

# 구조용 제재목 이용 활성화에 따른 탄소저장량 증가효과 평가

장윤성\*† · 신중훈\*\* · 김영환\*\*\*

\*국립산림과학원 산림정책연구과 연구사, \*\*국립산림과학원 산림정책연구과 석사연구원,

\*\*\*국립산림과학원 산림정책연구과 연구관

## Evaluation of Carbon Storage Enhancement Effect by Activating Utilization of Structural Sawnwood

Chang, Yoon Seong\*† · Shin, Joong Hoon\*\* and Kim, Young Hwan\*\*\*

\*Research Official, Forest Policy and Economics Division, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea

\*\*Postmaster Researcher, Forest Policy and Economics Division, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea

\*\*\*Senior Research Official, Forest Policy and Economics Division, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea

### ABSTRACT

The world has been paying attention to the role of forests and timber, which are nature-based carbon sinks, for the transition to a carbon-neutral society. In order to participate in global efforts to reduce greenhouse gas emissions, Korea developed a strategy for carbon neutrality in the forest sector in 2050. Long-lived wood products based on sustainable forest management could contribute to the national goal for carbon neutrality by storing carbon for a long time and replacing fossil-based carbon-intensive materials. In this study, the effect of carbon storage in wood products was analyzed according to the strategy for promoting the use of wood in the 'A strategy for carbon neutrality in the forest sector in 2050'. With the assumption that there will be a domestic roundwood yield of 800 million m<sup>3</sup> in 2050, if the proportion of structural sawnwood among total sawnwood usage is increased to 60%, it could secure 2.2 million tons of carbon dioxide storage by 2050. It is expected that the results of this study can be used as basic data for revitalizing wooden public buildings and establishing policies to promote the recycling of timber resources.

*Key words: Long-lived Wood Product, Carbon Stock, Half-life, Carbon Neutrality, Forest Sector*

## 1. 서론

기후변화의 관점에서 산림은 ①산림 바이오매스 및 토양의 탄소저장, ②목재제품의 탄소저장 및 ③기존 화석자원기반 재료 및 에너지원의 대체를 통하여 기후변화 완화에 기여한다(IPCC, 2019). 산림 내 입목을 수확하게 되면 지표면의 유기물이 제거되는 동시에 토양 내 미생물의 분해작용이 증가하여 탄소저장량이 감소한다(Pregitzer and Euskirchen, 2004). 하지만 목재수확으로 인해 감소된 탄소량의 대부분은 다양한 용도와 이용수명을 가진 목재제품에 저장되어 감소량을 상쇄하게 된다(Lippke and Perez-Garcia, 2008). 목

재수확, 숲가꾸기 등 산림경영활동에 따라 생산된 목재제품은 폐기시까지 산림에 저장되었던 탄소를 장기간 제품 내에 저장하고 있기 때문에 대기 중의 이산화탄소 농도를 감소시키는 효과를 발휘한다(Ruddell et al., 2007). 따라서 목재제품의 탄소저장을 증진하기 위해서는 지속가능성의 범주 내에서 적정량의 목재수확을 통해 제품의 이용량을 확대하고 단계적 순환이용(Cascade Principle)의 원칙에 기반하여 제품의 탄소저장기간, 즉 이용수명을 연장하려는 노력이 필요하다. 국가 탄소중립 목표 달성을 위한 산림의 탄소흡수능력 강화 및 국산목재 이용증진 정책은 국가별 주요 실행전략에 포함되어 추진되고 있다. 일본(MAFF, 2022)도 2010

†Corresponding author : [jang646@korea.kr](mailto:jang646@korea.kr) (Hoegi-ro 57, Dongdaemun-gu, Seoul, 02445, Korea. Tel. +82-2-961-2823)

ORCID 장윤성 0000-0001-7986-2049  
신중훈 0000-0001-5318-1632

김영환 0000-0001-6820-2723

년 「공공건축물의 목재이용 촉진에 관한 법률」 시행을 통하여 4층 이하의 저층 공공건축물을 대상으로 2010년 18%에서 2020년 30%까지 목조건축물을 확대하는 상당한 성과를 보였으며, EU도 2021년 신산림전략 발표(European Commission, 2021)를 통해 기존 3%에 그쳤던 목조건축 시장을 확대하여 탄소저장량의 확대와 건물의 전과정 탄소배출량을 줄이고자 하는 노력을 전략에 담고 있다.

