

『新たな住まい』と森林資源循環による持続可能な地域の形成

目次

はじめに	1
第1章 業界を取り巻く社会背景と課題整理	2
第2章 地域のための「新たな住まい」像の構築とその実現に向けた技術開発	6
2.1 「新たな住まい」像の構築と実現に向けた技術開発	8
2.1.1 暮らし動向と将来予測にみる住まいのあり方	8
2.1.2 地域居住に向けたエネルギー戦略と技術開発	14
2.1.3 居住環境の性能向上のための技術開発	18
2.1.4 ユーザーのための「見える化」情報システム	20
2.2 道産材を活用した住まいのための技術開発	22
2.2.1 道産材活用型住宅の現状と可能性	22
2.2.2 道産材の非構造部材としての活用	26
2.2.3 道産材の構造部材としての活用	28
2.3 地域のための「新たな住まい」の実現に向けて	32
2.3.1 「新たな住まい」の設計ガイドライン	32
2.3.2 道産材が魅える実証住宅	34
2.3.3 「きた住まいる」への反映と住宅分野での道産材の利活用・住宅エネルギーに関する目標値の提案	36
第3章 森林資源の管理技術の構築	40
3.1 用途別出材予測方法の開発	42
3.1.1 径級別出材量の予測	42
3.1.2 一般材・パルプ材別出材量の予測	46
3.1.3 衛星画像による成林率の把握手法の検討	50
3.2 持続可能な人工林資源管理方策の提案	56
3.2.1 地域レベルにおける人工林の成林状況の推定	56
3.2.2 人工林資源の持続可能な出材量の予測	60
第4章 木材加工システムの開発	74
4.1 高付加価値化を図るための製材、乾燥、加工方法の開発	76
4.1.1 カラマツ心持ち正角材（コアドライ材）の開発	76
4.1.2 プレミアム集成材の開発	86
4.1.3 道産針葉樹材を原料とした内装材の開発と評価	88
4.2 コアドライ材の選別方法並びに機械装置の開発	92
4.2.1 コアドライ材の選別方法	92
4.2.2 修正挽き装置の開発	94
第5章 北海道における住まいと森林資源循環を考慮したモデル提案	98
5.1 道産材利用がもたらす地域への効果	100
5.1.1 道産建築用材の需要量および自給率の推定	100
5.1.2 道産材自給率向上による経済波及効果	102
5.2 道産材の安定供給に向けた提案	106
5.2.1 センター構想	106
5.2.2 トレーサビリティシステムの試行検証	110
5.2.3 受発注管理システムの試行検証	112
5.2.4 在庫管理システムの開発	116
5.2.5 道産材による新たな建築用材の事業化	118
5.3 森林循環を考慮したケーススタディ	122
5.3.1 地域材利用に向けた体制づくり	122
5.3.2 マーケットイン志向による原木供給	132
第6章 総合考察	142
おわりに	150
用語集（本文中で右肩に*を付した用語の説明）	152
担当者一覧	158

はじめに

地域産業の振興には、地域の資源・技術・人材が不可欠である。

技術をよりどころに一次産業、二次産業、三次産業が連携し、地域資源の付加価値を高めながら計画的に資源を循環利用して、雇用を創出する。このことにより、地域産業の振興は確実なものとなる。

その候補として、森林資源が挙げられる。北海道には森林が554万haあり、道民550万人が一人当たり1haを所有していることになる。さらに森林資源は、戦後の積極的な植栽から60年が経過し、これまでにない蓄積量（7.7億 m^3 ）となっている。

しかし、林業の労働者数は、昨今では若干の増加傾向にはあるものの約3,600人（平成21年）にまで減少し、年齢別構成は40歳以上が74%、65歳以上が22%と高齢化にある。また、木材産業も木材価格はピーク（昭和55年頃）の1/3～1/4、木材生産量は昭和40年頃（5,000万 m^3 ）の1/2以下（2,000万 m^3 程度）と低迷を続けている。このようなことで、森林整備の行き届かない地域や木材利用が十分でない地域も見られることとなり、林業再生や森林資源の有効利用は喫緊の課題となっている。

さらに、地域における人口減少、少子・高齢化社会の進行により、いよいよ住宅需要は減少傾向が確実となっている。平成10年代半ばまで年間約120万戸であった着工数は、アベノミクスやリーマン・ショック等の好不況もあるが、年間80～100万戸の推移となっている。

しかし、住宅は購入価格が平均3,500万円にもなる人生最大の買い物と呼ばれるものであり、道民の直接的

な関心も高い。そして、道内の建築物着工により発生する投入額（平成25年）は8,896億円と道内総生産の中でも大きなものの一つである。さらに、その経済波及効果が1.9倍（国土交通省試算）、道内における就業者数が約10万人であることは、住宅産業が地域にもたらす影響力は絶大なものがあることを示している。

日本は木の文化の国と言われ、森と人間は深いつながりを持ちながら、木造住宅に愛着を持って生活してきている。こうした背景であるからこそ、林業（川上）、木材産業（川中）、住宅産業（川下）が連携したイノベーション（技術革新）は、地域産業の振興を為しうる。

戦略研究「『新たな住まい』と森林資源循環による持続可能な地域の形成」（平成22年～26年）では、北海道立総合研究機構（林業試験場、林産試験場、北方建築総合研究所、工業試験場）と関連機関が協力・連携して、持続的な森林管理・健全な森林経営、木材の利用推進・有効利用、豊かな暮らし・快適な住まいを捉えることとした。そして、森林資源を住分野に積極的に利用するための技術開発とシステム構築を行うとともに、森林資源の循環利用策を提示するなどして、持続的かつ活力ある地域産業の形成を促進させることを目指した。

本報告書は、「森林と住まいのイノベーション」にかかる研究成果をまとめたものである。その成果が、資源の有効活用、技術の向上、人材の育成等に寄与し、北海道の産業振興、地域の活性化に貢献できれば幸いである。なお、研究にあたって多くの皆様にご協力、ご支援頂いたことに対し、謹んで謝意を記す。

齋藤直人（林産試験場）

第1章 業界を取り巻く社会背景と課題整理

(1) まえがき

日本の森林面積の22%を占める北海道では、多くの地域で林業や木材産業が地域の基幹作業になっている。しかし、建築用材の道内自給率はわずか22%に過ぎず、半数は海外からの輸入に頼っており、森林資源に恵まれた土地柄であるにも関わらず、北海道で育てられた木材が地域の住宅にあまり使われていない現実がある。道産材が活用されていない背景には、川上から川下までの連携が充分ではないことが挙げられる。そしてこのことが、非効率な生産・流通体制による道産材のコスト引き上げ、住宅産業の道産材離れの要因にもなっている。道産材がもっと住宅に活用されると、林業者の収益増大をもたらす、森づくりの活性化や山村地域の活性化に繋がっていくことは明らかである。

そこで本研究では、川上（林業）、川中（木材産業）、川下（住宅産業）を一体として捉えて課題を抽出し、道産材を住宅に活用する技術とシステムを開発するとともに、明日の北海道住宅の姿を描くこととした。第2章以降において研究成果を報告する前に、本章では住宅と森林資源を巡る社会背景や現状、課題について整理し、本研究における展開、本報告書の構成について述べることにする。

(2) 住宅と資源を巡る社会背景と現状・課題

北海道でもカラマツを中心として人工林資源が成熟化し、川上の林業界では、とにかく資源を増やすという時代は終わった。今後は使い方を考えた林業ビジネスモデルを提案し、林業経営者の意欲を高めながら安定して質の高い原木を供給していく時代になる。これまでは、樹木の性質あるいは材質を理解し、用途を意識した生産目標を持った展開は少なかった。しかし今後は、需要に合わせて生産する量的供給ではなく、「こういう丸太を生産するのでこういう製材に使ってください」、その先も「こういう製材を作りますので住宅にこうして使ってください」という質的な需要に見合う供給ができないか。これまでの知見を結集すれば、2巡目の資源造成にあたってはこのような進め方ができるかもしれない。技術的にはそのような段階に近づいていると私達は期待している。

北海道のカラマツ林業は炭鉱の閉山によって行き場を失い、産業用資材や合板に漸く用途を見出した。しかし、森林所有者には用途という概念は薄く、原木価格の騰落により出材量が増減し、安定供給という意識もない。そのこと自体は個々の林家にとっては一概に悪いことではないが、利用側にとっては厄介な問題と

して捉えられており、業界紙などではたびたび不安定さが報道されている。産業用資材は有用な用途ではあるが、輸入材との競争が激しく、原料としての安さが求められる。また、それは道外への移出が多く、消耗品としての感も否めない。今後は他の材料では代替できない需要を開拓していくことが求められている。

一方、住宅建築を取り巻く状況は、消費者の意識変化やそれを受けた「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の施行もあって変化し、経営戦略が問われるようになった。住宅の性能は、材料のプレカット*化による高精度化、冷暖房効率を高めるための高气密化が進み、それまで強度さえ満たせば良かった構造用製材にも高い精度とくるい（ねじれ、曲り）や割れが発生しない性能が求められるようになった。そこで急速に浸透したのが輸入製材だった。

川中の木材産業界は、利益を追求するあまり安い材料を求め続け、結果原料は安い輸入材へと大きく傾いてしまった。そこには地元の資源を循環的に有効に使っていきこうという余裕はなく、地域への貢献度も考慮されてはいない。ヨーロッパや北米から乾燥され船積みされてくる製材は、船内で程よく養生され安定した性能を持ち、しかもこれまでの強い円を背景に低コストで輸入されてきた。一方道産材に関しては、乾燥の重要性は理解されても、含水率の調整は燃料代に直結し、養生期間は資金回収の長期化を意味するため、経営上の事情からしっかりとした取組がなされずにきた。その結果、道産材は住宅産業界からの信用を失うこととなった。輸入材とのコスト競争に巻き込まれ、消耗戦を強いられたことが反省点であった。

川下の住宅産業界では、消費者に訴求する木材の品質や加工の精度について高い興味を持っていたものの原木の産地などには関心が低く、業界としては地域経済への貢献といったことはあまり考慮されてこなかった。今後は消費者の嗜好にどう応えるか、また地域にどう貢献していくかという観点で北海道らしい住まいのあり方や、居住環境、資源背景までもを配慮した住宅供給のあり方を検討するときではないだろうか。

住宅に関連する産業は、林業から住宅設備までを含めた広い裾野を持ちながら連携して発展する道を歩めなかった。これには自動車産業のようなリーダーが不在だったということもあるが、「これだ」という決定的な魅力を持った製品を提案できなかったことも要因であろう。住宅着工数は今後も減少し、もはや作れば売れる時代ではなくなっている。そこでは差別化や顧客満足度など建築物としての性能以外の要素も求められ、その変化に対応していくことが求められる。

道総研の前身である道立の試験研究機関は、それぞ

れの分野で研究・開発を進めるとともに、互いの成果について情報を交換してきたが、産業間のつながりを意識した連携は取れていなかった。平成22(2010)年、22の機関がまとまって道総研となり、より強い連携のもとに総合的な研究を進めるというコンセプトの「戦略研究」制度がスタートした。私達はこれを好機と捉え、これまで欠けていた視点を相互に補い、イノベーションによって活気を失いつつある道内の産業に成果を還元できるのでないかと考えた。住宅の建設が施主の希望を満たすのみならず、地域の経済に貢献し、地域の資源再生産にまで関わって大きな循環を創り出せば多くの道民に豊かさをもたらすと発想した。

以上のことから本研究は、木材生産を行う川上から、高性能で付加価値の高い建築用材を加工する川中へ、そして地場で住宅建築に利用する川下へと資源を効率よく受け渡し、そこから生まれる利益を川上へ還元して再生産可能な木材資源を循環的に利用するモデルを示し、実現していくことを目的とした。カラマツの**心持ち正角材***(**コアドライ***材)の製造技術の開発を中核に据え、そこから活路を見いだすべく各分野の課題を設定し、5年間の研究に取り組むこととした。

(3) 川上から川中、川下へー各分野の課題と展開ー

1) 川上(林業)の課題と展開

①森林資源の持続性と供給力

道内の主要造林樹種であるカラマツは、適度な強度があつて成長も早いという特徴を持ち、資源的にも相当な量が蓄積されている。しかし、いかに優れた資源であっても一過性であればいずれ枯渇してしまうので、新しい製品開発を行っても無駄になってしまう可能性がある。それでは使い手である川中側の信頼が得られない。そこで、資源の持続性と供給力を確認する必要があり、またその前提として資源の将来を推定する理論(技術)が必要である。これまでに造成された資源をスタートとして、将来どの程度の供給力が期待できるのか。その推定には、資源の現状把握が求められるが、現地での把握が万全かという点必ずしも精度が高いわけではない。とりわけ林業活動が盛んとは言えない地域では、現地に人が入ることも少なく、市町村森林整備計画・森林経営計画の立案やその元となる森林簿のデータ更新にも支障が生じかねない。そこである程度の資源把握や計画立案支援をめざして、**リモートセンシング技術***の応用も考えられる。

以上のことから本研究では、道内の主要造林樹種であるカラマツ、トドマツについて、地域別の資源推移を把握し、資源管理を推進するためのツールを開発、

提案した。資源の供給力は、質的な変化も考慮した推定ができるように配慮した。また、そのツールを利用したモデルを構築して、将来の資源を予測し、安定供給可能な資源の量と姿を示した。この他、将来を見据えた取り組みとして、資源予測におけるリモートセンシング技術の適用可能性について検討した。これらの内容は**3.1 用途別出材予測方法の開発**、**3.2 持続可能な人工林資源管理方策の提案**で報告する。

②マーケットイン志向による原木供給

資源があつても条件が悪くコスト高であれば使えない。製品市場をにらんで条件の良いところから最善の方法で原料を出荷するなどしなければ競争力は生まれないのではないかと。また、欲しいときに市場になく、購入できないという「製品へのアクセス」の問題が林業界では疎かにされてきた嫌がある。需要に敏感に応え、顧客をとらえていくような「商売」の仕方が定着してはいないし、可能性の検討もあまり行われてこなかった。これらの点も検討の余地がある。

そこで、原木を川中が使いやすいように供給することを目的として、コスト低減と林業界では新しい概念とも言える**リードタイム***短縮を考慮した素材生産を試行し、新しいビジネスモデルの検討を行った。この内容は**5.3 森林循環を考慮したケーススタディ**で報告する。

2) 川中(木材産業)の課題と展開

①高品質製品を生み出す乾燥技術の開発

住宅施工や部材は「進化」してきている。例えば、今でこそ一般住宅の**構造材***として当たり前となった集成材は1980年頃ごろから導入され、施工を容易にするためのプレカット加工は1990年頃、**金物工法***は2000年頃から採用されている。また昨今では、**CLT***の導入に向けた取り組みが活気づいており、住宅部材としては工業製品の感覚で、安心、気軽に使用できる製品に対するニーズが高い。

道産材は、**輸送資材***、**2×4材***、**羽柄材***として盛んに利用されているが、カラマツ製材が建築用材として出荷される割合は数パーセント程度である。そこで、低コストの輸入乾燥材に対抗し、道産材の住宅向け需要を喚起するためには、付加価値の高い製品を開発し、それに見合った価格で提供する価値戦略を図る必要がある。

カラマツ材は、くると割れが出やすく、建築用材としては品質が不安定と認識されており、使用が敬遠される状況にある。くると割れの発生は、未熟な乾燥技術に起因しており、克服すべき技術的課題であるが、これを克服し、含水率をしっかりと落して通直で割れにくい製品ができれば、良質で価値の高い建築用

材としての道が拓ける可能性がある。

そこで本研究では、カラマツの心持ち正角材を住宅の**管柱***用に製造することを目的として、水分を適切に制御してくるいや割れを抑制する乾燥技術を開発した。また合わせて、この技術の展開力を高めるための関連技術（乾燥後の割れの認識技術、選別方法、ねじれの修正方法）も検討した。これらの内容は**4.1 高付加価値化を図るための製材、乾燥、加工方法の開発、4.2 コアドライ材の選別方法並びに機械装置の開発**で報告する。

②川上への利益還元を目指して

枝打ちや間伐は、原木の価値を高める上で重要な作業である。枝打ちは、材面における節の量の制御を可能にする。また間伐は、原木の成長を制御する役割がある。加えて、原木強度の向上にも寄与する可能性が示めされており¹⁾、「強度向上による需要・用途の開拓」という間伐の新たな動機にもなると期待される。

一方、現実には、費用の回収が困難なこともあり、作業が行われない山林も多々存在する。枝打ち、間伐などの苦勞が実るよう、また林業の再生、森林資源の循環を目指し、川上への利益還元を可能とする製品の開発を行う。これにより、木材の生産者に対して、適正な枝打ちや間伐をすることで原木用途が広がり、高付加価値な住宅向けの建築用材にもなることを示す必要がある。

