

온실가스 감축을 위한 산림탄소사업의 이행 가능 요건에 관한 연구: 사유림 벌기령 연장형 산림경영사업을 중심으로

박민영¹ · 윤여창^{2*}

¹국립산림과학원 국제산림연구과, ²서울대학교 산림과학부

A Study on Conditions for Facilitating Forest Carbon Projects for Greenhouse Gas Reduction: A Forest Management Project Case with Extended Rotation Age in Private Forests

Minyoung Park¹ and YOUN Yeo-Chang^{2*}

¹Division of Global Forestry, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

²Department of Forest Science, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

요약: 본 연구는 산림탄소상쇄사업에 참여한 사유림 산주가 지속적으로 참여할 수 있는 조건들을 밝히고자 하였다. 산주가 벌채 시기를 연장하여 온실가스 배출을 늦추는 벌기령 연장형 산림탄소상쇄사업을 지속할 가능성은 산림탄소상쇄권에 대한 보상가격이 높을수록, 산림의 경제적 가치에 대하여 상대적으로 공익적 가치를 더 생각하는 산주일수록, 그리고 교육 수준이 높을수록 증가하는 것으로 나타났다. 산림탄소상쇄권에 대한 수용가능 보상가격(Willingness To Accept, WTA)을 다중양분형 조건부가치평가법을 이용하여 추정하 바, 벌기령을 60년까지 연장할 경우 17,039원/ tCO_2 이었으며, 벌기령을 100년으로 연장할 경우 23,070원/ tCO_2 으로 나타났다. 연구 결과에 따라 사유림의 산림탄소상쇄사업 참여와 공급을 확대하기 위해 다음과 같은 방안을 제시할 수 있다. 첫째, 산림탄소상쇄사업을 통해 공편익을 제공하는 사유림 산주가 부담할 수 있는 기회비용에 대한 정책적 지원이 필요하다. 둘째, 숲의 공익가치에 대한 인식과 관심을 제고하기 위한 교육프로그램 등의 방안이 필요하다. 셋째, 제도 초기에 진입한 산주들이 WTA에 대한 수용 및 참여가능성이 낮은 것으로 드러났기 때문에, 초기 진입 산주의 지속적 참여를 이끄는 방안을 모색해야 한다.

Abstract: This study identified and evaluated conditions for continued participation of private forest owners in forest carbon offset programs. The probability of continuing forest carbon offset projects, which delays greenhouse gas emissions by extending harvesting periods, increases with increasing price of carbon offset credits, public recognition of forest value, and education level. Willingness to Accept (WTA) was estimated using a Multiple Bounded Dichotomous Choice Question, which was 17,039 KRW/ tCO_2 for extending age to 60 years, and 23,070 KRW/ tCO_2 for 100 years. The following findings aim to promote participation and supply of carbon offset programs in private forests according to the study outcomes. First, introducing policies supporting private forest owners bearing opportunity costs for avoiding greenhouse gas emissions by postponing timber harvest is needed. Second, educational programs for private forest owners whose awareness of and interests in the public value of forest is necessary. Third, although having participated from the beginning of the offset program, finding ways to lead continuous participation of forest owners who are less likely to accept WTA is also necessary.

Key words: carbon forestry, forest carbon offset program, carbon price willingness to accept, private forest owner

* Corresponding author
E-mail: youn@snu.ac.kr

ORCID

Yeo-Chang Youn  <https://orcid.org/0000-0002-3353-1727>

서론

온실가스 증가로 인한 지구온난화는 이상기후를 발생시켜 인류의 생존을 위협하고 있다. 1988년, 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)와 유엔환경기구(United Nations Environment Program, UNEP)는 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)를 설립하며 기후변화에 대한 국제적인 논의를 이끌었다. 1990년 냉전체제 이후 국제사회에서 다자주의 협상이 시작되고 1992년 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)이 수립되면서 기후변화는 전 지구적인 의제로 발전하였다. 특히 2015년 UNFCCC 제 21차 당사국 총회에서 파리협정이 채택되면서 기후변화 대응을 위해 탄소흡수원인 산림의 중요성이 재확인되었다(Lee, 2019).

범지구적으로 기후변화에 대한 관심과 산림의 중요성에 대한 인식이 확산되고 있는 가운데 대한민국은 과거 성공적인 치산녹화 경험을 바탕으로 개도국 기술개발에 도움을 전수할 수 있는 산림기술 국가로서 역할이 중요해졌다. 우리나라가 국제사회에서 산림을 이용해 기후변화 대응을 선도하기 위해서는 산림탄소상쇄사업, REDD+사업 등 국내외적으로 산림탄소흡수원을 이용한 사업의 활성화가 주요 과제로 꼽힌다. 2020년 12월 우리나라는 국가온실가스감축목표(National Determined Contribution, NDC)를 갱신하여 장기저탄소발전전략(Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategies, LEDS)과 함께 UNFCCC 사무국에 제출하였다. 주요 갱신 사항에서도 목표 달성을 위해 산림흡수원을 포함한 국내적 감축 노력과 함께 파리협정 6조에 따른 자발적 협력을 활용할 계획임을 밝혔다. 2021년 1월 산림청에서 발표된 2050 탄소중립 산림 부문 추진전략안은 30년간 30억 그루 나무 심기 등을 통해 2050 탄소중립에 3,400만 tCO₂을 기여하는 것을 목표로 한다(Korea Forest Service, 2021).

국내에서는 시장을 통해 효과적으로 온실가스 감축목표를 달성하기 위해 2015년 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률에 따른 배출권거래제가 도입되었다. 배출권거래제 외부사업은 전환부문, 이산화탄소 포집 및 저장(Carbon Capture and Utilization, CCUS), 산림 흡수원, 국외감축 등 다양한 분야에서 배출권의 확보할 수 있으며 기획재정부와 환경부에서 운영한다. 배출권거래제 외부사업에서 발생한 배출권은 실제 배출권 시장에서 거래될 수 있으며, 2021년 3월 기준, 국내 배출권등록부시스템에 등록된 국내 외부사업 472건 중 산림부문의 사업은 단, 5건에 불과하다.¹⁾ 탄소

배출권의 가치는 높아지고 있음에도 불구하고 산림부문의 인증실적 공급량은 다른 분야에 비해 매우 적다.

한편 산림청은 2013년 『탄소흡수원법 유지 및 증진에 관한 법률』에 따른 산림탄소상쇄제도를 도입하였다. 산림탄소상쇄제도는 기업, 산주, 지방자치단체 등이 자발적으로 탄소흡수원 유지 및 증진 활동을 하고, 이를 통해 확보하는 산림탄소흡수량을 정부가 인증해 주는 제도이다. 『탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률 시행령』 제19조에 따르면 산림탄소흡수량의 유효기간은 30년 이하로 한다. 상황에 따라 1회당 20년 범위에서 총 2회까지 유효기간을 연장할 수 있다. 한편, 미국의 CRT(Climature Reserve Tonnes) 배출권의 사업기간을 살펴보면 100년으로 설정되어 있어, 국내 사업 기간보다 상대적으로 길다. 외부사업으로 등록되지 않은 산림탄소상쇄사업에서 발생한 탄소흡수량은 배출권거래제에서 거래될 수 없다. 산림탄소상쇄사업은 거래형과 비거래형으로 나뉘는데 비거래형인 사회공헌형 사업만 운영되고 거래형인 감축실적형은 하위법령 근거, 운영표준, 사업 방법론 등의 이유로 시행되지 않는 실정이다. 산림탄소상쇄사업은 2016년 정부 예산 범위에서 정부 구매가 발생했지만 구매량은 밝혀진 바가 없으며, 2017년 2018년에는 각각 1,009 tCO₂, 855 tCO₂가 기업의 사회공헌 목적으로만 장외에서 거래되었다.

