

산림탄소상쇄 사업계획서를 이용한 산림탄소 배출권 분석

박진택* · 조용성* · 장진구**

*고려대학교 식품자원경제학과, **산림조합중앙회 산림경영부

Analysis of Forestry Carbon Offset Credits Using Project Design Documents

Park, Jin Taek*, Cho, Yongsung* and Jang, Jin Koo**

*Dept. of Food and Resource Economics, Korea University

**National Forestry Cooperative Federation

ABSTRACT

Since 2013, the forest carbon offset scheme is operated by 'ACT ON THE MANAGEMENT AND IMPROVEMENT OF CARBON SINK'. Most of projects account for afforestation, reforestation and restoration. This study analyzed what is affected to pricing factors for the registered 71 project of forest carbon offset in Korea Forest Service. The purpose of this study is to introduce information on the business plans of forest carbon offset scheme and aid to understand the process from registration to issuing offset credits. Also it is meaningful to proposing a policy for price competitiveness and how to enable forest carbon offset schemes to produce activation by measuring the factors that affect the forest carbon offset scheme. The results showed forest carbon credit price is 92,827 won per ton on average, it could see less price-competitive than emission rights market when compared with the price.

Key words : Forest Carbon Offset, Offset Credit, Project Design Document(PDD)

1. 서 론

「탄소흡수원의 유지 및 증진에 관한 법률」이 2013년 제정되면서 탄소흡수원인 산림의 기능을 유지하고 증진시키기 위해 다양한 감축활동을 추진하고, 이를 통해 얻어진 이산화탄소 흡수량을 이용하여 다른 분야의 이산화탄소 배출량을 상쇄시키고자 하는 산림탄소상쇄제도가 본격적으로 운영되고 있다.(Kim, 2015).

산림탄소상쇄제도는 신규조림/재조림, 식생복구, 산림전용억제, 산림경영, 목제품 이용, 산림바이오매스, 복합형의 7가지로 분류할 수 있다. 2016년 4월 1일 기준 총 75건이 등록되어 연간 이산화탄소 순흡수량은 7,518 tCO₂로 사업 당 100 tCO₂의 산림탄소흡수원을 확충할 것으로 예상된다. 이처럼 온실가스 저감에 있어서 산림을 활용하는 것이 중요해짐에 따라 다양한 연구들이 수행되고 있다.

Han and Youn(2009)는 교토의정서를 기반으로 하는 배출

권 시장과 자발적 배출권 시장에서 산림 관리 활동의 역할과 인정 범위를 조명하고, 국내 배출권 시장의 도입에 있어 산림 부문 참여의 필요성에 대해 연구하였고, Lee(2010)는 해외의 산림탄소상쇄 프로그램의 주요 특성들을 비교 분석하여 프로그램의 구성요소와 기준 방안 등에 관하여 연구하였다. Go (2013)는 산림탄소상쇄제도의 전반적인 특징에 대한 설명과 함께 산림탄소상쇄제도에 대한 인식을 알아보기 위해 참여자들을 세분화하여 설문조사를 실시하였다.

한편, Kim and Song(2014)의 연구는 배출권거래제에 따른 상쇄배출권 제출한도 이행에 있어 산림탄소상쇄제도의 특수성을 설명하고 있다. 국내에서는 자발적 상쇄사업 수행에 따라 발생하는 감축실적을 상쇄배출권으로 전환할 수 있도록 허용하고 있으며, 상쇄배출권 제출한도에 따라 제 1, 2차 계획기간 내 총 360.6백만 tCO₂eq의 상쇄배출권을 공급할 수 있을 것이라고 설명하고 있다.

이처럼 선행 연구들은 산림탄소상쇄제도의 활성화 방안을

† Corresponding author: yscho@korea.ac.kr

Received May 2, 2016 / Revised June 15, 2016 / Accepted June 20, 2016

제시하기 위한 설문조사 및 해외 사례와의 비교분석이 주를 이루고 있고, 산림탄소상쇄제도의 사업비용 분석을 통해 산림탄소 상쇄배출권이 가지는 특수성을 분석한 연구는 찾아보기 힘들다. 본 연구는 산림탄소상쇄사업에 등록된 사업계획서를 이용하여 산림탄소 상쇄배출권의 발행비용에 영향을 미치는 주요 결정요인이 무엇인지 분석하였다. 산림탄소상쇄사업에 투입되는 요소들의 특징을 정확하게 이해하기 위해 투입요소를 7가지로 구분하여 예상 배출권 가격을 산출하였다. 또한 산림탄소상쇄 배출권 가격 결정에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다.

