


대나무 탄소계정을 위한 목재기본밀도 개발

배은지¹ · 정재엽¹ · 이선정² · 노혜정³ · 손영모¹ ^{3*}

¹국립산림과학원 산림바이오소재연구소, ²국립산림과학원 산림ICT연구센터,
³한국산지보전협회

Development of a Basic Wood Density for Carbon Accounting in Bamboo Forests

Eunji Hae¹, Jaeyeop Chung¹, Sunjung Lee², Hyejung Roh³ and Yeongmo Son¹ ^{3*}

¹Forest Biomaterial Research Center, National Institute of Forest Science, Jinju 52817, Korea

²Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea


³Korea Forest Conservation Association, Daejeon 35262, Korea

요약: 본 연구는 우리나라의 대나무림에 대한 탄소계정을 위하여 탄소배출계수 중 하나인 목재기본밀도를 도출하기 위하여 수행되어 졌다. 대나무는 전라남도과 경상남도에 주로 분포해 있으며, 계수 도출을 위한 표준목은 솥대, 왕대, 맹종죽 등 3수종별로 각각 101본씩을 선정하여 활용하였다. 목재기본밀도 도출은 KS F 2098 방법을 따랐다. 측정결과, 솥대의 목재기본밀도는 0.83 g/cm³, 왕대는 0.81 g/cm³, 맹종죽은 0.72 g/cm³로 각각 나타났다. 그렇지만, 우리나라는 대나무 분포 면적이 많지 않고, 맹종죽의 경우 일정 지역에 국한되어 생육하고 있다. 따라서 대나무에 적용할 수 있는 목재기본밀도는 하나로 통합하여 0.79 g/cm³로 확정하였다. 그리고 도출된 목재기본밀도에 대한 불확도를 평가한 결과, 1.61%로 낮은 불확도 값을 가져, 본 분석에서의 측정값에 대한 신뢰도를 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 이번에 개발한 목재기본밀도와 기존의 바이오매스확장계수, 뿌리함량비 등을 이용하여 대나무 표준목에 대한 탄소저장량을 계산하고, 이를 확장시켜 ha단위까지 계산해 보았다. 이번 연구로 대나무의 재적을 이용하여 목재기본밀도 등 탄소배출계수 적용으로 탄소저장 및 흡수량 계산이 가능하게 되었다. 본 결과가 우리나라 탄소중립 정책 및 산림관리 방향에 도움이 되기를 기대한다.

Abstract: This study aimed to derive the basic wood density, one of several carbon emission factors, for carbon accounting of bamboo forests in Korea. Bamboo is mainly distributed in Jeollanam-do and Gyeongsangnam-do provinces, and 101 sample trees were selected for each of the three species (*Phyllostachys nigra* var. *henonis*, *P. bambusoides*, and *P. pubescens*). The basic wood density derivation used the KS F 2098 method. The measurements showed that the basic wood density was 0.83 g/cm³ for *P. nigra* var. *henonis*, 0.81 g/cm³ for *P. bambusoides*, and 0.72 g/cm³ for *P. pubescens*. However, the bamboo distribution area in Korea is not very large, and *P. pubescens* grows in one area only. Therefore, the basic wood density that can be applied to bamboo was 0.79 g/cm³. Evaluation of the uncertainty of the extracted basic wood density showed a very low value of 1.61%, which confirmed the reliability of the basic wood density derived from this analysis. The basic wood density, biomass expansion factor, and root-to-shoot ratio were used to calculate the carbon storage capacity of one bamboo plant and expanded to calculate the capacity for a hectare of bamboo. Carbon storage and absorption of bamboo were calculated by applying a carbon-emission factor, such as the basic wood density. These study results are expected to contribute to the carbon-neutral policy and forest management direction in Korea.