산림탄소상쇄제도와 배출권거래제가 연계된다면 산림부문의 국가 온실가스감축 실적이 배출권 거래시장에서 거래됨에 따라 국가 온실가스감축 목표 달성에 기여면서 산주의 수익도 보장할 수 있을 것이다(Bae et al., 2019, Kim, 2021). 다수의 선행연구 따르면 산림흡수원을 통한 탄소 배출 감축은 다른 대안들과 비교해 비교적 저렴한 수단이라고 알려져 있다(Dudek and LeBlanc, 1990; Sedjo and Solomon, 1989; Angelsen, 2010; Eliasch, 2008; Richards and Stokes, 2004; Stern, 2007; Han and Youn., 2009a; Galik and Jackson, 2009). 산림 흡수원은 기후변화완화에 기여할 뿐만 아니라 생물다양성 보전, 미세먼지 절감 등의 다양한 공편익을 가진다(Kim et al., 2016). 또한 외부사업 인증실적(Korea Offset Credits, KOC)에 대한 수요가 꾸준히 증가하면서 탄소배출권의 가격이 지속적으로 증가하고 있어 부수적 수입원으로써 산주들의 관심도 증가하고 있다(Min et al., 2017).²⁾ 하지만 두 제도에 대한 정부 유관 기관과 산주의 입장 차이를 좁히는 데에 시간

공개 > 국내사업

2) EU의 탄소배출권 가격은 2021년 2월 11일 사상 처음으로 1톤(t)당 40유로를 돌파했다. 지난해 말 종가가 32.59유로였는데 두 달이 채 안 돼 23.1%가 오른 셈이다. 한편 한국의 KOC 가격은 지난 해 하반기 40,800원까지 치솟았다가 현재 가격 조정으로 인해 26,000원 선으로 하락하였다.

1) ETRS 배출권등록부시스템(<https://etrs.gir.go.kr/etrs/>) > 정보

이 지체되고 있다.

2021년 5월 기준 산림부문 외부사업은 5건, 산림탄소상쇄사업은 총 379건으로 거래형 산림탄소상쇄사업은 205건, 비거래형은 174건이다. 2020년 기준 2월 기준 거래형 사업이 167건이고 비거래형 사업이 84건이었던 것을 고려해보면 비거래형 사업의 등록이 급증했다. 등록된 전체 거래형 사업에서는 산림경영 사업등록 건수가 145건으로 가장 많았다. 설문 조사가 진행된 2020년 2월 당시 예상 탄소흡수량을 기준으로 거래형 산림경영유형은 등록된 전체 거래형 사업 탄소흡수량의 99%를 차지하였다. 등록된 건수를 기준으로 해도 전체 사업유형 중 산림경영사업이 65%로 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 산림경영 사업은 총 92건이 등록되었는데 이중 가장 높은 비중을 차지하고 있는 사업은 벌기령 연장 사업(81건)으로 88%를 차지한다. 우리나라 전체 산림의 67%가 사유림이고 산림탄소상쇄사업의 사업자 중에서 개인 산주가 가장 높은 비율을 차지하기 때문에 산림탄소상쇄사업의 활성화를 이끌기 위해서는 개인 산주의 역할이 중요하다.

벌기령 연장을 고려하는 사업은 수종마다 법적으로 정해진 벌기령을 베이스라인으로 하고, 수종을 갱신하며 벌기령을 연장하는 경우에는 사업대상지에서 과거에 조림되었던 수종을 베이스라인으로 설정해 흡수량을 산정한다. 하지만 벌기령 연장을 통한 산림 내 탄소량의 유지 및 증진으로 탄소배출상쇄 효과를 달성하기 위해서는 산주가 목재 수확의 기회를 유보하는 데에 따른 기회비용이 발생한다. 산주는 사업에 참여하는 데 따르는 비용 때문에 사업 진입 및 유지에 어려움을 겪고 있다. 따라서 산림탄소상쇄사업을 유지하고 더 확장할 수 있도록 산림탄소배출권 가격에 대한 산주의 수용가능 수준을 파악할 필요가 있다. 또한 사업에 참여중인 산주들이 중도에 사업을 포기하지 않고 지속적으로 참여하도록 유도하기 위해서 어떤 요인이 산림탄소상쇄사업 참여에 영향을 미치는지 파악

하는 것이 필요하다. 수용의사금액 수준을 파악하고 사업 참여에 영향을 미치는 요인을 찾는 것은 산주에게 사업 참여 유인을 제공할 수 있고 산림탄소배출권 시장 기반형성에 도움이 될 수 있을 것이다.

본 연구는 이러한 배경을 바탕으로 산림탄소상쇄사업 가운데 등록 건수와 예상흡수량의 비중이 가장 큰 벌기령 연장 사업을 통해 산림경영 사업에 참여 중인 산주를 대상으로 산림탄소상쇄사업을 통해 얻어진 흡수량에 대한 수용의사금액 도출과 산림탄소상쇄사업에 지속적으로 참여하는데 영향을 미치는 요인을 찾고자 하였다.

연구방법

1. 연구 대상 및 조사 내용

본 연구의 설문을 위하여 2019년 7월에 한국임업진흥원에서 주최의 산림탄소상쇄사업 설명회에 참석한 일부 참여 산주를 대상으로 2019년 7월, 11월 두 차례에 걸쳐 대면 사전조사를 실시 하였다. 또한 산림탄소상쇄사업에 참여하고 있는 개인 산주 68명 중에서 설문조사 참여에 동의한 산주 40명을 대상으로 2020년 3월 초부터 4월 중순까지 약 두 달간 우편 설문을 실시하였다. 설문의 이해를 돕기위해 우편을 받은 산주를 대상으로 전화상담을 실시 하였다. 40명의 동의를 얻고 설문을 진행하였으나 진행하는 과정에서 일부 문항에 응답하지 않거나, 회신을 하지 않은 산주가 발생하여 총 응답자는 36명이다.

응답에 참여한 개인 산주들을 대상으로 지속적인 사업 참여 여부, 참여 산주의 개인 특성 및 사업 대상지 산림자원 특성, 산림탄소상쇄사업의 가치에 대한 인식, 사업의 비용, 산림탄소상쇄사업 참여에 대한 수용의사금액을 조사하였다. 구체적인 조사 항목 및 조사 설계 내용을 정리하면 다음의 Table 1과 같다.

Table 1. Interview Contents.

Section	Description
Sample	Forest Owners who want to participate in the survey among participants of the forest carbon project (About 55 percents of total participants in extension of rotation age forest management project).
Project Area	Forest Carbon project area of whole country(Gangwon, Gyeongbuk, Gyeongnam, Jeonbuk, Jeonnam, Chungbuk, Chungnam, Ulsan)
Contents of Survey	- Characteristics of forest owners and forest resources - Awareness of the value of forest carbon offset - The cost of forest carbon offset - WTA for Participation of forest carbon offset
Sample Size	36
Method	Phone poll, mail question and interview research
Period	from 2019. Nov. to 2020. Feb.

2. 분석 방법

수용의사금액(willingness to accept: WTA)은 어떤 제도나 환경이 변화할 때 대상자가 받는 피해에 대해 수용할 수 있는 수준의 보상이다. 편익이 나타날 수 있는 단점이 있지만, 참여 산주 개인들이 생각하는 산림탄소상쇄사업의 참여 가치가 직접적이고 직관적으로 반영된 결과라는 점에서 의의가 있다. Eom(2008)의 연구에 따르면 정보제공을 통한 학습을 10회 실시하고 총 여섯 번의 실험을 통해서 WTA가 WTP(willingness to pay)보다 통계적으로 유의하게 초과한다는 것을 밝혀냈다. 본 연구는 수용의사금액의 도출과정에서 산주가 실제 원하는 금액과의 괴리가 생기는 것을 최소화하기 위해 WTA를 여러번 묻는 다중양분선택형 조건부가치평가법을 이용하였다.

1) 다중양분형 조건부가치평가법(multiple bounded dichotomous choice contingent valuation method: MDBC CVM)으로 수용의사금액(WTA) 도출

다중양분선택형 조건부가치평가법으로 산림탄소상쇄사업 참여에 대한 수용의사금액 모형을 추정하기 위해서는 제한된 종속변수 모형을 사용하게 되는데, 로짓(logit) 모형과 토빗(tobit)모형이 주로 사용된다(Greene, 2012). 본 연구에서는 모형 설명력, 독립변수의 예상부호, 통계적 신뢰성, 추정된 모형의 계수 설명 용이성 등을 고려하여 로짓모형을 이용하였다.

