日本中部山岳域における岐阜県産材と長野県産材の比較 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3

COMPARISON OF GIFU AND NAGANO'S LOCAL WOODS IN JAPANESE ALPS Basic research of the life cycle assessment of local wood that is used in the construction of houses Part 3

井戸 結貴*, 浅野 良晴**, 高村 秀紀***, 早川 慶朗****

*Yuiki IDO, Yoshiharu ASANO, Hideki TAKAMURA
and Yoshiaki HAYAKAWA*

We calculated the net carbon balance by subtracting CO₂ emissions (fuel and electric consumption and by-products) from the amount of CO₂ absorption and carbon fixation of Japanese Cedar and Japanese Cypress trees in Gifu prefecture and Nagano prefecture. The net carbon balance of the Japanese Cedar in Gifu prefecture was 458kg-CO₂/m³ and the Japanese Cypress in Gifu prefecture was 467kg-CO₂/m³. The net carbon balances of the Japanese Cedar and the Japanese Cypress in Gifu prefecture were both lower than the net carbon balances in Nagano prefecture. The fixed CO₂ of the Japanese Cedar and the Japanese Cypress in Gifu prefecture were both lower than the fixed CO₂ in Nagano prefecture as well. The CO₂ emissions of the Japanese Cedar in Gifu prefecture were lower than those in Nagano prefecture, but the CO₂ emissions of the Japanese Cypress in Gifu prefecture were higher than those in Nagano prefecture.

Keywords : Carbon balance, CO₂ emission, Wooden drying, Sawing route, Wooden house
カーボンバランス, CO₂排出量, 木材乾燥, 製材経路, 木造住宅

1. はじめに

昭和 30 年代以降に天然林を人工林に転換する拡大造林が進められ、造成された人工林が成長した結果、我が国の森林の蓄積は、平成 19 年に約 44 億 m³ となり量的に充実している。人工林の多くは間伐等の施業が必要な育成段階にあるものの 50 年生以上の林分が年々増加しており、人工林の木材を積極的に利用していく必要がある¹⁾。図 1 に岐阜県と長野県の民有林蓄積量の推移を示す^{2),3)}。日本中部山岳域である岐阜県と長野県においても民有林の蓄積量が年々増加傾向にあり、その利活用が待たれている。また、木はある樹齢に達すると炭素貯蔵源としての機能は維持するが吸収源としての機能が失われることが分かっている⁴⁾。炭素循環を考慮し、森林を健全な状態で次代へ継いでいくためには、適齢期に伐採を行い、そこに新たに植林を行う。伐採量が森林の成長を超えないようにコントロールする。このような資源の循環的な利用によって持続的な森林経営を確立していくことが重要である。次に、図 2 に長野県が調査を実施した木造住宅の部材別木材使用状況を示す⁵⁾。土台、梁・桁、羽柄材において国産材の割合が低いことが分かる。岐阜県が主要製材工場に行ったヒアリング調査においても同様の部位の使用量が少ないことが分かっている⁶⁾。実際に住宅で使用されている国産材率

は高くないのが現状であり、国産材率上昇のためにも国産材の供給量を増加させることが重要である。そのため、供給体制の整備と需要拡大が求められている。日本中部山岳域での現況として、岐阜県は平成 23 年度より「A 材^{注 1)}加工戦略プラン」を掲げ、A 材供給量の増加を計画している⁷⁾。その中に「中規模サプライチェーン（既存製材工場の水平連携）」がある。これは、複数の中小規模製材工場から乾燥センターと呼ばれる木材乾燥施設へグリーン材（人工乾燥を行っていない製材品）を出荷し、一括乾燥・仕上げ工程を行い出荷するものである。なお、本論文の調査対象である Y 製材工場では桁材と板材を製材しており、桁材は T 乾燥センターで乾燥を行い、板材は Y 製材工場乾燥を行っていた。長野県の林地から原木市場を介し、製材工場にて製材・乾燥を行う製材経路とは異なる。この新たな岐阜県の製材・乾燥工程（中規模サプライチェーン）により、既存の乾燥能力不足によるボトルネックが解消され、木材の乾燥可能量が増加することで供給量の増加が見込める。

測上ら⁷⁾は京都府産スギ合板の製造プロセス全体で排出される CO₂ 排出量に占める輸送プロセスの割合を明らかにし、木材の地産地消による CO₂ 排出量の削減効果を検証し、地産地消の優位性を明らかにしている。さらに、測上ら⁸⁾は特徴の異なる 6 つの製材工場

* 信州大学大学院工学系研究科 大学院生

** 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

*** 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)

**** 信州大学大学院総合工学系研究科山岳地域環境科学専攻 博士課程

(株) NTT ファシリティーズ

Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Shinshu University Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Shinshu University and Institute of Mountain Science, Shinshu University, Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Shinshu University and Institute of Mountain Science, Shinshu University, Dr. Eng.

