

戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）
研究開発領域「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」
研究開発プログラム「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」

研究開発プロジェクト
「快適な天然素材住宅の生活と脱温暖化を『森と街』の直接
連携で実現する」

研究開発実施終了報告書

研究開発期間 平成21年10月～平成25年9月

研究代表者氏名：田中 優
所属、役職：天然住宅、共同代表

目次

1. 研究開発プロジェクト	3
2. 研究開発実施の要約	3
■本プロジェクトの目標	3
■実施項目・内容	3
■主な結果・成果	3
2-1. 研究開発目標	5
2-2. 実施項目・内容	6
2-3. 主な結果・成果	7
2-3-1 背景	7
2-3-2 目的・手法	7
■A. 森を守る仕組み	8
■B. 「森と街」を直結した家づくりのための技術	9
■C. 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり	11
■D. 2050 年 LCCO ₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定	12
(i) 全国的に普及させるためのシナリオ	13
(ii) CO ₂ 削減効果の定量化（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）	14
2-4. 研究開発実施体制	14
3. 研究開発実施の具体的内容	15
■背景・目的・手法	15
■A. 森を守る仕組み	15
■B. 「森と街」を直結した家づくり	16
■C. 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり	17
■D. 2050 年 LCCO ₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定	18
(i) 全国的に普及させるためのシナリオ	19
(ii) CO ₂ 削減効果の定量化（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）	20
3-1. 研究開発目標	20
3-2. 実施項目	21
3-3. 研究開発結果・成果	24
3-3-1. 研究開発の背景と目的	24
3-3-2. 本プロジェクトの研究開発結果・成果	25
3-3-2-1. 研究開発実施に向けての準備調査等（2009 年度）	25
3-3-2-2. 2010 年度以降の研究開発結果・成果	27
A. 森を守る仕組み — 森と街の直接連携のために	27
A.1 持続的な林業（育林を含む）が実現可能であることの実証	27
A.2 林産業と住宅建設を直接つなぐ一気通貫モデルの拡大とその実証（天然住宅グループ）	30
A.3 国産材の中間マージンを排した、林産地と住宅建設を直接つなぐ一気通貫ビジネスモデルの検証（埼玉大学グループ）	31
A.4 国産材の潜在的生産量についてのシミュレーション分析	31
A.5 持続的な林業・林産業を妨げている要因についての分析	32
A.6 持続的な林業・林産業を広げていくためのマニュアルに係る調査研究	33
B. 「森と街」を直結した家づくり — 国産木材多用住宅の性能評価	33
B.1 省エネ・長寿命の国産木材多用住宅の開発とその性能評価	33
B.2 木材の物性調査、及び、化学成分の利活用に関する調査	38
B.3 国産木材多様住宅実務を広げていくためのガイドに係る調査研究	49
C. 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり — 国産木材多用住宅の普及に必要となる仕組み	50
C.1 米国の中古住宅市場調査およびインプリケーション	50
C.2 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けたモデル分析	52
C.3 国産材需要拡大のための国産材・木造建築需給システム研究	53
C.4 日本の住宅と国産木材の需給構造についての計量経済分析	53

C.5	認証制度の創設	54
C.6	森林の循環に合う金融システムの検討	54
C.7	持続可能な林業・林産業に資する金融的支援システムの実践	55
D.	2050年LCCO ₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定 — CO ₂ 削減シナリオ（埼玉大学グループ）	55
D.1	2050年カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの予備的検討	55
D.2	2030年のCO ₂ 排出削減シナリオ分析についての試算策定等	57
D.3	住宅建設・解体までを含めた垂直連携型木材流通システムのLCA評価	57
3-3-3	ラウンドテーブル（RT）の実施	63
3-3-4	その他（311以降の課題とその対策について）	63
3-4.	今後の成果の活用・展開に向けた状況	65
3-5.	プロジェクトを終了して	66
4.	研究開発実施体制	66
4-1.	体制	66
4-2.	研究開発実施者	68
4-3.	研究開発の協力者・関与者	71
5.	成果の発信やアウトリーチ活動など	72
5-1.	社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など（実施例）	72
5-2.	論文発表	73
5-3.	口頭発表	74
5-4.	新聞報道・投稿、受賞等	76
5-5.	特許出願	77
別添	政策提言・呼びかけ	78

1. 研究開発プロジェクト

(1) 研究開発領域：地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会

(2) 領域総括：堀尾 正靱

(3) 研究代表者：田中 優（天然住宅、共同代表）

(4) 研究開発プロジェクト名：「快適な天然素材住宅の生活と脱温暖化を『森と街』の直接連携で実現する」

(5) 研究開発期間：平成21年10月～平成25年9月

2. 研究開発実施の要約

■本プロジェクトの目標

本プロジェクトは、領域目標のもと、地球温暖化対策に関わる地域に根ざした研究開発として、1) 森と街を直接連携して中間市場を介さず国産木材多用の天然素材住宅を建設することで、国内の林産地の復活、輸送・建設・建替え時のCO₂の削減、木材多用によるCO₂の固定促進、という総合的スキームの開発、および、その全国的普及のためのプラットフォーム（ラウンドテーブル）開発、2) 需要拡大のために、適気密・高断熱の天然素材住宅の市場価値を高めるための性能把握、3) それにもとづく認証システムと市民型金融システムの開発を企画した。すなわち、本プロジェクトは「新たな発想に基づく持続可能な社会システム実現により、国内外で有効に活用されるよう、一般化、体系化」をまさに実現しようと試みたものである。

■実施項目・内容

本プロジェクトでは、消費者である住宅施主と住宅業者から林業家までの木造住宅供給経路を、中間市場を介さず直接連携することにより、(a) 林産業と林業の経営を成立させ、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林への移行を図り、(b) 国産材木造環境優良住宅を適正価格で供給するための研究開発を行った。加えて、(c) 天然素材で適気密と断熱性を実現した住宅で健康、快適な生活を省エネルギー下で実現させる脱温暖化のライフスタイルを住み手とともに追求し、(d) その普及、社会浸透を通じて 2050 年に LCCO₂ でカーボンニュートラルを達成する目標に向けての着実な社会変化の見込みをマクロ分析により確認した。

上記 (a) ～ (d) の実施項目に対して、下記 (A～D) の研究開発を行った。

- A. 森を守る仕組み
- B. 「森と街」を直結した家づくり
- C. 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり
- D. 2050 年 LCCO₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定

■主な結果・成果

・A. 森を守る仕組み

A. では、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林へ移行し、助成金なしで成り立つ林業経営についての研究開発を行った。

ここで日本の住宅等に関する木材需要は、人工林の自然成長量だけ、つまり、わが国の人工林のストックを減らさずにフロー量だけの生産による国産材で賄えることが明らかになった¹。さらに、自伐林業を中心とした調査により、林業経営では、補助金に頼らずに林業だけで十分な所得を得られる可能性があることがわかった。

それにもかかわらず、国産材は 20%程度しか供給されていない

この点に関して木材流通構造の面から検証した結果、市場経済に任せた場合、供給サイドの改善だけでは木材市場の需給ギャップは埋まらないことがわかった。また、木材統計等を調査した

¹ 詳細は前田（2013a）を参照。

結果、大規模な業者は大量仕入れ大量出荷することで規模の経済を活かすとともに、プレカット工場経由で木材流通経路を短縮化するなど合理化を図り、激化している住宅販売競争でシェア拡大を進めていることがわかった。

このような競争により、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林へ移行し、助成金なしで成り立つ林業経営を行うには、適正価格の木材購入を実現させるために、住宅施主と住宅業者から林業家までの木造住宅供給経路を、中間市場を介さず直接連携することが必要である。

そこで中間市場を介さず直接連携する「一気通貫型木材流通システム」について、林業・林産業双方の採算性が確保されるか否かを検証したところ、CO₂ 排出量は、システム合計で 65.5kg-CO₂/m³ となり、現状の木材流通システムに比べ 33%の削減となることがわかった。

・B. 「森と街」を直結した家づくりのための木材の物性評価

B. では、建材としての国産材そのものの物性も含め、国産木材多用住宅の性能評価を行った。

ここで、高気密にするのではなく、木の特性を活かした「適気密」にすることで構造材が腐朽菌等に侵されず、耐久性を高められることがわかった。しかし、木の特性を活かした適気密を実現するには一定程度構造材として木材を多用する必要がある。

また、粘り度の高い低温で乾燥させた木材の使用が、高温乾燥材よりも適していると考えられ、低温乾燥および薫煙乾燥により得られた材は温度と湿度変化に起因する季節変動が小さい一方で、高温乾燥材および中温乾燥材は影響が大きかった。したがって、建材として多用する木材は、低温乾燥材を利用することの合理性が一定程度認められたことになる。

・C. 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり

C. では、住まい手の最も関心の高い「健康」に焦点を当て、加えて、当該住宅が従来型の日本の住宅のように平均 30 年で解体されるようでは、住宅保有者にとって経済的な負担がかかるだけでなく、資源の無駄使いである上に、地球環境にとって問題であることから、中古住宅市場の促進に必要となる国産木材多用住宅の普及促進方法に関して研究開発を行った。

具体的には、人間－住宅－森林（環境）との間に連続性を持たせることで、住宅と人の関係のあり方、住宅そのもののあり方、住宅を通した環境との共生のあり方を、経済的優位性を持った社会システムとして作り上げることを目的とする、新たな住宅認証制度（含む「住まい方アドバイス²⁾」）の研究開発を行い、実際に普及できる制度を構築した。

なお、この認証制度により推奨されるような、適気密で、しかも、人にやさしく（健康的に安全）、国産木材を多用した住宅を設計・施工するためには、通常とは違った建築スキルが必要となる。そこで本プロジェクトでは、上記のような住宅を設計・施工するために必要となる実務的な事項をまとめた「実践ガイド」を作成した。

とはいえ、住宅ローンとなると多額の資金が必要になることから、やはり銀行等との連携が欠かせない。そこで不動産関係の研究者や金融機関等のステークホルダーを交えてミニ・ラウンドテーブル³⁾を開催した。その結果、住宅金融支援機構におけるフラット 35 の住宅評価基準に準拠していると「金融的な手当て」という意味で有効に機能する可能性が高いことがわかった。

加えて、独自の住宅認証および住宅のメンテナンス体制に係る仕組みを構築するとともに、非営利の市民金融を活用し、つなぎ融資 や省エネ・自然エネルギーに対する融資だけでなく、中古住宅の買取や、将来的には非営利の仕組みを利用した住宅ローンの仕組みまで射程に入れた、トータルなシステム構築に向け研究を続けてきた。他方で、林業・林産業に関しても、労働生産性の問題の他、金融的な問題も存在しているため、この点に関しても市民金融として支援する仕組

²⁾ 中古住宅として売買する場合でも十分な耐久性等を維持していくためには、住まい手も住宅のメンテナンスを行う必要がある。どのような点を住まい手が注意すべきか、また、メンテナンスを行っていくべきか等をまとめたものが「住まい方アドバイス」である。

³⁾ 本プロジェクトでは参加者が様々な角度から議論をし、議論を踏まえて研究開発を推進している。そのため、議論の場としてのラウンドテーブルを重要視している。ここで特定の分野に偏った参加者だけで議論をする場合、特に「ミニ・ラウンドテーブル」とし、参加者を特定せず、広く様々な立場の人々で議論をする場合を「ラウンドテーブル」として区別している。

⁴⁾ 日本に中古住宅市場を根付かすために必要な認証制度を主に金融機関の立場から検証するための平成 23 年 10 月 24 日に実施。

みを研究した。

その結果、復興支援のための融資の他、天然住宅バンクでは「ペレットはがき商品券」というものを作り、ペレット製造側（林産業者）に前受で資金が入る仕組みを構築し、実施した。また天然住宅バンクでは、天然住宅と共同で森と街を直接つなぐために「皮むき間伐ツアー」を企画し、住宅購入予定者を含む一般の人々（街の人々）に実際に皮むき間伐をしてもらうなど、「住宅版のエコツーリズム」を実践している。

今後も非営利の市民金融（または、それを母体とする派生的な活動）の可能性を研究開発していく予定である。

・D. 2050 年 LCC02 カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定

本プロジェクトでは、「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現を通して、2050 年 LCC02 カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオを策定することを目的としている

そこで、まず、国産木材多用住宅の普及シナリオ作成とその CO2 排出削減効果予測について、都道府県政令市別の住宅エネルギー消費量詳細推計データベースを開発し、それを用いて 2030 年までの CO2 排出削減シナリオ分析を試行実施し、2050 年カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの予備的検討を行った。

次に、2030 年の CO2 排出削減シナリオ分析について試算を行い、また、平行して日本建築学会地球環境委員会内において 2050 年までに LCC02 でカーボンニュートラルを実現するための住宅開発シナリオ検討WGを設置し関連研究者を交えた討論を行っており、また、住宅の CO2 排出削減について既往のロードマップ（例、環境省の膨大な資料）を参考に建築学会独自設定案を構築する作業を行っており、さらにそれを参考に当 PJ の木造住宅に限った CO2 排出削減シナリオ設定作業を進めた。

上記では、垂直連携型木材流通システムにより建設された国産材多用の木造住宅及び、現状型システムにより建設された一般木造住宅の 2 パターンのみの LCC02 比較検証を行った。しかしここでは、林業過程における伐採方法や植林方法、森林の炭素貯蔵量等も含めた詳細な LCC02 の比較検討は行っていなかったうえ、運用時の CO2 排出量の削減に関しては検討していなかった。ところが、住宅にかかる CO2 排出量の内、運用時における割合は約 80%と多いため、この部分も検討する必要があった。そこで、林業から、製材所における加工、工務店における住宅建設、解体、木材の再利用までの各段階での作業を幾つかのパターンに細分化し、より詳細で汎用性の効く木材流通システム、住宅の LCC02 比較検証を行った⁵。

以上のような研究開発、及び、「森（林業・林産業）」から「街（工務店・設計士等）」を直接垂直連携した天然素材住宅を全国的に普及させるためのシナリオ及び CO2 削減効果の定量化を行った。

2-1. 研究開発目標

日本の地球温暖化・気候変動対策を考える場合、国産材による木質多用住宅の市場規模を大幅に拡大させつつ、昭和 30 年代の 7 年間約 5000 万 m³ 程度の出荷量を再現し、それにとまって発生するバイオマスの経済的な利用を推進することが必要である。そのために、従来の供給側からの対策を実施しても経済のグローバル化の進展等により国産材は使われないことから、政府は「新流通・加工システム」や「新生産システム」を実施した。しかし、このような政策は中山間地において経済拠点として存在し、国産材の主な供給者である中小の製材業者等を市場から排除し、大規模プレカット工場等以外は生き残れないため、地域経済は一層歪な状態になる。しかも、プレカット材として国産材が使用されたとしても、プレカット材は住宅メーカー等に安価に大量に供給されることから、原木供給サイドに渡る売上は育林費用も賄えない金額となり、林業従事者の減少等から森林破壊を助長することとなる。

そこで本プロジェクトは領域目標⁶に対して、地球温暖化・気候変動に関わる研究開発を行うこ

⁵ 詳細は保井、川村、小濱、橋本、倉持、遠藤、高口（2012）を参照。

⁶ 領域目標

1. 温暖化・環境共生に関わる研究開発を、横断的で総合的な、新たな発想に基づく持続可能な社会システム実

とを目標として、森と街を直接連携することで、国産木材の天然素材住宅を建設し、国内の林産地の復活を図り、輸送・建設・建替え時のCO₂を減らすとともに、木材によるCO₂の固定を企図した。それは「新たな発想に基づく持続可能な社会システム実現により、国内外で有効に活用されるよう、一般化、体系化」をまさに実現しようと試みたものである。

2-2. 実施項目・内容

上記の目標に対して本プロジェクトでは下記（①～③）のようなアプローチで取り組んだ。

- ① 消費者である住宅施主と住宅業者から林業家までの木造住宅供給経路を、中間市場を介さず直接連携することにより、(a) 林産業と林業の経営を成立させ、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林への移行を図り、(b) 国産材木造環境優良住宅を適正価格で供給する。(c) 天然素材で適気密と断熱性を実現した住宅で健康、快適な生活を省エネルギー下で実現させる脱温暖化のライフスタイルを住み手とともに追求し、(d) その普及、社会浸透を通じて2050年にLCCO₂でカーボンニュートラルを達成する目標に向けての着実な社会変化の見込みをマクロ分析により確認する。
- ② 上記①のために下記（(a)～(d)）を開発した。
 - (a) 適正価格の木材購入を実現し、助成金なしで成り立つ林業経営の開発
 - 木材から住宅建設までの一貫生産
 - 木材の欠点の克服と品質保証
 - 木材製品生産と利用の多角化、及び、低強度材や羽柄材を活用することによる歩留まり向上
 - 革新的な林業技術の採用
 - (b) 付加価値が高く、木材の特性に合わせた住宅開発
 - 適正価格で住宅を販売するための高付加価値の住宅建築
 - 適気密、高断熱で暖房冷房に依存しないでも快適健康な住宅の開発
 - 壁内結露を起こさない建築技術の採用
 - (c) 脱温暖化を実現し、徹底した自然素材利用、化学物質排除した住宅開発、および、ユーザーが安心して住宅を購入できるスキームの開発
 - 脱温暖化の実現
 - 木材多用型住宅
 - 住宅の長寿命化、可変的な設計
 - 住宅の省エネ、低炭素化
 - 徹底した自然素材利用、化学物質排除
 - 健康影響が問題の化学物質を含む接着剤等を一切使わないようにし、塩化ビニール等のプラスチック類も極力使わず、自然素材を徹底利用するため素材工房を併設、電磁波シールド対策を施した住宅の開発
 - ユーザーが安心して住宅購入できるスキーム開発
 - 特定非営利金融法人活用による融資の開発
 - 天然素材住宅認証による環境優良性の明示
 - (d) 2050年LCCO₂カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオ策定
 - 現況木造住宅と天然素材住宅の比較分析
 - 建設過程におけるLCCO₂ライフサイクル排出評価
 - 2050年LCCO₂カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオ策定
- ③ 上記①、②を全国的に普及させるためのシナリオ及びCO₂削減効果の定量化
 - (i) 全国的に普及させるためのシナリオ
 - (ii) CO₂削減効果の定量化

現のための取組みとして構想し、地域の現場においてその科学的実証を試みます。また、それらが国内外で有効に活用されるよう、一般化、体系化を目指します。

2. 活力ある地域づくりを、脱温暖化・環境共生の視点から再定義して進めるため、既存の取組みや施策、行政システム、制度等を科学的に整理・分析し、地域の新しい価値を見出すための分野横断的な計画・実践手法、新しい価値の評価手法、及びそれらの普及方法を開発します。

2-3. 主な結果・成果

2-3-1 背景

農林水産省（1997）によると、製材用木材の8割が建材用として使用される（表2.3.1）。したがって、日本の地球温暖化・気候変動対策を考える場合、国産材による木質多用住宅の市場規模を大幅に拡大させつつ、国産木材の出荷量を増やし、それにともなって発生するバイオマスの経済的な利用を推進することが必要である。

しかし、日本の製材用木材の大半は外材であることから、現状のままで木造住宅供給を増やしてみても、なんら日本国内での地球温暖化・気候変動対策にはならない（図2.3.1）。

【表2.3.1 製材用の木材の用途（推計）⁷⁾】

	総数	建築用		土木建築・ 梱包用
		住宅	その他の建築	
需要量(万m ³)	5,038	3,567	473	998
構成比(%)	100	71	9	20

【出所】農林水産省(1997)

資料: 林野庁「平成7年木材需給表」、農林水産省「平成6年木材需給報告書」、建設省「建設資材・労働力需給実態調査(平成5年)」、「建設着工統計調査(平成6年)」

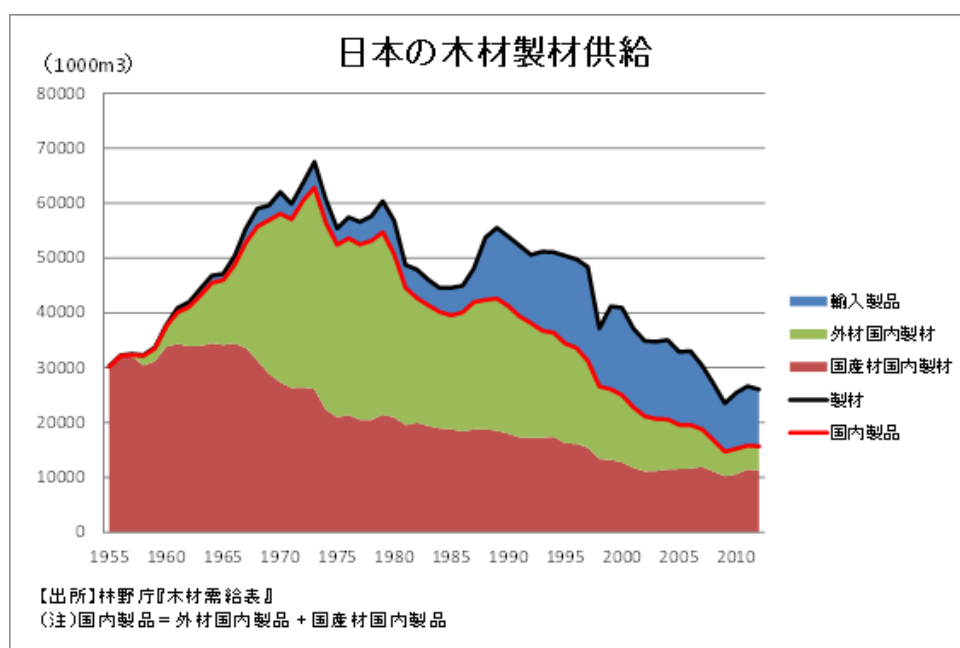


図2.3.1 日本の木材（製材）供給

2-3-2 目的・手法

そこで本プロジェクトでは、消費者である住宅施主と住宅業者から林業家までの木造住宅供給経路を、中間市場を介さず直接連携することにより、(a) 林産業と林業の経営を成立させ、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林への移行を図り、(b) 国産材木造環境優良住宅を適正価格で供給するための研究開発を行った。加えて、(c) 天然素材で適気密と断熱性を実現した住宅で健康、快適な生活を省エネルギー下で実現させる脱温暖化のライフスタイルを住み手とともに追求し、(d) その普及、社会浸透を通じて2050年にLCCO2でカーボンニュートラルを達成する目標に向けての着実な社会変化の見込みをマクロ分析により確認した。

⁷⁾ 農林水産省（1997）「第1部、1、(1) 木材需要の動向」参考付表 I-2

上記（a）～（d）の実施項目に対して、下記（A～D）の研究開発を行った。

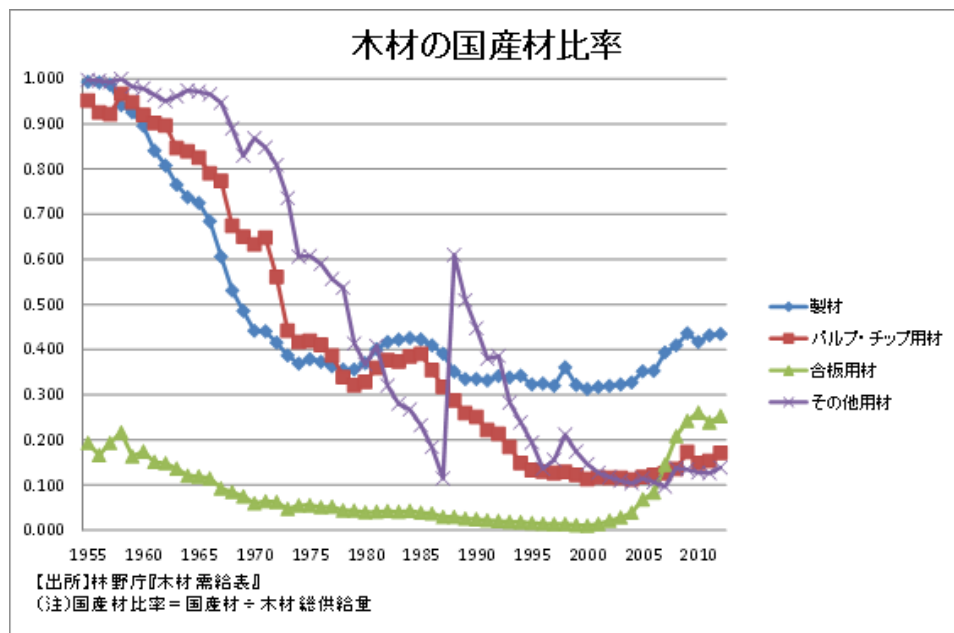
- A. 森を守る仕組み
- B. 「森と街」を直結した家づくり
- C. 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり
- D. 2050 年 LCC02 カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定

■A. 森を守る仕組み

A. では、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林への移行し、助成金なしで成り立つ林業経営についての研究開発を行った。

ここで日本の住宅等に関する木材需要は、人工林の自然成長量だけ、つまり、わが国の人工林のストックを減らさずにフロー量だけの生産による国産材で賄えることが明らかになった⁸⁹。さらに、自伐林業を中心とした調査により、林業経営では、補助金に頼らずに林業だけで十分な所得を得られる可能性があることがわかった。

それにもかかわらず、国産材は 20%程度しか供給されていない（図 2.3.2）。



【図 2.3.2 木材の国産比率】

この点に関して木材流通構造の面からサーチャ理論をベースにモデル分析した結果、市場経済に任せた場合、供給サイドの改善だけでは木材市場の需給ギャップは埋まらないことがわかった（A.2[埼玉大学グループ]）。また、木材統計等を調査した結果、大規模な業者は大量仕入れ大量出荷することで規模の経済を活かすとともに、プレカット工場経由で木材流通経路を短縮化するなど合理化を図り、激化している住宅販売競争でシェア拡大を進めていることがわかった¹⁰。

このような競争により、素材となる国産材も需要され、自給率も高くなってはいるものの、それは輸入製材との価格見合いで購入されているだけなので、素材産業の経営は厳しいままであり、森林整備に資金は回らない。他方、外材よりも国産木材を選好する傾向の強い中小業者¹¹は厳しい

⁸⁹図 3.3.2.2.4 より、平成 15 年から平成 19 年の間、実際の製材用材需要量は 16,619 万 m³ なので、これまでの推計から現状の森林保有量による自然成長量により、国内の製材用材需要の 1.45 倍の木材供給力が存在していると考えられる。

⁹ 詳細は前田（2013a）を参照。

¹⁰図 3.3.2.2.A.5 を参照。

¹¹図 3.3.2.2.A.6 を参照。

経営状況の中で多くが破たんし、残った業者も国産木材の調達に問題を抱えていることがわかった。また、このような状況の解決のためには、市場経済からの経路とは異なるオルタナティブなルートとしての「森（林業等）と街（住宅需要）」を一元的に管理する事業スキームが必要であることがわかった（A.5 [埼玉大学グループ]）。

つまり、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林への移行し、助成金なしで成り立つ林業経営を行うには、適正価格の木材購入を実現させるために、住宅施主と住宅業者から林業家までの木造住宅供給経路を、中間市場を介さず直接連携することが必要であることが判明した。

そこで中間市場を介さず直接連携する「一気通貫型木材流通システム」について、林業・林産業双方の採算性が確保されるか否かを検証したところ、CO₂ 排出量は、システム合計で 65.5kg-CO₂/m³ となり、現状の木材流通システムに比べ 33%の削減となることがわかった（A.1①[埼玉大学グループ]）。動学的最適化分析においても、流域圏の自然環境を保全しつつ、住宅建築を考慮した森林の二酸化炭素純吸収量を最大化させるという最適な管理システムの動学的な解経路は存在することがわかった（A.3[埼玉大学グループ]）。

■B.「森と街」を直結した家づくりのための技術

このような「一気通貫型木材流通システム」ができたとしても、木造住宅の耐久性や国産木材の品質（強度等）に疑問を持つ住宅購入者が多ければ、木造住宅が需要されず、国産木材の需要は高まらない。そこでここでは、木造住宅の耐久性を低下させる腐朽菌の問題を解決する構法について研究し、同時に木材の性能についても調査を行った。木材の性能評価においては、輸入材や国内で大量に生産される木材に多い高温乾燥材と自然乾燥に近い低温乾燥材に分けて調査を行った（自然乾燥では在庫期間が長く、金利負担等がかさむため、経済効率の面で問題があることから、ここでは対象から外している）

・「適気密¹²」という考え方

木造住宅の耐久性を低下させる主因は腐朽菌の増殖である。したがって、木造住宅の耐久性を維持するには、居住時の外壁内の木材含水率が腐朽菌の増殖が抑えられる 20～30%¹³に保たれていることが必要である。そこで本プロジェクトでは、天然住宅が企画・設計を行い建設した国産木材多用住宅の室内環境について実測調査を行った¹⁴結果、冬期のデータ¹⁵より、測定箇所の温湿度分布は乾性カビが発生する条件の範囲に含まれていないことを確認した。他方、夏期のデータ¹⁶からは通気層と断熱材の一部で乾性カビが発生する可能性のある条件を満たした。しかし、長期的に乾性カビが発生する可能性がある温湿度を保っていないこと、通気層によって換気が行われていることなどから夏期における 1 階及び 2 階の壁内ではカビが発生している可能性は低いと考えられる。したがって、木材を多用することにより、住宅は「適気密」なり、長寿命を実現するものと考えられる（B1① [埼玉大学グループ]）。

・低温乾燥

当該住宅においては、大工が手刻みで加工した木材を使用した伝統構法によって建てられていることから、当該住宅に使用される木材は、木材の繊維が破壊される高温乾燥では建築することが困難となる（図 2.3.3）。本来、当該住宅に最も適しているのは自然乾燥された木材ではあるが、自然乾燥では時間的な問題もあり、効率的な建築ができなくなる。

¹² 学術用語ではなく、木の自然な湿度調整機能を活かした気密管理システムのことであり、高気密に対する気密の考え方。

¹³ 桃原 郁夫（2008）「20%～30%の含水率の期間は、強度低下等に現れる腐朽菌の進行に寄与しない可能性がある（p.597 引用）」

¹⁴ 省エネ自然素材住宅 EV（東京都文京区）2 戸を対象に、木造住宅部分と RC 住宅部分の実測を行い、居住環境について分析を行った。同様に戸建住宅 Y 邸（東京都目黒区）および T 邸（埼玉県所沢市）についても居住環境について実測、分析を行った。

¹⁵ 図 3.3.2.2.B.3、及び、図 3.3.2.2.B.4 を参照。

¹⁶ 図 3.3.2.2.B.5、及び、図 3.3.2.2.B.6 を参照。



【図 2.3.3 高温乾燥とくんえん乾燥（3ヶ月天日）】

そこで本プロジェクトでは、木材の繊維を破壊せず、時間的には自然乾燥よりも早い、低温乾燥機を開発した（B1② [天然住宅グループ]）。

- ・木材の物性調査、及び、化学成分の利活用に関する調査

本プロジェクトの住宅は、この低温乾燥機により、木材の繊維を破壊せず、時間的には自然乾燥よりも早い、低温で乾燥させた木材を使用する。

本プロジェクトでは、低温乾燥木材の物性調査について、以下のような方法を行った。

i) 曲げ試験及び破壊実験

上記低温乾燥機により乾燥させた木材を使用して、曲げ試験及び破壊実験を実施した結果、乾燥方法の違いによる木材強度の点では有意な違いは認められないものの、粘り度（荷重－たわみ曲線の比例限度以降のたわみ）においては低温乾燥材と高温乾燥材に有意な差が認められた。この結果は、木材の粘り度を利用して住宅建材を接合する「木組み」等を行う場合に有利に働くと考えられる。木組みは、金具等によって接合した場合に比べて、（木材と金属の温度変化に対する違いから生じる）結露等による腐食等の影響が少ないことが考えられることから、住宅強度を向上させる可能性が高まる。したがって、住宅強度を考えた場合、木組みで行うことが多い伝統構法を選択することが合理的であり、しかもこの場合、粘り度の高い低温で乾燥させた木材の使用が、高温乾燥材よりも適している（B.2②[名古屋大学グループ]）。

ii) 乾燥法の異なる実大製材を対象としたクリープ試験

実大梁材の長期間荷重性能試験（クリープ試験）において、クリープ変位（たわみ量）の季節変動の仕方が乾燥法によって異なることが明らかとなった。すなわち、低温乾燥および薫煙乾燥により得られた材は温度と湿度変化に起因する季節変動が小さい一方で、高温乾燥材および中温乾燥材は影響が大きかった¹⁷。

iii) 乾燥方法による化学成分の含有量変化について調査

2011年度の木材の物性調査の予備検討として乾燥方法による化学成分（セルロース、ヘミセルロース、リグニン）の含有量変化について調査した結果、乾燥温度が高くなるとヘミセルロースおよびセルロースの一部が分解し、強度低下を招く恐れがあることが判明した¹⁸。

以上のように、高気密にするのではなく、木の特性を活かした「適気密」にすることで構造材

¹⁷図 3.3.2.2.B.9 を参照。

¹⁸図 3.3.2.2.B.10 を参照。

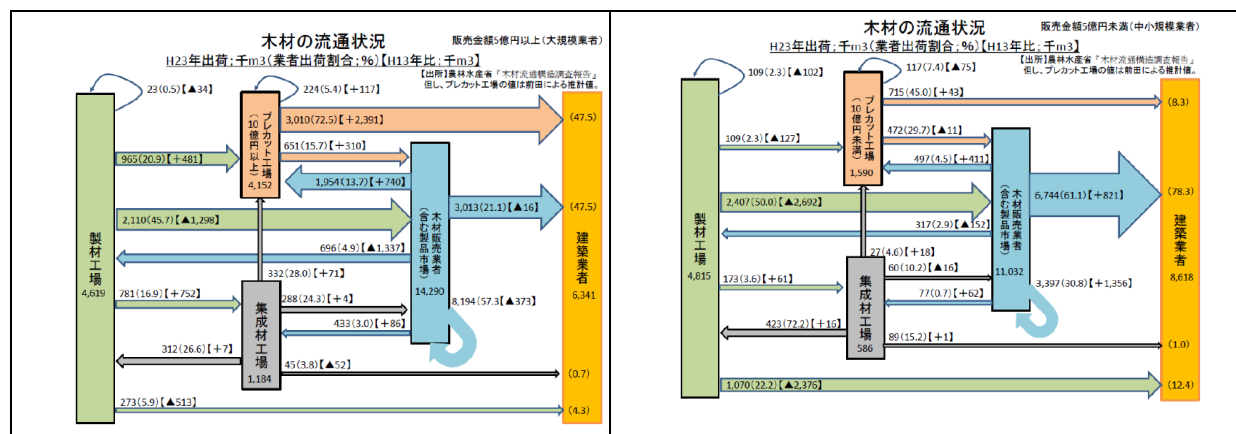
が腐朽菌等に侵されず、耐久性を高められる。木や自然素材などの吸放出性能を有する建材を組み合わせることによって構造体内の絶対湿度を下げ、結露しない環境を創り出すことになり、これによって木構造材が平衡含水率に落ち着き、腐朽菌が発生しない環境が整うことになる。

また、粘り度の高い低温で乾燥させた木材の使用が、高温乾燥材よりも適していると考えられ、低温乾燥および薫煙乾燥により得られた材は温度と湿度変化に起因する季節変動が小さい一方で、高温乾燥材および中温乾燥材は影響が大きかった。したがって、建材として多用する木材は、低温乾燥材を利用することの合理性が一定程度認められたことになる。

■C.「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり

・認証制度の創設

とはいえ、現在主流である構造材はプレカットされたものであり、プレカット材の多くは高温乾燥されたものである。図 2.3.4 からわかるように日本では、大規模建築業者がプレカット材を中心とする木材流通を先鋭化する中、規模は大きくないものの中小建築業者が中心となって国産材を調達しているという構造になっている。しかし、中小の建築業者が購入する木材の量は個々には限定的なので、規模の経済が働かず、また、より小規模な製材工場では乾燥設備が整っている業者は少ない¹⁹ことから、品質を求めればコストが高くなり、激しい競争の中、生き残りが難しい状態になっている。中小の製材工場は乾燥設備等を整えるための設備投資をしても規模の経済が働かないことから大規模製材工場におされ、中小製材工場の破たんも増加傾向にある²⁰。



【図 2.3.4 木材流通の状況】

このように林業・林産業等の木材供給者の労働生産性や技術革新を行っていても、木材需要がなければ、森が維持されない。そこで本プロジェクトでは、住まい手の最も関心の高い「健康」に焦点を当て、加えて、当該住宅が従来型の日本の住宅のように平均 30 年で解体されるようでは、住宅保有者にとって経済的な負担がかかるだけでなく、中古住宅市場の促進に必要となる国産木材多用住宅の普及促進方法に関して研究開発を行った。

具体的には、人間－住宅－森林（環境）との間に連続性を持たせることで、住宅と人の関係のあり方、住宅そのもののあり方、住宅を通した環境との共生のあり方を、経済的優位性を持った社会システムとして作り上げることを目的とする、新たな住宅認証制度（含む「住まい方アドバイス²¹」）の研究開発を行い、実際に普及できる制度を構築した（C.5[天然住宅]_森と街をつなぐ住宅認証概要_別添付録 2、及び、住まい方アドバイス_別添付録 3）。