우리나라도 국가 탄소중립목표 달성 및 산림의 탄소흡수원 기능을 유지·증진하기 위해 산림청은 「2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략(’21.12.)(이하 산림부문 추진전략)」(Korea Forest Service, 2021a)을 발표하였다. 산림부문 추진전략에서는 목재와 산림바이오매스 이용 활성화를 통한 탄소저장량 증진을 달성하고자 공공건축물의 목재이용촉진에 관한 법률」의 제정 및 목재친화도시, 도시재생 사업 내 목재특화거리 추진 등 국산목재 수요를 확대하기 위한 정책을 시행하고 있다. 이러한 산림부문 탄소중립 정책에 기반하여 목재제품의 탄소저장량을 보다 정확하게 산정하기 위해서는 일반 목재제품에 비해 탄소저장기간이 긴 장수명 목재제품의 반감기 도출 및 목재자원의 순환이용 증진 노력을 반영하여 적용할 필요가 있다.

기후변화에 관한 정부 간 협의체인 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)에서 발간한 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(IPCC, 2019)에서는 연간 목재제품 탄소축적량을 산정하기 위한 기본방법으로 1차후방법(“first order decay” method)을 제시하면서 연간분해율( $=\ln(2)/\text{반감기}$ ) 즉, 탄소저장기간을 나타내는 반감기를 제재목 35년, 목질패널 25년, 종이 2년으로 제시하였다. 실제로 폐기가 일어나는 단계는 건축물, 가구, 책 등과 같은 최종제품이지만, 현실적으로 목재제품 탄소저장량을 산정하기 위한 활동자료(activity data), 즉 제품별 생산량을 추적하기는 쉽지 않다. 따라서 상대적으로 접근이 쉬운 FAO (Food and Agriculture Organization of the UN) 목재제품 통계 또는 국가별 고유의 목재제품 통계에 기반하여 연간 목재제품의 탄소축적량을 평가하기 위해 제재목, 합판, 섬유판, 종이 등 1차 목재제품 중심으로 산정하고 있다.

한편, 목조주택 점유율이 높은 북미지역에서는 건축물의 수명에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 먼저 미국에서는 주거용, 비주거용 등 건물의 용도와 단독, 연립주택 등 거주 형태에 따라 세분화하고, 과거에 지은 건물이 조사 연도에 얼마나 남아있는지 잔존율을 조사하여 1980년 이전 건설된 단독주택 80년, 1980년 이후 건설된 단독주택 100년, 다세대 주택 70년 등 과거에 지어진 건물 수가 절반이 되는 시기를 목조건

축물의 반감기 값으로 제시하였다(Skog and Nicholson, 1998). 또한 목재제품의 탄소축적량을 평가하기 위해 주거형태에 따라 제재목, 구조용 및 비구조용 패널의 투입비율을 산출하였다. 1920년 이후 지어진 목조주택 내 목재제품은 75년의 반감기를 가지며, 내구성 증진에 따라 20년 주기로 5년의 수명이 연장되는 것으로 분석하였다(Skog, 2008).

캐나다에서도 수확부터 폐기까지의 목재제품 탄소축적량과 물질흐름에 대한 연구를 진행하였다. 연간 탄소축적량 계산 시, 인접국가인 미국의 목재제품 관련 계수를 참고하여 제품별 반감기를 단독주택 85년, 연립주택 50년, 개·보수주택 25년, 기타 20년, 종이 2.5년으로 적용하여 산정하였다(Chen et al., 2013).

유럽은 상대적으로 산림자원이 풍부한 북유럽(80%)을 제외하고는 목조주택의 비율이 20% 미만으로 북미지역에 비해 낮은 수준이다(Sather and Gustavsson, 2009). 임업선진국인 핀란드의 경우, 목재자원이 풍부하여 제지산업이 발달하였고, 목조주택이 대부분으로 목재제품 탄소저장량 관련 연구가 활발하게 진행되었다. 목재제품 탄소축적량 평가 및 예측을 위해, 주요 수종(자작나무, 가문비나무, 소나무 등) 및 제품별(제재목, 합판, 펄프 등)로 목재제품을 분류하고 이용수명에 따라 단기(4년), 중단기(16년), 중장기(30년), 장기(65년)로 구분하였다(Karjalainen et al., 1994; Karjalainen et al., 1995; Karjalainen, 1996). 또한 1940년부터 10년 단위로 건축시기를 구분하고 용도에 따라 12종류로 분류된 건축물 각각의 평균 면적과 주택통계자료를 바탕으로 착공되는 건물의 면적 및 건물종류에 따른 제재목과 목질패널의 투입량을 분석하였다. 그리고 목재제품 부후함수로 로지스틱 모형을 적용하고 투입비율에 따라 구분하여 탄소축적량을 예측하였다(Pingoud et al., 2001). 스페인에서는 파티클보드와 섬유판을 대상으로 연간 소비 및 수출되는 목재제품의 최종 용도별 비율을 분석하고 제품 수명을 건축재 25년, 마루판 15년으로 제시하였고, 가구재를 세분화하여 사무용 가구 10년, 가정용 가구 20년, 주방용 가구 18년, 욕실용 가구 20년으로 제시하였다(Canals et al., 2014).