Doctoral Program, Dept. of Mountain and Environmental Science, Interdisciplinary Graduate School of Science and Technology, Shinshu University
NTT Facilities, Inc.

で製造される京都府産認証木材製品を対象に、カーボンフットプリント(以下、CFP とする)を算出し、各製材工場の特徴が CFP に与える影響を検証した。結果、人工乾燥製材の比率、人工乾燥プロセスの熱源、丸太の調達及び製品販売時の輸送プロセスが CFP に影響を及ぼしており、CFP 削減への課題は各製材工場の規模や形態によって異なることを明らかにしている。大和田ら⁹⁾は群馬県と山梨県と京都府の林地を対象とし、作業路開設から製材工場までの輸送を範囲に国産丸太の環境評価を詳細に行っている。伊香賀ら^{10),11)}は現地調査と文献調査により、木材の素材生産、輸送及び製造を範囲とした LCA 調査を行い、環境負荷の小さい木材選定の検討に有効なデータベースを構築している。木造住宅の設計者や施主が建設に使用する構造材や羽柄材等の製材について CO₂排出量が小さく、CO₂吸収量が大きい製材を選択するための判断根拠として、製材製造時の CO₂排出量や製材の CO₂吸収量を定量化化する必要がある。そこで山形ら¹²⁾は製材製造時における燃料や電気消費及び端材となる木材による CO₂排出量を明らかにした。さらに、製材の CO₂吸収量から CO₂排出量を減じて製材のカーボンバランスを算出することで、CO₂排出のより少ない製材を選択する指標を一つの手法として確立した。しかし、長野県内のみの調査にとどまっており、隣県である岐阜県などの他県での調査は行われていない。県により木材の供給体制は異なるため、製造過程を明示して、LCA の手法により、環境負荷の評価を行う必要がある。

2. 研究目的

本研究の中長期的な目標の一つ目は住宅建設時に建設事業者や消費者がより環境負荷の少ない製品への切り替えを行うための意思決定ツールを作成し提示することである。目標の二つ目は各工程における木材の流通量の実績値を明らかにし、木材振興のボトルネックとなっている部分を明確にすることである¹²⁾。前報¹²⁾において、長野県では木材の供給量を増加させる点から考えると、乾燥機や製材機の保有状況に依る生産能力の問題から、製材工場がボトルネックとなっていることが問題点として挙げられた。ここで表 1 に、各都道府県の森林面積と製材品の出荷材積量と 1 工場当りの出力数と 1 工場当りの丸太材積消費量¹³⁾を示す。岐阜県・長野県ともに保有森林面積は上位である。しかし、製材工場の規模が小さく、製材品出荷量は他県と比べ少ないことが分かる。供給量増加を目的とした岐阜県の製材フローは中小規模製材工場の多い地域において有効であると考えられることから、本論文は供給量増加を目的とした岐阜県での新たな製材フローが CO₂排出面でも優位性があるか否かを検証することを目的とする。この目的を達成するために、岐阜県において、中小規模流通における製材経路に沿った LCA 調査を実施した。その具体的な方法として林地や製材工場の各工程が既往研究^{12),14)~16)}と異なる県(産地)と製材経路において LCA 調査を実施し、既往研究^{12),14)~16)}と比較検討を行った。また、木材流通調査をすることで、製材工場を中心とした木材の流れを明らかにし、木材流通量増加に向けた供給体制を検討するための条件把握を行った。

3. 研究概要

本論文における LCA 境界条件は前報¹²⁾と同じく原材料調達段階から生産段階とし、CO₂排出量及びカーボンバランスの算出を行っ

図 1 岐阜県と長野県の民有林蓄積量の推移^{2,3)}

図 2 長野県木造住宅の部材別木材使用状況 (平成 22 年)⁵⁾

表 1 各都道府県の森林面積と製材工場製材品出荷量と 1 工場当りの出力数と 1 工場当りの丸太材積消費量¹³⁾ (平成 22 年)

都道府県	森林面積(ha)	順位	製材品 出荷量(千 m³)	順位	1工場当り 出力数(kW)	順位	1工場当り丸太 材積消費量(千 m³)	順位
北海道	5,538,757	1	823	2	206.2	3	8.5	2
岩手	1,147,152	2	278	9	127.5	9	3.0	11
長野	1,014,580	3	109	27	92.8	25	0.9	33
福島	936,128	4	332	8	89.4	26	2.3	17
岐阜	839,690	5	155	21	67.7	34	0.8	35
全国平均					117.8			
全国計	25,096,987		9,251

図 3 岐阜県樹種別素材生産割合¹⁷⁾ (平成 21 年)

図 4 長野県の製材経路

図 5 岐阜県の製材経路 (中規模サプライチェーン)

