

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 24 日現在

機関番号：37111

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22860071

研究課題名（和文）国産材による中大規模木質構造建物の建設可能性に関する研究

研究課題名（英文） Research on construction possibility of a large-scale wooden building based on domestic timber

研究代表者

稲田 達夫（INADA TATSUO）

福岡大学・工学部・教授

研究者番号：80580175

研究成果の概要（和文）：現状においては、我国での建物の構造体への木質材料の適用は、その殆どの用途が戸建住宅に限られており、また規模も事実上は3階建て以下の小規模なものに限定されている。これらの事実を踏まえ、我国においても、建物の用途について、戸建て住宅のみならず、オフィスや学校等の非住宅分野に拡大し、規模も5階を超えるような中大規模建物の木質材料を適用する可能性を探ろうとするのが本研究の骨子である。

研究成果の概要（英文）： In the present, as for application of a wooden material to the building in our country, almost all the uses are restricted to the housing, and the scale is also limited to the small-scale of 3 or less stories as a matter of fact. While it expands to the non-housing fields, such as not only a small housing but an office, and a school, and a scale also exceeds over fifth floor about the use of a building also in our country based on these facts, the main point of this research tries to explore a possibility of applying a wooden material to a large-scale building.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築構造・材料

キーワード：地球環境問題、カーボンニュートラル、木質構造、地域連携

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化問題は、人類にとっての喫緊の重要課題であることは言うまでもないことであるが、建物の運用段階のみならず、建物の建設段階においても多量のCO<sub>2</sub>が排出され

ることは広く知られていることである。その対策として、建物の長寿命化を図ることが重要であることが指摘されてきたが、実は建物の長寿命化が、必ずしも我国のCO<sub>2</sub>排出削減には結びつかないという事実がある。その理

由としては、長寿命化を図った結果、年限を経た建物が建築ストックとして蓄積された結果、ストック床面積が増大し、その増大した建築ストックから排出されるCO<sub>2</sub>が、我国全体のCO<sub>2</sub>排出を押し上げるからである。

建物の長寿命化に代わる、建物の建設段階におけるCO<sub>2</sub>排出を削減の方策としては、CO<sub>2</sub>排出が多い構造材量（鋼材、コンクリート）を、カーボン・ニュートラル材料である木材に置換する方法が考えられる。この方法の検討を進めた結果分かってきたこととしては、現状においては、我国では建物の構造体への木質材料の適用は、その殆どの用途が戸建住宅に限られており、また規模も事実上は3階建て以下の小規模なものに限定されている。一方、海外では5階建てを超える中大規模建物への木質材料の適用は既に一般に行われており、米国やカナダでは8階建建物を木質構造で建設した例もある。

従って、これらの事実を踏まえ、我国においても、建物の用途について、戸建て住宅のみならず、オフィスや学校等の非住宅分野に拡大し、規模も5階を超えるような中大規模建物に木質材料を適用する可能性を探ろうとするのが本研究を開始するに至った経緯である。

## 2. 研究の目的

今回応募する研究の対象とする範囲、主な観点は以下の2点である。

(1) 中大規模建物の構造部材（柱・梁等）を木質材料に置き換える可能性について。

①何階建程度の建物まで、構造部材を木質材料に置換可能か。またその方式の整理。

②例えば中大規模化する過程において、芯材として鋼材を使用する等、混構造とする方法もあり得るが、その場合当然鋼材等を使用した分、CO<sub>2</sub>の排出は増加することになる。その程度が大きくなると、木造化のメリットが失われてしまうこともあり得るので、そのようなことも考慮しながら、木造への置換の可能性を検討する。

(2) 中大規模建物に木質材料の適用を拡大した場合の国産木材供給の可能性について

①使用する木材を外材に頼らず、国産材でどこまで対応可能か検討することは、国内の森林の活性化にも関わる、重要な視点である。

②特に、この検討は、都市と地方の連携を通して経済格差の是正を図るという観点からも、重要と考えられる。

つまり、国産木材の活用を前提に、建築の構造部材をどの程度の規模の建物まで木造化可能かを、構造面、環境面（特にCO<sub>2</sub>排出削減の観点）から検討を行い、建物建設段階のCO<sub>2</sub>排出削減の新たな方策を検討するのが、本研究の当初の目的である。