2. 연구방법 및 자료

본 연구에서는 산림탄소상쇄제도의 가격 결정요인을 분석하기 위해 다음과 같이 순차적으로 연구를 진행하였다. 각 사업의 사업계획서 상에 나와 있는 총비용과 연간 순흡수량을 토대로 예상 배출권 가격¹⁾을 도출하고, 7가지 항목으로 분류하여 사업별 특성이 예상 배출권 가격 결정에 어떤 영향을 미치는지 살펴보았다. 추가적으로 다중회귀분석모형을 이용하여 산림탄소상쇄제도의 가격을 결정하는데 영향을 미치는 요인을 관찰하고자 하였다.

분석에 사용한 자료는 현재 산림청 사이트 “산림탄소모아”²⁾에 등록되어 있는 산림탄소상쇄사업 75개의 사업계획서 중에서 대창제지(주)와 엔바이오니아의 산림바이오매스 2건, 강원도 홍천군과 개인 산주의 산림경영 1건, 강원도 화천군의 목제품이용 1건을 제외한 71개 사업을 대상으로 하였으며, 사업계획서 상의 사업기간, 식재비용, 관리비용, 이산화탄소 순흡수량, 식재수종, 식재면적 정보를 활용하였다.³⁾

2.1 비용 정의

비용은 크게 “사업비용”과 “행정비용”으로 구분된다. 사업별 사업계획서를 살펴보면 “산림자원분야 사업계획”(산림청, 2014)의 내용을 토대로 식재를 하는데 필요한 묘목대 및 인건비에 관한 식재비용과 풀베기, 어린나무 가꾸기, 간벌 등의 활동에 투입되는 관리비용을 산출하여 기술하고 있다. 다음으로 행정비용은 컨설팅 비용과 검증비용, 등록비용, 거래비용으로 나뉘볼 수 있다. 먼저 컨설팅 비용은 사업의 타당성 평가 및 사업계획서 작성을 위해 수반되는 비용으로 현재 산림탄소센터

(녹색사업단)는 거래형의 경우 400만원, 비거래형은 300만원의 컨설팅 비용을 지원하고 있다. 검증비용은 타당성평가를 통해 기획된 사업계획서 등에 대해 제3의 검증기관에서 검증을 시행하는데 투입되는 비용을 말하며, 등록비용과 거래비용은 상쇄배출권 거래에 수반되는 비용을 말하는 것으로 현재 거래시스템이 구축되어 있지 않은 관계로 고려 대상에서 제외되었다.

2.2 연간 순흡수량과 누적흡수량 산정

이산화탄소 순흡수량은 산림탄소상쇄제도에 등록되어 있는 서울시(주)이브자리의 식생복구 사업계획서(PDD)를 바탕으로 작성되었으며, 식은 (1)과 같이 정의할 수 있다. B_i 는 구획 i 의 산림바이오매스의 탄소흡수량을 나타내며, S_i 는 구획 i 의 고사유기물 및 산림토양의 탄소저장변화량을 나타낸다. 이때, 총 탄소흡수량($B_i + S_i$)에서 베이스라인 흡수량(R_i)을 제한 후에 IPCC 배출계수(44/12)를 곱하고, 최종적으로 사업 활동에 따른 이산화탄소 배출량(E)과 누출량(L)을 고려해 주면 t 기간 동안의 총 이산화탄소 흡수량(C_t)을 도출할 수 있다. 이산화탄소 흡수량과 사업 활동에 따른 배출량과 누출량은 tCO_2 단위를 사용하며, 총 탄소흡수량과 베이스라인 흡수량은 tC 단위를 사용한다.

$$C_t = \left(\sum_i (B_i + S_i - R_i) * 44/12 \right) - E - L \quad (1)$$

한편, 누적 흡수량 계산 시 대부분의 사업의 시작일이 2014년이라는 점에 착안하여 기준 시점을 2014년으로 설정하고, 2015년부터 연간 흡수량이 발생하는 것으로 가정하였다. 따라서 2012년부터 시행된 사업의 경우 사업 시작시점과 종료시점을 2년 뒤로 미뤄 산출하였다.