た。図 3 に平成 21 年の岐阜県樹種別素材生産割合¹⁾を示す。主要樹種はスギとヒノキであるため、本論文ではこの 2 樹種を実測対象とする。著者らの岐阜県庁の林政部へのヒアリングにおいて、岐阜県ではシステム販売と呼ばれる林地から製材工場へ原木市場を介さず丸太を直送する方法が約半数を占めていることが明らかとなっている。なお、この結果は岐阜県庁の林政部が製材工場を訪問した際の製材工場からのヒアリングに基づいている。そして今後システム販売が増加されることが見込まれている。よって本論文では林地から製材工場へ直接搬入するとして算出を行う。また、今回調査を行った Y 製材工場から T 乾燥センターへのグリーン材出荷は、スギの桁材のみを取り扱っていた。よって、岐阜県の製材フローに沿った CO₂収支の算出は対象をスギの桁材とし、スギの板材については Y 製材工場にて人工乾燥を行い出荷した場合として算出を行う。ヒノキについては製材工場で人工乾燥を行った場合として算出を行う。図 4 に長野県の製材経路、図 5 に本研究で扱う岐阜県の製材経路を示す。

次に、製材工場を中心とした木材の流れを把握するために岐阜県内の製材工場に木材流通に関するアンケート調査を実施した。調査内容は年間仕入れ材積量・年間出荷材積量・端材発生量と利用用途・乾燥機の保有状況の 4 項目について行った。岐阜県内の製材工場のうち、取り扱い材積量の多い上位 15 社にアンケートを郵送した。

4. 林地における調査と結果

郡上市と東白川村の林地現場 2 ヲ所で行った。それぞれの現場において、伐採し玉切りされた原木の重量、寸法を実測し、重量歩留まりと材積^{注 2)}歩留まりを算出した。また伐採された原木の 3cm ほどを試料として円盤を採取し、全乾法を用いて含水率の算出^{注 3)}を行った。さらに伐採現場の年間搬出材積量と燃料使用量の聞き取り調査を行った。

郡上市の現場ではスギ 5 本とヒノキ 8 本の実測を行った。東白川村の現場ではヒノキ 10 本の実測を行った。歩留り結果を表 2 に示す。長野県のスギとヒノキの値は既往研究の値^{12),15)}を用いている。長野県のスギは北信地域、ヒノキは南信地域である。岐阜県と長野県を比較すると郡上市明宝のヒノキの歩留りが低い値となった。要因としては、長野県南信地域よりも郡上市の方が豪雪地域であることが挙げられる。ヒノキは豪雪地域での育ちは良くなく、短小のものや搬出されない曲がりの大きいものがみられた。搬出されない木材は林地残材として林地に放置されるため、林地残材の有効活用の方策が求められる。次に、東白川村の現場における年間燃料使用量及び出荷材積量の聞き取り調査結果を表 3 に示す。現場毎の燃料使用量の管理が行われていなかったため、この現場を管理する森林組合の年間燃料使用量及び出荷材積量である。軽油は、スイングヤーダ・プロセッサ・フォワーダ・キャタトラ・ラジキャリ・バックホーに、ガソリンはチェーンソーに使用されていた。これにより、搬出丸太 1m³を造材する時に使用される燃料使用量を算出した。

5. 製材工場における調査と結果

Y 製材工場にて、剥皮・製材・乾燥・仕上げ工程の前後に重量・寸法・含水率の実測を行った。スギ・ヒノキともに 4m 丸太 5 本を対象とした。製材工場における歩留りの結果を表 4、5 に示す。長

表 2 林地における歩留まり結果

樹種と所在地			枝払い重量歩留り	造材重量歩留り	造材材積歩留り
岐阜県	スギ	郡上	0.87	0.95	0.96
	ヒノキ	郡上	0.70	0.74	0.73
	ヒノキ	東白川村	0.84	0.85	0.83
長野県	スギ(H20)	北信	0.93	0.92	0.93
	スギ(H23)	北信	0.86	0.90	0.89
	ヒノキ	南信	0.80	0.89	0.94

表 3 林地における年間燃料使用量

項目	岐阜県
	東白川村
年間軽油使用量(L)	16,734
年間ガソリン使用量(L)	4,226
年間出荷材積量(m ³)	8,138
単位材積量当りの軽油使用量(L/m ³)	2.1
単位材積量当りのガソリン使用量(L/m ³)	0.5

表 4 製材工場における製材時の歩留り

県名	樹種		重量歩留り	材積歩留り
岐阜県	スギ		0.59	0.64
	ヒノキ		0.43	0.52
長野県	スギ		0.54	0.64
	ヒノキ		0.68	0.75

表 5 製材工場における仕上げ時の歩留り

県名	樹種		重量歩留り	材積歩留り
岐阜県	スギ(板材)		0.90	0.88
	ヒノキ		0.84	0.85
長野県	スギ		0.84	0.81
	ヒノキ	-	-	0.68

