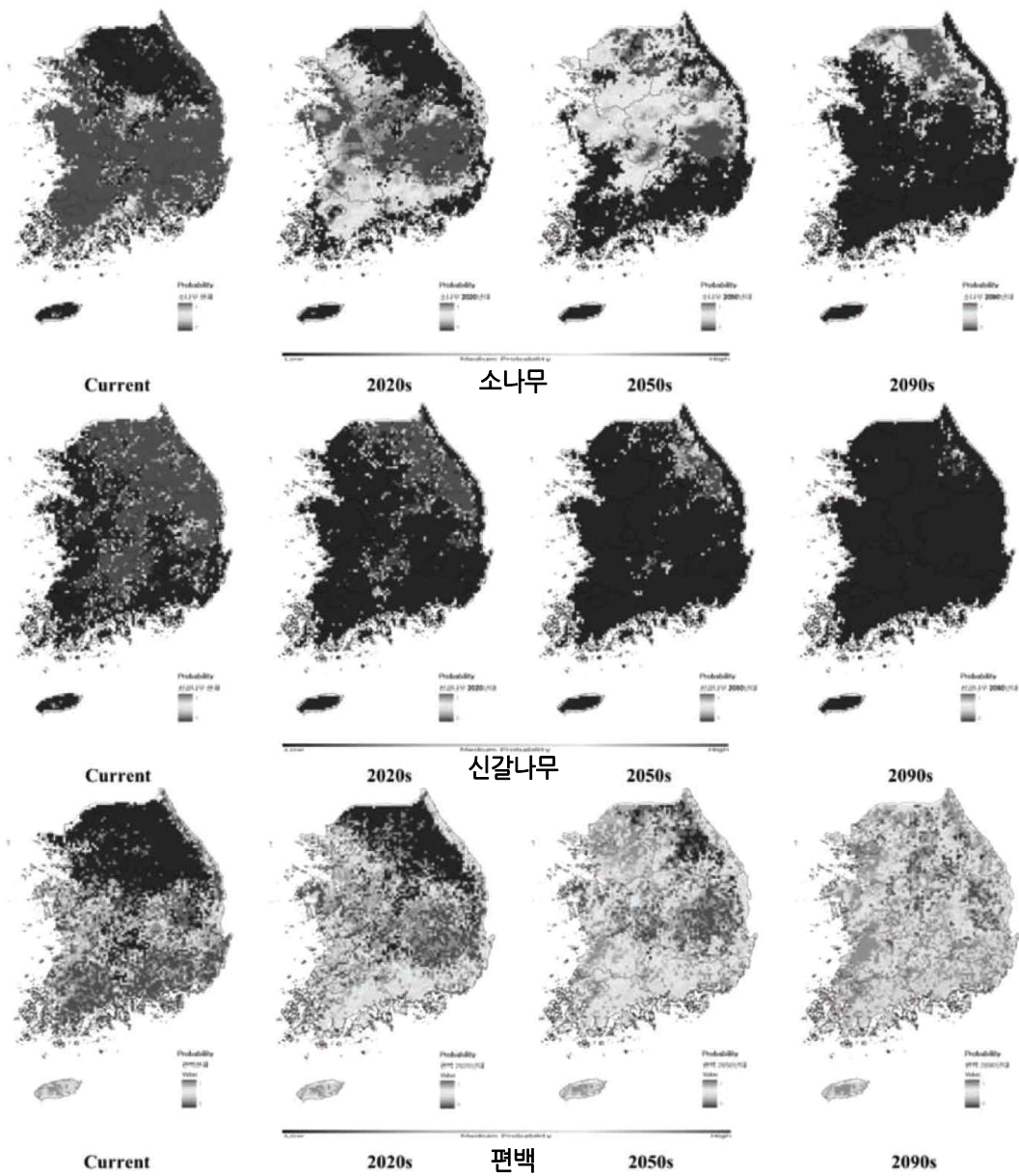


[그림 5-2] 다양한 수종의 식재 후 산림조성 과정

자료 : 서울시, ㈜이브자리 사업계획서(2014.3)

2. 기후변화 적응에 대응하는 탄소상쇄 숲 조성

기후변화 적응에 대응하는 탄소상쇄 숲의 조성을 검토하여야 하며 기후변화의 수목 성장에 대한 영향·잠재 식생 변화 등을 고려한 탄소상쇄 숲 개념 정리가 필요하다. [그림 5-3]은 소나무, 신갈나무와 편백의 잠재 식생변화를 나타낸 그림이다. 2020년 이후 2050년, 2090년 수종별로 기후변화에 의한 식생변화가 나타남을 알 수 있다. 이는 기후변화에 의해 특정 수목이 특정 지역에서 고사하는 등 성장에 영향을 미치는 것을 의미한다. 도시숲 조성 사업은 30년 이상 50년을 바라보는 사업이기 때문에 기후변화에 의한 주산지 변경 등 식생변화를 고려하여 식재계획 수립하여야 한다. 또한, 환경성 질환인 알레르기 질환 예방·관리 면에서도 도시림과 도시공원에 저자극성(hypoallergenic) 식물 종을 식재하는 것이 바람직하다.



