

新潟県の製材所を対象とした年間エネルギー・CO₂排出量

木材の地産地消に関する研究 その1

STUDY ON THE ANNUAL ENERGY CONSUMPTION AND CO₂ EMISSIONS OF SAWMILL IN NIIGATA PREFECTURE

Study on the lumber of local production for local consumption Part 1

重川隆廣*¹, 赤林伸一*², 坂口 淳*³, 尾池孝太*¹
Takahiro OMOKAWA, Shin-ichi AKABAYASHI, Jun SAKAGUCHI and Kouta OIKE

Recently, concept of local production for local consumption has attracted attention as safety proofing in the agricultural field. The Woodmiles Forum was developed the concept of "Woodmiles" that is calculated by multiplying the transportation distance and weight of the lumber. Concept of "Woodmiles" is focused on the environmental impact of distribution. This indicator can calculate the effect of reducing the environmental impact of domestically used materials. This concept has the potential to induce environmentally friendly production. The CO₂ emissions which is cradle-to-grave of sawmill and house builder can be divided into two broad manufacturing and transportation process. The purpose of this study is to clarify the effect of reducing the environmental impact of locally produced lumber for the construction of wooden houses. Results of CO₂ emissions per 1m³ lumber on the Niigata prefecture is 297.3kgCO₂/m³. Percentage of CO₂ emission of each process, lumber process is 78.0% which accounts for the majority.

Keywords: Energy Consumption, CO₂ emission, Sawmill, Lumber
エネルギー消費量, CO₂排出量, 製材所, 木材

1. はじめに

わが国の木材自給率(図1)を見ると、1960年は86.7%であったが2007年では22.6%まで減少している。図2に示す国内生産材と輸入材の供給量を見ると、いざなぎ景気の1968年ごろに輸入材供給量が国内生産材供給量よりも増加し、2007年の用材(製材、合板、パルプ・チップの合計であり、建材以外の木材も含まれる)の木材供給量では国内生産材は1,864万m³、輸入材は6,374万m³となっている。平成19年農林水産省森林・林業白書¹⁾によると、国産材供給量

は2002年を底に近年増加傾向であり、主に建築用に利用されている製材用材と合板用材の増加によることが示されている。図3に1989年から2007年までの住宅着工戸数と木材国内消費量の関係を示す。木材国内消費量と住宅着工戸数の相関は高く、住宅着工戸数が増加すると木材国内消費量も増加する傾向があり、建築分野において木材の生産は極めて重要な課題であるといえる。