表 6 Y 製材工場におけるスギ製材後の板材と桁材の割合

材種	乾燥場所	割合
スギ(板材)	Y製材工場	0.42
スギ(桁材)	T乾燥センター	0.58

表 7 製材工場における年間燃料使用量

項目	岐阜県		長野県	
	Y製材工場		スギ (M製材工場)	ヒノキ (D製材工場)
年間電気使用量(kWh)	177,578		213,813	101,023
年間軽油使用量(L)	-		10,019	1,180
年間灯油使用量(L)	45,987		84,236	17,761
年間出荷材積量(m ³)				
	乾燥処理材積量	1,820 940	2,819	760
単位材積量当りの電気使用量(kWh/m ³)	97.6		75.8	132.9
単位材積量当りの軽油使用量(L/m ³)	-		3.6	1.6
単位材積量当りの灯油使用量(L/m ³)	25.3		29.9	23.4
	乾燥処理材積量当り	48.9		

表 8 バイオマスボイラーと乾燥機と発電機の仕様

機器名称	仕様	
ボイラ	燃料	木くず
	燃料使用量	2.5t/h
	蒸気発生量	7.5t/h
	蒸気圧力	1.96MPa
乾燥機	種類	蒸気式高温乾燥機
	容量	30m ³
	台数	5台
	乾燥温度	100℃
	蒸気使用量	1.5t/h
	蒸気圧力	0.8MPa
発電機	出力	600kW
	回転数	1,800rpm
	電圧	6,600V
	蒸気使用量	6.0t/h
	蒸気圧力	1.96MPa

表 9 乾燥センターにおける仕上げ時の歩留り

樹種		重量歩留り	材積歩留り
スギ(桁材)		0.89	0.87

長野県のスギとヒノキの値は既往研究の値^{12),15)}を用いている。岐阜県のヒノキは長野県のヒノキと比べて製材時の歩留りが低い値となった。長野県の製材工場では柱材の他に板材としてより積極的に製材していたためであると考えられる。岐阜県の製材工場では用材として製材した以外の部分はチップ化していた。また、Y 製材工場にて乾燥・仕上げまで行う板材と T 乾燥センターへグリーン材として出荷する桁材の製材後の割合を表 6 に示す。次に、Y 製材工場の年間出荷材積量及び燃料使用量の聞き取り調査を行った。その結果を表 7 に示す。これにより製材品 1m³を加工するために必要な燃料使用量を算出した。Y 製材工場では、電気は製材機やモルダー、木材運搬機械、事務所内のエアコン、照明、OA 機器に使用されていた。灯油は人工乾燥の燃料として使用されていた。なお、Y 製材工場では 30m³の乾燥炉が 1 台使用されており、乾燥温度は 70℃である。長野県の製材工場と比較すると、長野県の D 製材工場の出荷材積量当りの電気使用量が大きいことが明らかである。岐阜県の Y 製材工場は、帯鋸シングルバンドソー2 台と帯鋸ツインバンドソー1 台を有していた。帯鋸シングルバンドソーは直径 36cm 以上の丸太の製材に使用し、帯鋸ツインバンドソーは直径 35cm 以下の丸太の製材に使用していた。製材工場へのヒアリング調査より、帯鋸シングルバンドソーと帯鋸ツインバンドソーの使用割合は 4 : 6 となっていた。一方、長野県の D 製材工場では帯鋸シングルバンドソー2 台を使用していた。シングルバンドソーよりもツインバンドソーのほうが刃を入れる回数が多く、製材機の使用時間が長いために電気使用量が大きくなったと考えられる。製材工程では製材工場の所有する製材機の違いが電気使用量の差の一つの要因となることが考えられる。

6. 乾燥センターにおける調査と結果

T 乾燥センターにおいて、乾燥・仕上げ工程の前後に重量・寸法・含水率の実測を行った。グリーン材で仕入れたスギの桁材用製材 5 本分を実測した。T 乾燥センターでは木質バイオマスボイラーによる人工乾燥を行っていた。表 8 にバイオマスボイラーと乾燥機と発電機の仕様を示す。バイオマスボイラーで発生した蒸気のうち 1.5t/h、0.8Mpa の蒸気を乾燥機に供給し、6.0t/h、1.96Mpa の蒸気を発電機に供給している。乾燥センターにおける歩留り結果を表 9 に示す。次に、T 乾燥センターの年間出荷材積量および燃料使用量の聞き取り調査を行った。その結果を表 10 に示す。これにより製材品 1m³を加工するために必要な燃料使用量を算出した。T 乾燥センターでは製材端材や建築解体材をバイオマス燃料とした木材の人