なお、この認証制度により推奨されるような、適気密で、しかも、人にやさしく（健康的に安

¹⁹ 林野庁（2010b）「零細な製材工場では、乾燥機の導入・運転コストが経営の負担」（p.124 引用）。

²⁰ 稲熊（2010）p.125 参照。

²¹ 中古住宅として売買する場合でも十分な耐久性等を維持していくためには、住まい手も住宅のメンテナンスを行う必要がある。どのような点を住まい手が注意すべきか、また、メンテナンスを行っていくべきか等をまとめたものが「住まい方アドバイス」である。

全)、国産木材を多用した住宅を設計・施工するためには、通常とは違った建築スキルが必要となる。そこで本プロジェクトでは、上記のような住宅を設計・施工するために必要となる実務的な事項をまとめた「実践ガイド」を作成した (B.3[天然住宅]_実践ガイド_別添付録1)。

- ・森林の循環に合う金融システムの検討

このような認証制度ができたとしても、住宅はローンで購入することが多いことから、当該認証が銀行に評価されなければ、実際には中古住宅市場は機能しないことになる。この点は個別の銀行経営に関わる問題だけに、当該認証システムが信用に足るものであると認識されるまでは、当該システムを使った価値評価を行う銀行は多くないと思われる。そのため本プロジェクトでは、既存の金融機関ではなく、市民が設立した非営利の金融機関 (NPO バンク²²) を利用して、少なくとも中古住宅のスケルトン部分 (基礎及び構造部分) について、住宅性能やこれまでの住宅履歴に基づいて一定基準以上であった場合には (価値に見合った妥当な金額で) 買取る仕組みを取り入れることを制度化するための研究を行っている。実際に買い入れる仕組みが制度化されれば、当該認証システムの活用事例が増加することが考えられる。活用事例が増加するにつれ、銀行が当該認証システムを「信用に足るもの」と認識すれば、自然に中古住宅市場が日本でも機能するようになると考えられる。

とはいえ、住宅ローンとなると多額の資金が必要になることから、やはり銀行等との連携が欠かせない。そこで不動産関係の研究者や金融機関等のステークホルダーを交えてミニ・ラウンドテーブル²³を開催した。その結果、住宅金融支援機構におけるフラット 35 の住宅評価基準に準拠していると「金融的な手当て」という意味で有効に機能する可能性が高いことがわかった (C.6[天然住宅])。

- ・持続可能な林業・林産業に資する金融的支援システムの実践

本プロジェクトは、独自の住宅認証および住宅のメンテナンス体制に係る仕組みを構築するとともに、非営利の市民金融を活用し、つなぎ融資 や省エネ・自然エネルギーに対する融資だけでなく、中古住宅の買取や、将来的には非営利の仕組みを利用した住宅ローンの仕組みまで射程に入れた、トータルのシステム構築に向け研究を続けてきた。他方で、林業・林産業に関しても、労働生産性の問題の他、金融的な問題も存在しているため、この点に関しても市民金融として支援する仕組みを研究した。

その結果、復興支援のための融資の他、全国 NPO バンク連絡会所属の天然住宅バンクと協力して「ペレットはがき商品券」というものを作り、ペレット製造側 (林産業者) に前受で資金が入る仕組みを構築し、実施した。また天然住宅バンクでは、天然住宅と共同で森と街を直接つなぐために「皮むき間伐ツアー」を企画し、住宅購入予定者を含む一般の人々 (街の人々) に実際に皮むき間伐をしてもらうなど、「住宅版のエコツーリズム」を実践している。

今後も非営利の市民金融 (または、それを母体とする派生的な活動) の可能性を継続的に研究していく予定である (C.7[天然住宅])。

■D. 2050 年 LCCO₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定

本プロジェクトでは、「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現を通して、2050 年 LCCO₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオを策定することを目的としている。

- ・2050 年カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの予備的検討

そこで、まず、国産木材多用住宅の普及シナリオ作成とその CO₂ 排出削減効果予測について、都道府県政令市別の住宅エネルギー消費量詳細推計データベースを開発し、それを用いて 2030 年までの CO₂ 排出削減シナリオ分析を試行実施し、2050 年カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの予備的検討を行った。

その結果、省エネルギー、燃料転換と再生可能エネルギーの導入などの対策手法の積み重ねで

²² NPO バンクについては全国 NPO バンク連絡会の HP が詳しい。 <http://npobank.net/>

²³ 日本に中古住宅市場を根付かすために必要な認証制度を主に金融機関の立場から検証するための平成 23 年 10 月 24 日に実施。

2030 年時点でもかなりの排出削減が可能（潜在可能性量として）であることが定量的に確認された。また、住宅 LCA（ライフサイクル環境影響評価）についてシステムバウンダリー（評価境界）と評価要素指標の検討を行った。住宅に関する現況 LCCO2（ライフサイクル CO2）分析結果を基礎に 2050 年 LCCO2 カーボンニュートラル達成へのイメージを確認することができた。

・ 2030 年の CO2 排出削減シナリオ分析についての試算策定等

次に、本プロジェクトの研究開発の成果をもとに、2030 年の CO2 排出削減シナリオ分析について試算を行うことを目的として日本建築学会地球環境委員会内において 2050 年までに LCCO2 でカーボンニュートラルを実現するための住宅開発シナリオ検討WGを設置した。ここでは関連研究者を交えた討論を行っており、また、住宅の CO2 排出削減について既往のロードマップ（例、環境省の膨大な資料）を参考に建築学会独自設定案を構築する作業を行った。なお、本プロジェクトではこの WG 等を参考に木造住宅に限った CO2 排出削減シナリオ設定作業を進めた。

本PJ終了後は、これまでの研究に引き続き、一気通貫型住宅生産システムにより建設された、国産木材多用型住宅（以下、木材多用型住宅）の LCA 評価・検証を行う。その際、比較対象を一般的な木造住宅、高気密・高断熱住宅、RC 住宅など多用な住宅を設定し、木材多用型住宅の LCA に関する比較検討を行う。また、生活時におけるバイオマスエネルギー利用なども考慮する。なお、これまでに収集した住宅の LCA 分析、林業・林産業の LCA 分析の結果を元に、「林家」「林産事業者」「工務店・設計事務所」「住宅購買者」等の相互関係をエネルギー消費量、CO2 排出量の観点からモデル化し、社会システムとして捉えた場合の改善対策の効果を定量化する。このモデルの挙動を現す変数として住宅の快適性や木材使用量など、実測結果およびアンケート調査から得られた各変数を投入して感度分析を行い、どのような仕組みが一気通貫型住宅生産システムにおいて影響度が大きいかを把握していく予定である。

・ 住宅建設・解体までを含めた垂直連携型木材流通システムの LCA 評価

上記では、垂直連携型木材流通システムにより建設された国産材多用の木造住宅及び、現状型システムにより建設された一般木造住宅の 2 パターンのみの LCCO2 比較検証を行った。しかしここでは、林業過程における伐採方法や植林方法、森林の炭素貯蔵量等も含めた詳細な LCCO2 の比較検討は行っていなかったうえ、運用時の CO2 排出量の削減に関しては検討していなかった。ところが、住宅にかかる CO2 排出量の内、運用時における割合は約 80%と多いため、この部分も検討する必要があった。そこで、林業から、製材所における加工、工務店における住宅建設、解体、木材の再利用までの各段階での作業を幾つかのパターンに細分化し、より詳細で汎用性の効く木材流通システム、住宅の LCCO2 比較検証を行った²⁴。

その結果、住宅生産の LCCO2 について、林業の持続可能性を考慮した垂直連携型林業を用い、運用時の空調もバイオマスで代用することが有効であることがわかった。

以上の成果をもとにシナリオ検討及び CO2 削減効果の定量化を行った。

（ i ）全国的に普及させるためのシナリオ

「森（林業・林産業）」から「街（工務店・設計士等）」を直接垂直連携した天然素材住宅を今後 10 年で年間 1 万棟程度着工していくことを目標とする。そのための項目として、下記を設定、実施した。

- i) 天然素材住宅についての認証制度の詳細な制度設計を行い、試験評価を実施し、制度としての実用施行が可能な段階まで開発した（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）。
- ii) 独自の融資制度の開発と実践。市民ファンドによる先行的融資システムを立ち上げ、融資を実施し、継続している（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）。
- iii) 認証制度等に基づく融資条件の確立、および中古住宅市場での適正評価に認証制度を活用するための制度設計を行った（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）。
- iv) 天然素材住宅を建設できる工務店の育成に向けた教書（実務ガイド）を作成整備した（天然住宅グループ）。

²⁴ 詳細は保井、川村、小濱、橋本、倉持、遠藤、高口（2012）を参照。

- v) 天然素材住宅における改修健康快適生活を行うための住まい方の教書（住まい方アドバイス）を作成整備した（天然住宅グループ）。
- vi) 環境優良住宅選好と森林保全貢献志向を持つ住宅消費者の発掘、育成法（皮むき間伐等エコツーリズムの実施等）を開発した（天然住宅グループ）。

（ii）CO₂削減効果の定量化（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）

本プロジェクトは下記のようにしてCO₂削減効果を定量化した。

i) 天然素材住宅のCO₂削減効果

現存する天然素材住宅事例のLCCCO₂評価を行い、一般仕様の同規模戸建住宅と比較し、削減効果を算出。

- ii) 追加的削減対策を施した場合のCO₂削減効果 上記LCCCO₂評価に対策を追加した場合の削減効果を算出
- iii) 住宅における温室効果ガス排出削減対策技術の将来動向について資料収集し、現時点で未開発の技術についてもその開発普及について独自のシナリオを設定し、いわゆるロードマップを作成して、それに基づいた将来排出量を試算。
- iv) 2050年における森林と林業の状況について定量分析に基づきシナリオ分析を行い、国産住宅用木材の供給が需要を満たす量を確保できることを確認する。あわせて林業の経営状況についても試算。
- v) 2050年までの電源構成の変化を想定し、化石燃料が減少し、再生可能エネルギー寄与が増大、原子力発電にも依存しない想定により電力CO₂排出係数を与える。

以上は東京地区での気象条件で1戸の戸建住宅について評価する。次に全国の戸建住宅と集合住宅について、この結果をもとに拡大推計し日本の住宅の総CO₂排出量についてマクロな試算を行う。その際、季節移住による排出削減効果も取り入れる。

- vi) 現況から2050年までの普及過程におけるCO₂排出動向について中間時点2030年を中心に試算する。
- vii) 住宅産業、林産業、林業の売り上げ、経営について試算し、森林の安定成長により各事業の経営が安定化することを定量的に確認する。
- viii) また住宅購入者の住宅建設投資額と家計負担についても試算する。短寿命住宅に比べて家計負担が軽減されることを定量的に確認する。

上記に必要な条件として、日本の住宅産業の大半が、天然素材住宅を供給できる状態になっていることを目標に置き、それに向けた企業体質の改革を進めるシナリオを設定する。この際、大まかな2050年へのロードマップも示す。

【参考文献】

- 稲熊利和（2010）「林業活性化の課題」『立法と調査』参議院 <http://bit.ly/PkjP2I>
- 前田拓生（2013a）「『森と街』の直接連携の必要性についての考察」『高崎経済大学論集 第55巻第2号』高崎経済大学 <http://bit.ly/lbqrFyY>
- 桃原 郁夫（2008）「定常条件下における各種木材の含水率と腐朽の関係」『日本建築学会環境系論文集 第73巻 第627号』 <http://bit.ly/14FNMzz>
- 農林水産省（1997）『平成8年度 林業の動向に関する年次報告』 <http://www.maff.go.jp/hakusyo/rin/h08/html/index.htm>

2-4. 研究開発実施体制

■研究代表：田中 優（一般社団法人天然住宅 共同代表）

本プロジェクト全体の統括

■天然住宅グループ：相根 昭典（一般社団法人天然住宅 代表）

中古住宅市場の創設、長寿命で健康的な住宅のための認証制度の開発、中古住宅市場

におけるファイナンス制度の開発、当プロジェクト全体のコーディネート

■ 埼玉大学グループ：外岡 豊（埼玉大学経済学部 教授）

林業・林産業から住宅市場までを直接垂直連携における経済分析、削減シナリオとDB作成及び全体企画、及び、天然素材住宅の温熱環境実証分析

■ 名古屋大学グループ：福島 和彦（名古屋大学大学院生命農学研究科 教授）

低温乾燥国産スギ材の性能評価（短期・長期）による、建築材料としての可能性の検討

3. 研究開発実施の具体的内容

■ 背景・目的・手法

本プロジェクトは地球温暖化・気候変動に関わる研究開発を目標として、森と街を直接連携することで、国産木材の天然素材住宅を建設し、国内の林産地の復活を図り、輸送・建設・建替え時のCO₂を減らすとともに、木材によるCO₂の固定を企図した。それは「新たな発想に基づく持続可能な社会システム実現により、国内外で有効に活用されるよう、一般化、体系化」をまさに実現しようと試みたものである。

そこで本プロジェクトでは、消費者である住宅施主と住宅業者から林業家までの木造住宅供給経路を、中間市場を介さず直接連携することにより、(a) 林産業と林業の経営を成立させ、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林への移行を図り、(b) 国産材木造環境優良住宅を適正価格で供給するための研究開発を行った。加えて、(c) 天然素材で適気密と断熱性を実現した住宅で健康、快適な生活を省エネルギー下で実現させる脱温暖化のライフスタイルを住み手とともに追求し、(d) その普及、社会浸透を通じて2050年にLCCO₂でカーボンニュートラルを達成する目標に向けての着実な社会変化の見込みをマクロ分析により確認した。

上記(a)～(d)の実施項目に対して、下記(A～D)の研究開発を行った。

- A. 森を守る仕組み
- B. 「森と街」を直結した家づくり
- C. 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり
- D. 2050年LCCO₂カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定

■ A. 森を守る仕組み

A. では、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林へ移行し、助成金なしで成り立つ林業経営についての研究開発を行った。

ここで日本の住宅等に関する木材需要は、人工林の自然成長量だけ、つまり、わが国の人工林のストックを減らさずにフロー量だけの生産による国産材で賄えることが明らかになった²⁵

(A. 4[埼玉大学グループ]_図 3.3.2.2.A. 4²⁶)。さらに、自伐林業を中心とした調査により、林業経営では、補助金に頼らずに林業だけで十分な所得を得られる可能性があることがわかった(A. 1③[埼玉大学グループ])。

それにもかかわらず、国産材は20%程度しか供給されていない。この点に関して木材流通構造の面からサーチ理論をベースにモデル分析した結果、市場経済に任せた場合、供給サイドの改善だけでは木材市場の需給ギャップは埋まらないことがわかった(A. 2[埼玉大学グループ])。また、木材統計等を調査した結果、大規模な業者は大量仕入れ大量出荷することで規模の経済を活かすとともに、プレカット工場経由で木材流通経路を短縮化するなど合理化を図り、激化している住宅販売競争でシェア拡大を進めていることがわかった(A. 5[埼玉大学グループ]_図 3.3.2.2.A. 5)。

このような競争により、素材となる国産材も需要され、自給率も高くなってはいるものの、そ

²⁵ 詳細は前田(2013a)を参照。

²⁶ 図 3.3.2.2.4 より、平成15年から平成19年の間、実際の製材用材需要量は16,619万m³なので、これまでの推計から現状の森林保有量による自然成長量により、国内の製材用材需要の1.45倍の木材供給力が存在していると考えられる。

これは輸入製材との価格見合いで購入されているだけなので、素材産業の経営は厳しいままであり、森林整備に資金は回らない。他方、外材よりも国産木材を選好する傾向の強い中小業者（図 3.3.2.2.A.6）は厳しい経営状況の中で多くが破たんし、残った業者も国産木材の調達に問題を抱えていることがわかった。また、このような状況の解決のためには、市場経済からの経路とは異なるオルタナティブなルートとしての「森（林業等）と街（住宅需要）」を一元的に管理する事業スキームが必要であることがわかった（A.5 [埼玉大学グループ]）。

つまり、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林へ移行し、助成金なしで成り立つ林業経営を行うには、適正価格の木材購入を実現させるために、住宅施主と住宅業者から林業家までの木造住宅供給経路を、中間市場を介さず直接連携することが必要であることが判明した。

そこで中間市場を介さず直接連携する「一気通貫型木材流通システム」について、林業・林産業双方の採算性が確保されるか否かを検証したところ、CO₂ 排出量は、システム合計で 65.5kg-CO₂/m³ となり、現状の木材流通システムに比べ 33%の削減となることがわかった（A.1① [埼玉大学グループ]）。動学的最適化分析においても、流域圏の自然環境を保全しつつ、住宅建築を考慮した森林の二酸化炭素純吸収量を最大化させるという最適な管理システムの動学的な解経路は存在することがわかった（A.3 [埼玉大学グループ]）。

■B.「森と街」を直結した家づくり

このような「一気通貫型木材流通システム」ができたとしても、国産木材を多用する住宅建築がなされなければ、国産木材の需要は高まらない。そこでここでは、建材としての国産材そのものの物性も含め、国産木材多用住宅の性能評価を行った。

・「適気密²⁷」という考え方

木造住宅の耐久性を低下させる主因は腐朽菌の増殖である。したがって、木造住宅の耐久性を維持するには、居住時の外壁内の木材含水率が腐朽菌の増殖が抑えられる 20～30%²⁸に保たれていることが必要である。そこで本プロジェクトでは、天然住宅が企画・設計を行い建設した国産木材多用住宅の室内環境について実測調査を行った²⁹結果、冬期のデータ（図 3.3.2.2.B.3、及び、図 3.3.2.2.B.4）より、測定箇所の温湿度分布は乾性カビが発生する条件の範囲に含まれなかった。他方、夏期のデータ（図 3.3.2.2.B.5、及び、図 3.3.2.2.B.6）からは通気層と断熱材の一部で乾性カビが発生する可能性のある条件を満たした。しかし、長期的に乾性カビが発生する可能性がある温湿度を保っていないこと、通気層によって換気が行われていることなどから夏期における 1 階及び 2 階の壁内ではカビが発生している可能性は低いと考えられる。したがって、木材を多用することにより、住宅は「適気密」なり、長寿命を実現する要因の一つと考えられる（B1① [埼玉大学グループ]）。

・低温乾燥

当該住宅においては、低温乾燥による粘り度が高い木材を有効に働かせるため、木組みの住宅としている。本来、当該住宅に使用される木材は、木材の繊維が破壊される高温乾燥では建築することが困難となる。本来、当該住宅に最も適しているのは自然乾燥された木材ではあるが、自然乾燥では時間的な問題もあり、効率的な建築ができなくなる。

そこで本プロジェクトでは、木材の繊維を破壊せず、時間的には自然乾燥よりも早い、低温乾燥機を開発した（B1② [天然住宅グループ]）。

・木材の物性調査、及び、化学成分の利活用に関する調査

²⁷ 学術用語ではなく、木の自然な湿度調整機能を活かした気密管理システムのことであり、高气密に対する気密の考え方。

²⁸ 桃原 郁夫（2008）「20%～30%の含水率の期間は、強度低下等に現れる腐朽菌の進行に寄与しない可能性がある（p.597 引用）」

²⁹ 省エネ自然素材住宅 EV（東京都文京区）2 戸を対象に、木造住宅部分と RC 住宅部分の実測を行い、居住環境について分析を行った。同様に戸建住宅 Y 邸（東京都目黒区）および T 邸（埼玉県所沢市）についても居住環境について実測、分析を行った。

本プロジェクトの住宅は、この低温乾燥機により、木材の繊維を破壊せず、時間的には自然乾燥よりも早い、低温で乾燥させた木材を使用する。

そこで本プロジェクトでは、以下のような方法で、低温乾燥木材の物性調査を行った。

i) 曲げ試験及び破壊実験

上記低温乾燥機により乾燥させた木材を使用して、曲げ試験及び破壊実験を実施した結果、乾燥方法の違いによる木材強度の点では有意な違いは認められないものの、粘り度（荷重－たわみ曲線の比例限度以降のたわみ）においては低温乾燥材と高温乾燥材に有意な差が認められた。この結果は、木材の粘り度を利用して住宅建材を接合する「木組み」等を行う場合に有利に働くと考えられる。木組みは、金具等によって接合した場合に比べて、（木材と金属の温度変化に対する違いから生じる）結露等による腐食等の影響が少ないことが考えられることから、住宅強度を向上させる可能性が高まる。したがって、住宅強度を考えた場合、木組みで行うことが多い伝統構法を選択することが合理的であり、しかもこの場合、粘り度の高い低温で乾燥させた木材の使用が、高温乾燥材よりも適していると考えられる（B. 2②[名古屋大学グループ]）。

ii) 乾燥法の異なる実大製材を対象としたクリープ試験

実大梁材の長期間荷重性能試験（クリープ試験）において、クリープ変位（たわみ量）の季節変動の仕方が乾燥法によって異なることが明らかとなった。すなわち、低温乾燥および薫煙乾燥により得られた材は温度と湿度変化に起因する季節変動が小さい一方で、高温乾燥材および中温乾燥材は影響が大きかった（B. 2③[名古屋大学グループ]_図 3. 3. 2. 2. B. 9）。

iii) 乾燥方法による化学成分の含有量変化について調査

2011 年度の木材の物性調査の予備検討として乾燥方法による化学成分（セルロース、ヘミセルロース、リグニン）の含有量変化について調査した結果、乾燥温度が高くなるとヘミセルロースおよびセルロースの一部が分解し、強度低下を招く恐れがあることが判明した（B. 2④[名古屋大学グループ]_図 3. 3. 2. 2. B. 10）。

以上のように、高気密にするのではなく、木の特性を活かした「適気密」にすることで構造材が腐朽菌等に侵されず、耐久性を高められる。しかし、木の特性を活かした適気密を実現するには一定程度構造材として木材を多用する必要がある。

また、粘り度の高い低温で乾燥させた木材の使用が、高温乾燥材よりも適していると考えられ、低温乾燥および薫煙乾燥により得られた材は温度と湿度変化に起因する季節変動が小さい一方で、高温乾燥材および中温乾燥材は影響が大きかった。したがって、建材として多用する木材は、低温乾燥材を利用することの合理性が一定程度認められたことになる。

■C. 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり

・ 認証制度の創設

現在主流である構造材はプレカットされたものであり、プレカット材の多くは高温乾燥されたものである。日本では、大規模建築業者がプレカット材を中心とする木材流通を先鋭化する中、規模は大きくないものの中小建築業者が中心となって国産材を調達しているという構造になっている。しかし、中小の建築業者が購入する木材の量は個々には限定的であり、規模の経済が働かない。一方で、より小規模な製材工場では乾燥設備が整っている業者は少ない³⁰ことから、品質を求めればコストが高くなり、激しい競争の中、生き残りが難しい状態になっている。中小の製材工場は乾燥設備等を整えるための設備投資をしても設備コストに見合うだけの収益を得ることができず、費用対効果の観点で規模の経済が働かないことから大規模製材工場におされ、中小製材工場の破たんも増加傾向にある³¹。

このように林業・林産業等の木材供給者の労働生産性や技術革新を行っていても、木材需要がなければ、森が維持されない。そこで本プロジェクトでは、住まい手の最も関心の高い「健康」

³⁰ 林野庁（2010b）「零細な製材工場では、乾燥機の導入・運転コストが経営の負担」（p.124 引用）。

³¹ 稲熊（2010）p.125 参照。

に焦点を当て、加えて、当該住宅が従来型の日本の住宅のように平均 30 年で解体されるようでは、住宅保有者にとって経済的な負担がかかるだけでなく、資源の無駄使いである上に、CO2 排出の面から問題であり、中古住宅市場の促進に必要となる国産木材多用住宅の普及促進方法に関して研究開発を行った。

具体的には、人間－住宅－森林（環境）との間に連続性を持たせることで、住宅と人の関係のあり方、住宅そのもののあり方、住宅を通した環境との共生のあり方を、経済的優位性を持った社会システムとして作り上げることを目的とする、新たな住宅認証制度（含む「住まい方アドバイス³²⁾」）の研究開発を行い、実際に普及できる制度を構築した（C.5[天然住宅]_森と街をつなぐ住宅認証概要_別添付録 2、及び、住まい方アドバイス_別添付録 3）。

なお、この認証制度により推奨されるような、適気密で、しかも、人にやさしく（健康的に安全）、国産木材を多用した住宅を設計・施工するためには、通常とは違った建築スキルが必要となる。そこで本プロジェクトでは、上記のような住宅を設計・施工するために必要となる実務的な事項をまとめた「実践ガイド」を作成した（B.3[天然住宅]_実践ガイド_別添付録 1）。

・森林の循環に合う金融システムの検討

このような認証制度ができたとしても、住宅はローンで購入することが多いことから、当該認証が銀行に評価されなければ、実際には中古住宅市場は機能しないことになる。この点は個別の銀行経営に関わる問題だけに、当該認証システムが信用に足るものであると認識されるまでは、当該システムを使った価値評価を行う銀行は多くないと思われる。そのため本プロジェクトでは、天然住宅バンクを利用して、少なくとも中古住宅のスケルトン部分（基礎及び構造部分）について、住宅性能やこれまでの住宅履歴に基づいて一定基準以上であった場合には（価値に見合った妥当な金額で）買取る仕組みを取り入れることを制度化するための研究を行っている。実際に買入れる仕組みが制度化されれば、当該認証システムの活用事例が増加することが考えられる。活用事例が増加するにつれ、銀行が当該認証システムを「信用に足るもの」と認識すれば、自然に中古住宅市場が日本でも機能するようになるだろう。

とはいえ、住宅ローンとなると多額の資金が必要になることから、やはり銀行等との連携が欠かせない。そこで不動産関係の研究者や金融機関等のステークホルダーを交えてミニ・ラウンドテーブルを開催した。その結果、住宅金融支援機構におけるフラット 35 の住宅評価基準に準拠していると「金融的な手当て」という意味で有効に機能する可能性が高いことがわかった（C.6[天然住宅]）。

・持続可能な林業・林産業に資する金融的支援システムの実践

独自の住宅認証および住宅のメンテナンス体制に係る仕組みを構築するとともに、非営利の市民金融を活用し、つなぎ融資 や省エネ・自然エネルギーに対する融資だけでなく、中古住宅の買取や、将来的には非営利の仕組みを利用した住宅ローンの仕組みまで射程に入れた、トータルのシステム構築に向け研究を続けてきた。他方で、林業・林産業に関しても、労働生産性の問題の他、金融的な問題も存在しているため、この点に関しても市民金融として支援する仕組みを研究した。

その結果、復興支援のための融資の他、天然住宅バンクでは「ペレットはがき商品券」というものを作り、ペレット製造側（林産業者）に前受で資金が入る仕組みを構築し、実施した。また天然住宅バンクでは、天然住宅と共同で森と街を直接つなぐために「皮むき間伐ツアー」を企画し、住宅購入予定者を含む一般の人々（街の人々）に実際に皮むき間伐をしてもらうなど、「住宅版のエコツーリズム」を実践している。

今後も非営利の市民金融（または、それを母体とする派生的な活動）の可能性を研究開発していく予定である（C.7[天然住宅]）。

■D. 2050 年 LCCO₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定

³²⁾ 中古住宅として売買する場合でも十分な耐久性等を維持していくためには、住まい手も住宅のメンテナンスを行う必要がある。どのような点を住まい手が注意すべきか、また、メンテナンスを行っていくべきか等をまとめたものが「住まい方アドバイス」である。

本プロジェクトでは、「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現を通して、2050 年 LCCO₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオを策定することを目的としている。

- ・2050 年カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの予備的検討

そこで、まず、国産木材多用住宅の普及シナリオ作成とその CO₂ 排出削減効果予測について、都道府県政令市別の住宅エネルギー消費量詳細推計データベースを開発し、それを用いて 2030 年までの CO₂ 排出削減シナリオ分析を試行実施し、2050 年カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの予備的検討を行った。

その結果、省エネルギー、燃料転換と再生可能エネルギーの導入などの対策手法の積み重ねで 2030 年時点でもかなりの排出削減が可能（潜在可能性量として）であることが定量的に確認された。また、住宅 LCA（ライフサイクル環境影響評価）についてシステムバウンダリー（評価境界）と評価要素指標の検討を行った。住宅に関する現況 LCCO₂（ライフサイクル CO₂）分析結果を基礎に 2050 年 LCCO₂ カーボンニュートラル達成へのイメージを確認することができた。

- ・2030 年の CO₂ 排出削減シナリオ分析についての試算策定等

次に、2030 年の CO₂ 排出削減シナリオ分析について試算を行い、また、平行して日本建築学会地球環境委員会内において 2050 年までに LCCO₂ でカーボンニュートラルを実現するための住宅開発シナリオ検討WGを設置し関連研究者を交えた討論を行っており、また、住宅の CO₂ 排出削減について既往のロードマップ（例、環境省の膨大な資料）を参考に建築学会独自設定案を構築する作業を行っており、さらにそれを参考に当 PJ の木造住宅に限った CO₂ 排出削減シナリオ設定作業を進めた。

本プロジェクト終了後は、これまでの研究に引き続き、一気通貫型住宅生産システムにより建設された、国産木材多用型住宅（以下、木材多用型住宅）の LCA 評価・検証を行った。その際、比較対象を一般的な木造住宅、高気密・高断熱住宅、RC 住宅など多用な住宅を設定し、木材多用型住宅の LCA に関する比較検討を行った。また、生活時におけるバイオマスエネルギー利用についても検討した。

- ・住宅建設・解体までを含めた垂直連携型木材流通システムの LCA 評価

上記では、垂直連携型木材流通システムにより建設された国産材多用の木造住宅及び、現状型システムにより建設された一般木造住宅の 2 パターンのみの LCCO₂ 比較検証を行った。しかしここでは、林業過程における伐採方法や植林方法、森林の炭素貯蔵量等も含めた詳細な LCCO₂ の比較検討は行っていなかったうえ、運用時の CO₂ 排出量の削減に関しては検討していなかった。ところが、住宅にかかる CO₂ 排出量の内、運用時における割合は約 80%※1 と多いため、この部分も検討する必要があった。そこで、林業から、製材所における加工、工務店における住宅建設、解体、木材の再利用までの各段階での作業を幾つかのパターンに細分化し、より詳細で汎用性の効く木材流通システム、住宅の LCCO₂ 比較検証を行った³³。

その結果、住宅生産の LCCO₂ について、林業の持続可能性を考慮した垂直連携型林業を用い、運用時の空調もバイオマスで代用することが有効であることがわかった。

以上のような研究開発、及び、「森（林業・林産業）」から「街（工務店・設計士等）」を直接垂直連携した天然素材住宅を全国的に普及させるために、下記のようなシナリオ及び CO₂ 削減効果の定量化を行った。

- （i）全国的に普及させるためのシナリオ

「森（林業・林産業）」から「街（工務店・設計士等）」を直接垂直連携した天然素材住宅を今後 10 年で年間 1 万棟程度着工していくことを目標とする。そのため、下記のような研究開発を行った。

- i) 天然素材住宅についての認証制度。詳細な制度設計を行い、試験評価を実施し、制度としての実用施行が可能な段階まで開発した（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）。

³³ 詳細は保井、川村、小濱、橋本、倉持、遠藤、高口（2012）を参照。

- ii) 独自の融資制度の開発と実践。市民ファンドによる先行的融資システムを立ち上げ、融資を実施し、継続している（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）。
- iii) 認証制度等に基づく融資条件の確立、および中古住宅市場での適正評価に認証制度を活用するための制度設計を行った（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）。
- iv) 天然素材住宅を建設できる工務店の育成に向けた教書（実務ガイド）を作成整備した（天然住宅グループ）。
- v) 天然素材住宅における改修健康快適生活を行うための住まい方の教書（住まい方アドバイス）を作成整備した（天然住宅グループ）。
- vi) 環境優良住宅選好と森林保全貢献志向を持つ住宅消費者の発掘、育成法（皮むき間伐等エコツーリズムの実施等）を開発した（天然住宅グループ）。

（ii）CO₂削減効果の定量化（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）

本プロジェクトは下記のようにしてCO₂削減効果を定量化する。

- i) 木材多用住宅のCO₂削減効果
- ii) 追加的削減対策を施した場合のCO₂削減効果
- iii) 住宅における温室効果ガス排出削減対策技術の将来動向について資料収集及び現時点で未開発の技術についてのロードマップ作成、加えて将来排出量の試算
- iv) 2050年における森林と林業の状況について定量分析に基づくシナリオ分析及び国産住宅用木材の供給が需要を満たす量についての確認、加えて林業の経営状況についての試算
- v) 2050年までの電源構成の変化の想定
- vi) 現況から2050年までの普及過程におけるCO₂排出動向について中間時点2030年を中心とする試算
- vii) 住宅産業、林産業、林業の売り上げ、経営についての試算及び森林の安定成長により各事業の経営が安定化することの定量的な確認
- viii) 住宅購入者の住宅建設投資額と家計負担についての試算及び短寿命住宅に比べて家計負担が軽減されることの定量的な確認

【参考文献】

- 稲熊利和（2010）「林業活性化の課題」『立法と調査』参議院 <http://bit.ly/PkJp2I>
- 前田拓生（2013a）『『森と街』の直接連携の必要性についての考察』『高崎経済大学論集 第55巻第2号』高崎経済大学 <http://bit.ly/1bqrFyY>
- 桃原 郁夫（2008）「定常条件下における各種木材の含水率と腐朽の関係」『日本建築学会環境系論文集 第73巻 第627号』 <http://bit.ly/14FNMzz>

3-1. 研究開発目標

日本の地球温暖化・気候変動対策を考える場合、国産材による木質多用住宅の市場規模を大幅に拡大させつつ、昭和30年代の7年間約5000万m³程度の出荷量を再現し、それにとまって発生するバイオマスの経済的な利用を推進することが必要である。そのために、従来の供給側からの対策を実施しても経済のグローバル化の進展等により国産材は使われないことから、政府は「新流通・加工システム³⁴⁾」や「新生産システム³⁵⁾」を実施した。しかし、このような政策は中山間地

³⁴⁾ ここで「新流通・加工システム」とは「国産材の利用が低位であった集成材や合板等の分野で、地域における生産組織や協議会の結成、参加事業体における林業生産用機械の導入、合板・集成材等の製造施設の整備等を推進するものであり、全国10か所でモデル的な取組を実施した」ものである（林野庁（2011）p.155引用）。

³⁵⁾ ここで「新生産システム」とは「製材の分野で、民間のコンサルタントによるプランニング・マネジングについての助言の下、施業の集約化、安定的な原木供給、生産・流通・加工の各段階でのコストダウン、住宅メーカー等のニーズに応じた最適な加工・流通体制の構築等の取組を川上から川下までが一体となって実施するもので

において経済拠点として存在し、国産材の主な供給者である中小の製材業者等を市場から排除し、大規模プレカット工場等以外は生き残れないため、地域経済は一層歪な状態になる。しかも、プレカット材として国産材が使用されたとしても、プレカット材は住宅メーカー等に安価に大量に供給されることから、原木供給サイドに渡る売上は育林費用も賄えない金額となり、林業従事者の減少等から森林破壊を助長することとなる³⁶。

そこで本プロジェクトは領域目標³⁷に対して、地球温暖化・気候変動に関わる研究開発を行うことを目標として、森と街を直接連携することで、国産木材の天然素材住宅を建設し、国内の林産地の復活を図り、輸送・建設・建替え時のCO₂を減らすとともに、木材によるCO₂の固定を企図した。それは「新たな発想に基づく持続可能な社会システム実現により、国内外で有効に活用されるよう、一般化、体系化」をまさに実現しようと試みたものである。

【参考文献】

稲熊利和（2010）「林業活性化の課題」『立法と調査』参議院 <http://bit.ly/PkJP2I>

林野庁（2011）『平成23年度 森林・林業白書』 <http://bit.ly/JEXatR>

前田拓生（2013）『『森と街』の直接連携の必要性についての考察』『高崎経済大学論集 第55巻第2号』高崎経済大学 <http://bit.ly/1a0hovw>

3-2. 実施項目

上記の目標に対して本プロジェクトでは下記（①～③）のようなアプローチで取り組んだ。

- ① 消費者である住宅施主と住宅業者から林業家までの木造住宅供給経路を、中間市場を介さず直接連携することにより、(a) 林産業と林業の経営を成立させ、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林への移行を図り、(b) 国産材木造環境優良住宅を適正価格で供給する。(c) 天然素材で適気密と断熱性を実現した住宅で健康、快適な生活を省エネルギー下で実現させる脱温暖化のライフスタイルを住み手とともに追求し、(d) その普及、社会浸透を通じて2050年にLCCO₂でカーボンニュートラルを達成する目標に向けての着実な社会変化の見込みをマクロ分析により確認する。

- ② 上記①のために下記（(a) ～ (d)）を開発した。

- (a) 適正価格の木材購入を実現し、助成金なしで成り立つ林業経営の開発

言葉だけでなく、実際に「助成金なしの林業経営」を成り立たせるためには、分野横断的で実際の画期的手法が求められた。そのために以下のようなアプローチを行うとともに、林業経営を成り立たせるために、下記のように分野横断的な対処手法を同時並行して推進した。