近年、農産物を中心に安全性や地域農産物の多様性を確保する等

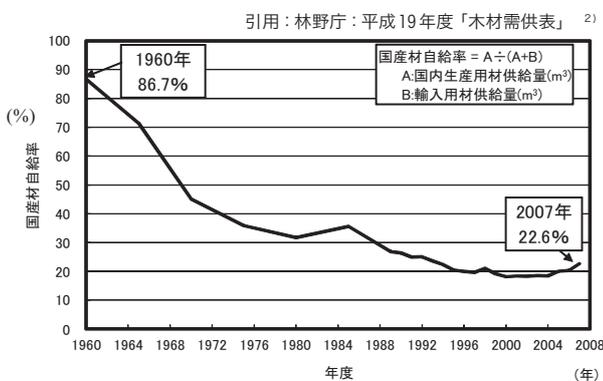


図1 国内材自給率の推移

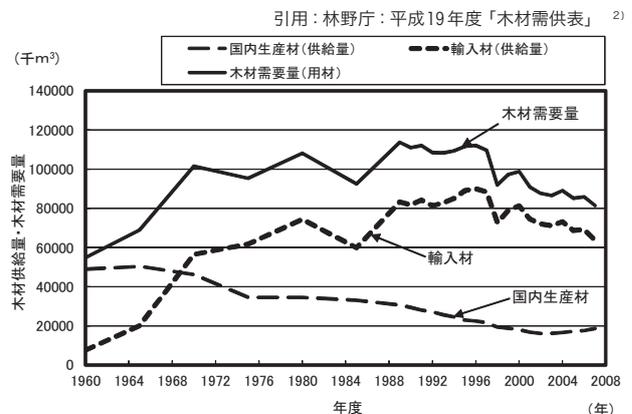


図2 木材供給量と木材需要量の推移

本論文の概要は、日本建築学会大会学術講演会(2009年~2010年)、日本建築学会北陸支部大会(2009年~2010年)において発表した。

*¹ 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生

*² 新潟大学大学院自然科学研究科 教授・工博

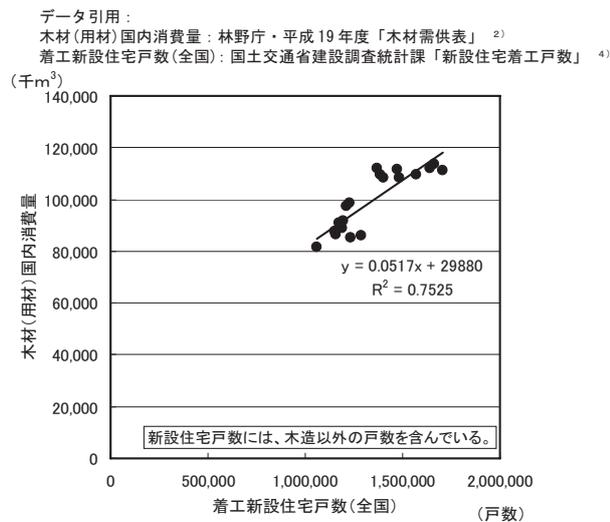
*³ 新潟県立大学国際地域学部国際地域学科 教授・博士(工学)

Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ. Prof., Division of Science and Technology, Graduate of Niigata Univ., Dr. Eng. Prof., Dept. of International Studies and Regional Development, Faculty of International Studies and Regional Development, University of Niigata Prefecture, Dr. Eng.

の観点から、地域生産地域消費（地産地消）という概念が定着している。国際化が進展する現代社会において、輸入農産物と国内の農産物を評価するため、フード・マイルージ（food mileage）などの食料の輸送距離に関する概念が構築され、農産物における地球環境負荷を評価する試みが進められている。わが国では2010年に経済産業省において、商品へのライフサイクルCO₂排出量を表示する「カーボンフットプリント制度」の試行事業が進められ、CFPマーク付商品の提供を試験的に実施している。建築分野ではフードマイルージと同様の概念として、ウッドマイルズ研究会³⁾が、建築物の環境負荷を評価するため、木材の輸送距離と重量を掛け合わせたウッドマイルズという概念を整備している。製造物の環境影響の評価は、産業連関表によって解析するLCA解析手法⁵⁾があるが、ウッドマイルズは流通時の環境負荷に着目した概念であり、国内産材使用による環境負荷軽減の効果を評価し、消費者の購買意欲を喚起し、環境に配慮した生産や消費を誘導する可能性を持っている概念である。

表1に代表的な木材生産・流通機構を示す。木材を伐採し、施工するまでに発生するCO₂排出量は、伐採、製材、プレカット、施工などの製造工程において発生するCO₂と、工場間の輸送工程において発生するCO₂の2つに大きく分けられる。近年、これらの木材の製造工程や流通経路でのCO₂排出量について研究がされているが、製造工程や流通経路が複雑であるため、不明点が多いのが現状である。

本研究で検討する評価項目を表2に示す。本報では、製材所から



建築現場までの木材の加工過程で消費されるエネルギー及びCO₂排出量について解析を行い、地産地消の環境負荷低減効果について明らかにする。更に、省エネルギー・省CO₂排出量の観点から県産材の有利性について検討し、県産材の利用を促進させるための基礎資料を整備することを目的とする。

2 製材所におけるエネルギー消費量・CO₂排出量の調査

2.1 調査概要

新潟県加茂市の製材所において、製材機械等の電力の消費量、人工乾燥機で用いられる灯油等の消費量の実測調査を行い、丸太が製

表2 本研究で検討する木材生産・流通機構の評価項目

	環境影響評価項目(経済性・CO ₂ 排出)
林地 (森林組合)	<ul style="list-style-type: none"> ●森林の公益的機能の評価 (CO₂の吸収、地表面の維持、水資源の貯留など) ★県産材の利用による運搬時のCO₂排出の削減 ●間伐材の利用(バイオマスエネルギー)
製材所	<ul style="list-style-type: none"> ★再加工工程を製材所で行うことによる運搬時のCO₂排出の削減 ★木材乾燥の省エネ・低CO₂化 ★木質ペレット・木屑利用による省エネ ●製材・加工の合理化・効率化 ●コジェネレーションシステムによる省エネルギー・低CO₂化
施工現場	<ul style="list-style-type: none"> ●木材資源の有効活用 ●ペレットストーブ・給湯器 ●生産地の認証システム ●廃材のリサイクル ●廃棄物の減量化