## 3. 研究の方法

(1) 中大規模建物の構造体を木質材料に置き換える可能性についての研究

①モデル建物の想定： 標準的なオフィス（鉄骨造）およびマンション（RC造）について、各モデル建物を設定する。

②構造材料を置き換える木質材料の構造形式の想定

③構造形式別のケーススタディー： 各モデル別に構造部材を木質材料に置換した場合について、構造性能、環境性能（特に部材製造時のCO<sub>2</sub>排出量）に着目し、各モデルの成立の可能性を検討する。

④構造形式、規模別の構造部材の木質材料への置き換え可能性の整理： ケーススタディーの結果を、規模別、構造形式別に成立の可能性を分類・整理する。

(2) 中大規模建物に木質材料の適用を拡大した場合の国産木材供給の可能性に関する研究

①2009年に内閣府が募集した、環境モデル都市応募データの分析を行い、都市・地域の規模別分類を行う。

②木材供給の拠点となりうる中山間地と消費地である大都市圏の連携のあり方を検討する。

## 4. 研究成果

(1) 林野庁の統計情報等を参考にして、人工針葉樹林の更新周期が健全な水準（概ね50年周期で更新）となるために必要な、国産木材の伐採量を求めた。現状は、

我国の人工林の蓄積量： 約20億m<sup>3</sup>

我国の年間森林伐採量： 約2000万m<sup>3</sup>

であるものを、人工林を50年周期で更新するためには年間4000万m<sup>3</sup>の人工針葉樹林を伐採する必要がある。そのためには、新たな木材需要を喚起する必要があるが、それを全て非住宅中大規模木造建物で賄うとすれば、目標となる新築着工木造率は70%・木材自給率は40%（現状、35%、20%）となる。

表1) 建物規模別木造化率の目標値

階数	統計データ (km <sup>2</sup> )	比率	木造化率 の目標値
1～3階建て	466	51.4%	66.7%
4～5階建て	172	19.0%	50.0%
6～9階建て	175	19.3%	33.3%
10～15階建て	60	6.6%	0.0%
16階建て以上	34	3.7%	0.0%
合計	907	100.0%	

(2) 国土交通省の統計データ等を参考にして、(1)で求めた新築着工木造率 70%・木材自給率 40%を達成するために必要な、非住宅中大規模建物の規模別木造化率の目標値を求めると、表1の通りと成る。

つまり、非住宅建物の内、1～3階建ての建物の2/3、4～5階建ての建物の1/2、6～9階建ての建物の1/3を木造化すれば、(1)の目標は達成可能となる。

(3) 9階建てのRC造住宅と、鉄骨造オフィスを対象として、木造化の可能性を検討した。検討の方法としては、対象となるRC造、S造の各建物を設定して、通常実業務で使用される構造一貫計算システム（NTTデータ製「SEINJ」）を用いて、実業務と同様の手順で、RC造、S造の構造設計を進め、設計断面を求めた。次に、求めた断面と等価な性能を有する木造断面に置換し、9階建て建物の木造化の可能性を検討した。結果としてはいずれの場合も等価な木造断面を求めることはできたが、鉄骨造オフィスの場合S造と等価な木造断面は、常識的な数値からはやや過大な断面となった。

次に、9階建て建物をS造またはRC造で建設した場合と、木質構造で建設した場合について、建設時の部位別CO2排出量の比較を行った。結果を表2に示す。

表2) 部位別建設時CO2排出量の比較  
(9階建てRC造住宅の場合)

	柱梁RC造		柱梁木造	
	床壁RC	床壁木造	床壁RC	床壁木造
柱梁	27.2	27.2	4.1	4.1
床	54.3	7.5	54.3	7.5
壁	18.5	2.5	18.5	2.5
合計	100.0	37.2	76.9	14.1

表3) 部位別建設時CO2排出量の比較  
(9階建てS造オフィスの場合)

	柱梁S造		柱梁木造	
	床RC	床木造	床RC	床木造
柱梁	43.0	34.4	6.7	6.7
床	57.0	8.8	57.0	8.8
合計	100.0	43.2	63.7	15.5