そこで本研究では、強度を活かした製品開発として、カラマツ原木の**成熟材***部から強度の高い**ラミナ***を選択的に採材し、これまでにない高強度な集成材を開発した。また、節の量が制御された材の活用法として、内装材としての展開を前提に、節の量と見た目の好ましさを関連性を調査するなどして、内装材製造における技術的要点を整理した。これらの内容は**4.1 高付加価値化を図るための製材、乾燥、加工方法の開発**で報告する。

③道産材の安定供給

製品が市場から信頼されるためには、リーズナブルに、安定して、迅速に供給される必要がある。道外では、地域の木材（スギやヒノキ）が木材市場などを通して供給され、地域材として存在感を示している。しかし、北海道にはその市場がないなど、森林と住宅を結ぶネットワークが乏しい。必要なときに、必要なものが、必要なだけ入手できないことも多く、折角の商機が失われることも多い。需給間での確な情報共有が図られるような仕組みづくりや、円滑な**物流***体制を構築することが求められている。

そこで、木材製品を確実に流通させるため物流拠点の構築、**IT***を活用した**サプライチェーン***の構築を目

的とする各種システム（**トレーサビリティシステム***、**受発注管理システム**、**在庫管理システム**）の検討を行った。また、これらの成果を生かした地域ビジネスモデルとして、高品質カラマツ乾燥材（コアドライ材）の生産事業について、栗山町の事業モデルで示した。これらの内容は、**5.2 道産材の安定供給に向けた提案**で報告する。

3) 川下（住宅産業）の課題と展開

①北海道らしいこれからの住まいのために

北海道の住宅は、明治の開拓以来、持ち込まれた本州の住文化、住宅様式を始発点に、積雪寒冷の気候風土と二度のオイルショックに対応すべく住宅技術を変革させて、短期間に進化を遂げてきた。

近年は、少子・高齢化の進行などにより、家族、世帯の状況が大きく変化するなど、住まいに求められるニーズが大きく変化してきていることから、様々な暮らしのニーズに対応した「新たな住まい」のあり方や、それを実現していくための技術開発・設計手法に関する検討を行う必要がある。

そこで本研究では、「新たな住まい」像の構築に向けて、将来的な世代構成の変化に対応した住宅について検討を行うとともに、エネルギー消費量の地域格差は正の検討に向けてエネルギー消費量の地域性を分析した。また、北海道の木造住宅に求められる居住環境性能について、その向上技術を開発するとともに、住まいに求められる多様なニーズに対応し、安心して良質な住まいを取得できるようにするためのわかりやすい表示手法を検討した。これらの内容は**2.1 「新たな住まい」像の構築と実現に向けた技術開発**で報告する。

②「地域のための新たな住まい」の構築

北海道には豊富な森林資源があるにもかかわらず、産業分野間の繋がりが必ずしも強固ではなく、北海道の住宅に北海道の木材が十分に活用されていないという現状がある。これまで培ってきた技術をベースに道産材の有効活用による資源循環と地域経済の活性化を目指した「地域のための新たな住まい」の構築が求められる。

そこで、「新たな住まい」像に道産材を活用する方法として、道産材を活用した住宅のモデルプランの設計や本研究で開発が進められたカラマツ心持ち正角材（コアドライ材）の住宅への適用性について確認した。また、住宅に用いられる非構造部材の中で、外装材、窓、床材に着目した森林資源の適用及び木質建材の開発の方向性を検討した。さらに、道産材の構造材としての活用に向けて、原木の取引価格が最も高値である道産構造用合板・厚物合板を木造住宅へ構造部材として活用・普及するための情報整備・技術開発を行った。

「新たな住まい」像の構築へ向けた検討とそれを実現するための技術開発を通じて、『地域のための「新たな住まい」』の設計ガイドラインを取り纏めるとともに、道産材が魅える実証住宅の建設、新しい北方型住宅*制度「きた住まいる」へ成果反映を目指した。

以上の内容は2.2 道産材を活用した住まいのための技術開発、2.3 地域のための「新たな住まい」の実現に向けてで報告する。

③地域における展開の検討

木材の地産地消は多くの利点があり、そのための技術的な課題も徐々にではあるが解決されてきた。それでも地域で森林循環を考慮した住宅建築に取り組みうとすると現実には多くのハードルがあり、これまでも散発的には取り組まれているが定着してはいない。

そこで、道産材の地産地消が地域にもたらす経済波及効果について推定し、その意義を明らかにした。この内容は5.1 道産材利用がもたらす地域への効果で報告する。

また、地域材の住宅での活用をスムーズにするための環境整備、モデルの構築について、十勝管内の取り組みに参画して検討した。この内容は5.3 森林循環を考慮したケーススタディで報告する。

(4) 本報告書の構成

本書は、まず、北海道の住まいがどのように変わるのかという姿を示し、次に、住宅が供給されるまでの過程を追いながら研究成果を記す構成となっている。

第2章 地域のための「新たな住まい」像の構築とその実現に向けた技術開発

今後の北海道の住まいのあり方や、道産材を活用するための技術的な解決策を示すとともに、それらの成果を『地域のための「新たな住まい」』の設計ガイドライン案としてとりまとめた。

第3章 森林資源の管理技術の構築

原料を供給する森林・林業分野について扱い、現状を踏まえた将来の資源予測に関して、分析手法の開発から始め、実際の適用まで行って示した。

第4章 木材加工システムの開発

森林から生産された木材をいかに付加価値の高い製品に加工するか、構造材から内装材まで、建築サイドからの性能要求と消費者の嗜好を両立しつつ地元の資源を活かして供給する技術的な解決法を示した。また、特に生産が困難とされてきたカラマツ心持ち正角材（コアドライ材）については選別方法に加えて乾燥後にねじれを修正する機械装置を新たに開発し要求される性能を満たす加工工程を示した。

第5章 北海道における住まいと森林資源循環を考慮したモデル提案

提案してきた住宅を実際に道内で建設することによる地域のメリットと、その際に重要となる条件を整理し、その解決に向けた流通管理や地域の協力体制等をビジネスモデルとして示した。

第6章 総合考察

研究内容全般について考察を行うとともに、今後の展望を記した。

以上が本編であるが、最後に用語集を設け、本文中で右肩に*を付した用語について解説した。必要に応じてご参照願いたい。

(5) 引用文献等

[1]安久津久ほか. “カラマツ人工林の丸太の評価額における強度間伐の有効性”. 木材学会誌. 58. 249-259 (2012)

新田紀敏（森林研究本部）
斎藤直人（林産試験場）
鈴木大隆（北方建築総合研究所）

第2章 地域のための「新たな住まい」像の構築とその実現に向けた技術開発

(1) まえがき

北海道の住宅産業では、北国の気候風土に適した質の高い住まいづくりを目指し、昭和63年度から「**北方型住宅***」の開発、普及が図られてきた。これによって、道内には国内トップクラスの省エネ・耐久技術が育まれ、道内の住宅品質は大きく向上してきた。

その一方で、近年では、少子・高齢化の進行などにより、家族、世帯の状況が大きく変化するなど、住まいに求められるニーズも時代とともに大きく変化してきている。

北海道には、豊富な森林資源があるにもかかわらず、北海道における「森林」と「住まい」は、産業分野間の繋がりが必ずしも緊密ではなく、北海道の住宅には北海道の木材が十分に活用されていないという現状もある。

これからの住まいに求められる様々な暮らしのニーズに対応しつつ、これまで培ってきた技術をベースに道産材の有効活用による資源循環と地域経済の活性化を目指した「地域のための新たな住まい」の構築が求められる。

(2) 本章の構成

本章は、森林資源循環、環境負荷低減、地域産業振興等の住宅に対する様々な要求に応える多様な住まいのあり方や、それを実現していくための技術開発・設計手法に関する検討内容を報告するものであり、3節10項により構成されている。

2.1 「新たな住まい」像の構築と実現に向けた技術開発

「新たな住まい」像の構築に向けて下記の取組みを行った。

2.1.1 暮らし動向と将来予測にみる住まいのあり方

人口や世帯数の将来予測や住宅ニーズ調査などから、将来的な世代構成の変化に対応した住宅について検討し、道内の着工数の予測、住まい・住まい方を提案するとともに、住宅における道産材の使用促進方策案を提示した。

2.1.2 地域居住に向けたエネルギー戦略と技術開発

地域居住に向けたエネルギー消費量の地域格差を是正するエネルギー戦略を検討するためにエネルギー消費量の地域性を分析するとともに、断熱性能の目標設定とエネルギーコストを平準化するための技術開発を

行った。

2.1.3 居住環境の性能向上のための技術開発

北海道の住宅に求められる居住環境性能に関する項目の中で、温熱（床下暖房、開口部）、音（乾式遮音二重床）、光（室内の明るさ評価手法）に着目し、地場産材を使った新しい建材や工法の開発につながる居住環境性能向上技術の開発を行った。

2.1.4 ユーザーのための「見える化」情報システム

住まいに求められる多様なニーズに対応して安心して良質な住まいを取得するためのわかりやすい表示手法を検討し、“環境負荷低減・省エネルギー”“室内環境”“地場産材”の項目の評価指標、表示方法案を示した。

2.2 道産材を活用した住まいのための技術開発

「新たな住まい」像に道産材を活用する方法を提案することを目的に下記の取組みを行った。

2.2.1 道産材活用型住宅の現状と可能性

道産材を活用した住宅のモデルプランの設計等を行うことによって住宅1棟当たりの木材使用量の目安を提示した。また、本戦略研究で開発が進められたカラマツ心持ち正角材を用いた実験棟を建設し、林産試験場と共同で築後2年間の経過観察を行うことで、住宅への適用性を検証した。

2.2.2 道産材の非構造部材としての活用

住宅に用いられる非構造部材の中で、外装材、窓、床材に着目し、森林資源の適用及び木質建材の開発の方向性について考察を行うことによって、従来の住宅建材から木質系建材へ置き換えた際の技術的課題を示した。

2.2.3 道産材の構造部材としての活用

道産カラマツ・トドマツ合板について、各種構造設計法を用いての自由度の高い設計を行う際に必要となる釘接合部、水平構面（勾配屋根）に関する実験データを整備した。また、道産構造材の自給率向上に向けて、高強度単板の選別によって高性能な合板が製造できる可能性を示した。

2.3 地域のための「新たな住まい」の実現に向けて

本章の最後には、2.1、2.2の検討結果をとりまとめた『地域のための「新たな住まい」』の設計ガイドライン案を提示するとともに、本研究の一部が反映された実証住宅および住宅施策を紹介する。

2.3.1 「新たな住まい」の設計ガイドライン

本章で取り組んだ森林資源循環、環境負荷低減、地域産業振興等の様々な要求に応える住まいのあり方や、それを実現するための技術開発・設計手法に関する検

討結果を加えた『地域のための「新たな住まい」』の設計ガイドライン案を提案した。

2.3.2 道産材が魅える実証住宅

カラマツ心持ち正角材等の本研究の成果の一部が反映された道産材が魅える実証住宅を建設し、構造見学会および内覧会を行った。本項では、実証住宅の概要および構造見学会・内覧会時のアンケート結果を紹介する。

2.3.3 「きた住まいる」への反映と住宅分野での道産材の利活用・住宅エネルギーに関する目標値の提案

新しい北方型住宅制度「きた住まいる」の制度設計に参画し、今後の住宅建築における道産材使用目標値、住宅の外皮性能等の目標値、地域居住に向けたエネルギー消費量の地域格差を是正するための手法を提案した。

鈴木大隆（北方建築総合研究所）

2.1 「新たな住まい」像の構築と実現に向けた技術開発

2.1.1 暮らし動向と将来予測にみる住まいのあり方

(1) 住宅需要の動向と将来予測

1) 人口・世帯の動向と将来予測

①人口動向と将来予測

北海道の人口は、1995年をピークに減少傾向にある。2010年時点で551万人であるが、国立社会保障人口問題研究所(以下、社人研)将来推計では2040年には419万人に減少すると予測されている。地域別では特に日本海側や空知の旧産炭地、上川や十勝の山間地などでその傾向が激しくなると予測されている。ピークの1995年に対する2040年の人口は73.6%となる。一方、札幌市においては、2015年まで増加し、その後、減少すると予測されている(図2-1-1-1)。

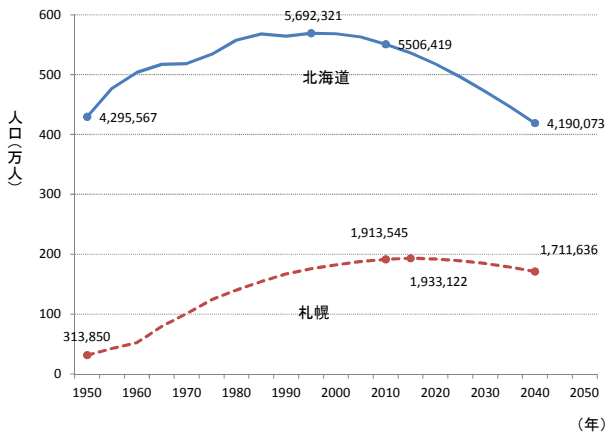


図2-1-1-1 人口動向と将来予測
(国勢調査および社人研データより作成)

②高齢化の動向と将来予測

北海道の高齢者数は、1980年代から急速に増加し、2010年には136万人に上る。その後、ほぼ横ばいで2040年に170万人台となると予測されている。一方札幌市では、2010年に39万人であるのに対し、今後も増加を続け、2040年には68万人になると予測されている。高齢化率では、北海道全体、札幌ともに2040年には40%となり、2.5人に1人が高齢者となる(図2-1-1-2)。

③世帯の動向

世帯数は2010年に242万世帯であり、2015年には243万世帯となり、その後減少し2035年には230万人になると予測されている(図2-1-1-3)。

世帯類型別の割合をみると、2030年には単身世帯が39%、夫婦のみの世帯が24%を占めると予測されている。今後も世帯の少人数化が進むことが読み取れる(図2-1-1-4)。

④住宅ストックの動向

北海道の住宅ストックは、2013年で持ち家136万戸、借家95万戸ある。その面積をみると、持ち家121.3㎡、借家53.8㎡でありいずれも増加傾向にあるが、人口減少の傾向や世帯人数の減少からみても、今後は面積の小さい住宅の供給が求められる(表2-1-1-1)。

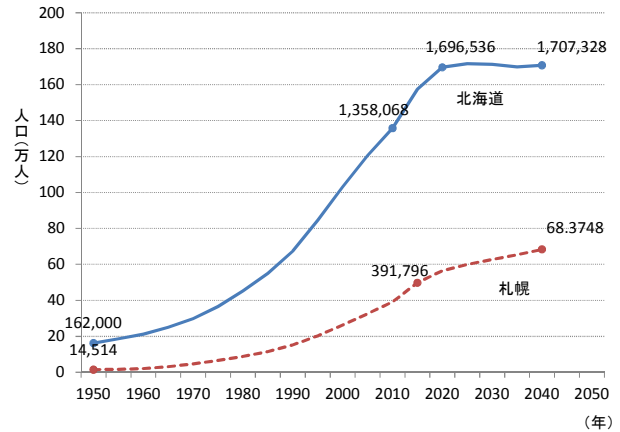


図2-1-1-2 高齢者数
(国勢調査および社人研データより作成)

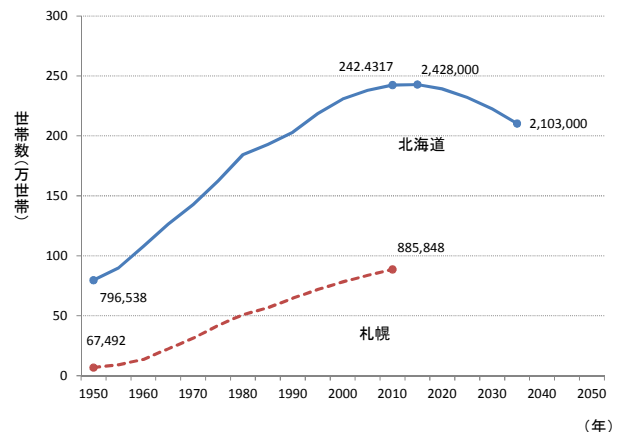


図2-1-1-3 世帯数
(国勢調査および社人研データより作成)

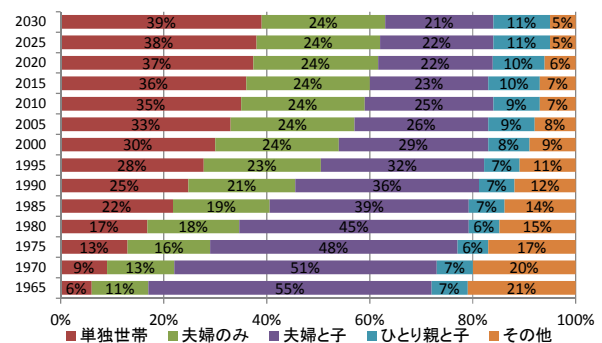


図2-1-1-4 世帯構成の変化
(国勢調査および社人研データより作成)

