

応用研究論文

## 秋田スギを活用したコンビニエンスストア店舗の開発

板垣直行<sup>1</sup>，釜田恵理菜<sup>1</sup>，岡崎泰男<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 秋田県立大学システム科学技術学部建築環境システム学科

<sup>2</sup> 秋田県立大学木材高度加工研究所

2010年に制定された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」に基づき、地域木材資源の活用、環境負荷削減の観点から、木造建築の用途を拡大する取り組みが進められている。これについて、建物の形式が共通化されていて普及の可能性が高いと考えられるコンビニエンスストア店舗を対象とし、構造、施工に関わる技術の検討を行った。これについて、木ダボ接着接合を用いたラーメンフレームや枠組壁工法で用いられるメタルプレートコネクターを用いたトラス梁の適用を検討した結果、技術的にはこれらの構法の適用は可能であり、施工における工期も従来の鉄骨造とほぼ同程度である事が明らかとなった。一方、スギ材の活用により、店舗空間のイメージとして「暖かい」「落ち着いた」「高級な」イメージが得られ、「好き」という評価も高かった。また、従来の鉄骨造店舗に比べ、環境負荷は大きく軽減され、さらに木材による炭素固定効果も期待できるため、店舗の木造化による環境負荷削減の効果は大きいと考えられた。

**キーワード：**秋田スギ，地域材利用，木造構法，ライフサイクル・アセスメント，炭素固定

2010年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」（以下、木材利用促進法とする。）が制定され、地域木材資源の活用、環境負荷削減の観点から、木造建築の用途を拡大する取り組みが進められている。近年の木造建築は住宅が中心であるが、住宅着工数が減少傾向にある現在、今後の木材利用の拡大は望み難い。一方、公共建築は木造に対する希望が多いものの、割合としては10%に満たない程であり、今後の利用拡大が期待できる。

中大規模の公共建築や店舗、事務所などは従来鉄筋コンクリート造や鉄骨造で建てられることが多い。これは、中大規模建築においては広い空間が要求されたり、中高層の建物として計画されることが多いため、耐力、剛性が基本的に高く、また防耐火性能に優れているこれらの構造の方が有利であるからと言える。一方、木造においても木質材料の活用や新たな構法の採用により、高い構造性能や耐火性能を

有する建築が実現されつつある。このため、木材利用促進法に基づき、国が整備する低層の公共建築物においては、原則として木造化を図る事を目標としており、地方公共団体もこれに倣った施策を打ち出している。

秋田県は、「あきた県産材利用推進方針」を2001年に定めており、木材利用促進法に基づき2012年、2013年に一部改正を加え、県産材の利用促進を図っている。秋田県は日本一のスギ人工林面積を有するスギの産地として全国に知られているものの、図1に示すように、その生産量は1950年代から減少傾向に転じ、1999年には全国4位までに転落した。その後2003年よりやや回復し、2014年では全国2位の1,079万m<sup>3</sup>まで回復したが、蓄積されたスギ人工林の豊富な資源を有効に活用できていないのが現状である。

このような状況を背景に、秋田県では2013年度に「地域材新規用途導入促進支援事業」を実施し、地域材の使用が少ない分野において更なる活用を図るため、地域材の新たな利用につながるモデル的展示活用や試験・実証及び利用成果の普及PRを支援し、木材利用の新たな需要の拡大を図ることとした。その一つとして、「商業分野地域材利用促進事業」が実施され、商業施設への木造導入が検討されることとなった。ここで、建物の形式が共通化されていて普及の可能性が高いと考えられるコンビニエンスストア（以下コンビニとする）店舗を対象として候補に挙げられ、そのコンビニ店舗への木造導入にあたっての技術開発について「新木造建築構法導入試験事業」が実施された。筆者らはこの事業において「戸建店舗木造構法導入検討調査業務」を受託した。

### コンビニ店舗への木造導入のための検討

#### コンビニ店舗の概要と導入技術

図2にコンビニ店舗平面図、図3に断面図を示す。コンビニ店舗は、梁間約10m、桁行約20mの平屋の建物であり、ファサード面においてディスプレイ等から全面的な開口部が要求される。これにより耐力壁は反対側の後面およびバックヤード部分に設置することとなり、偏心が生じやすい。このため開口部分に柱-梁の軸組のみで地震などの水平力に抵抗できる木ダボ接着接合によるラーメンフレーム（板垣ら，2009）を用いることとした。

