加工木材のライフサイクルアセスメント調査

ー長野県東信カラマツ集成材の場合ー

INVESTIGATION CONCERNING LIFE CYCLE ASSESSMENT OF WORKED TIMBER

ー Japanese larch glued laminated timber of Eastern Nagano prefecture ー

松場啓太 — * 1 浅野良晴 — * 2
高村秀紀 — * 3 早川慶朗 — * 4

Keita MATSUBA — * 1 Yoshiharu ASANO — * 2
Hideki TAKAMURA — * 3 Yoshiaki HAYAKAWA — * 4

キーワード:

LCA, 構造用集成材, 地場産木材, カラマツ

Keywords:

Life cycle assessment, Structural glued laminated timber, Local timber, Japanese larch

In a process before being finished in a sawing factory after felled in forest, we clarified the actual situation of the carbon income and expenditure with edge materials and the fuel, and calculated the carbon balance of the house made by Nagano's local wood. In this report, we carried out the actual survey and a hearing investigation in the laminated lumber factory and, calculated carbon balance of Japanese larch finger joint wood and glued laminated timber of eastern Nagano prefecture.

1. はじめに

近年, 住宅の耐震性や製品の品質・性能に対する消費者ニーズの高まりにより, 寸法安定性に優れ, 強度性能が明確な集成材への需要が高まっている¹⁾。しかし集成材における国産材の国内生産量の割合は低く, 外材が供給量の84%以上を占めている。図1に国内における集成材供給量の内訳と国産材の割合を示す。

現在, 長野県内では戦後に植林された森林が適切に手入れされておらず, 蓄積量が年々増加している²⁾。しかし長野県の素材生産量は年々減少しているのが現状である²⁾。図2に長野県における産地別素材供給量の内訳と長野県産材の割合を示す。H12年の52万1千 m^3 からH21年は23万7千 m^3 と全体の供給量は減少しているが, 長野県産材の割合は43%から79%と増加しており, 県産材の需要が高まっている²⁾。地域で産出される木材をその地域で活用することは, 二酸化炭素排出量の低減や域内消費の増大による地場産業の活性化, 森林の育成など大きな利点があることから, 県産木材利用の促進を継続して資源循環を達成させる必要がある。

2. 現状分析と既往研究

集成材を対象とした研究は今までも行われてきた。それは, 集成材の強度や耐火性能を明らかにすることを目的とした物が大半である。一方, 津田等の研究³⁾のように, 地場産構造用集成材の環境影響が外材に比べて少ないという結果が得られている。長野県の県産木材指針の目標では, 「循環型社会の形成」「地球温暖化防止に貢献する」とある⁴⁾。既往の研究⁵⁾では, 県産木材の乾燥製材(スギ・カラマツ・アカマツ・ヒノキ)のライフサイクルアセスメント(以下LCA)調査を行ってきた。しかし, 集成材については未調査である。

図1 国内集成材生産量と国産材割合

図2 長野県産地別素材供給量と県産材割合

図3 CFP-PCRに沿った調査フロー

¹⁾ 信州大学大学院理工学系研究科 大学院生
(〒380-8553 長野県長野市若里四丁目17番1号)
²⁾ 信州大学工学部建築学科, 信州大学山岳科学総合研究所 教授・工博
³⁾ 信州大学工学部建築学科, 信州大学山岳科学総合研究所 准教授・博士(工学)
⁴⁾ 信州大学大学院総合工学系研究科山岳科学地域環境学専攻 博士課程
修(NTTファシリティーズ)

¹⁾ Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Shinshu Univ.
²⁾ Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Shinshu Univ. and Institute of Mountain Science, Shinshu Univ., Dr. Eng.
³⁾ Associate Prof., Faculty of Eng., Shinshu Univ., and Institute of Mountain Science, Shinshu Univ., Dr. Eng.
⁴⁾ Doctoral Program, Dept. of Mountain and Environmental Science, Interdisciplinary Graduate School of Science and Technology, Shinshu Univ.
NTT Facilities, Inc.