表 2-1-1-1 北海道の住宅ストック

	持ち家	借家
戸数	136 万戸 (58%)	95 万戸 (40%)
面積	121.3m ²	53.8m ²

2) 価値観と住宅ニーズ

ここでは、住宅ニーズについて、インターネットリサーチ(2011年実施)により、道内に居住し、今後住替えを考える2000人から回答を得た結果から以下に記す(図2-1-1-5)。

生活の中で大事にする価値観を把握するために、想定される項目ごとにお金をかける度合いの意向を質問した結果、「将来への備え」や「健康づくり」にお金を使いたいと考えており、「家具やインテリア」「住宅」に対してはなるべくお金をかけたくないと考えていることが明らかとなった。

また、今後住替える住まいとして「持ち家」を選択した人に中古住宅を選択することを聞いた結果、「新築でなければダメ」が48.7%で、リフォームの有無などの違いはあるが「中古住宅でもよい」51.3%あることがわかった。このことから、今後、中古住宅市場が活性化することが予想される(図2-1-1-6)。

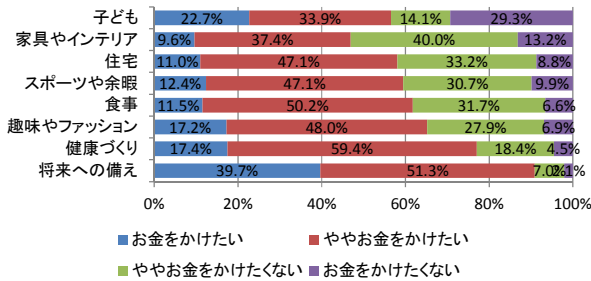


図 2-1-1-5 生活の中でお金をかける度合い意向

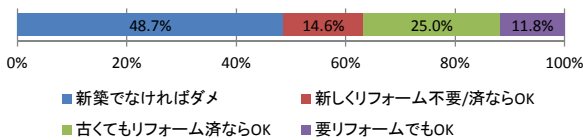


図 2-1-1-6 中古住宅の選択意向

3) 木造住宅の着工戸数の将来予測

木造持家の着工数について、社人研が算定している都道府県別の世帯主年齢別将来世帯数(図2-1-1-7)に、住宅土地統計調査からの世帯主年齢別新築住宅取得率(図2-1-1-8)をかけ、さらに中古住宅流通率の上昇を加味して求めた。世帯主年齢別新築住宅取得率は、札幌市と他の市町村で大きく異なっているため、別々に

算出した(図2-1-1-8)。中古住宅流通率は1999年から2003年ではほぼ変わらず6000戸台であるが、その期間に新築住宅着工戸数が落ち込んでいるため、中古住宅流通率は21%から29%まで上昇している(図2-1-1-9)。今後平成以降に新築された比較的耐久性が高い住宅の全ストックに対する割合が上昇することなどにより中古住宅流通割合も上昇すると考えられる。そのため、中古住宅流通率が40%と50%になる場合を仮定した。

木造賃貸住宅の着工数は、持家と同じく世帯主年齢別将来世帯数(図2-1-1-7)を基に、世帯主年齢別木造賃貸住宅世帯割合(図2-1-1-10)が将来も一定と仮定し、将来木造賃貸住宅世帯数を求め、将来世帯数に対する新築着工率推移(図2-1-1-11)から類推した。

以上より木造の持ち家と借家の着工戸数は、北海道全体で、2015年に約20000戸であったものが、2030年には、世帯要因のみで約12900戸、中古住宅流通率40%の場合で約11600戸、同50%の場合で約9900戸になると予測される(図2-1-1-12)。また、道内6圏域別の着工戸数の割合(中古住宅流通率50%)は、各圏域で大きな違いがなく推移すると予測される(図2-1-1-13)。

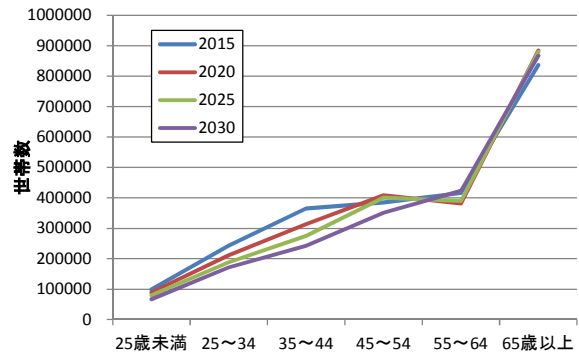


図 2-1-1-7 世帯主年齢別将来世帯数(全道)

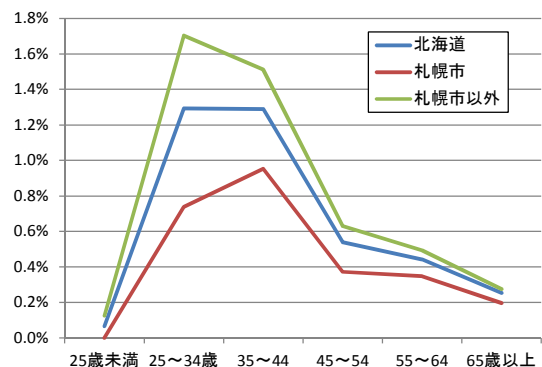


図 2-1-1-8 世帯主年齢別新築住宅取得率

2 地域のための「新たな住まい」像の構築とその実現に向けた技術開発

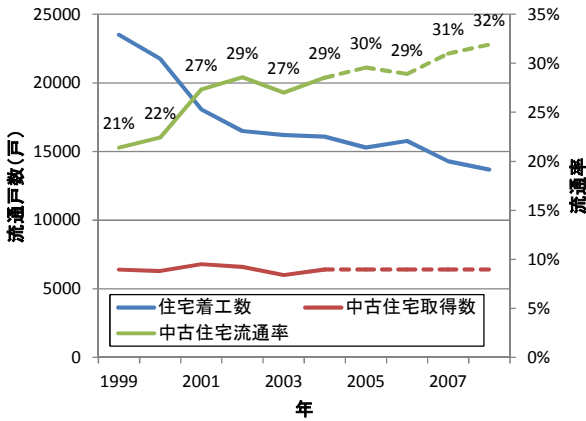


図 2-1-1-9 中古住宅流通率の推移と予測

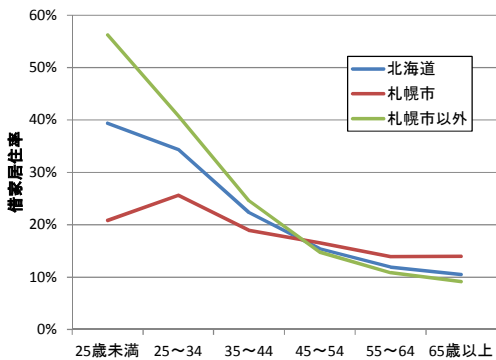


図 2-1-1-10 世帯主年齢別木造共同・長屋建て居住率

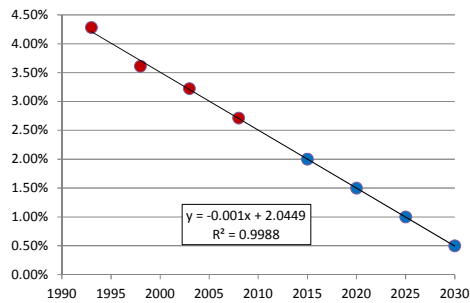


図 2-1-1-11 木造将来世帯数に対する新築着工率推移と予測

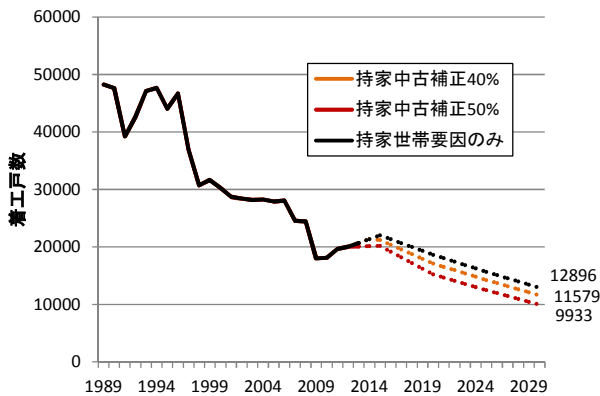


図 2-1-1-12 木造住宅着工戸数の推移と将来予測

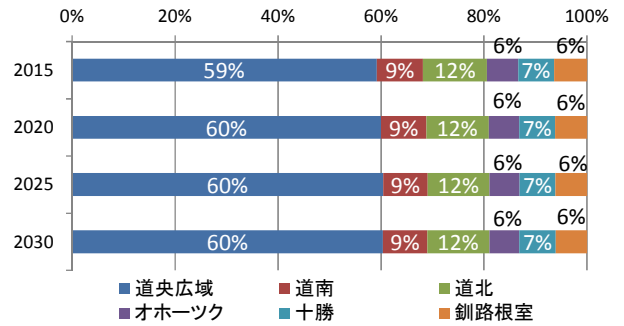


図 2-1-1-13 圏域別木造着工数割合の将来予測

これは人口の減少が比較的小さい札幌を含む道央広域圏で新築の取得率が低く、また木造借家の着工戸数が減少し、他の地域では減少率は大きいものの、新築率が比較的高く、木造借家居住割合が低いいため、木造借家の新築数減少の影響が少ないためと考えられる。

(2) 住まい・住まい方の将来像の提案

北海道における人々の生活は、今後どのように変化するのだろうか。日本建築学会北海道支部に委託し、有識者らとともに30年後の北海道の住まい・住まい方について提案した。ここでは、過去のデータの積み上げによる予測（フォアキャスト）ではなく、バックキャストとして、まず理想の将来像を描き、そのために取るべき対策を検討した。

1) 3つの視点

本提言は、次の3つを柱としている。一つ目は、「<ライフスタイル>ライフスタイルを表す住まいー持続可能な生業と暮らしの実現」である。これまで住まいの決定要素であった家族形態や収入であるが、将来は婚姻関係にとどまらない新たな家族が定着化する。さらに、定年という区切りが無く、個人の能力や志向に応じた住まいや暮らしの選択が可能となる。

二つ目は、「<マネジメント>成熟する地域ー多様な世帯を許容する循環型居住*の実現」である。多様なライフスタイルを許容する住まいとして、指向性や価値観、生活感を反映した選択性をもつことを理想とする。それぞれの住まいが地域の位置構成要素として機能し、地域の「社会資産」として住み継がれることで地域全体の質が向上し熟成すると考える。

三つ目は、「<ミリュー*>外へ開く住まいー北方型向こう三軒両隣の実現」である。社会資産としての住宅を目指すために地域に開放することをさす。例えば、自家用車をシェアすることにより不要になったガレージで地域の情報やものを交換するマルシェ*を行ったり、世帯人数が減って使われなくなった個室を地域に開くことで、絶品のコーヒーが飲める家、子どもが安

心して遊べる家などが生まれ、個々の生活が単独の住戸では完結せず、共用する空間や近隣も含めて成立する。

2) 将来像の提言

上述のような視点をもとに右図の将来像を提案した(図 2-1-1-14)。そのためのプロセスとして、大きな住宅に合築や増築、小さな住宅に減築、リノベーション*をすることが生じる。また、末永くメンテナンスしていくことも求められる。その際には、道産材を活用して行くことを合わせて提言した。

(3) 住宅における道産材の利用促進方策

ここでは、カラマツなど道産木材の利用促進を図るための方策として、地方自治体の住宅関連施策の活用と新たな暮らしを実現する空間づくりとして、既存住宅にも活用できる木製屋外空間で道産材を使用することにより、需要拡大を図るシナリオを提案する。

1) 地方自治体の住宅関連施策の活用

道内の地方自治体では、定住促進などを目的にさまざまな住宅関連施策が実施されていることから、道内全市町村を対象に住宅施策に関するアンケート調査(回答数：134 市町村、回答率：75%、平成 24 年実施)から実態を把握し、住宅施策による道産材の利用促進を検討する。

①道内自治体の新築戸建住宅取得支援実態

道内市町村では、主に移住・定住促進のために新築戸建住宅取得に対する支援策を実施しており、以下にその概要を記す。

- 土地の無償譲渡・賃貸を行った市町村は 6 町 97 区画である(表 2-1-1-2)。
- 新築住宅の建設支援は助成金商品券など 65 市町村で実施。この内、省エネなど性能要件を有するのは 6、地場産材利用が要件となっているものが 6、地元建設業者利用の優遇措置が有るのが 35 市町村(表 2-1-1-3)。助成金額は 100 万円未満が 34、100 万円以上が 24 市町村(表 2-1-1-4)。助成実績としては、50 戸以上が 58 市町村である(表 2-1-1-5)。
- 新築支援の実績は、道内で 4042 戸である(表 2-1-1-6)。

以上から、既に市町村が実施している土地や新築への支援策で地場産材利用を要件化することで、道産材の利用促進を図ることができる。

②賃貸住宅の建設支援実態

道内市町村の中には、若年者等の定住促進のためなどに民間賃貸住宅の建設を支援する施策を行っている。以下にその概要を記す。

- 民間賃貸住宅の建設支援を行っているのは 28 市町村で、支援により建設された住宅は 237 棟、1053 戸で

ある(表 2-1-1-7)。

- 支援方法は建設費の補助が多く 25 市町村で実施されている(表 2-1-1-7)。



図 2-1-1-14 住まい・住まい方の将来像

- ・建設費補助等の支援の要件として、家賃の上限を設定しているのが12市町村、省エネなどの性能基準を設定しているのが2市町村である。

以上から、既に市町村が実施している民間賃貸住宅の建設支援策で地場産材利用を要件化することで道産材の利用促進を図ることができる。

表 2-1-1-2

土地の無償譲渡・
賃貸実施市町村

市町村名	区画数	実績区画数
黒松内町	3	3
比布町	26	25
標津町	27	20
浜頓別町	12	8
平取町	27	27
蘭越町	16	14
計	111	97

表 2-1-1-3

住宅取得助成方法

支援方法	件数	性能要件有	地場産材利用有	地元業者優遇措置有
助成金	53	6	6	35
商品券	5			
低利融資	5			
利子補給	2			
計	65	6	6	35

表 2-1-1-4

住宅取得助成額別
市町村数

助成額	市町村数
50万円未満	18
50～100万円	16
100～150万円	6
150～200万円	11
200万円以上	7

表 2-1-1-5

住宅取得助成実績別
市町村数

助成戸数	市町村数
20戸以下	26
21～50戸	42
51～100戸	52
101戸以上	6

表 2-1-1-6 新築の支援実績(上位40位)

実績戸数：4042戸，平均1766戸/年

順位	市町村名	実績	順位	市町村名	実績	順位	市町村名	実績
1	苫小牧市	1697	15	南富良野町	57	29	白糠町	27
2	北見市	305	16	幌加内町	56	30	猿払村	27
3	鹿追町	213	17	豊富町	49	31	当麻町	24
4	砂川市	191	18	釧路市	49	32	比布町	21
5	東川町	109	19	蘭越町	47	33	北童町	19
6	帯広市	104	20	札幌市	44	34	音威子府村	16
7	中札内村	80	21	豊浦町	43	35	新ひだか町	14
8	京極町	75	22	西興部村	42	36	雄武町	14
9	沼田町	74	23	更別村	40	37	上土幌町	13
10	深川市	71	24	根室市	39	38	せたな町	13
11	乙部町	67	25	今金町	36	39	美幌町	13
12	幕別町	63	26	中頓別町	33	40	森町	12
13	別海町	62	27	紋別市	32			
14	泊村	59	28	湧別町	32			

表 2-1-1-7 民間賃貸住宅建設支援実態

項目	件数	支援方法	市町村数
実施市町村	28市町村	建設費補助	25
棟数	237棟	土地の無償貸与+建設費補助	1
戸数	1053戸	固定資産税減免	1
家賃上限設定有り	12市町村	固定資産税分の補助	1
性能要件有り	2市町村		

2) 木造公営住宅建設実態

ここでは、木造市町村営住宅について、平成20年度からの建設戸数及び、市町村が策定する公営住宅長寿命化計画等で計画されている今後の建設予定戸数を全市町村に対するアンケート調査から把握する(回答市町村数134,回収率75%)。以下にその概要を記す。

- ・木造公営住宅建設戸数は年間300戸弱から400戸程度で推移、市町村が建設する公営住宅の半数近くを占める(図2-1-1-15)。
 - ・公住建設で道産材の積極活用を指導しているのは46市町村37%。主に発注時に道産材使用の義務づけや、特記仕様書で使用を推奨している(表2-1-1-8,9)。
 - ・道産材の伐採地・製材地では道内伐採・製材が最も多く32市町村である(表2-1-1-10)。
 - ・使用部位は材積の大きい構造材が最も多い(表2-1-1-11)。
 - ・活用されている道産材の樹種はエゾマツ・トドマツ、カラマツが多い(表2-1-1-12)。
- 以上から、木造公営住宅で、道産材の利用を要件化することで、道産材の利用促進を図ることができる。