※網掛け部分(★の項目)は本研究で対象とした評価項目

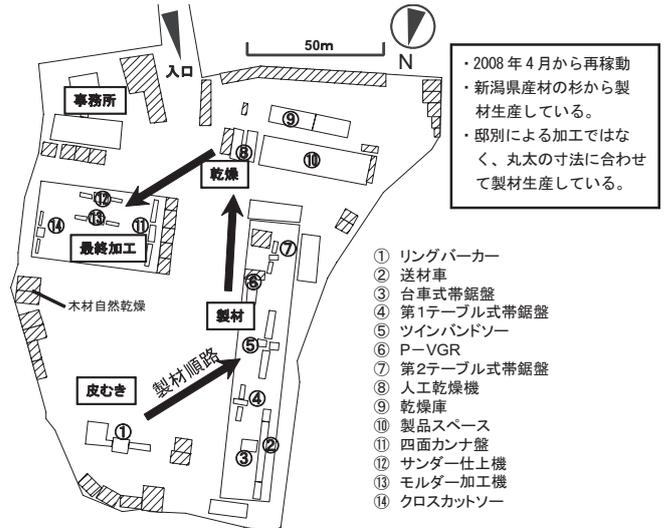
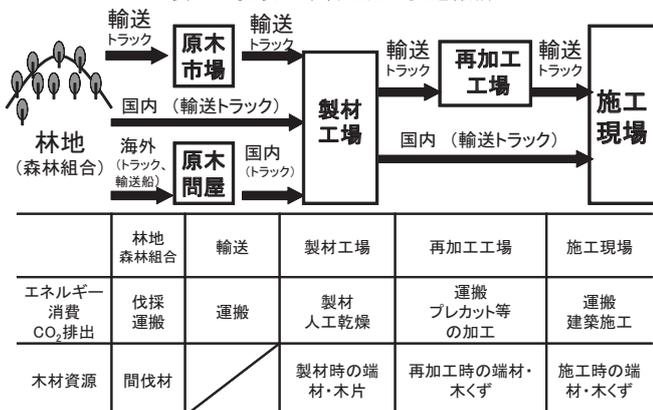


表1 現状の木材生産・流通機構



材されるまでのエネルギー消費量及びCO₂排出量を算出する。図4に対象とした製材所の概要、図5に製材所における電力量測定器の設置状況を示す。

CO₂排出量の算定については地球温暖化対策の推進に関する法律に基づき、環境省・経済産業省の定める、「温室効果ガス排出量の算定方法」⁶⁾により算定を行う。表3の式(1)に燃料の使用量に対するCO₂排出量の算定式を、式(2)に電力使用量に対するCO₂排出量の算定式を示す。表4にエネルギー種類別の単位発熱量および排出係数を示す。

2.2 調査結果

図6に領収書より算出した、消費エネルギー別のCO₂排出量及び生産製材・出荷製材1m³当たりのCO₂排出量を示す。2008年4月から2009年12月までのCO₂排出量は電力が占める割合(約49%)が最も多く、灯油(約44%)、軽油(約7%：場内のフォークリフトで使用)と続く。また、冬季には灯油の消費量が増加するため、CO₂排出量も増加する傾向がある。製材生産量の少ない2008年4月から5月には単位量当たりのCO₂排出量が大きく変化しているが、生産量が安定した2008年7月以降では、変化は小さくなる。生産製材^{注1)}1m³当たりのCO₂排出量は2009年1月が最大で約232kgCO₂/m³であり、冬季は生産製材1m³当たりのCO₂排出量が増加する傾向がある。また、2009年1年間の生産製材1m³当たりの平均CO₂排出量は約128kgCO₂/m³となる。出荷製材^{注2)}1m³当たりのCO₂排出量は2009年11月が最大で約454kgCO₂/m³である。生産製材は乾燥及び加工された後出荷されるが、製材されてから出荷されるまで長時間かかるため、出荷製材量は月毎にばらつきがあり、単位量当たりのCO₂排出量が大きく変

表3 CO₂排出量の算定式

燃料のCO ₂ 排出量(kgCO ₂) = (燃料の種類ごとに)燃料使用量(kl) × CO ₂ 排出原単位(kgCO ₂ /kl) …式(1)
電気のCO ₂ 排出量(kgCO ₂) = 電気使用量(kWh) × CO ₂ 排出原単位(kgCO ₂ /kWh) …式(2)

表4 単位発熱量とCO₂排出係数・原単位

種類	単位発熱量	排出係数	CO ₂ 排出原単位
灯油	36.7GJ/kl	67.8kgCO ₂ /GJ	2488.26kgCO ₂ /kl
軽油	38.2GJ/kl	68.6kgCO ₂ /GJ	2620.52kgCO ₂ /kl
ガソリン	34.6GJ/kl	67.1kgCO ₂ /GJ	2321.66kgCO ₂ /kl
電力	0.0036GJ/kWh	122.5kgCO ₂ /GJ	0.441kgCO ₂ /kWh