추가적으로 WTA의 과대추정을 방지하기 위한 장치로써 제시한계금액 PP(provision point)를 설정하였다. PPM(Provision Point Mechanism)은 보상받기 원하는 금액의 합계가 사용 가능한 예산과 같거나 작다면, 규제나 강제가 집행되고 보상이 지급된다(Rondeau et al., 1999). 사업자에게 배출권가격 A를 제안할 때, 생산자는 금액 A를 수용하면서 산림탄소상쇄사업에 지속적으로 참여하는 효용가치를 가지려 하거나 혹은 A를 수용하지 않고 산림탄소상쇄사업의 참여를 포기하는 형태로 두 가지 선택을 할 수 있다. 자신의 효용을 극대화하려는 소비자는 최초 제시금액이 기대금액보다 낮을 경우 ‘아니오(NO)’라고 응답할 것이다. 이 연구에서 첫 번째 질문에 ‘아니오’라고 응답했을 경우 두 번째 제시금액은 초기 제시금액의 150%에 해당하는 금액, ‘예’라고 응답했을 경우에는 50%에 해당하는 금액을 제시하였다(Chung and Chiou, 2017). 두 번째 질문부터는 ‘아니오’라고 응답했을 경우 150%, ‘예’라고 응답했을 경우 80%로 맞추어 제시금액을 설정하였다. 이처럼 설계하면 아래 그림에서처럼 ‘아니오-예-아니오’를 선택했을 때와 ‘아니오-아니오-예’를 선택했을 때의 제시금액이 같아지기 때문에 설문지 분량을 줄일 수 있다. 질문이 다섯 번인 만큼 설문을 진행하는데 응답 소요 시간이

너무 오래 걸리면 설문 대상자에게 피로감을 줄 수 있기 때문에(Lee et al., 2008) 제시 금액의 선택지를 줄이는 전략을 세웠다. 36명의 응답자에게 다른 수준의 WTA를 여러 번 질문을 하여 답을 얻는 방식으로 관측치는 총 154개가 도출되었다. 입찰식 질문의 단점인 시작점 편향(starting point bias)을 보완하기 위해서 초기 제시금액은 10,000원, 15,000원, 20,000원, 25,000원 총 4개로 설정하였다(Boyle et al., 1985). PPM에 따라 WTA의 상한선은 국내 배출권 시장의 제2차 기획기간(2018-2020)의 최대 가격인 40,000원/tCO₂으로 설정했다.

Figure 1에서 π^y , π^n 는 각각 주어진 제시금액에 대한 수용 가능여부의 확률이다. B_i^d 는 제시금액 B_i 을 수용했을 때 하향된 금액이고, B_i^d 는 제시금액 B_i^d 을 다시 수용했을 때 하향된 금액이다. 반대로 B_i^u 는 제시금액 B_i 을 거절했을 때 상향된 금액이고, B_i^u 는 제시금액 B_i^u 을 다시 거절했을 때 상향된 금액이다. 위 그림과 같이 경우의 수는 $2^d = 16$ 개가 나온다. 응답자 i 에게 제시한 초기 제시금액을 B_i 다중양분선택형의 추정식 전개과정은 다음과 같다.

$\pi^{yyyy}(B_i, B_i^d)$: B_i 에 ‘yes’로 응답하고 B_i^d 에 ‘yes’로 응답하고, B_i^d 에 ‘yes’로 응답하고, B_i^{dd} 에 ‘yes’로 응답한 경우의 확률은

$$\pi^{yyyy}(B_i, B_i^d) = \text{Prob}\{WTA_i < B_i^d\} = F(B_i^d; \theta) \text{ 이다.}$$

$\pi^{yyym}(B_i, B_i^d)$: B_i 에 ‘yes’로 응답하고 B_i^d 에 ‘yes’로 응답하고, B_i^d 에 ‘yes’로 응답하고, B_i^{dd} 에 ‘no’로 응답한 경우의 확률,

$\pi^{yyuy}(B_i, B_i^d)$: B_i 에 ‘yes’로 응답하고 B_i^d 에 ‘yes’로 응답하고, B_i^d 에 ‘no’로 응답하고, B_i^{du} 에 ‘yes’로 응답한 경우의 확률,

$\pi^{yyyn}(B_i, B_i^d)$: B_i 에 ‘yes’로 응답하고 B_i^d 에 ‘no’로 응답하고, B_i^{du} 에 ‘yes’로 응답하고, B_i^{duu} 에 ‘yes’로 응답한 경우의 확률은 서로 같다.

$$\pi^{yyym}(B_i, B_i^d) = \pi^{yyuy}(B_i, B_i^d) = \pi^{yyyn}(B_i, B_i^d) \\ = \text{Prob}\{B_i^d \leq WTA_i < B_i^{dd}\} = F(B_i^d; \theta) - F(B_i^{dd}; \theta)$$

$\pi^{ymym}(B_i, B_i^d)$: B_i 에 ‘yes’로 응답하고 B_i^d 에 ‘no’로 응답하고, B_i^{du} 에 ‘yes’로 응답하고, B_i^{duu} 에 ‘no’로 응답한 경우의 확률,

$\pi^{ymym}(B_i, B_i^d)$: B_i 에 ‘yes’로 응답하고 B_i^d 에 ‘yes’로 응답하고, B_i^d 에 ‘no’로 응답하고, B_i^{du} 에 ‘no’로 응답한 경우의 확률,

$\pi^{ymny}(B_i, B_i^d)$: B_i 에 ‘yes’로 응답하고 B_i^d 에 ‘no’로 응답하고, B_i^{du} 에 ‘no’로 응답하고, B_i^{duy} 에 ‘yes’로 응답한 경우의 확률은 서로 같다.

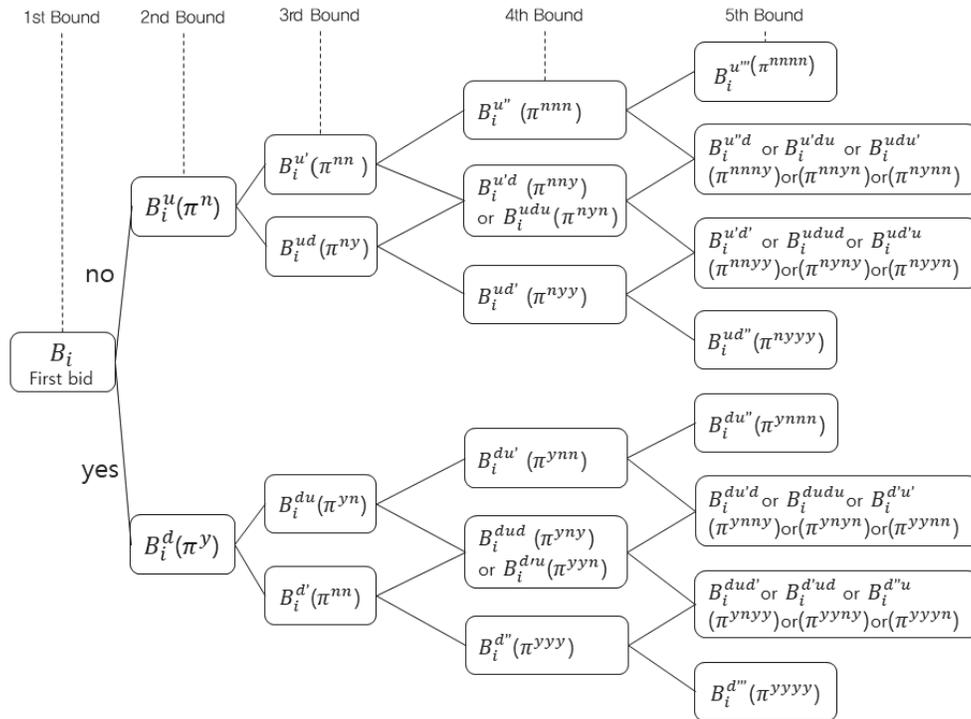


Figure 1. Multiple bounded dichotomous choice value method.

$$\pi^{nyym}(B_i, B_i^d) = \pi^{ymn}(B_i, B_i^d) = \pi^{mny}(B_i, B_i^d) \\ = \text{Prob}\{B_i^{du} \leq WTA_i < B_i\} = F(B_i; \theta) - F(B_i^{du}; \theta)$$

$$\pi^{nyym}(B_i, B_i^u) = \pi^{mnyy}(B_i, B_i^u) = \pi^{nym}(B_i, B_i^u) \\ = \text{Prob}\{B_i^{ud} \leq WTA_i < B_i^u\} = F(B_i^u; \theta) - F(B_i^{ud}; \theta)$$