表 10 乾燥センターにおける年間燃料使用量

項目	岐阜県
	T 乾燥センター
年間発電電力量(kWh)	2,037,018
年間購入電力量(kWh)	399,757
年間販売電力量(kWh)	822,650
年間電気使用量(kWh)	1,614,155
年間軽油使用量(L)	18,752
年間出荷材積量(m ³)	9,787
単位材積量当りの購入電力使用量(kWh/m ³)	40.8
単位材積量当りの電気使用量(kWh/m ³)	164.9
単位材積量当りの軽油使用量(L/m ³)	1.9

工乾燥と発電を行っている。発電によって得た電力を工場内で使用していたため、出荷材積量当たりの電気使用量が製材工場と比べ低い値となった。電気は製材機やモルダー、バイオマス発電所内の機械、事務所内のエアコン、照明、OA 機器に使用されていた。軽油はフォークリフトの燃料として使用されていた。

7. 各樹種の CO₂排出量の算出

仕上げ後の木材 1m³を単位物量と設定し、CO₂排出量の算出を行う。前章までの実測調査の結果を基に、工程に沿って算出した単位物量あたりの材積量、重量、含水率の変化を表 11 に示す。

まず「燃料や電気使用による CO₂排出量」の算出を行う。前章までに明らかとなった、各工程における単位物量当たりの燃料使用量に環境省の示す CO₂排出原単位^{注 4)}を乗じ、各工程での CO₂排出量を算出した。各工程間の運搬時の CO₂排出量はウッドマイルズ研究会^{注 5)}の示すトンキロ法を用い、運搬重量と運搬距離から算出した。図 6 に各調査地と施設の位置を示す。運搬重量は表 11 より算出し、運搬距離は調査対象とした各施設間の距離をウェブ上^{注 6)}で明らかにした。次に、建築用材が負担すべき正味の CO₂排出量を算出する。製材工場と乾燥センターにて端材発生量及び利用用途の調査を行い、原木の用途割合を算出する。用途割合を基に燃料使用による CO₂排出量を建築用材と他産業で材積配分する。また、林地残材や、製材工場にて発生した端材のうち、利用されずに焼却処分された分を「端材となる木材による CO₂排出」として他産業と材積配分する。2 つの排出量を合わせて正味の CO₂排出量を求める。材積配分による CO₂排出量の算出方法は、前報¹²⁾を参照した。

7.1 岐阜県産スギの算出

郡上で伐採したスギを Y 製材工場で製材し、板材は人工乾燥・仕上げを行い出荷する。桁材は T 乾燥センターへグリーン材で出荷し、T 乾燥センターにて人工乾燥・仕上げを行い出荷した場合を岐阜県産スギの製材経路として算出を行う。

岐阜県産スギの燃料や電気使用による CO₂排出量は 135.86

表 11 各樹種の材積量、重量、含水率の変化

県・樹種		状態
		工程	伐採	造材	保管	製材	乾燥	仕上げ
		補足	倒木直後	枝払い後	梢端、根元を除いた樹皮込みの原木の状態	製材後	乾燥後	モルダーによる仕上げ後
岐阜県	スギ	材積量(m ³)	—	2.00	1.92	1.19	1.15	1.00
		重量(t)	1.73	1.50	1.20	0.67	0.45	0.40
		含水率(%)	147.7	147.7	84.7	84.7	16.0	16.0
	ヒノキ	材積量(m ³)	—	3.05	2.53	1.24	1.18	1.00
		重量(t)	2.46	2.06	1.75	0.68	0.57	0.48
		含水率(%)	102.5	102.5	41.4	41.4	10.0	10.0
長野県	スギ	材積量(m ³)	—	1.89	1.76	1.12	1.12	1.00
		重量(t)	1.71	1.59	1.47	0.80	0.49	0.44
		含水率(%)	115.2	115.2	87.1	87.1	23.4	23.4
	ヒノキ	材積量(m ³)	—	2.31	2.17	1.55	1.47	1.00
		重量(t)	1.65	1.62	1.46	0.93	0.66	—
		含水率(%)	98.6	98.6	54.5	54.5	12.3	—

kg-CO₂/m³であった。ただし、郡上の林地において年間出荷材積量及び燃料使用量の聞き取り調査を実施したが、燃料使用量の管理が行われていなかったため、燃料使用によるCO₂排出量は製材工場と乾燥センターのみの数値である。実測調査で得た歩留りの結果と、Y製材工場及びT乾燥センターにおいて実施した端材発生量と利用用途の調査により、岐阜県産スギの原木用途割合を算出した。製材後の原木用途割合を図7に、仕上げ後の原木用途割合を図8に示す。Y製材工場での端材は、木材チップとして岐阜県と愛知県の製紙工場へ有料で売却していた。また堆肥用として、この屑を岐阜県の農家へ有料で売却しており、樹皮は岐阜県の農家へ無料で渡していた。T乾燥センターでの端材は、全て自社の木質バイオマスボイラー及び発電の燃料として使用していた。図8の結果を基に建築用材が負担する燃料や電気使用によるCO₂排出量を図9に示す。端材となる木材によるCO₂排出は全て林地残材で27.11kg-CO₂/m³、2つのCO₂排出を合わせた正味のCO₂排出量は101.38kg-CO₂/m³であった。