일본의 경우, 산림의 탄소흡수량 증진을 위한 영급구조 개선을 위하여 적극적인 목재수확 및 목재제품 이용활성화를 추진하고 있다. 국가 온실가스 인벤토리 보고서(NIR)에서도 건축용 목재제품과 일반 목재제품을 구분하여 탄소저장량을 산정하고 있다(GIO, 2021). 건축용으로 이용되는 목재제품의 탄소축적량을 평가하기 위하여 건축구조별 착공·철거건수와 단위면적당 목재제품의 투입비율을 조사하여 적용하였다. 분석 결과, 목조주택의 반감기는 35년, 비목조주택의 반감기는 30

년으로 제시하였다(Tsunetsugu and Tonosaki, 2010). 우리나라에서도 국산 목질판상재를 대상으로 단순분배방법에 따른 목재제품의 반감기 산정연구를 수행한 바 있으며(Chang et al., 2014), IPCC 가이드라인의 산정방법 및 기본계수를 적용하여 접근법(approach)별 목재제품 탄소저장량 비교를 수행하였다(Choi et al., 2006; Choi and Kang, 2007; Choi et al., 2010).

본 연구에서는 산림부문 추진전략의 목재이용 확대정책(장수명 목재이용 및 제재부산물 등 이용 확대)에 따른 탄소흡수량 증진 시나리오를 기반으로 장수명 목재제품의 반감기를 산정하고, 시나리오에 따른 탄소저장효과를 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 장수명 목재제품 반감기 산정

국토교통부의 건축물 말소대장(MOLIT, 2017)을 기반으로 국내 주거환경을 반영한 목조주택 이용수명을 도출하였

다. 2016년 12월 기준 건축물 말소대장 내 말소일자과 사용 승인일을 비교하여 총 232,791동 중에서 중복 또는 오기, 기록누락 등을 제외한 164,736동을 대상으로 목조주택의 수명을 산정하였다. 전국의 시·군·구 지역을 기반으로 건물용도는 단독주택 및 공동주택, 건물구조는 목구조(일반, 통나무, 트러스 포함)를 대상으로 추출하여 분석하였다.

### 2.2. 목재이용 증진 시나리오 및 분석 가정

2050년까지의 국산원목 생산량은 2020년 기준 450만 m<sup>3</sup>부터 2050년 기준 490만 m<sup>3</sup>으로 이용이 소폭 확대되는 베이스라인 시나리오와 산림부문 추진전략 내 공급 전망치인 2030년 550만 m<sup>3</sup>, 2050년 800만 m<sup>3</sup>까지 연간 동일한 비율로 증가하는 것으로 가정하였다. 국산원목을 제재용(구조용/일반용), 보드용, 펄프용, 기타용 원목의 5가지로 구분하였다. 현재 4% 수준의 바이오매스용 원목은 분석에서 제외하고 2030년까지 단계적으로 감소한다고 가정하였다. 베이스라인 시나리오는 현재 목재이용 용도를 유지하며, 개선

Table 1. Scenarios to promote wood utilization based on 「A strategy for carbon neutrality in the forest sector in 2050 (KFS, 2021a)」

Classification	Target	Roundwood supply	Roundwood for sawnwood	Ratio of production for structural sawnwood	Paper and other materials production
Baseline	Maintain current production	( <sup>1</sup> 20) 4.5M m <sup>3</sup> ↓ ( <sup>5</sup> 50) 4.9M m <sup>3</sup>	( <sup>1</sup> 20) 0.6M m <sup>3</sup> ↓ ( <sup>5</sup> 50) 1M m <sup>3</sup>	( <sup>2</sup> 20 ~ <sup>5</sup> 50) 15%	( <sup>2</sup> 20 ~ <sup>5</sup> 50) 40%
Scenario①	Priority supply for sawnwood of additional roundwood production	( <sup>2</sup> 20) 4.5M m <sup>3</sup> ↓ ( <sup>5</sup> 50) 8M m <sup>3</sup>	( <sup>2</sup> 20) 0.6M m <sup>3</sup> ↓ ( <sup>5</sup> 50) <sup>2</sup> 3M m <sup>3</sup>	( <sup>2</sup> 20) 15% ↓ ( <sup>5</sup> 50) 15% ~ 60%	Maintain current production
Scenario②	Scenario① + Additional sawnwood production	( <sup>2</sup> 20) 4.5M m <sup>3</sup> ↓ ( <sup>5</sup> 50) 8M m <sup>3</sup>	( <sup>2</sup> 20) 0.6M m <sup>3</sup> ↓ ( <sup>5</sup> 50) <sup>3</sup> 3.65M m <sup>3</sup>	"	25% reduction in roundwood supply (Δ0.5M m <sup>3</sup> )

- 1) Amount of domestic roundwood currently used for sawnwood
- 2) Amount of roundwood (domestic+imported) currently used for sawnwood
- 3) Amount of roundwood used for sawnwood at the level (over 40%) of advanced forestry countries (Japan, Germany etc.)