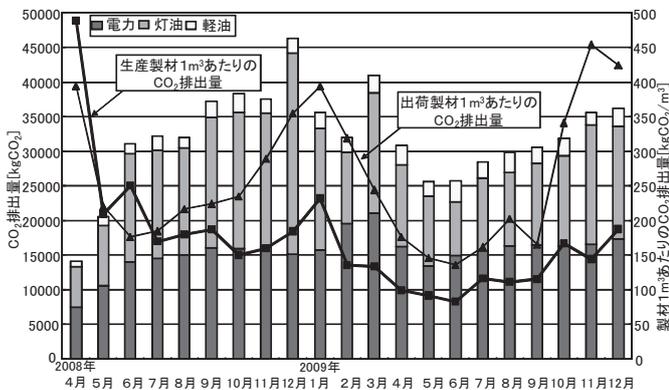


図6 月別CO₂排出量及び生産製材・出荷製材1m³あたりのCO₂排出量

化する。生産製材1m³当たりのCO₂排出量と同様に、冬季では出荷製材1m³当たりのCO₂排出量が増加する傾向がある。また、2009年1年間の出荷製材1m³当たりの平均CO₂排出量は約230kgCO₂/m³となる。

図7に2009年8月から2009年12月まで実測された電力消費量における、機械別の月平均CO₂排出量及び電力消費量割合を示す。製材機械の中で電力消費量が多いのは、端材を細かく刻み、チップに加工するチップターと、人工乾燥機の庫内温湿度を24時間制御し続けている乾燥場で、それぞれ、全電力の約20%を消費している。丸太を刻む帯鋸は全部で3機(ツインバンドソー・帯鋸(中)・帯鋸(小))あるが、最も生産効率の良いツインバンドソーが長時間稼働しており、電力消費量も多く、全電力の約15%を消費している。次いで帯鋸(中)、帯鋸(小)の順に消費量が少なくなる。帯鋸稼働時にはダストコレクターも作動し、ツインバンドソー同様に全電力の約15%を消費している。丸太の皮を剥くリングバーカーは、丸太の在庫状況により稼働する時間が変化し、電力消費量も少なく、全電力の約2%である。加工工程で使用される機械は、一日ごとの電力消費量は少ないものの、ほぼ毎日稼働しているため、最も電力を消費している自動多軸モルダで、全電力の約13%を消費している。

図8、図9に9月と12月における人工乾燥機のCO₂排出量をそれぞれ示す。製材所には主に正角材を入れる人工乾燥機A(高温:最大加熱温度120°C)と、羽柄材などの薄い部材を入れる人工乾燥機B(中温:最大加熱温度70°C)がある。全生産部材の約63%が乾燥機に入れられ、残りは自然乾燥が行われる。乾燥機にはそれぞれ部材を乾燥させるためのサイクルがあり、乾燥機A(高温)は約7日、乾燥機B(中温)は約6日サイクルで部材を乾燥させる。各乾燥機の1サイクルの平均CO₂排出量は、9月では乾燥機A(高温)が1437kgCO₂/サイクル、乾燥機B(中温)が1063kgCO₂/サイクルであり、12月は乾燥機A(高温)が1749kgCO₂/サイクル、乾燥機B(中温)が1194kgCO₂/サイクルである。これは9月に比べ12月は外気温が低く、人工乾燥に用いる灯油の消費量が増加するためと考えられる。

図10に2009年9月と12月の工程別CO₂排出量を示す。製材所における製材時のCO₂排出量は乾燥工程において冬季で約62%、夏季でも約50%と半分以上を占める。

灯油ボイラによる人工乾燥で用いられている灯油の使用量は、年間で約62kl/年であり、単位発熱量換算で約2275.4GJ/年となる。木屑燃料(発熱量0.0095GJ/kg、含水率70%)で同量の発熱量を得るためには、年間約630m³の木屑が必要である。この製材所では年間約

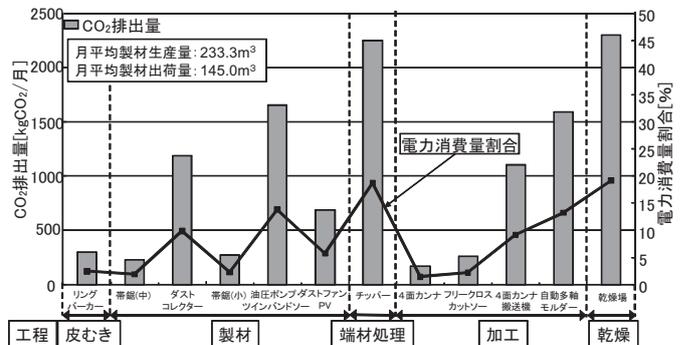


図7 機械別の月平均CO₂排出量及び電力消費量割合

3000m³の丸太を製材しているの、歩留りを約50%^{注3)}とすると、十分な木屑燃料を得ることが可能である。木屑焚きボイラのみで人工乾燥を行った場合、灯油ボイラを用いる場合と比べ、月平均で約12.9ton-CO₂/月、年間で約154.5ton-CO₂/年のCO₂を削減することが可能である。

