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－ASSESSMENT OF THE AMOUNT OF CO₂ EMISSION IN
MANUFACTURING PROCESS OF WOOD PRODUCT－ Verification of effect of CO₂ emission reduction by local production
for local consumption of Kyoto cedar plywood －

舘上 佑樹*, 神代 圭輔**, 古田 裕三***

Yuki FUCHIGAMI, Keisuke KOJIRO and Yuzo FURUTA

In this study, to clarify the effect of local production for local consumption of wood on the amount of CO₂ emission from production to consumption, the amounts of CO₂ emission when the raw wood was deforested, processed, and manufactured to plywood were calculated. It was resulted that 45% of CO₂ emission in the entire process and 75% of CO₂ emission only in the transportation process were reduced by local production for local consumption of plywood from cedar grown in Kyoto prefecture.

Keywords : CO₂ emission reduction, plywood, local production for local consumption, wood mileage CO₂CO₂排出削減, 合板, 地産地消, ウッドマイレージ CO₂

1. はじめに

木材は加工にかかるエネルギーが他の建築材料に比べて非常に小さい材料と言われている¹⁾。一方で、日本では木材需要の8割弱が海外からの輸入材であり²⁾、その輸送プロセスで発生するCO₂量は、例えば欧州からの輸入の場合、加工時に発生するCO₂量の6倍ほどになることが指摘されている³⁾。このように、木材の製造プロセス全体で排出されるCO₂量に占める輸送プロセスの割合は無視できない量である⁴⁾。そこで、本研究では特に木材製品製造プロセスのうち輸送プロセスで排出されるCO₂量に着目した。

木材の「量」、「輸送距離」、「輸送手段に応じたCO₂量の原単位」の情報をもとに、木材の輸送プロセスで排出されるCO₂量を数値化したものをウッドマイレージCO₂と呼ぶ。ウッドマイレージCO₂は、ウッドマイルズ研究会(会長：藤本昌也)により提唱されている環境指標である⁵⁾。京都府ではこの点を木材の産地認証制度に組み込んだ「京都府産木材認証制度(ウッドマイレージCO₂認証制度)」が2003年度より実施されており、トレーサビリティの確保による「安心・安全」とCO₂排出削減による「温暖化防止」の2つの観点から地域産木材の利用促進運動が展開されている⁶⁾。

本研究では、地域産木材の利用すなわち木材の地産地消が、原材料の調達から木材製品の使用に至るまでのプロセスで排出される

CO₂量の低減にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的とし、京都府産のスギを使用した合板製品の原材料採取から加工、使用に至るまでの製造プロセス全体において発生するCO₂量を算出した。また、製造プロセス全体に占める輸送プロセス由来のCO₂排出量の割合を、輸入材で製造した合板などと比較することで、木材を地産地消することによるCO₂排出量の削減効果を検証した。

2. 京都スギ合板の製造プロセス全体で発生するCO₂量の算出

対象とする合板製品は、京都府舞鶴市に工場を持つH社が京都府産木材認証制度の一環で2008年から製造販売を開始したものであり、京都府産のスギを100%使用している(写真1)(以下「京都スギ合板と呼ぶ」)。この合板は、京都府産木材認証制度によって認証を受けることで、木材の伐採地点から合板の消費地(構造用合板としての施工地)までのトレーサビリティの確保が可能となっている。

そこで、H社舞鶴工場が2008年度に調達した京都府産スギ原木の生産地ごとのデータ(大字単位)と、同年度に京都府産木材認証制度によって京都府内に流通した京都スギ合板製品の流通経路(構造用合板としての施工現場住所まで)から、合板製品のウッドマイレージCO₂を算出した。また、合板製品の製造プロセス全体で発生するCO₂量に占める輸送プロセスの割合を明らかにするために、原木の

* 京都府地球温暖化防止活動推進センター
(特定非営利活動法人京都地球温暖化防止府民会議)

** (株)ミサワホーム総合研究所 農博

*** 京都府立大学生命環境科学研究科環境科学専攻
准教授・農博

Kyoto Center for Climate Actions

Misawa Homes Institute of Research and Development Co., Ltd. (MHIRD), Dr. Agr.
Assoc. Prof., Dept. of Environmental Sciences, Faculty of Life and Environmental Sciences,
Graduate School of Kyoto Prefectural University, Dr. Agr.