(4) 構造部位別に、木質構造化を図った場合の、利点・問題点を整理し、最も有効と思われる建設方式を導いた。柱梁は、防耐火の問題もあり、また接合部のディテール等も複雑となり木造化するには課題も多い。一方、床壁については、木造化の障壁は比較的少なく、結果としては、柱梁は従来のRC造あるいはS造とし、床・壁のみ木造化するのが、障壁も少なくCO2排出効果も高いことが分かる。

(5) 床・壁のみを木質構造化した場合、建物が軽量化することから、建物の固有周期帯域によっては（特に1.0～2.0秒の領域）、応答値が増大することも危惧される。試みに、建物を階数別に振動応答解析を行い、最大応答値（層間変位、加速度）を比較した。結果を図1、図2に示す。

図より明らかのように、今回の比較では、軽量化により、応答値が不利になるような事態は生じなかった。しかし、例えば、30階建ての最大層間変形では、床木造とRC造の応答値はかなり近い値となっており、軽量化による耐震性向上の傾向は殆ど見られない。これは、今回用いた地震波（EL CENTRO NS波）の特性によるものと思われる。今後さらに、多くのケースについて同様の検討が必要である。

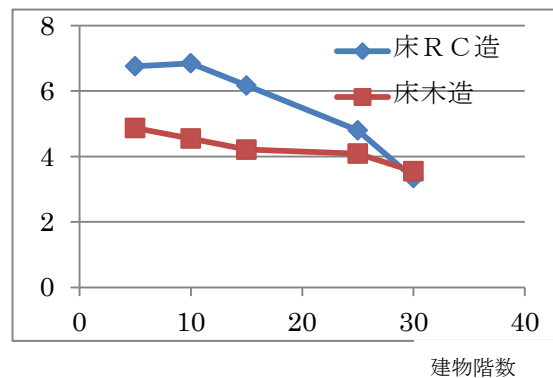


図1) 建物規模別の最大層間変形の比較

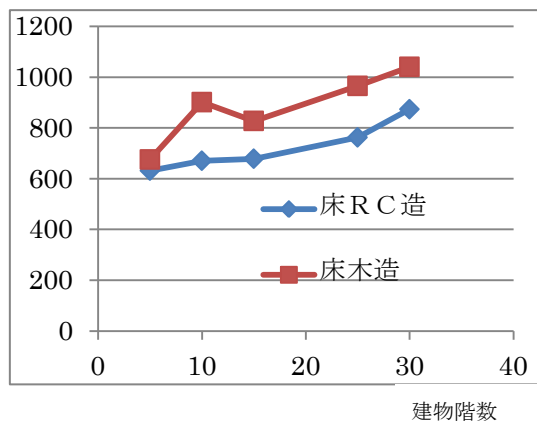


図2) 建物規模別の最大応答加速度の比較

(6)CO2 排出削減を図るためには、建物単体における努力も重要であるが、地域間の特性を理解し、地域間の長短を補うために、相互の連携を図ることも重要である。その主旨から、2009 に実施された、「環境モデル都市」の応募データを整理することにより、地域別のCO2 排出の特徴を比較・整理した。その結果を表4に示す。

表より明らかなこととしては、千代田区を代表する大都市圏は相対的に人口一人当たりのCO2 排出は少ない。これは、建物の高層化や大量輸送交通網の整備が進み、コンパクトシティとしての効果が得られたことによるものと思われるが、それ以上に、大都市圏の経済優位性が幸いし、ビル設備の省エネ化等が進んでいることも理由として挙げられるであろう。一方、小都市・山間地は、大量輸送機関の普及が遅れており、自動車交通に頼らざるを得ず、またビル設備等も省エネ型の機器への置換も進んでいないことから、CO2 排出量は相対的に高い値となっている。

(7)バイオマスエネルギー供給の観点から、都市部と中山間地の経済的連携の可能性を検討した。具体的には、高知県梶原町で進められているバイオマスエネルギーの可能性について検討を行った。