Key words: bamboo forests, basic wood density, carbon accounting, carbon emission factors, uncertainty assessment

* Corresponding author
E-mail: pine21c@kfca.re.kr

ORCID
Yeongmo Son  <https://orcid.org/0000-0002-9346-4351>

서론

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)의 FRA 2020 (Global Forest Resources Assessment 2020) 결과, 지구 상 대나무의 분포면적은 약 35,040천ha 이고, 이중 71%가 아시아에 분포해 있다고 밝혔다. 그리고 세계적으로 대나무는 1990년의 통계면적보다 약 50% 증가하였으며, 이는 대부분 중국과 인도에서 분포면적이 크게 확대된 것에 기인한다고 보고하였다(FAO, 2020). 우리나라의 대나무에 대한 2020년 현재 행정통계는 20,162 ha로 밝히고 있으며, 10년전과 비교하면 약 13,000 ha 이상 증가한 통계로, 대나무의 면적이 계속 확대되고 있는 실정이다(KFS, 2021).

대나무의 축적(volume, m³)에 대한 정보는 바이오매스와 탄소저장 및 흡수량의 정확한 계산을 위하여 중요한 지표이나, 나라마다 다른 각기 지표를 사용하고 있어 아직 국제적으로 완전히 표준화 된 양식이 없는 실정이다. 따라서 대나무 자원에 대한 지구적인 정확한 축적 자료는 없으며, 일부 제시된 자료도 조사방법, 계산이 다르기 때문에 신뢰도는 매우 떨어진다고 볼 수 있다. 최근에 들어서는 무게 단위로 측정되는 것이 보통이며, 우리나라 경우는 속(束) 단위로 거래하였으나, 요즘은 무게단위로 거래되고 있다. 우리나라의 대나무에 대한 행정통계는 현재 면적만 제시하고 있으며, 세계적인 추세와 같이 아직까지 부피 단위 즉, 축적 통계를 제시하고 있지 않다.

이러한 문제를 해결하기 위하여, 국립산림과학원에서는 대나무의 바이오매스 및 축적 통계작성을 위한 대나무 개체목 재적표를 개발, 공표한 바 있으며, 학술논문으로는 대나무 종 중 하나인 맹종죽에 대해서 재적표 개발 결과를 학술지에 게재하였다(Bae et al., 2022).

죽순의 매년 발생으로 활발한 생장 및 수확량을 보이는 대나무는 특히 바이오매스 및 탄소 고정에 있어서 유용한 식물이다. 우리나라의 경우, Kim et al.(1984)이 처음으로 대나무 종류 중 백운산 지역 조릿대를 대상으로 해발고별 현존량을 구명한 것이 바이오매스 연구의 시초로 알려지고 있으며, 그 이후 Park et al.(1996)이 왕대속 대나무의 물질생산 및 무기영양물 분배에 관한 연구를 통해 현존량에 대한 대수회귀식을 개발하였다. 이 연구에서 ha당 대나무의 연간 바이오매스는 맹종죽 6.1 ton/ha/yr, 솜대 5.6 ton/ha/yr이라고 밝혔다. 그의 Hwang et al.(2005)은 맹종죽의 바이오매스 추정 연구에서 지상부는 69.7 ton/ha, 지하경은 13.7 ton/ha, 뿌리는 7.5 ton/ha 이라 밝혔으며, Lee et al.(2012) 역시 맹종죽 바이오매스 연구에서 지상부 57.8 ton/ha, 지하

부 53.4 ton/ha 라고 하여 앞선 연구와는 약간 다른 결과를 보여주었다. 또한 Jo et al.(2017)은 임분 내 시비에 따른 맹종죽의 각 기관별 바이오매스 변화를 구명하였으며, Kwak et al.(2021)은 솜대림의 조림지와 확산지에서 1본당 바이오매스를 비교하고, 토양에서의 양분 차이를 구명한다. 그러나 이러한 연구에서는 대나무의 탄소계정 및 탄소배출계수 개발 등에 대해서는 언급하지 않았다.

