Korean Journal Of Agricultural Science

pISSN : 2466-2402
eISSN : 2466-2410

PLANT&FOREST

Investigating the value optimized forest carbon offset projects based on forest management scenarios in South Korea

Heesung Woo[1], Joowon Park[1], Soo-Kyoo Park[2,*]

[1]School of Forest Science and Landscape Architecture, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

[2]Korea Forestry Promotion Institute, Seoul 07570, Korea

[*]Corresponding author: skpark@kofpi.or.kr

Abstract

One hundred ninety-five countries reached agreement on a new climate treaty in Paris, France to reduce the carbon emissions. South Korea has been selected as a target country for reducing greenhouse gas (GHG) obligations since 2020. In this context, the Korean government developed several GHG emissions reduction programs using forests called the "Forest carbon offset scheme (FCOS)." The forest management method is one of the tools to implement FCOS. Most of the participants registered forest management as the preferred methodology to participate in the FCOS. For a successful implementation of the FCOS, it is necessary to explore the optimal methods by considering the cost-effective aspect of conducting the forest management as a tool to increase carbon absorption. In this context, this study investigated the value optimized FCOS projects based on the forest management methodology in South Korea. Three forest management scenarios, 1) extending the final age of maturity of *Pinus densiflora* stands (S1), 2) extending the final age of maturity of *Quercus acutissima* stands (S2), and 3) reforestation with new species (*Pinus densiflora* to *Quercus acutissima*) (S3), were examined and evaluated to identify the optimal carbon absorption and value optimized economic perspective. The results of the scenario-based modelling indicated that S3 showed value optimized from an economical perspective, and S2 was the most effective method to absorb carbon among the scenarios. It is anticipated that this paper will contribute to provide valuable information by presenting innovative approaches as a value optimized FCOS implementing tool in a GHG reduction program in South Korea.

Keywords: climate change, economic assessment, forest carbon offset scheme, forest management

Check for updates

OPEN ACCESS

Citation: Woo H, Park J, Park SK. 2020. Investigating the value optimized forest carbon offset projects based on forest management scenarios in South Korea. Korean Journal of Agricultural Science 47:951-962. https://doi.org/10.7744/kjoas.20200079

Received: September 25, 2020

Revised: October 27, 2020

Accepted: October 30, 2020

Copyright: © 2020 Korean Journal of Agrcultural Science

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

전 세계적으로 온실가스 배출 증가로 인한 기후변화 문제의 해결을 위해 국제사회는 리우환경회의에서 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)을 채택하였다(Park and Youn, 2012). 이후 구체적인 이행방안에 대한 국제 협약

인 교토의정서를 통해 기후변화문제에 대응하고자 하였으나, 의무감축국 선정문제와 이에 대한 강대국들의 반발·탈퇴로 인한 실효성 문제가 제기되었다(Oberthür and Ott, 1999). 이에 2015년 유엔기후변화협약 당사국총회(UNFCCC COP 21)에서 새로운 기후변화체제인 파리협정이 채택되었고, 현재 2020년 이후 신기후체제의 출범을 앞두고 있다.

신기후체제에서는 기존 교토의정서 체제에서 선진국에만 한정적으로 적용되었던 온실가스 감축 의무를 전 세계 개발도상국까지 확대하여, 우리나라 역시 2020년 이후 온실가스 의무 감축 대상국으로 선정되었다(Lee et al., 2014; Tavoni et al., 2015). 온실가스 감축 실현을 위하여 우리나라는 구체적으로 2030년 온실가스 배출전망치(BAU, business as usual)대비 37%의 감축 목표를 설정하였으며, 이중 4.5%를 산림의 온실가스 흡수와 국외활동으로 감축하려는 계획을 세웠다(Lee et al., 2016). 이에 산림청은 산림분야 온실가스 감축활동 활성화를 통한 감축목표 달성을 위해 탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률(탄소흡수원법)을 제정하고, 이를 바탕으로 산림탄소상쇄사업(FCOS, forest carbon offset scheme)을 도입하여 운영 중에 있다(Kim, 2016).

산림탄소상쇄사업은 자발적으로 온실가스 배출을 줄이기 위하여 탄소흡수원 증진 활동을 하고, 이를 통해 확보한 산림탄소흡수량을 정부가 인증해주는 제도이다(KFS, 2015a). 산림탄소상쇄사업에서 산림탄소흡수량은 베이스라인 시나리오와 사업 시나리오를 산정하여 사업 시나리오에 따른 탄소흡수량에서 베이스라인 시나리오에 따른 탄소흡수량, 이차적 배출량을 제외한 흡수량을 산림탄소상쇄사업을 통한 이산화탄소 순흡수량으로 인정하고 있다. 각 사업 유형별로 베이스라인 시나리오는 이력기반, 법률기반, 관행기반 설정방식의 3가지 중 한가지로 방식을 설정할 수 있으며, 이후 각 사업 시나리오에 따른 탄소흡수량을 산정한다. 현재 산림탄소상쇄사업은 신규조림/재조림, 벌기령 연장을 통한 산림경영, 수종갱신을 통한 산림경영, 식생복구, 목제품 이용, 산림바이오매스 에너지 이용, 산불피해지 조림사업의 총 7가지 사업 유형이 있으며, 2020년 현재 산림경영사업의 등록건수가 157건으로 총 산림탄소상쇄사업의 51%를 차지하고 식생복구 79건(25.6%), 신규조림/재조림 63건(20.5%) 순으로 나타났다. 산림경영사업을 이용한 산림탄소상쇄사업은 벌기령 연장 방법, 수종갱신 방법으로 분류되는데 이중 벌기령 연장 방법을 통한 산림탄소상쇄사업 참여가 총 130건으로 집중적으로 진행되고 있다(KFCC, 2020).

그러나 현재 벌기령 연장을 통한 산림경영 방법론의 적용에 있어, 사업 시나리오 선정 시 경제성을 고려한 합리적 벌기령에 대한 기준안이 미비하고, 또한 산림경영 방법론을 활용하여 산림탄소상쇄사업을 실시하는 예비참여자들에게 벌기령 연장 및 수종갱신 방법의 이행에 있어 발생하는 수익 및 이윤에 대한 실질적 제시에 대한 근거 자료가 부족한 실정이다.