3. 環境影響評価の方法

本調査では、長野県東信地域のカラマツを使用した集成材(以下、東信カラマツ集成材)の生産段階でのLCA調査を行う。環境影響評価として、カーボンフットプリントプログラムに従い、CFP-PCR⁶⁾、^{注1)}に沿った調査を行って単位材積当たりのCO₂排出量及びカーボンバランスを算出した。調査方法は、林地・原木市場については既往の研究⁵⁾の結果^{注2)}、^{注3)}を用い、製材工場^{注4)}は実測調査及び聞き取り調査を行った。図3に調査対象フロー、図4に集成材生産経路を示す。

3. 1 現地調査

現地調査として原木から集成材の仕上げ工程までの巾・厚・長さの寸法、重量を計測した。各工程での重量・材積歩留まりを算出し、CFP-PCRによる原木調達段階から生産段階までのカーボンバランスを算出した。調査対象とした縦継なし集成材(3.65m 梁材)、縦継あり集成材(6m 柱材)の各寸法を表1に示す。調査を行った東信カラマツ集成材は、2つの工場を経由して製造される。原木市場から丸太が製材工場Aに輸送され、そこでラミナを製造し、製材工場Bで積層・仕上げを行い出荷される。集成材の製造工程を図5に示す。製材工場A・製材工場Bでの端材は、製材工場Aで使用される木質バイオマスボイラー(平成23年6月より導入)の乾燥燃料に充てられている。また接着剤は縦継用・積層用の2種類を使用している。調査結果を以下(1)～(4)に示す。

(1) 製材工程

製材工場に山積みされている5本の原木A～Eの重量・元口・末口直径・長さ及び、製材後のラミナ23枚の重量・巾・厚・含水率を計測した。製材工程における歩留りは、重量歩留りが0.48、材積歩留まりが0.52となった。製材工程の歩留りを表2に示す。

(2-1) 予備切削工程(縦継なし)

一週間乾燥後、強度・含水率を計測するグレーディングマシンにかける前に予備切削を行う。人工乾燥後のA-1～E-5までの計23枚のラミナ(挽板)を、予備切削前後に重量・巾・厚・長さを計測した。ラミナとして不十分な大きさのもの(B-5、B-6、D-5、D-6)は、任意の厚が取れる部分以外を切り落とし、はばはぎをして一枚のラミナを作るため、予備切削後は不要部分を切り落とした状態で計測をした。予備切削工程での歩留りは、重量歩留りが0.76、材積歩留まりが0.74となった。表4に予備切削工程(縦継なし)の歩留りを示す。

(2-2) 予備切削工程(縦継あり)

乾燥後のラミナをグレーディングマシン(含水率、強度を測定する機械)にかける前にモルダーによる切削を行う。新たに人工乾燥後のラミナ80枚をサンプルとして、重量、巾・厚・長さの寸法を切削前後で計測し歩留りを求めた。切削工程での歩留りは、重量歩留りが0.83、材積歩留りが0.84となった。表5に予備切削工程(縦継あり)の歩留りを示す。

(3) 縦継工程

グレーディングマシンにかけた後にフィンガージョイントによる縦継を行う。縦継した40枚の材の重量、寸法を計測した。含水率については全て乾燥工程後であるためグレーディングマシンの値を採用した。グレーディングマシンはラミナ10cmごとの含水率を計測し、その平均値を含水率とする。縦継用接着剤の使用量に関し

図4 集成材生産経路

表1 調査対象

縦継	積層枚数	巾mm	厚mm	長さm
なし	5	105	150	3.65
あり	4	120	105	6

図5 調査対象集成材製造工程

表2 製材工程

個体番号	重量歩留り	材積歩留り
A	0.42	0.51
B	0.63	0.65
C	0.34	0.41
D	0.61	0.61
E	0.39	0.42
平均	0.48	0.52

表3 乾燥工程

個体番号	重量歩留り	材積歩留り
A	0.73	1.00
B	0.65	1.00
C	0.76	1.00
D	0.66	1.00
E	0.75	1.00
平均	0.71	1.00

表4 予備切削工程(縦継なし)

個体番号	重量歩留り	材積歩留り
A	0.84	0.79
B	0.65	0.63
C	0.85	0.81
D	0.66	0.66
E	0.82	0.80
平均	0.76	0.74

表5 予備切削工程(縦継あり)