伐採時や合板製造時に発生する CO₂ 量についても算出を行い、製造プロセス全体での CO₂ 発生量に占める輸送プロセスの割合を求めた。

写真1 京都スギ合板(於：H社舞鶴工場)

2-1. 計算範囲の定義

原木伐採から製品消費までのプロセス全体で排出される CO₂ 量を定量的に評価するにあたって、LCCO₂(Life Cycle CO₂)の計算手法を用いた。

本稿では図1に示すシステム境界を設定した。システム境界内の各プロセスについては可能な限りメーカーへのヒアリング等によってフォアグラウンドデータを入手し、積み上げ法により計算を行った。また、入手が困難なプロセスのデータについては、過去に発表された報告書や論文のうち一般的と思われるデータを用いた。なお、プラントの製造など資本財生産に関わるプロセスについては考慮しない。

図1 システム境界

2-2. 各プロセスの計算条件

2-2-1. 原木伐採

京都スギ合板に利用される原木は、主伐^{注1)}により生産された原木

のうち合板用に仕分けられたもの、または、利用間伐^{注2)}によって生産された間伐材である。文献調査により得た木材生産時に発生する CO₂ 量を表1に示す。表1のデータの中から、文献の発表年、収集されたサンプル量、木材の生産方法などから、津田ら⁴⁾が算出した数値である 6.33kg-CO₂/m³が最適であると判断し、原木の伐採プロセスで発生する CO₂ 量の値として採用することにした。

表1 既往研究における伐採プロセスで発生する CO₂ 発生量

	単位	備考	引用文献
6.33	kg-CO ₂ /m ³	森林組合の年間量を平均	4)
22	kg-CO ₂ /m ³		7)
7	kg-CO ₂ /m ³	高性能林業機械使用、主伐	8)
8	kg-CO ₂ /m ³	高性能林業機械使用、間伐	8)

2-2-2. 原木輸送

京都スギ合板に使用される原木の生産地および合板工場到達までの経由地については、京都府産木材認証制度の指定認証機関である京都府地球温暖化防止活動推進センター(特定非営利活動法人京都地球温暖化防止府民会議)に情報が蓄積されている。そこで本稿では、その蓄積データを基にして、2008年度にH社舞鶴工場に搬入された京都スギ合板に使用される原木の輸送距離と輸送プロセスで排出される CO₂ 量を、生産地(大字単位)および経由地(木材市場)ごとに算出し最終的に平均値化した。

2008年度にH社舞鶴工場に搬入された、京都スギ合板に使用される原木の集荷範囲と輸送距離を市町村単位でまとめたものを表2に示す。

輸送距離の算出にあたっては、インターネット上での距離測定サイト「Map Fan Web」を用いた⁹⁾。当該サイトでは、出発地と目的地の住所情報を設定することで実際の道路情報に基づいた走行距離の算出を行うことができる。なお、距離測定を行う際の条件設定については表3にまとめた。

表3で得られた木材の材積(m³)と輸送距離(km)に、輸送手段に対応する CO₂ 排出原単位を乗じることで木材の輸送プロセスで発生

表2 合板用京都府産スギ間伐材の市町村別出荷ルート(2008年度)

	合計 (m ³)	直送 (m ³)	輸送距離 (km)	Y木材市場経由 (m ³)	輸送距離 (km)	T木材市場経由 (m ³)	輸送距離 (km)	H木材市場経由 (m ³)	輸送距離 (km)
京丹後市	256	256	75	0	—	0	—	0	—
伊根町	542	542	69	0	—	0	—	0	—
宮津市	15	13	48	0	—	2	89	0	—
与謝野町	46	0	—	0	—	46	72	0	—
舞鶴市	307	215	9	0	—	92	61	0	—
福知山市	1169	347	49	27	106	706	53	91	137
綾部市	1594	1095	26	175	122	324	47	0	—
南丹市	6482	5364	65	552	93	0	—	565	99
京丹波町	1203	1032	51	144	90	0	—	28	107
亀岡市	45	0	—	45	88	0	—	0	—
京都市	3717	1594	98	218	103	0	—	1905	94
宇治田原町	36	36	116	0	—	0	—	0	—
出材量合計	15414	10495		1160		1169		2589	

するCO₂量(ウッドマイレージCO₂)(単位はkg-CO₂で表される)を算出した。なお、輸送手段ごとのCO₂排出原単位はウッドマイルズ研究会により規定されているもの¹⁰⁾を採用した(表4)。