이에, 본 연구에서는 산림탄소상쇄사업 중 산림경영 방법론의 적용에서, 벌기령 연장 사업의 이행으로 인한 영급구조의 변화에 따른 수익-비용을 분석하고, 벌기령 연장과 수종갱신의 사업 이행에 따른 예상 수익을 분석하여, 향후 산림탄소상쇄사업 참여에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

Materials and Methods

산림경영방법론 적용의 경제성 평가를 위하여 이산화탄소 순흡수량을 추정하고 배출권 가격과 목재생산으로 인한 수익의 합을 통해 총수익을 산출하였다. 비용의 산정을 위해서는 기존의 산림청, 산림탄소상쇄사업의 실질적 적용 사례를 활용하여 산림탄소경영사업 시나리오별 요구되는 비용을 산정하고, 산림탄소경영사업 시나리오별 총수익과 총비용의 차이를 통해 경제성을 평가하였다. 경제성 분석을 위한 총 연구분석의 모식도는 Fig. 1과 같다.

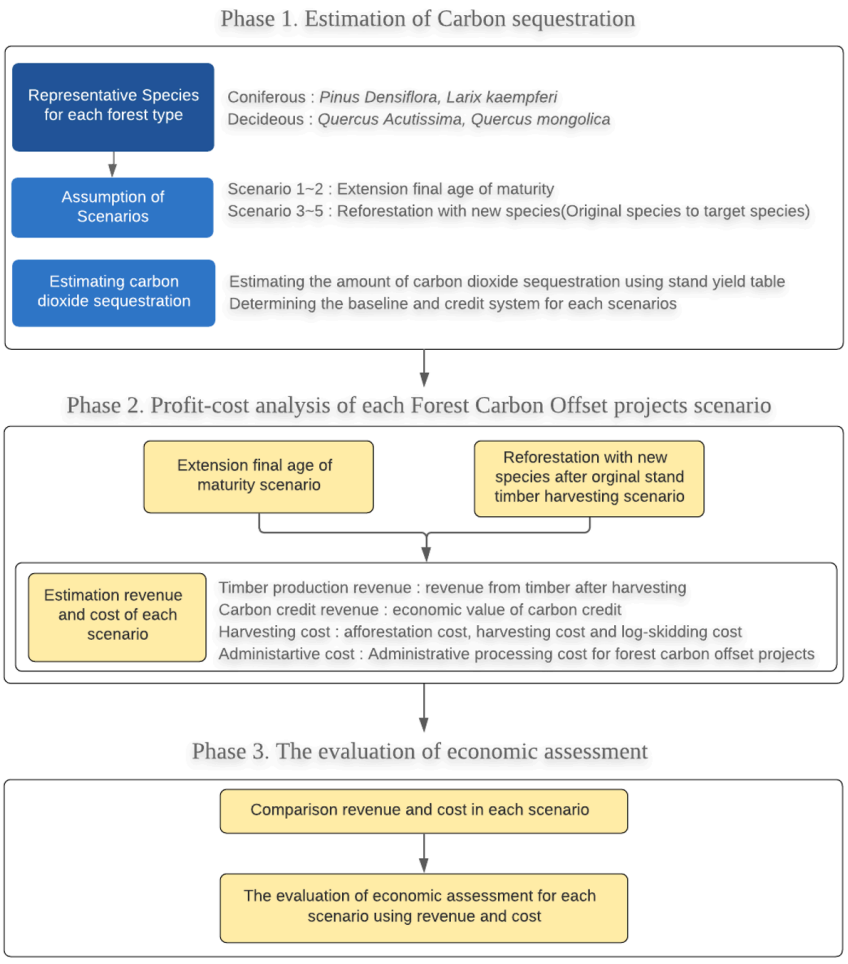

Fig. 1. Overall flowchart of value optimized forest carbon offset projects based on forest management scenarios.

본 연구는 수익-비용 시뮬레이션을 통해 산림탄소상쇄사업 산림경영방법론에 따른 순수익을 비교하고자 하였다. 이를 진행하기 위해 우선 수익-비용 시뮬레이션에 활용되는 변수에 대한 자료를 수집하였다. 임상별(침엽수: 강원지방소나무, 활엽수: 상수리나무) 대표 수종을 선정하였으며, 수익분석에 필요한 소득변수, 비용분석에 필요한 비용변수를 산정하였다. 이후 앞서 수집한 자료들을 바탕으로 영급별 소득과 비용을 산정하여 산림탄소상쇄사업 산림경영 방법론의 순수익 도출을 위한 수익-비용 시뮬레이션을 실시하였다. 이후 산림탄소상쇄사업 산림경영 방법론 이행방안에 대하여 베이스라인 시나리오와 사업시나리오를 선정하고, 앞서 실시한 수익-비용 시뮬레이션 자료를 활용하여 산림탄소상쇄사업 산림경영방법론별 순수익을 산출하여 경제성 분석을 실시하였다.

산림경영방법론의 수익분석

산림탄소상쇄사업의 실시에 따라 발생하는 수익은 목재 판매수익과 탄소배출권 판매수익으로 구분하였다. 이를 산정하기 위하여 입목재적·바이오매스 및 임분수확표(KFS, 2014)의 자료를 통해 중부지방소나무와 상수리나무의 지위지수에 따른 재적량을 산정하였다. 중부지방소나무의 지위지수는 12, 상수리나무는 18로 설정하여 임령별 재적량을 활용하였다.

목재 수확으로 인한 수익을 산출하기 위하여 목재 시장가는 국산재 원목 시장가격 동향 자료를 활용하였다(KoPFI, 2018). 산림탄소상쇄사업 산림경영방법론의 적용에 따른 이산화탄소 흡수량을 산정하기 위해 사업으로 인해 증가된 재적량의 탄소량 전환을 위해 기후변화협약에서 국가 온실가스 인벤토리 작성에 이용하는 국제 표준 방법에 근거하여 이산화탄소 흡수량 산정식(식(1))을 이용하여 산정하였다(IPCC, 2003).