7.2 岐阜県産ヒノキの算出

東白川村で伐採したヒノキをY製材工場で製材から仕上げまでを行い、出荷した場合を岐阜県産ヒノキの製材経路として算出を行う。

岐阜県産ヒノキの燃料や電気使用によるCO₂排出量は191.20kg-CO₂/m³であった。実測調査で得た歩留り結果と、Y製材工場における端材発生量と利用用途の調査により、岐阜県産ヒノキの原木用途割合を算出した。図10に結果を示す。図10の結果を基に建築用材が負担する燃料や電気使用によるCO₂排出量を図11に示す。端材となる木材によるCO₂排出は139.54kg-CO₂/m³で、2つの炭素排出を合わせた正味のCO₂排出量は214.23kg-CO₂/m³であった。

8. 岐阜県産材と長野県産材の比較

8.1 カーボンバランスの算出

実測調査で得た全乾重量を基にCO₂吸収量を算出^{注7)}し、「燃料や電気使用によるCO₂排出量」と「端材となる木材によるCO₂排出」を合わせた正味のCO₂排出量を差し引いた、単位物量当りのカーボンバランスを算出した。表12と図12に岐阜県産材と長野県産材のカーボンバランスの算出結果を示す。また、図13に岐阜県産材と長野県産材の燃料使用によるCO₂排出量の算出結果を示す。スギ、ヒノキの2樹種とも長野県産材のCO₂吸収量が大きい結果であったことから、長野県産材のカーボンバランスが大きくなった。しかし、燃料使用によるCO₂排出量をみると岐阜県産材の方が少ない結果であった。樹種別に比較すると、スギは岐阜県産スギの方が、乾燥センターにて木質バイオマスボイラーによる乾燥を行っていたことからCO₂排出量が少ない結果となった。ヒノキは岐阜県産ヒノキの林地での歩留りが小さかったことから、林地における「端材となる木材によるCO₂排出」が大きくなり、CO₂排出量が大きくなった。

8.2 岐阜県産スギと長野県産スギの比較

乾燥センターへグリーン材を出荷しているのはY製材工場だけでなく、複数の製材工場が出荷している。提携製材工場によっては、出荷材積量や施設間の距離から運搬時のCO₂排出量が大きくなり、グリーン材を出荷することによりCO₂排出量が増加することも考えられる。そこで、岐阜県産スギの算出で設定した、製材工場から乾燥センターへグリーン材を出荷する製材経路は、CO₂排出面において優位性があるか検討する必要がある。長野県産スギで算出した

図6 各調査地と施設の位置

図7 岐阜県産スギの製材後における原木用途割合

図8 岐阜県産スギの仕上げ後における原木用途割合

図9 岐阜県産スギの燃料使用によるCO₂排出量

図10 岐阜県産ヒノキの原木用途割合

図11 岐阜県産ヒノキの燃料使用によるCO₂排出量

長野県の製材経路¹²⁾との比較を行った。

T 乾燥センターにて、平成 24 年度 8 月～10 月における、スギのグリーン材の仕入れ先製材工場と仕入れ材積量の聞き取り調査を実施した。図 14 に仕入れ先の製材工場の位置を示す。T 乾燥センターでは、今回調査を行った Y 製材工場を含め岐阜県内の 7 工場からグリーン材を仕入れ、一括乾燥・仕上げを行っていた。表 13 に各製材工場からの距離及び仕入れ材積量、それらより算出した運搬時の CO₂ 排出量^{注 4)}を示す。運搬時 CO₂ 排出量の 7 工場の平均値は 7.66 kg・CO₂/m³であった。この結果から、製材工程における製材工場以降の工程の、燃料や電気使用による CO₂ 排出量により長野県産材と比較した。算出結果を図 15 に示す。岐阜県産スギは 62.27 kg・CO₂/m³であり、長野県産ヒノキは 67.30 kg・CO₂/m³であった。運搬時の CO₂ 排出量が乾燥センターにおける CO₂ 排出量よりも大きくなったものの、排出量合計値は長野県産スギの場合よりも少ないため、岐阜県の中小規模流通における製材経路は CO₂ 排出面において優位性があることが明らかとなった。