また、店内には柱を設置せず開放的な空間を確保するために、スパン10mの長尺な梁が必要となる。一方で秋田では沿岸部でも積雪1mに耐える必要があり、屋根全体で約40トンの積雪荷重を想定して設計される。大断面集成材を用いればこのような長尺で高い荷重レベルに対応する梁を製造することは容易であるが、従来の鉄骨造に比べかなりコストが増大してしまう。このため、低コストな梁として枠組壁工法におけるトラス梁を用いることとした。<sup>1</sup>

これらの新たな木造構法の適用にあたっては、従来の鉄骨造店舗に対し工期が増大することが懸念された。そのため、施工工程を調査し、施工の合理性を検証すると共に、工期短縮のための検討を行った。

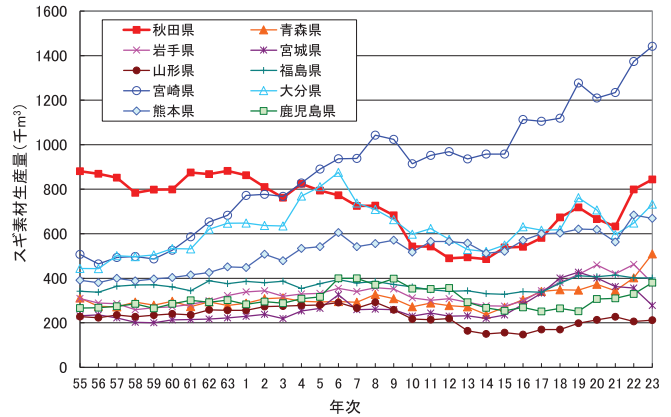


図1 スギ素材生産量の推移（主要生産県別）

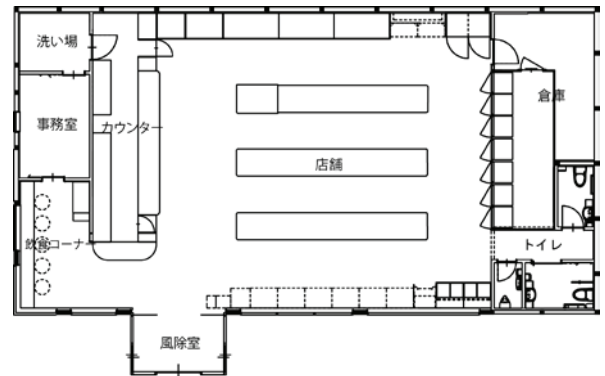


図2 コンビニ店舗平面図

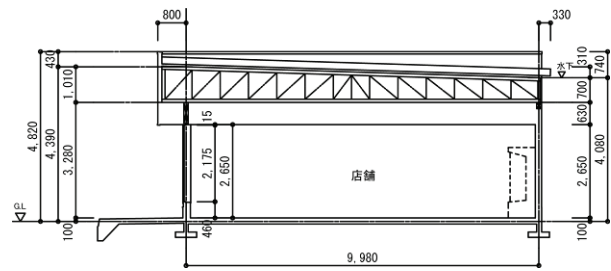


図3 コンビニ店舗断面図

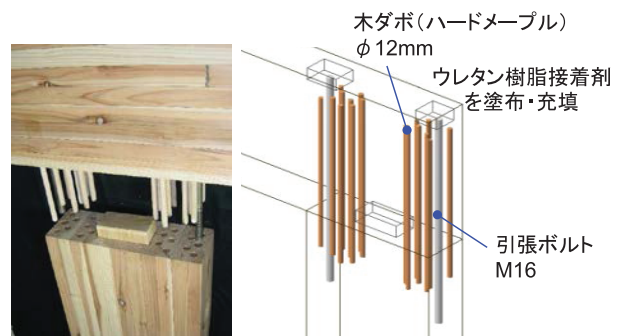


図4 木ダボ接着接合

#### 木ダボ接着接合

木ダボ接着接合は、図4のように木製のダボを複数本挿入し、接着一体化させる接合方法で、剛性・耐力に優れ、堅く強固な軸組であるラーメン構造を

実現できる。<sup>2</sup> 施工にあたっては、接着剤が十分な強度を発現するまで 1 週間程度の養生期間が必要となる。一方で、接着後の調整ができないため、高い施工精度が要求される。今回の施工にあたっては、1 軒目の工事においては、現場での接着施工を行ったが、2 軒目の工事においては工場において接着し、トレーラにより現場に搬入することとした。