마지막으로 산림경영방법론의 적용으로 증가하는 탄소흡수량에 대한 편익 분석을 위하여 2019년 EU-ETS의 평균거래가격(28,894원)을 적용하여 분석하였다(EU-ETS, 2020).

산림경영방법론의 비용분석

비용 산정 변수는 산림청 지침 및 현업 사업 기준(산림청 지침 제6243호, 지속가능한 산림자원 관리지침, 숲가꾸기 설계 감리 및 사업시행 지침(KFS, 2015b, 2020)을 적용하여 산림경영사업 시나리오 별 산림 작업에 투입되는 비용을 고려하였다. 또한 추가적으로 산림탄소상쇄사업 진행에 필요한 행정비용을 고려하였으며, 모든 비용은 한국은행 기준 금리인 1.25%를 적용한 현재가로 환산하여 활용하였다. 산림작업과 관련된 조림비, 벌채비, 집재비 변수들의 산정을 위해서 지속가능한 산림자원 관리지침의 수종별 사업기준을 참고하여 조림본수, 작업 종류 및 시기, 작업본수 등을 설정하였다.

조림비는 산림청 지침 제6243호 조림 설계감리 및 사업시행 지침(KFS, 2013)에 따라 재료비, 노무비, 경비로 나누어 산정하였으며, 노무비 산정을 위한 소요인력은 소묘식재 기준 소요인력으로 가정하였다.

벌채비와 집재비는 산림청 훈령 제1294호 숲가꾸기 설계감리 및 사업시행 지침(KFS, 2020)의 숲가꾸기 품셈 적용기준을 활용하여 산정하였다. 벌채비는 조림비와 마찬가지로 재료비, 노무비, 경비로 나누어 산정하였다. 또한 노무비 산정을 위한 소요인력은 임령별 잔존본수 및 직경급에 따라 산출하였다. 집재비 산정을 위해서 본 연구에서는 집재방식의 경우, 실제 벌채에서 관행적으로 사용되는 트랙터를 활용한 집재방식을 가정하였으며 그에 따라 파르미윈치, 로깅부기, HAM200의 집재기계 중 국내의 집재방식을 현실적으로 고려하였을 때 활용가능한 대표기종인 HAM200의 사용을 가정하였다. 평균집재거리는 HAM200의 집재가능거리가 200 m인 점을 고려하여 평균집재거리인 100 m를 기준으로 하여 집재비를 산정하였다. 또한, 노무비 산정을 위한 소요인력은 임령별 재적량 및 1일 기준 집재가능량을 고려하여 산출하였다.

행정비용은 산림탄소상쇄사업 행정비용 산출 프로그램(KFCC, 2017)을 활용하였으며, 크게 사업계획서, 모니터링보고서, 검증보고서의 3가지 유형별로 나누어 산출하였다. 각각의 행정비용은 자부담비율을 10%로 가정하여 산출하였다. 사업계획서에 대한 행정비용은 법정기준 벌기령에서 발생하는 것으로 가정하였고 모니터링보고서와 검증보고서는 법정기준 벌기령 이후 사업기간 내 5년 주기로 발생하는 것을 가정하였다.

벌기령 연장 및 수종갱신 사업이행에 따른 예상수익 비교분석

벌기령 연장 사업 시나리오

벌기령 연장 사업 시나리오는 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 시행규칙 별표 3에 따라 설정된 기준벌기령에 다다른 임분을 벌채하지 않고 벌기령 연장에 따라 추가 관리를 실시하는 것으로, 이에 사업 시나리오에 따른 이산화탄소 흡수량은 벌기령 연장 방법론에 제시된 방법을 적용하여 분석하였다(KFS, 2019a). 벌기령 연장 베이스라인 시나리오 설정을 위해 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 시행규칙 별표 3의 공·사유림 기준을 적용하여 침엽수 대표수종인 중부지방소나무, 활엽수 대표수종인 상수리나무의 법정 기준 벌기령 40년, 25년으로 각각 적용하였다(KFS, 2019a).

이에, 중부지방소나무는 기준벌기령 40년 이후 30년을 연장하는 시나리오로 가정하여 분석을 실시하고(시나리오1: S1) 상수리나무는 기준벌기령 25년 이후 45년의 벌기령 연장을 가정하여(시나리오2: S2) 벌기령 연장 사업을 분석하였다. 또한 지위에 따른 재적량 산출을 위하여 중부지방소나무와 상수리나무의 각 수종 별 중간 지위지수인 12와 18로 가정하였다.

수종갱신 사업 시나리오

수종갱신 사업 시나리오는 법정 기준 벌기령에 다다른 임분을 벌채하고 기존 수종보다 이산화탄소 흡수가 우수한 수종으로 갱신을 실시하는 시나리오로, 본 연구에서는 앞선 중부지방소나무 임분에서 탄소흡수량이 우수한 상수리나무로의 갱신조림을 실시하는 것으로 가정하였다. 수종갱신에 따른 베이스라인 시나리오는 수종갱신을 실시하기 전 수종인 중부지방소나무로 재조림하는 것을 베이스라인 시나리오로 설정하고 중부지방소나무 재조림시 30년동안 흡수되는 탄소흡수량을 베이스라인 시나리오를 통한 이산화탄소 흡수량으로 산정하였다(KFS 2019b). 본연구에서 수종갱신 시나리오는(시나리오3: S3) 중부지방소나무의 법정 기준 벌기령인 40년에서 벌채가 이루어지고 이후 상수리나무의 재조림을 통한 수종갱신사업을 진행하는 것으로 가정하고 임목생장량의 지위지수 적용은 벌기령 연장과 동일하게 가정(중부지방소나무 지위지수 12, 상수리나무 지위지수 18)하여 분석을 실시하였다.