UN 기후변화협약 상 ‘토지이용, 토지이용변화 및 임업(LULUCF)’ 부문에 있어, 주요 탄소배출계수로는 목재기본밀도(Basic wood density, D), 바이오매스 확장계수(Biomass expansion factor, BEF), 뿌리함량비(Root-shoot ratio, R) 등을 들 수 있다. 탄소배출계수는 산림 내 임목 축적을 탄소량으로 전환시키는 중요한 인자로, 현재 우리나라는 산림부문에 20여 수종, 2개 임상에 대한 각각의 계수를 개발하여 국가차원에서 공인한 바 있다(Son et al., 2010, 2014; GIR, 2022). 그리고 이들의 개발 방법 등은 ‘기후변화협약 정부 간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)’에서 제시한 ‘우수실행지침(Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, GPG, 2003)’ 및 ‘IPCC 지침서(Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines, GL, 2006)’ 등에 제시되고 있다.

우리나라 산림 내 20여 수종의 계수 중 대나무에 대한 목재기본밀수는 기존 통계 및 자료를 활용하여 만들었으나, 이는 대나무의 특성인 속이 빈 공간에 대한 축적을 고려하지 않은 계수(0.24 g/cm³)였다(Yim et al., 2021).

국립산림과학원에서 최근 대나무에 대해 속이 빈 공간을 고려하여 만든 재적표가 만들어 졌다. 따라서 이를 고려한 대나무에 대한 탄소계정을 위해서는 새롭게 목재기본밀도가 만들어 져야 한다. 본 연구에서는 우리나라 대나무의 주요 분포지인 경남 및 전남지역을 대상으로 IPCC에서 제시하는 방법으로 탄소배출계수 중의 하나인 목재기본밀도를 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 우리나라 대나무 분포 개황

2020년 현재 우리나라 대나무 면적은 20,162 ha이며, 이중 전라도 지역이 48.19%로 가장 많은 분포 면적을 보이고 있으며, 다음이 경상도 지역으로 38.42%가 분포하는 것으로 나타났다(Table 1; KFS, 2021). 이와 같은 대나무 생육지 면적은 가시적으로 Figure 1에서와 같은 공간적 분포를 보이고 있었다(NIFoS, 2018).

Table 1. Distribution area and occupying ratio of bamboo forests in Korea.

(Unit: ha, %)

Species \ District	Total	Gyeonggi	Gangwon	Chungcheong	Jeolla	Gyeongsang	Others
Bamboo	20,162 (100%)	12 (0.06)	273 (1.35)	1,669 (5.28)	9,716 (48.19)	7,745 (38.42)	747 (3.70)

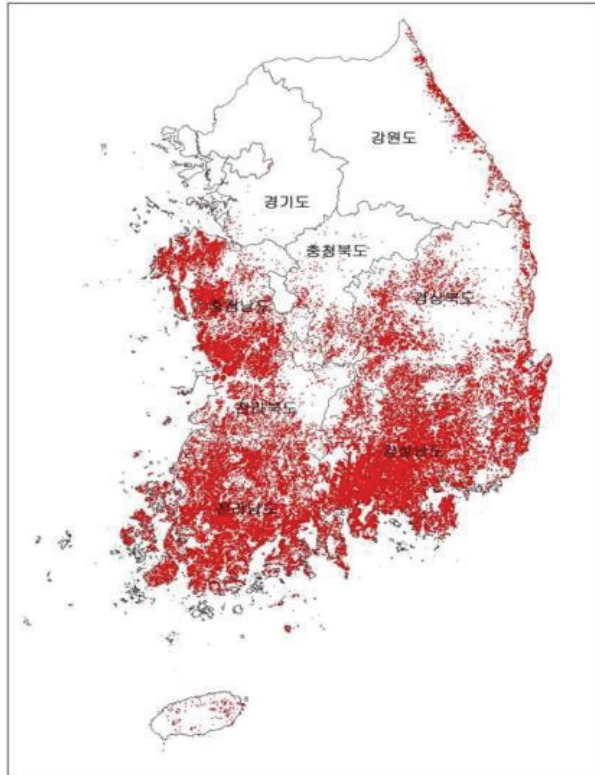


Figure 1. Local distribution of bamboo forests in Korea.