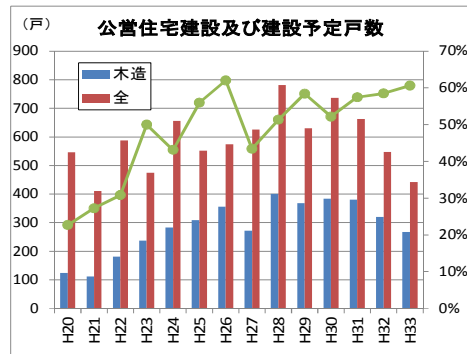


図 2-1-1-15 道内市町村の木造公営住宅の建設戸数

表 2-1-1-8

公営住宅における
道産材活用の指導

項目	市町村数
指導している	46
指導していない	21
木造公住がない	55
不明	2
計	124

表 2-1-1-9

公営住宅における道産材
活用の指導方法

項目	市町村数
発注時に使用を義務付け	25
道産材の利用業者を指名	1
特記仕様書で推奨	15
不明	5
計	46

表 2-1-1-10 道産材の伐採・製材場所

	製材場所				
	道内	振興局内	近隣自治体	自自治体	不明
伐採場所	32	-	-	-	-
道内	-	3	-	-	-
振興局内	-	-	4	-	-
近隣自治体	-	-	-	7	-
自自治体	12	-	-	-	-
不明	-	-	-	-	-

表 2-1-1-11 道産材の活用部位

構造材	外装材	内装材	その他	把握していない
44	17	19	9	1

表 2-1-1-12 道産材の樹種

エゾマツ・トドマツ	カラマツ	その他	不明
31	25	5	9

3) 既存住宅にも活用できる木製屋外空間の提案

前項で提示した新たな暮らしにおいて「外に開く暮らし」を具現化する木製屋外空間を提案する。

木製屋外空間として、除雪負担を軽減するカーポートとアプローチの屋内化や物置、外の居間としてウッドデッキとプライバシーを確保する部分塀の組み合わせを提案する(図 2-1-1-16 および図 2-1-1-17)。この案での木材の材積は、構造材:3.6m³、羽柄材:2.2m³、計:5.8m³で、材料、工事費の合計は基礎工事等を含め300万円程度である。

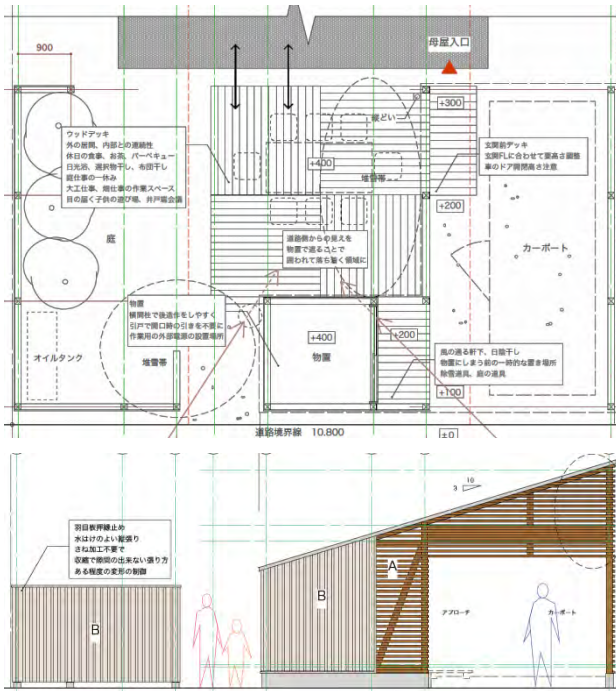


図 2-1-1-16 木製屋外空間のイメージ図



図 2-1-1-17 木製屋外空間のイメージ写真

4) 道産木材の活用推進シナリオ例の提示

前述から道産木材の活用推進のための5つのシナリオについて、方策毎に仮定条件とそれによる道産材の材積を示す(図 2-1-1-18)。

■シナリオ 1: 技術開発(コアドライ*など)による新規戸建住宅構造材での道産木材の活用促進

仮定	新規戸建住宅(延面積 120 m ²)の5%で道産木材を採用
材積	建設戸数[1 万戸/年]×5%×[木材積 20 m ³]=10000 m ³ /年

■シナリオ 2: 地方自治体の定住施策等による新規戸建住宅での道産木材活用の誘導

仮定	自治体補助による新規戸建住宅(120 m ²)の100%で道産木材を採用
材積	建設戸数 [250 戸/年] ×100%×20 m ³ =5000 m ³ /年

■シナリオ 3: 地方自治体の新規公営住宅による道産木材の活用による計画的な需要の開拓

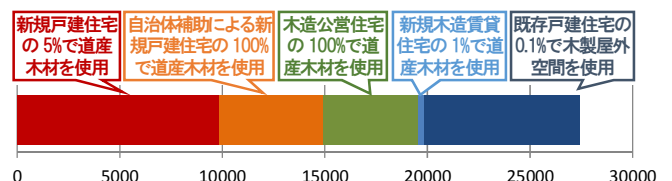
仮定	木造公営住宅の100%で道産木材を採用
材積	400 戸/年×47 m ³ /4×100%=4700 m ³ /年

■シナリオ 4: 新規木造賃貸住宅での道産木材の活用振興(市町村補助の活用など)

仮定	新規木造賃貸住宅の1%で道産木材を採用
材積	2000 戸/年×47 m ³ /4×1%=235 m ³ /年

■シナリオ 5: 既存戸建住宅での木製屋外空間の普及(市町村の景観条例等による補助)

仮定	既存戸建住宅の0.1%で木製屋外空間を採用
材積	130 万戸×5.8 m ³ ×0.1%=7540 m ³ /年



■: 新規戸建住宅の5%で道産木材を採用 ■: 自治体補助による新規戸建住宅の100%で道産木材を採用 ■: 木造公営住宅の100%で道産木材を採用 ■: 新規木造賃貸住宅の1%で道産木材を採用 ■: 既存戸建住宅の0.1%で木製屋外空間を採用

図 2-1-1-18 道産木材の活用推進シナリオイメージ

以上のように、市町村の各種住宅政策の補助制度等で新規住宅の道産木材活用推進を図るとともに、除雪負担を小さくし、これからの北国の豊かな暮らしと街並みを実現するために、既存住宅を含めた木製屋外空間の普及が重要である。

(4) 引用文献等

[1]国立社会保障人口問題研究所, “『日本の世帯数の将来推計(都道府県別推計)』(2009年12月推計)”. <http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Mainmenu.asp>

松村 博文(北方建築総合研究所)

2.1.2 地域居住に向けたエネルギー戦略と技術開発

(1) はじめに

住宅の省エネルギー性能を検討するにあたって、次の4つの基本方針を設定した。

- エネルギー消費量あるいはエネルギーコストの地域間格差をなくす
- 高効率設備・再生可能エネルギーを導入すれば、**ネットゼロエネルギー***が達成できる
- 世帯構成の変化があっても、適正な室内環境の維持とそれに応じた省エネルギーが実現できる
- 地域の設計者の技術向上を図る

これらを実現するため必要な技術を以下で検討し提案する。

(2) エネルギー消費量の地域性

消費者協会などの調査^[1]によれば、住宅における光熱費は地域により差が生じている。これは住宅性能、室温設定など設備の使用方法、生活習慣など個々のライフスタイルの影響のほか、気象条件およびエネルギー単価による影響が考えられる。そこで、はじめにトータルエネルギー予測プログラムを用いたシミュレーションにより、いくつかのパラメータがエネルギー消費量に及ぼす影響を検討した。

札幌におけるQ値*1.6W/m²Kの住宅の計算結果の例を図2-1-2-1に示す。断熱性能や使用する設備が同じであったとしても室温設定や日当たりなどの違いにより10%程度の差は容易に生じると考えられる。設備については、一次エネルギー*でみると、電気ボイラ・電気温水器・蓄熱暖房機の有無の影響が大きい、それを除けば暖房給湯設備の差はそれほど大きくはないと考えられる。住宅事業者を対象とした調査^[2]によれば、道東で電気暖房や電気温水器を選択する割合が高いなどの特徴が見られ、一次エネルギー消費量に地域性が生じる一因となっていることが予想される。

次に、気象条件の影響を検討する。ここでは、年間暖房負荷の計算に簡便な**デグリデー法***を用い、暖房給湯設備は高効率石油給湯暖房機とする。住宅は、延べ床面積120m²、Q値1.6W/m²Kとし、暖房以外のエネルギー消費量は地域差がないとした。これは、屋内設置であるため給湯機の効率には地域差がなく、使用量に差がなければ地域差は生じないと考えられるからである。計算結果を図2-1-2-2に示す。計算範囲においては地域により20GJ近い差が生じることがわかる。

北海道経済産業局が取りまとめている地域平均燃料単価(2013年冬)を用いて、光熱費を計算した結果を、札幌の値を1とする相対値で図2-1-2-3に示す。エネ

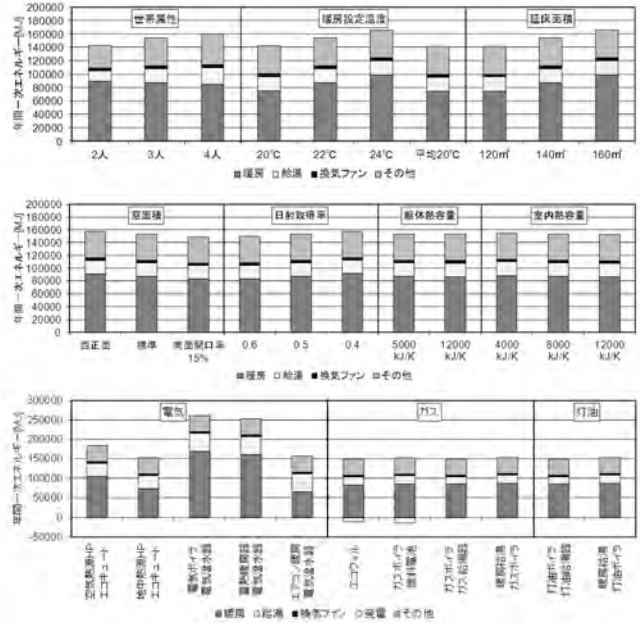


図2-1-2-1 各要素のエネルギー消費量への影響

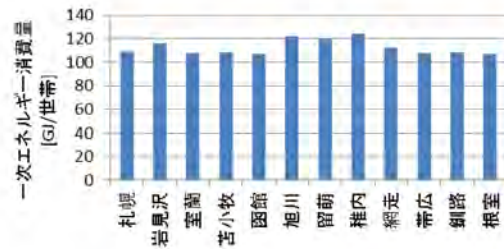


図2-1-2-2 地点別エネルギー消費量

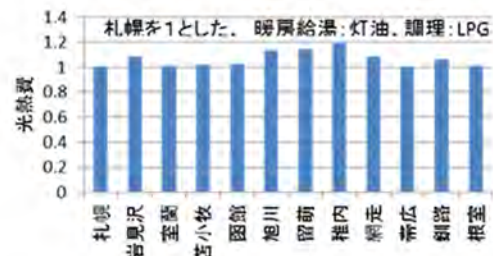


図2-1-2-3 地点別光熱費(相対値)

ルギー単価は変動するのであくまでも目安であるが、光熱費は気象条件により20%程度差が生じることがわかる。

(3) エネルギーコストを平準化する目標性能

1) 戸建て住宅

ネットゼロエネルギー住宅を実現するためには年間暖房負荷を45kWh/m²程度以下とする必要がある。ここでは、各地域の年間暖房負荷をそろえることで、エネルギーコストの平準化を図ることとした。灯油単価およびLPG単価は前述の値、都市ガスは各都市ガス会社の料金メニューからセントラルヒーティング契約、高

効率設備導入割引など最も安くなる契約（2013年3月現在）で計算を行った。計算結果を図2-1-2-4に示す。札幌において、暖房、給湯を灯油、調理をLPGとした場合の光熱費を1とし、相対値で示している。暖房、給湯に灯油、調理にLPGを使用した場合、光熱費の差は最大7%となった。燃料すべてを都市ガスとした場合には、0.83~0.94の範囲となり、前述のQ値で設定した場合に比べ、光熱費の地域差は圧縮されることがわかる。

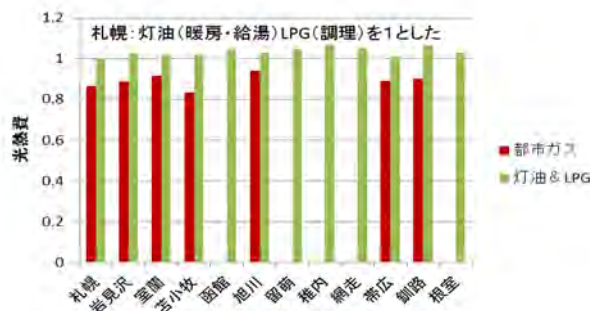


図2-1-2-4 地点別光熱費（相対値）

年間暖房負荷 45kWh/m²程度を実現するための外皮の平均熱貫流率の目安を図2-1-2-5に示す。冬期の日射量が多い道東太平洋側などでは、熱貫流率は比較的大きくなり、気温が低く日射量も多くない道北などは断熱を強化する必要がある。



図2-1-2-5 外皮の平均熱貫流率の目安

2) 集合住宅

集合住宅では、住戸の位置により暖房負荷が異なること、未入居の住戸があるとその影響により暖房負荷が増加することはよく知られている。また、遮音のため、界壁や界床に繊維系断熱材を施工することがあり、それが周囲住戸の暖房負荷への影響を軽減すると考えられる。人口減少の影響などにより、未入居の住戸が発生する可能性は少なくなく、その影響を定量的に検討しておくことが必要である。ここでは、住戸位置や入居戸数、界壁・界床の断熱が年間暖房負荷に及ぼす影響について検討を行った。

12,337 MJ	10,248 MJ	10,248 MJ	12,337 MJ
16,795 MJ	13,375 MJ	13,375 MJ	16,795 MJ
	12,936 MJ	12,936 MJ	
21,094 MJ	13,375 MJ	13,375 MJ	21,094 MJ
19,687 MJ		18,607 MJ	
	22,167 MJ		23,455 MJ

図2-1-2-6 各住戸の年間暖房負荷

計算手法には簡便なデグリデー法を用いる。デグリデー法は単室モデルであり、非暖房空間を考慮する場合には、全体の平均室温を設定して計算するのが普通である。しかし、エクセルなどを用いれば、連立方程式を容易に解くことができるので、多数室問題として計算することが可能であり、室ごとの年間暖房負荷を計算することができる。ここでは、非暖房空間の日射取得熱を室間の熱コンダクタンス*を用いて暖房空間に配分し、また、非暖房空間の熱損失を暖房空間に配分することで、各室ごとにデグリデー法を適用して年間暖房負荷を計算する手法を新たに考案して使用した。

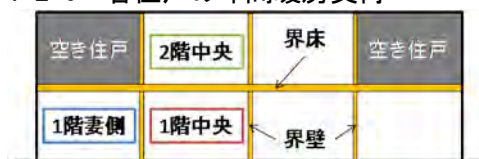


図2-1-2-7 界壁・界床の断熱

建物モデルは公営住宅を参考に設定し、1棟8戸の木造2階建て、延床面積は515.16m²、住戸面積は64.395m²、階高は2.4mであり、住棟全体の熱損失係数*は1.2W/m²Kである。計算地点は旭川とした。

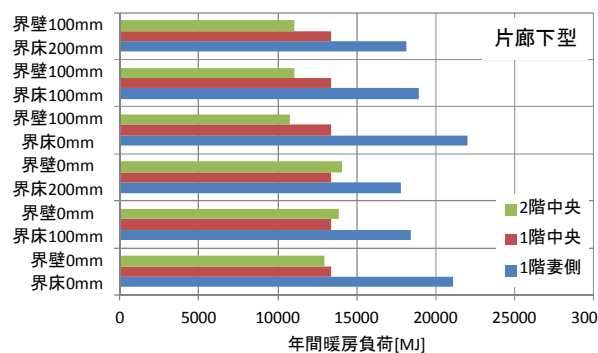


図2-1-2-8 界壁・界床断熱の効果

空き住戸の影響を図2-1-2-6に示す。空き住戸があることで各住戸の年間暖房負荷は増加している。空き住戸が2戸の場合について、界壁・界床を断熱（図2-1-2-7）したときの計算結果を図2-1-2-8に示す。ここで、断熱材は高性能GW相当（熱伝導率0.036W/mK）とした。界床のみ、あるいは、界壁のみを断熱した場合、空き住戸の室温が下がるため、逆に負荷がやや増