$\pi^{ymnn}(B_i, B_i^d)$: B_i 에 'yes'로 응답하고 B_i^d 에 'no'로 응답하고, B_i^{du} 에 'no'로 응답하고, $B_i^{du'}$ 에 'no'로 응답한 경우의 확률은

$\pi^{nyym}(B_i, B_i^u)$: B_i 에 'no'로 응답하고 B_i^u 에 'yes'로 응답하고, B_i^{ud} 에 'no'로 응답하고, B_i^{udu} 에 'no'로 응답한 경우의 확률,

$$\pi^{ymnn}(B_i, B_i^d) = \text{Prob}\{B_i^{du'} \leq WTA_i\} = 1 - F(B_i^{du'}; \theta) \text{ 이다.}$$

$\pi^{mnyy}(B_i, B_i^u)$: B_i 에 'no'로 응답하고 B_i^u 에 'no'로 응답하고, $B_i^{u'}$ 에 'yes'로 응답하고, $B_i^{u^d}$ 에 'no'로 응답한 경우의 확률,

$\pi^{mnyy}(B_i, B_i^u)$: B_i 에 'no'로 응답하고 B_i^u 에 'yes'로 응답하고, B_i^{ud} 에 'yes'로 응답하고, $B_i^{ud'}$ 에 'yes'로 응답한 경우의 확률은

$\pi^{mnyy}(B_i, B_i^u)$: B_i 에 'no'로 응답하고 B_i^u 에 'no'로 응답하고, $B_i^{u'}$ 에 'no'로 응답하고, $B_i^{u''}$ 에 'yes'로 응답한 경우의 확률은 서로 같다.

$$\pi^{mnyy}(B_i, B_i^u) = \text{Prob}\{WTA_i < B_i^{ud'}\} = F(B_i^{ud'}; \theta) \text{ 이다.}$$

$$\pi^{nymn}(B_i, B_i^u) = \pi^{nym}(B_i, B_i^u) = \pi^{mnyy}(B_i, B_i^u) \\ = \text{Prob}\{B_i^{u'} \leq WTA_i < B_i^{u''}\} = F(B_i^{u''}; \theta) - F(B_i^{u'}; \theta)$$

$\pi^{nymn}(B_i, B_i^u)$: B_i 에 'no'로 응답하고 B_i^u 에 'yes'로 응답하고, B_i^{ud} 에 'yes'로 응답하고, $B_i^{ud'}$ 에 'no'로 응답한 경우의 확률,

$\pi^{mnnn}(B_i, B_i^u)$: B_i 에 'no'로 응답하고 B_i^u 에 'no'로 응답하고, $B_i^{u'}$ 에 'no'로 응답하고, $B_i^{u''}$ 에 'no'로 응답한 경우의 확률은

$\pi^{mnyy}(B_i, B_i^u)$: B_i 에 'no'로 응답하고 B_i^u 에 'no'로 응답하고, $B_i^{u'}$ 에 'yes'로 응답하고, $B_i^{u^d}$ 에 'yes'로 응답한 경우의 확률,

$$\pi^{mnnn}(B_i, B_i^u) = \text{Prob}\{B_i^{u''} < WTA_i\} = 1 - F(B_i^{u''}; \theta) \text{ 이다.}$$

$\pi^{nymy}(B_i, B_i^u)$: B_i 에 'no'로 응답하고 B_i^u 에 'yes'로 응답하고, $B_i^{u'}$ 에 'no'로 응답하고, $B_i^{u''}$ 에 'yes'로 응답한 경우의 확률은 서로 같다.

WTA_i : 응답자 i의 잠재 수용의사금액

θ : 파라메타 벡터

$F(\cdot)$: 로지스틱(혹은 정규) 누적확률분포함수

평균적인 응답자의 제시액에 대한 수락률을 구하기 위한 로지스틱 누적확률 분포함수 $F(B; \theta)$ 를 정의하면 다음과 같다(Gim et al., 2007; Kang et al., 2011).

$$F(B) = F(-a - x_i'\beta - \beta_{bid}\ln B)$$

위 식에서 a 는 상수항, x_i 는 응답자 특성 벡터, β 는 x_i 의 계수 파라메타 벡터이다. β_{bid} 는 $\ln B$ 의 계수 파라메타, B 는 제시된 금액으로 양(+)의 값을 가진다. $F(B)$ 는 로지스틱 분포함수 혹은 정규분포함수를 가정한다.

θ 를 조건부로 각 응답확률을 로그 변환하여 로그확률 함수로 전환하면, N 명의 응답자에 대한 관측값(1, 2, 3, ..., n)이 관측될 확률은 우도함수(likelihood function)로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln L(\theta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{aligned} & d_i^{0000} \ln \pi^{0000}(B_i, B_i^0) + d_i^{0001} \ln \pi^{0001}(B_i, B_i^1) + d_i^{0010} \ln \pi^{0010}(B_i, B_i^0) \\ & + d_i^{0011} \ln \pi^{0011}(B_i, B_i^1) + d_i^{0100} \ln \pi^{0100}(B_i, B_i^0) + d_i^{0101} \ln \pi^{0101}(B_i, B_i^1) \\ & + d_i^{0110} \ln \pi^{0110}(B_i, B_i^0) + d_i^{0111} \ln \pi^{0111}(B_i, B_i^1) + d_i^{1000} \ln \pi^{1000}(B_i, B_i^0) \\ & + d_i^{1001} \ln \pi^{1001}(B_i, B_i^1) + d_i^{1010} \ln \pi^{1010}(B_i, B_i^0) + d_i^{1011} \ln \pi^{1011}(B_i, B_i^1) \\ & + d_i^{1100} \ln \pi^{1100}(B_i, B_i^0) + d_i^{1101} \ln \pi^{1101}(B_i, B_i^1) + d_i^{1110} \ln \pi^{1110}(B_i, B_i^0) \\ & + d_i^{1111} \ln \pi^{1111}(B_i, B_i^1) \end{aligned} \right.$$

N 은 관측 대상자 수이며, 더미변수 d_i 는 0이나 1의 값을 갖는다.

θ 최우추정량(maximum likelihood)은 로그우도함수 $\ln L(\theta)$ 를 θ 에 대해 미분한 값을 0으로 두고 계산하여 우도함수를 극대화 하는 θ 값을 구할 수 있다. 추정된 파라메타와 각 속성의 평균치로 구성된 벡터 x_i 를 $F(B)$ 에 대입하면 평균적인 응답자의 제시액에 대한 수락률을 구할 수 있으며, 이 확률함수는 로지스틱(혹은 노말)함수로 가정된다.

지불의사금액(WTP)은 일반적으로 평균, 중앙값, 절단된 평균을 대푯값으로 사용하는데(Haneman, 1984), 본 연구에서는 WTA에 대한 극단적인 값이 평균에 영향을 크게 줄 수 있는 위험성을 제거하기 위해 중앙값을 타당성 있는 대표값으로 선정하였다. WTA의 중앙값은 아래와 같이 계산된다.

$$Me(WTA) = \exp \left[\frac{-(\hat{a} + x_i' \hat{\beta})}{\hat{\beta}_{bid}} \right]$$

2) 로지스틱 회귀분석

산주를 대상으로 진행되는 수용의사금액(willingness to accept, WTA) 연구는 크게 보호구역에 대한 산주의 수용의사금액 보상 연구(Lindhjem and Mitani, 2012; Bush et al., 2013), 와 산림탄소사업에 대한 보상 및 배출권의 가치에 대한 수용의사금액 연구(Miller et al., 2012; Håbesland et al., 2016)가 있다. 보호구역에 대한 수용의사금액 연구

는 종속변수가 연속형 변수(continuous data)인 WTA이고 산림탄소 사업 수용의사금액 연구는 종속변수가 참여 혹은 미참여로 명목변수(nominal data)이고 독립변수에 WTA가 연속형 변수로 설정되어 있다. 선행연구에서 사용된 변수를 채택하여 정리하면 다음 Table 2와 같다.