2. 공시재료

대나무 목재기본밀도 도출을 위한 표본목은 대나무 면적 중 약 86% 이상을 점유하고 있는 전라남도와 경상남도 지역을 대상지로 하였으며, 대나무 종류별(솥대 *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, 왕대 *Phyllostachys bambusoides*, 맹종죽 *Phyllostachys pubescens*)로 임의로 각각 101본씩을 선정(총

303본), 별도하여 흉고직경, 수고를 측정하고 1.3 m 부위에서 목재밀도를 측정하고자 시료(시편)를 채취하였다. 표본목의 흉고직경 및 수고의 생육상황은 Table 2와 같다.

3. 분석방법

1) 목재기본밀도 분석

현장에서 수집된 재료는 밀봉하여 운반하였으며, 시편은 한국임업진흥원에 의뢰하여 한국산업규격(KS) 중 KS F 2098(목재의 밀도 및 비중의 측정) 방법으로, 항온항습실(온도 20±1°C, 습도 65±2%)에서 2주간 건조한 후 시편의 부피 및 중량을 측정하여 목재기본밀도를 측정하였다(Korea Standard Association, 2021). 밀도 도출을 위한 산정식은 다음과 같다(식 1).

$$\text{Basic wood density}(g/cm^3) = \frac{m_0}{(3.14 \times a_w \times 2 \times l_w) - (3.14 \times b_w \times 2 \times l_w)} = \frac{m_0}{V_w} \quad (1)$$

Where, m_0 : Dry weight of wood materials, a_w , b_w , l_w : Radius of wood materials a, Radius of wood materials b and length, V_w : Dry volume of wood materials

2) 도출된 목재기본밀도의 불확도 산정

탄소배출계수가 도출되면, 이는 불확도(uncertainty, 계수가 어느 정도 신뢰성 또는 부정확도를 갖는가를 나타내는 척도)를 파악하는 것이 중요하다. 계수가 도출되었다 하더라도 높은 불확도를 가지면 이용할 수가 없으며, 불확도를 가진 자료를 이용한다면 국제사회에서의 자국의 온실가스 통계에 대한 신뢰도를 저하시키게 된다(IPCC, 2006).

Table 2. General characteristic of sample plots in bamboo forests.

Species	Growth factors	No. of samples	DBH (cm)	Height (m)
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i>		101	$\frac{5.6}{1.4 - 10.4}$	$\frac{11.8}{3.4 - 17.4}$
<i>Phyllostachys bambusoides</i>		101	$\frac{6.4}{1.9 - 11.3}$	$\frac{13.6}{6.0 - 21.5}$
<i>Phyllostachys pubescens</i>		101	$\frac{10.8}{4.9 - 14.8}$	$\frac{15.6}{7.8 - 19.9}$

본 분석에서도 탄소배출계수 중 하나인 목재기본밀도에 대한 불확도를 IPCC 지침에 의해 ‘표본오차 전파(propagation of sample error)’ 방법으로 계산하였다. IPCC에서 제시하는 양적인 불확도의 산정방법은 알 수 없는 확률밀도함수에서 실제 값이 존재하는 95% 신뢰구간의 이용을 권고하고 있다. 본 연구에서 대나무에 대한 불확도는 (식 2)와 같이 95% 신뢰구간의 반을 평균으로 나누어 추정하는 방법으로 산정하였다(IPCC, 2003).

$$\text{Uncertainty} = \frac{1/2 \times (95\% \text{ CI})}{\mu} \times 100 \quad (2)$$

Where, 95% CI.: 95% Confidence interval range, μ : Mean

결과 및 고찰

1. 대나무 목재기본밀도 도출

Table 3은 솜대, 왕대 및 맹종죽 등 3수종 303본의 시편을 이용하여 표준 규정에 의거 목재기본밀도를 산출한 결과이다.

솜대의 목재기본밀도는 0.83 g/cm³, 왕대는 0.81 g/cm³, 그리고 맹종죽은 0.72 g/cm³로 각각 측정이 되었다. 솜대와 왕대의 경우 목재기본밀도는 차이를 보이지 않았으나, 맹종죽은 두 수종과는 달리 0.1 g/cm³ 정도가 낮아 통계적으로(Duncan multiple test, 5% 유의수준) 두 그룹 간 유의미한 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 이 같은 원인은 맹종죽이 솜대와 왕대와는 달리, 죽순 발생 때 부터 부피생장을 크게 함에 따라 목재 내 견밀도가 다소 떨어짐에서 오는 결과라 사료된다(Huh, 1994; Kim, 2000).