加する住戸が生じたが、界壁・界床の両方を断熱することで、空き住戸が生じたときの年間暖房負荷の増加を抑制できることがわかった。空き住戸が4戸の場合および階段室型の場合も同様であった。

(4) 高性能化へ向けた手法開発

1) 隣棟の影や雪面反射を考慮した日射熱取得の簡易推定法の提案

暖房エネルギー削減のためには日射を取り込み有効に活用することが必要である。しかし、立地条件によっては隣棟の影により窓から日射が十分得られない場合があるが、その影響を無視して年間暖房負荷を計算する場合も多い。一方、積雪がある場合には雪面からの反射によって日射量の増加が期待できるが、一般には無視されている。ここでは、年間暖房負荷計算において、これらの影響を簡便に考慮するため、各方位の日射量を補正する係数を提案する。

住宅が一定の間隔で規則的に無限に配置(図2-1-2-9)されていると仮定し、窓位置の日射量を計算する。住宅は8m×8m×6mの直方体とし、面の受ける日射は光線追跡法*により計算する。反射は完全拡散とする。地面から1.4~1.6mおよび4.4~4.6mの位置の日射量を1階および2階の窓の日射量とし、隣棟がなく雪面(地面)反射がないときの日射量との比を補正係数とする。計算は1時間間隔で行い、補正係数は12~3月の平均値とする。緯度・経度および日射量の影響を検討するため、旭川、帯広、函館のデータを用いた。

12~3月の方位別平均日射量および補正係数を表2-1-2-1に示す。ここで、隣棟間隔は窓のある方位およびそれに直交する方位ともに8mで1階の場合である。地面の反射率が大きい場合、北向きでは帯広、他の方位では旭川の日射量データを用いた場合に補正係数が大きくなる傾向がある。これは、帯広では直達日射成分が大きく、旭川では帯広と比べて拡散日射成分が大きいことが原因と考えられる。補正係数は安全側の条件として小さな方の値を採用することにした。

隣棟間隔を2~12mとした場合および二次元モデルの結果の一例を図2-1-2-10に示す。補正係数は窓が向いている方向の隣棟間隔ばかりではなく、それに直交する方向の隣棟間隔の影響も受ける。また、二次元モデルの結果は、窓の向きに直交する方向の隣棟間隔が4~8mの場合の結果に近いことがわかった。

図2-1-2-11に1階および2階の補正係数を示す。凡例の初めの数字は窓の向きの方角の隣棟間隔、()内の数字は窓の向きに直交する方向の隣棟間隔である。補正係数は南向きの窓で小さく、北向きに近づくほど大きくなる。これは、北向きに近づくほど直達成分が

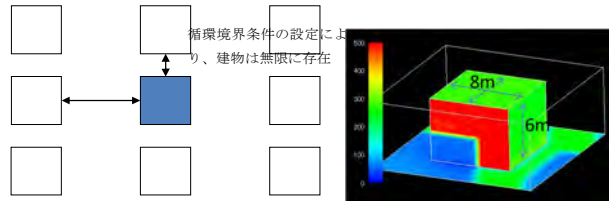


図2-1-2-9 住宅モデル

表2-1-2-1 平均日射量と補正係数

地点(日射データ)	西	南	東	北
帯広	58	151	59	17
旭川	44	92	42	21
旭川(帯広日射)	57	152	60	17
函館	48	108	52	21
函館(旭川日射)	43	90	43	21

反射率	地点(日射データ)	西	南	東	北
20%	帯広	0.76	0.65	0.76	0.79
	函館	0.77	0.68	0.75	0.76
80%	帯広	1.05	0.74	1.03	1.36
	旭川	1.07	0.85	1.12	1.21
	旭川(帯広日射)	1.04	0.72	1.01	1.40
	函館	1.07	0.80	1.04	1.27
	函館(旭川日射)	1.14	0.90	1.11	1.18

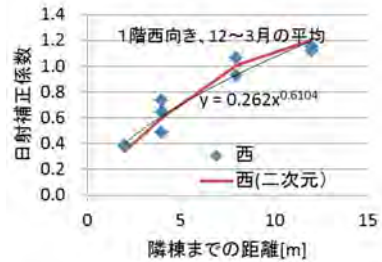


図2-1-2-10 隣棟間隔と補正係数

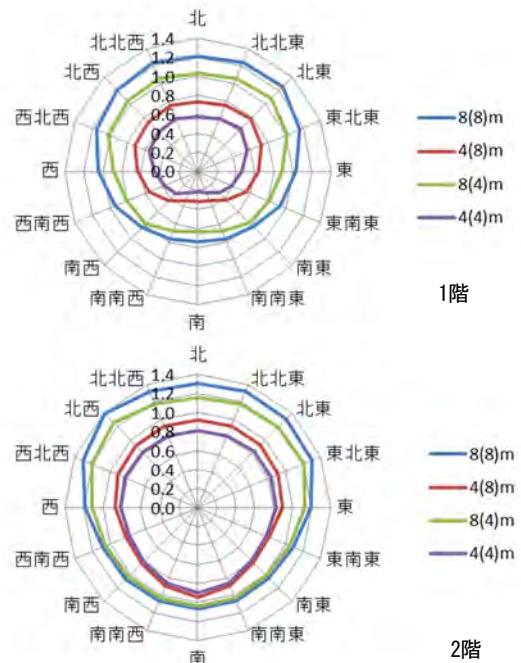


図2-1-2-11 提案する補正係数

減り、反射日射の影響が大きくなるためである。2階の南向きの補正係数は小さくないが、これは、隣棟の影の影響が小さいためと考えられる。

2) 室温安定化に向けたPCM利用の可能性検討

断熱を強化し日射熱取得を増加させると、冬期においても室温が上昇しすぎることが考えられる。この場合、窓を少し開けるなど室温調整が行われ、それによって取得した熱を屋外に放出することが考えられる。この無駄な放熱を防ぐためには、室内の熱容量を増加させ、室温上昇を抑制する必要がある。また、熱容量を活かすには、その熱容量の表面積が大きいことが重要である。しかし、木造の場合、特に2階においては、熱容量を増加させることは難しい。海外においては**潜熱蓄熱体 (PCM) ***をマイクロカプセル化して混入させた建材が販売されている。ここでは、PCM を用いた建材を天井に適用する場合の効果をシミュレーションにより検討した。PCM はパラフィン系を想定し 22~24°C で相変化するとした。精度を追及する場合、ヒステリシスの考慮や細かなメッシュ分割が必要になるが、ここでは可能性検討を主眼とし、PCM を厚さ方向の2節点で代表させる簡便なモデルとした。

計算対象は戦略研究で設定した図 2-1-2-12 に示す住宅モデルであり、帯広の気象条件で計算する。窓面積は 30m² (南側 16.3m²) と比較的大きい。室温変動は図 2-1-2-13 のように計算されるが、冬期において室温が 25°C を超えた時刻について、25°C との差を積算することでオーバーヒートの指標とする。

住宅の総熱損失係数と年間暖房負荷の関係を図 2-1-2-14 に、25°C 以上の積算温度との関係を図 2-1-2-15 に示す。断熱を強化し総熱損失係数が小さくなると年間暖房負荷はそれに比例して小さくなるが、総熱損失係数が 120W/K 程度より小さくなるとオーバーヒートしやすくなることがわかる。総熱損失係数が 94W/K でPCMを用いた場合の結果を図 2-1-2-16 に示す。200kJ/m² 程度の熱容量をもつ PCM を天井と同程度の面積だけ設置できればオーバーヒート対策として効果が期待できると予測された。



戦略研究 戸建て住宅モデル
 外壁178㎡、屋根60㎡、窓30㎡(南16.3㎡)、基礎35m
 気象データ: 拡張アメダス帯広標準年
 全室暖房、居間7~23時22°C、それ以外居室20°C設定
 3人家族、内部発熱12.1kWh/day

図2-1-2-12 住宅モデル

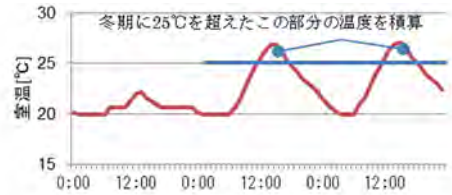


図2-1-2-13 オーバーヒートの指標

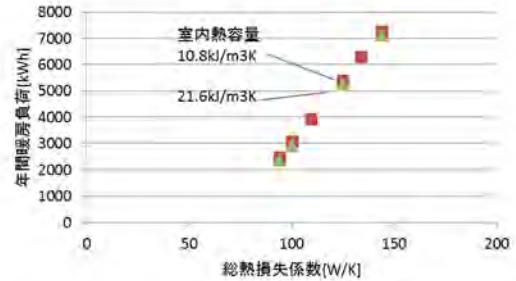


図2-1-2-14 総熱損失係数と年間暖房負荷の関係

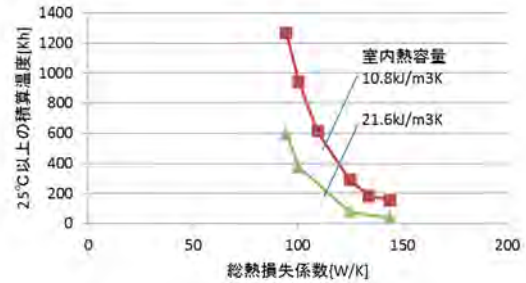


図2-1-2-15 総熱損失係数と冬期室温上昇の関係

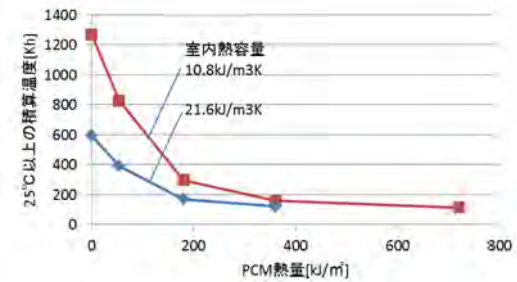


図2-1-2-16 PCM熱容量と冬期室温上昇の関係

(5) おわりに

エネルギーコストを平準化する断熱性能の目安、隣棟の影および雪面反射を考慮して日射取得熱を求めるための補正係数の提案を行い、また、日射取得熱を有効活用するための熱容量の増加手法として PCM 利用の可能性を示した。

(6) 引用文献等

- [1] “平成 20 年度北海道家庭用エネルギー消費実態調査”. 北海道消費者協会・石油連盟・北海道石油システムセンター. (2009)
- [2] 立松ら. “北海道内の新築戸建て住宅の断熱・設備仕様実態調査”. 日本建築学会学術講演梗概集. (2014)

月館 司, 立松宏一, 阿部佑平 (北方建築総合研究所)

2.1.3 居住環境の性能向上のための技術開発

(1) 目的

本研究は、北海道の木造住宅に求められる居住環境の性能に関する項目について、望まれる性能を実現し、北海道の**優良ストック***の形成に寄与するとともに、地場産材を使った新しい建材や工法の開発につながる居住環境性能向上技術の開発を行うことを目的とする。

(2) 方法

北海道の木造住宅の居住環境の性能に関する項目のうち、温熱（床下暖房）、温熱（開口部）、音、光の性能向上技術が必要と判断し、各検討を行った。

1) 温熱（床下暖房）

①概要

住宅の断熱性能が高く（暖房負荷が低く）なると、床下暖房システムでは、床面開口等循環経路の**必要有効開口面積***を小さくでき、新たな床面開口、例えばスリットやフローリングの継ぎ目の隙間を活用するといった手法を採用できる可能性がある。そこで、暖房負荷に応じて必要な床面の**必要有効開口面積**を検討した。

②検討方法

まず、**熱流体解析 (CFD)***と模型実験の比較を行い、CFD を用いて、室内を設定温度にするために必要な床面の**必要有効開口面積**の検討ができるか確認を行う^[1]。図2-1-3-1に模型及びCFDモデルを示す。

次に、CFDモデルを8畳の単室の実大サイズ（3,510×3,510×2,870mm（うち床上h2,400））に拡大し、床面の開口面積、開口の**隙間特性値***、床の熱抵抗値、外皮（壁、天井、基礎）の**熱貫流率***、外気温度を変数として解析を行い、室内を設定温度にするときの暖房負荷と**必要有効開口面積***の関係を推定する近似式を求める。

2) 温熱（開口部）

開口部は、他の外皮（外壁等）に比べ断熱性能が低く、省エネルギー性と室内環境性能を向上させるためには、高い断熱性能や環境制御機能（日射制御や通風機能）等を持つ窓部材が必要である。その技術開発は、別研究^{[2]~[4]}にて実施しているため、その活用を提案する。

3) 音

木造住宅、特に共同住宅では、界床や界壁の音に対する不満が多く、過去の研究成果に加え新たな工法開発、評価方法の検討が必要である。特に界床については、木造における実用的な高遮音工法の開発として別研究^[5]においての実施に加え、天井部分の遮音工法の検討を行ったので、その開発技術の活用を提案する。

4) 光

採光による快適な光環境の形成には、室内の光環境

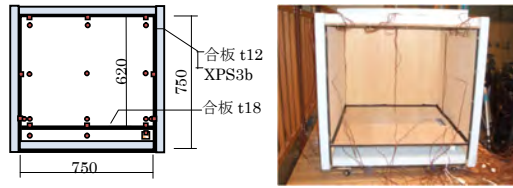


図2-1-3-1 床下暖房CFD検証のための模型実験

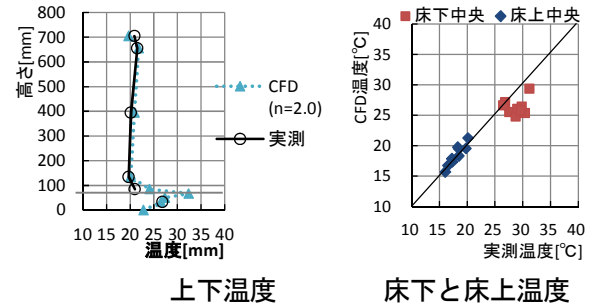


図2-1-3-2 CFDと実測の温度比較

（明るさ）評価方法とそれに基づく窓配置計画等が必要である。明るさの評価方法は、別研究^[6]にて実施したので、その活用を提案する。

(3) 結果と考察

1) 温熱（床下暖房）

①模型実測とCFDの比較

図2-1-3-2に実測とCFDの温度の比較を示す。床下空間は上下温度の勾配が大きいため、測定点の位置の僅かなずれの影響で実測とCFDの結果に差が生じたが、床上温度はほぼ一致し、CFDの結果が実測と近いことを確認できた。

②CFDによる必要有効開口面積検討

実大単室サイズのCFDの結果を基に、上昇開口と下降開口の合成の**必要有効開口面積**を推定する以下の近似式を作成した。

- ・床面開口が放熱器の上部全面

$$\alpha A = (0.1539 \cdot e^{3.7983/n}) \cdot [(-0.8396 \cdot \Delta T + 0.05267 \cdot \Delta T^2 - 63.069 \cdot RU + 81.14 \cdot RU^2 + 24.5406) \cdot \text{Log}_e(HL + 1) + (-1.706 \cdot \Delta T + 0.04333 \cdot \Delta T^2 + 170.706 \cdot RU - 253.6 \cdot RU^2 - 49.054) \cdot \{(1/R_f - 0.15) + 1\}]$$

- ・床面開口が放熱器の上部以外

$$\alpha A = (0.1539 \cdot e^{3.7983/n}) \cdot [(-60.66 \cdot \Delta T + 3.53152 \cdot \Delta T^2 - 635.08 \cdot RU + 1158.38 \cdot RU^2 + 408.2565) \cdot \text{Log}_e(HL + 1) + (149.971 \cdot \Delta T - 9.1942 \cdot \Delta T^2 + 1933.43 \cdot RU - 23858.8 \cdot RU^2 - 1054.9) \cdot \{(1/R_f - 0.15) + 1\}]$$

αA : 必要有効開口面積（上昇・下降の合成）[cm²]

n : 隙間特性値 n[-]（単純開口 2.0, スリット 1.0）

ΔT : 床下と床上の温度差[-]
 RU : 全体の熱損失係数に対する床下の割合[-]
 R_f : 床面の熱抵抗値[m²K/W]

図 2-1-3-3 に、暖房負荷と合成の必要有効開口面積の関係の例を示す。図の条件では、床面開口なしで床面の熱伝導だけで暖房を行うとするならば、暖房負荷は 15W/m²以下にしなければならない。なお、床面開口なしでは、暖房開始時の暖まるまでの時間が長くなる点には注意が必要である。

2) 温熱 (開口部)

高断熱窓 (熱貫流率 1.15~1.2W/m²K) , 夏の日射遮蔽と冬の日射熱取得の制御, 雨天時の通風 (風速 5m/s 程度以下) を実現する高性能・多機能窓「Smart-Window」システムを開発した (図 2-1-3-4) [2]~[4]。