[그림 5-3] 기후변화에 따른 소나무, 신갈나무, 편백 잠재 식생변화
 자료 : 관계기관 포럼, WGII 제5차보고서에 대한 산림부문 대처방안(2014.4)

3. 대전시 탄소상쇄 숲 활성화 방안

탄소상쇄 숲 활성화를 위해서 대전 시민과 함께하는 소통의 도시숲 사업을 추진하고, 기업참여 독려로 민관협력 녹색사업을 추진하여야 한다. 서울시는 ‘서울, 꽃으로 피다’ 사업 일환으로 2018년까지 탄소상쇄 숲 10개소 조성을 계획하고 있다. 이는 기업의 사회공헌사업으로 비예산 사업이며, 현재 암사역사생태공원에 이어 고덕천 천변, 서초구 개발제한구역 내 상쇄 숲을 추진 중에 있다.



[그림 5-4] 암사역사생태공원의 탄소상쇄숲 조성사업

또한 도시공원 등 신규 사업 이외에 기존 사업에서 추가 발굴하거나 신규 나대지를 발굴하도록 한다. 특히 대전 3000만 그루 나무심기 일환 사업 중 2010년 녹색성장기본법 이후 완료 사업을 추가 발굴한다. 목재문화체험장 등 신규 사업 이외에 기존 사업에서도 추가 발굴하여야 하며 향후 목조주택 건설을 추진하여야 한다. 특히, 대전시 한옥 목조주택 단지 건설 등 향후 유사 계획 추진 및 기존 사업 발굴 후 등록을 추진토록 한다. 신규조림/재조림, 산림경영은 매 5년, 목제품 이용은 매 2년 모니터링을 실시하고 결과보고서를 작성하여 탄소흡수량 모니터링 및 공원 식생 상태를 철저히 관리하여야 한다.

최근 ‘사회공헌형 산림탄소상쇄제도 운영표준’이 개정(행정예고 2014.9)으로 식생복구 사업과 산지전용 억제 사업이 추가되어, 대전시 사업은 식생복구 사업으로 등록이 가능하다. 또한 한해 흡수량 600 tCO₂ 이하의 소규모사업도 여러 개를 묶어 하나로 인정받을 수 있게 되므로 일괄 신청하여 등록 추진이 가능하다.

4. 온실가스 배출권거래제 상쇄제도 연계 활용

2015년 1월부터 온실가스 배출권거래제 본격 시행으로 대전시는 대상 업체이며 관내 환경기초시설 11개소가 할당신청 예정이다. 현재 외부사업 타당성 평가 및 감축량 인증에 관한 지침 제정안이 나왔다.

이는 [그림 5-5]와 같이 외부사업(경계 외부의 배출시설 또는 배출활동 등에서 국제적 기준에 부합하는 방식으로 온실가스를 감축, 흡수 또는 제거하는 사업) 인증 실적을 상쇄배출권으로 전환하여 배출권거래제도에 상쇄 또는 거래하는 제도이다. 따라서 대전시 탄소상쇄 숲을 온실가스 배출권거래제 상쇄제도를 외부사업으로 연계하여 활용하는 방안을 고려하여야 한다.



[그림 5-5] 온실가스 배출권거래제 상쇄제도

자료 : 환경부, 온실가스 배출권거래제 상쇄제도 리플렛(2014)