산주는 자신이 응답한 수용의사금액 수준에서 산림탄소 배출상쇄권을 판매할 수 있다고 가정할 때 사업에 지속적으로 참여할 의사가 있으면 1, 아니라면 0으로 선택할 수 있다. 로지스틱 회귀분석은 회귀모델에서 독립변수로 사용된 각 특성 요인과 산림탄소상쇄사업 참여 가능성을 연관시키기 위해 사용되었고 사업 지속 여부의 로그 확률은 예측변수(X)의 선형 조합의 함수로 정의하였다. 로지스틱 회귀분석은 누적 로지스틱 확률 함수에 기초하고 있으며, 범주형 특성 집합에 따라 특정 사건이 발생할 확률을 추정하는 데 사용된다(Levhari and Pindyck, 1981).

$$P(\text{participation is yes}) = \frac{1}{1 + e^{-[\beta^0 + \beta'X]}}$$

독립변수의 선형식을 결과값에 대해 참여(1) 혹은 미참여(0) 사이의 값을 P 는 산주가 산림탄소상쇄사업에 참여할 확률을 나타낸다.

국내에서 가상가치평가법(Contingent Valuation Method, CVM)을 이용해 산림탄소상쇄사업의 가치를 평가한 연구는 활발히 이루어지지 않았다. 앞서 선정된 변수를 포함하는 로지스틱 회귀식은 다음과 같다. 본 연구의 모든 통계 분석은 STATA version 14.2를 사용하였다.

$$\text{Log odds} = \text{Log} p / (1 - p) = \beta^0 X + \beta^1 X + \beta^2 X + \dots + \beta^k X$$

위 식에서 종속변수는 이진 변수(참여 혹은 미참여)이며, p 는 산주가 산림탄소배출상쇄권 가격을 수용할 확률, β^0 는 상수, β 는 회귀 계수의 벡터이다. 독립변수(X)는 수용의사금액(탄소배출권 가격), 산주 특성(사업에 대한 노력, 추구하는 가치, 가구소득, 교육 수준, 연령, 성별, 부재 산주 여부, 소유 임지 면적), 자원특성(수종, 생태자연도, 임령), 위치 특성(도로 접근성)이다.

산주의 특성에서 사업에 대한 노력은 산림탄소협회 가입 여부, 산림탄소배출상쇄권 거래현황과 산림탄소배출상쇄권 및 탄소배출권 가격 현황 인지 여부, 자발적 참여 여부, 설명회 참석 여부를 포함한다. 추구하는 가치는 산림의 공익적 가치를 선호하는지 경제적 가치를 선호하는지, 산림의 탄소흡수 능력을 얼마나 중요하게 생각하고 있는지를 내포한다. 산주의 배경적 특성에는 인구통계학적 특성과 부재 산주 여부, 소유 산림면적, 가구소득이 포함

Table 2. Descriptions of the Variables.

category	variables ³⁾	Descriptions	
Dependent	participation	Dummy coding with 0 = no, 1= yes willingness to accept to participate	
	WTA	Willingness to Accept to participate in the forest carbon offset(Unit: KRW/tCO2)	
Independent	effort to the project	4 Point Likert scale: (sum of the score: 5~6)= very high, (3~4)= high, (2~3)= low, (0~1)= very low *Score details(total 6): Whether to join the Korea Forest Carbon Association(one point) + Cognitive level(forest carbon offset price, transaction status, one point for each) + Voluntary participation(one point) + Participating in the Forest Carbon Offset seminar(one point).	
	pursuing value	Dummy coding with 0 = non-marketed value (like water wildlife etc.)is not import more than market value(like forest product), 1 = is import.	
	characteristics of forest owner	absentee	Dummy coding with 0 = project area and residence are the same, 1 = not the same
		privately owned forests	Forest Area owned by participants excluding the Forest offset project area
		age	Age of respondents
	gender	Dummy coding with 0 = women, 1 = men	
	household income	5 Point Likert scale(Unit: million KRW) Household income including non-forestry income(five level: less than 1.5, 1.5~3, 3~4.5, 4.5~6 and more than 6)	
	education level	5 Point Likert scale elementary graduates or below, middle school graduates, high school graduates, university graduates, master or doctor	
	characteristics of resource	species	Dummy coding with 0 = conifer, 1 = broad-leaved tree
		ecosystem and nature index	Dummy coding with 0 = possible to cut down, 1 = impossible to cut down
		forest age	Mean age of a stand of project area
	characteristics of location	road accessibility	Dummy coding with 0 = landlocked land, 1 = accessible land

3) References of variables

WTA: Miller et al.(2012), Alhassan et al.(2019), Effort to the project: Miller et al.(2012), Pursuing value: Miller et al.(2012), Lindhjem and Mitani(2012), Absentee: Seo, B.S. et al.(1999), Boyd (1984); Conway et al.(2003); Romm, Tuazon and Washburn(1987), Shin, S.W.(2017), Privately owned forests: Miller et al.(2012), Age: Lindhjem and Mitani(2012), Gender: Miller et al.(2012), Alhassan et al.(2019), Household income: Lindhjem and Mitani(2012), Bush et al.(2013), Alhassan et al.(2019), Education level: Miller et al.(2012), Lindhjem and Mitani(2012), Bush et al.(2013), Alhassan et al.(2019), Species: Han, K.J. and Youn, Y.C.(2009b), Ecosystem and nature index: Lindhjem and Mitani(2012), Forest age: Won, H.K. et al.(2008), Lee, S.T. et al.(2019), Road accessibility: Wang and Guldmann(1996), Stephanie Snyder et al.(2007), Jeoung, H.S.(2017), Oh, S.J. et al.(2015), Hwang D.Y. et al.(2013), Kim, S.J. et al.(2012)

된다. 산림자원 특성은 수종과 생태자연도, 임령이며, 수종은 침엽수와 활엽수 중 50%이상의 우세한 수종을 해당 대상지의 수종으로 설정했으며, 생태자연도는 별채 가능 구역과 불가능 구역, 임령은 임분 내 모든 나무의 평균 임령으로 설정하였다. 위치 특성은 도로 접근성을 의미한다. 도로 접근성은 도로가 접하고 있는지 접하고 있지 않은지 여부를 나타낸다.

결과 및 고찰

1. 설문 결과

표본은 한국임업진흥원의 산림탄소등록부 내 등록된 사업(2020. 02)을 기준으로 설정하였다. 산림탄소상쇄사업 대상지의 모집단은 서울, 경기, 강원, 경북, 경남, 전북, 전남, 충북, 충남, 대구, 부산, 울산, 인천으로 나타났다. 모집단 중에서 본 연구의 설문 조사에 참여할 의사를 밝힌 산주들은 강원, 경북, 경남, 전북, 전남, 충북, 충남, 7개 도와 울산 1개 광역시에 분포해 이들을 표본에 포함했다. 경기도에 있는 사업대상지의 산주는 설문조사 참여를 거부하여 표본에 포함되지 않았다. 지역별 표본 배분 및 응답율은 다음의 Table 3과 같다.

본 설문조사에 응답한 산주들의 일반현황을 살펴보면, 성별은 남자가 94.4% 여자가 5.7%로 남자 산주가 월등히 많은 것으로 나타났다. 2020년 산림청에서 발간한 2019년 전국산주현황에서 사유림 산주 현황을 따르며, 여성은 약 19.1%로 나타나(Korea Forest Service, 2020) 산림탄소상

쇄사업에 참여하는 여성은 비율이 낮았다. 산림탄소상쇄 사업에 참여하는 산주들의 연령대는 전국 사유림 산주의 연령대보다 높은 것으로 나타났는데, 참여 산주의 평균 연령은 66.8세로 70대가 44%, 60대가 33%로 가장 높은 비율을 차지했다. 한편, 전국 산주의 연령층에서 가장 높은 비율을 차지하는 연령대는 60대로 약 24%였고 50대가 22%로 그 뒤를 이었다. 학력의 경우 대졸이 47.2%로 가장 많았으며 19.4%로 대학원 졸이 그 뒤를 이었다. OECD에서 조사한 국민 교육수준 통계를 참고하여 한국의 25세부터 64세 인구 고등교육 이수율(25세 이상 65세 미만 대학 졸업율)이 95년도 20% 안팎인 것을 고려해 볼 때, 참여 산주들은 같은 연령대의 교육 수준에 비해 고학력자의 비중이 매우 높은 것으로 나타난 것이 큰 특징이다. 참여 산주의 연평균 소득의 경우 3,000~4,500만 원이 25%로 가장 많았고 가장 낮은 저소득층과 가장 높은 소득층의 비율이 각각 19.4%로 같게 나타났다. 산림탄소상쇄사업에 참여하는 산주가 가장 많이 분포하는 구간은 산림청에서 2018년 조사한 임가 소득(3,750만 원)의 범위와 비슷한 수준으로 나타났다(Korea Forest Service, 2019). 부채 산주의 비율은 약 52.8%로 전국 사유림 산주의 부채 산주 비율 약 56%보다 부채 산주의 비율이 낮은 것으로 나타났다. 36명에 대한 인구통계학적 특성 및 배경의 분포는 Table 4와 같다.