また、ウッドマイレージCO₂を総木材量で割った平均ウッドマイレージCO₂は、「ウッドマイルズCO₂(単位はkg-CO₂/m³で表される)」と表現される。

京都スギ合板の原木の輸送はすべて自動車輸送となるため、採用されるCO₂排出原単位は0.13225kg-CO₂/m³・kmである。これらの情報から、2008年度にH社舞鶴工場に入荷された、京都スギ合板の原木の輸送プロセスで排出されるCO₂量を以下の表5にまとめた。

輸送手段が自動車の場合、CO₂排出原単位は、ウッドマイルズ研究会では0.13225kg-CO₂/m³・kmと規定しているが、自動車の燃費や使用燃料、貨物の積載容量などによって原単位は違うはずであるため、自動車の規格ごとにCO₂排出原単位を調べる必要がある。そこで、本稿では、ウッドマイルズ研究会が規定している自動車のCO₂排出原単位について妥当性の検証を行った。

京都府森林組合連合会へのヒアリングによると、H社舞鶴工場への原木輸送は、近距離であれば4tトラック、遠距離であれば8tまたは10tトラックでの輸送であった。この際の原木の積載容量は、4tトラックであれば約4m³、8tトラックであれば約8m³、10tトラックであれば約10m³であった。これら原木の積載容量に各トラックの燃費と燃料である軽油のCO₂排出係数¹¹⁾を乗じた結果を表6に示す。

表6に示すように、CO₂排出原単位は、4tトラックで0.17282kg-CO₂/m³・km、8tトラックで0.10599kg-CO₂/m³・km、10tトラックで0.09066kg-CO₂/m³・kmであった。この結果から、ウッドマイルズ研究会が採用しているCO₂排出原単位は、実際に合板用の原木を輸送するトラックのCO₂排出原単位と比較したときに同等であり、妥当であるといえる。

表3 距離測定サイト「Map Fan Web」の設定条件

項目	設定
出発地	生産地の所在地を大字単位で入力 大字までの把握が不可能な場合は各市町村役場(支所)を設定
経由地	各木材市場の所在地を番地まで入力
目的地	H社舞鶴工場の所在地を番地まで入力
計算条件	「最短距離」に設定
高速道路	「標準利用する」に設定

表4 輸送手段別CO₂排出原単位

	輸送手段	CO ₂ 排出原単位
		kg-CO ₂ /m ³ ・km
1	自動車	0.13225
2	鉄道	0.01058
3	内航船舶	0.02116
4	外航バルク船舶(輸入丸太)	0.00508
5	外航コンテナ船舶(輸入製品)	0.01095

表5 京都スギ合板の原木輸送で排出されるCO₂量

総材積 (m ³)	平均輸送距離 (km)	ウッドマイ レージCO ₂ (kg-CO ₂)	ウッドマイルズ CO ₂ (kg-CO ₂ /m ³)
15,414	71	144,270	9.36

表6 トラック規格ごとのCO₂排出原単位(丸太)

トラッ ク規格 (t)	積載容量 (丸太) ^{注3)} (m ³)	燃費 ¹²⁾ (km/L)	排出係数 ¹¹⁾ (kg-CO ₂ /L)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³ ・km)
4	4	3.79	2.62	0.17282
8	8	3.09	2.62	0.10599
10	10	2.89	2.62	0.09066
本稿で採用した原単位				0.13225

2-2-3. 合板製造

H社舞鶴工場の年間CO₂排出量は、京都府の事業者排出量削減計画・報告・公表制度¹³⁾によって毎年報告されている。H社舞鶴工場で製造される製品は合板のみであるため、ここで報告される年間CO₂排出量を年間の合板製造量で割った値が単位あたりの合板製造プロセスでのCO₂排出量となる。入手できるデータのうち、最新年度のデータから得られた結果を表7に示す。結果、合板製造プロセスでの1m³あたりのCO₂排出量は48.69kg-CO₂となった。

既往文献で大熊は、合板製造時に放出される炭素量を156kg-C/m³としており¹⁾、これをCO₂量に換算すると572kg-CO₂/m³となる。これは今回算出した数値よりもはるかに大きい値である。一因として、廃材の燃焼時に発生するCO₂をカーボンニュートラルとせずにカウントしていること、大熊らがこの数値を最初に発表したのが1990年代はじめであり、それからの約20年間で、工程の効率化・製造装置の省エネルギー化が進んだことが考えられる。