부 록

전문가 콜로키움 개최 결과 요약

부록. 전문가 콜로키움 개최 결과 요약

제9차 전문가 콜로키움 대전시 도시형 탄소상쇄 숲 조성 방안
일시 2014.09.29(금) 14:00~16:00
장소 대전발전연구원 대회의실(2층)
<p>발표자</p> <p>이소라 연구위원(대전발전연구원)</p> <p>대전시청 담당(가나다 순)</p> <p>고종필 주무관(대전시 공원녹지과)</p> <p>이지선 주무관(대전시 환경정책과)</p> <p>토론자(가나다 순)</p> <p>고순현 본부장((주)이에프컨설팅)</p> <p>고은아 사무처장(대전환경운동연합)</p> <p>김영환 박사(국립산림과학원)</p> <p>김태규 팀장(산림청 산림탄소센터)</p> <p>윤은주 박사(LH연구원)</p> <p>이인세 사무처장(대전충남생명의숲)</p> <p>임영수 간사(미래숲 조림팀)</p> <p>정성문 주무관(서울시 푸른도시국 조경과)</p> <p>조아람 주무관(산림청 산림정책과)</p> <p>조현주 박사(대전발전연구원)</p>
<p>회의내용</p> <p>고순현 본부장</p> <p>11개의 환경기초시설을 제외한 공공부문 목표관리제가 내년이 정부가 제시한 목표를 달성해야 하는 마지막 해임. 하지만 현재 그 달성도가 굉장히 미진한 상태임.</p> <p>산업계에서는 배출권거래제를 무리하게 진행하는 와중에 왜 공공부문은 규제 대응을 제대로 하지 않느냐는 문제를 제기할 수 있는지라 그런 부분에서 보았을 때 지자체가 접근하기 좋은 공익목적의 감축사업을 다양하게 발굴하여 규제대응 목적으로 활용할 수 없을까 라는 회의가 지속적으로 진행 중임.</p>

산림과 관련해서는 옥상녹화만 허용하고 있음. 공공관리목표관리제는 에너지 부문에서만 감축목표만 주다보니 영역이 다르다고 생각하고 있음.

공공관리목표관리제는 16년부터는 비에너지 부문으로 확대해야겠다는 이야기가 나오고 있음. 산림부문에서 나오는 상쇄사업도 외부감축사업으로 활용될 수 있다는 이야기임에 동시에 규제를 강화되기 때문에 지자체에서 산림부문, 탄소상쇄사업에 추진하시는데 있어서 명분이나 필요성을 제시하는 데는 분명히 정부에서 16년부터 규제를 강화하겠다는 말씀을 드리고 싶음.

조림, 산림경영, 바이오매스 등을 방법론으로 등록시켜야 하는데, 항상 공격받는 것이 모니터링, 흡수량의 안정성인데, 방법론 등록을 하고 환경부에서 정책적으로 인센티브를 제공하는데 대전시에서 앞장서서 진행을 해도 좋을 것 같음.

11개의 환경기초시설이 15년부터 배출권거래제에 편입이 되는데 여기서 필요로 하는 것은 거래형 탄소상쇄제도임. 현재 배출권거래제에서는 상쇄제도를 위한 산림분야에 구체적인 방법론이 필요함.

민간기업 투자를 받는다면 어떤 지자체보다 앞서서 산림분야의 방법론 등록도 적극적으로 하고, 탄소상쇄제 거래형으로 11개 기초시설이 배출권을 쓰고 나머지는 일반기업에 지분 등으로 쓰일 수 있을 것임. 지속적인 모니터링 시에 예산이 많이 들기 때문에 제시해주신 것처럼 민관협업을 하여 빠르게 준비한다면 산림부문의 첫 신호탄이 결정될 것이라고 생각됨.

김영환 박사

배출권거래제에서 외부사업부문에 산림분야는 지난 주 금요일 상쇄제도설명회가 있었음. 환경부와 외부사업으로 산림분야 어떤 활동을 인정해 줄 것인지 협의를 했고 지금 현재 수정된 최종안에는 탄소흡수원 유지 및 증진활동으로 되어있음. 그 얘기는 지금 탄소흡수원법에서 규정하고 있는 감축활동들을 인정해줄 수 있는 법적인 근거를 만들어 놨다고 말할 수 있음.

문제는 기술적인 부문인데, 환경부에서 수정되어 나온 7가지 사업 방법론에 대해서 신규조림/재조림 내용은 외부사업으로 등록이 되어있지 않음. 추후에 과학원이나 다른 연구기관에서 방법론들을 배출권거래제에서 외부사업으로 등록시키는 활동이 필요할 것임.

대전시는 연구하신 내용을 가지고 식생복구 사업을 추진하셨을 때, 한계와 가능성을 모두 가지고 있음. 현재는 할 수 없으나 등록 가능성이 있다고 말씀드릴 수 있음.

윤은주 박사

가로수나 숲은 어디서 총괄해서 관리하는지? 그런 것들도 관리대상으로 생각하고 계신지?

조아람 주무관

올해 11월에 개정된 운영표준이 나오는데 식생복구 활동을 거래형과 비거래형 두 가지로 구분해서 하고 있는데 거래형 같은 경우 가로수 같은 부분은 지자체와 협력해서 같이 관리하고 있음.