Table 2. Amount of roundwood for wood utilization by scenarios

Year	Roundwood for wood utilization (Unit: 1,000 m <sup>3</sup> )								
	Sawnwood			Wood panel			Paper and other materials		
	Baseline	Scen.①	Scen.②	Baseline	Scen.①	Scen.②	Baseline	Scen.①	Scen.②
2020	564	564	564	1,239	1,239	1,239	2,091	2,091	2,091
2030	897	1,396	2,013	1,626	1,887	1,887	2,217	2,217	1,600
2040	1,049	2,218	2,834	1,706	2,316	2,316	2,217	2,217	1,600
2050	1,002	3,039	3,655	1,681	2,745	2,745	2,217	2,217	1,600

시나리오에서는 산림부문 추진전략 내 목조건축 활성화 추진전략을 기반으로 국산원목 공급량 증가분을 제재목으로 우선 이용하여 2020년 60만 m<sup>3</sup>에서 2050년 300만 m<sup>3</sup>까지 확대한다고 가정하였다(Table 1). 제재용 원목은 구조용 및 일반용으로 구분하여 현재 수준인 15%부터 60%까지 점차 확대되는 것으로 가정하여 탄소축적변화량을 분석하였다. 보드용재는 현재 이용 비율(34%)을 유지하면서, 종이 및 기타용재는 2016년부터 2020년까지 5년 평균값을 적용하여 현재 생산량 유지(시나리오①) 및 가공부산물 수집·이용과 재이용·재활용 증진에 따른 원목 투입량 25% 감소 시나리오(시나리오②)를 설정하였다(Table 2). 또한 국립산림과학원에서 시공한 영주 한그린목조관 자료에 기반하여 단위면적당 목조 공공건축물 시공에 투입되는 구조용 목재제품을 0.16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>로 가정하고, 공공건축물 잠재량을 분석하였다.

**2.3. 목재제품 탄소저장량 산정대상 및 방법**

목재제품 부문에서의 온실가스 배출·흡수원 대상은 UN기후변화협약 제17차 당사국 총회(COP17)에서 합의된 ‘보고 국가 내 산림에서 수확한 원목으로 생산된 목재제품’이다. 산정대상 목재제품은 국내 목재이용 통계자료

구축수준 및 산림부문 추진전략에 기반하여 기존 제재목을 구조용과 일반으로 세분하고, 섬유판, 종이, 기타제품의 1차 목재제품 수준으로 구분하였다.

목재제품의 연간 탄소축적변화량은 국산 목재제품 생산통계 기반 활동자료(activity data)와 2019 IPCC 가이드라인의 산정방법 및 탄소계수, 반감기를 적용하여 축적차이법(stock difference method)에 따라 산정하였다(Eq. 1). 1990년부터 2020년까지의 활동자료 즉, 목재제품별 생산량은 산림청 산림업통계연보(KFS, 2021b)에서 제공되는 용도별 국산원목 공급량에 산림청 목재이용실태조사(KFS, 2021c)에서 조사한 국산원목으로 생산된 제품별 생산량과 이용비율을 기준으로 제품별 수율을 적용하였다.

목재제품별 초기 탄소저장량은 IPCC 2019 가이드라인에 따라 시작 연도(1990년)를 포함한 5년간의 목재제품별 생산량 자료를 평균하고 이를 연간부후율로 나눈 값을 적용하였다(Eq. 2).

일반적으로 목재제품 생산량은 부피로 조사되고 있으므로 이를 무게로 전환하기 위한 밀도(density)를 곱하고 목재제품 내에 저장되어 있는 탄소의 비율을 산정하기 위한 탄소분율(carbon fraction)을 곱하여 탄소저장량을 구할