Results and Discussion

벌기령 연장 사업으로 인한 이산화탄소 흡수량 분석결과 (중부지방 소나무, 상수리나무)

시나리오 1 (중부지방소나무 벌기령 연장) 분석결과, 70년동안 흡수되는 이산화탄소의 총량은 352.50tCO$_2$로 나타났다. 베이스라인에 따른 이산화탄소 흡수량은 약 288.41tCO$_2$로 나타났고, 사업활동에 따라 추가적으로 발생하는 이산화탄소 흡수량은 64.09tCO$_2$로 나타났다(Fig. 2).

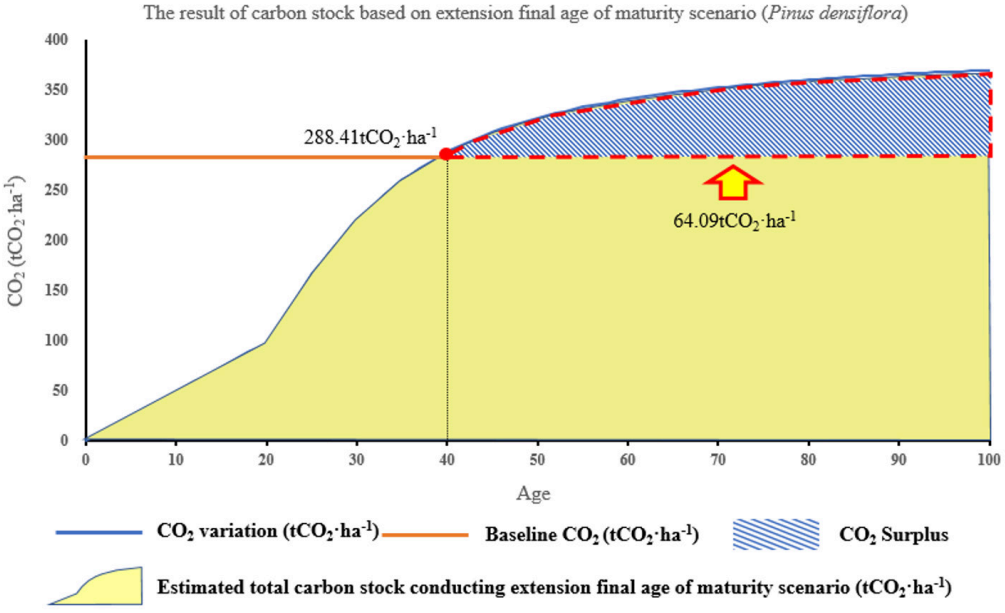

Fig. 2. The estimated carbon stock based on extension final age of maturity scenario (*Pinus densiflora*).

또한 지위지수가 18인 상수리나무의 경우, 베이스라인에 따른 이산화탄소 흡수량은 323.63tCO$_2$로 추정되며 총 벌기령 연장 사업 기간동안 흡수되는 이산화탄소의 총 흡수량은 841.79tCO$_2$로 분석되었다. 시나리오2의 분석결과 상수리나무의 벌기령 연장 사업으로 추가적으로 흡수하는 이산화탄소의 순흡수량은 518.16tCO$_2$로 나타났다(Fig. 3).

수종에 따른 벌기령 연장 사업에 따른 이산화탄소 순흡수량 분석결과, 활엽수(상수리나무)를 이용한 벌기령 연장 사업에서 추가적으로 발생하는 이산화탄소량이 침엽수(중부지방소나무)의 순흡수량 보다 약 8배나 많은 이산화탄소를 흡수하는 것으로 나타났으며, 향후 벌기령 연장사업의 시행에 있어 활엽수임분을 대상으로 한 벌기령 연장 사업이 더 효과적인 결과를 기대 할 수 있는 것으로 나타났다. 비록 상수리나무의 지위지수가 18로 중부지방소나무의 지위지수 12보다 더 높은 가정에서 분석된 결과이지만, 국내 중부지방소나무의 최대 지위지수는 16이므로 국내에서 두 수종을 특별한 임분을 대상으로 벌기령 연장 사업을 시행한다면 상수리나무 임분에서의 사업이 더 효과적 결과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다(Fig. 4).

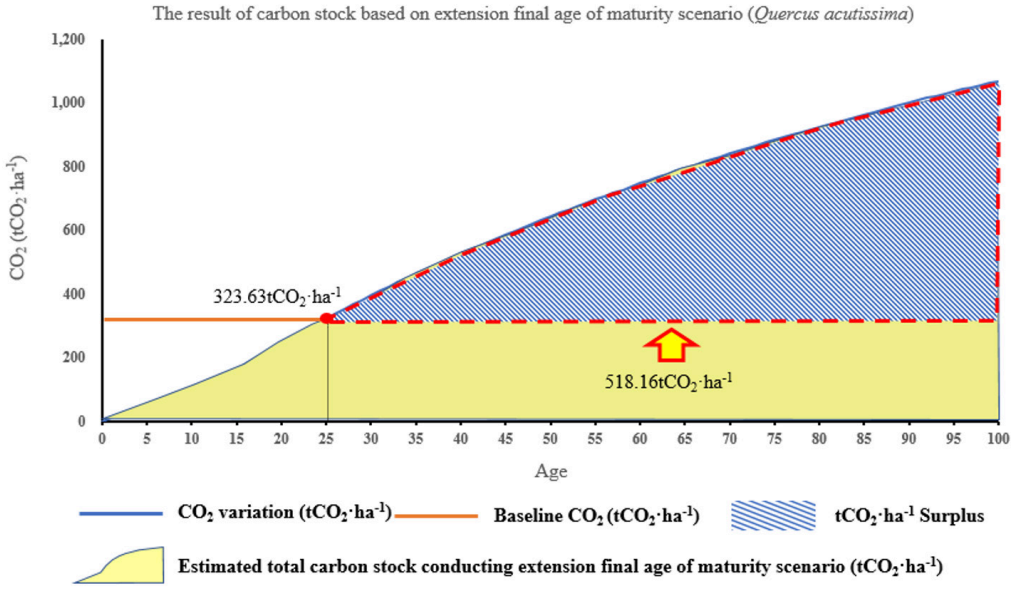

Fig. 3. The estimated carbon stock based on extension final age of maturity scenario (*Quercus acutissima*).