3 再加工工場を対象としたエネルギー消費量調査

3.1 調査概要

本報では図11に示す新潟県内の木造2階建ての住宅一棟(延床面積:114.02m²、構造用木材使用量:25.8m³)を対象に、構造材をプレカットする再加工工場(新潟市西蒲区)及び施工現場(新潟市中央区)において電力消費量を実測し、エネルギー消費量及びCO₂排出量を算出する。

表5に対象住宅の構造材使用量を示す^{注4)}。木材の輸送は、各森林組合の貯木場から製材所まで、製材所から再加工工場まで、再加工工場から施工現場までの大きく3輸送経路に分けられる。この各輸送ケースを対象にCO₂排出量を算出する。再加工工場のエネルギー消費量は、工場の分電盤にクランプメータを設置し、機械ごとの電力消費量を測定する。作業内容を明らかにするため、作業者に木材加工の種類と作業時間の記録をお願いした。

3.2 調査結果

図12に再加工電力消費量より算出したCO₂排出量を示す。対象となる住宅一棟分の構造材をプレカットする作業は2009年9月15日から10月6日までの22日間(実質作業日数は15日間)で行われた。作業内容により一日毎の電力消費量は変化し、CO₂排出量は合計約10.4kgCO₂である。生産製材1m³当たりのCO₂排出量は約0.4kgCO₂/m³となり、製材所に比較して極めて少ない。