<Estimation of Carbon Stocks and Annual Carbon Stock Changes in HWP Pool in Use (Stock Change Method)>

$$C_l(i+1) = e^{-k} \cdot C_l(i) + \left[ \frac{(1-e^{-k})}{k} \right] \cdot Inflow_l(i)$$

$$\Delta C_l(i) = C_l(i+1) - C_l(i) \tag{Eq. 1}$$

*i* : year  
*C<sub>l</sub>(i)* : the carbon stock in the particular HWP commodity class 1 at the beginning of the year *i*, Mt C  
*k* : decay constant of FOD for each HWP commodity class 1 given in units yr<sup>-1</sup> (= ln(2)/HL  
*Inflow<sub>l</sub>(i)* : the carbon inflow to the particular HWP commodity class 1 during the year *i*, Mt C yr<sup>-1</sup>  
 $\Delta C_l(i)$  : carbon stock change of the HWP commodity class 1 during the year *i*, Mt C yr<sup>-1</sup>

Source: 2019 Refinement to the 2006 IPCC GL Equation 12.2

<Approximation of the Carbon Stocks in the HWP Pool in Use at the Initial Time>

$$C_l(t_0) = \frac{Inflow_{l_{average}}}{k} \tag{Eq. 2}$$

With :  $Inflow_{l_{average}} = \left[ \sum_{i=t_0}^{t_4} Inflow_l(i) \right] / 5$

Source: 2019 Refinement to the 2006 IPCC GL Equation 12.4

Table 3. Default conversion factors for the HWP\*

	Sawnwood	Wood-based panels (fiberboard)	Paper	Others
Density (t/m <sup>3</sup> )	0.458	0.691	0.9 (t <sub>oven-dried</sub> /t <sub>air-dried</sub> )	0.458
Carbon Fration	0.5	0.427	-	0.5
Carbon Conversion factor (tC/m <sup>3</sup> )	0.229	0.295	0.386 (t <sub>oven-dried</sub> /t <sub>air-dried</sub> )	0.229
Half-life (yr)	35	25	2	3.5**
Decay constant (k)	0.02	0.03	0.35	0.20

\* IPCC (2019) Refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories

\*\* Hashimoto and Moriguchi (2004) Material and Carbon flow of harvested wood in Japan

<Estimation of total emissions and removals arising from the HWP pool in use>

$$\Delta CO_2(i) = -44/12 \cdot \sum_{l=1}^n \Delta C_l(i) \quad (\text{Eq. 3})$$

$\Delta CO_2(i)$  : the carbon dioxide stock in the particular HWP at the beginning of the year i (Mt CO<sub>2</sub>)

Source: 2019 Refinement to the 2006 IPCC GL Equation 12.1

수 있다. 산정에 필요한 밀도, 탄소분율 등의 탄소계수는 IPCC 2019 가이드라인에서 제시한 기본값을 적용하였다. 제재목의 밀도는 침·활엽수 평균값 0.458을 적용하였고, 기타제품의 반감기는 목재 사용환경이 유사한 일본의 반감기 3.5년(Hashimoto and Moriguchi, 2004)을 적용하였다(Table 3).

임목 생장 시에 광합성에 의해 흡수한 대기 중의 이산화탄소를 탄소의 형태로 저장하므로 목재제품 내 저장된 탄소는 대기 중에서 흡수한 이산화탄소와 동일하므로, 산정된 탄소량을 관련계수(이산화탄소 분자량)/(탄소 분자량), 44/12)를 곱하여 이산화탄소량으로 전환하였다(Eq. 3).

된 주택의 수명은 60년으로 분석되었다. 이를 바탕으로 주로 목조주택 시공 시에 투입되는 장수명 목재제품인 구조용 제재목의 수명은 목조주택과 동일한 60년으로 가정하였다. 반감기는 동일한 시기에 생산된 제품이 사용환경과 용도에 따라 다양한 시기에 폐기되는 것을 고려하여 탄소의 양이 절반이 되는 시간을 나타내므로 IPCC 가이드라인에 따라 수명을 연간부후율의 역수로 보고, 전환계수(ln(2)=0.693)를 곱하여 목조주택의 반감기를 42년으로 도출하였다. 따라서 구조용 제재목의 반감기를 42년으로, 탄소계수는 제재목과 동일하다고 가정하여 미래 목재제품의 탄소저장량 변화를 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 구조용 제재목 목재제품의 반감기 산정

건축물 말소대장을 기준으로 통계에 보고된 우리나라 목조주택의 최고수명은 369년으로 나타났으며, 이를 포함하여 100년 이상의 장수명 주택은 12,817동으로 전체 약 8%를 차지하였다. 대부분(전체 84%)의 목조주택 이용수명은 1930년대부터 80년대까지 사용승인된 40년부터 90년 사이에 분포하였다(Fig. 1). 대부분(16만동, 97%)의 건축물이 2000년 이후에 폐쇄말소 되었으며, 건축치를 제외한 164,736동을 대상으로 시공 이후 용도를 다하여 철거