2.3 요인분석을 위한 다중회귀모형

산림탄소상쇄 배출권 비용에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 다중회귀모형을 사용하였다. 다중회귀모형은 최소자승법(OLS)을 이용하는 방법으로 보통 $y = X\beta + \varepsilon$ 으로 표현된다. 이때 y 는 종속변수, X 는 예상 배출권 가격에 영향을 미치는 설명변수, β 는 회귀계수, ε 는 오차항으로 구성된다. 따

1) 예상 배출권 가격은 총비용(식재 및 관리비용)을 연간흡수량으로 나눈 값으로 산출함.

2) 산림청 <http://www.forest.go.kr/> 참조.

3) 신규조림, 재조림, 식생복구는 산림형 사업으로 분리할 수 있지만, 목제품 이용, 산림바이오매스는 비산림형 사업으로 순 흡수량 산정 방식이 다르며, 목제품 이용의 경우 순 흡수량이 미미하며 분석 대상에서 제외함.

라서 산림탄소상쇄제도 하에서 예상 배출권 가격을 결정하는데 영향을 미치는 요인을 관찰하기 위한 다중회귀모형을 식 (2)와 같이 구성하였다.

$$Y_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_7X_7 + b_8X_8 \quad (2)$$

여기서, 종속변수 Y 는 예상 배출권 가격을 나타내며, X_1 은 총비용에서 식재비용이 차지하는 비중을, 그리고 X_2 는 사업면적(Planting area)을 나타낸다. X_3 는 사업기간(Period)을, X_4 는 식재수종(Species)을, X_5 는 사업주체(Business Entities), X_6 는 등록유형(Enroll Type), X_7 은 사업 유형 중 신규조림/재조림(Forestation)을, 그리고 X_8 은 사업 유형 중 식생복구(Restoration)를 나타낸다. 한편, 식 (2)에서 하첨자 i 는 각각의 사업을 나타내며, 종속변수인 예상 배출권 가격(Y)은 총비용을 연간 흡수량으로 나눈 값을 사용하였다. 본 연구에서는 사업의 특성을 반영한 8가지 분류항목을 독립변수로 사용하였다. 식재비중(Ratio)은 총비용에서 식재비용이 차지하는 비중을 나타내는 것으로 식재비중이 30% 미만인 경우 “0”, 30% 이상일 경우 “1”으로 더미변수를 사용하였으며, 사업면적(Planting area)은 각 사업의 사업면적을 연속 변수로 사용하였다. 사업기간(Period)은 각 사업의 사업기간을 10년 미만이면 “0”, 10년 이상이면 “1”으로 더미변수를 주어 사용하였고, 식재수종(Species)은 2종 이상 식재 시 “0”, 단일수종 식재 시 “1”로 더미변수를 사용하였으며, 사업주체(Business entities)는 정부주체사업을 “0”, 민간주체사업을 “1”로 더미변수를 주어 사용하였다. 등록 유형(Enroll Type)도 비거래형 사업을 “0”, 거래형 사업을 “1”로 더미 값을 주어 사용하였다. 마지막으로 사업 유형이 배출권 발행비용에 미치는 영향을 알아보기 위해서 더미변수를 사용하였는데, 신규조림/재조림이면 “1”, 아니면 “0”, 식생복구 사업이면 “1”, 아니면 “0”(Restoration)값을 부여하였다.

3. 연구 결과

3.1 상쇄 배출권 예상 가격의 특성

사업의 특성을 반영하여 예상 배출권 가격(즉, 산림탄소흡수량 당 비용)을 산출한 결과를 종합해 보면 Table 1과 같다. 최소값은 톤당 11,142원, 최대값은 톤당 157,970원, 그리고 평균값은 톤당 92,827원으로 나타났으며, 사업별 특성을 반영한 세부 항목들의 평균 값 역시 5만원에서 12만원 사이에 분포하고 있다.

Table 1. Basic statistics of estimated credit prices (Unit : won/tCO₂)

	Minimum	Maximum	Median	Average
Estimated credit prices	11,142	157,970	96,984	92,827

총비용에서 식재비용이 차지하는 비중을 살펴보면 식재비용이 높을수록 예상 배출권 가격이 낮게 나타날 것으로 추측된다. 대부분의 사업은 0~60%의 식재비중을 나타내고 있으며, 이는 식재 수종에 따라 풀베기 작업 등의 빈도수가 높거나, 공익 추구형 사업을 시행하는데 있어 홍보비용이 높게 책정된 결과라 해석 할 수 있다.