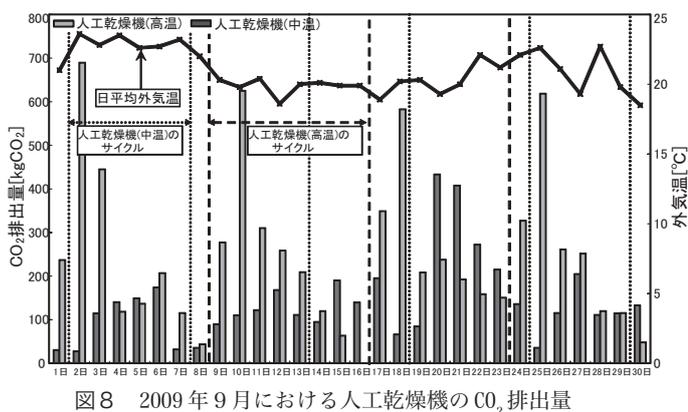


図8 2009年9月における人工乾燥機のCO₂排出量

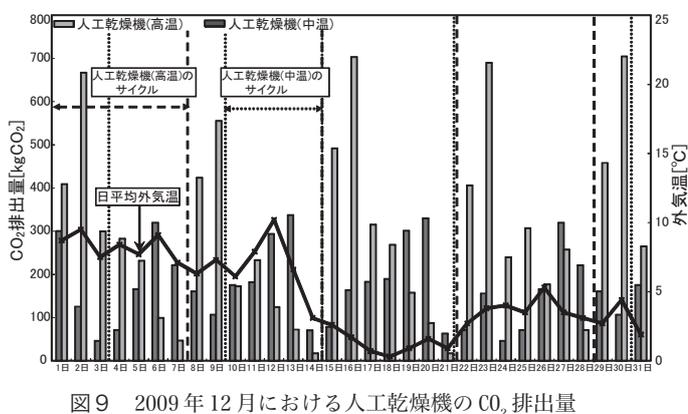


図9 2009年12月における人工乾燥機のCO₂排出量

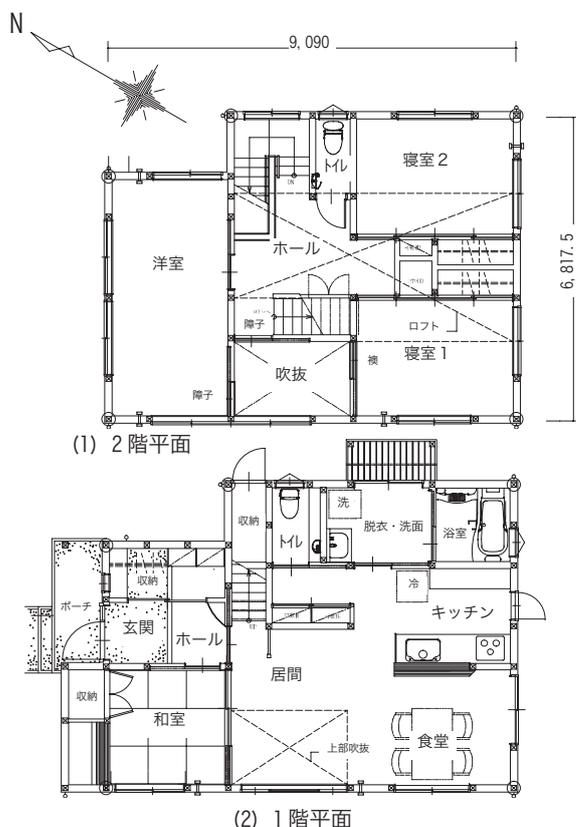


図11 対象住宅の概要

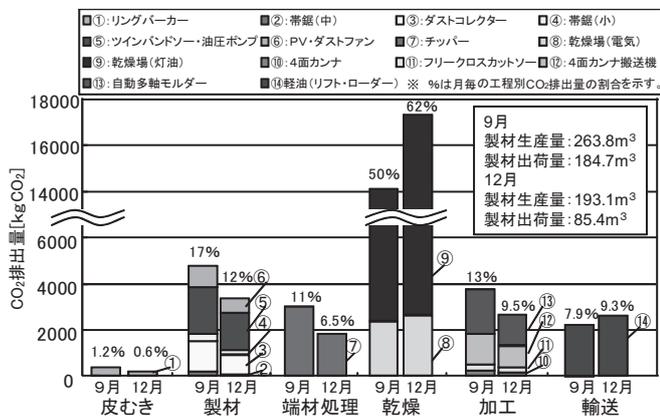


図10 2009年9月と12月における工程別CO₂排出量

表5 対象住宅の構造用木材の使用量

部材名	木材使用量(m ³)
土台、大引、1F床根太、根太掛	2.6
桁梁、小屋束	9.3
通し柱	0.4
表し柱	0.1
大壁用柱(1階)	1.5
大壁用柱(2階)	1.1
小割材	10.2
破風・鼻隠し材	0.6
合計	25.8

4 住宅施工を対象としたエネルギー消費量調査

4.1 調査概要

再加工工場で調査した同一の住宅（新潟県新潟市中央区に建設）を対象に、施工現場でのエネルギー消費量及びCO₂排出量を算出する。施工現場の仮設電源に電力計を設置し、一日に消費した電力消費量を記録した。また、工事監督者に作業工程に関する詳細なヒアリングを実施し、毎日の作業内容、工事業者名、作業者数、自動車数の記録を取る。

4.2 調査結果

図13に住宅施工時の電力消費量から算出した、一日毎のCO₂排出量を示す。作業日数は2009年10月5日から12月3日までの60日間（実質作業日数は48日間）である。一日当たりの平均CO₂排出量は