본 결과만을 놓고 볼 때는 대나무 중 솜대와 왕대의 목재기본밀도를 한 그룹으로 두고, 맹종죽의 목재기본밀도를 별개로 취급함이 마땅하나, 전체 산림면적에 비해 대나무의 분포면적(20,162 ha, 산림면적 중 0.32%)이 얼마 되지 않아(KFS, 2021; Yim et al., 2021), 학술적 측면이 아니라면 통합 평균하여 목재기본밀도 0.79 g/cm³를 이용함이 타당할 것이라 판단하였다. 맹종죽의 목재기본밀도의 경우, 학문적으로 이용하거나 국소적인 탄소축적량을 계산

할 때는 본 논문에 기재되어 있는 결과를 그대로 인용할 수도 있을 것이라 본다.

새롭게 도출된 대나무의 목재기본밀도 0.79 g/cm³는 기존에 개발되어 국가적으로 공인받은 0.24 g/cm³와는 큰 차이를 보인다. 이것은 기존의 계수는 대나무의 속이 빈 것을 일반 용재 수종과 같이 채워져 있다고 가정하여 계산하여 만든 것이기 때문에 차이가 나타나는 것이다.

그리고 앞서도 언급하였지만, 국립산림과학원에서 2021년 대나무의 속이 빈 것을 고려한 재적표가 이미 만들어져(Bae et al., 2022), 탄소계정을 위해서는 이에 맞는 목재기본밀도가 만들어져야 하기 때문에 본 연구가 수행된 것이다.

본 연구 결과에 따른 대나무 목재기본밀도 0.79 g/cm³은 기존에 개발된 중부지방소나무 0.47 g/cm³, 일본잎갈나무 0.45 g/cm³, 굴참나무 0.72 g/cm³, 신갈나무 0.66 g/cm³ 보다 높았으며, 난대 상록활엽수종(0.70 g/cm³)과 붉가시나무(0.83 g/cm³)와 유사하였다(GIR, 2022; Son et al., 2014). 따라서 국내 수종 중에서는 대나무의 목재밀도가 아주 치밀하여 상대적으로 강도가 높음을 알 수 있었으며, 일본의 주요 수종에 대한 목재기본밀도와 비교했을 때도 일본 상수리나무가 0.668 g/cm³, 자작나무류 0.619 g/cm³ 로 나타나 우리나라 대나무의 목재기본밀도가 높은 값을 갖고 있음을 알 수 있었다(Iehara, 2008). 한편 다양한 대나무가 생육하고 있는 중국에서의 34개 대나무 수종별 목재기본밀도를 측정된 결과, 수종별로 0.56~0.81 g/cm³ 범위에 있음을 밝혀 우리나라 대나무가 매우 높은 값의 목재기본밀도를 가짐을 알 수 있었다(Zhang et al., 1995)

2. 목재기본밀도의 불확도 검증

대나무의 목재기본밀도 자료에 대한 불확도 검증 결과, 아래 수식과 같이 1.61%로 나타나 불확도가 아주 낮음을 알 수 있었다. 이는 기존에 개발된 강원지방소나무의 목재기본밀도에 대한 불확도 12.99%, 잣나무 8.20% 보다 불확도 값이 낮았으며, 굴참나무 1.66%와 유사한 불확도를 갖는 것을 알 수 있었다(Son et al, 2010, 2014).

일본의 주요 수종별 목재기본밀도 불확도와 비교해 보면, 삼나무가 2.5%, 편백 1.7%, 밤나무 5.3%, 졸참나무

Table 3. Basic wood density by species in bamboo forests.