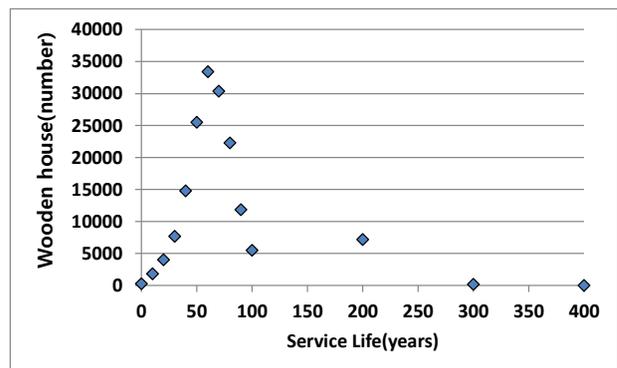


Fig. 1. Distribution of life span of wooden house in Korea

3.2. 목재이용 증진 시나리오별 탄소저장량 전망결과

산림부문 추진전략의 베이스라인(As-Is) 시나리오에서는 국산 원목 수확량 490만 m<sup>3</sup>으로 현재 수준의 목재생산량을 계속해서 유지하는 것으로 가정하였다. 분석 결과, 2050년 기준으로 구조용 제재목의 생산량이 18만 m<sup>3</sup>으로 증가(2020년 5만 m<sup>3</sup>)하였으나, 목재제품 생산량이 큰 변화 없이 유지되며 과거 목재제품에 저장되었던 탄소가 수명을 다하여 다시 대기 중으로 배출되었다. 2020년 70만 tCO<sub>2</sub>였던 목재제품의 탄소저장량은 60만 tCO<sub>2</sub>으로 감소되는 것으로 전망되었다(Fig. 2).

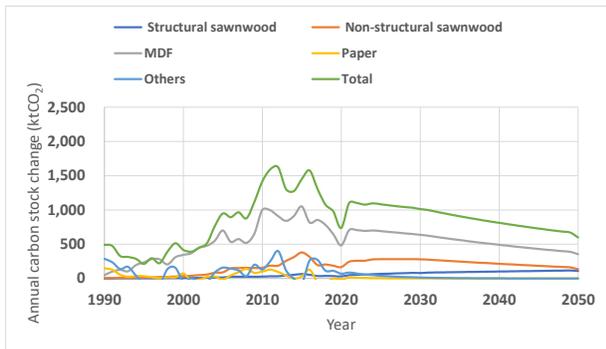


Fig. 2. Changes in carbon accumulation in wood products (Baseline Scenario)

이를 기준으로 산림의 불균형한 나이분포 개선 및 산림순환경영 확대 등 탄소흡수능력을 높이기 위한 변화(To-Be) 시나리오에서는 2050년까지 국산 원목 수확량을 800만 m<sup>3</sup>까지 확대하는 것으로 전망하였다. 이에 기반하여 국산원목 공급량 증가분을 제재목으로 우선 이용하는 시나리오(시나리오①)에서는 제재용 원목 비율을 선진국 수준인 40%까지 확대하고 전체 제재목 생산량 중에 현재 15% 수준인 구조용 제재목 이용비율을 15%에서 60%까지 단계적으로 확대한다고 가정하였다. 분석 결과, 2050년 기준으로 구조용 제재목의 생산량이 27만 m<sup>3</sup>에서 106만 m<sup>3</sup>까지 증가하며, 목재제품의 탄소저장량은 196만 tCO<sub>2</sub>에서 198만 tCO<sub>2</sub>으로 베이스라인 시나리오에 비해 최대 3.3배 증가하는 것으로 전망되었다(Fig. 3). 구조용 제재목 생산비율의 확대에 비해 탄소저장량 변화가 적은 이유는 상대적으로 짧은 분석기간(30년)으로 이용수명 도달에 따른 목

재제품 탄소배출량의 차이가 큰 영향을 나타내지 못한 것으로 판단된다.

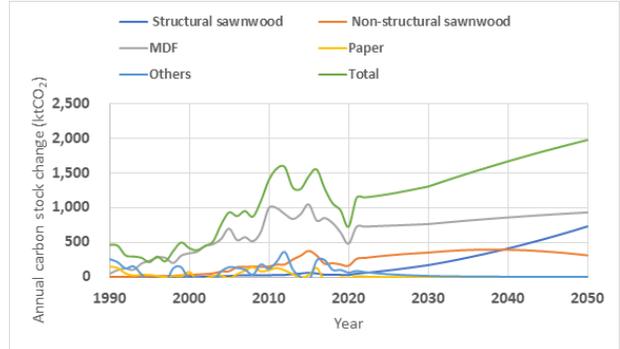


Fig. 3. Changes in carbon accumulation in wood products (Scenario①, structural sawnwood ratio 60%)