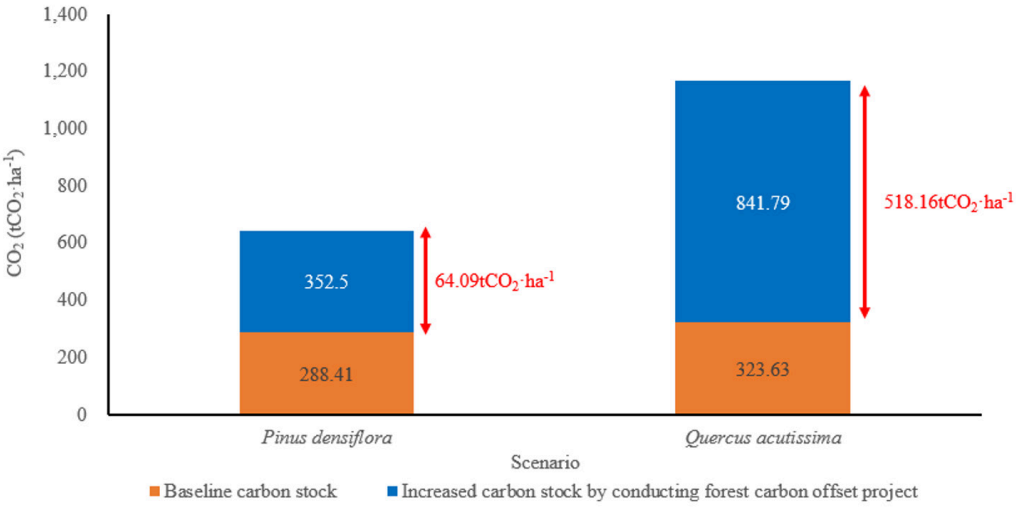

Fig. 4. Estimated total carbon stock conducting extension final age of maturity scenario.

중부지방소나무의 상수리나무 수종갱신 사업에 따른 이산화탄소 흡수량 분석결과

중부지방소나무의 임분(지위지수 12)에서 법적 벌기령 40년일 때 목재수확 후 상수리나무(지위지수 18)로 수종갱신을 실시한 시나리오(시나리오3: S3)의 분석결과는 Fig. 5와 같다. 분석결과 베이스라인 이산화탄소 흡수량은 벌채전 임분(지위지수 12 중부지방소나무)의 30년 조림시 이산화탄소 흡수량인 221.10tCO$_2$로 나타났고, 이후 상수리나무 재조림으로 인한 수종갱신 사업이행에 따른 이산화탄소 흡수량은 상수리나무 임분의 임령이 30년이 되는 지점의 흡수량인 396.11tCO$_2$로 산출되었다. 분석결과, 중부지방소나무 임분의 벌채후 상수리나무로 수종갱신이 이루어 진다면 수종갱신에 따른 추가적인 이산화탄소 흡수량은 175.01tCO$_2$로 나타났다.

산림경영방법론의 적용에 따른 최적 이산화탄소 흡수량은 상수리나무임분의 벌기령 연장사업 이행에서 가장 효과적이고 많은 양의 탄소가 흡수되는 것으로 나타났고, 다음으로 중부지방 소나무의 상수리나무 수종갱신 사업을 통한 탄소흡수량이 효과적이며 사업으로 인한 탄소흡수량이 많은 것을 알 수 있었다(Fig. 6). 반면 중부지방소나무의 벌기령 연장 사업은 산림경영방법론의 대표적 방법중에 가장 효율성이 낮은 것으로 분석되었다. 본 연구의 한계점으로는 국내 침엽수 및 활엽수의 모든 수종을 대상으로 사업의 이행시 변화하는 이산화탄소 흡수량의 변화를 분석하지 못하였으나, 본 연구의 분석결과 벌기령 연장사업의 효율성을 높이기 위해서는 침엽수임분의 벌기령 연장 사업을 권장하기보다는 활엽수임분의 벌기령 연장 사업을 통한 이산화탄소 흡수량을 확보하고, 국내 침엽수임분의 경우 상수리나무 및 탄소흡수량이 우수한 수종으로 수종갱신을 통한 이산화탄소의 흡수량을 증가시키는 방법이 효율적 방안으로 사료된다.