個体番号	重量歩留り	材積歩留り
a	0.83	0.85
b	0.83	0.84
平均	0.83	0.84

表6 縦継工程(縦継あり)

個体番号	重量歩留り	材積歩留り
A	0.95	0.93
B	0.91	0.89
平均	0.93	0.91

表7 仕上げ工程(縦継なし)

個体番号	重量歩留り	材積歩留り
A	0.75	0.72
B	0.72	0.72
C	0.72	0.72
D	0.74	0.73
E	0.79	0.74
平均	0.74	0.73

ては、縦継ありとなしの集成材の出荷量の比が1:1であったので、縦継用接着剤使用量を集成材出荷量の半分の量で割り、1 m³当りの接着剤使用量を算出した。縦継工程での歩留りは、重量歩留りが0.93、材積歩留りが0.91となった。表6に縦継工程の歩留りを示す。

(4-1) 仕上げ工程（縦継なし）

ラミナを積層した後、ホットプレスで一日圧縮を行い、仕上げ段階でモルダールをかける。縦継なしの製材工程～予備切削工程までは原木から追って計測を行ったが、予備切削後のグレーディングマシンによってラミナが強度別に分けられることや、積層に必要な枚数にならないため、新たに別のラミナをサンプルとして実測調査を行った。仕上げ前のラミナ 25 枚の重量・寸法及び、仕上げ後の 5 本の集成材の重量・寸法を計測し、歩留りを求めた。仕上げ工程での歩留りは重量歩留りが0.74、材積歩留まりが0.73となった。表7に仕上げ工程（縦継なし）の歩留りを示す。

(4-2) 仕上げ工程（縦継あり）

仕上げ後の 10 本の集成材の重量・寸法を計測し、歩留まりを求めた。仕上げ工程での歩留まりは、重量歩留まりが0.81、材積歩留まりが0.83となった。表8に仕上げ工程（縦継あり）の歩留りを示す。

本研究で調査した東信カラマツ集成材と、既往の研究のカラマツ乾燥製材の総歩留まりを比較する。その結果を表11に示す。縦継のない集成材の製材工場における総歩留りは、重量歩留りが0.19、材積歩留まりは0.27。縦継のある集成材の総歩留まりは、重量歩留まりが0.21、材積歩留まりが0.33となった。縦継のあり・なしで比較すると、縦継ありの方が重量・材積歩留りに共に小さい結果になった。これは、出荷する材の長さに応じて繋ぎ合わせて切断することが出来ることと、長さが足りない材であっても関係なく使用できるからである。

3.2 ヒアリング調査

本調査では、仕上げ後の木材 1 m³を機能単位とした、単位材積当たりの燃料消費量を算出するためのヒアリング調査を行った。ヒアリング調査は、アンケート記入とそれを基にした電話調査にて行った。

3.2.1 機能単位当たりの燃料消費量の算出

機能単位当たりの燃料消費量を算出するために、製材工場 A・B の平成 21 年度～平成 23 年度の燃料消費量及び出荷材積量について聞き取り調査を行った。平成 23 年 6 月までは、製材工場 A の木質バイオマスボイラーと製材工場 B の重油ボイラーの二つで乾燥していたために、重油消費量が大きくなっている。木質バイオマスボイラーの拡大により、乾燥はほぼすべて製材工場 A の木質バイオマスボイラーで行っている。機能単位当たりの燃料使用量は、製材工場 A・B とともに、製材工場 B から集成材として出荷された材積量で算出した。木質バイオマスボイラーを導入する前後で、重油が占める割合に大きな差がある。重油ボイラーを使用して乾燥していた平成 22 年度の単位材積あたりの電力使用量は 345.68kWh/m³、重油使用量は 76.70L/m³、軽油使用量は 2.73L/m³、積層用のレゾシノール系接着剤は 7.39kg/m³となった。木質バイオマスボイラーを導入した平成 23 年度の単位材積あたりの電力使用量は 388.63kWh/m³、重油使用量は 13.21L/m³、軽油使用量は 3.67L/m³、縦継用の水性高分子イソシアネート系接着剤は 6.66kg/m³、積層用のレゾシノール系接着剤は 7.48kg/m³となった。