설문지는 『탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률 시행령』과 미국의 CRT배출권 사업 기간을 고려하여 벌기령을 60년으로 연장할 때와 100년까지 연장하는 두 유형으로 나누어 표본 중 18명씩 배분하였다. 연장된 벌기령이 60년

Table 3. Project Areas and Residences of Forest Owners.

Unit: number of place

Region	Population		Sample		Response Rate
	Primary residence	Project Area	Primary residence	Project Area	
Seoul	12	0	7	0	-
Gyeonggi	10	1	6	0	-
Gangwon	6	8	0	2	25.0%
Gyeongbuk	11	17	6	9	52.9%
Gyeongnam	7	10	3	5	50.0%
Jeonbuk	3	10	3	6	60.0%
Jeonnam	7	9	3	4	44.4%
Chungbuk	3	3	3	3	100.0%
Chungnam	6	9	3	6	66.6%
Daegu	1	0	0	0	-
Busan	1	0	1	0	-
Ulsan	0	1	0	1	100.0%
Incheon	1	0	1	0	-
Total	68	68	36	36	52.9%

Table 4. Demographic Characteristics and Background.

Variables		Frequents(number of people)					χ^2	
		60y	100y	sub total	total	ratio(%)		
gender	man	16	18	34	36	94.44	$\chi^2=2.118$ (p=0.146)	
	woman	2	0	2		5.56		
age	fifties	2	5	7	36	19.44	$\chi^2=2.619$ (p=0.454)	
	sixties	7	5	12		33.33		
	seventies	8	8	16		44.44		
	eighties	1	0	1		2.78		
	sample's average	67.7	66	66.8		-		-
	education	elementary school graduate	1	0		1		36
	middle school graduate	1	0	1	2.78			
	high school graduate	4	6	10	27.78			
	college graduate	9	8	17	47.22			
	master or PhD	3	4	7	19.44			
average annual income	less than 1.5 million won	4	3	7	36	19.44	$\chi^2=1.097$ (p=0.895)	
	1.5 million~3.0 million won	5	3	8		22.22		
	3.0 million~4.5 million won	4	5	9		25.00		
	4.5 million~6.0 million won	2	3	5		13.89		
	more than 6.0 million won	3	4	7		19.44		
residents or not	absentee	8	11	19	36	52.78	$\chi^2=1.003$ (p=0.317)	
	residents	10	7	17		47.22		

Annotation *60y *100y reveal hypothetical rotation age.

일 때와 100년일 때 나누는 두 그룹은 집단간 교차분석을 실시한 결과, 유의확률이 모두 $p < 0.05$ 수준에서 두 집단 간 차이가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없다. 따라서 사업 기간별 집단에 따라 성별, 연령, 학력, 연 소득, 부채 여부는 통계적으로 볼 때 의미를 부여하기 힘들고 집단 간에 차이가 있다고 할 수 없다.

사업에 대한 노력은 6점 만점으로 측정되었으며 최저 점수가 0점 최고 점수가 6점으로 나타났다. 6점인 산주는 1명, 5점인 산주 5명, 4점인 산주 5명, 3점인 산주 5명, 2점인 산주 8명, 1점인 산주 11명, 0점인 산주 1명으로 1점에서 2점 사이의 산주가 가장 많았다. 5점 이상으로 사업에 대한 인지 수준이나 적극성을 높게 띠는 산주들은 2019년에 사업을 등록한 산주가 4명, 2018년에 2명으로 최근에 사업을 등록한 산주들이었다. 반면 2016년에 등록한 산주들은 평균 3점, 2017에 등록한 산주들은 평균 1.5점으로 비교적 최근에 등록한 산주들보다 적극성이 떨어지는 현상이 나타났다. 이는 설문조사 중 산주의 태도에도 나타났다. 사업을 시작한지 오래된 산주들은 산림탄소상쇄사업에 대해 회의적인 태도를 보였으며 앞으로 산림탄소상쇄사업의 전망이 부정적이라고 생각하였다. 따라서 적극적

인 노력을 하는 것이 무의미하다는 생각을 가진 산주들이 많았다. 이는 설문조사에 앞서 설문조사 참여 의사를 조사할 때도 비슷한 경향을 보였다. 사업을 시작한지 더 오래된 산주일수록 산을 매각했거나 관심이 없다며 설문조사를 응하지 않았다.

산림의 공익적 가치를 선호하는 산주는 6명, 산림의 경제적 가치를 선호하는 산주는 30명으로 나타났다. 사회공헌형보다는 거래형을 선택한 산주들의 목적이 드러나는 결과라고 볼 수 있다. 소유 산림면적은 평균 66.2 ha로 나타났다으며 Korea Forest Service(2019)의 전국 산주 현황을 참고하면 사유림 산주의 소유 면적이 평균 1.9 ha임을 고려해봤을 때 산림탄소상쇄사업에 참여한 산주의 소유 면적이 매우 큰 것을 알 수 있다. 이는 산주가 투자자로서 다른 소규모 산주보다 활용할 수 있는 임지가 많기 때문에 여러 투자 대안 중 산림탄소상쇄사업을 선택한 것으로 해석된다.

사업대상지 특성에서 지위지수는 평균 13.19, 임령은 평균 35.43년이다. 수종은 침엽수와 활엽수로 구분하여 조사하였다. 침엽수가 우세한 사업대상지보다 활엽수가 우세한 사업대상지가 많았으며 사업 대상지별 가장 많이 분포

Table 5. Characteristics of Forest Owners.

Variables			Frequents (number of people)					χ^2
			60y	100y	sub total	total	ratio(%)	
activity	effort to the project	very high(5~6)	2	4	6	36	16.67	$\chi^2=4.583$ (p=0.205)
		high(3~4)	3	7	10		27.78	
		low(1~2)	12	7	19		52.78	
		very low(0)	1	0	1		2.78	
awareness	pursuing value	non-market value	3	3	6	36	16.67	$\chi^2=0.000$ (p=1.000)
		market value	15	15	30		83.33	
	consciousness of forest carbon offset	very important	16	15	31	36	86.11	$\chi^2=1.032$ (p=0.597)
		important	2	2	4		11.11	
		moderately important	0	1	1		2.78	
	background	privately owned forests	less than 10ha	1	4	5	36	13.89
more than 10ha less than 30ha			6	6	12	33.33		
more than 30ha less than 50ha			4	2	6	16.67		
more than 50ha less than 100ha			3	4	7	19.44		
more than 100ha			4	2	6	16.67		

Annotation *60y *100y reveal hypothetical rotation age.

Table 6. Characteristics of Project Area.

Variables			Frequents (number of people)					χ^2
			60y	100y	sub total	total	ratio(%)	
characteristics of resource	site index	less than 12	1	4	5	36	13.89	$\chi^2=2.800$ (p=0.247)
		more than 12 less than 14	11	11	22		61.11	
		more than 14	6	3	9		25.00	
	species	conifer	7	10	17	36	47.22	$\chi^2=1.003$ (p=0.317)
		broad leaf	11	8	19		52.78	
	ecosystem and nature map index	disallowable harvest area	3	3	6	36	16.67	$\chi^2=0.000$ (p=1.000)
		allowable harvest area	15	15	30		83.33	
	forest age	less than 30	4	2	6	36	16.67	$\chi^2=1.286$ (p=0.732)
		more than 30 less than 35	4	6	10		27.78	
more than 35 less than 40		6	7	13	36.11			
more than 40		4	3	7	19.44			
characteristics of location	road	9	13	22	36	61.11	$\chi^2=1.870$ (p=0.171)	
	accessibility	no road	9	5		14		38.89

Annotation *60y *100y reveal hypothetical rotation age.