- 木材から住宅建設までの一貫生産（天然住宅グループ及び早稲田大学）

伐採から住宅建設までには加工段階毎の経営主体間の取引があり、そのたびに収益を上乗せしているため、製材は高価格、山元は低収益となっているが、これを中抜きして経営が成り立つ基盤を確保する。

- 木材の欠点の克服と品質保証（名古屋大学グループ及び天然住宅グループ）

低温、燻煙乾燥により木材を適正に利用する。

- 木材製品生産と利用の多角化、及び、低強度材や羽柄材を活用することによる歩留まり

あり、全国11か所のモデル地域で取組が行われた」ものである（林野庁（2011）p.155引用）。

³⁶ 政府の「新流通・加工システム」や「新生産システム」における地域経済への影響は稲熊（2010）、前田（2013）を参照。

³⁷ 領域目標

1. 温暖化・環境共生に関わる研究開発を、横断的で総合的な、新たな発想に基づく持続可能な社会システム実現のための取組みとして構想し、地域の現場においてその科学的実証を試みます。また、それらが国内外で有効に活用されるよう、一般化、体系化を目指します。
2. 活力ある地域づくりを、脱温暖化・環境共生の視点から再定義して進めるため、既存の取組みや施策、行政システム、制度等を科学的に整理・分析し、地域の新しい価値を見出すための分野横断的な計画・実践手法、新しい価値の評価手法、及びそれらの普及方法を開発します。

向上（天然住宅グループ）

- 革新的な林業技術の採用（天然住宅グループ）

日本では育林費用が諸外国と比較して非常に高いが、大きな比率を占める下草刈り、間伐、植栽、林道敷設手法を再検討、山を痛めない狭幅林道と小型重機、軽架線による伐採搬出、林内放牧等を試行した。

(b) 付加価値が高く、木材の特性に合わせた住宅開発

林産業と林業の経営を成立させ、健全な森林の育成により林齢構成を整え持続可能な森林への移行を図るため、下記のような研究開発を行った。

- 適正価格で住宅を販売するための高付加価値の住宅建築（天然住宅グループ）
- 適気密、高断熱で暖房冷房に依存しないでも快適健康な住宅の開発（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）
- 壁内結露を起こさない建築技術の採用（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）
木材住宅の腐朽菌発生、シロアリの食害は壁内の湿度の影響が大きいことから、結露しない設計を研究開発した。

(c) 脱温暖化を実現し、徹底した自然素材利用、化学物質を排除した住宅開発、および、ユーザーが安心して住宅を購入できるスキームの開発

天然素材で適気密と断熱性を実現した住宅で健康、快適な生活を省エネルギー下で実現させる脱温暖化のライフスタイルを住み手とともに追求するために、下記のような研究開発を行った。

■ 脱温暖化の実現

- 木材多用型住宅（天然住宅グループ）
- 住宅の長寿命化、可変的な設計（天然住宅グループ）
- 住宅の省エネ、低炭素化（埼玉大学グループ）
生活時のCO₂排出削減で、2050年にはマイナス80%を実現する。

■ 徹底した自然素材利用、化学物質排除

- 健康影響が問題の化学物質を含む接着剤等を一切使わないようにし、塩化ビニール等のプラスチック類も極力使わず、自然素材を徹底利用し、電磁波シールド対策を施した住宅の開発（天然住宅グループ）

■ ユーザーが安心して住宅購入できるスキーム開発

- 特定非営利金融法人活用による融資の開発（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）
- 天然素材住宅認証による環境優良品の明示（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）
以上により、金融機関からの優遇融資が実現するとともに、中古住宅市場で適正評価を得られるようになり、建設時高価格でも安心して高性能住宅を購入できる。

(d) 2050年LCCO₂カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオ策定

本プロジェクトが考える天然素材住宅の普及、社会浸透を通じて2050年にLCCO₂でカーボンニュートラルを達成する目標に向けての着実な社会変化の見込みをマクロ分析により確認するとともに、2050年LCCO₂カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオ策定を行った。

- 現況木造住宅と天然素材住宅の比較分析（埼玉大学グループ）

まず、現況木造住宅の平均的な暖冷房、給湯、厨房、照明、家電機器のエネルギー消費量と天然素材住宅1棟に平均的家族が入居する場合CO₂排出量を比較し、その削減効果を確認した。熱性能が優れた住宅の自然室温と結露しない室内及び壁体内湿度維持により、暖冷房機器にあまり頼ることなく健康、快適な範囲内の室内温湿度が維持されていることを実測により確認し、空気質についてもVOC汚染がないこと、電磁波影響も低い事などを確認している。

- 建設過程における LCC02 ライフサイクル排出評価 (埼玉大学グループ)
建設過程で LCC02 ライフサイクル排出について、育林から伐採までの林業作業工程を含む建築工程の詳細を独自に個別調査し、平均的な木造住宅事例と比較分析した。また低温乾燥木材を無垢材として使用し、伝統軸組工法による継ぎ手、仕口加工を手作業により製材所で行い建設現場に直送するやり方を環境面から総合評価している。国産杉材の低温乾燥についてはヤング率、水分含有率測定と化学組織、化学成分分析も行い強度、耐久性についても評価した。
- 2050 年 LCC02 カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオ策定(埼玉大学グループ)
建設時、運用時と竣工から数十年後の改修工事、解体廃棄時の排出を加算して総 LCC02 排出量を計算し、総合的な地球環境影響負荷が一般木造住宅より十分低いことを定量的に比較分析により示した。さらに 2050 年までの将来シナリオにおいて天然素材住宅が十分普及した場合にいわゆるカーボンニュートラルを達成できるか、できるとしたらどのような住宅性能、生活とエネルギー供給源構成のもとで達成されるかを示した。

③ 上記①、②を全国的に普及させるためのシナリオ及び CO2 削減効果の定量化

(i) 全国的に普及させるためのシナリオ

「森(林業・林産業)」から「街(工務店・設計士等)」を直接垂直連携した天然素材住宅を今後 10 年で年間 1 万棟程度着工していくことを目標とする。そのため、下記のような研究開発を行った。

- 天然素材住宅についての認証制度。詳細な制度設計を行い、試験評価を実施し、制度としての実用施行が可能な段階まで開発した(天然住宅グループ及び埼玉大学グループ)。
- 独自の融資制度の開発と実践。市民ファンドによる先行的融資システムを立ち上げ、融資を実施している(天然住宅グループ及び埼玉大学グループ)。
- 認証制度等に基づく融資条件の確立、および中古住宅市場での適正評価に認証制度を活用するための制度設計を行った(天然住宅グループ及び埼玉大学グループ)。
- 天然素材住宅を建設できる工務店の育成に向けた教書(実務ガイド)を作成整備した(天然住宅グループ)。
- 天然素材住宅における改修健康快適生活を行うための住まい方の教書(住まい方アドバイス)を作成整備した(天然住宅グループ)。
- 環境優良住宅選好と森林保全貢献志向を持つ住宅消費者の発掘、育成法(皮むき間伐等エコツーリズムの実施等)を開発した(天然住宅グループ)。

(ii) CO2 削減効果の定量化(天然住宅グループ及び埼玉大学グループ)

本プロジェクトは下記のようにして CO2 削減効果を定量化する。

- 天然素材住宅の CO2 削減効果
現存する天然素材住宅事例の LCC02 評価を行い、一般仕様の同規模戸建住宅と比較し、削減効果を算出。
- 追加的削減対策を施した場合の CO2 削減効果 上記 LCC02 評価に対策を追加した場合の削減効果を算出
- 住宅における温室効果ガス排出削減対策技術の将来動向について資料収集し、現時点で未開発の技術についてもその開発普及について独自のシナリオを設定し、いわゆるロードマップを作成して、それに基づいた将来排出量を試算する。
- 2050 年における森林と林業の状況について定量分析に基づきシナリオ分析を行い、国産住宅用木材の供給が需要を満たす量を確保できることを確認する。あわせて林業の経営状況についても試算する。
- 2050 年までの電源構成の変化を想定し、化石燃料が減少し、再生可能エネルギー寄与が増大、原子力発電にも依存しない想定により電力 CO2 排出係数を与える。

以上は東京地区の気象条件で 1 戸の戸建住宅について評価する。次に全国の戸建住宅と集

合住宅について、この結果をもとに拡大推計し日本の住宅の総 CO2 排出量についてマクロな試算を行う。その際、季節移住による排出削減効果も取り入れる。

- vi) 現況から 2050 年までの普及過程における CO2 排出動向について中間時点 2030 年を中心に試算する。
- vii) 住宅産業、林産業、林業の売り上げ、経営について試算し、森林の安定成長により各事業の経営が安定化することを定量的に確認する。
- viii) また住宅購入者の住宅建設投資額と家計負担についても試算する。短寿命住宅に比べて家計負担が軽減されることを定量的に確認する。

上記に必要な条件として、日本の住宅産業の大半が、天然素材住宅を供給できる状態になっていることを目標に置き、それに向けた体質の改革を進めるシナリオを設定する。この際、大まかな 2050 年へのロードマップも示す。

3-3. 研究開発結果・成果

3-3-1. 研究開発の背景と目的

日本は世界有数の森林保有国でありながら、木材自給率は 26.0%³⁸に過ぎず、林業経営も助成頼みとなっていることから森林整備も進まず、結果として日本の森林は崩壊寸前の状態となっている³⁹。他方、日本の住宅建築では新設住宅着工の約 47%が木造であり、中でも戸建住宅の木造の割合は約 86%である⁴⁰。木材需要は住宅需要の派生需要なので、本来であれば自国の木材で自国の住宅を建設することで木材の売上資金が森林側に流れ、林業・林産業（以下、「林業等」）地域の生活を成り立たせ、森林の整備も可能になるはずである。しかし実際には木造住宅建築は輸入木材需要を高めているが、国産木材の需要増には大きく寄与していない。

日本の地球温暖化・気候変動対策を考える場合、国産材による木質多用住宅の市場規模を大幅に拡大させつつ、昭和 30 年代の 7 年間約 5000 万 m³ 程度の出荷量を再現し、それにとまって発生するバイオマスの経済的な利用を推進することが必要である。そのために、従来の供給側からの対策を実施しても経済のグローバル化の進展等により国産材は使われないことから、政府は「新流通・加工システム⁴¹」や「新生産システム⁴²」を実施した。しかし、このような政策は中山間地において経済拠点として存在し、国産材の主な供給者である中小の製材業者等を市場から排除し、大規模プレカット工場等以外は生き残れないため、地域経済は一層歪な状態になる。しかも、プレカット材として国産材が使用されたとしても、プレカット材は住宅メーカー等に安価に大量に供給されることから、原木供給サイドに渡る売上は育林費用も賄えない金額となり、林業従事者の減少等から森林破壊を助長することとなる⁴³。

そこで本プロジェクトは地球温暖化・気候変動に関わる研究開発を行うことを目標として、森と街を直接連携することで、国産木材の天然素材住宅を建設し、国内の林産地の復活を図り、輸送・建設・建替え時の CO2 を減らすとともに、住宅購入者サイドから住宅市場を変革し、認証制度を活用して育林費用が確実に森に流れる仕組みを構築し、森林の CO2 吸収能力の維持と木材による CO2 の固定を企図した。それは「新たな発想に基づく持続可能な社会システム実現により、国内外で有効に活用されるよう、一般化、体系化」をまさに実現しようと試みたものである。

³⁸ 林野庁（2010）を参考。

³⁹ 稲熊（2010）pp.122-124 などを参照。

⁴⁰ 国土交通省「木造住宅の現状」を参照。

⁴¹ ここで「新流通・加工システム」とは「国産材の利用が低位であった集成材や合板等の分野で、地域における生産組織や協議会の結成、参加事業体における林業生産用機械の導入、合板・集成材等の製造施設の整備等を推進するものであり、全国 10 か所でモデル的な取組を実施した」ものである（林野庁（2011）p.155 引用）。

⁴² ここで「新生産システム」とは「製材の分野で、民間のコンサルタントによるプランニング・マネジングについての助言の下、施業の集約化、安定的な原木供給、生産・流通・加工の各段階でのコストダウン、住宅メーカー等のニーズに応じた最適な加工・流通体制の構築等の取組を川上から川下までが一体となって実施するものであり、全国 11 か所のモデル地域で取組が行われた」ものである（林野庁（2011）p.155 引用）。

⁴³ 政府の「新流通・加工システム」や「新生産システム」における地域経済への影響は稲熊（2010）、前田（2013）を参照。

【参考文献】

- 稲熊利和（2010）「林業活性化の課題」『立法と調査』参議院 <http://bit.ly/PkjP2I>
国土交通省「木造住宅の現状」（木造住宅の振興施策について - 木造住宅関連データ）<http://bit.ly/UB2wNo>
林野庁（2010）「平成 22 年木材需給表（用材部門）」<http://bit.ly/jaxBs7>
林野庁（2011）『平成 23 年度 森林・林業白書』<http://bit.ly/JEXatR>
前田拓生（2013）『『森と街』の直接連携の必要性についての考察』『高崎経済大学論集 第 55 巻第 2 号』高崎経済大学 <http://bit.ly/1a0hovw>

3-3-2. 本プロジェクトの研究開発結果・成果

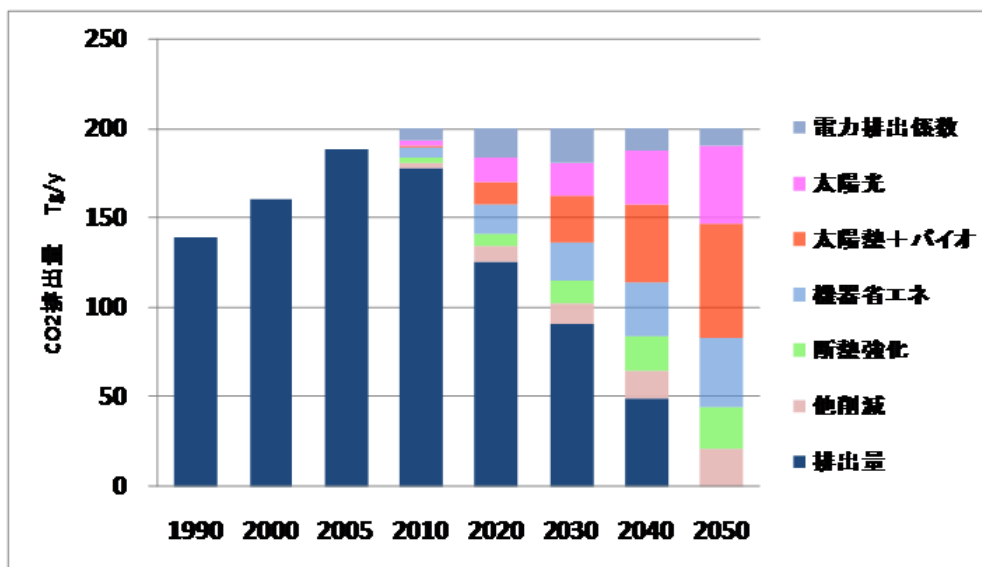
3-3-2-1. 研究開発実施に向けての準備調査等（2009 年度）

2009 年度は、3-3-1 の研究開発目標に向け、下記の準備調査等を行った⁴⁴。

- 木材多用住宅の企画、設計、建設についての調査研究（天然住宅グループ）
森を守る仕組みとしての「森と街を直結した家づくりビジネス」の必要性、現実可能性等について調査するとともに、当該住宅の企画、設計、建設についての準備調査を行った。
- 2050 年住宅のカーボンニュートラル実現のためのシナリオ検討（埼玉大学）およびそのライフサイクル評価手法の検討（埼玉大学グループ）

天然素材住宅の普及シナリオ作成とその CO2 排出削減効果予測については、都道府県政令市別の住宅エネルギー消費量詳細推計データベースを開発し、それを用いて 2030 年までの CO2 排出削減シナリオ分析を試行実施し 2050 年カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの予備的検討を行った。

省エネルギー、燃料転換と再生可能エネルギーの導入などの対策手法の積み重ねで 2030 年時点でもかなりの排出削減が可能（潜在可能性量として）であることが定量的に確認された。また住宅 LCA の評価についてシステムバウンダリー（評価境界）検討と評価要素指標の検討を行った。住宅に関する現況 LCCO2 分析結果を基礎に 2050 年 LCCO2 カーボンニュートラル達成へのメージ（図 3.3.2.1.1）を確認することができた。

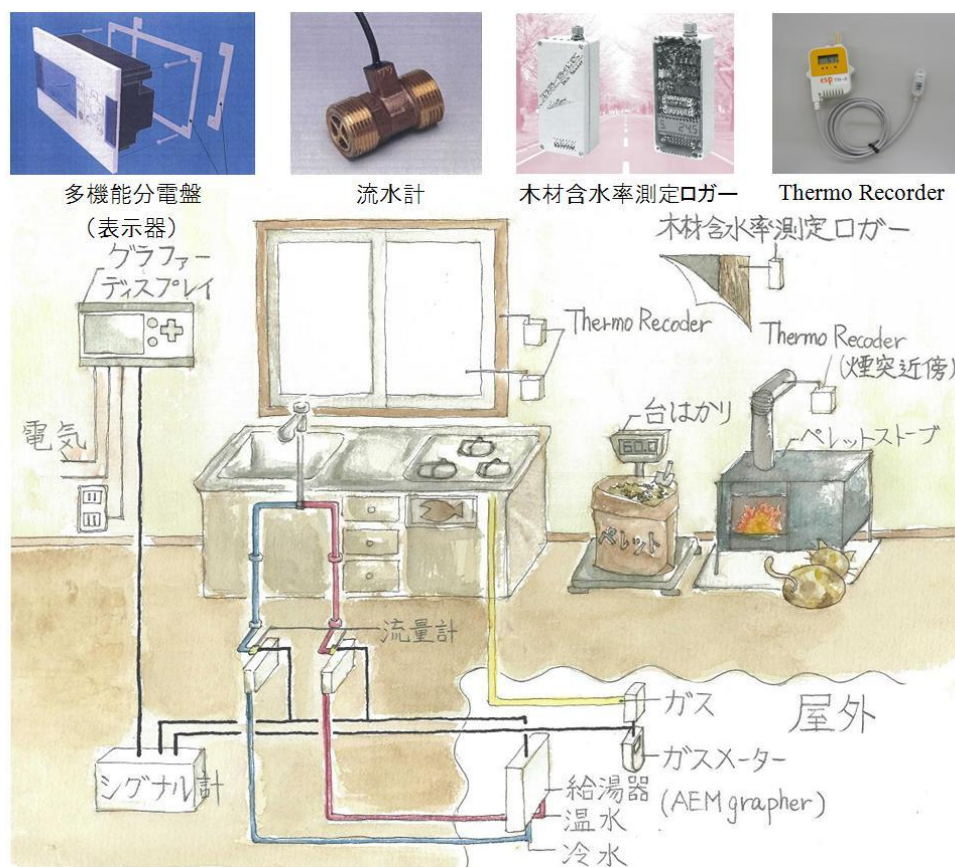


【図 3.3.2.1.1 日本の住宅 CO2 排出量の推移と 2050 年カーボンニュートラル達成経路(概算試算に基づくシナリオ設定イメージ)】

- 天然素材住宅の温熱環境実測計画と準備（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）
温熱環境実測対象となる木造自然素材住宅の企画・設計を行い着工するとともに、温熱環境の実測計画を立案し測定機器の選定を行い、建設中の住宅に測定機器と測定結果

⁴⁴ 詳細は平成 21 年度研究開発実施報告書を参照。

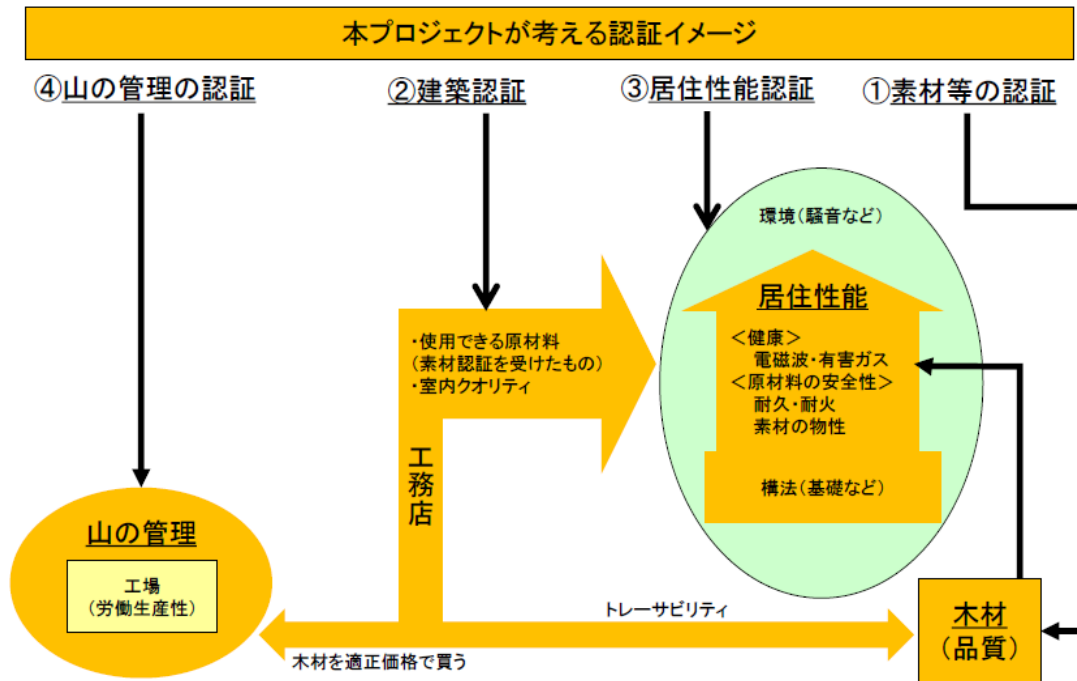
情報送信機器を組み込む詳細を検討、決定しその準備を行った（図 3.3.2.1.2）。



【図 3.3.2.1.2 屋内実測概念図】

- 低温乾燥炉の企画・設計（天然住宅グループ）
木材の低温乾燥については既存の燻煙乾燥炉での操業試行とともに新設乾燥炉の企画設計を行い、いくつかの具体的な設計課題について詳細な検討を行い、設計案を策定した。
- 木材性能試験の計画・準備（名古屋大学グループ）
木材の性能試験については栗駒地区において、名古屋大学・天然住宅・東北職業能力開発大学校・宮城県林業技術総合センター・現地協力者の共同作業により、実験材料の準備方法、試験場までの搬送方法、クリープ試験、実大強度試験の手法、実施手順および無欠点小試験片の作成方法などについても具体的な検討ができ、準備が整った。
- 市民が設立した非営利ノンバンクによる融資スキームの試行（天然住宅グループ）
森と街を直接連携するために必要となるファイナンス制度を開発するため、NPO バンク⁴⁵である「天然住宅バンク」を利用し、中古住宅市場におけるファイナンス制度を視野に入れた融資スキームを確立するとともに、実際に融資の実行に向けての開発に向け、調査研究を行った。
- 認証制度の基礎設計、及び、中古住宅市場の創設に向けた基礎検討（天然住宅グループ）
普及のための金融システム、中古住宅市場形成については予備的な調査が主であったが、人工林の現状視察や中古住宅流通市場の現状を調査した結果を踏まえて、認証制度の骨子案（図 3.3.2.1.3）、および、認証制度の開発スケジュールを策定した。

⁴⁵ 市民が中心になって設立した非営利の金融機関。詳細は全国 NPO バンク連絡会 <http://npobank.net/>等の HP を参照。



【図 3.3.2.1.3 認証イメージ】

- カーボンオフセットの基礎検討（天然住宅グループ）
「カーボンオフセット」可能な事例、可能性を知るため、市場で販売可能なカーボン量の計算、及び、カーボンオフセットの仕組みについての調査を行った。
- 林業の現状理解と復興戦略基礎検討、及び、ラウンドテーブルの開催と現場見学（全員）
関係者全員が集まってラウンドテーブルと現場見学会を行い、研究企画の具体化について相談し、4年間のプロジェクトの目的や推進手法に関して認識の共有化を計るとともに、研究対象への共通理解を深めることができた。とくに栗駒山合宿では林業と林産業の現場を見学して、それを踏まえて日本の林業における問題点と復興の可能性とそれへの戦略について全員で徹底討論を行い、実践的な視点から課題への理解を深めることができた。

【参考文献】

本プロジェクト（2009）『平成 21 年度研究開発実施報告書』社会技術研究開発センター
http://www.ristex.jp/env/02project/pdf/H21houkoku_tonooka.pdf

3-3-2-2. 2010 年度以降の研究開発結果・成果

2009 年度の研究開発の準備調査等を踏まえ、2010 年度以降、本プロジェクトは 3-3-1 の研究開発目標に向け、下記（A～D）の研究開発を行った⁴⁶。

- 森を守る仕組み
- 「森と街」を直結した家づくり
- 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり
- 2050 年 LCCO2 カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定

A. 森を守る仕組み — 森と街の直接連携のために

A.1 持続的な林業（育林を含む）が実現可能であることの実証

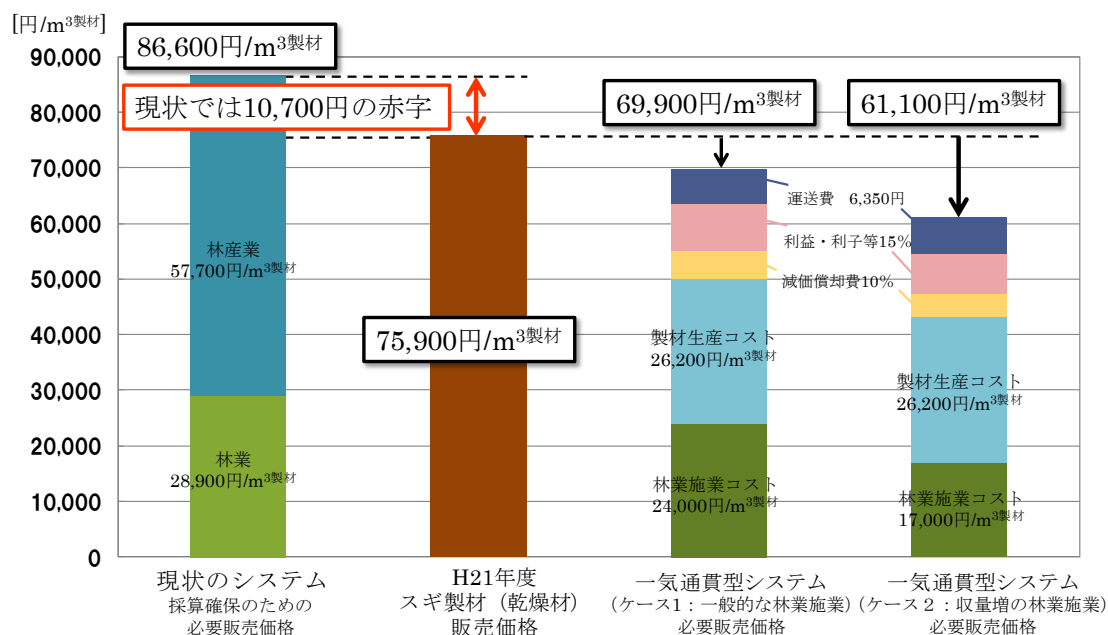
林業は、他の産業に比べて、より長いスパンで経営を考える必要があるものの、ビジネスとして機能するためには、（短期的にも）コストを抑え、生産効率を高めることが求められる。そのた

⁴⁶ 詳細は平成 22、23、24 年度研究開発実施報告書を参照

め、①栗駒木材を対象としたコスト試算とエネルギー消費量の調査を行い、その収支構造と LCCO2 を分析することで、一気通貫型木材流通システムの採算性確保の可能性と現状の木材流通システムと比較した場合の CO2 削減効果を検証するとともに、②既存林業の労務工程、特に熟練した木材加工技術を持った職人の「(木材建材の) 手刻み」工程についての分析のための予備的分析を行った。加えて、③林業・林産業の経営効率を高めるための方法に関するマニュアル作成のため、林業に関しては四国の NP0 法人 土佐の森・救援隊(事務局長：中嶋健造)が行っている自伐林業を中心に調査を行った。また、林産業としては、地域材を活用して手刻みにより木造住宅を手掛けている工務店・建築設計事務所を対象に、木造軸組構法における木組み手法の現状調査を行った。

① 林業・林産業のコスト試算および LCA 分析⁴⁷ (埼玉大学グループ)

栗駒木材の林業・林産業におけるコスト試算を行ない、一気通貫型木材流通システムの経済性評価を行なったところ、現状の木材流通システムにおいて、林業・林産業双方が採算確保可能な杉製材(乾燥材) 1m³あたりの必要価格は 86,600 円/m³である。一方、現在の杉製材(乾燥材) 1m³あたりの工務店着価格は 75,900 円/m³であることから、現状の木材流通システムでは、10,700 円/m³の赤字となっている。一気通貫型木材流通システムでは、現状の製材販売価格を下回っており、一気通貫型木材流通システムによって、林業・林産業双方の採算性確保が可能な可能性があることが明らかになった(図 3.3.2.2.A.1)。



【図 3.3.2.2.A.1 現状の木材流通システムと一気通貫型木材流通システムの収支比較】

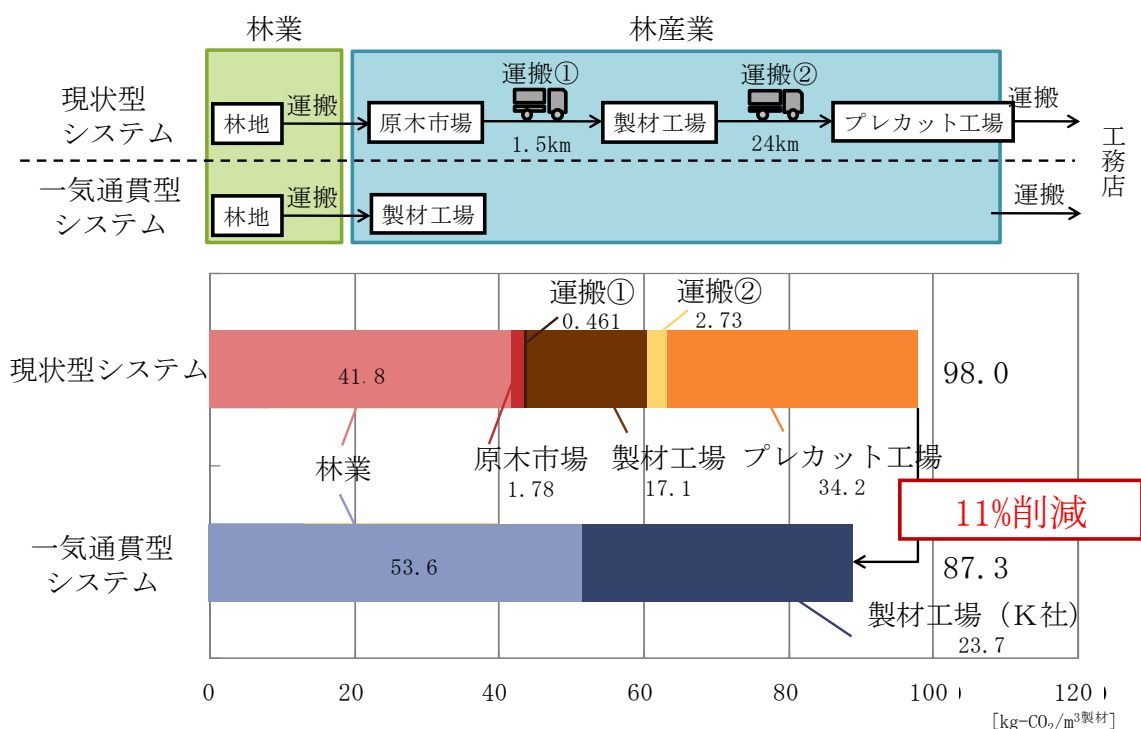
また、現状型システムを比較した場合、一気通貫型システムでは運搬時にかかるエネルギー量の削減等から 11%の CO2 排出量を削減できる事がわかった(図 3.3.2.2.A.2)。

現状の木材流通システムに比べ、一気通貫型木材流通システムでは林業における CO2 排出量は増加する。これは、栗駒木材(一気通貫型木材流通システム)における林業が収量増を目的とした林業施業(ケース 2: 立木材積 1, 100m³/ha)であることから、一般的に行われている林業施業(ケース 1: 立木材積 447 m³/ha^{*48})に比べ、重機・車両の使用時間が増加したことで排出量が増加したことによる。

仮に、一気通貫型木材流通システムにおける CO₂ 排出量は、システム合計で 65.5kg-CO₂/m³となり、現状の木材流通システムに比べ 33%の削減となることがわかった。

⁴⁷ 平成 22 年度研究開発報告書「(3) A、A.1、①、栗駒木材における林業・林産業のコスト試算および LCA 分析」pp.17-21

^{*48} 全国平均値：林野庁，森林資源の現状，2007 年



【図 3.3.2.2.A. 現状の木材流通システムと一気通貫型木材流通システムの収支比較】

② 既存林業の労務工程に関する予備的調査⁴⁹ (天然住宅グループ)

本プロジェクトの研究開発における予備的な調査として、木造従来軸組構法住宅の手刻みによる軸組加工工程の生産性について、大工の業務日報を中心に分析を行った。当該研究で得られた調査結果は下記の通りである。

- はり、けたに要する加工工数におい墨付けおよび加工手間が大きい。
- 特に伝統的構法におけるはりの刻みは、通常の6倍以上の時間を要している。

ベテランの大工にとって最も効率的に能力が発揮される工程は、「墨付け・刻み」といえる。

③ 林業・林産業の経営効率を高めるための方法に関するマニュアル作成のための基礎的調査研究⁵⁰ (天然住宅グループ及び埼玉大学グループ)

自伐林業を中心とした調査により、林業経営では、補助金に頼らずに林業だけで十分な所得を得られる可能性があることがわかった。

木造軸組構法における木組み手法の現状調査の結果、地域材を活用して木造住宅を手掛けている工務店・建築設計事務所における構法の実態を把握することができ、また、木材多用住宅天然住宅の基本モデルの生産性の高さが確認できた。さらに栗駒木材エコラの森をモデルとした、持続可能な林業施業計画のための調査および提案を行った。エコラの森を対象に、森林林齢の現況や法正林になるための適切な林業施業方法などを調査した。

その結果、地域材を活用して手刻みにより木造住宅を手掛けている工務店・建築設計事務所を対象として、これまでグレーンゾーン化していた木造軸組における継手・仕口の部分を調査し図面化する。さらに大工の建て方における生産性を把握し、地域木材を活用した住宅の構法特性の整理を行うことを目的とした。事例調査においては宮城県および岩手県に建設された3棟の住宅を対象とし、宮城県内に建設された東松島復興住宅（JSTプロジェクト

⁴⁹平成22年度研究開発実施報告書「(3) A、A.1、②、既存林業の労務工程に関する予備的分析」pp.22-25：
http://www.ristex.jp/examin/env/program/pdf/H22houkoku_tanaka.pdf

⁵⁰本プロジェクト(2012)平成24年度研究開発実施報告書「(3) ■④1) 木造軸組構法における木組み手法の現状調査・2) 2050年カーボンニュートラルに向けた林業施業計画と木材需給バランスの提案」pp.38-41

で進めている天然住宅の基本モデル) および栗原市の住宅では使用木材の全てを調査した。盛岡市の住宅においては、建て方調査の際に一部の継手などを調査した。この調査では、これから建設される建て方前における構造部材の実測調査を行った。また、作業を行った大工の人数や作業時間、作業の細目を計測・記録した。これと同時に、墨付けを行った大工にヒアリングを行い、木組みや継手への考え方を調査した。なお、木組みの具体的な納まりなどを理解できるよう、調査結果は各伏図に反映させる形で記録した。地域による構法の違いや大工の木組み手法の傾向を、より広範囲にとらえるためにアンケートを実施した。アンケートの内容は、大工および工務店が木造軸組住宅を設計・施工する際にどのようなノウハウで建てるのか、特に構造躯体における部材の断面寸法、構造計画を調査した。実施においては、宮城県建設職組合連合会および宮城県登米市の T 社、事例調査を行った栗原市の I 社の協力を受け、県内 24 社にアンケートを配布した。先行して配布した 13 社は 2011 年 11 月 25 日、続いて配布した 10 社は 12 月 1 日を回答期限としてアンケートを回収した。

以上の結果、地域材を活用して木造住宅を手掛けている工務店・建築設計事務所における構法の実態を把握することが出来た。また、本プロジェクトの対象である木材多用住宅の基本モデルの生産性が高いことが確認できた。

その上で、2110 年までの林業施業計画から木材供給量を算出し、そこから全国の人工林でこの林業施業計画を実施した場合の木材需給バランスを考察した。

その結果、栗駒木材および天然住宅が実施している林業・林産業を一貫して住宅生産までを行う一気通貫型住宅生産システム（以下、一気通貫型住宅生産システム）を活用し、2050 年におけるカーボンニュートラルを実現させるためには、日本林業の持続的な施業計画に基づく木材供給バランスを把握することが必要不可欠であった。そこで、共同研究を行っている栗駒木材の所有するエコラの森を対象に、森林林齢の現況や法正林になるための適切な林業施業方法などを調査した。その上で、2110 年までの林業施業計画から木材供給量を算出し、そこから全国の人工林でこの林業施業計画を実施した場合の木材需給バランスを考察した。