一方で、2009年4月に住友林業クレスト株式会社が報道発表した同社製造の四国産原木を使用した針葉樹合板の原木伐採から輸送、合板製造までのプロセスでのCO₂発生量は合板1枚(12mm×910mm×1820mm)あたり2.91kg-CO₂とされている¹⁴⁾。これをm³換算すると、CO₂発生量は146.42kg-CO₂/m³となる。このうち、原木伐採プロセスと原木輸送プロセスを省き、合板製造プロセスのみを抽出した値は、報道発表資料では明示されていないが、同資料内の積み上げ式棒グラフから、プロセス全体の5割程度(70～80kg-CO₂/m³)であると読み取ることができる。このことから、住友林業クレスト株式会社の発表している合板製造プロセスにおいて発生するCO₂量と、本稿で算出した合板製造プロセスにおけるCO₂量とを比較した時、大きな違いは見られず、本稿で算出した合板製造プロセスにおけるCO₂発生量の数値の妥当性は高いといえる。

表7 H社舞鶴工場の合板製造プロセスにおけるCO₂排出量

	CO ₂ 排出量 ¹³⁾ (t)	合板製造量 ^{注4)} (m ³)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)
2008年度	5,538	113,750	48.69

2-2-4. 製品輸送

京都スギ合板の用途は主として構造用合板である。製造工場から消費地となる一般住宅の建築現場までの流通経路は、経由する製品問屋および材木店なども含めて、京都府産木材認証制度の指定認証機関である京都府地球温暖化防止活動推進センター(特定非営利活動法人京都地球温暖化防止府民会議)に情報が蓄積されている。

そこで本稿では、蓄積されている情報を基にして、2008 年度に H 社舞鶴工場から出荷され、製品問屋および材木店を複数経由し、最終的に京都府内の一般住宅に使用された京都スギ合板のうち、京都府産木材認証制度によってその流通経路が把握できている 97 件について、個別に輸送距離および輸送プロセスで排出される CO₂ 量を算出し、平均化した。

京都スギ合板の輸送距離と消費地について市町村ごとに分類したものを表 8 にまとめた。また、輸送距離の算出にあたっては、原木輸送の際と同様、「Map Fan Web」を用いた⁹⁾。ここまでで得られた木材の材積(m³)と輸送距離(km)の情報に、輸送手段に応じた CO₂ 排出原単位を乗じ(合板製品の輸送はすべて自動車輸送)、合板製品の輸送プロセスで発生する CO₂ 量(ウッドマイレージ CO₂)(単位は kg-CO₂ で表される)を算出した(表 9)。

算出にあたり、輸送手段となる自動車の CO₂ 排出原単位については、原木輸送の場合と同様にトラックの規格による差異という課題があるため、妥当性の検証を行った。H 社へのヒアリングによると、舞鶴工場からの製品輸送は、近距離であれば 4t トラック、遠距離であれば 10t トラックで輸送を行うとのことであった。この際の製品の積載容量は、4t トラックであれば約 8m³、10t トラックであれば約 20m³ のことであった。また、流通業者を経由した後の流通の場合、合板製品の輸送は数十枚単位となるため、輸送時のトラックの規格は 2t あるいは 1t 未満(軽自動車)となる。この際の合板製品積載容量は、H 社が製品輸送を行う際のトラック積載容量を参考に、2t トラックの場合 4m³、軽自動車の場合 0.7m³とした。これに各トラックの燃費と燃料である軽油(軽自動車の場合のみガソリン)の CO₂ 排出係数を乗じた結果を表 10 に示す。

京都スギ合板製品を輸送する際に使用されるトラックの規格は 0.35～10t であり、CO₂ 排出原単位は、0.04533～0.35523 kg-CO₂/m³・km の範囲であることがわかった。この結果から、ウッドマイルズ研究会が採用している CO₂ 排出原単位 0.13225 kg-CO₂/m³・km は、合板製品を輸送するトラックの CO₂ 排出原単位として妥当であるといえる。

2-2-5. 施工・使用

木造軸組住宅の施工時に発生する CO₂ 量は、既往文献によると、7 kg-CO₂/m³である¹⁵⁾。本稿ではこの値を採用する。

また、施工後の使用期間中に発生する CO₂ 量についてはゼロと見なし、本稿では考慮しない。

2-3. 結果

京都スギ合板の製造プロセス全体における CO₂ 発生量について表 11 に示す。また、製造プロセス全体に占める各プロセスの CO₂ 発生量の割合について図 2 に示す。この結果、京都スギ合板の製造プロセス全体における CO₂ 発生量は 85.23kg-CO₂/m³であった。なお、合板製造に使用する原木の伐採・輸送に伴い排出される CO₂ は、京都府産木材認証制度における計算基準⁶⁾と同様に、主製品(合板)