하고 있는 수종은 참나무류 381.15 ha, 소나무류 156.61 ha로 나타났다.

생태자연도는 1등급의 보호구역과 1등급 이외의 별채 등 산림경영이 가능한 산림 구역으로 나누었다. 보호구역이 6곳, 산림경영이 가능한 구역이 30곳으로 나타났다. 사업대상지가 산림경영이 가능한 구역이 많다는 것은 지속 가능한 산림관리를 위해서 산주를 산림탄소상쇄사업에

참여시킬 유인이 필요하다고 해석할 수 있다.

도로 접근성은 사업대상지에 도로가 접한 대상지와 맹지를 구분하여 조사하였다. 맹지는 14곳으로 분류되었으며 22곳은 도로가 인접한 곳으로 나타났다. 이상 모든 변수의 검정통계량을 통해 사업 기간별 집단에 따라 통계적으로 의미를 부여하기 힘들고 두 집단에 차이가 있다고 할 수 없다.

2. 수용의사금액 추정 결과

수용의사금액 모형을 이용하여 추정한 결과 사업기간에 따라 중앙값이 17,039원~23,070원/tCO₂로 도출되었다. 수용의사금액을 도출하기 위해 산주 한 명 당 총 다섯 번의 질문을 실시하였다. PPM에 따라 WTA의 상한선은 국내 배출권시장의 제2기 최대 가격인 40,000원/tCO₂로 설정했다. 설계된 수용의사금액 질문에 따라 산주의 답변이 결정되고 PPM에 의해 상한 금액이 제한되기 때문에 각 응답자의 답변에 따라 회수할 수 있는 수용의사금액의 개수가 결정된다. 제시된 금액은 최저 2,600원부터 최대 37,500원까지 34가지로 구성되었으며 제시금액 간격의 평균은 약 1,056원으로 나타났다. 응답자 36명에게 회수한 수용의사금액은 총 154개로 별기령이 60년일 때 76개, 100년일 때 78개로 나타났다. 별기령이 60년 일 때 WTA는 17,040원/tCO₂로 나타났고 사업 기간이 100년일 때 WTA가 23,070원/tCO₂로 나타났다. 이러한 결과는 사업 기간이 길어질수록 산주들이 인식하는 기회비용이 커지기 때문이라고 해석할 수 있다. Lindhjem and Mitani (2012)는 WTA를 비시장적 구성요소의 변화에 대한 보상 잉여금과 기회비용의 합으로 정의하고 있다. 사업 기간이 길수록 사업대상지를 더 오랫동안 보전해야하기 때문에 기회비용이 커지고 그에 따라 WTA가 높아지는 것이다. 이 결과는 사업 계약 기간이 짧을수록 참여 가능성이 높다는 Miller et al.(2012)의 연구 결과와 상통한다.

수용의사금액 설문 결과 산림탄소상쇄사업 참여에 대한 수용의사금액 수용 거부 의사를 밝힌 산주를 제외한 산주들의 평균 WTA는 21,762원/tCO₂으로 Kim et al.(2016)의 선행연구에서 제시했던 산림탄소배출상쇄권 적정 정부구매가격 15,000원 수준보다 다소 높은 가격으로 형성되었다. 이는 산림탄소배출상쇄권 생산자인 산주가 자신이 투입한 비용보다 더 높은 금액을 받으려는 투자심리가 반영된 것이라고 해석할 수 있다. 수용의사금액에 대해 수용을 거부한 산주들은 산림탄소상쇄사업에 대해서 부정적인 태도를 가지고 있는 경우가 많았으며 대체로 제도 초기부터 사업에 참여한 산주들이므로 나타났다.

3. 로지스틱 회귀분석 결과

Table 7은 설문지에서 조사된 다양한 설명변수를 포함하여 추정한 수용의사금액 모형이다. 변수와 모형의 통계적 유의성을 고려하여 주요 변수(covariates)와 제시금액(bid)을 포함하여 수용의사 모형을 추정하였고, 반복적인 수용의사 모형을 추정한 결과, 수용의사금액, 공익가치 선호도, 교육 수준이 통계적으로 유의했으며 유의수준은 수용의사금액의 경우 1%, 교육 수준은 5%, 공익가치 선호도는 10%에서 유의하게 나타났다. 유의한 세 변수에 대해 회귀계수의 값을 기준으로 영향력의 방향은 수용의사금액(+), 공익가치 선호도(+), 교육 수준(+)으로 예상과 같은 방향으로 나타났다. 한편, 사업에 대한 노력, 연령, 성별,

Table 7. Result of Logistic Regression (n=154).

Variables	model (n=154)				
	B	S.E.	Wald	Sig	Exp(B)
WTA	0.000	0.000	19.249	0.000***	1.000
effort to project	-0.295	0.181	2.654	0.103	0.745
pursuing value	1.070	0.591	3.272	0.070*	2.915
privately owned forests	0.048	0.034	1.998	0.185	1.049
absentee	-0.884	0.847	1.088	0.431	0.413
age	0.622	0.306	4.137	0.158	1.862
gender	-0.285	0.198	2.075	0.297	0.752
education level	0.003	0.002	1.759	0.042**	1.003
household income	-0.435	0.552	0.621	0.150	0.647
species	1.522	0.952	2.556	0.110	4.582
ecosystem and nature map index	-1.543	1.001	2.379	0.123	0.214
forest age	0.071	0.061	1.341	0.247	1.073
road accessibility	-0.272	0.479	0.323	0.570	0.762
constant	-9.256	3.196	8.386	0.004***	0.000
				likelihood ratio test $\chi^2=30.86$ (p=0.006)	
goodness of fit					Cox & Snell R ² 0.232
					Nagelkerke R ² 0.312
					Hosmer & Lemeshow $\chi^2=14.72$ (p=0.065)

Annotation * and ** reveal significant level 1% and 5% for each.

가계 소득, 소유 면적, 부채 산주 여부, 수종, 생태자연도, 임령, 도로 접근성 변수는 통계적으로 유의성을 나타내지 않았다. 모형 설명력인 유사결정계수(McFadden pseudo R^2)는 0.05로 적절한 수준으로 보인다(Domencich and McFadden, 1975; Greene, 2012).

결론 및 제언

범지구적으로 산림의 중요성에 대한 인식이 기후변화에 대한 관심과 함께 확산되고 있다. 산림탄소상쇄제도는 산림을 이용해 탄소 흡수량을 증진하고 확보한 산림탄소흡수량을 정부가 인증해주는 제도로 국가 온실가스 감축이라는 국가적 목표와 공익기능의 증진을 통한 국민 복지 증진의 측면에서도 기여할 수 있다. 하지만 많은 선행연구에서 산림탄소상쇄사업이 보조금 없이는 수익성이 없는 것으로 드러났으며 이는 산림탄소상쇄사업에 참여하고 있는 산주들의 참여 의향에 따라 산림탄소상쇄제도의 존재가 좌우될 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 본 연구는 산림탄소상쇄사업의 참여에 대한 수용의사금액을 도출하였으며 참여 가능성이 높아지는 특성을 규명하여 산주의 지속 가능한 참여 확대를 위한 정책상 의의를 도출하고자 하였다.

주요 연구 결과는 다음과 같다. 산림탄소상쇄사업에 지속적 참여 의사 결정에 영향을 미치는 요인은 수용의사금액, 공익가치 선호도, 교육 수준으로 나타났다. 수용의사금액, 공익가치 선호도, 교육 수준이 높을수록 산림탄소상쇄사업에 참여할 확률이 높았다. 로지스틱 회귀 함수식 추정 결과에 따라 참여 가능성을 따져보면 수용의사금액이 1천원/ tCO_2 이 더 높아질수록 산주들이 사업에 참여할 가능성이 0.0125% 더 높아지며, 산림의 공익적 가치를 선호하는 산주가 산림의 경제적 가치를 선호하는 산주보다 사업에 참여할 가능성이 191.45%, 교육 수준이 높은 집단이 사업에 참여할 가능성이 0.3% 증가하는 것으로 나타났다.