산림자원법에서 말하고 있는 도시숲, 가로수, 생활림 부분을 거래형 산림탄소상쇄사업으로 등록할 수 있음. 비거래형 같은 경우 0.5ha로 최소 면적기준을 정하고 있는데 그 부분에 적합한 식생조성사업은 등록할 수 있음. 그리고 산림탄소상쇄사업으로 등록된 사업 중에서 연계해서 바로 직접적으로 인정되는 것은 아니기 때문에 외부사업으로 등록하는 것을 산림탄소센터와 운영기관들과 협의를 해서 진행을 하려고 하고 있음.

고은아 사무처장

대상지 중 숲이 줄어드는 사업이 있는데 이 같은 경우 역효과인데 빠지게 되는가?

김영환 박사

기존에 있던 산림을 나무를 잘라내고 시설을 들이는 사업은 상쇄사업으로 등록되지 않음.

고은아 사무처장

총량적으로 보면 대전시가 다른 사업으로 인해 훼손되는 부분이 있다한다면 전체 관리는 어떻게 되는지?

김영환 박사

누출과 관련된 것임. 누출이란 것은 한 쪽에 있던 장비를 다른 곳에 옮기면서 산을 파괴하는 경우를 말함. 그런 위험이 있을 수 있음. 중촌근린공원 사업 같은 경우 기존 쓰레기 차량들이 이 차량들은 어떻게 할 예정인지?

고종필 주무관

지하로 보낼 예정임.

김영환 박사

사업계획서에 그런 부분을 충분히 설명해 주어야 함. 그래야 타당성 평가를 할 때 누출가능성이 있는지 검토하기 때문에 그런 부분에서 우려가 있는지 없는지 설명을 해줘야 함.

이소라 박사

한 사업 건을 진행하면서 연계하며 교차적으로 다른 산림이 훼손이 된다면 누출로 마이너스 효과를 받는데, 지금 행평과 대사근린공원은 아예 등록사업 자체 요건이 되지 않기 때문에 제외가 되었음. 모든 도시개발을 숲이 파괴된다고 뺄 수는 없기 때문에 지금 하고자하는 도시숲 조성 실적을 보고 탄소상쇄제도를 통해 인정을 해주고 앞으로 해나가겠다고 받아들여짐.

고은아 사무처장

한 사업으로는 가능하지만 전체 총량 사업으로는 불가능한 것인지?

김영환 박사

전체 산림면적 공원면적이 줄어들고 늘어나는 추세를 봐야함. 광역시의 경우 점유가 계속 일어나기 때문에 베이스라인에 반영됨. 베이스라인을 보고 산림면적이 나 공원면적이 부족할 경우 공원을 늘리는 방향으로 해야 함.

이소라 박사

식재에 대해서 잘 알지 못함. 도시기능을 잘 살리면서 탄소흡수를 증진할 수 있는 수종, 도시공원에 어린묘목을 심는 것 자체는 의미가 없다고 생각하고 큰 나무를 심어 운동하고 쉴 수 있는 공간을 만들어야 한다고 생각함. 일반적인 조경수의 나이나 운영별로 어떤 나무를 어떻게 심는 것이 좋다는 의견을 부탁드립니다.

윤은주 박사

도시공원은 일단 사람들이 이용이 주목적이라고 생각함. 산림청에서 임업분야가 굉장히 잘 되어있지만 조경분야가 좀 약해서 제대로 계산되지 않는 측면이 있음. 이산화탄소 관련해서는 기본적으로 가지고 있는 원칙으로 잎 면적이 넓고, 속성수가 좋다고 생각함.

공원 계획할 때의 문제는 처음에도 그늘이 있어야 하고, 후에도 그늘이 있어야 함. 그늘을 만들기 위해서 초기에는 과식재를 해야 하는데 그 적정 간격을 어떻게 하는가가 중요함. 안내판을 설치한다든가 적정 간격을 정하는 것이 고려해야할 사항이라고 생각함.

조현주 박사

유은주 박사님과 비슷한 견해임. 수종으로 보자면 속성수가 이산화탄소 흡수량이 큰 것은 당연한 것임. 도시내 도시숲을 조성하는 것이 탄소상쇄만을 목적으로 할 수 없음. 여러 가지 기능을 고려해야 하는데, 생태적, 미시각적, 기능적 기능을 고려해야 하기 때문에 하나의 수종을 심는 것은 무리가 있을 것 같기 때문에 다양성을 고려하여 교란종이 제외된 여러 가지 토종 수목을 식재하는 것이 중요하다고 봄.