자원의 재이용 증진 및 품질향상 등의 분석 가정을 반영한 종이 및 기타용도의 국산원목 투입량 25% 감소(220만 m<sup>3</sup> → 165만 m<sup>3</sup>)에 따른 구조용 제재목 이용량 확대 시나리오(시나리오②)에서는 시나리오①과 동일하게 전체 제재목 중 구조용 제재목 이용비율을 15%에서 60%까지 단계적으로 확대할 경우, 2050년을 기준으로 구조용 제재목의 생산량이 32만 m<sup>3</sup>에서 126만 m<sup>3</sup>까지 증가하며, 목재제품의 탄소저장량은 213만 tCO<sub>2</sub>에서 215만 tCO<sub>2</sub>으로 전망되었다(Fig. 4). 도출된 시나리오②의 구조용 제재목 60% 이용 시나리오를 적용하여 시공가능한 공공건축물 물량을 산출해 보면, 연면적 7,875천 m<sup>2</sup>으로 분석되었다. 2019년 기준으로 신규로 시공되는 공공건축물의 연면적은 6,958천 m<sup>2</sup>이며, 건축물의 노후화에 따라 최근 5년간 매년 2.7%씩 증가하는 추세이다(AURI, 2021). 이에 따라, 2050년에는 15,892천 m<sup>2</sup>까지 늘어날 것으로 전망되며, 구조용 제재목 생산량을 공공건축물에 우선 투입 시, 약 50%의 물량을 목구조로 시공가능할 것으로 판단된다. 따라서 산림부문 추진전략에서 목표로 제시한 ‘목재와 바이오매스 이용 활성화’ 실행전략을 통해 달성하려는 탄소저장량 220만 tCO<sub>2</sub>은 산림순환경영 강화를 위한 국산원목 수확량(800만 m<sup>3</sup>)을 대폭 확대하고, 생산된 원목을 구조용 제재목 등 장수명 목재제품 우선이용 등 적극적인 목재이용을 통하여 달성가능한 수준으로 판단된다(Table 4).

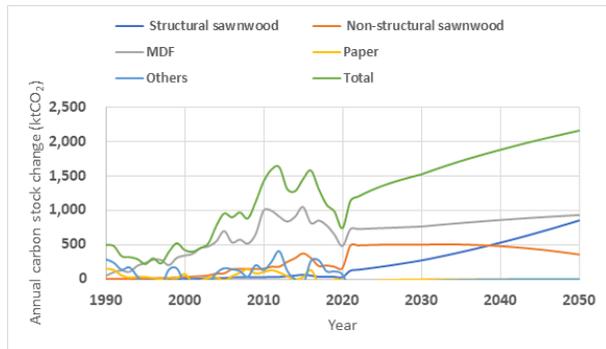


Fig. 4. Changes in carbon accumulation in wood products (Scenario②, structural sawnwood ratio 60%)

Table 4. Analysis of Changes in Carbon Storage in HWP in 2050 by Scenarios with activating wood utilization

Classification	Ratio of structural sawnwood (Unit: ktCO <sub>2</sub> )			
	15%	30%	45%	60%
Baseline	599			
Scenario①	1,959	1,965	1,971	1,977
Scenario②	2,130	2,138	2,145	2,153

#### 4. 결론

본 연구는 산림청 산림부문 추진전략의 목재이용 시나리오에 따라 주로 건축물에 투입되는 구조용 제재목의 반감기를 추정하고, 국가 목재이용 통계자료를 이용하여 2050년까지의 국산 목재제품 탄소축적 변화량을 분석함으로써 향후 국산목재 이용 증진에 따른 탄소중립 기여 방안을 모색하고자 하였다. 분석 결과, 현행 목재 이용체계를 유지한다면 2050년까지 60만톤의 탄소가 저장되는 것으로 산정되었으나 건축용 제재목 등 장수명 목재제품 이용 확대를 통하여 최대 215만톤의 탄소저장량 확보가 가능할 것으로 전망되었다. 이러한 전망이 실현되기 위해서는 안정적인 국산원목 공급, 제재, 건조시설 등 대규모 목재산업단지 구축, 지속적인 대량의 목조건축 수요처 창출이 필요하다. 이와 더불어, 구조용 제재목 생산 증대에 따라 발생할 수 있는 펄프 및 기타용재의 국산목재 공급량 감소로 인한 관련 산업에 부정적인 영향을 고려하여 제재부산물 등 가공부산물의 수집·활용 확대, 재생용지 이용 활성화 등 자원의 재이

용·재활용 확대 등의 기술적·정책적 대안을 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

#### References

AURI (Architecture & Urban Research Institute). 2021. Public Building Statistics 2019. Sejong, Republic of Korea: AURI (in Korean).