A.2 林産業と住宅建設を直接つなぐ一気通貫モデルの拡大とその実証⁵¹（天然住宅グループ）

国内林業のコストパフォーマンスを向上させたとしても、木材に対する需要がなければ、林産業は立ち行かない。その意味で木材需要を左右する住宅、特に木造住宅の普及が重要である。しかし、木造住宅の普及だけでは十分ではない。住宅建材としての木材の多くは輸入製材によって賄われているため、木造住宅が普及しても、国内林業の衰退を食い止めることにはつながらない。日本において、建材として使用される木材の多くが輸入製材である理由は、木材流通における市場構造が複雑であるという点もあるが、歴史的な経緯（金融の自由化による円高、バブル経済の発生と消滅、長引く不況に伴う住宅不況）の中で木材需要者と木材供給者の関係性が希薄になって行ったことが影響していると考えられる。

そこで本プロジェクトでは、サーチ理論をベースにしてモデル分析を行った⁵²。

その結果、市場経済に任せ、林産業（木材供給）と住宅建設（木材需要）をつなぐための仲介者が存在しない場合、外的ショック（金融の自由化による円高、バブル経済の発生と消滅、長引く不況に伴う住宅不況など）によって、木材需給がマッチしなくなる可能性があることがわかった。つまり、国内の木材供給者の質的な競争力強化は必要であるものの、供給サイドの改善だけでは現在存在する木材市場の需給ギャップを埋めることは難しく、マッチを作り出すことは容易ではないことから、国内に存在する木材の需要と供給をうまくマッチに導くような仲介者の存在が必要ということになる。そこに一気通貫のビジネスモデルの必要性を見出すことができる。

とはいえ、当該分析では仲介者の存在における必要性は見いだせるものの、仲介者についての分析自体は行っていない。また、現実にはコーディネーターが中心となって、木材の供給者（林産業）と需要者（住宅建設）を直接つなぐ一気通貫のビジネスモデルを構築するためには、林業、林産業、工務店等との連携が欠かせない。

そこで 2010 年 12 月に「木で暮らす・木で稼ぎ、木で生きる」をテーマにしてラウンドテー

平成 22 年度研究開発実施報告書「(3) A、A.2、林産業と住宅建設を直接つなぐ一気通貫モデルの拡大とその実証」pp.25-37

⁵² 詳細は前田（2011a）を参照。

ブルを開催し、一気通貫モデルにおける問題点や林業、林産業、工務店等との連携を如何に行っていくべきかの議論を行った。このラウンドテーブルを通じて、本プロジェクトに賛同していただける工務店等も増えてきている。

A.3 国産材の中間マージンを排した、林産地と住宅建設を直接つなぐ一気通貫ビジネスモデルの検証⁵³（埼玉大学グループ）

本プロジェクトの一気通貫モデルが機能したとしても、住宅建築によって排出される二酸化炭素を考慮しても森林のCO₂吸収量（つまり、森林のCO₂純吸収量）が最大化される解経路が存在しない、または、存在するための条件が厳しすぎるという場合には、そもそも当該システムの構築は意義をなさないことになる。

そこで木材流通に関わる川上（人工林）から川下（都市部）に至る流域圏全体の一元的な管理システムを考え、そのシステムが機能した時に、住宅建築によって排出されるCO₂を考慮しても森林のCO₂吸収量（つまり、森林のCO₂純吸収量）が最大化される解経路について動学的分析するとともに、当該モデルにおいて解経路が存在するのであれば、その解経路が存在するための条件を考察した⁵⁴。

その結果、一気通貫モデルの仲介者（当該モデルをプロデュースする者—本プロジェクトでは「天然住宅」にあたる）は、木材流通による搾取主体を省くことが目的の存在ではなく、川上（人工林地域）の森林管理状況を踏まえつつ、川下（都市部）に森林管理の重要性を認識させ、森林資源を使用する対価として、住宅に使用されている木材量に応じて住宅購入者から森林管理のために一定程度負担してもらうようなシステム（例えば、地場産木材多用住宅を認証するとともに、住宅購入者が負担した拠出金が如何に森林の保全に役立っているかを「見える化」する等）を構築するという役割を果たすことができれば、流域圏の自然環境を保全しつつ、住宅建築を考慮した森林の二酸化炭素純吸収量を最大化させるという最適な管理システムの動学的な解経路は存在することがわかった。

以上のように林産地と住宅建設を直接つなぐ一気通貫ビジネスモデルにより、流域圏の自然環境を保全しつつ、住宅建築を考慮した森林の二酸化炭素純吸収量を最大化させることができる。

A.4 国産材の潜在的生産量についてのシミュレーション分析⁵⁵（埼玉大学グループ）

日本は世界有数の森林保有国であるが、木材自給率は26.0%に過ぎず、林業経営も助成頼みとなっていることから森林整備も進まず、結果として日本の森林は崩壊寸前の状態となっている。そこで、現存する森林の潜在的供給能力を検討し、日本の森林が如何なる状態になっているかを考察した。

その結果、現在の日本の森林保有量であれば、自然成長量だけで日本のすべての木材需要を国産材だけで賄えることが明らかになった⁵⁶（図 3.3.2.2.A.3）図 3.3.2.2.3 より、平成15年から平成19年の間、実際の製材用材需要量は16,619万m³なのであることが分かる。、これまでの推計から現状の森林保有量による自然成長量により、国内の製材用材需要の1.45倍⁵⁷の木材供給力が存在していると考えられる。

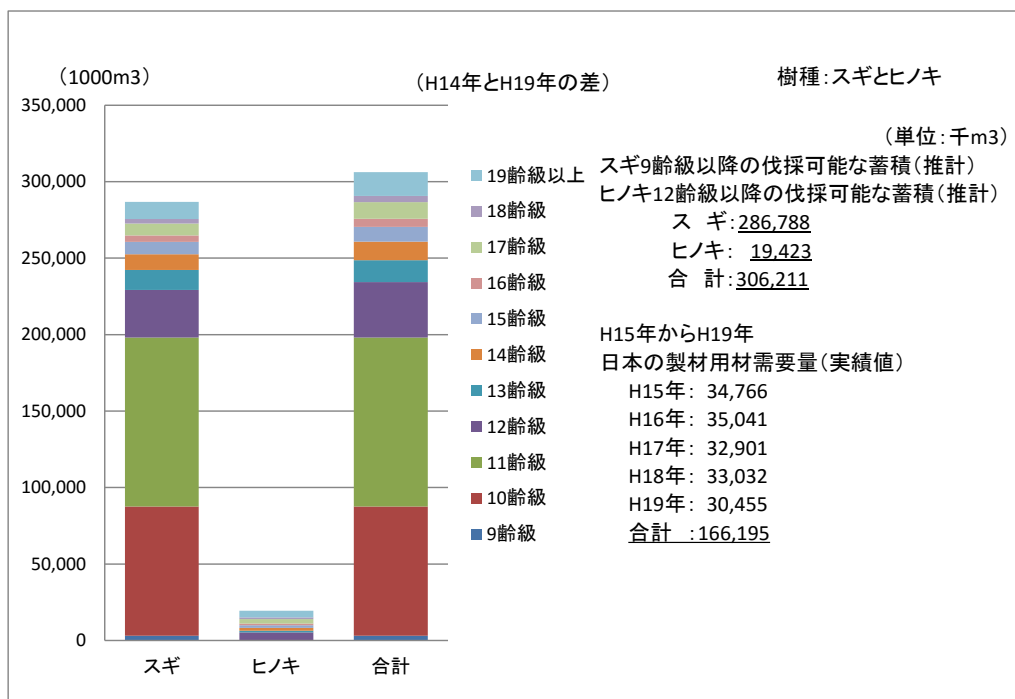
⁵³平成23年度研究開発実施報告書「(3) ■②、林産地と住宅建設を直接つなぐ一気通貫ビジネスモデルの検証」pp.36-37

⁵⁴ 詳細は前田（2012）を参照。

⁵⁵平成24年度研究開発実施報告書「(3) A1. 国産材の潜在的生産量についてのシミュレーション分析」pp.33-35

⁵⁶ 詳細は前田（2013a）を参照。

⁵⁷ 前田（2013a）の分析から、平成14年から平成19年までの間、森林の自然成長によって伐採可能となる材積は48,515万m³と推計できる。なお、伐採による木材供給量の推計をそのまま当てはめた場合、丸太の粗材積は歩留まりを7割として33,960万m³になる。とはいえ、強度や質を考慮すると粗材積の7割強しか出荷されないことから、実際に供給される量は24,162万m³となる。以上より、平成15年から平成19年の間、実際の製材用材需要量は16,619万m³なので、これまでの推計から現状の森林保有量による自然成長量により、国内の製材用材需要の1.45倍の木材供給力が存在していると考えられる。

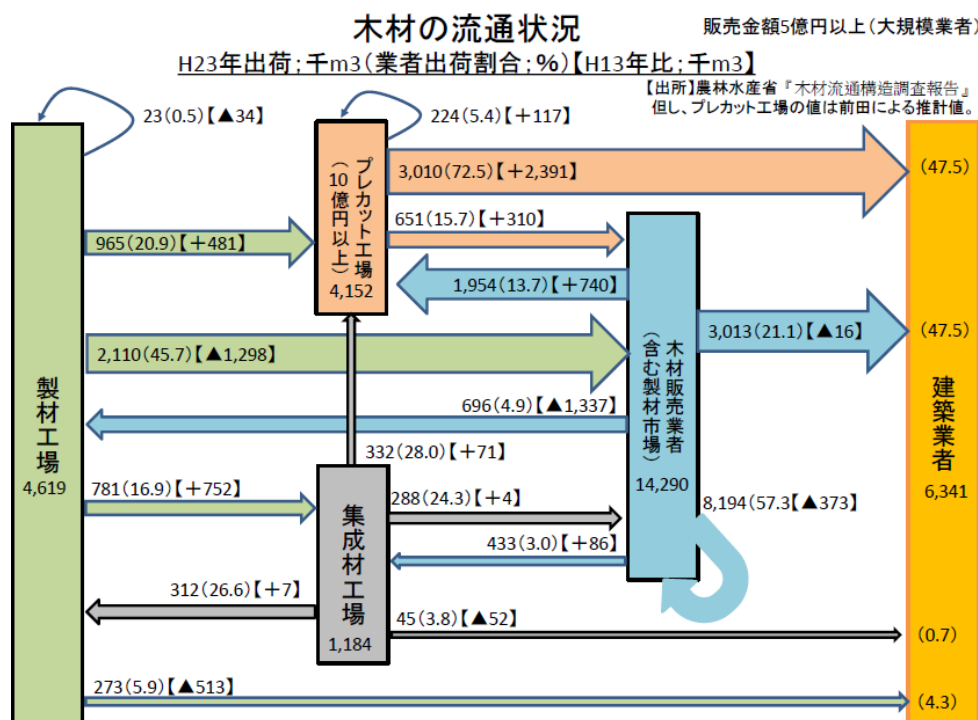


【図 3.3.2.2.A.4 H19 年の潜在的生産量】

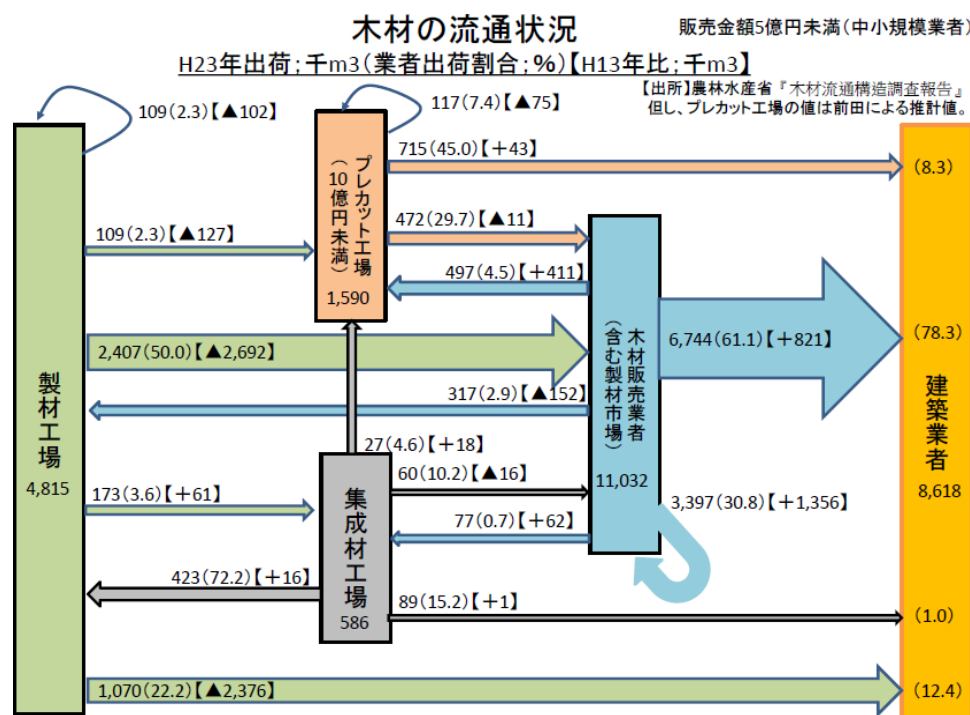
A.5 持続的な林業・林産業を妨げている要因についての分析⁵⁸ (埼玉大学グループ)

すなわち、日本の森林保有量であれば、自然成長量だけで日本のすべての木材需要を国産材だけで賄えるにもかかわらず、現在 20%程度しか供給されていないことになる。

この点に関して木材流通構造の面から検証した結果、大規模な業者は大量仕入れ大量出荷することで規模の経済を活かすとともに、プレカット工場経由で木材流通経路を短縮化するなど合理化を図り、激化している住宅販売競争でシェア拡大を進めている(図 3.3.2.2.A.5、及び、図 3.3.2.2.A.6)。



【図 3.3.2.2.A.5 木材の流通状況 (販売金額 5 億円以上_大規模事業者)】



【図 3.3.2.2.A.6 木材の流通状況 (販売金額 5 億円未満_中小規模事業者)】

このような競争により、素材となる国産材も需要され、自給率も高くなってはいるものの、それは輸入製材との価格見合いで購入されているだけなので、素材産業の経営は厳しいままであり、森林整備に資金は回らない。他方、外材よりも国産木材を選好する傾向の強い中小業者は厳しい経営状況の中で多くが破たんし、残った業者も国産木材の調達に問題を抱えていることがわかった。また、このような状況の解決のためには、市場経済からの経路とは異なるオルタナティブなルートとしての「森（林業等）と街（住宅需要）」を一元的に管理する事業スキームが必要であることがわかった。

A.6 持続的な林業・林産業を広げていくためのマニュアルに係る調査研究⁵⁹（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）

「森（林業等）と街（住宅需要）」を一元的に管理するとしても、「森」自身も助成金等に頼らずに自立した経営を行う必要がある。また、森林を自立して経営できるのであれば、そのスキルをマニュアル化することで、持続的な森林を広げていくことができる。

そこで本プロジェクトでは、助成金に頼らずに持続的な森林経営を行っている林業（自伐林業）を実地調査し、そのノウハウをまとめマニュアルを作成した。

B. 「森と街」を直結した家づくり — 国産木材多用住宅の性能評価

B.1 省エネ・長寿命の国産木材多用住宅の開発とその性能評価（天然住宅グループ及び埼玉大学グループ）

① 住宅そのものの性能評価に係る実測機器による観測と分析結果

i) 室内環境の実測調査⁶⁰

木造住宅の耐久性を低下させる主因は腐朽菌の増殖である。したがって、木造住宅の耐久性を維持するには、居住時の外壁内の木材含水率が腐朽菌の増殖が抑えられる 20～30%⁶¹

⁵⁹平成 24 年度研究開発実施報告書付録 1「林業マニュアルサマリー版」

⁶⁰平成 22 年度研究開発実施報告書「(3) B、B.1 省エネ・長寿命の国産木材多用住宅の開発とその性能評価」pp.38-42、及び、平成 21 年度研究開発実施報告書「(3) ① 3) 居住環境の実測および結果の分析」pp.23-33

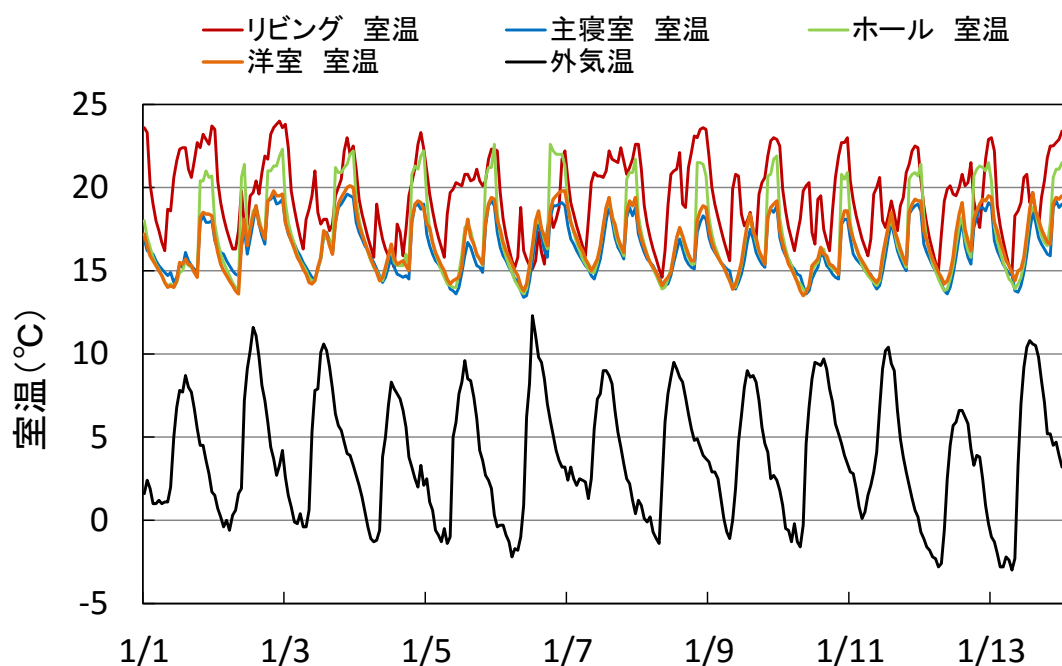
⁶¹ 桃原 郁夫 (2008)「20%～30%の含水率の期間は、強度低下等に現れる腐朽菌の進行に寄与しない可能性が

に保たれていることが必要と考えられる。更に、外壁内が、カビが繁殖する 70%以上か、結露領域に達しない温湿度条件を保つことが求められる。しかし、居住中の構造材の含水率はこれまで測定されたことがなかった。単なる情緒的な国産材利用論から脱却し、長寿命の木造住宅の性能を立証していくには、居住時の含水率測定は極めて重要である。

加えて、本プロジェクトでは、省エネ・長寿命の国産木材多用住宅の開発を目指しているが、天然住宅が企画・設計を行い建設した木材多用住宅の住人からはクーラーがなくても「夏は涼しく」、また暖房器具が 1 つだけで十分に「冬は暖かい」という感想が多い。この点に関しては肌感覚以上のデータはなく、先行研究も少ない。

そこで本プロジェクトでは、天然住宅が企画・設計を行い建設した国産木材多用住宅の室内環境について実測調査を行った⁶²。この結果、外気が低い日でもエアコンを使用せずに室内を 13℃以上を保っており、また各居室の温湿度に大きな差は見られなかったことから、室内の快適性が保たれていることが明らかとなった。さらに壁内にセンサを設置して温度の分布状況を明らかにし、実測住宅の高い断熱性能を明らかにした（図 3.3.2.2.B.1、及び、図 3.3.2.2.B.2）。つまり、断熱性能が高いと外気温の影響を受けにくい。また、熱も逃げにくいので、一度室内を暖めると長い時間温度が保たれる。だからエアコンの利用も減る。断熱性能が高いと暖房室と非暖房室の温度差も少ないので、不快な部屋ができにくい。暖気は上、冷気は下だが、断熱性能が高いと床下からの冷気が少ないので、上下の温度差も減少することになる。

現状ではグローブ温度についての考察、壁内の温湿度分布と熱流と含水率の関係性について考察がなされていない。また年間を通じての温熱環境性能と、エネルギー消費量の削減効果についても今後触れていきたい。加えて今後、同様の実測を集合住宅Kと板倉の戸建住宅においても行う予定である。以上の調査を継続し一気通貫型システムで建設された木造住宅の住宅性能を明らかにし、LCA 分析や普及効果の検討に寄与できるデータとして整理していきたい。

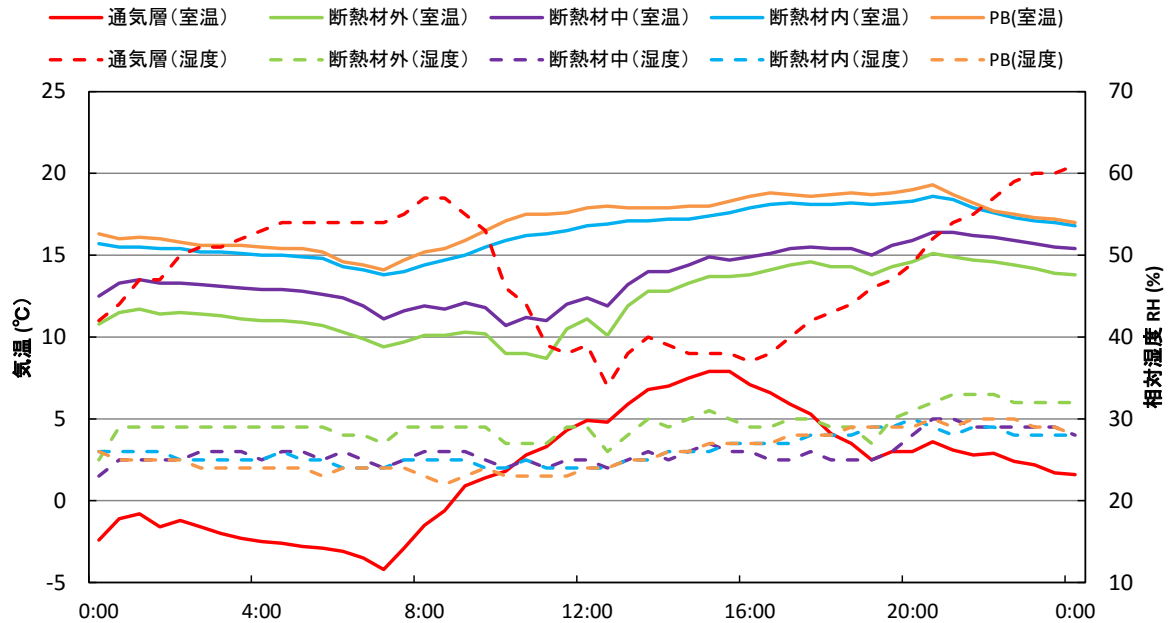


【図 3.3.2.2.B.1 2012/1/1～2012/1/14 気温変化図⁶³】

る (p.597 引用)」

⁶² 省エネ自然素材住宅 EV (東京都文京区) 2 戸を対象に、木造住宅部分と RC 住宅部分の実測を行い、居住環境について分析を行った。同様に戸建住宅 Y 邸 (東京都目黒区) および T 邸 (埼玉県所沢市) についても居住環境について実測、分析を行った。

⁶³ 東京都目黒区 T 邸 (2011 年度実測)



【図 3.3.2.2.B.2 2012 年 2 月 3 日 1 階壁内温湿度変化図⁶⁴】

ii) 「適気密」という考え方⁶⁵

本プロジェクトでは木材を多用するとともに「適気密」にすることにより、住宅が長寿命を実現すると考えている。

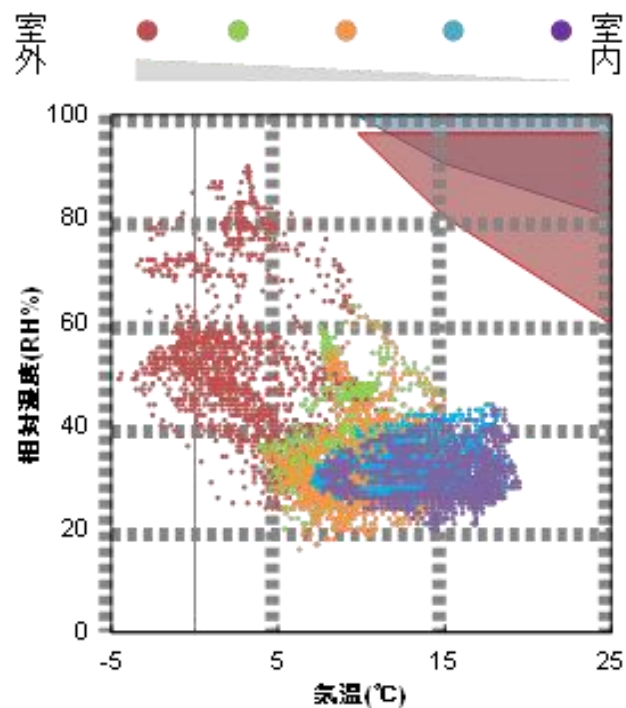
そこでここでは、一般の木造住宅よりも木材を多く使用した住宅（木材多用型住宅）を対象に、壁内温熱環境実測を通すことで、壁内における結露・カビといった住宅の性能劣化に対する木材多用型住宅の健全性を揭示するため、室内温熱環境実測やエネルギー消費量調査を行った。

その結果、一般の木造住宅よりも木材を多く使用した住宅（木材多用型住宅）を対象に、壁内温熱環境実測を通すことで、壁内における結露・カビといった住宅の性能劣化に対する木材多用型住宅の健全性が明らかになった⁶⁶（図 3.3.2.2.B.3～図 3.3.2.2.B.6）。

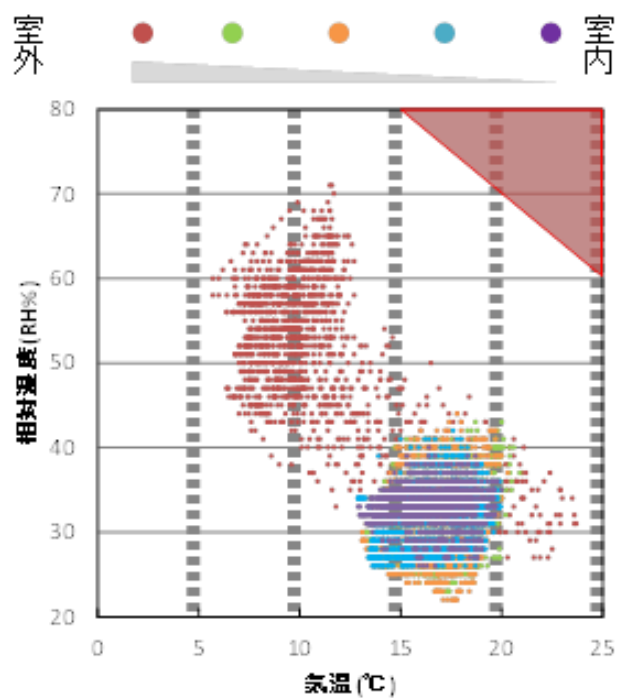
⁶⁴ 東京都目黒区 T 邸（2011 年度実測）

⁶⁵ 平成 24 年度研究開発実施報告書「(3) B、B2.木材多用型住宅の室内温熱環境実測」 pp.49-51

⁶⁶ 詳細は川村、保井、小濱、橋本、倉持、遠藤、高口（2012）を参照。



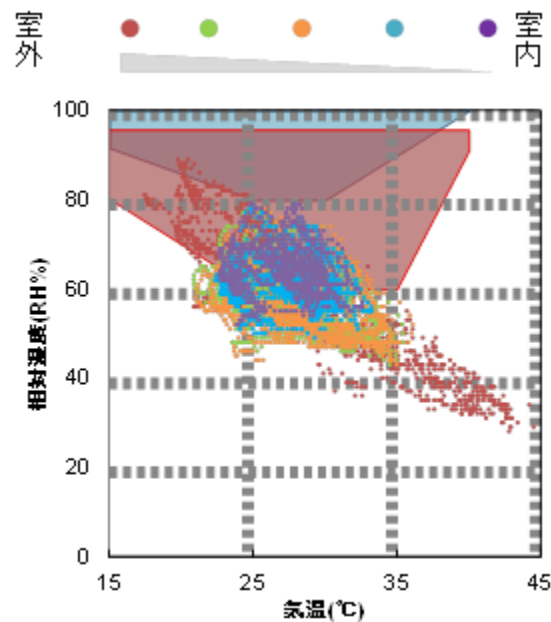
【図 3. 3. 2. 2. B. 3⁶⁷ 冬期（2012 年度）1 月 1 階 各測定箇所温湿度分布】



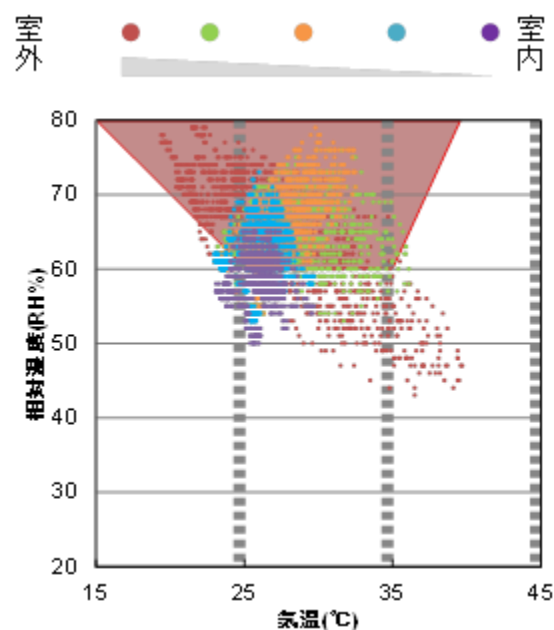
【図 3. 3. 2. 2. B. 4⁶⁸ 冬期（2012 年度）1 月 2 階 各測定箇所温湿度分布】

⁶⁷測定箇所の温湿度分布は乾性カビが発生する条件の範囲に含まれなかった。

⁶⁸測定箇所の温湿度分布は乾性カビが発生する条件の範囲に含まれなかった。



【図 3.3.2.2.B.5⁶⁹ 夏期（2012 年度）7 月 2 階 各測定箇所温湿度分布】



【図 3.3.2.2.B.6⁷⁰ 夏期（2012 年度）7 月 2 階 各測定箇所温湿度分布】

② 栗駒木材超低温乾燥炉性能実測

当該住宅においては、大工が手刻みで加工した木材を使用した伝統構法によって建てられていることから、当該住宅に使用される木材は、木材の繊維が破壊される高温乾燥では建築することが困難となる。本来、当該住宅に最も適しているのは自然乾燥された木材ではあるが、自然乾燥では時間的な問題もあり、効率的な建築ができなくなる。

そこで本プロジェクトでは、木材の繊維を破壊せず、時間的には自然乾燥よりも早い、

⁶⁹通気層と断熱材の一部で乾性カビが発生する可能性のある条件を満たした。しかし、長期的に乾性カビが発生する可能性がある温湿度を保っていないこと、通気層によって換気が行われていることなどから夏期における 1 階の壁内ではカビが発生している可能性は低いと考えられる。

⁷⁰通気層と断熱材の一部で乾性カビが発生する可能性のある条件を満たした。しかし、長期的に乾性カビが発生する可能性がある温湿度を保っていないこと、通気層によって換気が行われていることなどから夏期における 2 階の壁内ではカビが発生している可能性は低いと考えられる。

低温乾燥を目指している。とはいえ、低温で乾燥される乾燥炉については、先行研究も少なく、科学的な検証がなされていないことから、本プロジェクト自ら企画設計を行い建設した乾燥炉を使い、当該乾燥炉の室内環境を実測することにした。

B.2 木材の物性調査、及び、化学成分の利活用に関する調査（名古屋大学グループ）

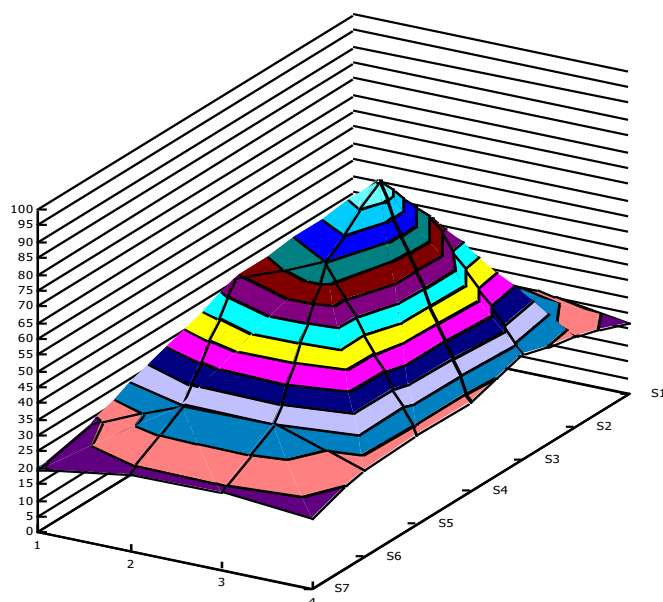
本プロジェクトで想定している国産木材多用住宅においては、大工が手刻みで加工した木材を使用した伝統構法によって建てられることになる。当該住宅に使用される木材は、伝統構法であるために手組部分が多く、木材の繊維が破壊される高温乾燥では建築することが困難となる。本来、当該住宅に最も適しているのは自然乾燥された木材ではあるが、自然乾燥では時間的な問題もあり、効率的な建築ができなくなる。そこで本プロジェクトでは、木材の繊維を破壊せず、時間的には自然乾燥よりも早い、低温で乾燥させた木材の使用を考えている。

とはいえ、低温で乾燥させた木材は市場での流通が少なく、強度等の面で科学的な検証等の先行事例が少ない。そこで本プロジェクトでは、以下のような方法で、低温乾燥木材の物性調査を行った。

① 非破壊による水分・強度性能測定および曲げ破壊試験⁷¹

様々な乾燥方法（高温、中温、低温、くん煙）の宮城県産スギ平角材（長さ 4m×幅 120×高さ 210mm）について、非破壊による水分・強度性能測定および曲げ破壊試験を行った。同時に非破壊測定を行った試験体をクリープ試験に資する試験体として確保し、クリープ試験の装置、荷重条件等を検討した。

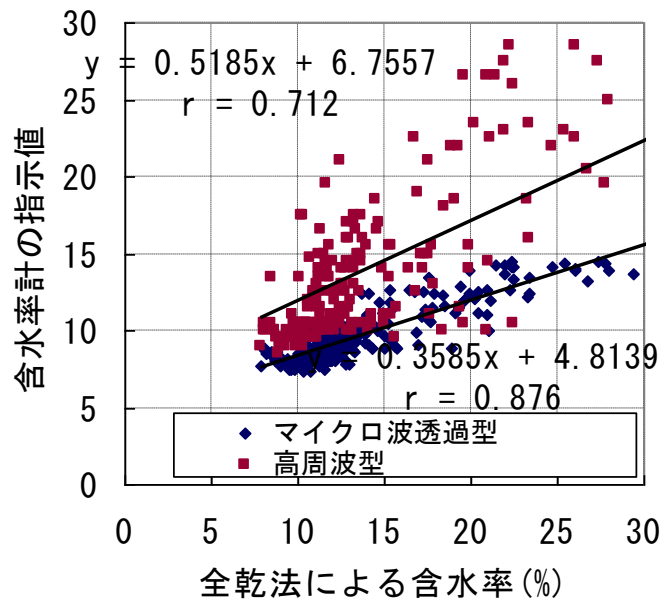
その結果、マイクロ波透過型含水率計を用いた含水率測定値は全乾法によるものと相関が高く、品質管理に有効であると考えられた。なお、試験を行った一部の材では内部の水分の高い材が見られた（図 3.3.2.2.B.7、及び、図 3.3.2.2.B.8）。



【図 3.3.2.2.B.7⁷² 全乾法含水率と含水率指示値の関係】

⁷¹平成 22 年度研究開発実施報告書「(3) B、B3 B.3.1 乾燥国産スギ材の性能評価（短期）による建築材料としての可能性の検討」 pp.45-55

⁷²破壊した試験体の全乾法による含水率とマイクロ波透過型および高周波型の含水率計による指示値との関係は図 3.3.2.2.B.7 のとおりである。なお透過型含水率計は含水率 30%以下を測定範囲としており、全乾法 30%以上の箇所を除外した。



【図 3.3.2.2.B.8⁷³ 内部の水分が高い例】
(z 軸が含水率を表す)

乾燥後に行った非破壊調査による強度性能値では含水率の影響もあり、乾燥方法の違いによる顕著な強度差は見られなかった。また、曲げ破壊試験による強度性能値はそれぞれの乾燥条件が同じではなくなり、比較を捉えるのは困難であり、結果として違いを見出せなかった。一方、材の物性値について含水率補正を行う際、内部の水分が高い材は、含水率により補正が過補正になる恐れのあることが示唆された。