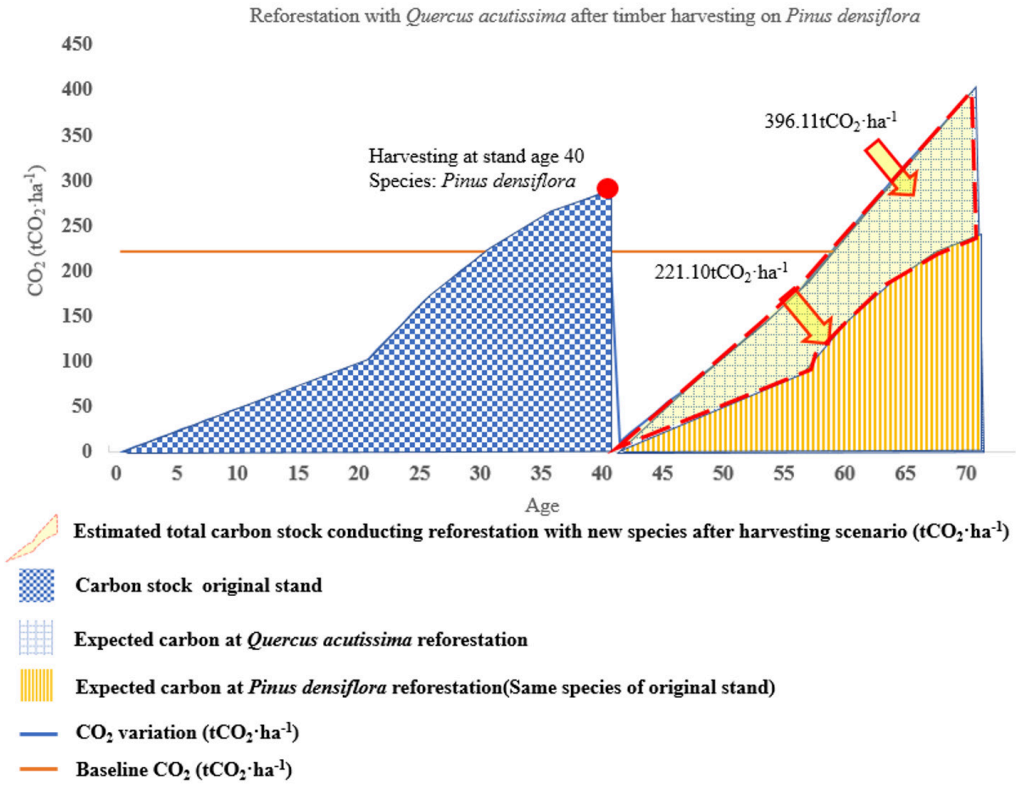

Fig. 5. Estimated results of reforestation with new species (*Quercus acutissima*) after original stand (*Pinus densiflora*) timber harvesting scenario.

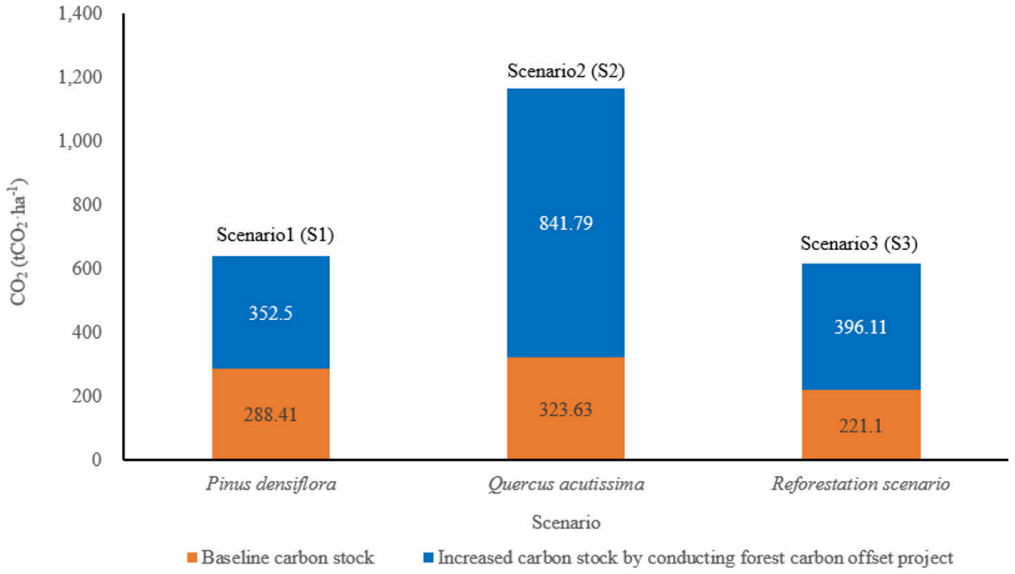

Fig. 6. Compared increasing carbon stock according to scenarios.

산림경영방법론 시나리오별 수익 분석결과

산림경영방법론의 이행을 통한 수익 분석결과, 벌기령 연장 시나리오에 따른 지위지수 12인 중부지방소나무의 총 수익은 22,660천원으로 나타났으며, 지위지수 18인 상수리나무의 총 수익은 25,743천원으로 나타났다. 벌기령 연장 사업을 통한 목재의 총 재적량은 상수리나무임분의 벌기령 연장사업이 중부지방소나무임분의 벌기령 연장사업에 비해 목재생산량이 많음에도 불구하고, 목재판매 수익에 있어서 중부지방소나무가 더 높은 수익을 창출하는 것으로 나타났다. 이는 소나무의 목재가격이 참나무에 비해 최대 2.1배 더 높게 형성되어 있어 목재생산을 통한 수익은 중부지방소나무임분의 벌기령 연장이 더 높게 산정되는 것으로 나타났다.

그러나, 이산화탄소흡수량을 통한 탄소배출권 수익의 경우 상수리나무임분의 벌기령 연장사업을 통한 시나리오의 수익이 중부지방소나무의 벌기령 연장사업을 통한 수익 보다 약 8.5배가 더 많은 것으로 나타났다. 이는 상수리나무임분의 벌기령 연장사업을 통해 발생하는 높은 재적생장량과 중부지방소나무임분에 비해 짧은 법정 기준벌기령(25년)으로 인한 사업을 통한 추가적 흡수량이 높은것으로 산정되는 것이 주요한 요인인 것으로 사료된다(Table 1).

마지막으로 수종갱신 시나리오에 따른 총 수익은 29,803천원으로 나타났다. 분석결과 목재판매를 통한 수익은 3가지 시나리오 중 가장 높은 것으로 이익을 창출하는 것으로 나타났다. 이는 수종갱신 사업의 특성상 기존 임분을 벌채하는 과정에서 목재판매수익이 발생하고 벌채 후 재조림을 통한 사업이행과 종료에 따라 추가적으로 발생하는 목재판매 수익으로 인해 벌기령 연장사업의 일회적인 목재 수익활동에 비해 더 큰 이익이 나타나는 것으로 사료된다. 그러나 이산화탄소 흡수량을 통한 탄소배출권 수익의 경우, 중부지방소나무의 벌기령 연장 사업보다는 높은 것으로 나타났으나 상수리나무의 벌기령 연장 사업을 통한 배출권 이익보다는 낮은 것으로 나타났다(Table 1).