식재방법이라 함은 설계하는 과정, 조성과정에서 하는 것인데 부등변 삼각형 식재라든지 일렬식재 이열식재 등이 있음. 조성을 했을 때 수목이 공원 같은 경우 조성해서 바로 결과물이 나오는 것이 아님.

살아있는 생물을 관리한다고 보면 10년 20년을 두고 관리해야함. 속성수를 촘촘히 심게 되면 다 자랐을 때 다시 잘라내는 수고가 발생하기 때문에 이런 문제들을 감안하여 수종이나 식재방법을 정하는 것이 바람직함.

고종필 주무관

나무는 20년이 지나면 수목으로써는 숙아베기 시기가 옴. 현재 30년을 보고 식재했을 때, 20년이 지나면 어떻게 해야 할 것인지? 처음 하는 것이기 때문에 우려될 수 있는 부분을 최소화시켜 대전시에서 제시하는 사업방식이 잘 됐다라고 하고 싶음. 이런 부분에서 다양한 제시를 해주셨으면 함. 특히 식재규격, 식재밀도에 대한 조언이 필요함.

윤은주 박사

20년이면 이미 자기들끼리 경쟁해서 살 것은 살게 됨. 5년 단위로 성과를 봐야 함. 초창기에 탄소상쇄공원으로 만든다면 식재간격을 촘촘하게 해서 5년에서 10년 기준으로 봐야할 것 같음. 체육시설 같은 경우, 나지가 많다보니 지나가다 보면 열이 심하기 때문에, 그늘 식재가 들어가야 할 것 같음. 물 주변에 심는 수종으로는 메타세콰이어가 있는데 물을 좋아하는 속성수임. 저희는 잎 면적으로 도시숲을 정의함. 관목 풀들도 크게 보면 탄소흡수원으로 생각하고 있음.

김영환 박사

산림과 도시숲은 차이가 있음. 숙아베기한다고 해서 사업진행에 문제가 있는 것은 아님.

고종필 주무관

토사유출로 인한 뿌리가 노출되는 큰 문제로 대두되고 있음. 햇빛이 들어갈 수 있도록 숙아베기를 해야 한다고 함. 하지만 숙아베기를 하게 되면 왜 멀쩡한 숲을

자르나는 시민들의 민원이 들어오게 됨. 도시숲에는 매뉴얼이 없음. 탄소상쇄 숲에서 도시공원에 대한 매뉴얼이 필요한 것 같음.

이인세 사무처장

이 부분에 대해서 논의한 적이 있음. 대전에서 숲 운동을 하고 있는데, 대전에는 나무 심을 장소가 없는 조그마한 도시인데, 과연 도시공원으로 탄소상쇄 숲을 할 수 있을지 의문이 생김. 자연마당이나 중촌근린공원은 없었던 자리기 때문에 신규 조림의 형태로 가능하지만 나머지는 용도가 바뀐 것일 뿐임.

자연마당은 1년에 10톤, 중촌공원은 1년 40톤으로 나오는데, 실제 가격으로 보면 1톤에 만 원 정도 되는데, 10톤이면 겨우 십만원 밖에 되지 않음. 물리적으로 면적이 없기 때문에, 이 상쇄에 대한 부분을 고민하는 것은 너무 영역자체가 다르다고 생각함. 아직 세계적인 추세가 도시공원, 가로수 이런 것을 계산하는 것에 대한 논의조차 되지 않고 있는 것 같음. 물론 지자체나 도시에서 이런 노력을 해야 함은 분명하지만, 그저 노력일 뿐 큰 틀에서 보았을 때 역지로 맞추는 것은 아닌가.

고순현 본부장

제도상 다행스럽게도 공원 사이즈가 산에 비해 작다보니 소규모 감축사업, 흡수원 같은 경우 번들이라고 해서 지자체에서 여러 지자체 사업을 한뭇음으로 해서 행정절차를 간소화되어 있기 때문에 그런 부분은 정부에서 만든 지침에 따를 수 있을 것 같음. 사무처장님과 약간 비슷한 의견인데, 조금 냉정하게 생각해보면 원래 우리가 가지고 있는 녹지정책을 이행하는데 있어서 산림탄소상쇄제도를 연결하다보면 원래 사업자체가 발목이 잡힐 가능성이 있음. 여러 가지 기술적, 제도적 장애물이 많음.