と副製品(芯材、端材等)に材積基準で配分している。

また、製造プロセス全体における輸送プロセスの割合は、原木段階と製品段階を合わせても 27%であることが明らかになった。

表 8 京都スギ合板製品の消費地と輸送距離(市町村別,2008 年度)

	合計 (m ³)	輸送距離 (km)
与謝野町	4	100
宮津市	3	46
南丹市	1	110
京都市	173	108
向日市	3	97
長岡京市	11	122
京丹波町	2	121
舞鶴市	9	25
亀岡市	5	83
宇治市	61	108
城陽市	9	107
他府県	11	116
出材量合計	294	—

表 9 京都スギ合板の製品輸送で排出される CO₂ 量

総材積 (m ³)	平均輸 送距離 (km)	ウッドマイレ ージ CO ₂ (kg-CO ₂)	ウッドマイル ズ CO ₂ (kg-CO ₂ /m ³)
294	105	4,065	13.85

表 10 トラック規格ごとの CO₂ 排出原単位(合板製品)

トラ ック 規 格 (t)	積載容量 (製品) ^{注 4)} (m ³)	燃費 ¹²⁾ (km/L)	排出係数 ¹¹⁾ (kg-CO ₂ /L)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)
0.35(軽)	0.7	9.33	2.32	0.35523
2	4	4.58	2.62	0.14301
4	8	3.79	2.62	0.08641
10	20	2.89	2.62	0.04533
		本稿で採用した原単位		0.13225

表 11 京都スギ合板の製造プロセス全体における CO₂ 発生量
(1m³あたり)

プロセス	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)
原木伐採	6.33
原木輸送	9.36
合板製造	48.69
合板輸送	13.85
施工・使用	7
合計	85.23

図2 京都スギ合板の製造プロセス全体に占める各プロセスの割合

3. 京都スギ合板の地産地消によるCO₂排出削減効果の検証

先の章において京都スギ合板の製造プロセス全体で排出されるCO₂量のうち、輸送プロセスが占める割合を明らかにした。その結果、製造プロセス全体において輸送プロセスが占める割合は原木段階と製品段階を合わせても27%と、必ずしも大きくないことが明らかになった。しかしながら、輸送プロセスの占める割合が小さかったという結果は、地産地消を行ったことにより輸送プロセスで発生するCO₂量を大幅に削減されていることによるものと捉えることもできるため、輸送距離の短縮が全体のCO₂排出削減に与える影響を検証することが必要である。

そこで本章では、先に検証を行った京都スギ合板と同様のシステム境界にし、合板製造はH社舞鶴工場で行うという設定で、輸送プロセスのみを他の一般に流通する合板製品と同様の流通に置き換え、製品製造工程全体におけるCO₂排出量を算出し、京都スギ合板の場合と比較することで、地産地消によるCO₂排出量削減効果を検証した。

3-1. 輸送プロセスのパターン設定

輸送プロセスのうち、原木輸送プロセスと製品輸送プロセスのそれぞれに合板製品の輸送プロセスとして想定可能ないくつかのパターンを設定した。設定内容の詳細を表12に示す。

原木輸送プロセスについては4パターン、製品輸送プロセスについては2パターンを設定し組み合わせることで、計8パターンの輸送プロセスの異なるシナリオにおける、合板製品製造プロセスでのCO₂排出量について検証した。原木輸送プロセスと製品輸送プロセスのそれぞれで設定している輸送パターンの詳細な条件設定については次項で整理する。

3-1-1. 原木輸送について

原木輸送について、「A.国内製造合板の平均値」は、ウッドマイルズ研究会が公開しているウッドマイルズ研究ノート(その13)¹⁶⁾より引用した。この文献によると、国内に流通する合板製品に使用されている原木(国産材に限らず、外国からの輸入材も含まれる)の工場までの輸送距離は平均で4,881km、この過程で排出されるCO₂量は59 kg-CO₂/m³である。

「B.ロシア材輸送の平均値」は、H社が、従来、舞鶴工場でロシア材を使用した針葉樹合板の製造を行っており、原木を京都府産スギに代替することによるCO₂削減効果を算出する上で適当であ

ったため、比較対象として設定した。ロシア材の輸入経路については京都府産木材認証制度における計算基準で表13のようにまとめられている。ロシアにおける針葉樹合板用原木の主な産地である4つの州から、日本への輸出港であるナホトカ港までの陸路輸送と、ナホトカ港からH社舞鶴工場のある舞鶴港までの海路輸送の距離をそれぞれ算出し、H社舞鶴工場が入荷する合板用ロシア材原木の輸送距離の平均を算出した。