表 8 仕上げ工程（縦継あり）

固体番号	重量歩留り	材積歩留り
全	0.81	0.83

表 9 製材工場総歩留り（縦継なし）

個体番号	重量歩留り	材積歩留り
A	0.19	0.29
B	0.19	0.30
C	0.16	0.24
D	0.20	0.29
E	0.19	0.25
平均	0.19	0.27

表 10 製材工場総歩留り（縦継あり）

固体番号	重量歩留り	材積歩留り
平均	0.30	0.23

表 11 カラマツ無垢材との歩留り比較

K工場	製材	挽き直し	仕上げ	総歩留り
重量歩留り	0.39	0.60	0.85	0.20
材積歩留り	0.52	0.61	0.84	0.27
E工場	製材	挽き直し	仕上げ	総歩留り
重量歩留り	0.47	-	0.71	0.33
材積歩留り	0.47	-	0.68	0.32
集成材（縦継なし）	製材	切削	仕上げ	総歩留り
重量歩留り	0.47	0.76	0.74	0.19
材積歩留り	0.52	0.74	0.73	0.27
集成材（縦継あり）	製材	切削	仕上げ	総歩留り
重量歩留り	0.47	0.77	0.81	0.21
材積歩留り	0.52	0.77	0.83	0.33

図 6 機能単位当たりの CO₂排出量比較

表 12 CO₂排出原単位表

項目	値	単位	参照
電気	0.52	kg-CO ₂ /kWh	中部電力 注5)
重油	2.71	kg-CO ₂ /L	環境省地球環境局のデータベース
軽油	2.58	kg-CO ₂ /L	環境省地球環境局のデータベース
灯油	2.59	kg-CO ₂ /L	環境省地球環境局のデータベース
ガソリン	2.32	kg-CO ₂ /L	環境省地球環境局のデータベース
レゾシノール系接着剤	0.67	kg-CO ₂ /kg	JEMA I LCAデータベース
水性高分子イソシアネート系接着剤	0.95	kg-CO ₂ /kg	服部順昭：木質材料に使われる接着剤のインベントリ分析，木材学会誌 Vol. 52, No4, p. 235-240, 2006

3. 2. 2 機能単位当たりのCO₂排出量

機能単位当たりのCO₂排出量を図6に示す。木質バイオマスボイラーを導入したことで、重油によるCO₂排出量が削減され、全体のCO₂排出量は減少した。表12にCO₂排出量を求めた原単位を示す。

3. 3 材積量、重量、炭素固定量変動

東信カラマツ集成材の生産段階の材積量、重量及び炭素固定量の変化を表13に表す。林地、造材、保管、については既往の研究⁵⁾のデータを用いた。縦継のない集成材の場合だと仕上げ時を1m³としたとき原木は3.36m³必要であり、炭素固定割合を保管状態で100%としたとき仕上げ時には32%の炭素が固定され、縦継のあるものの場合は、原木は3.02m³必要であり、33%の炭素が固定されている。

3. 4 運搬工程のCO₂排出量

仕上げ後の集成材1m³を機能単位と設定し、東信カラマツ集成材の運搬工程における機能単位当たりのCO₂排出量をウッドマイルズ研究会の示すトンキロ法を用いて運搬距離と運搬重量から算出した⁷⁾。図7の運搬距離はweb上で求め⁷⁾、運搬重量は調査で求めた含水率及びカラマツの全乾比重から求めた。各区間の運搬距離と運搬重量、CO₂排出量を表14に示す。林地→原木市場における機能単位当たりのCO₂排出量は14.06kg-CO₂/m³、原木市場→製材工場Aは18.49kg-CO₂/m³、製材工場A→製材工場Bは2.12kg-CO₂/m³となった。運搬工程における機能単位当たりCO₂排出量の合計は34.67kg-CO₂となった。