Species	No. of samples	Basic wood density (g/cm ³)	SD	Min~Max (g/cm ³)
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i>	101	0.83 ^a	0.07	0.64~0.95
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	101	0.81 ^a	0.11	0.47~0.97
<i>Phyllostachys pubescens</i>	101	0.72 ^b	0.12	0.49~0.92
Total(*) or Mean	303*	0.79	0.11	0.47~0.97*

Table 4. Procedures for calculating the carbon storage of volume by utilizing carbon emission factor in bamboo forests.

Sample tree	Volume/ tree	WD	BEF	R	CF	Carbon storage/ tree (ton)	Trees no./ ha	Carbon storage/ha (ton/ha)
- DBH: 10.8 cm - Height: 15.6 m	0.0200	0.76	1.26	(1+0.06)	0.5	0.0102	8,400	85.68

1.6%, 음나무 1.8% 등이었으며, 일본은 대체적으로 침엽수에 대한 불확도가 1.2%~8.8% 범위에 있고, 활엽수가 1.2%~5.38% 범위에 있는 것으로 나타나 우리나라 대나무의 목재기본밀도의 불확도가 일본의 여러 수종보다 유사하거나 낮은 수치를 갖는 것임을 알 수 있었다(Iehara, 2008).

불확도는 목재기본밀도의 경우 대부분 실험실에서 측정이 이루어 지기 때문에 불확도가 낮은 값을 가지나, 줄기 대비 가지와 잎이 차지하는 비율인 바이오매스확장계수(BEF)의 불확도는 다양한 가지와 잎의 형상, 보유량 등으로 불확도의 수치가 목재기본밀도보다 증가한다. 그리고 지상부 대비 뿌리의 함량을 나타내는 뿌리함량비(R)에 대한 불확도는 땅속에 있는 뿌리 굴취의 어려움과, 생육환경에 따른 뿌리의 형성이 복잡해져, 3가지 탄소배출계수 중 가장 높은 불확도를 가져온다(Peter, 2004; Son et al., 2014).

FAO에 의하면, 국제적으로 산림 내 탄소배출계수인 목재기본밀도의 불확도의 범위를 수종의 다양성, 지리적 생육환경 등을 고려할 때 10~40% 범위로 보고 있다. 핀란드 등의 경우는 소나무, 가문비나무 및 자작나무의 목재기본밀도에 대한 불확도를 20% 미만으로 보고한 바 있는데 (Lehtonen et al, 2004), 우리나라 대나무의 목재기본밀도에 대한 불확도가 1.61%라 함은 본 계수의 신뢰성이 충분히 검증되었다고 볼 수 있다.

$$\text{불확도} = \frac{1/2 \times (95\% \text{신뢰구간})}{0.79} \times 100 = 1.61\% \quad (3)$$

Where, SD: 0.112, Mean: 0.79, t-value: 1.96, SE: 0.00645 etc, used.

3. 계수의 적용에 의한 탄소저장량 산정

2022년 Bae et al.(2022)이 만든 맹종죽의 재적표와 탄소배출계수를 이용하여 식 4와 같은 절차를 거쳐, 일부 자료를 가상으로 두고 탄소저장량을 계산해 보았다. 국립산림과학원의 2018년 맹종죽림 조사에 의하면, ha당 8,400본이라 밝히고 있는데, 이를 본 연구에서 표준목 평균인 평균직경 10.8 cm, 수고 15.6 m 일 때를 기준으로 탄소저장량을 산정하였다.

Table 4에 의하면, 대나무 표본목 1본의 탄소저장량은

0.0102 ton (10.2 kg)으로 추정되며, 만약 여기에 ha당 본수 8,400본이 있을 때, ha당 탄소저장량은 85.68 ton/ha 이 될 것으로 보인다. 다만 이것은 대략적인 경향치를 알아 본 것이므로, 실제 죽림에서는 경급별 분포와 수고, 본수 등을 정밀하게 측정한다면, 해당 죽림의 정확한 탄소량이 계산될 것이다. 참고로 이산화탄소량으로 전환하고자 한다면 분자식 구조에 의해 44/12를 곱해 주면 얻을 수가 있다 (Son et al., 2014).