この結果、ロシア材輸送距離の平均値は、ロシア国内での自動車輸送が100km、ロシア国内での鉄道輸送が2,375km、外航バルク船舶での海路輸送が900kmであった。なお、日本国内での原木輸送については、H社舞鶴工場は舞鶴湾岸に位置しており、結果に及ぼす影響は極めて小さいと判断し、本稿では考慮していない。

ここで算出されたロシア材の原木の平均輸送距離に表4の輸送手段別CO₂排出原単位を掛け合わせた結果、原木輸送プロセスで排出されるCO₂量は43 kg-CO₂/m³であった。

表12 輸送プロセスの設定パターン

表13 H社舞鶴工場に入荷される合板用ロシア材の輸送経路

産地	産地 ⇒ 駅頭		駅頭 ⇒ ナホトカ		ナホトカ ⇒ 舞鶴	
	手段	距離 (km)	手段	距離 (km)	手段	距離 (km)
クラスノヤルスク州	トレーラー	100	鉄道	4000	船	900
北イルクーツク州	トレーラー	100	鉄道	3000	船	900
アムール州	トレーラー	100	鉄道	1500	船	900
ハバロフスク州	トレーラー	100	鉄道	1000	船	900

「C.国産材輸送の平均値」は、国産材合板の原料として使用されている原木の工場までの輸送距離に関するデータを、既存の文献から入手することができなかったため、製材品全般に関する、国産材原木の工場までの輸送距離のデータを、ウッドマイルズ研究会が公開しているウッドマイルズ研究ノート(その5)¹⁷⁾より引用した。これによると国産材原木の工場までの輸送距離は平均 112km、この過程で排出される CO₂ 量は 15 kg-CO₂/m³であった。

また、船舶での外国航路輸送について、その排出原単位をウッドマイルズ研究会では財団法人シップ・アンド・オーシャン財団が発行する「船舶からの温室効果ガス(CO₂ 等)の排出削減に関する調査報告書(2001 年 6 月)」より引用している。しかしながら、船舶の CO₂ 排出原単位を報告している文献は他にもいくつかあり、それらの値にはばらつきがあるため、引用する文献によって結果に差異が生じる可能性があることが、飯島ら¹⁸⁾によって指摘されている。

本稿ではこの点に留意しながらも、船舶以外の原単位について表 4 で示されるウッドマイルズ研究会の数値を採用していることと、2008 年より経済産業省を中心に算定ルールの作成と、その試行事業が行われているカーボンフットプリント制度においても同様に前述のシップ・アンド・オーシャン財団の報告書の値が掲載されていること¹⁹⁾から、今回は船舶についても、ウッドマイルズ研究会が示す数値を採用することとした。

また、「D.京都府産材の平均値」は前章で示した通り 9.36kg-CO₂/m³である。

3-1-2. 製品輸送について

製品輸送については、H 社舞鶴工場で製造された合板が、京都に限らず国内全体を商圏として流通・販売される場合(「a.合板製品の平均値」)と、京都府内において流通・販売された場合(「b.京都府産合板製品の平均値」)との 2 パターンとして設定した。

なお、日本国内で一般的に流通する合板製品の、製造工場から消費地点までの平均輸送距離に関するデータを既存の文献から得ることができなかったため、「a.合板製品の平均値」は、製材品全般に関する、製造工場から消費地点までの平均輸送距離のデータを、ウッ

ドマイルズ研究会が公開しているウッドマイルズ研究ノート(その13)¹⁶⁾より引用した。これによると合板の製造工場から消費地点までの輸送距離は平均 252km、このプロセスで排出される CO₂ 量は 33kg-CO₂/m³であった。また、「b.京都府産合板製品の平均値」は前章で示した通り 13.85kg-CO₂/m³である。

3-2. 結果と考察

合板製造における輸送プロセスごとの CO₂ 排出量の比較を図 3 に示す。

原木の輸送プロセスを比較したとき、ロシア材の輸送は CO₂ 排出原単位(表 4 参照)の小さい船舶あるいは鉄道による輸送が輸送距離全体の約 97%を占めている一方で、京都府産材は全行程が原単位の非常に大きい自動車輸送である。それに関わらず、B：ロシア材輸送の平均値と D：京都府産材の平均値とでは、CO₂ 排出量は B が D の約 5 倍となっている。木材輸入相手国の中では比較的近隣に位置するロシアからの輸入材と比較した場合であっても、京都府産材の CO₂ 排出量の点での優位性は十分に示しており、木材の「地産」の重要性がわかる。