曲げヤング係数と曲げ強度とは相関があることが知られているが、含水率補正を行った曲げヤング係数と曲げ強度との関係を調べた結果、高温乾燥材では、曲げヤング係数の増加に対して曲げ強度の増分が少ないという傾向が見られた。

② 曲げ試験及び破壊実験⁷⁴

上記低温乾燥機により乾燥させた木材を使用して、曲げ試験及び破壊実験を実施した。

この実験データを解析した結果、乾燥方法の違いによる木材強度の点では有意な違いは認められないものの、粘り度（荷重－たわみ曲線の比例限度以降のたわみ）においては低温乾燥材と高温乾燥材に有意な差が認められた。この結果は、木材の粘り度を利用して住宅建材を接合する「木組み」等を行う場合に有利に働くと考えられる。木組みは、金具等によって接合した場合に比べて、（木材と金属の温度変化に対する違いから生じる）結露等による腐食等の影響が少ないことが考えられることから、住宅強度を向上させる可能性が高まる。したがって、住宅強度を考えた場合、木組みで行うことが多い伝統構法を選択することが合理的であり、しかもこの場合、粘り度の高い低温で乾燥させた木材の使用が、高温乾燥材よりも適していると考えられる。

③ 乾燥法の異なる実大製材を対象としたクリープ試験⁷⁵

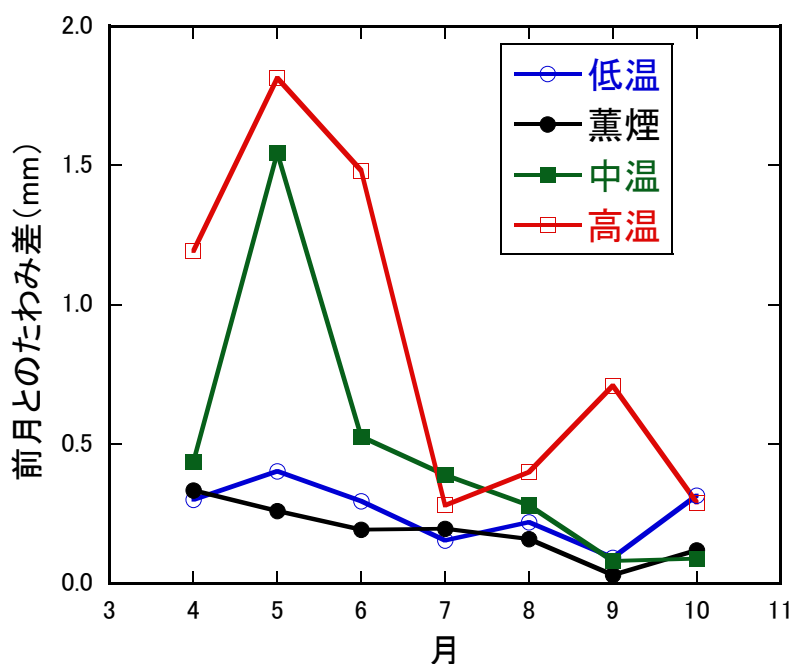
実大梁材の長期間荷重性能試験（クリープ試験）において、クリープ変位（たわみ量）の季節変動の仕方が乾燥法によって異なることが明らかとなった。すなわち、低温乾燥お

⁷³破壊した試験体のそれぞれの箇所の小片の全乾法による含水率を測定し、断面の含水率の分布を調べた。高温、低温、くん煙の一部で内部の水分が高い材が見られた。

⁷⁴平成 23 年度研究開発実施報告書「(2) ■② 省エネルギー、長寿命の新しい天然素材住宅の開発とその性能評価」p.14

⁷⁵平成 24 年度研究開発実施報告書「(3) B、B1 B11. 乾燥法の異なる実大製材を対象としたクリープ試験」pp.43-45

よび薫煙乾燥により得られた材は温度と湿度変化に起因する季節変動が小さい一方で、高温乾燥材および中温乾燥材は影響が大きかった（図 3.3.2.2.B.9）。



【図 3.3.2.2.B.9 前月とのたわみ差の乾燥法による違い】

④ 乾燥方法による化学成分の含有量変化について調査⁷⁶⁷⁷

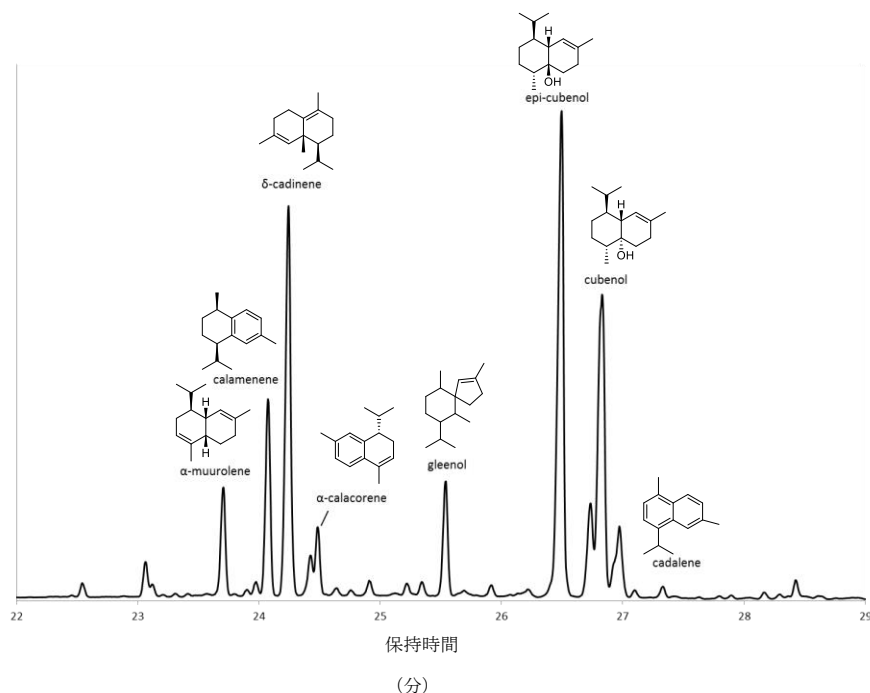
2011 年度の木材の物性調査の予備検討として乾燥方法による化学成分（セルロース、ヘミセルロース、リグニン）の含有量変化について調査した。

その結果、乾燥温度が高くなるとヘミセルロースおよびセルロースの一部が分解し、強度低下を招く恐れがあることが判明した。

2011 年度の主要化学成分分析（セルロース、ヘミセルロース、リグニン）に引き続き 2012 年度は乾燥条件の芳香性成分への影響について解析を始めた。2013 年度は分析手法について検討し、その結果、水蒸気蒸留法とガスクロマトグラフィ質量分析計を組み合わせることによって、芳香性成分を詳細に解析できることが分かった（図 3.3.2.2.B.10）。

⁷⁶平成 23 年度研究開発実施報告書「(3) ■① 省エネルギー、長寿命の新しい天然素材住宅の開発とその性能評価」 pp.19-23

⁷⁷平成 23 年度研究開発実施報告書「(3) B、B12. 乾燥方法による化学成分の変化に関する調査（芳香性成分分析）」 pp.45-46



【図 3.3.2.2.B.10⁷⁸ 水蒸気蒸留で得られた芳香性成分のガスクロマトグラム】

⑤ 木材漬け込み水を用いた抽出成分の分析⁷⁹

木材乾燥に向けた前処理として、「丸太・材料を予め水中に浸漬する：水中貯木、水中貯蔵」といった工程が行われることがある。これにより材の乾燥速度が上がること (Kobayashi et al., 1998a)、材の“狂い”が軽減すること (小林ら、1998) が報告されている。この乾燥性の改善の機構については不明な点が多いが、細胞壁構造の一部が微生物分解されること (Kuroda et al., 1990; Kobayashi et al., 1998b)、また材組織空隙に充填されている油状物質が取り除かれること等により、水分通導性が向上するためと考えられている。

木材には水やアルコールなどの有機溶媒に溶解する物質が含まれ、これらは抽出成分 (エキス) と呼ばれる。抽出成分は多種多様であり、それらの化学構造の成り立ち (炭素原子数) によって分類される。例えば、C6-C3-C3-C6 (C18) 炭素骨格を有する化合物群はリグナン、C17 骨格化合物群はノルリグナン、C15 骨格化合物群はフラボノイドなどと呼ばれる。

植物エキスには、生薬・漢方薬の例でよく知られているように、様々な薬効・生理活性を持つものが多い。例えば、リグナンの多くは抗酸化活性、抗ウイルス活性、抗腫瘍活性などをもち、メギ科植物根茎に含まれるポドフィロトキシン (の一部改変物質) が肺ガン、胃ガン、卵巣ガンの臨床的治療に使用されていたり、またゴマに含まれるセサミンの抗酸化能や制ガン作用 (肝臓ガン) が注目され健康食品 “胡麻リグナン” として社会的に広く認知されている。

これまで長い間、スギ材中におけるリグナンの存在はよく知られていなかったが、最近我々は、伐採直後のスギ材からのアルコール抽出物を酵素 (β ・グルコシダーゼ) 処理することによって 5 種類のリグナン類が得られることを見出し、全てのものを機器分析によって同定した (串ら、2006; 今井ら、2007; 2008; 坂東ら、2009)。5 種類の中に、先に述べた胡麻リグナンの構造類似化合物である、ピノレジノールおよびラシレジノールの存在が確認され、これらは胡麻リグナンと同様に酸化防止作用を示す。他 3 種類のリグナンも酸化防止作用を持つと考えられる。また、リグナンは伐採直後のスギ辺材 (樹幹中央部の濃色部心材を取り巻く淡色部) から得られるが心材や伐採後長期間置いた

⁷⁸ このクロマトグラムの結果から、スギの芳香性成分である δ -cadinene や epi-cubenol などを検出することができ、その他の成分についても精度よく分離することができた。

⁷⁹ 平成 23 年度研究開発実施報告書「(3) B、B13. 木材漬け込み水を用いた抽出成分の分析」pp.46-49

辺材からは得られず、材の部位特徴的な存在が示された。リグナン生成量の合計はスギ材(辺材)乾重量あたり最大で約 0.5%であり、スギ抽出成分としては比較的多量であった。したがって、スギ辺材はリグナン生産の源ともなり得る。

元来、乾燥前の木材漬け込み水に如何なる成分が含まれているのか不明であったことから、ここではスギ材利用の高付加価値化の可能性を模索することを目的として、水中貯木に使用された水に含まれる化学成分の調査、特にリグナン等の有用成分の探索を行った。

【実験 1】

2011 年に採取されたスギ材浸漬前の水「：前」および浸漬後の水「：後」それぞれ 200 mL について、酢酸エチル抽出(50 mL × 3 回)を行い、本抽出液を合わせて濃縮乾固し酢酸エチル抽出物(浸漬前：1.0 mg, 浸漬後：1.4 mg)を得た。また、水層部を濃縮乾固して水抽出物(同前：24.3 mg、同後：25.5 mg)を得た。次いで、水抽出物の一部(前および後それぞれ 1 mg)を 1 mL の酢酸緩衝液(pH 5)に懸濁させ、これに β -グルコシダーゼ溶液(0.5 U/ μ L 活性濃度) 20 μ L を加え、酵素加水分解(10 U、36°C、21 時間)を行った。分解反応液について酢酸エチル抽出(3 mL × 4 回)を行い、本抽出液を合わせて濃縮乾固し酵素分解物(浸漬前：0.2 mg、浸漬後：0.3 mg)を得た。この分解物についてガスクロマトグラフィ質量(GCMS)分析を行った。特に、リグナンが検出されるかどうか注目した。

【結果 1】

我々のこれまでの研究によれば、スギ材中のリグナンは配糖体(グルコース=ブドウ糖との結合体)として存在する。通常、GCMS により配糖体を検出することは極めて困難である。そこで、本実験では前処理として酵素分解により配糖体からグルコースを切り離すことを試みた。グルコースが除かれたリグナンそのものは GCMS 分析が可能である。

酵素加水分解物のガスクロマトグラムを図 3.3.2.2.B.11 (浸漬後)および図 3.3.2.2.B.12 (浸漬前)に示す。標準化合物との保持時間およびマス解裂様式(図 3.3.2.2.B.13~18)の比較の結果、浸漬後試料においてジヒドロデヒドロジコニフェリルアルコール(DDDC)、ラリシレジノール(LR)、ピノレジノール(PIN)といった 3 種類のリグナン類(リグナンとは化学構造規則に基づいた総称のことである)が検出された。一方、対照となる浸漬前試料の分析ではリグナン類は検出されなかった(図 3.3.2.2.B.12)。したがって、上で検出されたリグナン類は浸け込み水に溶け出したスギ材由来の化合物である。

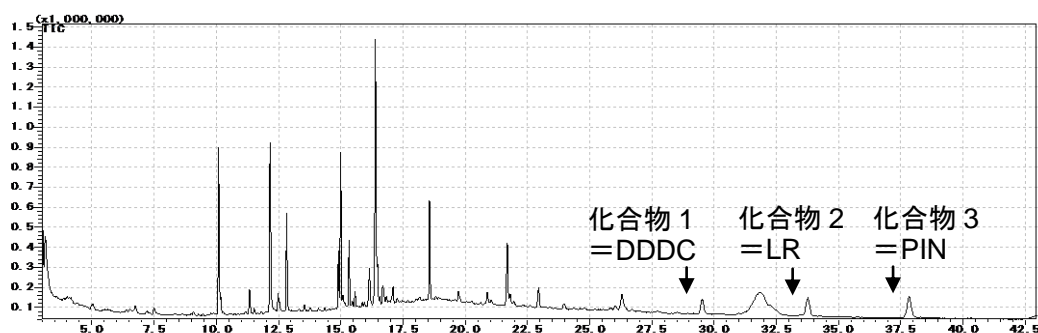


図 3.3.2.2.B.11 浸漬後水(2011 年採取)抽出物の酵素加水分解物の GCMS チャート

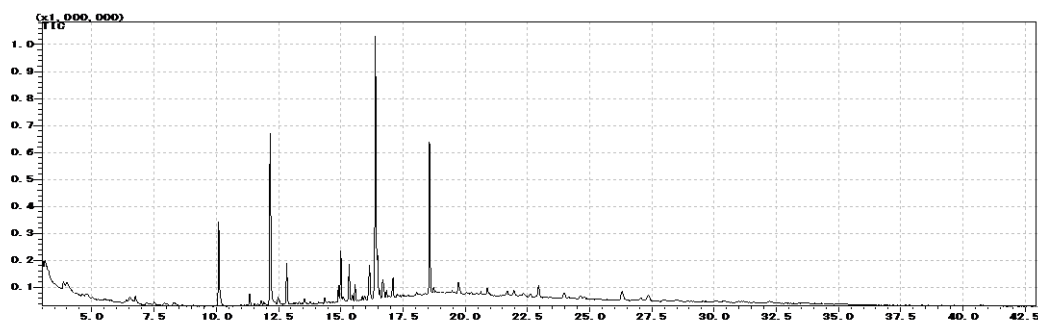


図 3.3.2.2.B.12 浸漬前水(2011 年採取)抽出物の酵素加水分解物の GCMS チャート

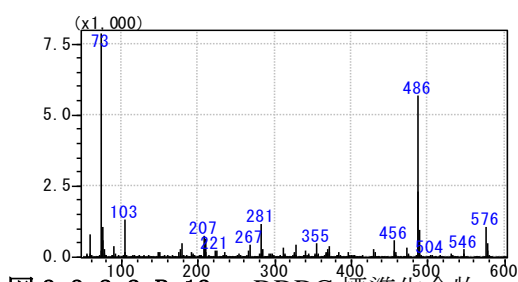


図 3.3.2.2.B.13 DDDC 標準化合物

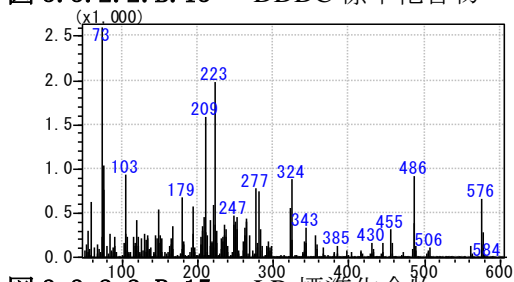


図 3.3.2.2.B.15 LR 標準化合物

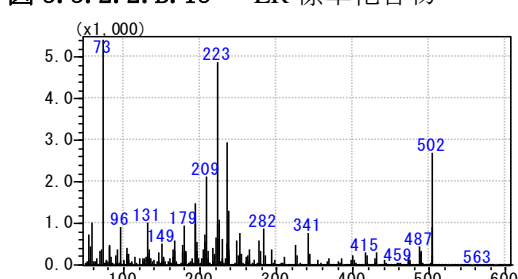


図 3.3.2.2.B.17 PIN 標準化合物

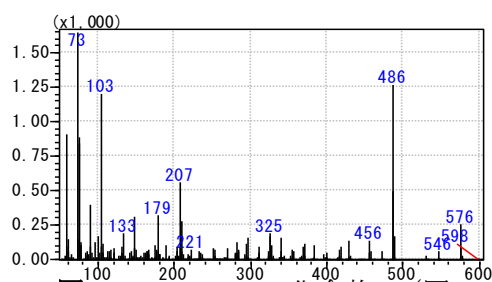


図 3.3.2.2.B.14 化合物 1 (図 1、29.5 分ピーク)

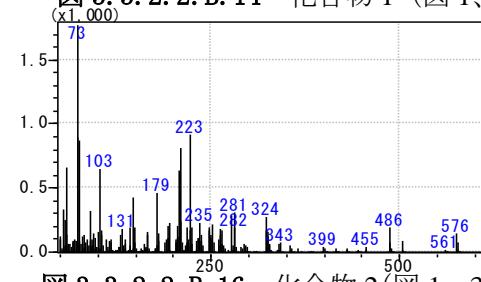


図 3.3.2.2.B.16 化合物 2 (図 1、33.7 分ピーク)

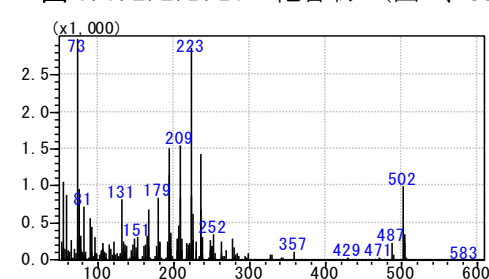


図 3.3.2.2.B.18 化合物 3 (図 1、37.8 分ピーク)

定量分析結果から、初めに用いた 200 mL の浸漬水から得られる抽出物の酵素分解により、DDDC、LR、PIN がそれぞれ約 45 μ g、50 μ g、30 μ g 得られることになる。今回の浸漬水は、角材(寸法：130×130×3000 mm、4 本)を約 150 L の水に漬け込んで得られたものであるから、全浸漬水(すなわち上記寸法角材 4 本)から得られる抽出物からは DDDC、LR、PIN がそれぞれ約 35 (45×150/0.2×1/1000) mg、37.5 (50×150/0.2×1/1000) mg、22.5 (30×150/0.2×1/1000) mg が得られることになる。

【実験 2】

浸漬水分析におけるリグナン生成量の増大・検出効率の向上を目的とし、【実験 1】で調製された水抽出物について約 5 倍スケールにて酵素加水分解した。すなわち、浸漬後

水抽出物の一部(約 4 mg)を 1 mL の酢酸緩衝液(pH 5)に懸濁させ、これに β -グルコシダーゼ溶液(0.5 U/ μ L) 100 μ L を加え、酵素加水分解(50 U、36°C、約 20 時間)を行った。分解反応液について酢酸エチル抽出(3 mL \times 4 回)を行い、本抽出液を合わせて濃縮乾固し酵素分解物を得た。この分解物について GCMS 分析を行った。

【結果 2】

【実験 1】において水抽出物を酵素加水分解した結果、有用成分としてジヒドロデヒドロジコニフェリルアルコール(DDDC)、ラリシレジノール(LR)およびピノレジノール(PIN)といったリグナン類が検出された(図 3. 3. 2. 2. B. 11)。その検出量が少量であったため、リグナン生成量の増大・検出効率の向上を目的とし、【実験 1】で調製された水抽出物について約 5 倍スケールにて酵素加水分解した。その結果、標準試料のマス解裂様式との比較により(図 3. 3. 2. 2. B. 19)、DDDC および PIN は確認されたが、【実験 1】において確認された LR は検出されなかった(図 3. 3. 2. 2. B. 20)。また、【実験 1】の場合と比較して、リグナン類の検出量が極めて少なかった。28.9 分の DDDC のピークについては、 m/z 486 を用いた選択イオン検出(SIM)分析により極微量検出され、一方 36.9 分のおそらくピノレジノールのピークについては、 m/z 502 を用いた SIM 分析によっても、痕跡程度にしか検出されなかった(図 3. 3. 2. 2. B. 20)。したがって、抽出物の保管期間(室温)に変質等が起こった可能性が示された。

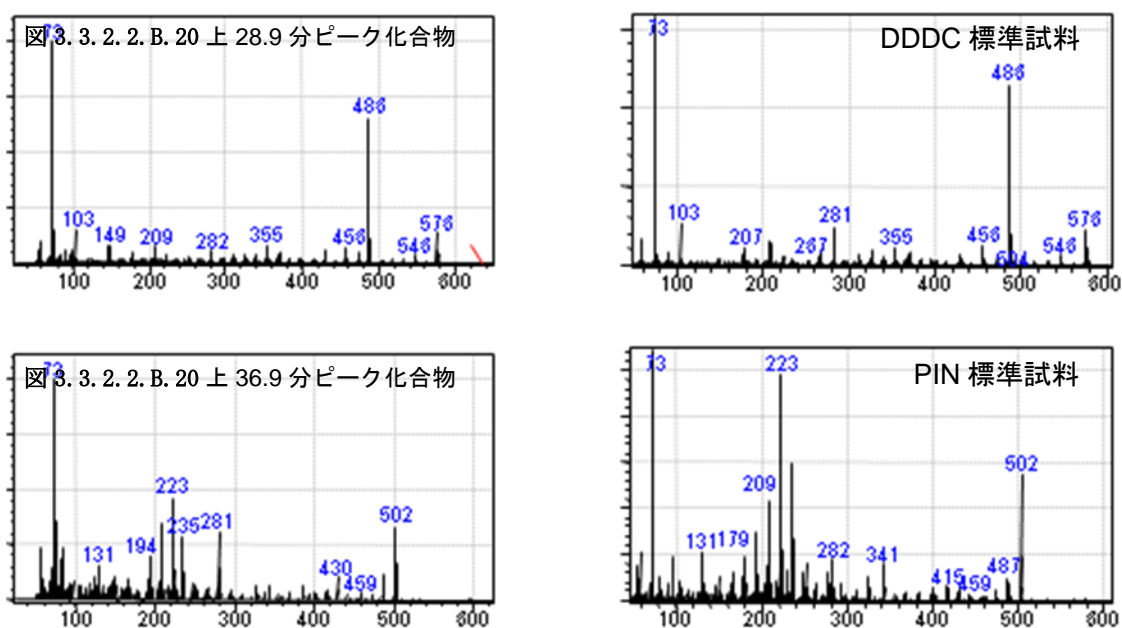


図3. 3. 2. 2. B. 19 酵素加水分解物中に検出された化合物およびリグナン標準試料のマス解裂様式

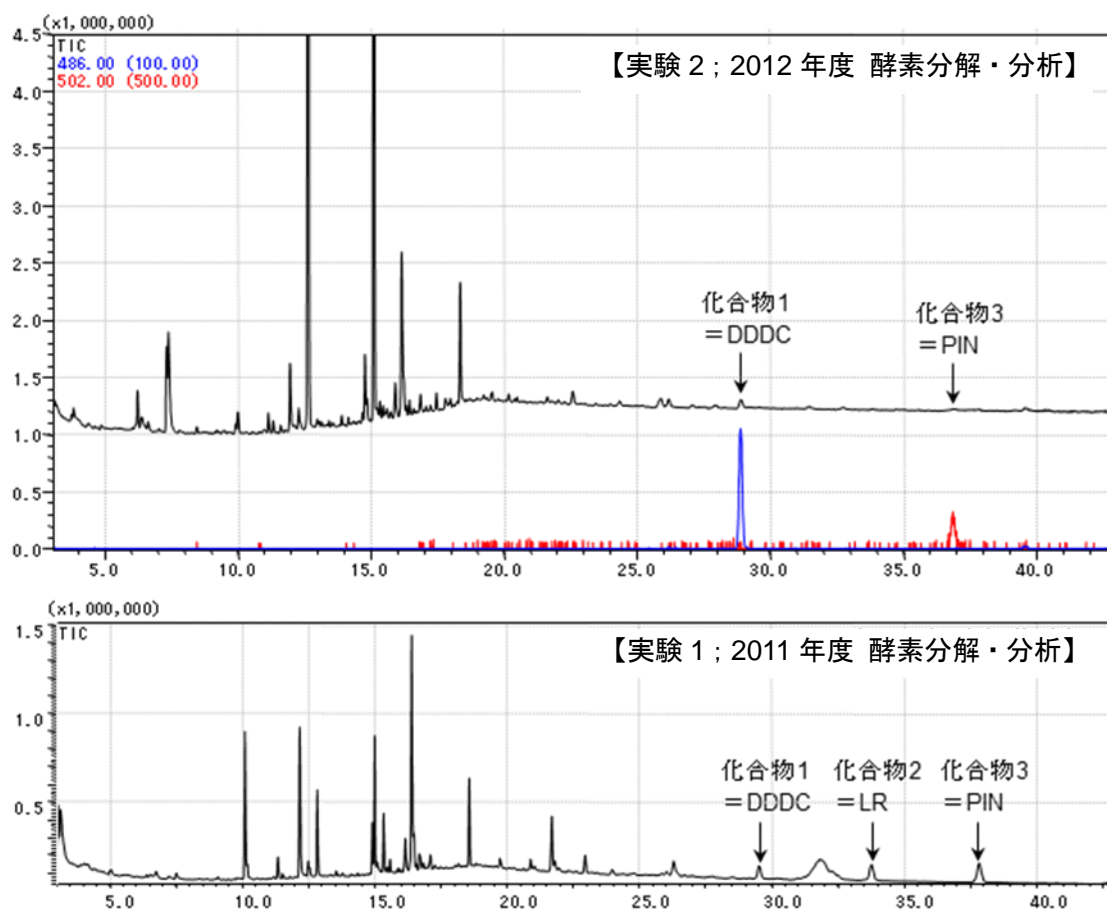


図3.3.2.2.B.20 浸漬前水(2011年採取)抽出物の酵素加水分解物のGCMSチャート

【実験 3】

【実験 1, 2】により、抽出物の保管期間中(室温)に成分の二次的変化が見受けられたため、抽出効率およびリグナン生成量の再現性の確認を目的として、【実験1】で用いたものと同じの水(化学的変質をできる限り抑制するために冷蔵保存されていた)150 mLを【実験 1】の手順に従って溶媒分画し(浸漬前後の2回ずつ)、得られた浸漬後水抽出物について酵素加水分解(リグナン生成量の増大・検出効率の向上を目的として【実験 1】の約5倍スケール、すなわち、抽出物：約4 mg、酵素：50 U、pH 5、36℃、約20時間)および分解物のGCMS分析を行った。

【結果 3】

【実験 1】で用いたものと同じのスギ材浸漬前の水「：前」および浸漬後の水「：後」について、抽出手順・抽出効率の再現性の確認を試みた。その結果、酢酸エチル抽出物収量、水抽出物量については、【実験 1 (2011年度)】と【実験 2 (2012年度)】の結果は、ほぼ同じであった(図3.3.2.2.B.21)。

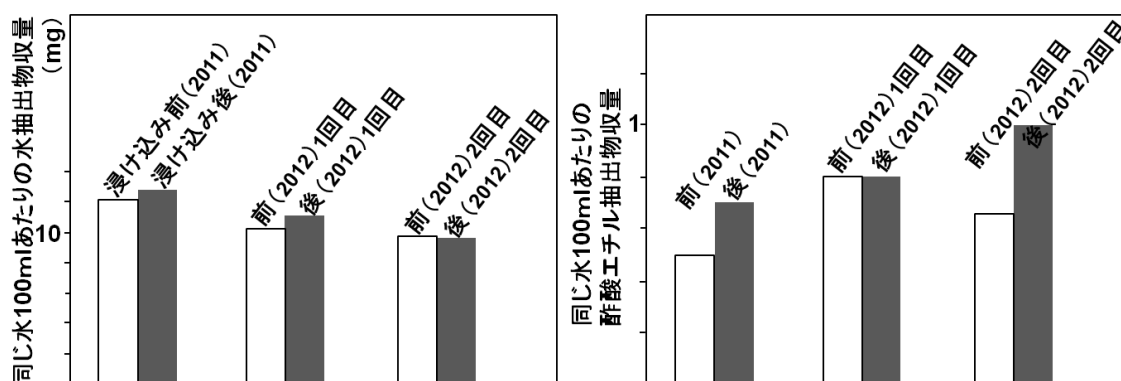


図3. 3. 2. 2. B. 21 水試料の水抽出物(酢酸エチル不溶部)量および酢酸エチル抽出物量

浸漬水中の成分の安定性を確認するため、【実験1】で用いたものと同一の水試料から得られる水抽出物(浸漬後)について酵素加水分解および分解物のGCMS分析を行った。その結果、【実験1】で確認されたDDDC、LRおよびPINといったリグナン類が検出されなかった(図3. 3. 2. 2. B. 22)。したがって、低温においても、水試料の保管期間に成分の変質等が起こった可能性が示された。

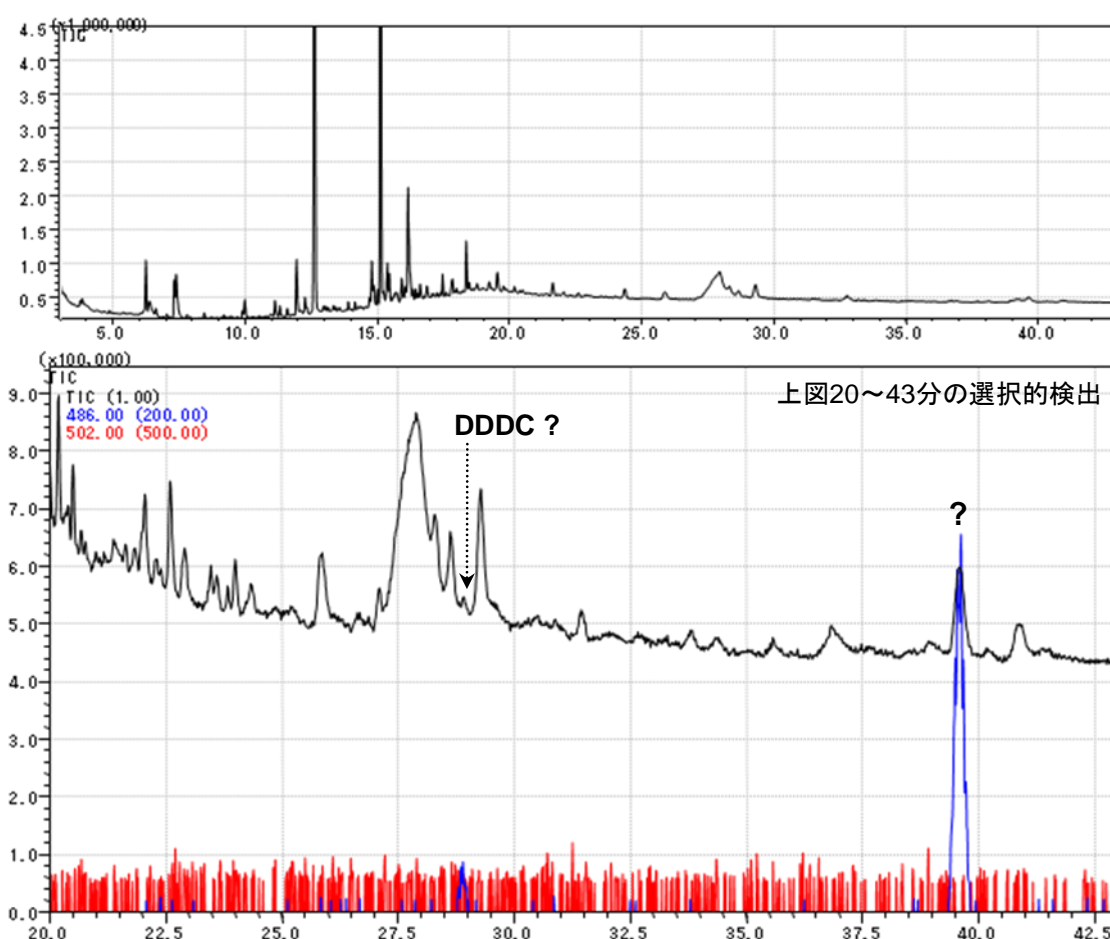


図 3. 3. 2. 2. B. 22 酵素加水分解物酢酸エチル抽出物の GCMS チャート

【実験 4】

【実験 3】により、2011年に採取された水試料の保管中に二次的変化が見受けられたため、抽出効率およびリグナン生成量の再現性の確認を目的として、2013年にあらたに水試料を採取した。これについて【実験 1】の手順に従って溶媒分画し(浸漬前後の3回ずつ)、

得られた浸漬後水抽出物について酵素加水分解(リグナン生成量の増大・検出効率の向上を目的として【実験 1】の約5倍スケール、特に酵素量については100倍、すなわち、抽出物：約4 mg、酵素：1000 U、pH 5、36℃、約20時間)および分解物のGCMS分析を行った。

以上に加えて新規検討事項として、【実験 1および4】で調製された浸漬水の酢酸エチル抽出物についてもGCMS分析を行った。

【結果 4】

浸漬前の水「：前」および浸漬後の水「：後」について、水抽出量は 2011 年に採取された水を用いた【実験 1 (2011 年度)】と【実験 2 (2012 年度)】の結果(図 3. 3. 2. 2. B. 21)とほぼ同等であった(図 3. 3. 2. 2. B. 23)。酢酸エチル抽出物収量は、2011 年に採取された水を用いた【実験 1 (2011 年度)】と【実験 2 (2012 年度)】の結果(図 3. 3. 2. 2. B. 21)と比較して、多い傾向にあった(図 3. 3. 2. 2. B. 23)。そこで、新規検討項目として浸漬後水の酢酸エチル抽出物について GCMS 分析を行った。その結果、2013 年に採取された水の場合、標準試料の保持時間ならびにマス開裂様式との比較により、アガサレジノールおよびセクイリンCといったノルリグナンの存在が確認された(図 3. 3. 2. 2. B. 24, 25)。なお、2011 年に採取された水の酢酸エチル抽出物の分析では、これらノルリグナンは検出されなかった。