한편 현존하는 죽림 바깥으로 확산되는 대나무가 매년 500본/ha 발생하는 것으로 조사된 바 있는데(NIFoS, 2018), 여기에서 저장/흡수되는 탄소량은 순전히 당해연도의 탄소흡수량이 될 것이다.

$$\text{Carbon storage} = V \text{ or } G \times WD \times BEF \times R \times 0.5 \quad (4)$$

Where, V: Volume, G: Growth (total or annual growth), WD: Basic wood density, BEF: Biomass expansion factor, R: Root-shoot ratio, 0.5: Carbon conversion factor(CF)

결론

현재 우리나라 전국에 분포하는 대나무는 약 2만 ha 인데, 이들에 대한 중량 및 재적(부피) 단위로의 산정 기준이 없어 국가 통계로 잡히지 않고 있으며, 산주 입장에서조차 매매와 경영에 있어 물량 산정 기준을 잡지 못해 관계 기관에 기준에 대한 필요성을 제기하고 있다.

대나무에 대한 경제적 가치 산정을 위한 기준은 최근 국립산림과학원에서 개체목 재적표를 만들었기 때문에 해결할 수 있을 것으로 보이나, 재적을 탄소량으로 전환하는 즉, 환경공익적인 가치로 전환할 수 있는 탄소배출계수 중의 하나인 ‘목재기본밀도’를 본 연구에서는 찾고자 하였다.

기준에 제시된 대나무의 목재기본밀도는 0.24 g/cm³ 였는데, 이는 대나무를 일반 용재 수목으로 간주하여, 대나무 내부가 공간적으로 모두 꽉 차있음을 가정하여 도출한 값이었다. 앞서 언급한 바 있지만 이제 대나무의 내부 빈공간을 고려한 재적표가 만들어졌기 때문에 여기에 맞춘 탄소배출계수(목재기본밀도)가 제시되어야 재적을 탄소

량으로 전환할 수가 있었다. 따라서 본 연구 결과 대나무의 목재기본밀도는 0.79 g/cm^3 로 밝혀졌으며, 이 값에 대한 불확도 평가 결과 1.61%로 나타나, 계수를 활용함에 있어 아주 높은 신뢰성을 가질 것으로 판단되었다.

기후변화와 온실가스 증감을 대비해야 하는 시대에 오 늘 날의 화두는 ‘탄소중립’이며, 이에 산림부문은 현재 큰 기여를 하고 있음은 분명하나, 조금 더 추가적인 기여 가능성이 있으면 이를 찾아내야 할 것이며, 공식적인 탄소 통계로 제시하여야 할 것이다. 따라서 현재 대나무에 대한 면적이 자연적인 현상으로 조금씩 늘고 있는 시점에서, 이에 대한 공간적인 면적 구획을 정확하게 하고, 이를 탄소량으로 산정한다면 우리나라 탄소저감 정책 추진에 따른 성과에 다소 도움이 될 것으로 보인다.

대나무의 공간분포 구획은 2023년 국립산림과학원과 본 연구진이 계획을 하고 있으며, 이들에 대한 축적량 산정 및 탄소량 계산 역시 이루어 질 것이다. 다만 이 연구는 일부 표본점에 국한되고 1년 동안에 수행되는 관계로 정밀도 높은 결과를 가져오기가 어려울 것으로 보이며, 또한 지속적인 모니터링 결과가 아니기 때문에 연간탄소흡수량 산정 등이 곤란할 것으로 판단된다. 이에 대해서는 국가차원에서 국가산림자원조사의 표본점으로 대나무를 관리하던지, 아니면 특정한 R&D가 수행되어 국가 탄소중립 정책에 이바지할 것을 제안한다.

감사의 글

The research was funded by National Institute of Forest Science (Project No. FE0100-2020-01-2023).