また、合板製品の輸送プロセスで排出される CO₂ 量を a と b で比較したとき、「地産」された製品であっても「地消」されずに全国に向けて販売された場合、CO₂ 排出量が 2 倍以上になることがわかった。なお、京都府内から原木を集める際(D)よりも、京都府内に合板製品を出荷する際(b)のほうが、CO₂ 排出量が多くなっているのは、木材問屋、材木店などを複数経由することで、最終消費地まで最短距離で製品が届いていないことが主な要因と言える。

次に、製造プロセス全体を捉えて京都スギ合板の CO₂ 排出量を他の合板製品と比較したとき、一般的な流通経路で輸送された合板製品(Aa)に比べて地産地消型の京都スギ合板(Db)は、製造プロセス全体で 45%、輸送プロセスのみでは 75%、CO₂ 排出量が少ないことが明らかになった。

また、前章で京都スギ合板の製造プロセス全体で排出される CO₂ 量に占める輸送プロセスの割合が、3 割以下と比較的小さいことがわかったが、輸送時に排出される CO₂ 量が最も多いシナリオ(Aa)

図3 合板製造における輸送プロセスごとの CO₂ 排出量の比較(1m³あたり)

の場合では、製造プロセス全体で排出される CO₂ 量に占める輸送プロセスの割合は約 6 割になることがわかった。

さらに、国産材を使用した合板製品を国内で消費する場合のシナリオ(Ca)に比べて、京都府産材を地産地消する場合のシナリオ(Db)では、製造プロセス全体で 23%、輸送プロセスのみでは 52%、CO₂ 排出量が少なくなることがわかった。このように、国産材利用と地域材利用(地域材の概念は各人によって異なるが、ここでは地域材を都道府県産材と定義する)とでは、CO₂ 排出量の削減効果に無視できない差が生じることが京都府産材を対象とした本稿の検証により明らかになった。

以上のことから、木材利用による CO₂ 排出削減を促進する上で、地域材を選択することが重要な要素になるといえる。

4. おわりに

本研究により、以下のことが明らかになった。

- (1) 京都府産材を原料とし、H 社舞鶴工場で製造されるスギ合板を京都府内で消費した場合、製造プロセス全体で排出される CO₂ 量は 85.23kg-CO₂/m³ である。
- (2) (1) の京都スギ合板の輸送プロセスで排出される CO₂ 量が、製造プロセス全体で排出される CO₂ 量に占める割合は 27% である。
- (3) 合板の原材料(原木)輸送プロセスで排出される CO₂ 量は、プロセスの全てが CO₂ 排出原単位の大きい自動車輸送であるにも関わらず、京都府産材の値が最も小さくなった。このことから、木材の「地産」の重要性が示された。
- (4) 京都府舞鶴市にある合板工場で製造された合板製品を全国に向けて流通・販売する場合の合板製品の輸送プロセスからの CO₂ 排出量(33kg-CO₂/m³)は、同工場で製造し京都府内で消費する場合の同プロセスからの CO₂ 排出量(13.85 kg-CO₂/m³)に比べて、2 倍以上になることがわかった。このことから、木材の「地産」の重要性が示された。
- (5) 京都スギ合板の製造プロセス全体での CO₂ 排出量(85.23 kg-CO₂/m³)は、国内製造合板の同プロセスでの CO₂ 排出量の平均値(154kg-CO₂/m³)と比べて、45% の CO₂ 排出量削減になる。輸送プロセスのみで比較した場合は、75% の CO₂ 排出量削減になる。
- (6) 京都スギ合板の製造プロセス全体での CO₂ 排出量(85.23 kg-CO₂/m³)は、国産材を使用した合板製品を国内で消費する場合の同プロセスでの CO₂ 排出量(110kg-CO₂/m³)と比べて、23% の CO₂ 排出量削減になる。輸送プロセスのみで比較した場合は、約 52% の CO₂ 排出量削減になる。即ち、国産材を利用することだけでなく地域材にこだわって利用することにより、CO₂ 排出量の削減に一層の効果が期待できる。

本稿では京都スギ合板を調査対象とし、製造プロセスにおける CO₂ 発生量の把握を行い上記の知見を得ることができた。今後、カーボンフットプリントの表示が制度化されていくにあたって、製品使用後の解体・廃棄処分における CO₂ 排出量の把握にまでシステム境界を拡大する必要がある。そのためのデータ収集を今後とも継続的に行っていきたい。