### 枠組壁工法によるトラス梁

枠組壁工法においては、図 5 に示すメタルプレートコネクタと呼ばれる接合金物を工場にてプレス機により圧入して接合されたトラスが用いられる。これにより現場での工期短縮とコストの削減が図られる。

枠組壁工法においては従来 SPF (Spruce, Pine, Fir の総称) 材と呼ばれる輸入材が用いられてきたが、近年日本農林規格 (JAS) の改正により、国産のスギやヒノキが使用可能となっている。秋田県においても 2014 年 4 月に枠組壁工法構造用製材の JAS 認定工場が大館市に誕生し、秋田県産スギ材による枠組壁工法構造用製材の供給が可能となった。今回のコンビニ店舗に使用するトラス梁にも秋田県産スギ材を使用することとしたが、スギ材は従来の SPF 材に比べて密度が低く、メタルプレートコネクタによる接合部の耐力、剛性が低下することが想定された。このため、スギ接合部の実験を行い、試験結果より得られた性能に基づいてトラス梁の設計を行った。設計されたトラス梁についても実大曲げ試験を実施し、その構造性能を検証した (図 6) (川上ら, 2015)。1 枚のトラスでは最大耐力 6.9kN で初期剛性は 0.26kN/mm であった。2 枚を一体化したトラスでは耐力・剛性は 1 枚のトラスの 2 倍以上の値を示した。これより、小屋組においては、2 枚合わせのトラスを 455mm ピッチで設置した。

### 木造コンビニ店舗における施工の検討

#### 施工工程

今回の「新木造建築構法導入試験事業」においては、秋田市山王臨海町と新屋日吉町に建設された 2 軒の店舗について試験事業が行われた。1 軒目 (山

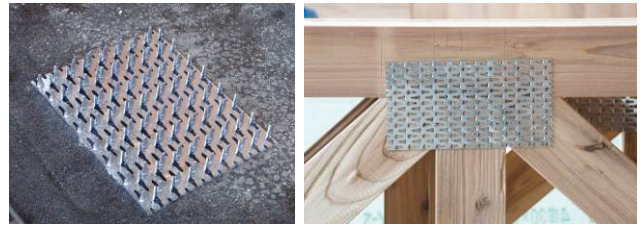


図 5 メタルプレートコネクタ (左) とその接合 (右)

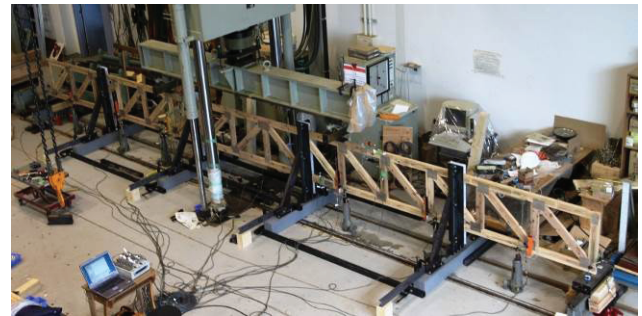


図 6 スギ 2×4 トラス梁の実大曲げ試験



図 7 木ダボ接着接合の接着・養生



図 8 ラーメンフレーム建方 (左) と在来軸組建方 (右)



図 9 トラス梁による小屋組の建方

王臨海町店) の作業工程を表 1 に、2 軒目 (新屋日吉町店) の作業工程を表 2 に示す。作業は大きく分けて、木ダボ接着接合の接着・養生 (図 7)、ラーメンフレーム建方 (図 8)、在来軸組建方 (図 8)、小屋