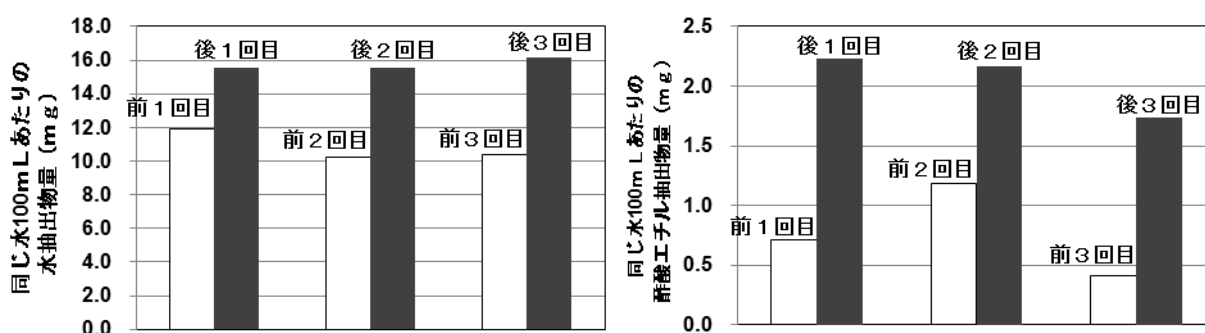


図 3. 3. 2. 2. B. 23 水試料の水抽出物(酢酸エチル不溶部)量および酢酸エチル抽出物量

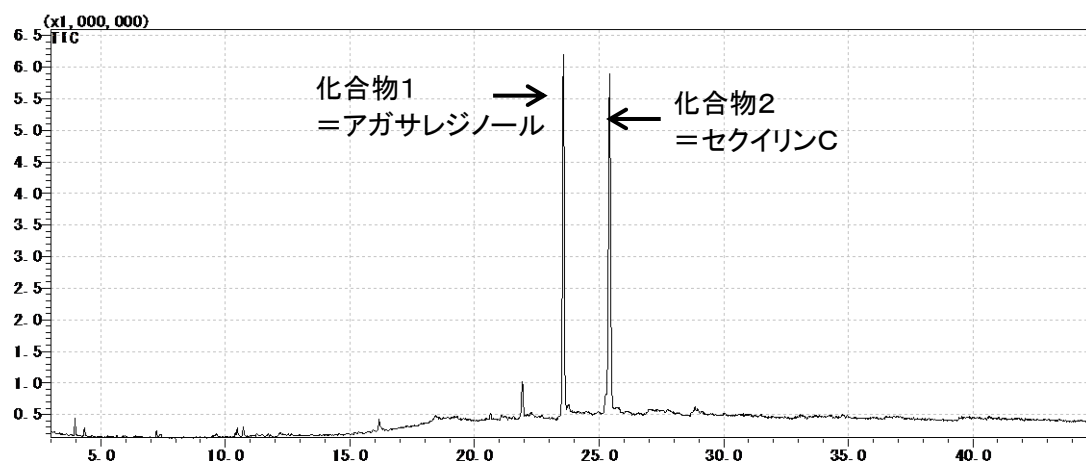


図 3.3.2.2.B.24 2013 年に採取された水試料(浸漬後)の酢酸エチル抽出物の GCMS チャート

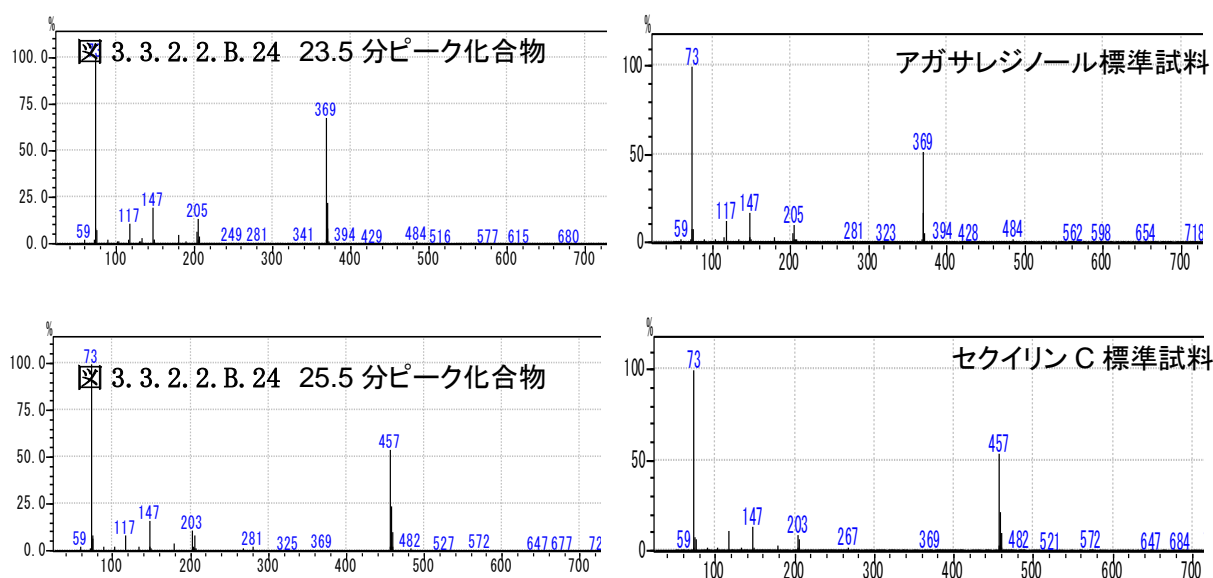


図 3.3.2.2.B.25 酢酸エチル抽出物中に検出された化合物およびノルリグナン標準試料のマス開裂様式

定量分析結果から、初めに用いた 200 mL の浸漬水から得られる酢酸エチル抽出物中に、アガサレジノール、セクイリン C がそれぞれ約 300 μg 、520 μg 存在することになる。今回の浸漬水は、角材（寸法 300 × 300 × 4200 mm、4 本）を約 120 L の水に漬け込んで得られたものであるから、全浸漬水（すなわち上記寸法角材 4 本）から得られる抽出物からはアガサレジノール、セクイリン C がそれぞれ約 180 (0.300 × 120/0.2) mg、312 (0.520 × 120/0.2) mg が得られることになる。

また、2013 年に採取された水の酢酸エチル不溶部（：水抽出物）の酵素加水分解を行い、その分解物の GCMS 分析を行った。その結果、2011 年に採取された水抽出物加水分解物の分析において確認されたリグナン類(図 1)が、2013 年に採取された水を用いた場合には検出されなかった。

【まとめと考察】

2011 年および 2013 年に採取された水の分析結果のまとめを表 3.3.2.2.B.1、表 3.3.2.2.B.2 に示す。

表 3.3.2.2.B.1 2011 年および 2013 年に採取された水に含まれる抽出成分の種類

		2011 年採取水	2013 年採取水
酢エチ抽出物	リグナン	—	—
	ノルリグナン	—	+
水抽出物	リグナン	+	—
	ノルリグナン	—	—

表 3.3.2.2.B.2 GCMS 定量結果

水の採取年	抽出成分の種類	化合物	μg /200 mL	mg/角材 4 本分浸漬水
2011	リグナン	DDDC	45	35.0
		ラリシレジノール	50	37.5
		ピノレジノール	30	22.5
2013	ノルリグナン	アガサレジノール	300	180
		セクイリンC	520	312

一般に木材抽出成分は組織部位に特徴的であることが知られている。スギの場合、心材にはノルリグナン(アガサレジノールおよびセクイリンC)が含まれるが、これらは辺材には含まれない。一方、最近の我々の研究により、辺材にはリグナン類(ジヒドロデヒドロジコニフェリルアルコール:DDDC、ラリシレジノールおよびピノレジノール)の配糖体が含まれるが、これらは心材には含まれないことが明らかにされている。したがって本実験結果について、リグナン・ノルリグナンの有無は、浸け込まれた角材の製材における、木取りに影響された可能性がある。

以上のように漬け込み水中に含まれることが分ったリグナンおよびノルリグナンは、抗菌性や抗酸化活性などの有用性を持つことが知られているため、今回の実験により従来は廃棄されていた漬け込み水の新規利用法開拓の基盤が得られたことになり、これまでの建材あるいはバイオマスエネルギー源としての日本産スギ材の利用のみならず、その新規利用により地域産業の創出・活性化につながる可能性が示唆された。

なお、ノルリグナンの生理活性としてリグナンほどには知られていないものの、研究レベルでは(実用例としてではなく)、抗酸化活性(Song et al., 2007; Nishida)、抗菌性(Iida et al., 1999)、抗原虫症活性(Oketch-Rabah and Dossaji, 1997)、エストロゲン様活性(Minami et al., 2000)が知られている。

B3. 国産木材多様住宅実務を広げていくためのガイドに係る調査研究⁸⁰ (天然住宅グループ)

適気密で、しかも、人にやさしく(健康的に安全)、国産木材を多用した住宅を設計・施工するためには、通常とは違った建築スキルが必要となる。

そこで本プロジェクトでは、上記のような住宅を設計・施工するために必要となる実務的な事項をまとめた「実践ガイド」を作成した(実践ガイド_別添付録1)。

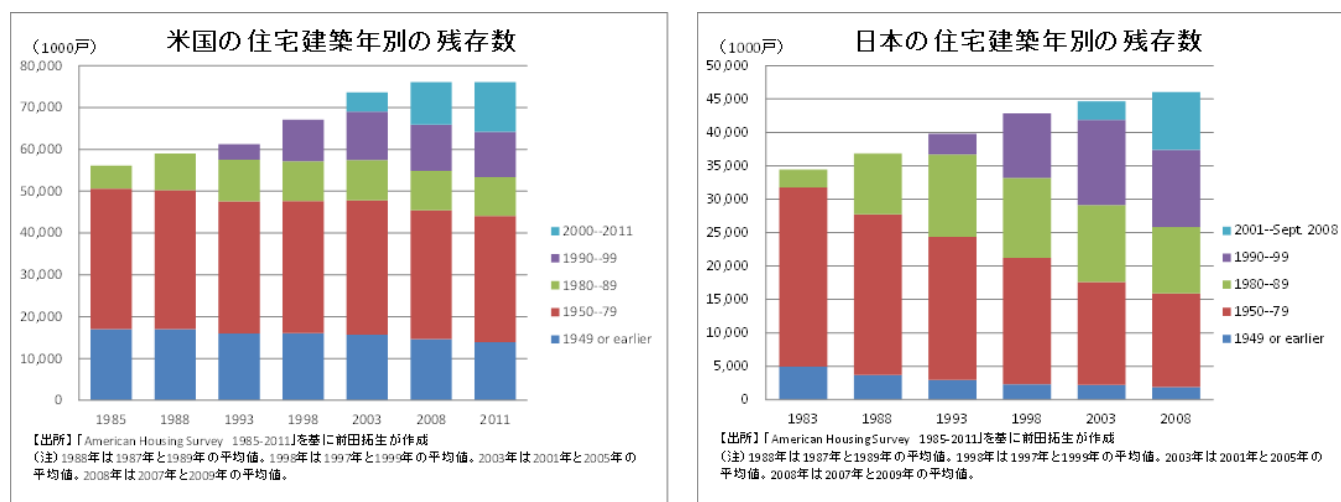
⁸⁰平成 24 年度研究開発実施報告書「(3) B、B3. 国産木材多様住宅実務を広げていくためのガイドに係る調査研究」p.52

C. 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けた仕組みづくり ― 国産木材多用住宅の普及に必要となる仕組み

林業・林産業等の木材供給者の労働生産性を向上させても、木材需要がなければ、森が維持されない。そのため本プロジェクトでは、国産木材多用住宅の普及促進に必要となる研究調査を行ってきた。しかし、当該住宅が従来型の日本の住宅のように平均 30 年で解体されるようでは、住宅保有者にとって経済的な負担がかかるだけでなく、資源の無駄使いである上に、地球環境にとって問題である。

C.1 米国の中古住宅市場調査およびインプリケーション⁸¹（埼玉大学グループ）

本プロジェクトでは、長寿命の住宅を目指すとともに、中古住宅としても「資産」として売買が可能な中古住宅市場を日本でも機能させるため、米国の中古住宅事情について調査研究を行った（図 3.3.2.2.C.1）⁸²。

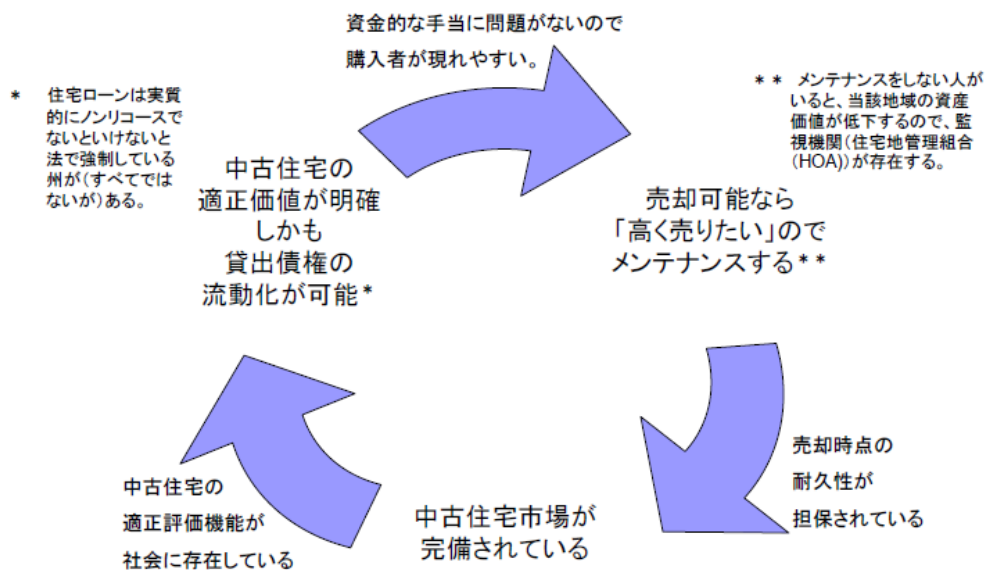


【図 3.3.2.2.C.1 日米の住宅の残存数】

前田（2011b）の分析の結果、米国においては①建築三法、②住宅地管理組合（HOA=Home Owners Association）、③住宅履歴を含む不動産鑑定評価に加え、住宅ローンの証券化（及び実質的なノンリコースローン）等を含む銀行機能のアンバンドリング化とそれを補完する住宅金融公社という準公的な機関の存在により、良いスパイラルが生まれ、中古住宅市場が機能していることがわかった。（図 3.3.2.2.C.2）

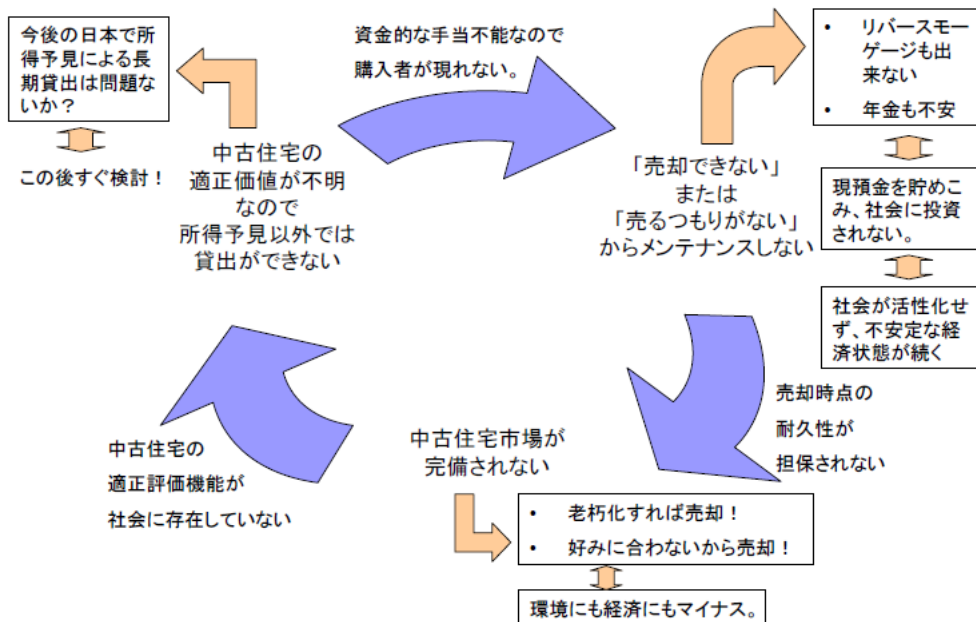
⁸¹平成 22 年度研究開発実施報告書「(3) C、C.1 米国の中古住宅市場調査およびインプリケーション」 p.57-71

⁸² 詳細は前田（2011b）を参照。



【図 3.3.2.2.C.2 米国の良いスパイラル】

他方日本においては、木造住宅の建物としての耐久性評価が確立されていない上に、不動産鑑定においても一戸建て住宅を評価するのが困難であり、加えて米国の HOA のような組織も存在しないことから、特に木造一戸建て住宅の長期で価値を担保するシステムが完備されていない。そのため中古住宅市場が機能せず、不動産の売却に際しては、中古住宅を処分することが多くなることから、住宅の「寿命」が短くなるという悪いスパイラルが生じている。(図 3.3.2.2.C.3)



【図 3.3.2.2.C.3 日本の悪いスパイラル】

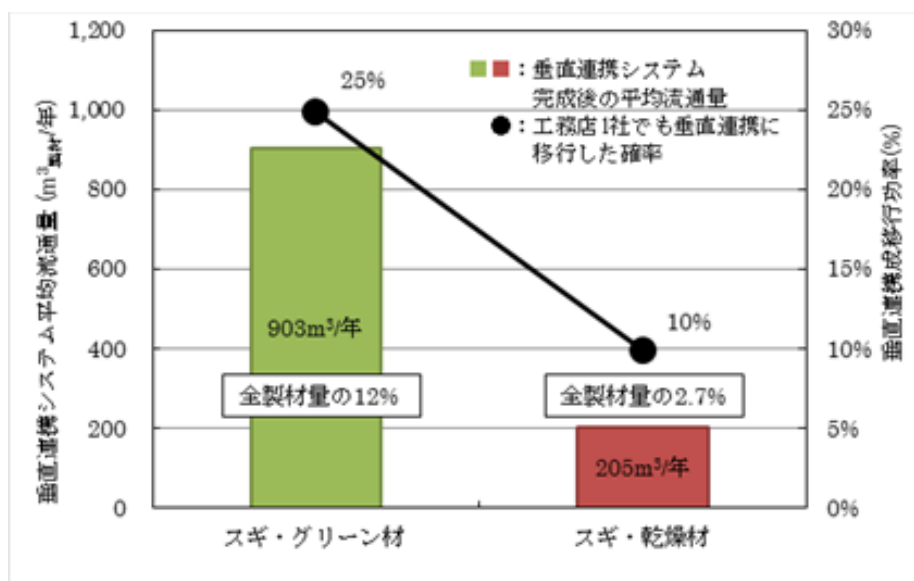
このような悪いスパイラルを断ち切るためには、米国のような条件（①建築三法，②HOA，③不動産鑑定評価）が整い，その上で金融的な補完が必要となる。

C.2 「森と街」を直結した家づくりビジネスの実現に向けたモデル分析⁸³（埼玉大学グループ）

「森と街」を直結した家づくりビジネス（以下、垂直連携システム）は流通業者が存在しなくなるため、製材や丸太の在庫切れを起こしやすくなる可能性や短期支払能力が低い製材所などについては丸太購入の支払いが滞る可能性がある⁸⁴。

ここでは、林業者・林産業・建設業者といった各事業者が垂直連携システムに移行するための移行プロセスを揭示することを目的として研究を行った。

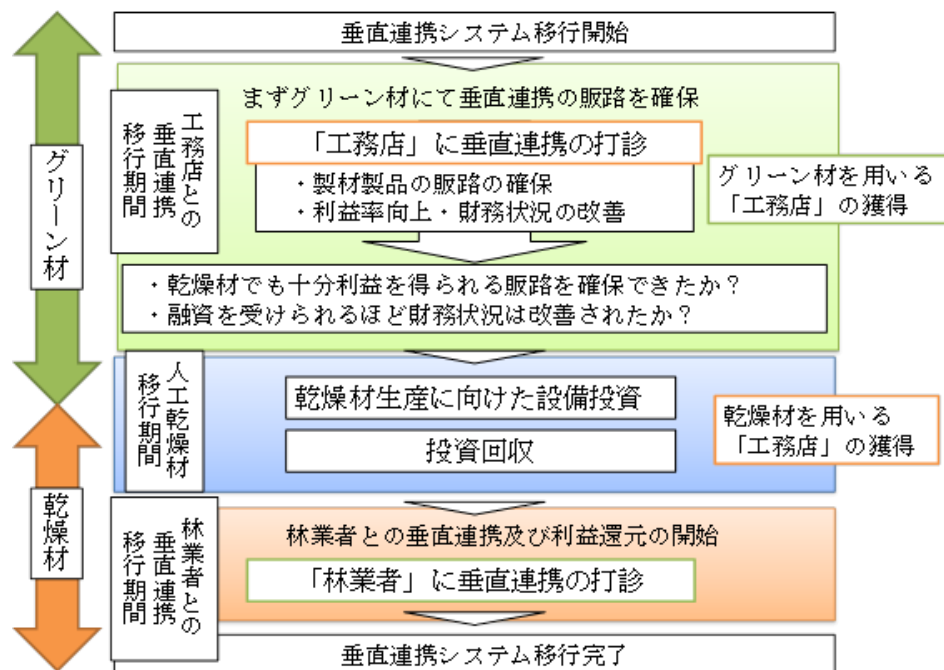
岡村、倉持、遠藤、保井、川村、高口（2013）、及び、遠藤、倉持、川崎、小濱、高口（2011）の研究の結果、垂直連携システムへ移行するには製材所も排除せず、徐々に人工林に移行していくことが望ましいことがわかった。しかし、乾燥を行わないことは生産される住宅の品質の観点からは望ましくないことから、垂直連携開始当初はグリーン材の販売により直接取引する工務店を集めて製材製品の販路を確保し、発生した利益で製材所の財務状況を改善してから乾燥設備への投資や林業者との直接取引および利益還元を行うことを提案する（図3.3.2.2.C.4、及び、図3.3.2.2.C.5）。



【図 3.3.2.2.C.4 移行成功率および移行後の平均流通量】

⁸³平成 24 年度研究開発実施報告書「(3) C、C1.『森と街』を直結した家づくりビジネスの実現に向けたモデル分析」pp.52-57

⁸⁴ 詳細は岡村、倉持、遠藤、保井、川村、高口（2013）、及び、遠藤、倉持、川崎、小濱、高口（2011）を参照。



【図 3.3.2.2.C.5 垂直連携システム移行方法の提案】

C.3 国産材需要拡大のための国産材・木造建築需給システム研究⁸⁵（埼玉大学グループ）

国産材の利用が促進されない背景には、国内林業の弱体化のみならず、国内林業から林産業・建設業そして住宅購買者・非住宅施主にいたる社会構造（以下、国産材・木造建築需給システム）において複数の問題が相互に関連しており、国産材・木造建築需給システム内の1つの課題を解決するだけでは国産材の需要拡大には至らないことが挙げられる。そこで文献調査とヒアリング調査を通して、国内林業から林産業・建設業そして住宅購買者・非住宅施主をとりまく社会構造における各ステークホルダーの国産材需要拡大への課題認識についての分析を行った⁸⁶。

その結果、素材価格の引き上げが国産材需要拡大に対して最も感度が高いことが示唆され、この点の改善がまず重要であることが明らかになった。

C.4 日本の住宅と国産木材の需給構造についての計量経済分析⁸⁷（埼玉大学グループ）

C.2、C.3ではモデル分析により、垂直連携システムに移行するための移行プロセス、および、国産材需要拡大に向けた新たな需給システムを提示した。ここでは現実の日本の木材需給に関わる経済データを用いて、それぞれの市場（住宅市場、製材品市場、木材市場）の需給構造及び関係性を計量経済分析により明らかにした⁸⁸。

その結果、地方圏に比べて、大都市圏を含む7都府県では住宅供給の価格弾性値が高いことが示唆されることから、低価格で住宅建築を行う、いわゆる「パワービルダー」等によって建売住宅等の低価格住宅の大量販売が促進されている可能性があるがわかった。また、地方圏の住宅需要では所得及び人口増加率のパラメータが有意なことから、近年の景気悪化、少子高齢化、人口の二極化現象等の影響を受け、住宅需要が低迷し、新築着工戸数の減少を招いていることが窺える。

他方、外材国内製材の需要は地方圏の新築戸数の派生需要となっていることから、地方圏の住宅戸数低迷を製材工場がまともに受け、厳しい経営になっていることがわかった。また、輸入製材の需要は大都市圏の新築戸数の派生需要となっていることから、大都市圏は価格競争が

⁸⁵平成24年度研究開発実施報告書「(3) C、C2. 国産材需要拡大のための社会技術の提案に関する研究」pp.57-64

⁸⁶ 詳細は内田、遠藤、倉持、川村、保井、高口（2013）を参照。

⁸⁷平成24年度研究開発実施報告書「(3) C、C3. 日本の住宅と国産木材の需給構造についての計量経済分析」pp.64-65

⁸⁸ 詳細は前田（2013b）を参照。

激しいものの、数量自体は地方圏ほど低迷していない。そこに「新生産システム」⁸⁹等の政策によって、木材流通を含む市場のグローバル化が進展したので、一気に大規模化に拍車がかかったものと推察される。

これらの結果から「新生産システム」等の推進は、輸入製材の需要を高めるだけになり、「国産材の利用拡大を図るとともに森林所有者の収益性を向上させる仕組みを構築する」ことにはつながらなかったといえよう。

さらに本計量経済分析により、国産材国内製材の需要が住宅の派生需要となっていないことや、国産丸太の需要が総製材量の派生需要となっていないことがわかった。つまり、国産丸太や国産材国内製材は建材としての外材の需給の調整としてのみ需要されているといえる。

以上から「国産材の利用拡大を図るとともに森林所有者の収益性を向上させる仕組みを構築」が必要性であること明らかであるといえる。

C.5 認証制度の創設⁹⁰（天然住宅グループ）

国産木材多用型住宅が需要されるためには、建物としての耐久性や地球環境への影響、健康面での安全性などという住宅の性能を総合的に評価する必要がある。この場合、当然に中立性が求められるし、それが一時点の住宅性能を評価するだけであれば、中古住宅の売り手と買い手の情報の非対称性を解消できない。したがって、住宅性能における履歴（住宅履歴）も含めて総合的に評価するとともに、第三者によって認証するシステムが必要になる。

実際にシステムを運用し認証業務を行う認証機関の設置が必要であるが、当該機関が信頼のおける機関であるかどうかを客観的に判断する別の機関の設置もまた必要となる。そこで、認証機関を認定する認定機関を設置し、当該認定機関は ISO のガイドに準拠していることとした。両機関とも第三者の判断により設置が許可されることとなり、当該認証制度の運用面での中立性が向上する。

具体的には、既存の住宅に関わる認証制度は、人体への健康、長寿命性、森林や環境への配慮について、限定的にしか定義していないため、本プロジェクトで創設を考えている認証制度では、住宅の長寿命性を認証することを通して、新たな中古住宅市場の構築を目指すとともに、これまではほとんど注目されてこなかった「健康」という面から、住宅の新たな価値を認証すると同時に、深刻な問題となっている日本の森林活用においても、認証によって森林と林業の持続可能な仕組みを考案した。

この新しい認証制度は、人間－住宅－森林（環境）との間に連続性を持たせることで、住宅と人の関係のあり方、住宅そのもののあり方、住宅を通じた環境との共生のあり方を、経済的優位性を持った社会システムとして作り上げることを目的としている（森と街をつなぐ住宅認証概要_別添付録 2、及び、住まい方アドバイス_別添付録 3）

C.6 森林の循環に合う金融システムの検討⁹¹（天然住宅グループ）

このような認証システムができたとしても、住宅はローンで購入することが多いことから、当該認証が銀行に評価されなければ、実際には中古住宅市場は機能しないことになる。この点は個別の銀行経営に関わる問題だけに、当該認証システムが信用に足るものであると認識されるまでは、当該システムを使った価値評価を行う銀行は多くないと思われる。そのため本プロジェクトでは、天然住宅バンクを利用して、少なくとも中古住宅のスケルトン部分（基礎及び

⁸⁹ 政府としても森林所有者等の収益を向上させる対策を模索している。その対策の一つが、平成 16（2004）年度から平成 18（2006）年度にかけて実施された「新流通・加工システム」であり、またその後、平成 18（2006）年度から平成 22（2010）年度までの 5 年間、引き続いて実施された「新生産システム」である。ここで「新流通・加工システム」とは「国産材の利用が低位であった集成材や合板等の分野で、地域における生産組織や協議会の結成、参加事業体における林業生産用機械の導入、合板・集成材等の製造施設の整備等を推進するものであり、全国 10 か所でモデル的な取組を実施した」ものである（林野庁（2011）p.155 引用）。また、「新生産システム」とは「製材の分野で、民間のコンサルタントによるプランニング・マネジングについての助言の下、施業の集約化、安定的な原木供給、生産・流通・加工の各段階でのコストダウン、住宅メーカー等のニーズに応じた最適な加工・流通体制の構築等の取組を川上から川下までが一体となって実施するものであり、全国 11 か所のモデル地域で取組が行われた」ものである（林野庁（2011）p.155 引用）。

⁹⁰平成 24 年度研究開発実施報告書「(3) C、C4 認証制度の創設」p.65

⁹¹平成 23 年度研究開発実施報告書「(3) ■③ 長寿命住宅を支える金融システムについての調査（ミニ RT の活用）」p.37

構造部分)について、住宅性能やこれまでの住宅履歴に基づいて一定基準以上であった場合には(価値に見合った妥当な金額で)買取る仕組みを取り入れることを制度化するための研究を行っている。実際に買い入れる仕組みが制度化されれば、当該認証システムの活用事例が増加することが考えられる。活用事例が増加するにつれ、銀行が当該認証システムを「信用に足るもの」と認識すれば、自然に中古住宅市場が日本でも機能するようになる。

とはいえ、住宅ローンとなると多額の資金が必要になることから、やはり銀行等との連携が欠かせない。そこで不動産関係の研究者や金融機関等のステークホルダーを交えてミニ・ラウンドテーブルを開催した。

その結果、住宅金融支援機構におけるフラット 35 の住宅評価基準に準拠していると「金融的な手当て」という意味で有効に機能する可能性が高いことがわかった。

C.7 持続可能な林業・林産業に資する金融的支援システムの実践⁹² (天然住宅グループ)

以上 C.1~C.6 のように本プロジェクトでは、独自の住宅認証および住宅のメンテナンス体制に係る仕組みを構築するとともに、非営利の市民金融を活用し、つなぎ融資⁹³や省エネ・自然エネルギーに対する融資だけでなく、中古住宅の買取や、将来的には非営利の仕組みを利用した住宅ローンの仕組みまで射程に入れた、トータル的なシステム構築に向け研究を続けてきた。他方で、林業・林産業に関しても、労働生産性の問題の他、金融的な問題も存在しているため、この点に関しても市民金融として支援する仕組みを研究した。

その結果、復興支援のための融資の他、天然住宅バンクでは「ペレットはがき商品券」というものを作り、ペレット製造側(林産業者)に前受で資金が入る仕組みを構築し、実施した。現状(平成 24 年 3 月末現在)、233 枚(売上総額: 352,700 円)であるものの、ペレット消費者(住宅購入者)にとっても在庫を保管するスペースがいないし、また、購入の際も宅急便等で送られてくる便利さがあることから、利用者からは好評であり、今後の発展が見込まれる。また天然住宅バンクでは、天然住宅と共同で森と街を直接つなぐために「皮むき間伐ツアー」を企画し、住宅購入予定者を含む一般の人々(街の人々)に実際に皮むき間伐をしてもらうなど、「住宅版のエコツーリズム」を実践している。このツアーによって、その後、4 組が天然住宅を実際に建築している。

今後も非営利の市民金融(または、それを母体とする派生的な活動)の可能性を研究開発していく予定である。

D. 2050 年 LCCO₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定 — CO₂ 削減シナリオ(埼玉大学グループ)

D.1 2050 年カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの予備的検討⁹⁴

そこで、まず、国産木材多用住宅の普及シナリオ作成とその CO₂ 排出削減効果予測について、都道府県政令市別の住宅エネルギー消費量詳細推計データベースを開発し、それをを用いて 2030 年までの CO₂ 排出削減シナリオ分析を試行実施し、2050 年カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの予備的検討を行った。

その結果、省エネルギー、燃料転換と再生可能エネルギーの導入などの対策手法の積み重ねで 2030 年時点でもかなりの排出削減が可能(潜在可能性量として)であることが定量的に確

⁹²平成 23 年度研究開発実施報告書「(3) ■④ 2) 持続可能な林業・林産業に資する金融的支援システムの実践」p.42

⁹³ 住宅融資の決定を銀行等から受けていても、当該住宅が完成するまで(一部しか)融資が実行されないことがある。この場合、住宅購入者が、当該銀行等からの融資とは別に住宅建築当初から完成までの間、短期間とはいえ、資金を準備しないといけない。この期間の融資を一般に「つなぎ融資」という。

⁹⁴平成 22 年度研究開発実施報告書「(3) D. 2050 年 LCCO₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定」pp.81-94

認められた。また、住宅 LCA（ライフサイクル環境影響評価）についてシステムバウンダリー（評価境界）と評価要素指標の検討を行った。住宅に関する現況 LCCO₂（ライフサイクル CO₂）分析結果を基礎に 2050 年 LCCO₂カーボンニュートラル達成へのイメージを確認することができた。

D.1.1 住宅 LCA の基礎データ整備

D.1.1.1 住宅エネルギー消費量の推計

住宅のエネルギー消費量とその CO₂ 排出量をエネルギー種類別、エネルギー用途別、地域別に推計している。地域別は県政令市別から市区町村別への地域分解推計を試行している。推計手法は様々あるが昨今の統計調査の簡約化や廃止により以前に開発した計算手法は使えなくなっており、利用可能な基礎統計からいかに精度の低下を防ぎつつできるだけ実態を反映した推計を行うか、新しい手法を開発試行しているところである。表 3.3.2.2.D.1 は数年分の家計調査結果から地理学的な空間相似性を仮説としたモデルを用いて全国の市区町村別世帯当エネルギー消費量（2 次換算）を推計したものである。単身世帯を含め 2000 年 1 月から 2010 年 12 月までのデータを用いて 2010 年度値を推計した⁹⁵。この推計ではエネルギー種類別への分解ができていないため CO₂ 排出量の計算は未作業であるが、単純に人口比配分で県政令市別値を地域配分していた推計に比べて地域固有の特異性を反映させた推計がなされた点は大きな前進と言える。

表 3.3.2.2.D.1 世帯当・住宅エネルギー消費量・市区町村別 2010 年度推計
GJ/世帯年

	総消費量	暖房	冷房	厨房	給湯	照明他
北海道下川町	71.05	15.26	0.19	3.41	38.42	8.62
岩手県葛巻町	57.86	11.13	0.38	3.00	29.59	10.76
山形県山形市	51.76	8.94	1.00	3.38	25.10	11.41
群馬県桐生市	38.91	5.63	1.10	3.21	18.07	10.62
さいたま市桜区	35.42	4.93	1.31	3.38	16.68	9.24
埼玉県本庄市	38.87	5.45	1.36	3.38	17.45	10.86
埼玉県秩父市	46.62	7.39	1.04	3.38	22.46	11.59
東京都港区	30.42	3.50	1.38	3.51	13.59	9.11
東京都檜原村	51.48	8.39	0.71	3.51	26.13	12.44
横浜市保土ヶ谷区	34.42	4.05	1.32	3.65	16.28	10.50
長野県鬼無里村	49.76	8.72	0.68	2.87	22.93	11.69
長野県長野市	43.28	7.39	0.76	2.87	21.05	9.74
長野県飯田市	42.32	6.75	0.81	2.87	19.91	10.92
名古屋市千種区	30.84	3.90	1.29	3.21	13.37	8.93
愛知県豊田市	37.10	5.10	1.25	3.21	16.61	10.73
三重県熊野市	30.70	3.17	1.13	3.33	13.62	10.77
島根県浜田市	34.37	4.30	1.14	3.17	15.37	10.88
岐阜県加子母村	57.61	9.52	0.90	3.45	27.04	14.82
愛媛県内子町	41.38	5.43	1.32	3.45	18.06	13.07
高知県高知市	32.91	3.42	1.42	3.67	13.81	11.29
熊本県水俣市	31.33	3.33	1.12	3.25	13.70	10.98
宮崎県五ヶ瀬町	47.68	7.37	0.52	3.32	24.89	12.46

D.1.1.2 建築 LCA の基礎データベース整備

産業連関表基本表を用いた誘発排出量推計を行っているが、主要な建材として鉄鋼製品とセメントについては産業連関表では精度に限界があるので積上推計をして補った^{96 97}。

建設部門産業連関表をもとに建物用途別の誘発排出量も推計している⁹⁸。

CO₂ 誘発排出量原単位について表 3.3.2.2.D.2 に例示する。基本表から得られる値は生産金額 100 万円当の海外誘発を含む排出量である。

⁹⁵ 田中,外岡(2013)を参照

⁹⁶ 日本建築学会(2013)を参照

⁹⁷ 宇城,外岡,伊香, 薛,目黒(2013)を参照

⁹⁸ 日本建築学会(2013)を参照

表 3.3.2.2.D.2 産業連関表基本表による主要建設素材の誘発排出量 2005年

行コード	行部門名称	単位	誘発計	生産段階				流通段階			
				国内[I-Adj]-1		海外		国内[I-Adj]-1		海外	
				消費支出	資本形成	消費支出	資本形成	消費支出	資本形成	消費支出	資本形成
212011	素材(国産)	CO2kg/m3	39.563	18.091	6.237	2.221	2.302	7.266	2.025	0.735	0.686
622011	砂利・採石	CO2kg/kg	0.021	0.009	0.001	0.001	0.000	0.006	0.002	0.001	0.001
1519021	じゅうたん・床敷物	CO2kg/kg	8.569	4.451	0.859	1.475	0.491	0.847	0.241	0.112	0.092
1611011	製材	CO2kg/kg	0.298	0.078	0.020	0.130	0.007	0.041	0.013	0.004	0.004
1611021	合板	CO2kg/kg	1.123	0.458	0.076	0.364	0.032	0.122	0.042	0.015	0.014
1611031	木材チップ	CO2kg/m3	30.238	14.220	3.426	3.810	1.273	4.891	1.566	0.536	0.515
1711011	木製家具・装備品	CO2kg/kg	5.264	2.005	0.392	0.958	0.219	1.110	0.309	0.149	0.121
1711021	木製建具	CO2kg/kg	3.079	1.377	0.220	0.538	0.103	0.523	0.179	0.073	0.066
1711031	金属製家具・装備品	CO2kg/kg	16.596	9.112	1.110	2.499	0.536	2.140	0.642	0.304	0.253
2072011	塗料	CO2kg/kg	2.221	1.152	0.154	0.611	0.109	0.119	0.041	0.018	0.016
2511011	板ガラス	CO2kg/kg	0.952	0.630	0.080	0.122	0.040	0.052	0.017	0.006	0.006
2511012	安全ガラス・複層ガラス	CO2kg/m2	35.446	23.165	2.937	4.484	1.462	2.203	0.702	0.253	0.240
2521011	セメント	CO2kg/kg	0.747	0.726	0.003	0.008	0.001	0.006	0.001	0.000	0.000
2522011	生コンクリート	CO2kg/kg	0.301	0.275	0.005	0.010	0.002	0.006	0.002	0.001	0.001
2523011	セメント製品	CO2kg/kg	0.473	0.383	0.017	0.022	0.007	0.028	0.009	0.004	0.003
2531011	建設用陶磁器	CO2kg/kg	1.751	1.257	0.095	0.182	0.049	0.106	0.035	0.014	0.013
2812011	建築用金属製品	CO2kg/kg	4.711	1.861	0.241	2.133	0.108	0.232	0.079	0.029	0.027
3241011	電球類	CO2kg/kg	14.402	5.875	1.400	1.804	0.767	3.118	0.747	0.395	0.295
3241021	電気照明器具	CO2kg/kg	8.525	4.154	0.919	1.546	0.570	0.862	0.252	0.121	0.101
3251011	民生用エアコンディショナ	CO2kg/kg	9.869	3.556	1.173	1.823	0.762	1.713	0.439	0.228	0.174
3251021	民生用電気機器(除エアコン)	CO2kg/kg	9.460	2.968	0.969	1.731	0.641	2.140	0.524	0.277	0.210