Canals GG, Valero E, Picos J, Voces R. 2014. Carbon storage in HWP. Accounting for Spanish particleboard and fiberboard. *Forest system* 23(2):225-235.

Chang YS, Han Y, Park JH, Son WL, Park JS, Park MJ, Yeo H. 2014. Study on Methods for Determining Half-Life of Domestic Wooden Panel among Harvested Wood Products. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 42(3):309-317 (in Korean).

Chen J, Colombo SJ, Ter-Mikaelian MT. 2013. Carbon stocks and flows from harvest to disposal in harvested wood products from Ontario and Canada. *Climate change research report, No. 33, Ministry of Natural Resources, Ontario, Canada.*

Choi SI, Bae JS, Jung BH. 2006. Discussions on Carbon Account in Harvested Wood Products and Effects on Korean Carbon Emissions under the UNFCCC. *Journal of Korean Forest Society* 95(4):405-414 (in Korean).

Choi SI, Kang HM. 2007. The changes in carbon stocks and emissions assessment of harvested wood products in Korea. *Journal of Korean Forest Society* 96(6):644-651 (in Korean).

Choi SI, Joo RW, Lee SM. 2010. An estimation of the carbon stocks in harvested wood products: accounting approaches and implications for Korea. *Mokchae Konghak* 38(6):507-571 (in Korean).

European Commission. 2021. *New EU Forest Strategy for 2030.*

Greenhouse Gas Inventory Office of Japan and Ministry of the Environment(GIO), Japan (eds.), 2021. *National Greenhouse Gas Inventory Report of JAPAN.*

Hashimoto S, Moriguchi Y. 2004. *Data Book: Material and carbon flow of Harvested Wood in Japan.*

- CGER-Report D034-2004.
- IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Harvested Wood Products. Chapter 12. Volume 4.
- Karjalainen T, Kellomäki S, Pussinen A. 1994. Role of Wood-Based Products in Absorbing Atmospheric Carbon. *Silva Fennica* 28(2):67-80.
- Karjalainen, T, Kellomäki S, Pussinen A. 1995. Carbon Balance in the Forest Sector in Finland during 1990-2039. *Climatic Change* 30:451-478.
- Karjalainen T. 1996. Dynamics and potentials of carbon sequestration in managed stands and wood products in Finland under changing climatic conditions. *Forest Ecology and Management* 80:113-132.
- KFS(Korea Forest Service). 2021a. A strategy for carbon neutrality in the forest sector in 2050. Daejeon, Republic of Korea: KFS (in Korean).
- KFS. 2021b. Statistical yearbook of forestry 2021. Daejeon, Republic of Korea: KFS (in Korean).
- KFS. 2021c. Wood utilization actual condition survey 2021. Daejeon, Republic of Korea: KFS (in Korean).
- MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries in Japan), 2022. 2021 Forestry and Forestry Trends in Japan (in Japanese).
- MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport in Korea). 2017. Status of demolition building.
- Lippke B, Perez-Garcia J. 2008. Will either cap and trade or a carbon emissions tax be effective in monetizing carbon carbon as an ecosystem service. *Forest Ecology and Management* 256(12):2160-2165.
- Pingoud K, Perala AL, Pussinen, A. 2001. Carbon dynamics in wood products. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 6:91-111.
- Pregitzer KS, Euskirchen ES. 2004. Carbon cycling and storage in world forests: Biome patterns related to forest age. *Global Change Biology* 10:2052-2077.
- Ruddell S, Sampson RN, Smith M, Giffen RA, Cathcart J, Hagan JM, Sosland DL, Heissenbuttel J, Godbee JF, Lovett SM, HELMS JA, Price WC, Simpson RS. 2007. The role for sustainably managed forests in climate change mitigation. *Journal of Forestry* 105(6):314-319.
- Sathre, R., Gustavsson, L. 2009. A state-of-the-art review of energy and climate effects of wood product substitution. School of Technology and Design Report, No. 57 Växjö University, Växjö, Sweden. pp. 59.
- Skog K, Nicholson GA. 1998. Carbon cycling through wood products: The role of wood and paper products in carbon sequestration. *Forest Products Journal* 48(7):75-83.
- Skog K. 2008. Sequestration of carbon in harvested wood products for the United States. *Forest Prod. J.* 58(6):56-72.
- Tsunetsugu Y, Tonosaki M. 2010. Quantitative estimation of carbon removal effects due to wood utilization up to 2050 in Japan: effects from carbon storage and substitution of fossil fuels by harvested wood products. *Journal of Wood Science* 56:339-344.