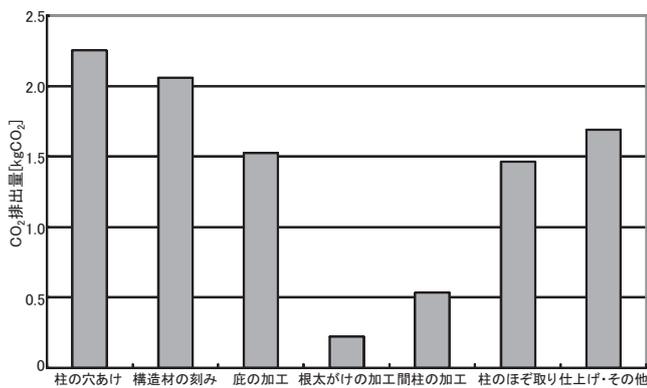


図12 再加工工場におけるCO₂排出量

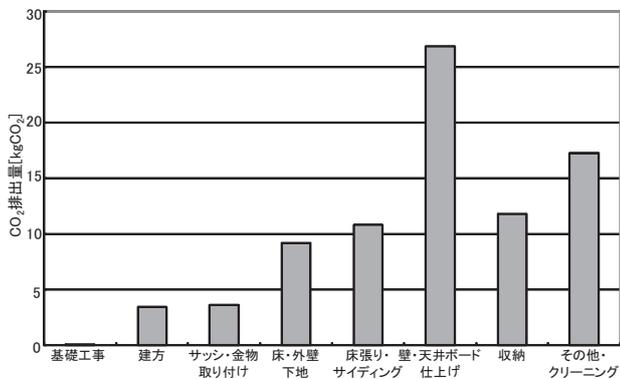


図13 住宅施工時のCO₂排出量

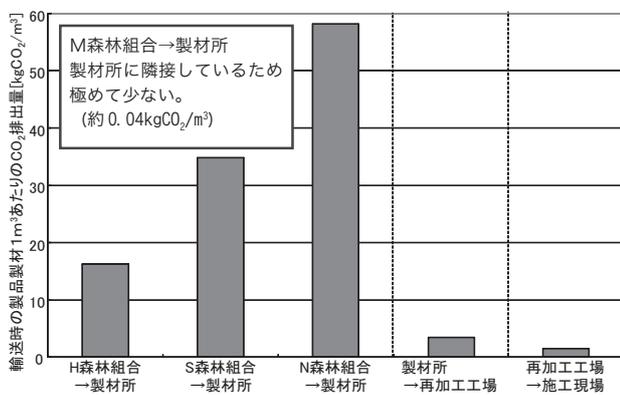


図14 木材の輸送工程別CO₂排出量

1.7kgCO₂であり、合計83.1kgCO₂を排出している。

作業員は各作業会社から自動車で施工現場まで移動する。自動車の燃費^{注5)}を9.7km/Lとし、ガソリンの消費量及びCO₂排出量を算出する。施工現場までの往復の移動で発生するCO₂排出量は1日平均23.9kgCO₂であり、合計1146.3kgCO₂を排出して、電力消費によるCO₂排出量に比較して極めて多い。延床面積当たりのCO₂排出量は10.8kgCO₂/m²となる。

5 輸送を対象としたエネルギー消費量調査

表6に各輸送ケースの輸送距離を、図14に木材の輸送工程別の製品製材1m³当たりのCO₂排出量を示す。森林組合から製材所までの輸送では製品製材ではなく、丸太を輸送しているが、丸太から製品製材を生産するときの歩留りは50%として計算する。製品製材は軽油を燃料とする中型のトラックで輸送され、トラックの燃費^{注5)}を5.2km/Lとし、軽油消費量及びCO₂排出量を算出する。なお、M森林組合は製材所に隣接して貯木場があり、他の森林組合に比べて極めて

表6 木材の輸送距離

出発地	到着地	輸送距離 [km]
M森林組合	製材所	0.1
H森林組合	製材所	49.8
S森林組合	製材所	109
N森林組合	製材所	156
製材所	再加工工場	39.8
再加工工場	施工現場	17.7

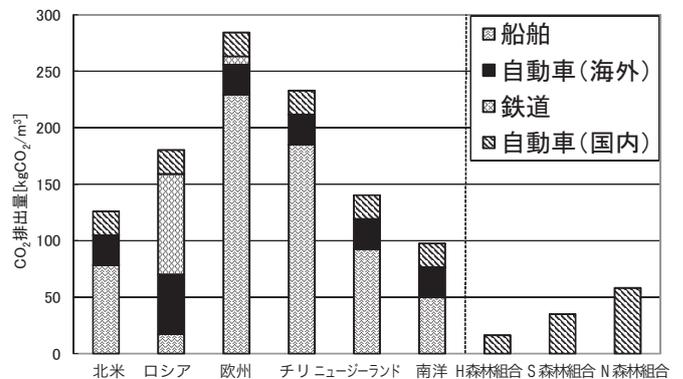


図15 丸太輸入時の輸出国別CO₂排出量

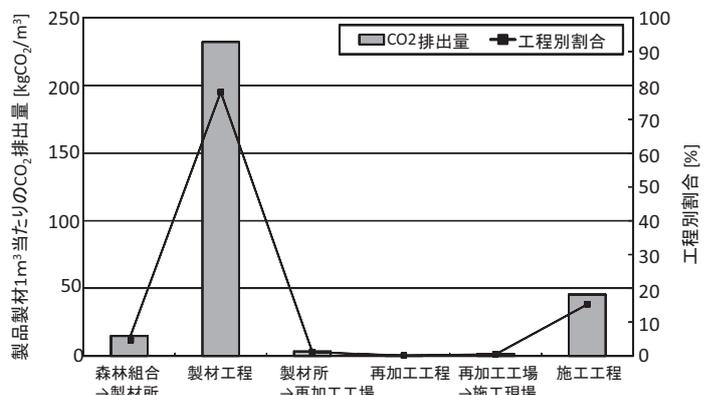


図16 工程別CO₂排出量及び排出量割合

て少ない値であるので省略する。距離が長く、丸太を輸送している森林組合から製材所までの輸送が、CO₂排出量の大部分を占める。

図15に海外から丸太を輸入し、製材所まで丸太を輸送した場合のCO₂排出量を示す。海外からの輸送距離はウッドマイルズ研究会が作成したウッドマイルズ関連指標算出マニュアル⁷⁾を参考に、木材は新潟東港(新潟県新潟市北区)へ入港すると仮定し解析をする。海外から丸太を輸送する場合には、新潟県産材を用いる場合に比べて、輸送工程において約2.7～7.8倍のCO₂を排出している。