Table 2에 나타나 있듯이 사업의 규모가 1 ha 미만의 소규모인 경우 톤당 발행비용이 매우 높게 나타났다.

한편, 식재면적에 대해서 규모에 대한 부분 이외에도 식재 간격(식재방법)이 중요하다. 보통의 사업일 경우, 나무를 심을 때 1.8 m 간격으로 식재가 이루어진다. 하지만 한국도로공사가 진행하는 사업의 경우, 간격이 1.0 m로 설정되어 있어 같은 식재면적에서 보다 많은 식재가 이루어졌다는 점을 발견할 수 있었다. 이 점은 산림탄소상쇄사업 분석 시 각 사업마다의 특징을 잘 파악하는 것이 얼마나 중요한지를 시사한다.

사업기간의 특징을 살펴보면 사업기간은 최소 10년에서 50년 사이로 설정되어 있고, 사업기간이 30년으로 설정되어 있는 사업이 가장 높은 비중을 보이고 있다. 추가적으로 어린 나무 가꾸기(155만원/ha) 및 숲아베기(168만원/ha)의 작업이 필요한 10년 이상의 사업을 장기 사업으로 간주하고 분석을 실시한 결과, 사업이 장기적으로 진행될수록 예상 배출권 가격은 하락하는 추세를 나타냄을 발견할 수 있었다. 사업 유형별 특징으로 넘어가면 대부분의 사업이 재조림 사업으로 진행되었음을 알 수 있다. 최근 들어 식생복구 사업의 증가가 눈에 띄게 나타나고 있지만 재조림 사업의 비중을 역전시기에는 역부족이다. 재조림 사업이 가장 큰 비중을 차지하는 이유는 제도적 특성에 따라 사업을 운영하는데 있어 유리한 측면이 있기 때문이다. 하지만 식생복구의 경우, 대상구획 정리정돈 및 기타 비용이 포함되지 않고, 단순히 목목대만 지불하면 되는 편리함이 있어 향후 사업이 많이 늘어날 것으로 예상된다. 연구 결과는 산림경영의 경우 가장 낮은 배출권 가격을 나타내고 있지만, 이는 표본이 작아 일반화하기에는 다소 무리가 있을 것으로 보인다. 또한 식생복구의 경우, 일부 사업이 공원조성 등의 사업으로 진행됨에 따라 관리비용이 지나치게 높게 책정되었기 때문에 이 부분을 제어하여 예상 배출

Table 2. Comparing price of forest carbon offset credits by factors

(Unit : won/CO₂)

Category	Subsection	Project number	Ratio (%)	Estimated price	
1	Ration of planting cost	0~30%	28	39.4	119,958
		30~60%	30	42.3	83,304
		60~100%	13	18.3	56,346
	Total	71	100.0		
2	Planting area	Less than 1.0 ha	26	36.6	113,919
		Over 1.0 ha to less than 2.0 ha	18	25.4	73,554
		More than 2.0 ha	27	38.0	99,962
	Total	71	100.0		
3	Project period	10 years	21	29.6	157,970
		Over 10 years to 30 years	41	57.7	67,721
		Over 30 years	9	12.7	96,984
	Total	71	100.0		
4	Project type	Reforestation	42	59.2	107,585
		Afforestation	19	26.8	118,438
		Restoration	6	8.5	56,488
		Management	4	5.6	11,142
	Total	71	100.0		
5	Planting species	Single species	32	45.1	105,830
		Over 2 species	39	54.9	96,463
	Total	71	100.0		
6	Business entities	Private business	35	49.3	108,503
		Public business	36	50.7	85,879
	Total	71	100.0		
7	Planting price	Less than 4,790,000 won	31	43.7	80,119
		Over 4,790,000 won	40	56.3	114,805
	Total	71	100.0		

권 가격을 산출⁴⁾하였다.