3) 音

界壁については、建築基準法施工令及び告示に示されている工法を実測し、性能が低すぎる結果を得たため間柱の千鳥配置や二重壁を提案した。

界床については、所定の性能を有する乾式遮音二重床構造を用いることで、主観評価によって RC 床スラブ 150mm と同等以上の性能を有する床構成を開発・提案した (図 2-1-3-5) [5]。また、更なる性能向上のために、天井の防振下地材であるレジリエントチャンネルの検討を行い、性能を向上するための断面仕様を提案した。本工法は、共同住宅のみならず戸建住宅においても適用できる。

4) 光

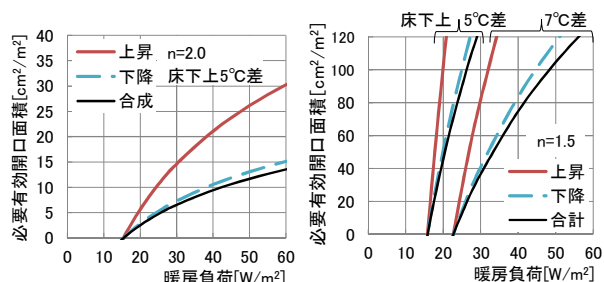
戸建住宅の LDK の空間を主対象に、窓から得られる採光の量と居住者が感じる明るさ (明るい, 暗い, 等) との関係性を明らかにした上で、評価手法を提案した [6]。今後、集合住宅を含む空間形状の場合のデータを追加した上で、簡便に採光の量を推定して明るさを評価するための設計資料を作成する予定である。

(4) まとめ

本研究では、北海道の木造住宅に求められる居住環境性能向上技術として、床下暖房システムの暖気循環に必要な床面の必要有効開口面積を示した。また、別研究で開発した高性能・多機能窓システム、木造遮音床構造、室内の明るさの評価方法を示した。

(5) 引用文献等

- [1] 村田さやか, 月館司, 福島明. “床下暖房システムの床面の必要有効開口面積の検討 第 2 報”. 日本建築学会北海道支部研究報告集. No. 86. 221-224 (2013)
- [2] 北谷幸恵, 砂川雅彦, 鈴木大隆, 坂部芳平, 村田さや



暖房空間の熱損失係数に占める床下割合30%, 床熱抵抗1.5 m²K/W
放熱器上部床面開口 **放熱器上部以外の開口**
 図2-1-3-3 暖房負荷と必要有効開口面積の例



(左の写真: 外付けルーバー開, 右の写真: 外付けルーバー閉)
 図2-1-3-4 Smart-Window試作品

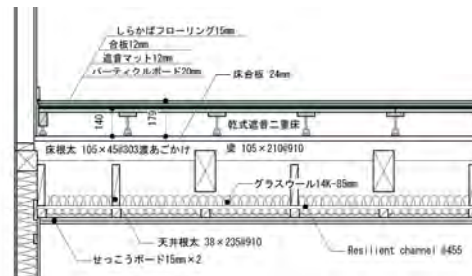


図2-1-3-5 乾式遮音二重床構造の例

- か. “気候特性を考慮した住宅窓の断熱, 遮熱性能に関する研究 その 1~2”. 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, 329-332, (2011)
- [3] 北谷幸恵, 鈴木大隆, 坂部芳平, 村田さやか. “気候特性を考慮した住宅窓の断熱, 遮熱性能に関する研究 その 3 評価手法と窓システムの要求性能”. 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, 171-172, (2013)
- [4] 鈴木大隆, 北谷幸恵, 坂部芳平, 村田さやか, 糸毛治, 高倉政寛. “気候特性を考慮した住宅窓の断熱, 遮熱性能に関する研究 その 4 Smart-WINDOW システムの試作検討”. 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, 173-174, (2013)
- [5] 廣田誠一, 秋津裕志, 朝倉靖弘, 飯田憲一, 戸羽篤也, 佐藤洋, 田中学, 平光厚雄. “良質な木造共同住宅のためのローコスト高性能遮音工法の開発” 北方建築総合研究所研究報告. No. 337. (2014)
- [6] 北谷幸恵. “自然光の変動性を考慮した住宅の明るさ感の評価手法に関する研究”. 北方建築総合研究所研究報告. No. 334. (2014)

村田さやか (北方建築総合研究所)

2.1.4 ユーザーのための「見える化」情報システム

(1) 目的

住宅性能の表示は、例えば、住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づく住宅性能表示制度^[1]等がある。しかしこれらの表示は、寒冷地の気候風土に適応した住まいとして独自の発展を遂げてきた北海道の木造住宅の性能を適切に表示できていないとも言えない。そのため、北海道の住宅の性能を居住者（ユーザー）にわかりやすく表示することが求められる。

本研究では、住宅性能の「見える化」＝住宅を選ぶための指標となる住宅性能の表示のあり方を検討することを目的とする。

(2) 方法

1) 項目の検討

まず、既往の住宅性能表示の諸制度の目的、評価項目、表示方法、評価者等の情報を収集する。既往の評価項目は、**優良ストック***の形成や社会に貢献する性能に目を向けさせる（高性能住宅建設への啓蒙）項目と判断できる。

次に、既往の居住者へのアンケート調査の結果を参照し、居住者が重要であると思う項目を把握する。これは、居住者にとって住宅を取得する際の判断材料となる。また、設計施工者にとっては、施主へ住宅のメリットの説明や施主のニーズを把握することに役立つ。

既往の評価項目と表示方法を基に、上記の居住者が重要と思う項目と北海道らしい「新たな住まい」の性能を表示する上で必要な項目を抽出し、また、項目に不足があれば追加する。抽出、追加した項目のうち、評価指標、表示方法の検討が必要な項目を判断する。

2) 評価・表示方法の検討

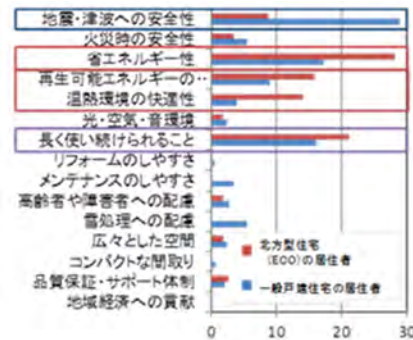
上記で評価指標、表示方法の検討が必要と判断した項目について、検討を行う。

(3) 結果と考察

1) 項目の検討

図2-1-4-1に、既往の居住者へのアンケート調査結果を示す。地震・津波への安全性、省エネ性、再生可能エネルギーの活用、温熱環境の快適性、長く使い続けられること（劣化低減）のニーズが高いことがわかる。表2-1-4-1に、既往の性能表示制度の評価項目^{[1][2]}と、抽出、追加した項目を示す。ニーズと北海道らしい「新たな住まい」の特徴を踏まえ、抽出した項目が室内環境（温熱環境）、追加した項目が“自然エネルギー利用”“環境負荷低減・省エネルギー”“地場産材”の利用である。このうち、「2.1.2 地域居住に向けたエ

ネルギー戦略と技術開発」「2.2 道産材を活用した住まいのための技術開発」により開発した技術の導入が評価に反映されるようにするため、“環境負荷低減・



対象住宅	①北方型住宅ECO	一般戸建住宅
方法	配布	インターネット
有効回答数	56件 (55%)	2,000件
住宅の竣工年	2006~2009年	竣工年代を問わない
回答者平均年齢	46歳	42歳
実施	2012年2月	2012年2月

図2-1-4-1 居住者が重要であると思う項目

表2-1-4-1 評価項目

大	項目		評価
	中	細目	
安全	構造安全	耐震	等級
		耐風	等級
		耐積雪	等級
	火災の安全	地盤・基礎	支持力N
		耐火（開口部）	等級
		耐火（開口部以外）	等級
		耐火（界壁及び界床）	等級
	報知機（既存にのみ）	等級	
※自然エネルギー利用	外気温、日射量（積雪考慮）、風、地盤（地中熱）	利用可能量 利用率	
環境負荷低減	※環境負荷低減・省エネルギー	消費量（暖房、冷房、給湯、照明、調理、家電）	消費量GJ/年
		創エネ量（太陽光、太陽熱など）	創エネ量GJ/年
	劣化軽減	劣化対策 耐久性	適・不適
	維持管理	維持管理 更新対策 記録	適・不適
居住環境	室内環境	温熱	貫流熱損失、日射取得率、気密性能、通風措置
		※光	日影を考慮した有効採光率% 室内の明るさ、窓設計の適切さ
		※音	ラウドネス等（聴感を考慮した）を評価指標とした空間設計の適切さ
		換気	等級1~4（換気量m ³ /h） （汚染物質濃度ppm）
	平面計画	高齢者等配慮	適[各対象者基準]
周辺環境・地域貢献	省資源	廃棄物削減・分別	適・不適
		省資源	適・不適
	※地場産材の利用	リサイクル促進	適・不適
		構造体	使用量m ² コスト円
		内装・外装 建具・その他造作	
	周辺との調和	景観配慮 敷地内緑化 雪処理	適・不適 降雪量・屋根形状を考慮した除雪負担量

※新たに追加した項目 太枠内：評価指標、表示方法を検討

省エネルギー” “室内環境” “地場産材” の項目の評価指標，表示方法を以下で検討する。

2) 評価・表示方法の検討

①環境負荷低減・省エネルギー

評価の指標は，一次エネルギー消費量とし，図2-1-4-2に示す表示方法を提案した。

2013年に「エネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」（以下，省エネ基準）が改正され，一次エネルギー消費量の基準が制定された^[3]。また，その評価ツールが示され，提案した評価，表示がそれを用いることで可能となった。異なる評価方法による混乱を防ぐため，評価は一次エネルギー評価ツールによることにした。

②室内環境（温熱）

評価の指標は，貫流熱損失*，日射取得率*，気密性能*，通風措置*とした^[3]。以上の指標から，下式により夏季と冬季の自然室温上昇（室内の日射熱取得や内部発熱によって上昇する温度）^[4]を計算し，図2-1-4-3に示すような，夏の暑さ涼しさ，冬の暖かさ寒さの相対評価の軸で示す表示方法を提案した。

$$\Delta T_r = \left(\eta_r I_s - \frac{\varepsilon'}{\alpha_o} q_L + H \right) / (U_r + U_v) \quad \dots (1)$$

ΔT_r : 自然室温上昇[K]

q : 単位温度差あたりの外皮熱損失量[W/K]

U_v : 単位温度差あたりの換気熱損失量[W/K]

α_o : 外表面熱伝達率[W/(m²・K)] ≒23

ε' : 長波長放射率[-] ≒0.9

η_r : 単位日射強度あたりの日射取得量[W/(W/m²)]

H : 内部発熱[W/h]

I_s : 日射量[W/m²]

I_L : 実効放射量（夜間放射量）[W/m²]

③地場産材の利用

図2-1-4-4に北海道及び東北の地場産木材の構造材利用に対する自治体の補助金調査の結果（2012年度実施）を示す。主要構造材10m³以上で助成する市町村が一番多いこと，1棟の構造材での使用割合にすると50～80%相当であることがわかった。

北海道の自治体は材積を指標にしていることから，地場産材の利用量または割合を評価の指標とすることを提案した。表示は，図2-1-4-5に示すように，利用量または利用割合を軸として示すことを提案した。

(4) まとめ

住宅性能への居住者のニーズが，地震・津波への安全性，省エネ性，再生可能エネルギーの活用，温熱環境の快適性，長く使い続けられることに対して高いこと，また，本戦略研究で開発した技術の導入効果を示

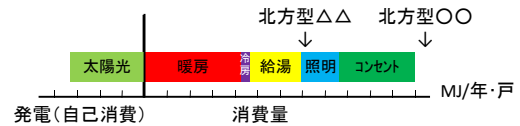


図2-1-4-2 環境負荷低減・省エネ性能の表示案

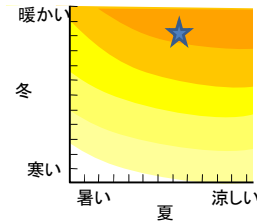


図2-1-4-3 室内環境（温熱）性能の表示案

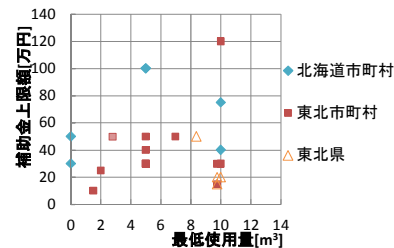


図2-1-4-4 地場産利用（構造材）に対する補助金の最低使用料と上限額



図2-1-4-5 地場産材の利用割合の表示案

せるようにすることを考慮した上で，“環境負荷低減・省エネルギー” “室内環境” “地場産材” の項目の評価指標，表示方法の検討を行い，案を示した。この案の一部は，新しい北方型住宅「きた住まいる」の性能表示制度（ラベリングシート）に反映されている。

(5) 引用文献等

- [1] 国交省住宅局住宅生産課，国交省国土技術政策総合研究所，(独)建築研究所．“日本住宅性能表示基準・評価方法基準技術解説”．工学図書．(2010)
- [2] 北海道．“北海新しい北方型住宅のつくり方 北方型住宅技術解説書”．入手先<http://www.kita-sumai.com/?page_id=7> (2010)
- [3] 国交省国土技術政策総合研究所・(独)建築研究所．“平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説Ⅱ住宅”．(2013)
- [4] 松尾陽．“期間熱負荷予測のためのデグリーデー法の拡張について”．日本建築学会大会学術講演梗概集．505-506(1979)

村田さやか（北方建築総合研究所）

2.2 道産材を活用した住まいのための技術開発

2.2.1 道産材活用型住宅の現状と可能性

(1) 目的

地域経済の振興、環境負荷の低減などの観点から、行政施策では、建築材料の地産地消が促進されており、民間でも道産建材の利用に対する機運が高まっている。しかしながら、一般流通品に比べて道産材がコスト高になってしまうことや、工務店が安定的に道産材を入手できる環境整備が十分ではないことなど、道内の住宅産業に道産建材が広く用いられるには、克服すべき課題が多く存在し、建築材料における道産材の供給量はまだまだ少ないのが現状である。

このような道内における道産材普及の課題に対し、前述の「新たな住まい」像に道産材の活用を付加するための技術開発を推進するための基本情報として、次の2点の取組みを行った。

まず、住宅モデルプランを作成し、住宅1棟当たりの道産材の部材構成と使用量、一般流通材から道産材への置換した場合のコスト、構法プランの違いによる道産材使用量と建設コストの違い等を検討した。

次に、後述の林産試験場で開発しているカラマツ心持ち正角材*の実住宅への適用性を確認することを目的に、北方建築総合研究所内の実験街区にカラマツ心持ち材を柱に使用した実験棟を建設し、林産試験場と共同で築後2年間の経過観察を行った。

(2) 道産材を活用した住宅のモデルプラン

1) モデルプラン概要

道産材を活用した住宅の基礎情報を整理するために、設計事務所と協力して、道産材を活用できる戸建住宅と集合住宅の2種類のモデルプランの設計を行った。戸建住宅、集合住宅それぞれのモデルプラン概要図を



図2-2-1-1 モデルプランの概要（戸建住宅）

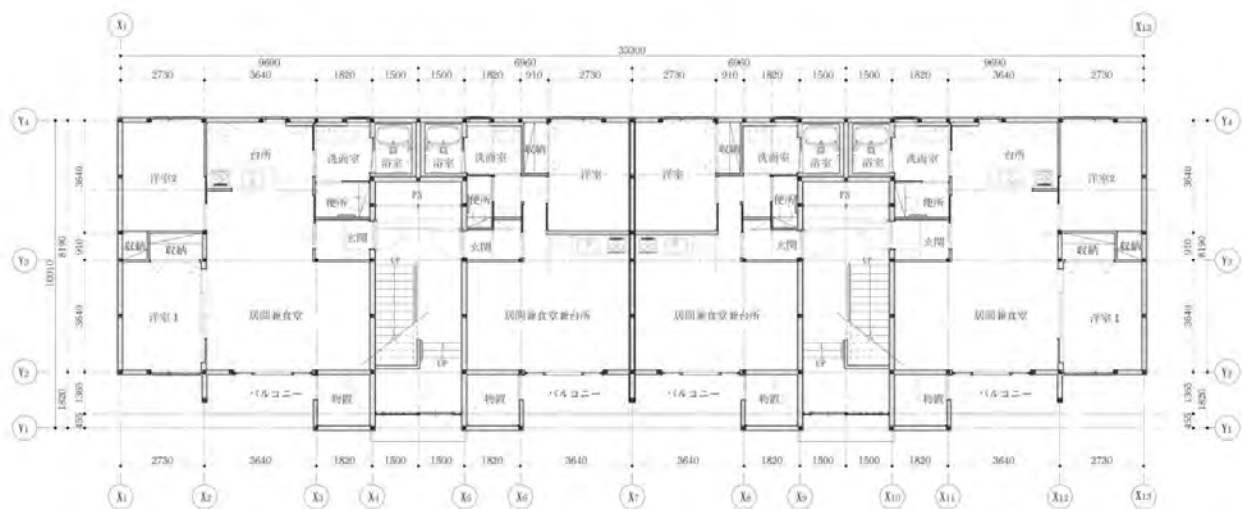


図2-2-1-2 モデルプランの概要（集合住宅）

2.2.1 道産材活用型住宅の現状と可能性

図 2-2-1-1, 図 2-2-1-2 示す。

戸建住宅は、構造：木造軸組工法、階数：2 階、建築面積：66.32m²、延べ床面積：119.94m²、建設地：札幌市、適用基準：北方型住宅基準とした。集合住宅は、構造：木造軸組工法、階数：2 階(8 戸)、建築面積：314.04m²、延べ床面積：588.33m²、適用基準：新たな木造道営住宅推進方針（北海道建設部住宅局住宅課）とした。各部仕様については、道内の住宅において一般的に用いられている仕様の中から選択している。なお、本モデルプランの設計に際し、道産材活用に向けた構法検討の試みのひとつとして、柱材の長さを統一するという工夫をしている。