장기적으로 식재를 했을 때 최소한 사업시작 단계에서 고려해 볼만함. 흡수량 계산에 따른 계수개발이 완전하진 않지만, 식재를 고르는데 있어서 활용할 수 있는 최소요건은 지키되, 탄소상쇄제도 때문에 원래 사업의 의미를 훼손하거나 공원의 공공목적을 기후변화대응 정책 때문에 사라져서는 안 될 것임. 모니터링은 어떻게 할 것인지 등이 정해져 있기 때문에, 처음부터 탄소상쇄제도에 맞춰나가기보다 적당히 균형을 잡는 것이 필요한 것 같음.

이소라 박사

기왕이면 이미 도시공원 사업을 하고 있는데 탄소상쇄제도를 등록하지 않더라도 사업은 진행될 예정임. 현재 도시공원 사업을 시작하는 단계에서 상쇄제도에 참여

하고자 함. 시에서 배출권거래제에서 25만 톤을 배출하고 있는데, 여기서 연간 200톤이면 1/1000도 되지 않음. 그거 가지고 금전적, 환경적 효과를 누리하고자 하는 것이 아님. 도시공원을 다른 제도와 연계하지 않더라도 예산이 엄청남. 우리가 조금 더 관심을 가지고 탄소상쇄제도를 적용하면서 배출권거래제를 연계시키고자 함.

정성문 주무관

제 생각에 돈으로 환산하거나 그럴 만한 것은 아니고, 제가 하게 된 것도 작은 경각심으로 시작하게 되었음. 저희 부서에서 제일 크게 하고 있는 사업으로 가로수 녹지 확충사업에 200억 300억 사용되었고, 옥상녹화 사업이 200억 넘게 단위 사업이 형성되어 있을 정도로 두개 사업이 크게 차지하고 있음. 그 밖에 다양한 도시녹화 사업이 있음.

영국 게릴라 단위 활동 단체에서 버려지고 쓰레기가 있던 곳을 예쁜 정원을 만듦. 지나가는 주민들이 정말 멋지다 하고 사실 이게 주는 역할, 그걸 보면서 사람들이 지역에 쓰레기를 버리지 않아야한다 환경이 달라진다는 생각이 들도록 하는 것임. 도시녹화에 무조건 탄소상쇄사업을 모두 적용한다는 것은 아님. 경관을 생각해서 나무를 심고, 시민들이 처음부터 그 효과를 느끼도록 해야 함. 어린수목을 심으면 언제 그것을 느끼겠는가. 고민을 많이 하고 식재 모듈, 수종, 식재밀도 등 여러 가지로 고려함.

시민들이 참여하고 기업과 시민단체와 함께하는 도시녹화 운동을 하고 있음. 시민 참여로 천만 그루 심기 식재행사를 대대적으로 했음. 기념식수 심는 정도로 함. 식재규격은 당초에 탄소흡수량이 높은 것을 심고자 했으나 이브자리와 함께 논의해 조금 큰 나무로 조경수를 심자고 함. 굳이 탄소흡수량을 쫓아갈 필요가 없다고 생각함.

일단은 부지 확보가 가장 힘들었음. 저희는 관련 부서도 아님에도 불구하고 기업 활동과 연계하기 위해 2010년도에 태풍으로 인해 산림이 사라져서 그 때 식재를 많이 함. 피해지역이나 무단점유지, 불법경작이 꽤 많기 때문에 이런 부분을 일제히 조사할 필요성이 있음. 암사생태공원 내에 기본계획상 생태복원 숲으로 계획이 되어 있었는데 이 부분이면 탄소상쇄숲을 해도 좋겠다고 생각하여 관련부서와 협의하여 하게 됨.

하천 유속, 하천 관련 법 때문에 식재가 어렵지만, 고덕천에 연차적으로 진행할 계획임. 시에서 개발제한구역에 있는 국토교통부에서 국유지에 대해서 텃밭사용을 하도록 하겠다고 발표했었음. 텃밭보다는 나무를 심는 것이 나을 것이라고 판단 됨. 공공이 아닌 개인에게 텃밭을 줘서 사용한다는 것은 바람직하지 않다고 생각하여 한국토지주택공사와 국토교통부와 협의를 하고 있음.

2020년까지 15개를 목표로 하고 있음. 금전으로는 얼마 되지 않으나 서울시가 기후변화에 앞장서고 대응한다는 이미지 제고차원으로 봐주시면 좋겠음.

설계는 자문, 여러 의견을 받아 식재 디자인 모듈만 받음. 전체설계가 아닌 모듈을 받음. 암사생태공원은 2.5m 간격으로 일률적으로 식재함. 시민들을 대상으로 유지관리를 위한 프로그램도 준비 중임.