산림경영방법 적용 시나리오에 따른 비용 분석 결과

벌기령 연장사업에 따른 사업비용 분석결과, 상수리나무의 벌기령 연장사업을 위한 총 비용은 12,818천원, 중부지방소나무의 벌기령 연장사업의 이행에 소요되는 비용은 8,929천원으로 나타났다. 비용의 차이는 주로 벌채비에서 차이가 나는것으로 나타났는데, 벌기령 연장사업종료 후 70년생의 상수리나무가 중부지방소나무 직경과 비교하여 더 큰 결과값을 보였기 때문에 이에 따른 벌채비와 집재비에서 두 사업비용 간 차이가 나타난 것으로 사료된다. 또한 수종갱신 시나리오에 따른 사업비용은 3가지 시나리오와 비교하여 가장 높은 비용(16,112원)이 요구되는 것으로 나타났는데, 이는 수종갱신 사업을 위해 조림과 벌채, 집재 등 벌기령 연장사업에 비해 요구되는 산림사업이 더 많기 때문으로 사료된다(Table 2).

Table 1. The estimated revenue of forest carbon offset projects based on forest management scenarios (extension final age of maturity and reforestation with new species after timber harvesting).

Project types	Extension final age of maturity		Reforestation with new species after timber harvesting
Species	*Pinus densiflora* (Kangwon region)	*Quercus acutissima*	Pinus densiflora to *Quercus acutissima*
Site index	12	18	12 → 18
Estimated timber productivity (m^3)	230	335	345.5
Estimated carbon stock (tCO^2)	64.09	518.16	175.01
Profit			
Revenue from harvesting timber (thousand won: KRW)	21,700	17,483	27,270
Revenue from carbon market (thousand won: KRW)	960	8,360	2,533
Total	22,660	25,743	29,803

Table 2. The estimated total cost for forest carbon offset projects based on forest management scenarios (extension final age of maturity and reforestation with new species after timber harvesting).

Project types	Extension final age of maturity		Reforestation with new species after timber harvesting
Species	*Pinus densiflora* (Kangwon region)	*Quercus acutissima*	*Pinus densiflora* to *Quercus acutissima*
Site index	12	18	12 → 18
Cost			
Hasrvesting cost (thousand won: KRW)	7,243	10,110	14,426
Administrative cost (thousand won: KRW)	1,686	2,708	1,686
Total cost	8,929	12,818	16,112

벌기령 연장 및 수종갱신 사업이행에 따른 산림경영방법론 경제성 분석 결과

벌기령 연장사업 시나리오에 따라 중부지방소나무와 상수리나무 각각에 대해 이산화탄소 흡수량을 선정하고 그에 따른 배출권 판매수익을 산정한 결과, ha당 순수익은 중부지방소나무의 경우 약 13,731천원으로 나타났다. 또한 탄소배출권 수익은 전체 수익의 약 5%정도로 나타났다. 상수리나무 벌기령 연장사업의 이행으로 인한 순수익은 약 12,925천원으로 중부지방소나무의 벌기령 연장사업 이행으로 인한 이익보다 더 적게 나타났는데 이는 상수리나무 벌기령 연장사업을 통한 높은 탄소배출권 수익에도 불구하고 목재생산으로 인한 수익 산정 시 책정된 원목가격이 중부지방소나무의 50% 수준에 그쳐 최종적으로 두 시나리오의 경제성 분석 결과 중부지방소나무를 통한 벌기령 연장 사업이 더 경제성이 높은 것으로 나타났다.

마지막으로 수종갱신사업의 경제성 분석 결과 순수익은 약 13,691천원으로 나타났다. 기존의 벌기령 연장사업의 두 시나리오와 비교하여 중부지방소나무 벌기령 연장에 이어 두번째로 경제성이 높은 사업으로 나타났다. 수종갱신 시나리오의 경우 목재생산으로 인한 수익이 총 수익의 92%를 차지하고 이산화탄소 흡수를 통한 탄소배출권 수익은 약 8%를 차지하는데 이는 수종갱신의 사업특성상 두번의 벌채를 통한 높은 목재생산량으로 인해 발생하는 수익이 높기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구를 통해 세가지 시나리오별 순수익을 비교한 결과, 수종갱신 시나리오는 중부지방소나무의 벌기령 연장사업보다는 수익이 적었으나, 상수리나무의 벌기령 연장 사업보다는 수익이 높은 것으로 나타났다. 중부지방소나무의 벌기령 연장사업과 수종갱신 사업 시나리오를 비교해보면 같은 사업기간 동안 탄소배출권으로 인한 수익은 수종갱신사업이 약 1,573천원 더 많이 발생하는 것으로 나타났고, 목재생산을 통한 수익은 중부지방소나무 벌기령 연장사업을 통한 수익이 약 5,570천원 더 발생하는 것으로 나타났다. 또한 사업비용 측면에서 수종갱신사업을 통한 비용이 중부지방소나무의 벌기령 연장 사업과 비교하여 약 2배 이상의 많은 지출이 되었기에 결과적으로 중부지방소나무의 벌기령 연장사업을 통한 수익이 더 크게 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 상수리나무의 벌기령 연장사업과 수종갱신 사업을 비교해보면 목재판매 수익에 있어서는 수종갱신 사업이, 탄소배출권 수익에 있어서는 상수리나무의 벌기령 연장사업이 더 높게 나타났다. 상수리나무 벌기령 연장사업의 높은 탄소배출권 수익과 사업비용의 우세에도 불구하고, 두 사업에서 발생하는 목재판매 수익 편차를 극복하지 못하고 최종적으로 수종갱신사업의 경제성이 상수리나무의 벌기령 연장사업보다 더 우수한 것으로 나타났다(Table 3).

Table 3. The total revenue of forest carbon offset projects based on forest management scenarios (extension final age of maturity and reforestation with new species after timber harvesting).

Project types	Extension final age of maturity		Reforestation with new species after timber harvesting
Species	*Pinus densiflora* (Kangwon region)	*Quercus acutissima*	*Pinus densiflora* to *Quercus acutissima*
Site index	12	18	12 → 18
Estimated timber productivity (m^3)	230	335	345.5
Estimated carbon stock (tCO^2)	64.09	518.16	175.01
Profit[x]			
Revenue from harvesting timber (thousand won: KRW)	21,700	17,483	27,270
Revenue from carbon market (thousand won: KRW)	960	8,360	2,533
Cost[y]			
Hasrvesting cost (thousand won: KRW)	7,243	10,110	14,426
Administrative cost (thousand won: KRW)	1,686	2,708	1,686
Total revenue[z]	13,731	12,925	13,691

[x] Sum of revenue from harvesting timber and carbon market.