日本建築学会 LCA 指針小委員会・建築 LCA データベース基礎データより抜粋

これを、単価を用いて物量当に換算した値のうち住宅建設と関係する品目を抽出して表 3.3.2.2.D.3 に例示した。

表 3.3.2.2.D.3 住宅構造別・床面積当建設 CO₂ 排出量

2005 年建設部門産業連関表より推計 海外誘発、資本形成含 kgCO₂/m²

部門	住宅構造	木材	コンクリート	鉄製品	金属製品	窯業他資材	設備機器	工事他	合計	工事単価 (千円/m ²)
C401100	木造住宅	81.3	67.9	52.7	61.5	84.0	18.8	129.5	465.3	160.6
C401230	S住宅	46.9	79.7	238.8	144.3	87.1	19.4	205.8	787.3	195.4
C401220	RC住宅	36.3	194	197.3	66.6	90.0	31.6	191.6	773.5	195.1
C401210	SRC住宅	35	183.5	264.9	62.8	98.4	29.1	204.2	839.2	207.3
C401240	CB住宅	25.1	178.8	135.3	62.9	69.2	20.8	177.1	642.4	165.1
C401200	非木造住宅	40.1	151.8	168.2	94.7	89.1	26.8	197.2	781.1	195.7
C401000	住宅 平均	62.7	105.8	125.8	76.5	86.5	22.2	159.9	607.2	176.4

D.2 2030 年の CO₂ 排出削減シナリオ分析についての試算策定等⁹⁹

次に、2030 年の CO₂ 排出削減シナリオ分析について試算を行い、また、平行して日本建築学会地球環境委員会内において 2050 年までに LCCO₂ でカーボンニュートラルを実現するための住宅開発シナリオ検討WGを設置し関連研究者を交えた討論を行っており、それに基づいて住宅の CO₂ 排出削減について既往のロードマップ(例、環境省の膨大な資料)を参考に建築学会独自設定案を構築する作業を行い、さらにそれを参考に当 PJ の木造住宅に限った CO₂ 排出削減シナリオ設定作業を進めた。

D.3 住宅建設・解体までを含めた垂直連携型木材流通システムの LCA 評価¹⁰⁰

住宅の LCCO₂ 分析は多数行われてきたが、木造住宅について育林から製材までの過程を取り込んだ解析事例はなかった。国産杉材を主材料に用いた天然素材住宅の LCCO₂ 分析を行ったが、本

⁹⁹平成 23 年度研究開発実施報告書「(3) ■⑤ 2050 年カーボンニュートラル生活実現シナリオの検証」pp.42-65

¹⁰⁰平成 23 年度研究開発実施報告書「(3) D. 2050 年 LCCO₂ カーボンニュートラル達成への排出削減シナリオの策定」pp.65-67

研究では林業と林産業の工程について宮城県栗原市で主に杉材を生産している K 木材を対象に詳しく調べたので、育林から伐採、丸太の搬出、製材までを取り込んだ LCCO₂ 解析を行った。

LCCO₂ 排出量評価の項目を表 3.3.2.2.D.4 に示す。国産木材による住宅が主対象であり、製材（角材、板材に加工された木材）の生産過程、すなわち林業、林産業部分をとくに詳細に扱う。また長寿命住宅を前提として木材の再利用や木材の炭素固定効果も評価に取り入れた¹⁰¹。

表 3.3.2.2.D.4 LCCO₂ の評価項目構成

構成要素	評価対象範囲
林業	育林から伐採、森林から丸太搬出、製材所に輸送
林産業	製材所での製材加工、製材出荷、仕口加工、現場への輸送
木造住宅建設	建築資材生産、加工、現場への流通輸送、工事、設計、事務サービス
運用	暖冷房、給湯、厨房、照明・家電機器
改修	内装外装部位部材により更新周期を設定、将来も同じもので更新想定
解体廃棄	安定型、管理型・産業廃棄物として処分場へ輸送し、リサイクルと処分
木材の再利用	木材のうち構造材を再利用
木材の炭素固定	固定分を排出から差し引き純排出量を計算

埼玉大学外岡研究室調査

天然素材住宅の LCA 評価用諸設定条件を表 3.3.2.2.D.5 に示す。125.86m² の 2 階建て、床面積当木材使用量は通常の 1.5 倍、30m³、構造材以外にも各部位に木材を使っているため使用部材の強度（ヤング率）分布は産出される杉材の強度分布と一致しており羽柄材等を弱強度ですむ部位に利用することで無駄なく製材が建築用に利用されていることは、この LCCO₂ 評価では定量的に反映されないが、環境的に望ましいことである¹⁰²。

表 3.3.2.2.D.5 天然素材住宅 LCCO₂ 設定条件

構成要素	設定条件
林業	宮城県、杉材、70年生伐採、主伐1630本/ha、間伐2回、製材所へ直送
林産業	5番玉まで搬出製材、皮むき後丸太歩留り0.65、製材歩留り0.375 バイオマス燃料・低温、燻煙乾燥、仕口加工も行い、建設現場直送
木造住宅建設	むく材、伝統工法仕口、木材多用(30m ³ /戸、通常の1.5倍)、125.86m ² 、壁断熱100mm、中気密、Q値2.08W/m ² K
運用	暖房はバイオペレットストーブ、他は一般的想定
改修	建物寿命を100年、設備15年、主内装30年、建具40年等毎に更新
解体廃棄	近田等(2003)と同様のリサイクル率
木材の再利用	構造材100%再利用(構造材で非再利用量とその他材再利用料量同量)
木材の炭素固定	比重0.4、含水率(質量比)15%、木材中炭素質質量比0.5

埼玉大学外岡研究室調査

宮城県北部の K 木材は杉林を有し林業と林産業を併業している会社である。その林業作業について実態調査し、林業機械作業、輸送の燃料使用量や作業量から CO₂ 排出量を算出した（表

¹⁰¹詳しくは、外岡,高口,保井,前田(2013)を参照。

¹⁰²丸太から製材への歩留まり、さらに製材がどのように使われたかを定量評価すること、あるいは製材以外のパルプ原料チップ、合板原料、バイオ燃料などの他用途に使われた部分との育林から伐採、搬出までの環境負荷をどう分担するかで評価が異なる。この評価では製材が林業の環境負荷のすべてを分担しており、LCCO₂ が大きめになっている。

3.3.2.2.D.6)。

表 3.3.2.2.D.6 林業作業 CO₂ 排出

	kg-CO ₂ /ha	kg-CO ₂ /ha	kg-CO ₂ /ha
	作業	運搬	計
苗木	0	1.14	1.14
地拵え	1,783	89	1,872
植林	17	85	101
下刈・蔓切(10回)	657	142	799
枝打(3回)	0	85	85
除伐	154	35	190
間伐	197	35	233
間伐	2,901	303	3,204
主伐	7,863	1,065	8,928
森林施業計	13,573	1,840	15,413

宮城県栗駒市 K 木材 2010 年当時
早稲田大学高口研究室調査

K 木材・製材所での CO₂ 排出と経費の推定結果を表 3.3.2.2.D.7 に示す。この製材所では低温乾燥と低温燻煙乾燥を行っており、そのボイラ燃料は所内くずによる木質バイオ燃料でカーボンニュートラルである。

表 3.3.2.2.D.7 製材 LCA 比較 kgCO₂eq/m³

評価要素	天然素材 低温乾燥バ イオ燃料	国内例 高温乾燥 プレカット	ロシア産 輸 入例	USA産 輸入例
森林施業	30	29	9	18
製材加工	27	27	21	20
乾燥	0	81	90	38
海外陸上輸送	0	0	228	13
船舶輸送	0	0	8	35
国内輸送	16	14	7	7
誘発排出	15	15	16	14
CO ₂ 排出計	87	165	379	145

埼玉大学外岡研究室調査

製材工程の LCCO₂ については比較例表 3.3.2.2.D.8 がある。この表では林業、木材市場、輸送を含み産業連関表による誘発排出量も加算している。この K 木材は特殊な事例で原木市場も製材市場も経由せず建設現場に直送するが、宮城県北部から首都圏への輸送距離が長いので国内輸送が他の事例より低くはない結果となっている。国内産材と輸入材の高温乾燥、高速プレカット仕口加工では乾燥燃料の排出が大きい製材工程では大量処理のため効率がよく製材工程での CO₂ 排出は低めである。地場産材を一気通貫方式で製材加工すれば国内輸送分を削減できる。ロシア産輸入材では内陸の林地から積出港まで長距離トラック輸送の燃料がかさみ CO₂ 排出は突出して大きい。しかし森林施業は手間をかけず低めである。

表 3.3.2.2.D.8 天然素材住宅の LCCO₂

構成要素	天然素材住宅 kgCO ₂ /m ² 年 100年	在来木造 設定例 kgCO ₂ /m ² 年 50年	建築学会 在来 対策案 kgCO ₂ /m ² 年 90年	木造住宅 基準案 kgCO ₂ /m ² 年 30年
建設・木材	0.22	0.47		
建設・木材以外	2.32	15.70		
建設・工事	0.01	0.03		
建設 計	2.54	16.20	3.01	8.72
運用	23.34	34.12	29.40	38.80
改修・修繕	2.96	2.17	6.68	3.01
解体廃棄	0.27	0.75	0.23	0.33
LCCO ₂ 排出計	31.67	53.22	39.41	50.86
部材再利用	-0.01			
炭素固定	-1.51			
LCCO ₂ 純計	30.14	53.22	39.41	50.86

埼玉大学外岡研究室調査

■住宅の炭素固定量について

最新の住宅統計から住宅床面積を計算すると 2008 年調査で 4,669×100 万 m²であった。これを建て方別、構造別に推計したものが表 3.3.2.2.D.9 である¹⁰³。全体では床面積の 74%が木造であるが、一戸建では 93%が木造で、逆に共同住宅では木造は 13%だけであった。

表 3.3.2.2.D.9 住宅建て方別・構造別 床面積 推計					100 万 m ²
全 国	総数	木造	鉄筋・鉄骨コン クリート造	鉄骨造	その他
住 宅 総 数	4,669	3,476	869	271	13
一 戸 建	3,531	3,270	129	124	8
長 屋 建	87	66	12	6	3
共 同 住 宅	991	131	721	137	2
そ の 他	20	8	8	3	0

2008 年 住宅統計調査より推計

この構造別床面積に床面積当たりの木材使用量を与えて使用木材中の炭素固定量を推計してみた。標準的な 100m² 軸組木造住宅で木材使用量は 20m³ と想定した。これに対し天然素材住宅では木材使用量は 1.5 倍あり標準的な 100m² 住宅の例では 30m³ である。非木造住宅の場合は当然、木材使用量は木造より低いが、2005 年の建設部門産業連関表から推計した軸組木造住宅との相対比によりそれぞれの木材使用量を推計して、床面積当たり木材使用量原単位を想定した（表 3.3.2.2.D.10）。木造に対して非木造では 3 分の 1 程度の使用量水準である。

¹⁰³住宅統計調査では建て方別・構造別の住宅数と住宅規模、すなわち一住宅当たりの延面積の平均値が集計されている。住宅数と平均延面積の積が住宅総床面積となる。構造別では 5 区分、木造（防火木造以外）、防火木造、鉄骨・鉄筋コンクリート造、鉄骨造、その他の区分があるが、インターネット公表されている集計表では構造 5 区分別には住宅数だけ掲載されており、平均延べ面積は得られない。そこで構造別に平均延べ面積は差がないと仮定して住宅数で按分して構造 5 区分別住宅総面積を推計した。木造と防火木造の区分があるが、今回の推計ではその区分は使わないので防火木造を含む木造に統合し、構造 4 区分とした。建て方は一戸建、長屋建、共同住宅、その他の 4 区分である。住宅には商店その他の併用住宅もあるが、総床面積の 5%未満であり、95%以上は専用住宅であるので、併用住宅と専用住宅の区分は扱わなかった。

表 3.3.2.2.D.10 住宅構造別・木材使用量原単位

住宅種類* b	木材使用量 m ³	適用住宅建て方・構造
木造在来住宅	20.0	木造
RC住宅	6.2	鉄骨鉄筋コンクリート造・一戸建
SRC住宅	5.7	鉄骨鉄筋コンクリート造・共同住宅
S住宅	6.7	鉄骨造
CB住宅	5.1	その他

100m²の住宅における木材使用量 m³

【注】木造以外の値は 2005 年建設部門産業連関表の住宅種類別木材投入額の比で推計

この想定から推計された住宅の木材使用総量は表 3.3.2.2.D.11 のように 764×100 万 m³ となった。うち 91%が木造住宅で使われている。その炭素固定量は木材中の炭素分を質量比 0.5、比重 0.4、含水率 14%として 175.4 k g C/m³であるので木材使用量にこの原単位を与えると 134×100 万 t C (TgC) となった。CO₂ 換算 492TgCO₂である。これは 2011 年度の日本の温室効果ガス排出量の 38%に相当する。

表 3.3.2.2.D.11 現存住宅の木材使用量 推計

100

万 m³

全 国	総数	木造	鉄筋・鉄骨 コンクリート造	鉄骨造	その他
住 宅 総 数	764	695	50	18	1
一 戸 建	671	654	8	8	0
長 屋 建	15	13	1	0	0
共 同 住 宅	77	26	41	9	0
そ の 他	2	2	0	0	0

2008 年 住宅統計調査より推計

2012 年度の建築着工統計によると住宅の新設床面積は 79,413×1000m²で 2008 年住宅調査現在値の 1.7%相当であった。その木材使用量は表 3.3.2.2.D.12 に示すように 11.8×100 万 m³で、炭素固定量は 2.1×100 万 t C (TgC) であった。CO₂ 換算 7.6TgCO₂である。これは 2011 年度の日本の温室効果ガス排出量の 0.6%に相当する。近年新築住宅床面積は最盛期に比べかなり減っており、また非木造住宅の割合もやや増加傾向にあるため新築着工住宅の固定する炭素量は限られる。新築住宅をすべて天然住宅と同じ 0.3m³/m²の木材使用量とすると木材使用量は 2 倍になり、23.8×100 万 m³となる。その炭素固定量も 2 倍、4.21×100 万 t C (TgC) となり、CO₂ 換算 15.3TgCO₂である。これは 2011 年度の日本の温室効果ガス排出量の 1.26%に相当する。

公共建築の木造化を推進する法律が施行されたが木材使用量を増やしてその炭素固定量による CO₂ 吸収量を確保したいなら小規模な住宅の着工戸数でかせぐのには限界があるので、より大規模な非住宅、業務建築の木造化を推進することに期待すべきである。2012 年度の非住宅着工床面積は住宅より少なく 52,031×1000m²であった。

表 3. 3. 2. 2. D. 12 建築着工住宅の木材使用量推計

1000m3

全 国	総数	木造	鉄筋・鉄骨 コンクリート造	鉄骨造	その他
住 宅 総 数	11,843	10,050	1,002	784	7
一 戸 建	9,978	9,454	159	361	4
長 屋 建	226	192	15	17	2
共 同 住 宅	1,597	380	819	396	1
そ の 他	43	25	9	9	0

2012 年度 建築着工統計より推計 建て方別構成比は表 3 の現存住宅と同じと仮定した。

【参考文献】

本プロジェクト (2009) 『平成 21 年度研究開発実施報告書』社会技術研究開発センター
http://www.ristex.jp/env/02project/pdf/H21houkoku_tonooka.pdf

本プロジェクト (2010) 『平成 22 年度研究開発実施報告書』社会技術研究開発センター
http://www.ristex.jp/examin/env/program/pdf/H22houkoku_tanaka.pdf

本プロジェクト (2011) 『平成 23 年度研究開発実施報告書』社会技術研究開発センター
http://www.ristex.jp/examin/env/program/pdf/120926_008.pdf

本プロジェクト (2012) 『平成 24 年度研究開発実施報告書』社会技術研究開発センター (Web
公開後 URL 表示)

前田拓生 (2011a) 「日本における木材の需給ギャップについての考察」『高崎経済大学論集
第 54 巻第 1 号』高崎経済大学 <http://bit.ly/120V1zS>

前田拓生 (2011b) 「日本の既存住宅市場における問題点とその活性化に資する制度・インフ
ラについての考察」『高崎経済大学論集 第 54 巻第 2 号』高崎経済大学
<http://bit.ly/120V1zS>

前田拓生 (2012) 「林業から住宅建築までを一元的に管理するシステムと環境保全」『高崎経
済大学論集第 54 巻第 4 号』高崎経済大学 <http://bit.ly/16MeXJC>

前田拓生 (2013a) 「『森と街』の直接連携の必要性についての考察」『高崎経済大学論集 第
55 巻第 2 号』高崎経済大学 <http://bit.ly/1bqrFyY>

前田拓生 (2013b) 「日本の住宅と国産木材の需給構造についての計量経済分析」『高崎経済
大学論集 第 55 巻第 4 号』<http://bit.ly/18q0Hnj>

桃原 郁夫 (2008) 「定常条件下における各種木材の含水率と腐朽の関係」『日本建築学会環
境系論文集 第 73 巻 第 627 号』<http://bit.ly/14FNMzz>

川村圭、保井孝一、小濱翔馬、橋本亜沙、倉持拓也、遠藤彩和、高口洋人 (2012) 「木造住
宅の室内表面積における木材使用量の違いが室内環境に与える影響」『日本建築学会
大会関東支部研究報告集, 2012』<http://bit.ly/13whzay>

岡村幸枝、倉持拓也、遠藤彩和、保井孝一、川村圭、高口洋人 (2013) 「林業再生のための
森林施業計画および木材流通システムに関する研究」『日本建築学会大会関東支部研
究報告集, 2013』

遠藤彩和、倉持拓也、川崎正博、小濱翔馬、高口洋人 (2011) 「林業再生のための木材流通
システムの再構築に関する研究」『日本建築学会大会関東支部研究報告集, 2011』
<http://bit.ly/14IuOLA>

林野庁 (2011) 『平成 23 年度 森林・林業白書』<http://bit.ly/JEXatR>

内田俊平、遠藤彩和、倉持拓也、川村圭、保井孝一、高口洋人 (2013) 「国内林業・木造住
宅生態系再生のための社会技術の提案」『日本建築学会大会関東支部研究報告
集, 2013』

保井孝一、川村圭、小濱翔馬、橋本亜沙、倉持拓也、遠藤彩和、高口洋人 (2012) 「垂直連
携型住宅生産システムに関する研究-木材多用型住宅の LCC02 検証-」『日本建築学会
大会関東支部研究報告集, 2012』<http://bit.ly/1bquGiK>

Kobayashi et al., J Wood Sci., 44, 432-437 (1998a)

小林ら, 科研費研究実績報告書(研究課題番号 09306011) (1998)
 Kobayashi et al., J Wood Sci., 44, 432-437 (1998b)
 Kuroda et al., Mokuzai Gakkaishi, 36, 602-608 (1990)
 串ら, 第 56 回日本木材学会大会(秋田), 研究発表要旨集, 68 (2006)
 今井ら, 第 57 回日本木材学会大会(広島), 研究発表要旨集, 62 (2007)
 今井ら, 第 58 回日本木材学会大会(つくば), 研究発表要旨集, 68 (2008)
 坂東ら, 第 59 回日本木材学会大会(松本), 研究発表要旨集, 151 (2009)
 Kobayashi et al., J. Wood Sci., 44, 432-437 (1998a)
 Song et al., Arch. Pharm. Res., 30, 1392-1397 (2007)
 Nishida et al., Mokuzai Gakkaishi, 41, 522-524 (2005)
 Iida et al., J. Agric. Food Chem., 47, 584-587 (1999)
 Oketch-Rabah and Dossaji, J. Nat. Prod., 60, 1017-1022 (1997)
 Minami et al., Chem. Pharm. Bull., 48, 389-392 (2000)7
 田中昭雄, 外岡豊(2013)市町村別住宅環境負荷推定手法の研究 環境負荷の空間評価に関する研究—その 1—, 日本建築学会論文報告集, 環境系 (投稿中)
 日本建築学会(2013)建築の LCA 指針-温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール (改定版), 丸善
 宇城拓平, 外岡豊, 伊香賀俊治, 薛佑佳, 目黒康介(2013)建築 LCA 用環境負荷データベース開発, 第 32 回エネルギー・資源学会研究発表会, 東京
 日本建築学会(2013)建築の LCA 指針-温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール (改定版), 丸善
 外岡豊, 高口洋人, 保井孝一, 前田拓生(2013)国産天然素材木造住宅の L C A, 第 32 回・エネルギー資源学会研究発表会論文集

3-3-3 ラウンドテーブル (RT) の実施

上記 A～D を横断的に検討し、社会に広げていくためにラウンドテーブルを実施した。

また、本プロジェクト・メンバーが各地に出かけて行ってミニ R T を開催するとともに、建築学会等の W S を有効に活用して、同じ問題意識を持っている研究者へもアピールを行った。

3-3-4 その他 (311 以降の課題とその対策について)

2010 年 3 月 11 日の東日本大震災では、宮城県栗原市の栗駒木材(株)が提携先であったため、無関係ではなかった。提携先の栗駒木材(株)が即座に起こした被災地域支援の活動に協力し、東北の被災地域を支援するため地元の国産木材を利用した復興住宅の建築をベースとする支援活動を行った。この活動は一時凌ぎ的な避難所の設置ではなく、厳しい冬を乗り越えられ、地域再生、街づくりにも資するものであり、今も活動は継続中である。

この活動についての情報は、本プロジェクトメンバーの知り合い、及び、コミュニティー等を通じて東北各地に広がり、各種コミュニティー誌等で取り上げられたことから、例えば、他地域の行政の担当者(三重県熊野市)や大手企業(三井物産)から本プロジェクトについての問い合わせや協力・支援の要請があり、支援の輪が広がった。また本プロジェクトの必要性を理解する人々が増えるきっかけにもなり、協力者も順調に増加しつつある。

年月日	名称	場所	実施目的	対象者
H22. 9. 11	2010 年度日本建築学会大会(北陸)地球環境部門研究懇談会・パネルディスカッション企画開催(地球環境委員会・住宅カーボンニュートラル達成シナリオ WG 主催)地球環境部門——パネル	富山大学	1. 主旨説明 2050 年住宅カーボンニュートラル達成は可能か 一木造自然素材住宅を例とした PDCA 試行 外岡豊(埼玉大学) 2. 主題解説 木造住宅の現状と課題	研究者

	<p>ディスカッション：2050年住宅カーボンニュートラル達成は可能かー木造自然素材住宅を例としたPDCA試行)</p>		<p>鈴木 進 (木の家だいすきの会) 日本林業の現状と課題 梶山恵司(内閣審議官) 天然住宅の試み 相根昭典, (天然住宅) 木材乾燥と国産材利用 佐々木康寿(名古屋大学) バイオマス燃料の利用 三浦秀一 (東北芸術工科大学) 普及促進に向けて (市民金融と認証制度) 田中優(未来バンク) 3. 討論 4. まとめ 有馬 孝禮 (宮崎県木材利用技術センター)</p>	
H22. 11. 30 ~ 12. 1	<p>伊勢湾流域圏における「栗駒・天然住宅モデル」の可能性</p>	<p>名古屋大学環境総合館1階レクチャーホール</p>	<p>「栗駒・天然住宅モデル」の展開の可能性について、伊勢湾流域圏を舞台に討論しながら、伊勢湾流域圏、宮城県栗駒地域、ひいては日本国内の各地域における森林・林業再生プランについて議論した。 見学会では、名古屋大学グローバルCOE・都市の木質化プロジェクトメンバーと共に、地域に根ざした林業ー林産業ー建築業に取り組む岐阜県中津川市加子母地域を訪れ、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 森林 (林齢100年, 50年) ・ 製材工場, 木材乾燥 ・ 途中, 車中からセイホク株式会社 国産材合板工場 (建設中) を見学 ・ 地域工務店施工の建築中個人住宅 ・ 木のなんでも市場 ・ 桁・梁専門製材工場 ・ 地域工務店モデルハウス <p>を見学した。 【成果】森林・林業・木材工業・建築・行政・研究・一般の各分野関係者が一同に集まり (参加者 118名), 森林・林業の再生,</p>	<p>研究者</p>

			都市における木材利用について考えることができた。また、東海地域の関係者に「栗駒・天然住宅モデル」を披露し、その特徴を広報することができた。モデルについて、闊達な質疑応答が交わされ、事後アンケートからはモデルへの評価・期待が高いことが窺えた。	
H23. 9. 6	天然住宅認証に対する不動産評価専門家による外部評価（プレミニ RT）	早稲田大学	住まい手のための住環境評価と住宅認証制度の役割ー長く住み続けられる住宅であるためにー、中城康彦先生（明海大学教授）	不動産関係の研究者や金融機関等
H23. 11. 2 ～ 11. 5	「第 40 回名古屋国際木工機械展・ウッドエコテック 2011」にて、「JST 科学技術振興機構」のブースを出展	名古屋国際展示場「ポートメッセなごや」	本PJの理念、取り組み実績を紹介すると共に、東日本大震災の復興住宅に関する模型を展示した。 http://www.mokkiten.com/exhibits/gakken/kagaku	研究者、林業者、林産業者
H24. 8. 9	建築学会 WP	日本建築会館	グリーンビル認証について	研究者
H24. 8. 21	建築学会 WP（宿谷昌則・東京都市大学教授）	日本建築会館	エクセルギーについての基礎的知識を共有するための講義及び質疑応答	研究者

3-4. 今後の成果の活用・展開に向けた状況

① 成果物に期待される効果

本プロジェクトで、当初には予定していなかった「(A) 住宅建築実践ガイド」、「(B) 住宅認証」、「(C) 住まい方マニュアル」を作成した。これは当プロジェクトの遂行に当たり、その確実な促進のためにこれらの充実が強く求められていることを、プロジェクト作業を通じて、より強く認識したためである。それぞれ成果物に期待される効果は下記の通りである。

(a) 住宅建築実践ガイド

木材を多用した天然素材住宅を建てるための「実践ガイド」により、国産木材を最も使っている各地の工務店が同様のことをできるようになる。価格競争ではない、適切な品質競争につながることを期待したい。また「実践ガイド」の公表により、住宅ユーザーの側から住宅メーカーに「このような住宅にしてほしい」と要望されることを期待している。

(b) 住宅認証

わが国では戸建住宅における中古住宅市場がうまく機能していないことから、十分に価値のある住宅であっても築 20 年以上の住宅価値はほぼゼロと査定されるとともに、土地取引についての日本独自の慣習によって上物がある土地の価値は極めて低く評価される。そのため、不動産取引では主に土地の価値が中心になり、住宅は積極的にスクラップ・アンド・ビルドされてきた。「住宅認証」のしくみにより、中古住宅となっても価値の落ちない市場が機能し、欧米では当たり前の「価値の落ちない住宅」を実現したい。

(c) 住まい方アドバイス

上述の「住まい方アドバイス」に、住まい方と住まいの選び方についての情報を、将来のユーザーに届けたい。「スクラップ・アンド・ビルド」により、短期で住宅が更新されてしまえば、住宅の炭素貯蔵機能の効果は乏しくなる。さらには建築時の炭素排出を考えれば、マイナスの効果の方が多くなる。将来の購入者のニーズが変われば住宅業界も変わらざるを得なくなる。

林業・林産業から住宅市場までを直接垂直連携すれば、木材供給者は中間搾取されず直接中山間地に資金が循環し、地域経済を活性化させる効果がある。同時に住宅が長期に使用されることになり、炭素貯蔵効果も高くなる。

② 開発した手法の効果

- 木材乾燥の技術開発により、割れ・歪みを低減させた。この乾燥方法に、当プロジェクトの非営利バンクが融資することで、各地で実現できる可能性が高くなる。
- 木材製品の価格は上から下までである。価格の高いものを生産せずに素材生産のままだと経営困難になる。大きく見て高い方から順に、家具・住宅用建材・ペレット・薪・ベニヤ集成材・チップの順になっている。「組手仕」や「くりこまの椅子」などはスギ材から作られており、今後、普及すれば林産業側にとっての大きな収益になる可能性がある。
- 木材は生物由来であるため、個体差が非常に大きい。しかし、輸入材の多くは乾燥材が多く、品質管理も徹底していることから国産材についても安全率を掛けて過大な性能を求める。そのために国産木材が使われない面もある。木材の乾燥方法による差やヤング率などによって性能を調査し、個別の性能を表示すれば過大な安全率を見積もる必要はない。その背景になる実測データと性能調査方法を広げられれば、国産木材は使われやすくなる。クレームを恐れたり実態と合わない必要以上の性能追求や均一性を求める大手住宅事業者の慣行に対して、低強度材も活用できることを実績として示すことで製材の歩留まりを向上させ林産業生産の合理化と収益性向上に資する。
- 日本の育林費用は諸外国と比較して非常に高い。大きな比率を占める下草刈り、間伐、植栽、林道敷設等の手法に代替策を検討した。山地酪農を応用して牛に下草を食べてもらう方法、皮むき間伐を応用して立ったままの「葉枯らし乾燥」手法、苗を鞘に入れて育てて植栽する手法、自伐林業と呼ばれる小径道を利用した林業などを広げた。自伐林業の手法は、「きこり養成講座」として広げられている。
- 安売り競争しない住宅の高付加価値化にとって、最も重要なのは「健康面、素材の安全性」である。その市場は確実に拡大しつつある。いずれは「健康な住宅」がスタンダード化し、どの住宅メーカーも需要を無視できなくなるだろう。
- 当プロジェクトで実測した結果、本プロジェクトで想定する木材多用住宅設計では、壁内結露を起こさないことが確認された。腐朽菌発生、シロアリの食害は壁内の湿度の影響が大きい。ビニールによる高気密に頼らず、壁内結露しない手法が広がることを期待したい。
- 暖冷房に依存しないで快適に過ごせる室内温湿度輻射環境の実現が実測により確認された。

3-5. プロジェクトを終了して

本プロジェクトは学際的な色彩の強い研究であったが、名古屋大学、早稲田大学、埼玉大学において様々な研究が（論文や研究報告会等を通じて）発表された。また、宮城県栗駒地区の林業・林産業者も木材の測定機器の操作等に熟練し、今後の自己管理に期待できるまでに成長した。

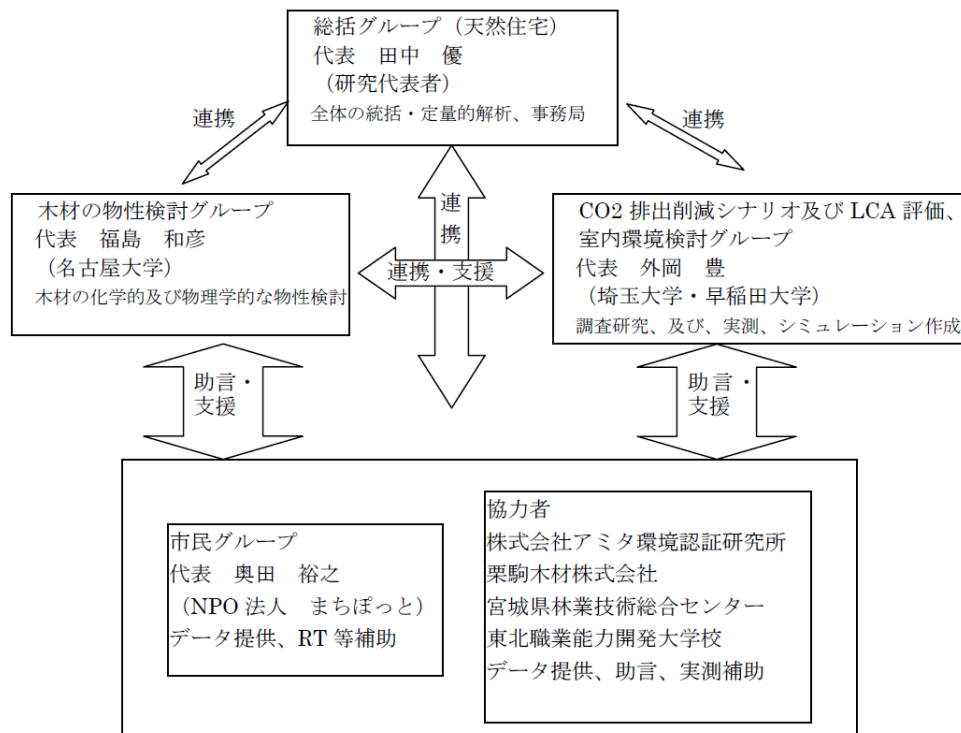
加えて、東日本大震災以降、本プロジェクトでは復興支援活動を積極的に行ったことにより、被災地域の人々や全国各地の林業者とも連携することになった。このような輪は今後も期待できる。

4. 研究開発実施体制

4-1. 体制

本プロジェクトでは下記のように産（天然住宅、栗駒木材、アミタ環境認証研究所等）・官（宮城県林業技術総合センター）・学（埼玉大学、早稲田大学、名古屋大学、東北職業能力開発大学校）・市民（認定 NPO 法人まちぽっと）が協働で研究開発を行う体制になっていることから適切であっ

た。



■総括グループ（天然住宅）

林業・林産業から住宅市場までを直接垂直連携するとともに需要側から遡ったビジネスモデルを構築するために、埼玉大学、早稲田大学、名古屋大学、市民グループ、及び、各協力者から得たデータを基に、天然住宅は研究代表が中心となって実践ガイド、認証制度、住まい方マニュアル等の作成にあたった。

■CO₂ 排出量削減シナリオ及び LCA 評価、室内環境検討グループ（埼玉大学、早稲田大学）

資産としての住宅の価値を大幅に高めるような長期優良低炭素住宅の実現に向けての科学的実証、及び、住宅 LCCO₂ からの検証を行うため、埼玉大学及び早稲田大学が中心となり、国産木材多用住宅の室内環境を実測するとともに、住宅 LCCO₂ を評価し、CO₂ 排出量削減シナリオを作成した。また住宅市場の分析や林業生産を安定化させる長期的な経路モデル・シミュレーションなど、経済学的な実態データ分析やモデル・シミュレーションも、林業から住宅まで、物理量的な分析から金額表示の経済分析まで、短期分析から超長期分析まで、多岐にわたり行った。

■木材の物性検討グループ（名古屋大学）

国産木材多用住宅の耐久性を検討するために、その建材である木材の強度等を物理学的、及び、化学的な見地から実験・検討を行った。

■その他（市民グループ及び協力者）

直接連携の実現性を検証するため栗駒木材（宮城県栗駒）に協力を依頼し、名古屋大学、天然住宅、早稲田大学とともに様々な実験・検証を行った。また実験に際して、宮城県林業技術研究センター及び東北職業能力開発大学校から実測補助等の協力を得た。

なお、需要側から遡ったビジネスモデルを構築するために必要となる認証制度においては株式会社アミタ研究認証研究所の協力・助言を得て作成し、ラウンドテーブル等の実施にあたっては認定NPO法人まちぼっとの協力を得て実施した。

4-2. 研究開発実施者

①埼玉大学・早稲田大学グループ（削減シナリオと DB 作成及び全体企画、及び、天然素材住宅の温熱環境実証分析）

氏 名	所 属	役 職	参加時期 (参加時期のみ非公開)
外岡 豊	埼玉大学 経済学部	教授	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
山内 毅	(株)山内設計室	社長	平成 21 年 10 月～(24 年 9 月)
檜原 徹	デザインヌーボー級建築士事務所	社長	平成 22 年 3 月～(23 年 9 月)
田中 昭雄	熊本大学大学院自然科学研究科	特任教授	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
石田 武志	日本工業大学ものづくり環境学科	講師	平成 21 年 10 月～(25 年 9 月)
小笠原 伸	白鷗大学ビジネス開発研究所	専任研究員	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
高口 洋人	早稲田大学理工学術院創造理工学部建築学科	教授	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
中島 裕輔	工学院大学工学部建築都市デザイン学科	准教授	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
鈴木 進	特定非営利活動法人木の家だいすきの会	代表	平成 23 年 4 月～(26 年 3 月)
国府田 諭	埼玉大学経済学部	研究員	平成 23 年 4 月～(26 年 3 月)
前田 拓生	埼玉大学経済学部	研究員	平成 24 年 4 月～(26 年 3 月)
井田 健一	埼玉大学経済学部	研究員	平成 23 年 4 月～(25 年 9 月)
川崎 正博	早稲田大学創造理工学研究科	修士課程 2 年	平成 22 年 4 月～(23 年 3 月)
小濱 翔馬	早稲田大学創造理工学研究科	修士課程 2 年	平成 22 年 4 月～(24 年 3 月)
橋本 亜沙	早稲田大学創造理工学研究科	修士課程 2 年	平成 22 年 4 月～(24 年 3 月)
倉持 拓也	早稲田大学創造理工学研究科	修士課程 2 年	平成 22 年 4 月～(25 年 3 月)
遠藤 彩和	早稲田大学創造理工学研究科	修士課程 2 年	平成 22 年 4 月～(25 年 3 月)
木原 己人	早稲田大学創造理工学	博士課程 1 年	平成 25 年 4 月～(26 年 3 月)