謝辞

本稿に用いたデータの収集にあたって、H 社のご担当者および京都府産木材認証制度運営協議会の皆様には多大なるご協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 大熊幹章：地球環境保全と木材利用，林業改良普及双書，2003
- 2) 林野庁：平成 20 年度森林・林業白書，全国林業改良普及協会，2009
- 3) 藤原敬，嶋瀬拓也，高橋卓也，立花敏，野田英志：地域材利用推進政策と木材の輸送過程のエネルギーウッドマイルズ指標を使った政策の評価ー，環境経済・政策学会 2004 年大会報告要旨集，p.222-223，2004
- 4) 津田公平，村上周三，伊香賀俊治，隅研吾，本藤祐樹，成田葉採：サステナブル建築の LCA に関する研究(その 1)現地調査に基づく地場産木材のインベントリ分析，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1 分冊，p.983-984，2006.9
- 5) 藤原敬：ウッドマイルズ研究ノート(その 1)ウッドマイルズ概論，ウッドマイルズ研究会，2005.1
- 6) 京都府：”ウッドマイレージ CO₂ 認証制度の概要(京都府産木材認証制度)” ，<http://www.pref.kyoto.jp/rinmu/14100081.html>，2010.2.28 参照
- 7) 中島史郎，大熊幹章：地球温暖化防止行動としての木材利用の促進ー1990 年 ITEC 発表論文からー，木材工業，Vol.46，NO3，p.127-131，1991
- 8) 小田久人：木材加工にかかわるエネルギー消費量に関する研究(第 1 報)ー主に伐採から原木市場までー，宮崎県木材利用技術センター業務報告書，2008<http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/kankyo/mokuzai/wurc/kankoubutu/h20/2-2-1.pdf>，2010.2.28 参照
- 9) インクリメント・ビー株式会社，”ルート検索”，Map Fan Web，<http://www.mapfan.com/routemap/routeset.cgi>，2010.2.28 参照
- 10) ウッドマイルズ研究会：ウッドマイルズ関連指標算出マニュアル Ver.2008-01，2008.1，<http://woodmiles.net/cgi-2008/cgi-manual/gallery.cgi>，2010.2.28 参照
- 11) 環境省：”算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧”，<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/material/itiran.pdf>，2010.2.28 参照
- 12) 経済産業省：貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法，平成 18 年度経産省告示 66 号，2006
- 13) 京都府：”事業者排出量削減計画・報告・公表制度”，<http://www.pref.kyoto.jp/tikyujigyoukyou.html>，2010.2.28 参照
- 14) 住友林業株式会社：”「～原材料調達段階から生産段階までの温室効果ガス排出量の「見える化」～国産材合板への「カーボンフットプリント」表示を開始」”，<http://sfc.jp/information/news/2009/2009-04-17.html>，2010.2.28 参照
- 15) 尾島俊雄：完全リサイクル型住宅 未来開拓学術推進事業として(木造編)，早稲田大学出版部，1999
- 16) 滝口泰弘：ウッドマイルズ研究ノート(その 13)ウッドマイルズ関連指標算出マニュアル Ver.2005 の改訂とその影響ー「算出の区分と範囲」と「加工歩留まりを考慮した算出方法」についてー，ウッドマイルズ研究会，2006.7
- 17) 藤原敬：ウッドマイルズ研究ノート(その 5)国内に流通する製材の平均的輸送距離と環境負荷，ウッドマイルズ研究会，2005.1
- 18) 飯島泰男，川鍋亜衣子，清家剛，板垣直行：“親環境”木材産業形成のための秋田スギ最適循環システムの構築，流域エリア産学官連携促進事業研究成果報告書，p.7-16，2008
- 19) CFP 制度試行事業事務局(社団法人産業環境管理協会)：CFP 制度試行事業用 CO₂ 換算量共通原単位データベース(暫定版)，2009.8，http://www.cfp-japan.jp/common/pdf/co2_database.pdf，2010.2.28 参照

注

- 注 1) 建築材等に利用できる時期(伐期)に達した樹木を伐採・収穫すること。基本的に、次世代の樹木の育成(更新)を伴う伐採で、更新伐採ともいい、更新を伴わない間伐などとは区別される：現代林業電子辞典，日本林業調査会
- 注 2) 間伐した木材(間伐材)を有効に利用すること。あるいは、間伐材を有効利用できるように間伐を行うこと：現代林業電子辞典，日本林業調査会
- 注 3) 京都府森林組合連合会へのヒアリングによる
- 注 4) H 社へのヒアリングによる

(2010年3月10日原稿受理，2010年6月10日採用決定)