図16に工程別CO₂排出量及び排出量割合を示す。森林組合から製材所までのCO₂排出量は、森林組合ごとに製材所へ入荷する丸太の量が異なるため、図14の輸送時の製品製材1m³当たりのCO₂排出量に各森林組合の入荷丸太量を重み付けした製品製材1m³当たりのCO₂排出量を使用し算出する^{注6)}。県産材を用いて住宅を施工する場合、出荷製材1m³当たりのCO₂排出量は297.3kgCO₂/m³となる。また、工程別に見ると製材工程が78.0%と大部分を占めている。

6 まとめ

近年、木材の流通経路と製材工程でのCO₂排出量について研究がされているが、流通経路や製材工程が複雑であるため、不明な点が多い状況にある。本報では製材所から住宅建設現場までのエネルギー消費量及びCO₂排出量について調査を行い、新潟県における木材の地産池消に関する基礎的なデータを得た。得られた結果をまとめると以下の通りとなる。

- (1) 製材所における生産製材1m³当たりの平均CO₂排出量は、約128kgCO₂/m³となる。また、出荷製材1m³当たりの平均CO₂排出量は約230kgCO₂/m³となる。
- (2) 海外からの丸太輸送時のCO₂排出量は、97.6kgCO₂/m³から284.3kgCO₂/m³となり、新潟県産材を用いる場合に比べて、輸送工程において約2.7倍～7.8倍のCO₂を排出する。
- (3) 新潟県産材を用いて住宅を施工する場合、製材1m³当たりのCO₂排出量は297.3kgCO₂/m³となる。工程別では、製材所における製材工程が78.0%と大部分を占める。
- (4) 製材所における乾燥工程のCO₂排出量の割合が多いので、今後これらの削減方法について検討を行う。

謝辞

本研究を行うに当たり榎重川材木店建築部及び榎緑の森の各位の協力を得た。調査やデータ集計では、中澤一哉君(当時新潟大学大学院生)の協力を得た。関係各位に深く感謝の意を表します。

注

- 注1) 生産製材は製材機械により正角材等に製材された量を示している。生産製材は、乾燥及び加工された後出荷されるが、製材されてから出荷されるまで長時間必要なため、本報では製材工程までの製材量を生産製材と定義している。
- 注2) 本報では、乾燥及び加工された後出荷される製材量を出荷製材と定義している。
- 注3) 製材の歩留り率は、調査した製材所のヒアリングの結果である。
- 注4) 対象住宅の構造用木材の使用量は工務店の実行見積書より求めた。構造用合板、下地合板、床用板、造作材は含めていない。なお、構造用合板等の総使用量は4.6m³である。
- 注5) 自動車の燃費は工務店よりヒアリングした実燃費(9.7km/L)である。中

型トラック(車両総重量7超～8t)の燃費は平成19年度神奈川県エコドライブ等実施状況調査結果⁸⁾を使用した。

注6) 森林組合から入荷した丸太の構成割合は、以下のとおりである。

表7 森林組合から入荷する丸太の構成割合

森林組合名	入荷割合 [%]
M森林組合	49.7
H森林組合	18.4
S森林組合	29.3
N森林組合	2.6
合計	100.0

参考文献

- 1) 農林水産省：平成19年度版「森林・林業白書」，財団法人農林統計協会
- 2) 林野庁：平成19年度「木材需供表」，<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001036695> (参照 2011-4-30)
- 3) ウッドマイルズ研究会：ウッドマイルズ—地元の木を使うこれだけの理由，農山漁村文化協会，2007.4.
- 4) 国土交通省総合政策局情報管理部建設調査統計課：「建築着工統計調査報告」(年計)，http://www.mlit.go.jp/statistics/details/jutaku_list.html (参照 2011-4-30)
- 5) 日本建築学会：建物のLCA指針—温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール，第3版，丸善，2006.12.
- 6) 環境省・経済産業省「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」，<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/manual/index.html> (参照 2009-3-9)
- 7) 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」，<http://woodmiles.net/cgi-2008/cgi-manual/data/upfile/6-1.pdf> (参照 2010-2-1)
- 8) 神奈川県：平成19年度「エコドライブ等実施状況調査結果」，<http://www.pref.kanagawa.jp/osirase/taikisuisitu/car/01ecodrive/0111/0111nenpi.html> (参照 2011-4-30)

(2010年12月7日原稿受理，2011年5月13日採用決定)