4. 環境影響評価の結果

4. 1 集成材の生産工程におけるCO₂排出量の算出

3章の結果をもとに、東信カラマツ集成材生産工程におけるCO₂排出量の算出を行う。各工程での出荷量を1m³としたときの燃料消費量を、表12で示した状態別の材積に乗じて、完成品1m³を製造するのに必要な燃料消費量を算出した。林地・原木市場の燃料消費量と運搬工程におけるCO₂排出量については既往の研究⁵⁾のデータを用いた。東信カラマツ集成材の機能単位当たりのCO₂排出量の算出結果を図8、図9に示す。縦継なし集成材（重油ボイラー乾燥）の林地でのCO₂排出量は38.29kg-CO₂、原木市場では5.38kg-CO₂、製材工場Aでは148.63kg-CO₂、製材工場Bでは253.34kg-CO₂となった。縦継あり集成材（木質バイオマスボイラー乾燥）のCO₂排出量は製材工場Aでは183.43kg-CO₂、製材工場Bでは92.26kg-CO₂となった。図8、図9で示したように製材工場でのCO₂排出量が大きく、どちらも乾燥工程を含む製材工場が高い割合を占めている。

4. 2 製材工場での端材利用割合

製材工場で発生した木くずなどは、他の用途で利用されていることが多い。製材時のCO₂排出量を集成材だけで負担することは公平性に欠けるので、端材の利用割合から負担を割り振る。表12から原木の材積量を1m³としたときに仕上げ後の状態の33%を集成材で使用するとして原木の利用用途割合を図10に示す。平成21年のものは、縦継なし+重油ボイラーの原木利用用途内訳である。平成23年では原木を100%としたとき、9%が他産業で使われ、41%が木質バイオマスボイラーの燃料として使われる。ボイラー燃料は集成材の乾燥に必要なため、集成材のCO₂排出量として負担する。以上の結果から、縦継のある集成材が製材工場で負担するCO₂排出量は74%であり、縦継のない集成材が製材工場で負担するCO₂排出量は35%である。

表13 生産工程における材積量変動

工程(縦継なし)	伐採	造材	保管	製材	乾燥	予備切削	縦継	仕上げ
材積量m ³	-	3.83	3.56	1.85	1.85	1.37		1.00
生重量t	3.69	2.81	2.61	1.25	0.89	0.68		0.50
含水率%	72.95	72.95	40.20	40.20	4.76	4.76		4.76
炭素固定量t-C	0.97	0.83	0.77	0.40	0.40	0.30		0.25
炭素固定割合	1.24	1.08	1.00	0.52	0.52	0.39		0.32

工程(縦継あり)	伐採	造材	保管	製材	乾燥	切削	縦継	仕上げ
材積量m ³	-	3.25	3.02	1.57	1.57	1.33	1.21	1.00
生重量t	3.81	2.89	2.33	1.13	0.78	0.67	0.63	0.51
含水率%	72.95	72.95	40.20	40.20	4.76	4.76	4.76	4.76
炭素固定量t-C	0.93	0.81	0.76	0.39	0.39	0.33	0.30	0.25
炭素固定割合	1.24	1.08	1.00	0.52	0.52	0.44	0.40	0.33

図7 各施設の位置

表14 運搬距離・運搬重量と単位材積あたりのCO₂排出量

ルート	距離(km)	重量(t/m ³)	CO ₂ 排出量(kg-CO ₂)
林地→原木市場	18.2	3.1	14.1
原木市場→製材工場A	26.8	2.8	18.5
製材工場A→製材工場B	9.1	0.9	2.1
合計			34.7