임영수 간사

유독 올해는 산림청이나 환경부에서 탄소상쇄 숲 조성에 대한 문의가 많이 왔음. 탄소흡수량도 제각각이라서 매우 혼란스러움. 경제성 효율성을 보면 동남아시아 같은 곳에 심는 것이 좋음.

이번 기후변화 회의에서 선진국, 미국, 중국, 인도 등 탄소를 많이 배출하는 나라들이 이것에 대해 할지 안할지도 모르는데, 우리나라에서 거래형으로 무언가를 하겠다는 것이 얼마나 진정성이 있는지는 모르겠음.

저희가 아이들과 함께 하는 이유가 하나 있는데, 그 아이들이 미래에 탄소흡수를 위해 생태보전, 환경보호 할 수 있는 것을 체험해 보았다는 것, 그것을 가르치는 것이 우리에게 의미 있음. 아직 시민들, 일반 국민들의 자연을 보호하고자 하는 욕망이 있는 것 같음.

현재 문제는 부지가 없음. 기업이 돈을 내고 관내에서는 부지를 제공하고 시민단체에서는 사람들을 모아 캠페인을 함께하면 예산도 줄이고, 시민들의 의식을 개선시키고, 기업은 사회공헌을 함과 동시에 홍보를 할 수 있음.

토종수종에서 환경에 잘 자랄 수 있는 수종을 심고, 안배를 잘해서 10년, 20년 후손들이 이런 노력을 했다는 자취를 남겼으면 하는 바람이 있음.

이소라 박사

양측의 의견을 들으니 정리됨. 대전시에서 숲 관련된 활동을 해주시는 두 분을 모셨는데 대전시는 시민들이 참여나 기업참여에 대한 의견을 듣고 싶음.

고은아 사무처장

말씀하시는 사례들을 보았을 때, 가이드라인이 분명히 나오고 지역특성에 어떻게 적용해야 할지 고려할 필요가 있을 것 같음. 대전시 안에서는 시민참여를 크게 활성화하기엔 힘들. 작은 규모를 한꺼번에 등록할 수 있으면 동기부여가 될 수 있을 것 같음. 대전시와 연계한 텃밭조성사업을 했었는데 텃밭을 조성할 수 있는 공간이 꽤 있음. 시민들에게 작은 숲을 조성한다는 것을 알리고 공간을 찾아보는 것도 의미가 있겠다고 생각함.

이인세 사무처장

우려되는 것은 최근 기업들이 사회공헌 활동과 이미지 향상을 위해서 유행하듯이 너도나도 탄소상쇄라고 참여하는데 정확히 정해지지 않은 것을 단어만 앞세워서 사용하는 것임. 이는 거시적인 정책에 의해서 해결할 문제이지, 그저 작게 애뜻한 마음을 모아서 숲을 키우자 보호하자 이런 측면에 덧붙여 갈 정도일 것이라고 생각함. 정의가 되지 않은, 과정 중이기 때문에 일반 분들이 현혹되지 않게 정해주는 것이 필요하다고 생각함.

이소라 박사

팀장님은 대전시 후보지에 대해서 어떻게 생각하시는지 또는 어떤 방법으로 관심을 가져줬으면 좋겠는지?

김태규 팀장

후보지에 대해서 우리가 사업계획서 작성을 지원해드리고, 사업계획서 작성 때 구체적인 방법론 등은 전문가를 통해 지원해드리고, 작성비용 또한 지원해 드릴 계획임.

각 대상지를 봤는데, 지금 바로 판단하기는 어렵지만 사업 진행에 있어서 산림탄소상쇄제도에 맞게 계획서를 작성하여 등록될 수 있게 도움이 되어드리고자 함.

가시적인 성과보다는 생활권에서 바로 느낄 수 있고 산림탄소상쇄를 인지시키는 것이 중요한 부분이라고 생각하는데 생활권에서 산림탄소상쇄와 연계시켜서 노력해주시는 것이 큰 의미가 있는 것 같음. 활성화 될 수 있도록 지원 방법을 많이 고민해야겠다고 느낌.

조아람 주무관

외부사업이랑 연관해서 지원 말씀드렸던 부분은 사업등록 부분을 앞으로 하려고 구상중임을 말씀드립니다. 운영규정에 관해서 간단히 말씀드립니다.

기존에는 최소 사업기간을 산정해서 30년 정도가 가장 수목생장이 활발하기 때문에 탄소흡수량이 많다고 생각했음. 운영표준 계정안에서는 최소사업기간은 없어졌으며 컨설팅 때 제안을 드리는 것이라고 생각하시면 됨.