연구 결과에 따라, 사유림의 산림탄소상쇄사업 참여 및 공급 확대 방안을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 산주가 원하는 산림탄소배출권의 가치를 인정해주어야 한다. 산주가 산림탄소 흡수량을 확보할 수 있도록 정책적으로 산림탄소배출권의 가격을 CO_2 톤당 약 2만원 정도의 수용의사금액 수준에서 지지해준다면 산주들의 참여를 이끌어낼 수 있기 때문이다. 둘째, 공익가치 인식 제고를 위한 지원이 필요하다. 공익가치 선호도가 높을수록 사업 참여 확률이 증가하기 때문이다. 공익적 가치의 개념을 모르거나 중요성을 간과하고 있는 산주들을 위해 공익적 가치의 개념 및 중요성에 대해 교육을 실시하여 산림탄소상쇄사업이 공익적 가치를 증대하는 데 기여할 수 있는 사업이라는 인식을 가질 수 있도록 하는 것은 산림탄소배출상쇄권 공

급을 증대시키는 요인이 될 것이다. 셋째, WTA에 대한 수용 및 참여가능성이 낮은 제도 초창기 진입 산주의 이탈을 방지하기 위한 방안을 모색해야 한다.

본 연구는 현재 산림탄소상쇄사업에서 가장 높은 증가율을 보이는 거래형 벌기령 연장사업에 대해 실질적 데이터를 이용하여 계량적으로 평가하였다는 점에서 산림탄소상쇄제도의 확장을 위한 기틀을 마련하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 이 연구의 표본의 수가 적어 분석 결과를 해석할 때 과대 또는 과소하게 추정되었을 가능성이 있으므로 결과의 해석과 적용에 주의가 요망된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 “탄소흡수원 특성화 대학원 지원 사업 (500-20190089)”의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Alhassan, M., Motallebi, M. and Song, B. 2019. South Carolina forestland owners' willingness to accept compensations for carbon sequestration. *Forest Ecosystems* 6(1): 1-13.
- Angelsen, A. 2010. Policies for reduced deforestation and their impact on agricultural production. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(46): 19639-19644.
- Bae, J.S. and Seol, A.R. 2019. National Greenhouse Gas Reduction Goals (NDC) contributions of forest carbon sink and new opportunities for forest management. *2019 Forest Outlook* 5: 141-166.
- Boyle, K.J., Richard, C.B. and Michael, P.W. 1985. Starting point bias in contingent valuation bidding games. *Land Economics* 61(2): 188-94.
- Bush, G., Hanley, N., Moro, M. and Rondeau, D. 2013. Measuring the local costs of conservation: A provision point mechanism for eliciting willingness to accept compensation. *Land Economics* 89(3): 490-513.
- Chung, Y.S. and Chiou, Y.C. 2017. Willingness-to-pay for a bus fare reform: A contingent valuation approach with multiple bound dichotomous choices. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 95: 289-304.
- Domencich, T. A. and McFadden, D. 1975. *Urban travel demand-a behavioral analysis*. North-Holland Publishing Company Limited. Oxford. England. pp. 215.
- Dudek, D.J. and LeBlanc, A. 1990. Offsetting new CO_2 emissions: a rational first greenhouse policy step. *Contemporary Economic Policy* 8(3): 29-42.
- Eliasch, J. 2008. *Climate change: financing global forests: the Eliasch review*. 1st Ed. Routledge. London. U.K. pp. 288.

- Eom, Y.S. 2008. Empirical analysis on the disparity between willingness to pay and willingness to accept for drinking water risks: Using experimental market method. *Environmental and Resource Economics Review* 17(3): 135-166.
- Galik, C.S. and R.B. Jackson, 2009. Risks to forest carbon offset projects in a changing climate. *Forest Ecology and Management* 257(11): 2209-2216.
- Gim, Y.R., Lee, H.C. and Yoo, J.H. 2007. A methodology for calculating the value of personal information protection using CVM. *Information security issue report. Korea Information Security Agency* 22(2): 367-377.
- Greene, W.H. 2012. *Econometric Analysis 7th ed(International)*. Pearson. New York. U.S.A. pp. 1238.
- Håbesland, D.E., Kilgore, M.A., Becker, D.R., Snyder, S.A., Solberg, B., Sjølie, H.K. and Lindstad, B.H. 2016. Norwegian family forest owners' willingness to participate in carbon offset programs. *Forest Policy and Economics* 70: 30-38.
- Han, K.J. and Youn, Y.C. 2009a. Integrating forestry offsets into a domestic emission trading scheme in Korea. *Journal of Environmental Policy* 8(1): 1-30.
- Han, K.J. and Youn, Y.C. 2009b. The feasibility of carbon incentives to private forest management in Korea. *Climatic change* 94(1-2): 157-168.
- Hanemann, W.M. 1984. Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. *American Journal of Agricultural Economics* 66(3): 332-341.
- Kang, D.K., Rhee, H.C. and Lee, K.Y. 2011. Measuring the market value of the foreign students by the Contingent Valuation Method in Korea. *IOM MRTC Working Paper Series* 2011(10): 23.
- Kim, D.S., Son, W.E. and Hwang, I.C. 2016. The implications of co-benefits for forest carbon offsetting in Korea. *Journal of Environmental Policy and Administration* 24(4): 1-23.
- Kim, Y.H. 2021. Trends and prospects of the forest carbon market. *Forest Outlook* 2021(1): 458-477.
- Kim, Y.R., Rhee, H.C. and Yoo, J.H. 2007. Revifew of value calculation methodology of personal information protection by using the contingent valuation method. *Korea Internet & Security Agency, KISA. Issue Report* 2007(02).
- Korea Forest Service. 2019. 2018 Current status of forest owners. Korea Forest Service Daejeon, Korea. pp. 385.
- Korea Forest Service. 2020. 2019 Current status of forest owners. Korea Forest Service Daejeon, Korea. pp. 385.
- Korea Forest Service. 2019. *Forestry Household Economy Survey Report*. Korea Forest Service Daejeon, Korea. pp. 217.
- Korea Forest Service. 2021. *To Achieve Carbon Neutrality in the Forest Sector by 2050*. https://www.forest.go.kr/kfsw/eb/cop/bbs/selectBoardArticle.do?sessionId=Spxy5h6EeTZ1roxjK0scA2d20J77z4qm3PCf1gatJOFFPOhCJnx14tBz5IQ3XQDH.frswas02_servlet_engine5?ntfId=3154431&bbid=BBSMSTR_1036&pageUnit=10&pageIndex=1&searchtitle=title&searchcont=&searchkey=&searchwriter=&searchWrdr=&ctgryLrcls=&ctgryMdcls=&ctgrySmcls=&ntcStartDt=&ntcEndDt=&mn=NKFS_01_01&orgId=. (2021. 01. 20)
- Lee, D.H. 2019. *A study on the characteristics of international voluntary forest carbon market. (Dissertation)*. Seoul. Seoul National University.
- Lee, Y.S., Lee, J.Y. and Lee, K.T. 2008. Amounts of responding times and unreliable responses at online surveys. *The Korean Association for Survey Research* 9(2): 51-83.
- Levhari, D. and Pindyck, R.S. 1981. The pricing of durable exhaustible resources. *The Quarterly Journal of Economics* 96(3): 365-377.
- Lindhjem, H. and Mitani, Y. 2012. Forest owners' willingness to accept compensation for voluntary conservation: A contingent valuation approach. *Journal of Forest Economics* 18(4): 290-302.
- Miller, K.A., Snyder, S.A. and Kilgore, M.A. 2012. An assessment of forest landowner interest in selling forest carbon credits in the Lake States, USA. *Forest Policy and Economics* 25: 133-122.
- Min, K.T., Seok, H.D. and Choi, J.Y. 2017. Policy tasks to improve the profitability of forest management in Korea. *Korea Rural Economic Institute(KREI) Research Reports* Naju, Korea. pp. 168.
- Richards, K.R. and Stokes, C. (2004). A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research. *Climatic Change* 63(1): 1-48.
- Rondeau, D., Schulze, W.D. and Poe, G.L. 1999. Voluntary revelation of the demand for public goods using a provision point mechanism. *Journal of public Economics* 72(3): 455-470.
- Sedjo, R. and Solomon, A. 1989. Greenhouse warming: Abatement and adaptation. In *RFF Proceedings Washington DC USA: Routledge* 110-119.
- Stern, N. 2007. *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University press.