また、工事費の算定は民間工事を想定しており、積算方法は営繕工事積算要領に、単価は北海道営繕工事積算標準単価表、物価資料及びメーカー見積もりを参照した。なお、試算の結果、工事費における木工費（**躯体***工事、内外装工事は含めない）は、集合住宅の方がやや少ないものの全体の約 1 割程度となっている。

これらモデルプランについては、本戦略研究における様々な課題検討の際の共通モデルとして利用できる

ように、仕上表、面積表、各階平面図、立面図、矩計図、基礎伏図、各階床伏図、小屋伏図、機器表および積算図書を作成している。

2) モデルプランにおける部材構成とコスト

戸建住宅のモデルプランにおける木工事では、図 2-2-1-3 に示すように土台、柱、桁、床梁、小屋梁、根太、垂木、間柱、構造用面材等に木材が使用されており、木材使用量を材種別にみると、土台 0.8m³、**正角材***6.49m³、**平角材***3.31m³、**羽柄材***5.88m³となっている。なお、これらは、いずれも道産材に置換することが可能な部材である。

次に、戸建住宅の木工事に係る材料費において、一般流通材と道産材の材料コストを比較すると、道産トドマツを中心一般流通材から置き換えた場合に約10万円程度の増額、道産カラマツ材を中心に置き換えた場合に約15万円程度の増額となった。これらは、現在の住宅に上記材種に可能な限り道産材を使用する場合、木工事費が約5%程度増加することを意味する。なお、本試算は2013.3時点の単価等に基づいて算出したものであり、将来的に、一般流通材および道産材の価格の

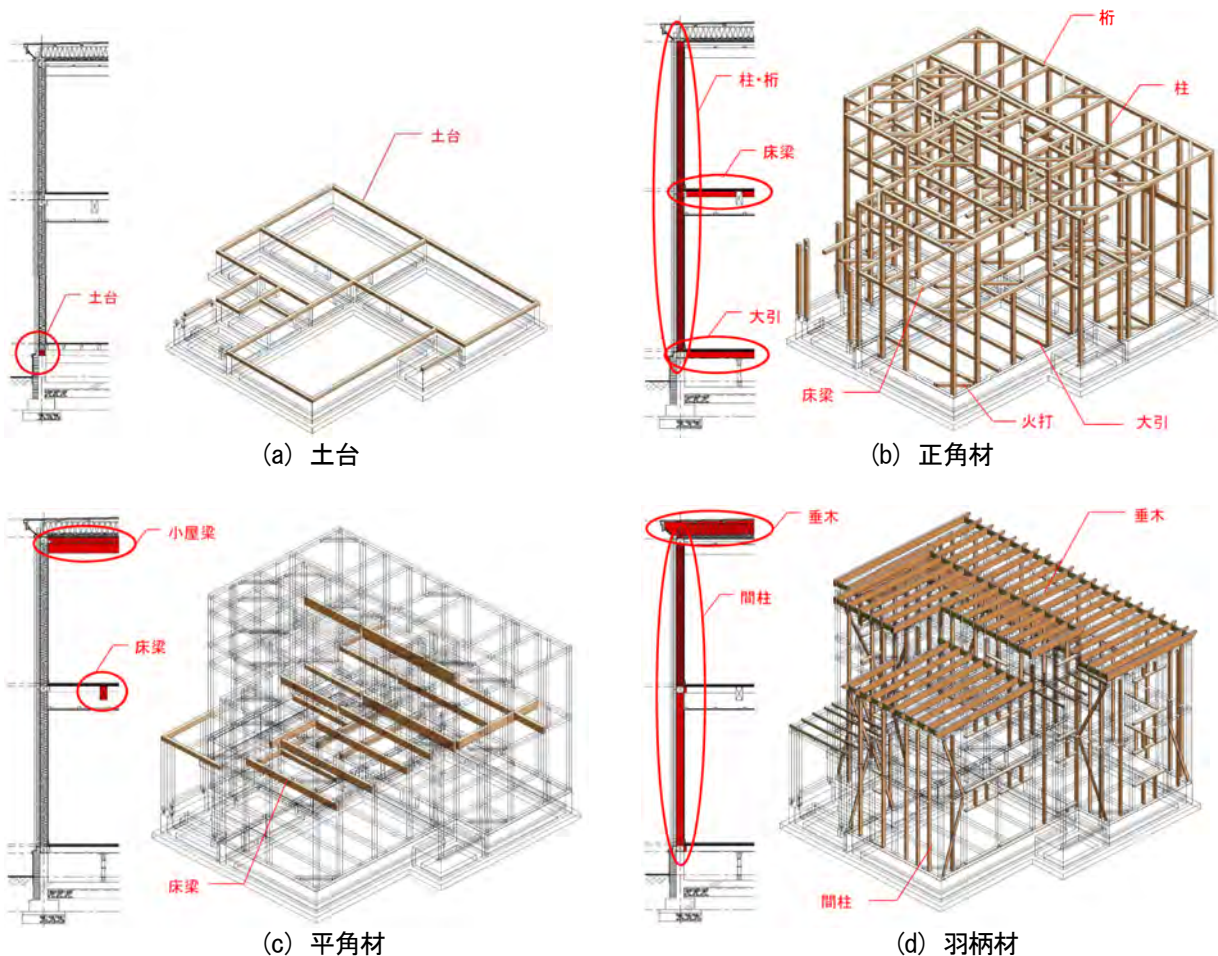


図2-2-1-3 モデルプランにおける道産材に置換可能な部材

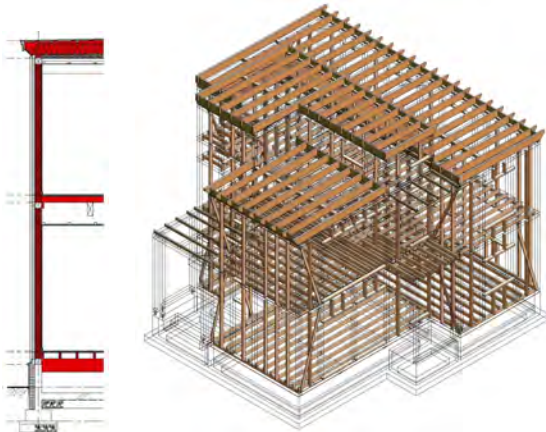


図2-2-1-4 根太工法

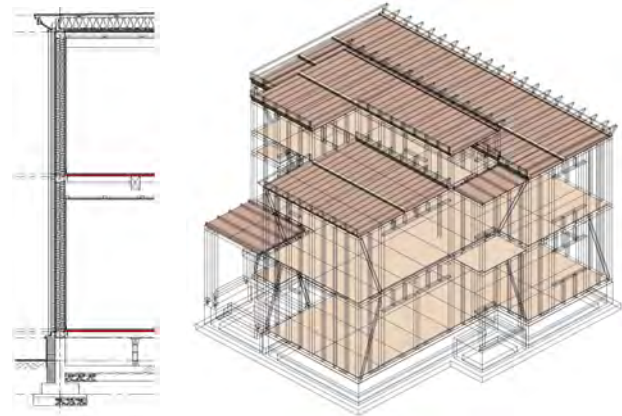


図2-2-1-5 剛床（根太レス）工法

変動に応じて、増減額等が変化することに留意されたい。

また、住宅における道産材の使用量を増加させるという観点からは、木工事以外にも、断熱工事における木質断熱材、内外装工事における床下地材、床仕上げ材、天井・壁仕上げ材、外装仕上げ材、窓建具工事における玄関ドアやサッシ窓等の活用が考えられる。これらのうち、外装材、窓、床材については、次節の「2.2.2 道産材の非構造部材としての活用」において、調査結果および技術的課題について報告する。

3) 構法の違いによる道産材の使用量

道産材の活用のための構法検討という観点から、戸建住宅のモデルプランを活用して、2種類の構法の違いによる木材使用量およびコストの違いを検討した。ひとつは、床下地合板を受けるために根太を設ける床組みである根太工法(図 2-2-1-4)、もう一方は、根太を設けず床下地合板を厚くして、直接梁材に留め付ける床組みである剛床工法(図 2-2-1-5)とした。

2つの構法における道産材に置換可能な部材の木材使用量を表 2-2-1-1 に示す。この2つの構法の違いは、根太工法を採用した場合には、正角材や羽柄材の使用量が大きく、剛床工法を採用した場合には、高価な厚物合板(t=28)が活用されている点である。構法の違いによるコスト差は剛床工法が約2万円程度安価となったが、両者でほぼ同程度となった。道産材の材種別の入手しやすさを鑑み、構法を適宜選択するということが、道産材を活用する上でのひとつの手法と考えられる。

4) 住宅1棟当たりの木材使用量の目安

住宅の設計内訳書を見ると、建物本体の建築工事費、外構等の屋外工事費、給排水や電気などの設備工事費、建設時の管理費などに大きく分かれ、建築工事費はさらに木工事、外壁工事、内装工事等の十項目以上の細項目に分かれる。これらの工事の中には、工務店が直

表2-2-1-1 構法別木材使用量

種別	根太工法	剛床工法
土台	0.83 m ³	0.83 m ³
正角材	5.66 m ³	6.49 m ³
平角材	3.18 m ³	2.72 m ³
平角材(集成材)	0.59 m ³	0.59 m ³
羽柄材	7.92 m ³	5.88 m ³
面材(t=12)	199.79 m ²	89.29 m ²
面材(t=28)	-	110.50 m ²

接施工するのではなく、専門業者に委託される工事があり、工務店がすべての工事を直接、実施するわけではない。そのため、工務店が住宅におけるすべての部位、部品にある特定の道産材を指定して建築することは、住宅産業の特性上、現実的に非常に難しい面がある。一方で、今後、住宅への道産材の使用量の目標値を検討する際には、1棟当たりの使用量の目安が必要となる。ここでは、工務店が指定しやすい躯体工事に限定して、住宅1棟当たりの木材使用量を検討した。

モデルプランおよび後述の十勝圏域における調査等の実態調査を通じて、戸建住宅1棟当たりの木材使用量の目安は、おおよそ表 2-2-1-2 のとおりと考えられる。この部位別の数値は、後述の道産材の使用量の目標値の設定の際にも活用されている。

表2-2-1-2 1棟当たりの木材使用量の目安

種別	使用量
柱	3 m ³
梁・横架材	6 m ³
土台	1 m ³
羽柄材	10 m ³
計	20 m ³

(3) カラマツ心持ち正角材を使用した実験棟

1) 実験棟概要

本戦略研究において林産試験場が開発を進めているカラマツ心持ち正角材の住宅への適用性を確認するために、北方建築総合研究所の実験街区に、図2-2-1-6、図2-2-1-7に示す実験棟を建設した。

実験棟は、仕上がり含水率11%以下(コアドライの目標値)と15%以下(北海道の住宅に用いる柱材としてはやや高め)の2水準としたカラマツ心持ち材と、一般流通材であるホワイトウッド*集成材の柱からなる3部屋で構成されている。

室内環境としては、室内温度は年間を通じて約20℃、相対湿度は夏期で50～60%程度、冬期で約30%となっており、冬期間は比較的乾燥した環境である。

建設した平成24年9月から平成26年9月までの約2年間にわたり、柱のねじれやまがり、壁紙の変状等に注目して、木造躯体に与える影響を観察した。

2) カラマツ心持ち正角材の住宅への適用性

含水率が15%のカラマツ心持ち材では、ひと冬経過した時点で、柱に表面割れが確認された(図2-2-1-8)。その後、ふた冬経過した時点では、含水率11%以下、15%以下のどちらのカラマツ心持ち柱においても、表面割れが発生していることを目視確認している。

また、ホワイトウッド集成材に比べると、カラマツ心持ち材のねじれ角度の計測値がやや大きくなったが、いずれも目視で変形が確認できるレベルではなかった。実際、壁紙に割れやゆがみ等の変状は認められず(図2-2-1-9)、クレームの原因となるほどの柱のねじれが生じていないことが確認された。

なお、本実験棟に使用したカラマツ心持ち正角材は、乾燥スケジュール検討中の研究開発段階におけるプロトタイプであり、表面割れ等については、後述の第4章で示されるカラマツ心持ち柱材(コアドライ*材)の性能と同一ではないことに注意されたい。

(4) まとめ

モデルプランの作成等によって本戦略研究内で共通利用する住宅仕様を定めるとともに、住宅1棟当たり木材使用量の目安を提示した。

また、実験棟における継続的な観察によって、カラマツ心持ち正角材の住宅への適用性が確認できた。本検証をふまえ、カラマツ心持ち正角材の利用拡大に向けた次のステップとして、後述する実証住宅を建設することとなった。

中村拓郎 (北方建築総合研究所)



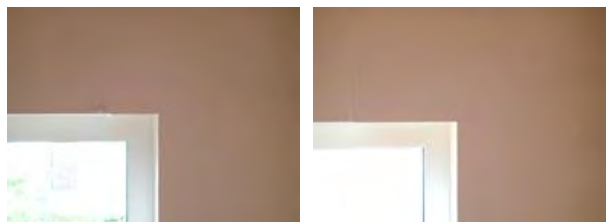
図2-2-1-6 実験棟外観



図2-2-1-7 実験棟内部



(a) 含水率11%以下 (b) 含水率15%以下
図2-2-1-8 ひと冬経過後の柱



(a) 含水率11%以下 (b) 含水率15%以下
図2-2-1-9 築後2年経過後の壁紙の状態

2.2.2 道産材の非構造部材としての活用

(1) 目的

北海道内の森林資源を活用した住宅を建設し、かつ普及させることを考えた場合、現況の道内住宅産業の実情を把握するとともに、その実情を勘案した上で、ニーズに即した建材を提供する必要がある。

新たな建材は、原料供給者や生産企業側からの提案に基づき、開発が進められるケースが多い。その際には、建材を使用する工務店などの実情を十分に把握しておく必要がある。このような背景から、本節では、森林と木材加工、住宅建設の一連の流れを連結する住宅部材を模索する目的で、道内各地の住宅生産の実情を把握することを試みた。まず、北海道内の住宅建設事業者を対象に、経営規模や状況を調査するとともに、供給している戸建住宅の標準的仕様について調べた。この結果に基づき、住宅に用いられる非構造部材への森林資源の適用及び木質建材の開発の方向性について考察を行う。

(2) 主な調査と分析の概要

戦略研究では、道内の木造戸建て住宅の特徴を把握する目的で、2010年の1年間に1棟・戸以上の建築確認を受けた住宅建築業者を対象に、2011年2月に郵送でアンケート調査を実施している。対象事業者は2000社である。アンケートの回答数は、合計458社で回収率は22.9%であった。以下で示す分析結果は、458社の中でも木造戸建住宅を建設した430社の回答内容について分析したものである。

(3) 道内住宅事業者が建設する木造戸建て住宅の特徴

アンケート調査内容は、事業の経営状態から住宅建材の選択嗜好に至るまで多岐に亘っているが、道産材を非構造部材に使用する場合に考慮すべき内容について、分析した内容を述べると次の通りである。

1) 主な事業者の年間着工棟数と受注形態

アンケートで回答を得た事業者の主な属性をみると、図2-2-2-1~2になる。上図の通り、道内の住宅事業者の過半は、何れの地域でも年間5棟以下の着工棟数となっており、小規模事業者であることが判る。下図には、住宅の受注形態を示したが、着工棟数5棟以下の事業者は、親類・知人からの紹介によって受注を受けている。これらの結果は、北海道の郡部における住宅生産者向けの建材は、工業生産品のように、大量の生産と供給による効率化を求めた建材製品が必要なわけではないことがわかる。

2) 木質建材の採用状況

住宅に使用できる木質建材は多様にあるが、特徴的なものについて調査した結果は次の通りである。

①外装材

木造戸建住宅に最も使用している外装の種別を質問したところ、道外で製造される窯業系外装材を使用するとの回答が60%を超えている。事業者の約13%が何らかの形で木質外装材を使ってみようという意向はあるものの、実際の採用は3.4%に過ぎない状況となっている。