한편, 각 사업들은 지역적 특징을 반영하여 수종을 선정하고 있다. 식재수종의 차이는 순흡수량의 계산에 있어 가장 큰 영향을 미치는 요소로서, 강원도 양양군과 같이 백사장에 해송을 식재한 경우가 다른 사업에 비해 순흡수량이 낮게 나타

난 대표적인 케이스이다. 단일수종과 2종 이상의 복합수종 식재로 사업을 분류하여 분석한 결과, 두 그룹의 비중은 고르게 나타났지만, 면적이 넓을수록 단일수종을 선호하는 경향이 있다는 점을 발견할 수 있었다. 그러나 예상 배출권 가격에 있어서는 큰 차이가 없었다.

4) 영월군청에서 실시한 식생복구 사업의 경우, 관리비용이 지나치게 높게 책정되어 있어, 이를 이상치로 간주하고 제외시킨 다음 평균비용을 계산함.

산림탄소상쇄사업을 운영하는 사업 주체를 살펴보면, 산림탄소상쇄제도는 산주와 기업이 주로 참여하여 향후 상쇄배출권의 공급자 역할을 할 것으로 예상되며 민간기업과 공공기관들의 참여가 점차 늘어나고 있다. 본 연구에서는 사업 주체를 민간과 정부로 구분하였다. 기업이 자발적으로 사업에 참여한 경우와 기업과 시, 군, 구의 지자체가 협력하여 사업을 진행한 경우를 민간주체 사업으로 보았으며, 일반 행정 구역상의 시, 군, 구에 해당하는 지자체가 자체적으로 운영하는 사업을 정부주체사업으로 설정하였다. Table 2에 나타나 있듯이, 정부주체사업이 민간주체사업보다 예상 배출권 가격이 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 정부주체사업의 경우 보조금이 효율적으로 관리되었기 때문으로 추측된다. 반면에 민간주체사업의 경우 사업 진행과정에서 상쇄배출권을 확보하기 위한 수익성 사업으로 접근하기 보다는 기업들이 친환경 이미지 홍보에 주력한 결과로 보인다.

“산림자원분야 사업계획”(산림청, 2014)에서 제시하고 있는 사업면적(1ha) 당 사업비용으로 책정되어 있는 479만원을

기준으로 식재비용이 479만 원 미만인 사업을 “소규모”로 분류하였다. 식재단가에 따른 비중은 식재비용이 479만 원 이상 투입된 사업이 더욱 높게 나타났으며, 예상과는 다르게 479만 원 이상 투입된 사업의 배출권 가격이 높게 나타났다.

3.2 다중회귀분석 결과

Table 3은 예상배출권 가격에 영향을 미치는 요인들을 분석하기 위한 최소자승법(OLS) 회귀분석을 실시한 결과이다. 추정된 모형들의 설명력(R^2)은 0.31이고, 몇몇 변수가 부분적으로 유의미하지 않은 것을 주의할 필요가 있다. 설명변수가 유의한 변수들을 자세히 살펴보면 연속변수인 식재면적(X_2)은 예상 크래딧 발행비용에 부(-)의 영향($\beta = -0.043, p < 0.01$)을 미치는 것으로 나타났으며, 이는 식재면적이 넓을수록 예상 배출권 발행비용은 낮아진다는 것을 의미한다. 다음으로 설명변수 중에서 터미변수인 식재비중(X_1)은 부(-) 영향($\beta = -0.537, p < 0.05$)을 미치고 있으며, 총 비용에서 식재비중이 차지하는 비율이 높을수록 예상 배출권 발행비용이 낮아진다는

Table 3. Results of model estimation

Variable	Full-model				Reduced-model	
	OLS		H-C OLS ⁵⁾		H-C OLS	
	Coefficient	t-value	Coefficient	t-value	Coefficient	t-value
Constant	11.259**** ^a	12.28	11.259***	20.61	10.813***	24.15
Ratio (X_1)	-0.537**	-1.97	-0.537**	-1.98	-0.548**	-2.15
Planting area (X_2)	-0.043*	-1.64	-0.043***	-4.36	-0.033***	-3.61
Period (X_3)	-0.856***	-2.92	-0.856***	-3.26	0.706***	-3.07
Species (X_4)	-0.021	-0.08	-0.021	-0.07		
Business_Entities (X_5)	-0.371	-1.38	-0.371	-1.30		
Enroll type (X_6)	0.328	1.15	0.328	0.99		
Forestation (X_7)	1.083	1.37	1.083***	2.97	1.321***	3.38
Restoration (X_8)	1.594*	1.99	1.594***	3.65	1.877***	3.86
Heteroskedasticity test	B-P-G ⁶⁾ test	8.28***	-		-	
R^2		0.31		0.31		0.27

^a 계수값의 (**, ***) 표기는 해당 변수가 10%(5%, 1%) 유의수준에서 유의함을 의미하고, 이분산검정에서는 동분산의 귀무가설이 10%(5%, 1%)유의수준에서 기각됨을 의미.