組建方（図9）の4つに分けられた。

### 施工調査結果

各店舗における作業時間・工数（人数×時間）の結果を表3に示す。1軒目の施工調査を踏まえ作業員の人数配置を改善した2軒目の作業工数は約半分で済み、工数として約3,700[人・分]の短縮となった。

2軒のコンビニ店舗の施工調査により、作業工程・手順において合理化を図れば、最短で木ダゴ接着接合に約半日、木工事に4日かかることが明らかとなった。結果的に2軒目で行われた工事は非常に合理的な工事計画が組めたといえ、通常の鉄骨造躯体工事に掛かる工期(約3日間)と同等に工期が組めると考えられる。

### コンビニ店舗におけるスギの活用

#### スギ材の活用

本事業で建設されたコンビニ店舗においては、以下の通り様々な部位にスギが活用されている。

<軸組>

- ・ラーメンフレーム：スギ構造用集成材
- ・在来軸組：柱，桁，間柱，筋違

<小屋組>

- ・トラス梁：枠組壁工法構造用製材
- ・つなぎ材，雲筋違，転び止め
- ・野地板（合板）

<内装>

- ・開口部：額縁，見切縁
- ・イートインコーナー：壁仕上げ

#### 店舗空間の特徴

竣工したコンビニに店舗の外観を図10に、内観を図11～図13に示す。基本的に通常のコンビニ店舗と同様の内装仕上げとしており、天井に石膏ボードが張られたため、構造体が表しとされたのは、エントランス側のラーメンフレームの柱のみである。一方でイートインコーナーにおいては内装の木質化を図っており、壁に秋田スギの板を縦張りしている。この木造店舗と同じプランの従来の鉄骨造店舗の空間画像について2点比較法により評価した空間のイメージ調査（釜田ら，2015）では、図14に示すよう

表1 1軒目木工事作業工程

作業内容(人数)	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目
木ダゴ接合(5人)		養生						
フレーム建方(5人)								
在来軸組建方(4人)		土台・柱・梁	間柱・金具		束		筋かい・間柱	
小屋組建方(4人)				梁建入	転止	つなぎ材	野地板	転止

表2 2軒目木工事作業工程

作業内容	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
木ダゴ接合(5人)					
フレーム建方(5人)					
在来軸組建方(5人)					
小屋組建方(5人)				梁建入	転止・つなぎ材 野地板

表3 2店舗の木工事における作業時間・工数

	作業時間 [分]	作業工数 [人・分]
1軒目	4,180	14,055
2軒目	2,155	10,353



図10 竣工したコンビニ店舗外観（山王臨海町店）

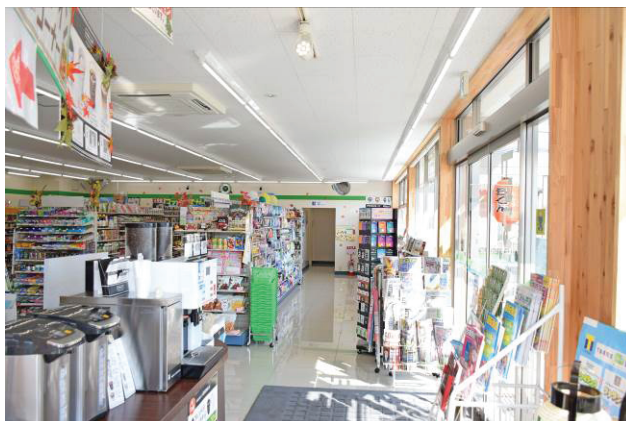


図11 コンビニ店舗内観（エントランス付近）



図12 コンビニ店舗内観（開口部側）



に、木造店舗において「暖かい」「落ち着いたのある」「居心地の良い」イメージに加えて「好き」の評価が高かった。

### 木造化による環境負荷削減効果の検討

#### 木材および木造建築における環境負荷と削減効果

木材が環境調和性の高い建築用材である理由として、木材は他の建築資材とは異なり、成長過程で光合成により吸収した炭素を有機物として固定する能力を持つことが挙げられる。吸収された炭素は、木材が腐朽したり燃焼したりしないかぎり再び空气中に放出される事はない。たとえ放出されたとしても、その炭素自体はもともと大気中に存在したものであり、木材を形成するために吸収されたものであるから、木材自体の炭素収支は±0で、地球の炭酸ガス増加にはまったく寄与しないことになる。