図8 生産工程におけるCO₂排出量（重油ボイラー使用時）

図9 生産工程におけるCO₂排出量（木質バイオマスボイラー使用時）

4. 3 集成材のカーボンバランス

東信カラマツ集成材の CO₂排出量に端材調査の結果を反映させ、集成材の正味のカーボンバランスを算出する。図 8、図 9 の集成材の生産段階での CO₂排出量を、図 10 の原木利用用途割合で配分する。これを「燃料や電気消費による炭素放出」とする。続いて林地で放置された林地残材及び製材工場で再利用されずに焼却処分されている端材を「端材となる木材による炭素放出」とする。林地での端材となる木材による放出も、原木内訳に沿って材積割合で配分した。実測調査で得た全乾比重をもとに炭素固定量^{注 9)}を算出し、「燃料や電気消費による炭素放出」と「端材となる木材による炭素放出」を差し引いた機能単位当たりのカーボンバランス(CO₂換算)を図 11 に示す。カラマツ無垢材と比較した。カラマツ K 工場は木質バイオマスボイラーを使用して乾燥を行っている。東信カラマツ縦継なし集成材(重油ボイラー乾燥)は+662.0kg-CO₂/m³、東信カラマツ縦継あり集成材(木質バイオマスボイラー乾燥)は+568.2kg-CO₂/m³のカーボンポジティブである。しかし同樹種の乾燥製材と比較すると最も低い値であり、項目の中でも製材工場での燃料消費による CO₂排出量が大きな原因といえる。総排出量を見てみると縦継あり集成材(木質バイオマスボイラー乾燥)が一番多い。これは、JAS による規格で含水率を乾燥製材の 20%よりも低い 15%以下まで乾燥させる必要があるため、製材工場での CO₂排出量の多いことが原因と考えられる。また、乾燥に木質バイオマスボイラーを使用しているため、集成材が負担する燃料消費による CO₂排出量の多いことも原因であると考えられる。

4. 4 集成材の炭素放出フロー

建築用木材として住宅に使用された場合の炭素収支割合を求めた。住宅に固定される炭素量を 100%と設定した場合の、各工程で放出される炭素放出量を図 12 (縦継なし+重油ボイラー)、図 13 (縦継あり+木質バイオマスボイラー) にそれぞれ示す。乾燥が行われていないボイラーは枠を点線にしている。縦継なし集成材(重油ボイラー乾燥)の電気や燃料消費による炭素放出は 18.3%、端材となる木材による炭素放出は 9.4%となり、縦継あり集成材(木質バイオマスボイラー乾燥)の電気や燃料消費による炭素放出は 28.6%、端材となる木材による炭素放出は 9.4%となった。製材工場 A における炭素放出割合が多くなったのは、乾燥工程を含むためと考えられる。縦継のある集成材の電気や燃料消費による炭素放出の割合が多くなったのは、木質バイオマスボイラーで乾燥を行うために、集成材が占める原木利用用途の割合が多くなったことが原因であると考えられる。

表 15 年間端材発生量利用用途

H21 端材の種類	背板端材木屑	のこ屑	樹皮	かんを屑 プレカット屑	その他	計
再利用						
木材チップへ						0
バイオマスへ						0
木屑焚きボイラー等自家消費	265					265
畜産用へ		60		5,964		6,024
堆肥用へ						0
きのこ用へ						0
その他						0
処分						
焼却処分						0
処分場持ち込み						0
計	265	60	0	5,964	0	6,289

H23 端材の種類	背板端材木屑	のこ屑	樹皮	かんを屑 プレカット屑	その他	計
再利用						
木材チップへ	1,988					1,988
バイオマスへ						0
木屑焚きボイラー等自家消費			5,033			5,033
畜産用へ				1,114		1,114
堆肥用へ						0
きのこ用へ						0
その他						0
処分						
焼却処分						0
処分場持ち込み						0
計	1,988	0	5,033	1,114	0	8,135

重油ボイラー使用時
(H21)

木質バイオマスボイラー
使用時(H23)

図 10 原木利用用途内訳^{注 8)}

図 11 カラマツ集成材と無垢材のカーボンバランス比較

図 12 縦継なし集成材(重油ボイラー乾燥)の炭素放出フロー

図 13 縦継あり集成材（木質バイオマスボイラー乾燥）の炭素放出フロー

5. まとめ

本論において、カラマツ集成材（縦継あり・なし）の木材の伐採から製品に至るまでの LCA 調査を行い、カーボンバランスの算出を行った。また、重油ボイラーと木質バイオマスボイラーで乾燥を行う際に排出される CO₂ 排出量を算出した。これによって得られた知見を以下に示す。

- 1) 実測調査の結果から、縦継なし集成材の製材工場での総歩留まりは材積 0.27、重量歩留まりは 0.19 となった。縦継あり集成材の総歩留まりは材積 0.23、重量歩留まりは 0.30 となった。
- 2) ヒアリング調査の結果から、平成 23 年度の生産工程での燃料消費による CO₂ 排出量の 79% が製材工場によるものであった。
- 3) 本研究で調査した 3.65m、105×150mm、5 枚積層、縦継のない集成材（重油ボイラー乾燥）のカーボンバランスは +662.0kg-CO₂/m³、6m、105×120mm、4 枚積層、縦継のある集成材（木質バイオマスボイラー乾燥）は +568.2kg-CO₂/m³ となった。
- 4) 重油ボイラー乾燥から木質バイオマスボイラー乾燥へと移行することで、重油による CO₂ 排出量は減少し、全体の CO₂ 排出量は 126.27kg-CO₂/m³ 削減された。