5) H-C OLS는 Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator를 의미

6) 이분산 검정의 B-P-G test는 Breusch-Pagan-Godfrey test를 의미

것을 의미한다. 둘째, 사업기간(X_3)은 부(-) 영향($\beta = -0.856, p < 0.01$)을 미치는 것으로 나타났으며, 장기적 사업의 배출권 발행비용이 더 낮다는 것을 의미한다. 셋째, 사업 유형 중 신규조립/재조립 (X_7)의 경우, 정(+)의 영향($\beta = 1.083, p < 0.01$)로 나타났으며, 신규조립/재조립 사업의 배출권 발행비용이 더 높게 나타난다는 것을 의미한다. 마지막으로 사업 유형 중 식생복구(X_8)의 경우 정(+)의 영향($\beta = 1.594, p < 0.01$)로 나타났으며, 식생복구 사업의 배출권 발행비용이 더 높다는 점을 미뤄 보았을 때 산림경영 사업의 배출권 발행비용이 가장 낮다는 점을 예측할 수 있다. 또한 분석 결과, 식재수종(X_4), 사업주체(X_5), 등록 유형(X_6)의 설명변수들은 계수값의 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이는 산림탄소 배출권 발행비용에 있어 단일수종과 2종이상의 복합수종을 식재하는 것, 민간 또는 정부가 주체하는 사업으로 구분하는 것, 거래형과 비거래형으로 사업을 구분하는 것에 따른 영향력은 없다고 해석할 수 있다.

4. 결론 및 고찰

본 연구는 산림청 “산림탄소모아”에 등록된 71개 산림탄소 상쇄 사업을 대상으로 산림탄소 상쇄배출권의 발행비용에 결정요인에 영향을 미치는 요인들을 분석하였다. 특히 산림탄소 상쇄제도의 가격 결정에 영향을 미치는 요인을 측정함으로써 산림탄소 상쇄배출권의 가격 경쟁력 확보와 산림탄소상쇄제도 활성화 방법에 대한 정책적 제안을 하는데 의의가 있다. 분석방법으로는 각 사업의 사업계획서 상에 나와 있는 총비용과 연간 순흡수량을 가지고 예상 배출권 가격을 도출하고, 7가지 항목으로 분류하여 사업별 특성이 예상 배출권 가격 결정에 어떤 영향을 미치는지 살펴보았다. 추가적으로 다중회귀모형을 이용하여 산림탄소 상쇄배출권의 가격을 결정하는데 영향을 미치는 요인을 관찰하고자 하였다.

상쇄배출권 가격은 평균 톤당 92,827원으로 나타났으며, 사업별 특성을 반영한 세부 항목들의 평균 값 역시 5만원에서 12만원 사이에서 결정되고 있었다.

사업계획서 분석과 다중회귀분석 결과를 종합해 보면 총 비용에서 식재비용이 차지하는 비중이 높고, 사업기간이 10년 이상인 장기사업, 사업 유형이 산림경영 사업일 경우에 예상 배출권 가격은 낮아지는 것으로 분석되었다.

따라서 결과 내용을 토대로 향후 산림탄소 상쇄제도의 발전을 위한 방안은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 정부 보조

금 사업이 효율적으로 집행되는 거래형 사업과 발행비용이 낮은 산림경영 사업을 확대하는 것이 필요하다. 둘째, 연간흡수량을 높이기 위해 식재 면적을 크게 하고 순흡수량이 높은 묘목을 사용할 필요가 있다. 셋째, 사업기간 설정 시 단기적 이벤트 사업이 아닌 실질적인 숲가꾸기 사업으로 전환할 수 있는 장기 사업을 집중 육성해야만 한다. 넷째, 정부수매제도 등 다양한 가격 안정화 장치를 마련하여 배출권 거래제도와 연결시키기 위한 지속적인 노력이 필요하다. 마지막으로, 식재에 의한 공편의 가치를 높이는 것이 더 큰 목적이기 때문에 사업 이행에 따라 발생하는 상쇄배출권은 부수적인 가치로 인식하려는 노력이 필요하다.