表4は、各種建築材料を製造する際の消費エネルギー量及び、それに伴う炭素排出量、炭素固定量をまとめた表である（秋田県立大学木材高度加工研究所、2002）。この表を見ると、木材は製造過程におけるエネルギー消費量が、鋼材やコンクリートなどその他の建材に比べ、大幅に小さいことがわかる。また、木材は材1tあたり約500kg-Cの炭素を固定している。各材料の炭素排出量と固定量を比較すると、木材はこの中で唯一放出量より固定量が多く、空气中の炭素量を削減していることになる。

#### 木造店舗における環境負荷削減効果の検討

今回建設された木造店舗と、通常の重量鉄骨による店舗の構造躯体における木材と鋼材の使用量とそれに基づいたCO<sub>2</sub>排出量および固定量を算定した結果を表5に示す。

トラス梁に用いた枠組壁工法用製材、在来軸組に用いた製材を人工乾燥材とし、下地材を合板、ラーメンフレームを集成材として、炭素排出量原単位には表4の値を用いた。尚、鋼材に関しては原料の35%にスクラップ材を使用した場合の炭素排出量原単位を用いた。今回算定した部分は上部構造のみであり、基礎は含んでいない。

炭素排出量については、鉄骨造のおよそ1/6.5の



図13 コンビニ店舗内観（イトインコーナー）

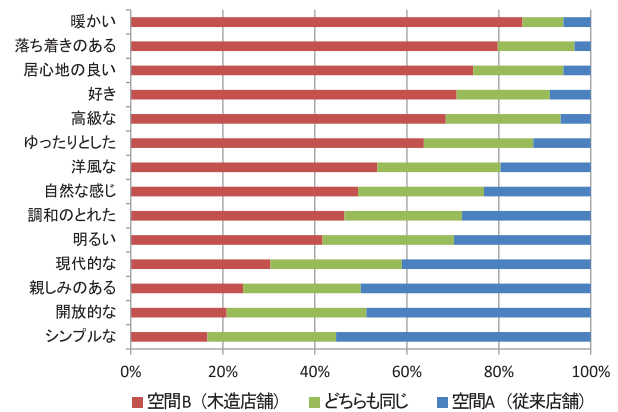


表4 各種材料製造時の消費エネルギーと炭素放出量

材料	製造時消費エネルギー	製造時炭素放出量	炭素固定量
	MJ/ton	kg-C/ton	
天然乾燥材	1,540	32	500
人工乾燥材	6,420	201	
合板・集成材・LVL	12,580	283	
鋼材	35,000 [25,200* <sup>1</sup> ]	700 [504* <sup>1</sup> ]	0.35~17
アルミニウム	435,000 [228,500* <sup>2</sup> ]	8,700 [4,570* <sup>2</sup> ]	0
コンクリート	2,000	50	

\*1: 回収率35%、回収・再加工のためのエネルギーは鉄鉱石からの20%と仮定

\*2: 回収率50%、回収・再加工のためのエネルギーはボーキサイトからの5%と仮定

表5 店舗躯体部分の木材・鋼材の炭素排出量と固定量

使用材料	部位等	体積 m <sup>3</sup>	C排出量原単位	C排出量	C固定量	CO <sub>2</sub> 吸収量 kg-CO <sub>2</sub>
			kg-C/m <sup>3</sup>	kg-C	kg-C	
木材	トラス梁	19.130	16	306	3,826	12,906
	在来軸組	3.559	16	57	712	2,401
	下地材	3.519	156	549	704	568
	ラーメンフレーム	1.509	156	235	302	244
	小計	27.717		1,147	5,543	16,119
鋼材	柱	0.244				
	梁等	1.205				
	下地材等	0.506				
	小計	1.956	3,830	7,490	261	-26,506

量となった。さらに木材の炭素固定量を考えると、排出量より固定量の方が多く、差引固定量から CO<sub>2</sub> 吸収量を算定すると 1 店舗あたり、16,119kg- CO<sub>2</sub> となった。