References

- Bae, E.J., Son, Y.M. and Kang, J.T. 2022. Estimation of stem taper equations and a stem volume table for *Phyllostachys pubescens* Mazel in South Korea. Journal of Korean Society of Forest Science 111(4): 622-629.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2020. Global Forest Resources Assessment 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. pp. 164.
- Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea (GIR). 2022. National greenhouse gas inventory report in Korea. Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea. pp. 435.
- Huh, M.H. 1994. SAS, Analysis of variance. Freedom Academy. Seoul. pp. 82.
- Hwang, J.H., Chung, Y.G., Lee, S.T., Kim, B.B., Shin, H.C., Lee, K.J. and Park, K.J. 2005. Estimation of aboveground biomass and belowground nutrient contents for a *Phyllostachys pubescens* stand. Journal of Korean Society of Forest Science 94(3): 161-167.
- Iehara, T. 2008. The biomass parameters in Japan for GHG accounting -BEF and Root-Shoot ratio, Wood density-. Workshop on Forest Biomass and Soil Carbon Inventory System in East Asia. pp. 22.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, volume 4 Agriculture, forestry and other land use. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan.
- Jo, C.G., Back, G.W., Park, S.W., You, B.O., Jung, S.Y., Lee, K.S. and Kim, C.S. 2017. Fertilization effects on allometric equations and biomass in a Moso Bamboo (*Phyllostachys pubescens*) stand. Journal of Korean Society of Forest Science 106(4): 380-387.
- Kim, C.R. 2000. SAS, a statistic box. Data Plus. pp. 592.
- Kim, K.D., Kim, J.S. and Park, I.H. 1984. Studies on some characters of culms and biomass of *Sasamorpha purpurascens* var. *borealis* in Mt. BaeKun area. Forest Bioenergy 49(1): 19-25.
- Korea Forest Service (KFS). 2021. 2020 Forest Statistics. Korea Forest Service. pp. 371.
- Korean Standards Association (KSA). 2021. Determination of density and specific gravity of wood. KS F 2198.
- Kwak, Y.S., Back, G.W., Choi, B.G., Ha, J.S., Bae, E.J. and Kim, C.S. 2021. Nutrient characteristics of biomass, forest floor, and soil between plantation and expansion sites of *Phyllostachys nigra* var. *henonis*. Journal of Korean Society of Forest Science 110(1): 35-43.
- Lee, K.S., Jung, S.Y., Son, Y.M., Lee, K.H., Bae, E.J. and Yun, S.L. 2012. Biomass estimation of *Phyllostachys pubescens* stands in KFRI, Southern Forest Research Center. Journal of Korean Society of Forest Science 101(1): 138-147.
- Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Sievänen, R. and Liski, J. 2004. Biomass expansion factors(BEFs) for Scotch pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. Forest Ecology and Management 188(issues 1-3): 211-224.
- National Institute of Forest Science (NIFoS). 2018. Resource evaluation and implications of bamboo in Korea. NIFOS

- Forest Policy Issue No. 102.
- Park, I.H. and Ryu, S.B. 1996. Biomass, net production and nutrient distribution of bamboo *Phyllostachys* stands in Korea. *Journal of Korean Society of Forest Science* 85(3): 453-461.
- Peter, L. 2004. Biomass expansion factors and root: shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain. COST Action E21 Meeting, 17 May 2004, pp. 37.
- Son, Y.M., Kim, R.H., Lee, K.H., Park, H., Pyo, J.K., Kim, S.W., Hwang, J.S. and Lee, S.J. 2014. Carbon emission factors and biomass allometric equations by species in Korea. *Korea Forest Research Institute Report* 14-08. pp. 97.
- Son, Y.M., Lee, K.H., Kim, R.H., Pyo, J.K., Park, I.H., Son, Y.H., Lee, Y.J. and Kim, C.S. 2010. Carbon factors in major species for forest green gas inventory. *Korea Forest Research Institute Report* 11-25. pp. 89.
- Yim, J.S., Moon, G.H., Lee, M.W., Kang, J.T., Won, M.S., An, E.S. and Jeon, J.H. 2020. *Forest Inventory in Korea*. National Institute of Forest Science, Research Report No. 976, pp. 244.
- Zhang, J., Wang H., Ma, N. and Zhang, W. 1995. Fibre morphology and main physical and chemical properties of some bamboo wood of *Phyllostachys*. *Forest Research* 8(1): 54-61.

Manuscript Received : February 21, 2023

First Revision : April 12, 2023

Accepted : April 13, 2023