9. 岐阜県の木材流通調査と結果

アンケートを郵送した 15 社のうち有効回答のあった 8 社に対して電話にて詳細の聞き取り調査を実施した。調査結果を基に岐阜県内の製材工場を中心とした木材の流れを、仕入れ量・出荷量全体に対する仕入れ先・出荷先別の割合で算出した。算出結果を図 16 に示す。仕入れの状況を見ると、県内仕入れが 67%、県外仕入れが 33%であり、多くが県産材を製材し出荷している。外材はほぼ取り扱っていなかった。仕入れ先としては、県内の原木市場からの仕入れが全体の 48%を占めており、県外からの仕入れはすべて原木市場からの仕入れであった。県外仕入れのうち、愛知県が 77%、次いで長野県が 11%であり、隣県からの仕入れが多いことがいえる。本論文の予備調査の段階で多いと予想された、丸太を林地から製材工場へ直送する、システム販売や素材生産業者からの仕入れは 18%と現状では少ないことが明らかとなった。木材流通量調査では郵送先を取扱材積量の多い上位 15 社とし、回答が得られたのが 8 社であり、調査数が十分でなかったことから著者らの岐阜県庁の方からのヒアリング結果と差が生じたものとする。次に出荷の状況を見ると、木材チップによる製紙工場への出荷を含めると県内出荷、県外出荷は半々である結果であった。製材品の出荷に限ると、県内出荷が出荷全体の 21%、県外出荷が 39%となり、県外への出荷が多かった。出荷先としては工務店と市場が多く、県外の出荷先を見ると、全国に渡っている。その中でも隣県である愛知県への出荷数が多く、愛知県の木材需要が高かった。今回の炭素収支を算出した岐阜県産スギの製材経路である、乾燥センターへのグリーン材出荷は、出荷量全体の 5%、製材品出荷量の 8%と、現状では少ないことが明らかとなった。

10. まとめ

本論文では岐阜県、長野県において、木材の伐採から建築用材として出荷されるまでの LCA 調査を行い、カーボンバランスの算出を行った。そして両県産の木材の比較検討を行った。また、岐阜県内製材工場を中心とした木材の流れを明らかにして、木材流通の現状把握を行った。これらによって得られた知見を以下に示す。

表 12 岐阜県産スギとヒノキのカーボンバランス

項目	排出量・吸収量 (kg-CO ₂ /m ³)	
	岐阜県産スギ	岐阜県産ヒノキ
製材品のCO ₂ 吸収量		
CO ₂ 吸収量	560	681
燃料によるCO ₂ 排出量		
林地	-	-8
輸送	-13	-2
製材工場	-55	-65
輸送	-1	-
乾燥センター	-4	-
端材によるCO ₂ 排出量		
林地	-27	-140
製材工場	0	0
乾燥センター	0	-
排出量合計	-101	-214
カーボンバランス	458	467

図 12 岐阜県産材と長野県産材のカーボンバランス

図 13 岐阜県産材と長野県産材の燃料使用による CO₂ 排出量

図 14 T 乾燥センターのスギ仕入れ提携先製材工場の位置

表 13 製材工場—T 乾燥センターの運搬時における CO₂ 排出量

製材工場名	距離(km)	材積量(m ³)	材積割合	運搬時重量(t)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)
Y製材工場	23.60	98.29	1.00	0.62	3.64
H製材工場	103.50	226.88	3.23	1.42	36.85
T製材工場	12.40	70.33	0.72	0.44	1.37
K'製材工場	88.60	63.43	0.65	0.40	8.82
O製材工場	69.70	28.45	0.15	0.09	1.60
K製材工場	45.10	14.66	0.15	0.09	1.04
K製材工場	58.70	2.91	0.03	0.02	0.27

- 1) 中小規模流通の製材経路による岐阜県産スギは CO₂ 排出面において優位性が認められ、地域性を考慮し、既往研究^{12),14)~16)}

では得られなかった詳細なデータが得られた。調査対象とした流通経路は岐阜県や長野県などの中小規模製材工場が多い地域において有効であると言える。

- 2) 林地における調査では、長野県産ヒノキに比べ、岐阜県産ヒノキの方が伐採時の歩留りが小さい結果となった。また、全乾重量の算出により、岐阜県産材の CO₂吸収量が低いとの結果が得られ、岐阜県と長野県では CO₂吸収量に差が見られた。これは立木の伐採時期（収穫林齢）について地域差があり、立木の成長度合いが異なる事から差が生じたものと考えられる。製材工場における調査では、工場が保有する機械によって製材効率が高いため、出荷材積量当りの電気使用量に差がみられる結果となった。
- 3) 木材流通調査では、仕入れにおいて林地から直送するシステム販売は 18%であった。出荷において、今回調査を行った製材経路である乾燥センターへのグリーン材出荷は 5%であった。

今後の課題を以下に記す。

今回の調査では製材工場、乾燥センターともに 1 社の調査を基に算出を行った。中でも製材工場は一部の材をグリーン材として乾燥センターへ出荷している工場であった。木材流通調査において、全ての材をグリーン材として出荷している工場もあり、汎用性の高い調査結果にするためにも、調査数を増やすなどの検討が必要である。今回算出を行った岐阜県産スギの製材経路は CO₂排出面において優位性が得られた。しかし、表 13 の H 製材工場・T 乾燥センターのように、特定の製材工場からグリーン材を出荷する場合をみると、