[y] Sum of Harvesting cost and administrative cost.

[z] Sum of revenue minus Sum of cost.

Conclusion

본 연구는 산림탄소상쇄사업의 산림경영방법론의 적용에 있어 벌기령 연장사업과 수종갱신사업의 이행으로 인해 발생하는 1) 이산화탄소 흡수의 우수성, 2) 수익비용분석을 통한 경제성 비교 두가지 측면에서 합리적인 산림경영방법론 적용의 의사결정에 있어 기초자료를 제공하고자 진행되었다.

본 연구의 분석결과 최적탄소흡수를 위해서는 상수리나무의 벌기령 연장사업이 가장 효율적인 방법으로 나타났으며, 다음으로는 중부지방소나무 임분의 상수리나무 수종갱신, 중부지방소나무의 벌기령 연장사업 순으로 나타났다.

그러나, 목재생산으로 인한 수익과 이산화탄소 흡수를 통한 탄소거래의 수익과 사업에 총 소요되는 비용을 고려한 경제성 분석 결과 중부지방소나무 벌기령 연장사업의 경제성이 가장 우수한 것으로 나타났다. 다음으로는 수종갱신으로 인한 사업이 2회에 걸친 조림비, 벌채비등의 높은 비용에도 불구하고 두번의 목재생산을 통한 이익과 탄소배출권의 수익으로 인해 두번째로 경제성이 높은 사업으로 나타났다. 마지막으로 상수리나무 벌기령 연장사업을 경제성분석 결과 높은 탄소배출권 수익에도 불구하고 목재생산으로 인한 수익 산정 시 책정된 원목가격이 중부지방소나무의 50% 수준에 그쳐 최종적으로 세가지 사업의 경제성 분석 결과 가장 낮은 경제성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 본 연구는 산림탄소상쇄사업의 시행에 있어 산림경영방법론내 벌기령 연장 사업과 수종갱신의 이행으로 인해 발생하는 최종 경제성을 비교 분석한 연구로서, 다양한 국내 산림의 수종을 반영하지 못하고 기타 산림의 기능의 가치도 고려하지 못한 한계가 있다. 또한, 국내 대표 수종 중 중부지방소나무와 상수리나무를 대상으로 분석한 결과이므로 향후 추가적인 수종에 대한 경제성 분석 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Acknowledgements

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업´(2018112B10-2020-BB01, 2019149B10-2023-0301)´의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Authors Information

Heesung Woo, https://orcid.org/0000-0002-7649-0953

Joowon Park, https://orcid.org/0000-0001-7505-6912

Soo-Kyoo Park, https://orcid.org/0000-0001-7983-8604

References

EU-ETS (EU Emissions Trading System). 2020. CO_2 European emission allowances (commodity). Accessed in https://markets.businessinsider.com/commodities/co2-european-emission-allowances on 18 December 2019.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. Good practice guidelines on land use, land use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan.

KFCC (Korea Forest Carbon Center). 2017. Administrative cost estimation tool for forest carbon offset project ver3.0. KFCC, Seoul, Korea. [in Korean]

KFCC (Korea Forest Carbon Center). 2020. The registration status of forest carbon offset scheme projects. KFCC, Seoul, Korea. [in Korean]

KFS (Korea Forest Service). 2013. Guideline for implementing and supervising forest reforestation. KFS, Daejeon, Korea. [in Korean]

KFS (Korea Forest Service). 2014. The estimated forest volume and biomass in South Korea. KFS, Daejeon, Korea. [in Korean]

KFS (Korea Forest Service). 2015a. Forest carbon offset scheme brochure. KFS, Daejeon, Korea. [in Korean]

KFS (Korea Forest Service). 2015b. Guidelines for sustainable forest resources management. KFS, Daejeon, Korea. [in Korean]

KFS (Korea Forest Service). 2019a. Enforcement rules of the forest resources development and management act. KFS, Daejeon, Korea. [in Korean]

KFS (Korea Forest Service). 2019b. The guideline of application of the extension final age of maturity in forest carbon offset scheme in South Korea Ver 1.0. KFS, Daejeon, Korea. [in Korean]

KFS (Korea Forest Service). 2020. Guideline for implementing and supervising forest tending works. KFS, Daejeon, Korea. [in Korean]

Kim YH. 2016. Analysis of the average abatement cost of forest carbon offset projects for the government purchase of forest carbon credits. Journal of Climate Change Research 7:391-396. [in Korean]

KoPFI (Korea Forstry Promotion Institute). 2018. The trend of Korean domestic wood market price. KoPFI, Seoul, Korea. [in Korean]

Lee JS, Kang HC, Yu SY, Lee JH, Park SW. 2014. A study on the post-2020 new climate system and reduction goal upward negotiation strategy. Ministry of Environment, Sejong, Korea. [in Korean]

Lee SS, Pyo JG, Yoon SH. 2016. Strategy of forest carbon offset scheme to enhance the Chungcheongnam do climate change planning. Chungnam Institute, Gongju, Korea. [in Korean]

Oberthür S, Ott HE. 1999. The Kyoto protocol: International climate policy for the 21st century. Springer Science & Business Media, Berlin, Germany.

Park MS, Youn YC. 2012. Developmnet of South Korean REDD+ strategies for forest carbon credit. Journal of Environmental Policy and Administration 20:19-48. [in Korean]

Tavoni M, Kriegler E, Riahi K, Van Vuuren DP, Aboumahboub T, Bowen A, Calvin K, Campiglio E, Kober T, Jewell J, Luderer G, Marangoni G, McCollum D, Van Sluisveld M, Zimmer A, Van der Zwann B. 2015. Post-2020 climate agreements in the major economies assessed in the light of global models. Nature Climate Change 5:119-126.