소규모 사업들 관련해서 연간 3000톤 미만인 사업에 대해서 여러 사업을 한꺼번에 묶어 등록할 수 있도록 개정안이 나옴. 다음 달 심의 후 개정된 고시안을 참고하시면 될 것 같음.

새로 도입되는 제도다 보니 정보제공을 지자체 담당자 분들, 기업담당자 분들과 같은 다른 분들이 접근하기 힘들어 시스템 구축을 하고 있음. 사업범위 안에 정부

를 대상으로 사업 가능여부 50개소를 찾고 있음. 우선 50개소를 찾게 되면 리스트화하여 공개될 예정임. 기업에서 사업을 하고자 하면 지자체와 연결해서 할 수 있도록 협의 및 검토 중임.

이인세 사무처장

조림형은 현재 우리나라에서 불가능하다고 봄. 지자체도 아주 일부 가능할지 모르나 우리가 했던 것이 100ha가 넘는 지역에 숲 가꾸기만 하는데도 소장님과 협의하더라도 경영팀은 매우 힘들어함. 현실적으로 쉽지 않다고 생각함. 15년 전이면 가능했으나 지금은 어느 지자체든지 심을 때 가꿀 때 모두 쉽지 않음.

조아람 주무관

현재까지 35개소 정도 찾았으며 현재 0.5ha 이상을 기준으로 함. 대상지를 어떻게든 파악하고자 함.

이지선 주무관

업무하면서 산림이라는 것이 중요함을 느낌. 산림조성의 순수성을 잃지 않고, 기존사업에 추진해야 하는 이유 중 하나가 추가되는 것이기 때문에 조금 번거롭고 효과가 있을까 하는 의문을 가질 수 있지만 이대로 잘 추진이 됐으면 좋겠음.

또 하나 챙길 수 있는 효과가 시민들이나 아이들이 환경을 보호했다는 중요성이 있다고 생각함. 배출권거래제와 잘 연계가 되어서 성공한 사례가 되었으면 함.



참 고 문 헌

- 대전광역시 공원녹지과(2014), 2014 공원녹지 추진시책
대전광역시 공원녹지과(2014), 중촌근린공원 총괄물량표
대전광역시 공원녹지과(2014), 판암근린공원 총괄물량표
산림탄소센터(2011), (주)신세계 사업계획서
산림탄소센터(2011), 한국공항공사 사업계획서
산림탄소센터(2012), 자연환경국민신탁 사업계획서
산림탄소센터(2012), 한국예탁결제원 사업계획서
산림탄소센터(2014), 산림탄소상쇄제도 사업 현황
국립산림과학원(2012), 탄소지킴이 도시숲
국립산림과학원(2012), 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준
국립산림과학원(2012), 산림 탄소흡수량 국가 표준 개발
국립산림과학원(2013), 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량
국립산림과학원(2012), 임목재적·바이오매스 및 임분수확표
산림청(2010), 산림탄소상쇄제도 시범운영 계획
산림청(2010), 산림탄소상쇄제도 시범운영 규정[훈령]
산림청(2013), 산림탄소상쇄제도 가이드북
산림청(2013), 국내 산림탄소시장 활성화 및 해외배출권 활용 방안 연구
산림청(2013), 탄소흡수원 유기 및 증진에 관한 법률
산림청(2013), 사회공헌형 산림탄소상쇄 운영표준
산림청(2014), 산림탄소상쇄제도 리플렛
환경부(2014), 온실가스 배출권거래제 상쇄제도
서울특별시(2014), 서울시 및 (주)이브자리 사업계획서
대구광역시(2014), 대구 테크노폴리스 사업계획서
진안군(2014), 정천 생태 숲 조성 신규조림 사업계획서
관계기관포럼(2014), WGⅡ 제5차보고서에 대한 산림부문 대처방안
에너지 관리공단 및 World Bank(2012), State and Trends of the Carbon Market
Forest Trends' Ecosystem Market Place(2013), State of the Voluntary Carbon Markets

<http://www.yonhapnews.co.kr/economy/2012/10/23/0325000000AKR20121023214600008.H>

TML

<http://xkingkong.blog.me/120157312114>

<http://treespiritproject.com/sutro/>

정책과제 연구보고서 2014-23

대전시 도시형 탄소상쇄 숲 조성 방안

발행인 유 재 일

발행일 2014년 10월

발행처 대전발전연구원

302-789 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동)

전화: 042-530-3500 팩스: 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.djdi.re.kr>

인쇄: 청룡복사 TEL 042-624-1233 FAX 042-631-1230

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.