図 15 岐阜県産スギと長野県産スギの燃料使用による CO₂ 排出量

運搬時の CO₂ 排出量が大きくなり、有効ではなくなる場合もあることが分かった。既存の製材工場と連携して木材の供給量を増加し、CO₂ 排出量を低下させるためには、県内を地域で区画し、そこに核となる乾燥センターを配置することが理想的である。どのように区画を分け、乾燥センターを整備していくかが重要な課題と言える。そして、流通量を増やすためには、林地から製材工場への供給も重要となる。木材流通調査にてシステム販売による仕入れが少ない傾向にあることが明らかとなったが、供給量増加のためには林地からの丸太直接仕入れを増加していくことが求められる。プレカットメーカー等の材料供給者が流通末端の木材需要量と製材に要する期間を考慮し、山元で伐採して供給する量まで統括して把握することが重要であると考えられる。また、今後隣り合う他県との関連性を調査する研究を考えており、その中で広域的なシステム販売の実態を明らかにする予定であり、今後調査を継続する必要があると考える。

図 16 岐阜県内製材工場を中心とした木材の流れ

注

- 注1) A 材とは原木を用途別で区別した呼称のことで、製材用の直材（直径 14cm 以上）の事である。
- 注2) 材積量の算出式を下に示す。
- $$V = \left(\frac{d_1 + d_2}{4} \right)^2 \times l$$
- 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。

- 注4) CO₂ 排出原単位は環境省のデータベース(2010/04/01)を用いた。軽油は 2.58 kg-CO₂/L、電気は 0.455 kg-CO₂/kWh(中部電力)、灯油は 2.49 kg-CO₂/L、重油 2.71 kg-CO₂/L、ガソリンは 2.32 kg-CO₂/L とした。
- 注5) 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/tkm とした。
- 注6) NAVI TIME <http://www.navitime.co.jp/>
- 注7) 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) 林野庁：平成 24 年度 森林・林業白書
- 2) 長野県林務部：平成 22 年 長野県民有林の現況
- 3) 岐阜県林政部：平成 22 年 岐阜県林政課統計
- 4) 大熊幹章：地球環境保全と木材利用，社団法人 全国林業改良普及協会，2003.2
- 5) 長野県林務部：平成 22 年木造住宅における県産材利用の実態調査報告書
- 6) 岐阜県林政部：A 材加工戦略プラン
- 7) 洲上祐樹、神代圭輔、古田裕三：木材製品の製造プロセスにおける CO₂ 排出量の評価 - 京都府産スギ合板の地産地消による CO₂ 削減効果の検証 -、日本建築学会環境系論文集、第 75 巻、第 655 号、pp.861-867、2010.9
- 8) 洲上祐樹、神代圭輔、古田裕三：地産地消型製材製品のプロセスの違いがカーボンフットプリントに与える影響 京都府産認証木材を事例として、木材学会誌、第 58 巻、第 3 号、pp.153~162、2012.11
- 9) 大和田拓馬、長崎真由、小出理博、服部順昭：国産丸太の LCA による環境影響評価，第 7 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集、pp.90-91、2012.3
- 10) 大城賢、伊香賀俊治、本藤祐樹：輸入木材の LCA データベースの構築、日本建築学会技術報告集、第 16 巻、第 33 号、pp.609-614、2010.6
- 11) 南部佑輔、伊香賀俊治、本藤祐樹、小林謙介、恒次祐子：建築用木材のデータベースの構築、日本建築学会技術報告集、第 18 巻、第 38 号、pp.269-274、2012.2
- 12) 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 78 巻、第 683 号、pp.73-79、2013.1
- 13) 農林水産省：平成 22 年 木材統計 木材需給報告書
- 14) 山内一矢、浅野良晴、高村秀紀：長野県北部におけるスギと長野県東部におけるカラマツの CO₂ 排出量原単位及び木造住宅における CO₂ 排出量の算出 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 1、日本建築学会環境系論文集、第 74 巻、第 645 号、pp.1261-1267、2009.11
- 15) 井戸結貴、浅野良晴、高村秀紀、山形龍一：長野県産木材のライフサイクルアセスメント調査 その 3 ヒノキの場合、学術講演梗概集 2011、pp.1059-1060、2011.7
- 16) 山形龍一、浅野良晴、高村秀紀、井戸結貴：長野県産木材のライフサイクルアセスメント調査 その 4 スギ、アカマツのカーボンバランス、学術講演梗概集 2011、pp.1061-1062、2011.7
- 17) 岐阜県林政部：平成 21 年 岐阜県木材需給の現況

(2013年3月10日原稿受理、2013年12月18日採用決定)