梶原町の1世帯当たりのCO2 排出量は5.33ton-CO2/年、総世帯数は1800世帯から、梶原町の年間CO2 排出量は、9532ton-CO2/年となる。一方、梶原町の森林面積は、21522haであるから、森林1ha 当たりのCO2 固定量1.6456ton-CO2/ha とすれば、梶原町の森林による年間のCO2 固定能力は35417ton-CO2/年となる。よって、吸収能力から排出量を差し引いた25825ton-co2/年が、梶原町の余剰のCO2 吸収能力となる。一般に、大型ビルの年間CO2 排出量は、0.1ton/m2 であるから、梶原町の森林が吸収可能なCO2 量に対応するビル面積を計算すれば258250m2 となるが、これは超高層大型ビル(延床面積10万m2 程度)

表4) 環境モデル都市データの分析と分類別比較

	一人当たりCO2 排出量		分野別内訳			
	産業を 含む	産業を 除く	業務 家庭	運 輸	その 他	産 業
大都市	7.68	4.96	2.97	1.51	0.48	2.72
中都市	10.71	5.65	3.27	2.08	0.30	5.06
小都市	8.63	5.78	3.42	1.85	0.51	2.85
山間地	8.86	7.27	5.00	1.73	0.54	1.59
千代田区	3.30	3.22	2.56	0.66	0.00	0.08

2.5棟分に相当する。

(8)まとめ

①林野庁の統計情報等を参考にして、人工針葉樹林を50年周期で更新するために必要な伐採量4000万m3を実現するために、建築分野における木材使用の目標値として新築着工木造率は70%・木材自給率は40%を導いた。

②国土交通省の統計データ等を参考にして、新築着工木造率70%・木材自給率40%を達成するために必要な、非住宅中大規模建物の規模別木造化率の目標値を求めた。結果としては、非住宅建物の内、1～3階建ての建物の2/3、4～5階建ての建物の1/2、6～9階建ての建物の1/3を木造化すれば、①の目標は達成可能となる。

③9階建てのRC造住宅と、鉄骨造オフィスを対象として、大規模木造建物の実現可能性を検討した。結果としてはいずれの場合も等価な木造断面を求めることは可能であることが分かった。次に、9階建て建物をS造またはRC造で建設した場合と、木質構造で建設した場合について、建設時の部位別CO2 排出量の比較を行った。結果としては、柱・梁を木造化しても、床・壁が非木造の場合、CO2 排出の削減率は低いレベルに留まるのに対し、床・壁を木造化すると、柱・梁が非木造のままで、かなり大きなCO2 排出削減ができることが分かった。

④床を木質構造化した場合、建物の固有周期帯域が1～2秒の範囲では、軽量化により応答値が増大する可能性がないか、検討を行ったが、そのようなことは実際には起こらないことを確認した。

⑤環境モデル都市データを整理することにより、地域別のCO2 排出の特徴を比較した。また木材生産の観点から、都市部と中山間地の経済的連携の可能性を検討した。結果としては、中山間地で生産されたバイオマスを燃料として都市部に供給することで、都市部のCO2 排出削減に繋がり、またそのような連携が、木材の活用促進にも有益であることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

①稲田達夫、建築分野における木材活用のシナリオ「新築着工木造率70%・木材自給率40%を目指して」、木材工業、査読無し、Vol.66、No.12、2011、572-576

②稲田達夫、建築分野の木材活用促進をいかに進めるべきか、建築雑誌、査読無し、Vol.126、No.1622、2011、51-51

③稲田達夫、地下都市インフラ整備計画ー「安全安心のビジョン2050」の提案、コンクリート工学、査読無し、VOL.49, No.1、2011、16-20

〔学会発表〕（計6件）

①稲田達夫、地球環境時代における木材活用推進のシナリオ、日本建築学科大会地球環境部門研究協議会、2011.8.23、早稲田大学

②稲田達夫、建築関連分野の温暖化対策アクションプラン策定に向けて、日本建築学会建築・都市の低炭素化連続シンポジウム、2011.3.12、福岡大学

③稲田達夫、低炭素社会に向けて建築構造分野はどう進むべきか、日本建築学会大会地球環境部門研究協議会、2010.9.9、富山大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

稲田 達夫 (INADA TATSUO)  
福岡大学・工学部・教授  
研究者番号：80580175

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：