본 연구는 다음과 같은 한계점을 갖고 있다. 첫째, 사업의 사업계획서 상에는 버퍼예치율⁸⁾을 계산하여 기록하고 있지만, 지역적, 기타 특성에 의한 버퍼예치율의 차이를 반영하는데 어려움이 있어 버퍼예치율과 이자율을 고려하지 않고 연구를 진행하였다. 둘째, 일부 사업의 경우 구체적인 홍보비용을 명시하지 않았기 때문에 홍보비용을 제외한 관리비용을 산출하는데 어려움이 있어 이를 제외하지 못하고 비용을 산출하였다. 셋째, 분석 시 횡단면 자료로 구성된 제한적 표본 데이터를 사용하였기에 분석모형의 설명력이 낮게 나타나고 있다. 향후 추가적인 분석 자료의 수집 및 새로운 설명변수의 개발을 통해 모형의 설명력을 높일 수 있는 방안을 모색하는 것이 필요하다. 넷째, 산림바이오메스와 목제품 이용은 산림을 이용하여 다른 제품을 생산하는 사업의 특징에 따라 산림경영 사업과 함께 분석 대상에서 제외하고 분석을 진행하였다. 이러한 연구의 한계점에도 불구하고, 본 연구는 산림탄소 상쇄 등록부 상에 사업의 비용들을 세분화하여 산림탄소배출권의 예상가격을 추정하였다는 점에서 큰 의의가 있다.

5. 사 사

본 연구는 산림청 임업기술연구개발사업(과제번호: S111-315L090120)의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

Go SH, Moon HJ, Jeong HJ, Na YJ, Hong SH, Lee HW, Kim JY, Kim JS. 2013. Study on domestic forest carbon offset's activation plan and utilization of international

8) 버퍼예치율이란 사업자가 비영속성 관리(산불, 산림병해충, 산사태 등의 자연재해와 불법 벌채, 산림전용 등)를 위해 적절한 조치를 취했음에도 불구하고 불가피하게 발생하는 흡수량 손실에 대비하여 이산화탄소 순흡수량의 일부를 버퍼로 예치하는 것을 말한다.

- carbon credits. Korea Forest Service final report 1-337.
- Kim YH. 2015. Estimation of secondary emissions from forest carbon offset projects. *Journal of Climate Change Research* 6(4):257-265.
- Kim YH, Song MG. 2015. Estimation of the supply of offset credit for the GHG emission trading scheme in Korea. *Proceedings of 2015 Korea's Allied Economic Associations Annual Meeting on Journal of Korean Forest Economics Society* pp 95-102.
- Park CH, Kwon KW, Kim SB. 2007. An economic analysis of industrial forest plantation and A/R CDM project in Indonesia. *Journal of Korean Forestry Society* 96(3):348-356.
- Bae JS. 2006. Understanding afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto protocol. *Journal of Korean Forest Economics Society* 14(1):59-76.
- Lee SE. 2010. Study on forestry-based carbon offset programs. *Climate Change Research* 1(2):97-107.
- Han KJ, Youn YC. 2009. Integrating forestry offsets into a domestic emission trading scheme in Korea. *Korea Environment Institute* 8(1):1-30.
- Ministry of Government Legislation. 2012. Act on the management and improvement of carbon sink. ACT no. 11360.
- Ministry of Government Legislation. 2013. Act on the allocation and trading of greenhouse-gas emission permits. ACT no. 11690.
- Ministry of Government Legislation. 2013. Enforcement decree of the act on the allocation and tradig of greenhouse gas emission permits. Presidential Decree no. 25751.
- Korea Forest Service. 2014. Forest carbon offset scheme guideline pp 1-46.
- Korea Forest Service. 2014. Forest resources sector business plan.
- Korea Forest Service. 2015. Forest resources sector business plan.
- Korea Forest Service. 2015. http://www.forest.go.kr/newkfsweb/kfs/idx/SubIndex.do?orgId=fcm&mn=KFS_02_10 (2016. 4. 1.)