今回の算定では、接合金物などを算定に含めておらず、また構造種別による基礎の違いなども反映していないため正確な比較はできないが、従来の鉄骨造店舗に比べ、環境負荷は大きく軽減され、さらに木材による炭素固定効果も期待できるため、店舗の木造化による環境負荷削減の効果は大きいと言える。

### まとめ

秋田スギ材の新たな利用につながるモデル的木造建築としてコンビニ店舗を対象とし、構造、施工に関わる技術の検討を行った。これについて、木ダボ接着接合を用いたラーメンフレームや枠組壁工法で用いられるメタルプレートコネクタを用いたトラス梁の適用を検討した結果、技術的にはこれらの構法の適用は可能であり、施工における工期も従来の鉄骨造とほぼ同程度である事が明らかとなった。

一方、スギ材の活用により、店舗空間のイメージとして「暖かい」「落ち着いた」「高級な」イメージが得られ、「好き」という評価も高かった。また、従来の鉄骨造店舗に比べ、環境負荷は大きく軽減され、さらに木材による炭素固定効果も期待できるため、店舗の木造化による環境負荷削減の効果は大きいと言える。

しかしながら現状では構造躯体のコスト面において従来の店舗に比べ約 2 割程度高い状況にあり、今後の普及を図るためには、コスト削減について検討すると共に、環境負荷削減の効果などの木造によるメリットを具体化することが必要である。

### 謝辞

本研究は秋田県・2013 年度地域材新規用途導入促進支援事業の一環として行われました。コンビニエンスストア店舗の建設における関係諸氏に記して謝意を表します。

### 文献

- 秋田県立大学木材高度加工研究所 (2002) 『コンサイス木材百科』。(財) 秋田県木材加工推進機構
- 板垣直行ら (2009). 「木ダボ接合を用いたラーメンフレームによる住宅構法の開発」『構造工学論文集』 Vol.55B, 203-211
- 川上正敬 (2015). 「スギ材を活用した 2×4 トラス梁の開発」秋田県立大学システム科学技術学部建築環境システム学科 2014 年度卒業論文
- 釜田恵理菜, 板垣直行 (2015). 「木造化されたコンビニエンスストア店舗における空間イメージの影響評価」『日本建築学会東北支部研究報告集』構造系 Vol.78, 141-144

### 注

#### <sup>1</sup> 枠組壁工法

北米で普及する木造構法の一つであり、枠状に組まれた木材に構造用合板などの面材を釘で打ち付けた壁や床を組み合わせる構成する工法である。枠材に用いられる木材に 2×4 インチの断面を主に用いるため、日本では通称「ツーバイフォー (2×4) 工法」と呼ばれる。

#### <sup>2</sup> ラーメン構造

ラーメン (Rahmen) とはドイツ語で「額縁」、「枠」の意味であり、建築構造分野では軸組部材の接合部を剛接合した構造をラーメン構造という。

〔平成 27 年 11 月 30 日受付〕  
〔平成 27 年 12 月 10 日受理〕



## Development of the Convenience Store Building using Akita Sugi

---

Naoyuki Itagaki<sup>1</sup>, Erina Kamata<sup>1</sup>, Yasuo Okazaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Department of Architecture and Environment Systems, Faculty of Systems and Technology, Akita Prefectural University*

<sup>2</sup> *Institute of Wood Technology, Akita Prefectural University*

In October 2010, the Japanese government established the Act on the Promotion of the Utilization of Wood in Public Buildings: to utilize timber resources in an area and reduce the effects on the environment, the use of wooden buildings was expanded. The convenience store building tends to be widespread because the form is shared, so the structure and construction technique for this building were considered. The rigid frame's wooden structure, jointed with glued-in hardwood dowels, and the truss beam on a wood-framed construction were applied to this building. The construction period for this type of building was the same as for a building mostly built with a steel frame. On the other hand, the use of sugi brought about an image of "warmth," "relaxed," and "luxury" to the space in this store. The effects on the environment were reduced when compared with a store built with a steel frame, and the wood in the store building helped to fix carbon. The effects on the environment are greatly reduced by building a store from wood.

**Keywords:** Akita sugi, using a wood product in the area, wooden construction, life cycle assessment, carbon fixation