今後の課題としては、集成材の国内生産品の 45% を占め、固定炭素量がカラマツよりも少ないスギ集成材についても同様の調査を行い、カラマツ集成材と比較する必要があると考えられる。カラマツは国内生産品の 32%、ヒノキは 22% を占める⁸⁾。また現在は燃料等による CO₂ 排出量を、端材の仕様用途により他産業が負担をする形で算出しているが、他産業に配分する割合の基準を最終製品の価格等にする必要があると考える。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、現地調査にご協力いただいた齋藤木材株式会社の皆様、協同組合 上小木材の皆様には甚大なるご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する次第である。

注釈

注 1) CFP-PCR とは産業環境管理協会が定める「カーボンフットプリント製品種別算定基準 (Carbon footprint of a Product・Product Category Rule)」のことであり、製品ごとのカーボンフットプリントの算定・宣言に関するルールである。

注 2) 材積量の算出式を下に示す。

$$V = \left(\frac{d_1 + d_2}{4} \right)^2 \times l$$

V : 材積量 (m³)
 d_1 : 末口直径 (mm)
 d_2 : 元口直径 (mm)
 l : 長さ (m)

注 3) 林地における原木の含水率は原木の末口から 3cm 程度の試料を採取し、全乾法を用いて測定した。含水率の算出式を下に示す。

$$\frac{\text{生重量} - \text{絶乾重量}}{\text{絶乾重量}} \times 100 = \text{含水率} (\%)$$

注 4) 調査対象とした工場は長野県に唯一（平成 20 年）の 5 千 m³ 規模以上の集成材工場であるため、地域を代表した集成材工場であると言える。⁹⁾

注 5) 電力の CO₂ 排出原単位は平成 23 年度の中部電力の実績値を用いた。

注 6) ウッドマイルズ関連指標算出マニュアルより自動車による運搬の CO₂ 排出原単位は 0.25kg-CO₂/t・km とした。

注 7) NAVI TIME <http://www.navitime.co.jp/>

注 8) 重油ボイラー使用時のグラフは、平成 22 年の段階で木質バイオマスボイラーが試験稼働されていたため、平成 21 年度のグラフを採用した。

注 9) 林野庁 HP より炭素固定量は以下の式を用いた。
 炭素固定量 (t-C) = 幹材積 (m³) × 全乾比重 (t/m³) × 炭素含有率
 炭素含有率は一律 0.5 とした。

参考文献

- 1) 平成 24 年版森林・林業白書，長野県林野部，2012.6
- 2) 平成 22 年度長野県木材統計，長野県林野部
- 3) 津田公平，村上周三，伊香賀俊治，隈研吾，本藤祐樹，成田菜採：現地調査に基づく地場産構造用集成材の環境影響評価，日本建築学会技術報告集，第 24 号，249-253，2006.12
- 4) 長野県県産材利用指針，長野県林野部，2009
- 5) 山形龍一，浅野良晴，高村秀紀：長野県産スギ、カラマツのカーボンバランスの算出 地場産材を使用した住宅における木材のライフサイクルアセスメントに関する基礎調査その 2，日本建築学会環境系論文集，第 74 巻，第 645 号，pp1261-1267，2013.1
- 6) カーボンフットプリント製品種別基準 PA-CD-02，カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム，2012.12
- 7) ウッドマイルズ関連指標算出マニュアル Ver2006-02，ウッドマイルズ研究会，2006.9
- 8) 「木造軸組住宅における国産材利用の実態調査」結果について，社団法人日本木造住宅産業協会，2007
- 9) 資料 4 国産材の加工・流通・利用検討委員会資料，国産材の加工・流通・利用検討委員会，2013.10.3 参照

[2013 年 6 月 18 日原稿受理 2013 年 9 月 26 日採用決定]