	研究科		
川村 圭	早稲田大学創造理工学 研究科	修士課程 2 年	平成 23 年 4 月～(26 年 3 月)
保井 孝一	早稲田大学創造理工学 研究科	修士課程 2 年	平成 23 年 4 月～(26 年 3 月)
内田 俊平	早稲田大学創造理工学 研究科	博士課程 1 年	平成 24 年 4 月～(26 年 3 月)
岡村 幸枝	早稲田大学創造理工学 研究科	博士課程 1 年	平成 24 年 4 月～(26 年 3 月)
喜多山 空人	早稲田大学創造理工学 研究科	博士課程 1 年	平成 25 年 4 月～(26 年 3 月)
熊手 優斗	早稲田大学創造理工学 研究科	博士課程 1 年	平成 25 年 4 月～(26 年 3 月)
村中 里絵	早稲田大学創造理工学 研究科	4 年	平成 25 年 4 月～(26 年 3 月)
関野茉祐	工学院大学大学院工学 研究科	博士課程 1 年	平成 22 年 4 月～(23 年 3 月)
木藤 宏美	工学院大学大学院工学 研究科	修士課程 2 年	平成 22 年 4 月～(23 年 3 月)

②名古屋グループ（低温乾燥国産スギ材の性能評価（短期・長期）による、建築材料としての可能性の検討）

氏 名	所 属	役 職	参加時期 (参加時期のみ非公開)
福島 和彦	名古屋大学大学院生命 農学研究科	教授	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
佐々木 康寿	名古屋大学大学院生命 農学研究科	教授	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
山崎 真理子	名古屋大学大学院生命 農学研究科	准教授	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
安藤 幸世	名古屋大学大学院生命 農学研究科	助教	平成 21 年 10 月～(25 年 9 月)
今井 貴規	名古屋大学大学院生命 農学研究科	准教授	平成 21 年 10 月～(25 年 9 月)
松下 泰幸	名古屋大学大学院生命 農学研究科	准教授	平成 21 年 10 月～(25 年 9 月)
青木 弾	名古屋大学大学院生命 農学研究科	助教	平成 24 年 4 月～(25 年 9 月)
岡山 朋子	名古屋大学農学国際教 育協力研究センター	特任講師	平成 21 年 10 月～(25 年 9 月)

八木 彰子	名古屋大学大学院生命農学研究科	非常勤技術補佐員	平成 22 年 4 月～(24 年 9 月)
檜山 知佐	名古屋大学エコトピア科学研究所	特任講師	平成 21 年 10 月～(24 年 9 月)
下村 委公子	名古屋大学大学院生命農学研究科	非常勤事務職員	平成 22 年 10 月～(25 年 9 月)
都築 知佳	名古屋大学大学院生命農学研究科	修士課程 2 年	平成 22 年 10 月～(25 年 3 月)
大矢 彩加	名古屋大学大学院生命農学研究科	修士課程 2 年	平成 22 年 10 月～(25 年 3 月)
取違 俊弥	名古屋大学大学院生命農学研究科	修士課程 1 年	平成 23 年 10 月～(25 年 3 月)
小川 敬多	名古屋大学大学院生命農学研究科	修士課程 1 年	平成 23 年 10 月～(25 年 3 月)
水谷 真夕	名古屋大学大学院生命農学研究科	修士課程 1 年	平成 23 年 10 月～(25 年 3 月)
河原 賢	名古屋大学農学部	4 年	平成 24 年 10 月～(25 年 3 月)
山本 知華	名古屋大学農学部	4 年	平成 24 年 10 月～(25 年 3 月)
石松 幹子	名古屋大学農学部	4 年	平成 24 年 10 月～(25 年 3 月)
大橋 愛	名古屋大学農学部	4 年	平成 24 年 10 月～(25 年 3 月)
平野 直樹	東北職業能力開発大学校	講師	平成 21 年 10 月～(24 年 9 月)
菅原 正義	栗駒木材株式会社	代表取締役社長	平成 21 年 10 月～(24 年 9 月)
大場 隆博	栗駒木材株式会社		平成 21 年 10 月～(24 年 9 月)
大西 裕二	宮城県林業技術総合センター	研究員	平成 21 年 10 月～(23 年 6 月)
皆川 豊	宮城県林業技術総合センター	研究員	平成 23 年 7 月～(25 年 9 月)

③天然住宅グループ（中古住宅市場の創設、長寿命で健康的な住宅のための認証制度の開発、中古住宅市場におけるファイナンス制度の開発、住宅における一般家庭排出量を基準とした「カーボンオフセット」の仕組みの模索、当プロジェクト全体のコーディネート）

氏 名	所 属	役 職	参加時期 (参加時期のみ非公開)
相根 昭典	一般社団法人天然住宅	代表	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
田中 優	一般社団法人天然住宅	共同代表	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
中條 加月沙	一般社団法人天然住宅	スタッフ	平成 23 年 4 月～(24 年 12 月)
柳澤 聡子	一般社団法人天然住宅	研究員	平成 23 年 4 月～(26 年 3 月)
橋本 早苗	一般社団法人天然住宅	スタッフ	平成 23 年 4 月～(26 年 3 月)

早田 之彦	一般社団法人天然住宅	スタッフ	平成 25 年 4 月～(26 年 3 月)
小野寺 郷	一般社団法人天然住宅	スタッフ	平成 25 年 4 月～(26 年 3 月)
長瀧 修司	一般社団法人天然住宅	スタッフ	平成 25 年 4 月～(26 年 3 月)
田中 竜二	一般社団法人天然住宅	スタッフ	平成 25 年 4 月～(26 年 3 月)
坂東 和能	一般社団法人天然住宅	スタッフ	平成 21 年 10 月～(24 年 9 月)
井上 あいみ	一般社団法人天然住宅	スタッフ	平成 21 年 10 月～(26 年 3 月)
小川 直也	アマタ株式会社 環境認証研究所	研究員	平成 21 年 10 月～(24 年 9 月)
奥田 裕之	NPO 法人まちぼっと	事務局	平成 21 年 10 月～(24 年 3 月)
前田 拓生	NPO 法人まちぼっと	研究員	平成 21 年 10 月～(24 年 3 月)
佐々木美貴	NPO 法人まちぼっと	研究員	平成 22 年 4 月～(24 年 9 月)
馬越 尚子	NPO 法人まちぼっと	研究員	平成 22 年 4 月～(24 年 9 月)
内山 隆	NPO 法人まちぼっと	研究補助員	平成 22 年 4 月～(24 年 3 月)
西畑 ありさ	鴻遼堂	代表	平成 22 年 4 月～(24 年 9 月)
池本 桂子	NPO 法人まちぼっと	事務局長	平成 22 年 4 月～(23 年 3 月)
井筒 千春		デザイナー	平成 22 年 4 月～(23 年 3 月)
鈴木 千尋	ズアン課	代表	平成 22 年 4 月～(23 年 3 月)

4-3. 研究開発の協力者・関与者

氏 名・所 属・役 職（または組織名）	協 力 内 容
宮城県林業技術研究センター	林産地の労働生産性調査，地域連携，実大クリーブ性能評価，乾燥技術の開発
平野 直樹・北海道職業能力開発大学校・講師	林産地の労働生産性調査，地域連携，実大クリーブ性能評価，乾燥技術の開発

5. 成果の発信やアウトリーチ活動など

5-1. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など（実施例）

年月日	名称	場所	概要
H21. 10. 26	第1回ラウンドテーブル	・天然住宅本社、および、その周辺 ・東京都町田	・天然住宅使用の建築の視察（建築現場の視察） ・鶴川のコーポラティブ・マンション（天然住宅使用）の視察
H21. 11. 20	第2回ラウンドテーブル	埼玉大学東京ステーションカレッジ	各研究主体の今までの研究実績等の発表。
H21. 12. 21 ~ 12. 22	第3回ラウンドテーブル	宮城県栗駒	大崎森林組合、栗駒木材、エコラの森の視察 林業を取り巻く諸問題の論点整理討論
H22. 2. 5	第4回ラウンドテーブル	JST 会議室	今後の研究開発の方向性についての議論
H22. 4. 10	第一回フォーラム 森と街をつないで脱温暖化を実現する	日本青年館 中ホール（新宿区霞ヶ丘町7番1号）	本プロジェクトにおいて、2050年に実質CO2排出なしの住生活の実現と、森と街をつなぐ産業間地域間連携による林業の活性化を同時に追求する社会経済の仕組みを構築試行するために、日本社会をどのように立て直していくかについて議論した。
H22. 12. 12	第二回フォーラム 木で暮らす・木で稼ぎ、木で生きる	早稲田大学理工キャンパス 57-201 教室	本プロジェクトでは、森林から家づくりまでの一気通貫を通じた現在の社会課題（CO2削減、森林と林業の再生、長期活用可能な木造住宅）の解決を図ることを目的に、実践的研究を行っている。 このフォーラムでは、その入口である「森林の視点」から課題解決の具体的な方向性を見ていく。そして、これからの日本社会で山側と都市側がともに「木で暮らす」ためには何が必要なのかということ、様々な関係者と共に議論した。
H23. 10. 24	「森林」「長寿命住宅」「健康」「CO2削減」をつなぐ認証制度（ミニRT）	工学院大学	日本に中古住宅市場を根付かすために必要な認証制度を主に金融機関の立場から検証するためのミニRT
H23. 11. 3	シンポジウム「森林・林業の再生に向けた都市の木質化をめざして」	名古屋国際展示場「ポートメッセなごや」	国産木材と木質バイオマス燃料を活用した住宅と生活のありかたを提示し、森と街をつなぐ産業間地域間連携により林業の活性化、天然素材住宅普及するため、日本の各地域で活躍する林業、林産業、建

			築業従事者を講師として招き、シンポジウムを開催した。分野横断的な課題について整理し、各産業、市民の決意を改めて認識する会とした。
H24. 3. 4	森を守れる住まい作りを(RT)	早稲田大学	第1部・フォーラム <ul style="list-style-type: none"> ・ 2012年初頭「森・街プロジェクト」の大きな変貌を！ ・ 森と街をつなぎ、市場に受け入れられる新たな仕組み ・ 天然住宅と気候変動対策、天然住宅の木材、居住環境 ・ 中古住宅市場は作れるか 第2部・全国の仲間とこれからの展開を語る会
H24. 10. 21	心がよるこぶ家づくりセミナー	ArtGallery そあとの庭(仙台)	将来の天然住宅の施主づくりのためのセミナー
H24. 11. 1	日本を明るく元気にする“良い仕事”フェア	東京ドーム	天然住宅ブース展示。天然住宅代表(相根)講演(15分)

5-2. 論文発表 (【H21 年度～H25 年度】国内誌 12 件、国際誌 0 件)

【H21 年度】なし

【H22 年度】(国内誌 2 件、国際誌 0 件)

前田拓生(まちぼっと),「人工林の持続性についての考察」高崎経済大学経済学会編『高崎経済大学論集』第53巻第2号(pp. 41～53)

前田拓生(まちぼっと),「社会的共通資本としての人工林と社会的企業の必要性」高崎経済大学経済学会編『高崎経済大学論集』第53巻第4号(pp. 71～84)

【H23 年度】(国内誌 4 件、国際誌 0 件)

前田拓生,「日本における木材の需要ギャップについての考察」、『高崎経済大学論集』(第54巻第1号、2011年)

前田拓生,「日本の既存住宅市場における問題点とその活性化に資する制度・インフラについての考察」、『高崎経済大学論集』(第54巻第2号、2011年)

前田拓生,「住宅リフォーム産業の市場経済における意義と存立条件」、『高崎経済大学論集』(第54巻第3号、2011年)

前田拓生,「林業から住宅建築までを一元的に管理するシステムと環境保全」、『高崎経済大学論集』(第54巻第4号、2011年)

【H24 年度】(国内誌 7 件、国際誌 0 件)

前田拓生「住宅リフォーム産業の市場経済における意義と存立条件」『高崎経済大学論集』第54巻第3号、H24年2月

前田拓生「林業から住宅建築までを一元的に管理するシステムと環境保全」『高崎経済大学論集』第54巻第4号、H24年3月

前田拓生「『森と街』を直接連携させる必要性についての考察」『高崎経済大学論集』第55巻第2号、H25年1月

前田拓生「日本の住宅と国産木材の需給構造についての計量経済分析」『高崎経済大学論集』第55巻第4号、H25年3月

田中昭雄, 外岡豊, 東日本大震災後の住宅エネルギー需要の変化と地域性, エネルギー

一・資源学会論文誌 2013年3月 Vol134No2, 通巻198号

岡村幸枝、倉持拓也、遠藤彩和、保井孝一、川村圭、高口洋人：「林業再生のための森林施業計画および木材流通システムに関する研究」,日本建築学会大会関東支部研究報告集,2013

内田俊平、遠藤彩和、倉持拓也、川村圭、保井孝一、高口洋人：「国内林業・木造住宅生態系再生のための社会技術の提案」,日本建築学会大会関東支部研究報告集,2013

<著書>

外岡豊(分担)(埼玉大学)、建築のLCA指針-温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール改訂版、日本建築学会編、丸善、2013年2月

【H25年度】

<著書>

前田拓生(埼玉大学)、『成熟経済下における日本金融のあり方—『豊かさ』を実感できる社会のために—』(単著)、大学教育出版、2013年4月発刊

5-3. 口頭発表(国際学会発表及び主要な国内学会発表)

- ①招待講演 (【H21年度～H25年度】国内会議 5件、国際会議 0件)
②口頭発表 (【H21年度～H25年度】国内会議 27件、国際会議 1件) ※①以外
③ポスター発表 (【H21年度～H25年度】国内会議 0件、国際会議 0件)

【H21年度】なし

【H22年度】

- ①招待講演 (国内会議 3件、国際会議 0件)

外岡 豊(埼玉大学)、「温暖化対策アクションプラン策定に向けて—関連団体・委員会の連携の在り方—」『脱温暖化・環境共生社会プロジェクトの取り組み』,2010年度日本建築学会大会(北陸)地球環境部門研究懇談会 2010年9月(富山)

外岡 豊(埼玉大学)、「産業連関表の応用手法—HLCE(ヒューマンライフサイクルエミッション)や越谷レイクニュータウン解析例など—」,JST・社会技術研究開発センター「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究領域,2010年9月(東京)

外岡 豊(埼玉大学)、「建築における省エネルギーとゼロエミッションへのシナリオ」,平成22年度建築電力研究会シンポジウム,2010年11月(金沢)

- ②口頭講演 (国内会議 5件、国際会議 0件)

平野直樹(東北職業能力開発総合大学校),(社)日本建築学会大会学術講演,地域型木造住宅生産・供給システムに関する研究—機械プレカットの生産性—,2010年8月
遠藤彩和(早稲田大学),林業再生のための木材流通システムの再構築に関する研究(日本建築学会関東支部 於:建築会館 2011/3/4)

倉持拓也(早稲田大学),東京都の業務施設における木質ペレット利用に関する研究(日本建築学会関東支部 於:建築会館 2011/3/4)

田中 昭雄,外岡 豊,「HLCE ヒューマンライフサイクルエミッション評価のための家庭部門エネルギーの地域性の研究」,第27回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集(エネルギー・資源学会),ISSN 1883-728 (p367-370),2011年1月(東京)

外岡 豊,井伊 亮太,小笠原 均郎,田中 昭雄,井田 健一,「HLCE ヒューマンライフサイクルエミッションによる地域排水準評価」,第27回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集(エネルギー・資源学会),ISSN 1883-728 (p371-374),2011年1月(東京)

- ③ポスター発表(国内会議 0件、国際会議 0件)

【H23 年度】

①招待講演 (国内会議 2件、国際会議 0件)

- ・ 外岡豊 C02排出量、削減量評価手法のいろいろ JST第一回領域サロン, 2011. 10 東京
- ・ 外岡 豊 住宅LCAの基礎手法 日本建築学会地球環境委員会, 住宅カーボンニュートラル達成シナリオWG, 公開勉強会 2011. 11 東京

②口頭講演 (国内会議 12件、国際会議 1件)

- ・ 田中優 (天然住宅)、「持続可能社会とNPOバンク」『NPOフォーラム』文京区シビックセンター、文京区、2011年2月2日
- ・ 遠藤彩和 川崎正博 小濱翔馬 橋本亜沙 高口洋人 林業再生のための木材流通システムの再構築に関する研究 (日本建築学会関東支部 於: 建築会館 2011/3/4)
- ・ 倉持拓也 小濱翔馬 高口洋人 東京都の業務施設における木質ペレット利用に関する研究 (日本建築学会関東支部 於: 建築会館 2011/3/4)
- ・ 都築知佳、山崎真理子、佐々木康寿、安藤幸世 (名大院農)、大西裕二 (宮城県)、応力波伝播速度を用いた製材ヤング率の含水率補正に関する一考察、2011年度日本木材学会中部支部大会、静岡市産学交流センター (静岡市) 2011年10月27日
- ・ 都築知佳、山崎真理子、佐々木康寿、安藤幸世 (名大院農)、大西裕二 (宮城県)、地域産スギ材のヤング率分布の計測—応力波法における含水率補正—、日本材料学会東海支部第6回学術講演会 名城大学名駅サテライト (名古屋市) 2012年3月5日
- ・ 都築知佳、山崎真理子、佐々木康寿 (名大院農)、関原光太郎、高野雅夫 (名大院環)、森林資源ポテンシャルの将来予測データを用いた集成材多用型戸建住宅の建築シミュレーション、第62回日本木材学会大会、北海道大学農学部百年記念会館 (札幌市) 2012年3月16日
- ・ 田中 昭雄、外岡 豊 HLCEヒューマンライフサイクルエミッション評価のための家庭部門中核都市と地方都市の比較 第30回エネルギー・資源学会研究発表会 (2011. 6) 東京
- ・ 国府田 諭、外岡 豊、中口 毅博、民生業務部門における2008年度市区町村別C02排出量の推計、第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 (エネルギー・資源学会) (2012. 1) 東京
- ・ 外岡 豊、井田健一、田中 昭雄、国府田諭、日本の住宅におけるエネルギー消費実態とC02排出量推計、第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 (エネルギー・資源学会) (2012. 1) 東京
- ・ 田中 昭雄、外岡 豊、東日本大震災前後の家庭用エネルギー消費の地域変化、第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 (エネルギー・資源学会) (2012. 1) 東京
- ・ 田中昭雄、外岡豊 (埼玉大学), 住宅エネルギー需要の東日本大震災後の経時変化, 日本建築学会東日本大震災シンポジウム, 2012年3月
- ・ 松田健士、井伊亮太、荒木大志、神波泰夫、外岡豊 (埼玉大学) HLCEヒューマンライフサイクルエミッション指標のための産業連関表に基づく二酸化炭素排出量の推計 第7回LCA学会研究発表会 2012年3月

③ポスター発表 (国内会議 0件、国際会議 0件)

なし

【H24 年度】

①招待講演 (国内会議 1件、国際会議 0件)

- ・ 外岡 豊 これからの住宅のあり方について 建築物の省エネルギー化と長野県の温暖化対策, 日本建築学会地球環境委員会気候変動対策小委員会 2012年11月 長野

②口頭講演 (国内会議 6件、国際会議 1件)

- ・ 前田拓生 『森と街』を直接連携させる必要性」2012年度 生活経済学会関東部会、日本

女子大学（討論者：赤塚朋子・宇都宮大学教授）

- ・ 国府田 諭, 外岡 豊, 家計調査と冷暖房度日データを用いた地域別住宅エネルギー消費原単位の推計, 第29回エネルギーシステム経済・環境コンファレンス講演論文要旨集(エネルギー・資源学会), 2013
- ・ 田中昭雄, 外岡豊, 住宅エネルギー需要の東日本大震災後の経時変化、日本建築学会東日本大震災2周年シンポジウム、2013
- ・ 田中昭雄, 外岡豊, 東日本大震災後の住宅エネルギー消費原単位の構造変化, 第29回エネルギーシステム経済・環境コンファレンス講演論文要旨集(エネルギー・資源学会), 2013
- ・ 田中昭雄・外岡豊, 東日本大震災の住宅エネルギー需要への影響の研究, 第31回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, 202
- ・ Y, Tonooka, A Project Report: “Achieving Climate Change Abatement and Comfortable Life by a Partnership between Forestry and Natural House in Urban”. AFC2013, Bangkok, Thailand
- ・ 松田健士、井伊亮太、外岡豊（埼玉大学）、全国消費実態調査を用いた家庭部門のエネルギー消費形態分析、LCA学会、2012年3月8日

③ ポスター発表（国内会議____0件、国際会議____0件）
なし

【H25 年度】

① 招待講演（国内会議____0件、国際会議____0件）

② 口頭講演（国内会議____4件、国際会議____0件）

- ・ 田中優（天然住宅）、「持続可能な鬼無里の未来」『自立できるエネルギーと農・林業の活性化』鬼無里活性化センター、長野県、2013年7月7日
- ・ 国府田 諭, 外岡 豊（埼玉大学）, 家計調査と冷暖房度日データを用いた地域別住宅エネルギー消費原単位の推計, 第29回エネルギーシステム経済・環境コンファレンス講演論文要旨集(エネルギー・資源学会), 2013年
- ・ 外岡豊、高口洋人、保井孝一、前田拓生（埼玉大学・早稲田大学）、国産天然素材木造住宅のLCA第29回エネルギーシステム経済・環境コンファレンス講演論文要旨集(エネルギー・資源学会), 2013年
- ・ 外岡豊（埼玉大学）、人口減少期の建築と社会ー21世紀歴史の大転換点を迎えて、バンク・アートスクール連続講演会「人口減少期の建築／建築家の役割ってなに？」

③ ポスター発表（国内会議____0件、国際会議____0件）
なし

5-4. 新聞報道・投稿、受賞等

- ① 新聞報道・投稿
- ② 受賞
- ③ その他

【H21 年度】 なし

【H22 年度】

① 新聞報道・投稿

- ・ 外岡 豊（埼玉大学）, 「脱温暖化・環境共生社会プロジェクトの取組み」, 建築雑誌 Vol. 125, No. 1606 (P75), 2010 年 7 月
- ・ 外岡 豊（埼玉大学）, 「2050 年住宅カーボンニュートラル達成は可能かー木造自然素材住宅を例とした PDCA 試行ー」, 建築雑誌 Vol. 125, No. 1606 (P76), 2010 年 7 月
- ・ 外岡 豊（埼玉大学）, 「2050 年住宅カーボンニュートラル達成は可能かー木造自然

素材住宅を例とした PDCA 試行」, 2010 年日本建築学会大会 (北陸) パネルディスカッション資料 (P.1 - P.6), 2010 年 9 月

- ・ 外岡 豊 (埼玉大学), 「産業連関表の応用手法 -HLCE(ヒューマンライフサイクルエミッション)や越谷レイクニュータウン解析例など」, 地域の産業連関から見た低炭素社会実現への課題 Report, -産業連関の解析事例の議論と成果・問題点の共有へ, JST・社会技術研究開発センター「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究領域, 東北公益大学, p12-15
- ・ 外岡 豊 (埼玉大学), 「ゼロ建築における省エネルギーとゼロエミッションへのシナリオ」, ゼロエネルギーを目指す建築 (ZEB) -建築計画と環境技術に関わる新しい流れ-, 建築電力研究会第 15 回シンポジウム, p4-16

② 受賞

遠藤彩和 (早稲田大学), 日本建築学会関東支部 (2010 年度), 研究発表会「若手優秀研究報告賞」, 「林業再生のための木材流通システムの再構築に関する研究」

③ その他

なし

【H23 年度】

① 新聞報道・投稿

- ・ 朝日新聞 朝刊 (2012年1月5日)「環境・地域で向き合う」
- ・ 東京新聞 朝刊 (2012年2月27日)「エコ賃貸住宅・モーラの家」
- ・ シンポジウム「森林・林業の再生に向けた都市の木質化をめざして」(2011. 11. 3開催)について、「林材新聞」、「木材工業新聞」などの業界紙および業界雑誌「木材工業」(第67巻3号、2012. 3) に紹介記事掲載

② 受賞

なし

③ その他

なし

【H24 年度】

① 新聞報道・投稿

- ・ 外岡豊, 埼玉新聞寄稿, リオ+20に寄せて-地球環境危機と世界経済危機を乗り越えるための第一歩 2012. 6. 29

② 受賞

なし

③ その他

なし

5-5. 特許出願

①国内出願 (____0 件)

②海外出願 (____0 件)

【政策提言】

政策のテーマ 炭素税の導入に合わせ、「ウッドマイレージ」税の導入を

対象 (丸で囲む→)	地方の行政・議会、 国 (関係省庁：) その他 ()
---------------	--

1) 政策提言

地球温暖化防止と同時に国内の経済回復を目指すには、「フードマイレージ（食べ物が生産されて届けられるまでの二酸化炭素排出量を表示する試み）」と同様に、「ウッドマイレージ」等、輸送に関わる二酸化炭素排出量を表示する仕組みを創設し、その量に応じた炭素税負担を導入することが効果的である。

2) 背景および現状の問題点

政府は 2011 年末に「地球温暖化対策のための税」（地球温暖化対策税）の導入を盛り込んだ 2012 年度税制大綱を決定した。2012 年 10 月 1 日から実施された「地球温暖化対策のための税」は、二酸化炭素排出量 1 トン当たり 289 円で、現行の石油石炭税に上乗せされる形で化石燃料の利用量に応じて課税される。しかし、地球温暖化防止と同時に国内の経済回復を目指すには、エネルギー等の輸送に関わる二酸化炭素排出量を表示する仕組みを創設し、その量に応じた炭素税負担を導入することが効果的である。

3) 政策の概要

木材を運ぶための距離に利用する交通機関をかけることで、移動に関わる二酸化炭素排出量を明示できる。その環境負荷（具体的には二酸化炭素量）に応じて炭素税をかける。内外無差別原則に基づき、国内の木材も同様の計算をし、炭素税をかける。

4) 政策の実施により期待される効果

木材の移動に伴う二酸化炭素排出量の抑制が期待できるとともに、国内の最大資源でもある木材を有効に活用できるようになり、経済浮揚効果が期待できる。

5) 4の裏付けとなる貴プロジェクトの研究開発成果

【政策提言】

政策のテーマ 再生素材の利活用推進のために「バージン資源税」の導入を

対象 (丸で囲む→)	地方の行政・議会、 国 （関係省庁： その他（	） ）
---------------	-----------------------------------	--------

1) 政策提言

国内の建築廃材の再利用の促進を促すために「新品資源税」を導入する。

2) 背景および現状の問題点

国内ではあまりにも短期の住宅利用年数のために、社会資産を形成しない住居が蔓延している。そのため人々は住宅貧乏とも言える暮らしを強いられ、建築廃材は限りなく増加し続けている。

3) 政策の概要

デンマークでは建設などの砂の利用に対して、バージン資源税を導入している。同様に増え続けている国内の建築廃材の再利用の促進を促すために「新品資源税」を導入する。

4) 政策の実施により期待される効果

木材の利用時に再生資源の場合には税負担がないが、新品資源を使った場合には税負担がかかるようになれば、新品を避けて再利用するインセンティブが働く。それによってゴミの減量とともに、新品資源の乱費を防げる。

5) 4の裏付けとなる貴プロジェクトの研究開発成果

長寿で、住宅の健全性、素材の生産の健全性を示す必要性がある点に関しては、本プロジェクト平成 22 年度報告書（下記※）、及び、報告書の基になっている前田拓生（2011）「日本の既存住宅市場における問題点とその活性化に資する制度・インフラについての考察」『高崎経済大学論集第 5 4 巻第 2 号』

※平成 22 年度 「快適な天然素材住宅の生活と脱温暖化を「森と街」の直接連携で実現する」(pp. 57-70)

http://www.ristex.jp/examin/env/program/pdf/H22houkoku_tanaka.pdf

【政策提言】

政策のテーマ 電気とクルマの自給自足を

対象 (丸で囲む→)	地方の行政・議会、 国 関係省庁： その他（	） ）
---------------	----------------------------------	--------

1) 政策提言

家庭内の電気と電気自動車による電気を自給していく試みを推進するための政策を施す。

2) 背景および現状の問題点

住宅建築時の二酸化炭素排出量以上に大きいのが、居住時の生活に利用するエネルギー消費からの二酸化炭素排出である。エネルギー量では暖房・給湯が大きい、二酸化炭素排出量では電気に由来する部分が多い。また、自家用車による二酸化炭素排出量も大きいことから、その両者のエネルギーを自給する方向を示す。

3) 政策の概要

政策の内容としては、経済的に不可能ではないレベルに達しているため補助金の性質には合致しない。長期の利益になるため、長期の融資に対する金利優遇策か、税額控除の仕組みが望ましい。

4) 政策の実施により期待される効果

家庭内で太陽光発電などにより発電し、家庭内の電気を自給すると同時に、特に地方では不可避の車による二酸化炭素排出を防ぐことができる。その技術は日本が国際的に最も優位性を持つことから、国際的な競争力を増すことにつながる。

5) 4の裏付けとなる貴プロジェクトの研究開発成果

住宅建設・運用・改修・解体における LCC02 については本プロジェクト平成 23 年度報告書（下記※）に記載している。

※平成 23 年度 「快適な天然素材住宅の生活と脱温暖化を「森と街」の直接連携で実現する」研究開発プロジェクト年次報告書（pp. 44-45）

http://www.ristex.jp/examin/env/program/pdf/120926_008.pdf

【政策提言】

政策のテーマ 無垢木材の性能表示制度

対象 (丸で囲む→)	地方の行政・議会、 国 （関係省庁： その他（	） ）
---------------	-----------------------------------	--------

1) 政策提言

簡易な計測システムで全ての構造用製材の性能表示を！

2) 背景および現状の問題点

無垢材の流通促進には品質保証が不可欠であるが、JAS の認証は製材で二割といわれ、性能数値を明示した機械等級材はさらに少ない。結果として無垢材の信頼性が低いとされる原因となっている。集成材ではほぼ 100% が JAS 認証材となっており、集成材が選好される原因となっている。

また、現状では供給過剰もあり、JAS 材と無等級材で価格差がほとんど見られないことから供給側に JAS 認定費用を負担する動機が乏しく流通量が少ない原因となっている。市場メカニズムでは解消できていない問題であり、JAS の認定を義務化する、又は、JAS 認定材利用を義務化すべきである。

3) 政策の概要

既に公共建築では JAS 材の使用を求めているが、民間建物では規制がない。民間建物でも公共建築同様に JAS の機械等級材の使用を義務づけることで、無垢材に対する信頼性が向上し、流通が促進される。ただ、JAS の取得が規模・資金的な理由から難しいような工場の場合、暫定的に公的な（例えば「準 JAS」というような）認定を別途作り、当該認定を受けていれば流通できるようにしておく。

4) 政策の実施により期待される効果

外材には同様の性能表示が行われており、信頼性において外材と同等水準になる。また、目視による基準ではなく機械等級による性能表示とすることで、客観的に評価することが可能となり、無垢材のインターネット通販・サプライチェーンによる発注（現物を見なくとも発注できるようになる）が可能となる。なお、準 JAS のような認定を新設することで、今までも独自に科学的な検証等を行っていたが、JAS 認定を取れていないような小規模な工場にとって、高付加価値化が図られることから、林産業の発展にもつながる。また、小規模でも負担にならない（が、科学的には評価できる）認定で、付加価値になるのであれば、事業者も積極的に参入するだろうし、規模に関係なく「木材は科学的な検証をして流通に乗せるものだ」という認識が根付けば、品質面で外材にも十分に対抗できる。本来、産業全体としてもガリバー企業だけではなく、規模の面で多様化していることが大切（ガリバー企業は変化に対して脆弱だが、産業は常に変化に晒されているため、様々な面で多様化していることが大切）なので、準 JAS のような認定を新設すべきである。

5) 4の裏付けとなる貴プロジェクトの研究開発成果

簡便にヤング率を計測する技術（応力波法）の応用：丸太材の高含水率時に製材のヤング率を評価する方法 縦振動法による動的ヤング率計測の実施等

【政策提言】

政策のテーマ 天然乾燥材促進のための無利子・固定資産免除

対象 (丸で囲む→)	地方の行政・議会、 国 (関係省庁： その他 ())
---------------	------------------------------------	--------

1) 政策提言

天然乾燥期間中の金利負担・土地費用がゼロとなる仕組みづくりを

2) 背景および現状の問題点

天然乾燥が、木材の品質確保およびエネルギー消費の観点から高温乾燥材よりも優れていることは明らかであるが、在庫量や金利負担の低減という観点から、多くの製材所で人工乾燥が行われている。天然乾燥に係わる費用をゼロにできれば、基本的に人工乾燥は不要となり、製材に関わるエネルギー消費を大幅に削減することができる。

3) 政策の概要

伐採費用（再植林）に対する無利子（もしくは超低利）融資制度の創設
天然乾燥場の固定資産免除。あるいは公的な天然乾燥場の整備
融資制度については、初回出荷時までの限定利用

4) 政策の実施により期待される効果

天然乾燥材の普及促進によるエネルギー消費量・CO2 排出量削減

5) 4の裏付けとなる貴プロジェクトの研究開発成果

現在の日本の木材流通における問題点については、前田拓生（2013）「「森と街」の直接連携の必要性についての考察」『高崎経済大学論集第 55 巻第 2 号』

【呼びかけ】

呼びかけのテーマ 国産木材についての性能証明を

対象 (丸で囲む→)	一般市民、 関係者 (具体的に： その他 ())
---------------	--------------------------------------

1) 呼びかけ

木材の性能をヤング率や含水率などで表示し、販売時に性能がわかるようにする。

2) 背景および現状の問題点

国産木材が外材に負けている状態になって久しいが、現状ではすでに国産木材の価格の方が外材を下回るに至っている。つまり「価格競争に敗北した」というのは誤認識である。実際には国産木材の性能が不明で、安心して使える状態になかったことが大きい。

3) 呼びかけの概要

木材市場の時点で木材の性能が表示されていれば、購入者も安心して購入できる。そのため最低限の指標として、ヤング率と含水率が表示することが望まれる。

4) 呼びかけにより期待される効果

安心して国産木材が利用されることになれば、国産木材の自給率を向上させることができる。価格競争ではなく、性能競争に入っていくために必要な第一歩として提案する。

5) 4の裏付けとなる貴プロジェクトの研究開発成果

それらのデータを取るのに本プロジェクト平成 23 年度報告書（下記※）で記載したように簡便な方法としてクリープ試験等がある。それらを活用して実現したい。

※平成 23 年度 「快適な天然素材住宅の生活と脱温暖化を「森と街」の直接連携で実現する」研究開発プロジェクト年次報告書 (p. 14)

http://www.ristex.jp/examin/env/program/pdf/120926_008.pdf

【呼びかけ】

呼びかけのテーマ 寿命、健康性能、健全生産についての住宅認証を

対象 (丸で囲む→)	一般市民、 関係者 (具体的に：)、 その他 ()
---------------	--------------------------------------

1) 呼びかけ

長寿であること、住宅の健全性、素材の生産の健全性を示すことで、付加価値の高い住宅を標準としていく。

2) 背景および現状の問題点

住宅は、日本以外のすべての先進国で価値が上がる、もしくは価値が下がらない社会資産として活用されている。ところが日本では 30 年程度で解体され、住宅価値はわずか 15 余年で失われている。このままではインスタントな即席住宅のほうが経済的になり、社会資産が形成されなくなってしまう。

3) 呼びかけの概要

価値ある住宅が経済的にも報われるようにするには、住宅認証が必須である。

4) 呼びかけにより期待される効果

住宅の性能、部材の安全性、素材生産の健全性についての評価を行い、それにしたがって評価を与える。その評価によって中古住宅販売時の価格に影響を及ぼせば、新築時の住宅評価を高くすることができる。それによって使い捨てにならない住宅建築が社会的に可能になる。

5) 4の裏付けとなる貴プロジェクトの研究開発成果

長寿で、住宅の健全性、素材の生産の健全性を示す必要性がある点に関しては、本プロジェクト平成 22 年度報告書（下記※）、及び、報告書の基になっている前田拓生（2011）「日本の既存住宅市場における問題点とその活性化に資する制度・インフラについての考察」『高崎経済大学論集第 5 4 巻第 2 号』

※平成 22 年度 「快適な天然素材住宅の生活と脱温暖化を「森と街」の直接連携で実現する」(pp. 57-70)

http://www.ristex.jp/examin/env/program/pdf/H22houkoku_tanaka.pdf