②窓

戸建住宅に採用される窓は、樹脂サッシが89%を占め、木製サッシの採用は、国産と輸入を併せても5.9%となっている。

③床材

道内の戸建住宅で使用される床材の66%は、合板系フロア材となっている。むく材や単層、集成材のフローリングの使用も概ね25%を占めているが、フローリング材に使用されている主要な樹種は、ナラ・カバの広葉樹が主体で、本研究で課題としている道産針葉樹が利用される例は少ない。

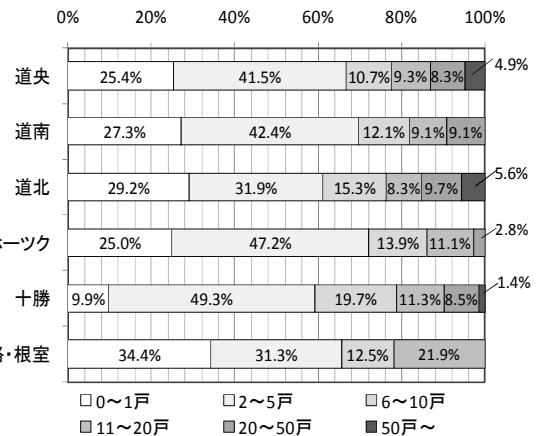


図2-2-2-1 道内事業者の主要な年間着工戸数

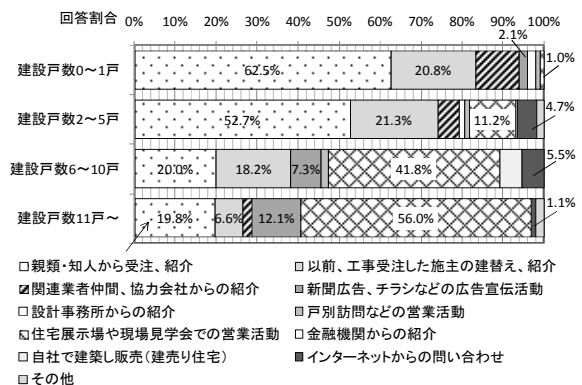


図2-2-2-2 戸数別の受注内訳

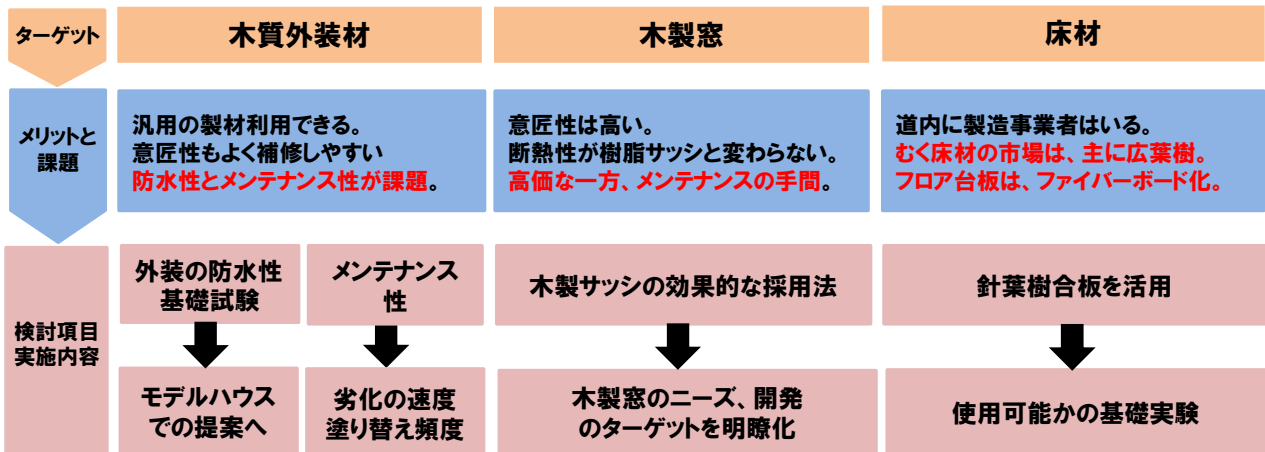


図 2-2-2-3 木質建材化が可能な建材と主要な課題

(4) 課題の抽出

現状、戸建住宅に供給されている建材のうち、工業生産品が多くを占めていると同時に木製品に置き換えやすい建材に着目し、解決すべき課題を抽出した。その結果の一覧を示すと図2-2-2-3の通りである。

1) 外装材

木質外装材は、北海道内でモルタル外装や窯業系外装材が普及する前まで、一般的なものであった。木質外装を使用しない理由を調査したところ、塗替えなどのメンテナンス性、防水性の性能が不明であることが課題になっている。その課題を解決する目的から、林産試験場では、外装材の塗装と劣化、メンテナンスに係る実験的検討を実施し、粗挽きの木質外装材は、かな掛けしたものに比べて、塗装の変色が少ないことを明らかにしている。北方建築総合研究所では、木質外装材の降雨時における水密性について実験的検討を行い、後述の実証住宅に使用する外装材として提案をしている。これらの研究は、木質外装材の普及に対して効果的な技術資料として、一助になると考える。

2) 窓

木製窓は、意匠性が評価されている一方で樹脂サッシと比べて高価であること、メンテナンスの手間がかかることが指摘されている。課題を解決するため、道内の住宅事業者に再度アンケートを行い、木製サッシについて新たな使い方の提案が受け入れられるかの調査をした。その結果の一部を図2-2-2-4に示した。同図は、木製サッシと樹脂サッシを一戸の住宅内で混用することを許容するか否かについて回答を得たものである。図の通り、37%の事業者は、木製サッシの混用を許容すると回答している。木製サッシを1階の居間のみに使用するなど、仕様部位を絞った開発を行う基礎資料を提供している。林産試験場では針葉樹材を使用した高耐久性木製サッシの研究開発を開始している。

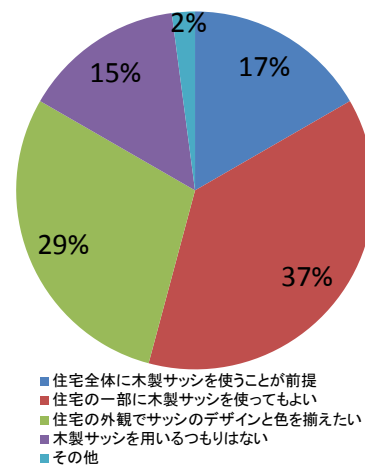


図2-2-2-4 事業者の木製サッシの使用意向

3) 床材

針葉樹合板を台板に活用した床材の開発可能性を明らかにするため、衝撃強さや変形など基礎物性について実験的検討を行った。その結果、現状使用されているラワンやMDFなどの台板に対して、針葉樹合板を使用可能なことを示した。針葉樹合板を利用できることは、MDFに比べ、大きな工場設備投資を必要としないことが長所で、既存の合板工場で床材の製作が可能なことを示唆している。道内産の複合フロア材製造に向けた技術開発に寄与できると考えている。

(5) まとめ

本節では、北海道内の森林資源を活用した木質建材の可能性について検討を行い、従来の住宅建材から木質系建材へ置き換えた際の技術的課題について述べた。これらの課題は、道内の木質建材の開発目標を設定する際の必要資料として活用できる。

高倉政寛（北方建築総合研究所）

2.2.3 道産材の構造部材としての活用

住宅における道産材の**構造材***としての活用方法について、現状と今後を丸太の径級別に整理すると図2-2-3-1のようになる。主に産業資材として活用されている丸太のうち、14～18cm程度の径級の丸太を構造材として活用するための技術開発が「4.1.1 コアドライ*材」で、また、20～28cm程度の径級の丸太から得られる**集成材用ラミナ***の高度な活用技術が「4.1.2 プレミアム集成材」で実施されている。30cmを超える大径材については別途重点研究により活用技術の開発が行われてきている^[1]。本研究では、道内木造住宅において構造用合板を使用した構法が普及していることも背景とし^[2]、今後カラマツだけでなくトドマツも活用することによってより一層の安定供給が期待でき、原木の取引価格が最も高値である道産構造用合板・厚物合板を木造住宅へ構造部材として活用・普及するための情報整備・技術開発を行った。

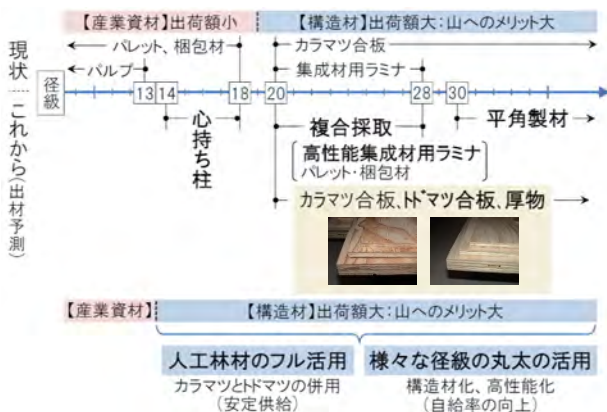


図2-2-3-1 住宅における構造材としての道産材の活用方法の現状と今後（径級別の整理）

（1）カラマツ・トドマツの構造用合板活用のための構造設計資料の整備

1) 目的

道産構造用合板を構造材として活用・普及する上での主な課題は次のとおりである。

- 信頼性・各種構造設計に対応できるデータが未整備
- 他樹種合板との構造性能の差別化
- 住宅性能表示制度^[注1]に対応できる構造仕様と道内木造住宅の構造仕様との不一致

ここでは、これら諸課題の解決へ向けて、許容応力度設計や限界耐力設計等を用いてのより自由度の高い設計を行う際に必要となる構造用合板釘接合部の荷重-変形曲線情報を得るための道産カラマツ・トドマツ合板の釘接合部のせん断耐力実験と、道産構造用合板を木造住宅の主要耐震要素である耐力壁に用いた場合の破壊性状の確認実験を行うと共に、住宅性能表示制

度へ対応できる構造データの整備に向けて道産構造用合板を活用した勾配屋根の水平加力実験を実施した。

2) 方法

①構造用合板-釘接合部のせん断耐力実験の概要

構造用合板-釘接合部のせん断耐力実験は、「木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—」^[3]等に示されている釘接合部の1面せん断試験方法を参照して実施した。実験実施状況を図2-2-3-2に示す。実験は、厚さが9.5mm (3ply), 12mm (4ply), 24mm (8ply)となるカラマツ構造用合板とトドマツ構造用合板について実施すると共に、比較用に厚さ9.5mmスギ構造用合板についても実施した。使用した釘は、9.5mm合板においてはCN50釘、12mm合板においてはCN65釘、24mm合板においてはCN75釘を用いた（いずれもJIS釘）。実験は、繊維方向・繊維直交方向を含め全94体、188面について実施した。

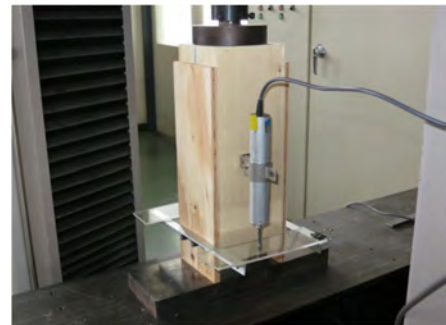


図2-2-3-2 構造用合板-釘接合部のせん断耐力実験実施状況

②面材耐力壁の破壊実験の概要

通常の釘打ちによる大壁仕様耐力壁を対象とした面内せん断試験を実施した。実験方法は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）」^[4]に示されている柱脚部の浮き上がりを拘束するタイロッド式の面内せん断試験と柱脚固定式の面内せん断試験のそれぞれの方法を採用した。各試験体の仕様を表2-2-3-1に掲げる。試験体の共通基本仕様は次のとおりである。

- 壁体：柱芯間距離1,820mm、内法高さ2,625mmの在来軸組構法壁体。柱頭・柱脚は短ほぞ加工
- 軸組材：柱・土台は105×105mmのスギ製材。梁材は105×180mmのベイマツ製材。間柱は30×105mm・目視等級甲種Ⅱ・3級程度のスギ製材
- 面材：カラマツ合板とトドマツ合板の2種類。厚さは9.5mm(3ply), 12mm(4ply), 24mm(8ply)の3種類。見付寸法は全て910×2,730mm
- 接合具：CN釘

タイロッド式試験体の試験体数は各2体で、柱頭・柱脚にはZマーク山形プレートを施工した。また、柱脚

2.2.3 道産材の構造部材としての活用

固定式用試験体の試験体数は各1体で、柱頭・柱脚はHD金物(B-HD25)で補強してある。実験実施状況を図2-2-3-3に示す。

表2-2-3-1 面材耐力壁の試験体仕様一覧

試験体名	面材	留め付け釘	試験方法
K09-T	カラマツ 9.5mm	四周：CN50@150 間柱：CN50@200	タイロッド式※1
K12-T	カラマツ 12mm	四周：CN65@100 間柱：CN65@200	
K24-T	カラマツ 24mm	四周：CN75@100 間柱：CN75@100	
T09-T	トドマツ 9.5mm	四周：CN50@150 間柱：CN50@200	
T12-T	トドマツ 12mm	四周：CN65@100 間柱：CN65@200	
T24-T	トドマツ 24mm	四周：CN75@100 間柱：CN75@100	
K09-F	カラマツ 9.5mm	四周：CN50@150 間柱：CN50@200	柱脚固定式※2
K12-F	カラマツ 12mm	四周：CN65@100 間柱：CN65@200	
K24-F	カラマツ 24mm	四周：CN75@100 間柱：CN75@100	
T09-F	トドマツ 9.5mm	四周：CN50@150 間柱：CN50@200	
T12-F	トドマツ 12mm	四周：CN65@100 間柱：CN65@200	
T24-F	トドマツ 24mm	四周：CN75@100 間柱：CN75@100	

[備考]

※1：仕口は短ほぞ差し・CN90釘2本打ち・Zマク山形プレート(VP, ZN90)。試験体数は2体。

※2：仕口は短ほぞ差し, CN90釘2本打ち, B-HD25。試験体数は1体。



(a) タイロッド式・カラマツ合板 (b) 柱脚固定式・トドマツ合板

図2-2-3-3 面材耐力壁の破壊実験実施状況

③ 勾配屋根の水平耐力実験の概要

積雪地域仕様の垂木断面の勾配屋根を対象とした面内せん断試験を実施した。面材耐力壁のせん断実験と同様に、軸組は文献[4]に示されている仕様と整合を図り、実験方法は同文献に示されている柱脚固定式の面内せん断試験法に準拠して実施した。屋根の勾配は、現行の住宅性能表示制度における性能評価値が5寸を境に変わっていることに鑑み、5寸勾配の屋根を検討対象にすることとした(表2-2-3-2)。軸組はE105-F300のオウシュウアカマツ*集成材とし、垂木は幅45mm×せい270mmのトドマツ平角材で、垂木の間隔は455mmとした。垂木の軸組への留め付け釘はN75とし、構造用合板

の留め付け釘はN50とした。棟木上での垂木同士の合掌部についての規定は無いが、既往の研究^[5]を参考にし、12mm構造合板ガセット*を用いてN75釘32本でつなぎ合わせた。実験状況を図2-2-3-4に示す。

表2-2-3-2 勾配屋根の試験体仕様一覧

No.	面材	留め付け釘			備考
		垂木		転び止め	
		軒桁	棟木		
①	カラマツ 12mm	N75×2	N75×2	N75×4	住宅性能表示制度の釘仕様
②	カラマツ 24mm	N75×2	N75×2	N75×4	住宅性能表示制度の釘仕様
③	トドマツ 24mm	N75×2	N75×2	N75×4	住宅性能表示制度の釘仕様
④	無し	N75×4	N75×4	N75×6	接合部の釘打ち増し 軸組のみ
⑤	カラマツ 12mm	N75×4	N75×4	N75×6	接合部の釘打ち増し
⑥	カラマツ 24mm	N75×4	N75×4	N75×6	接合部の釘打ち増し
⑦	トドマツ 24mm	N75×4	N75×4	N75×6	接合部の釘打ち増し

[備考]

1)12mm合板の留め付け釘仕様：N50@150, 2)24mm合板の留め付け釘仕様：N75@150, 3)垂木の留め付け釘仕様：45×270@455, 4)棟上での繋ぎ合わせ：12mm合板ガセット+N75×32, 5)試験体数：①～④は各1体, ⑤～⑥は各3体, ⑦は2体



図2-2-3-4 5寸勾配屋根の水平耐力実験実施状況

3) 結果と考察

① 構造用合板一釘接合部のせん断耐力実験

実験結果より、次のことを明らかにした。

- ・厚さ9mmの構造用合板と釘接合部のせん断性能の高さはカラマツ、トドマツ、スギの順となる。これは、試験体の構造用合板の密度がそれぞれカラマツ499kg/m³、トドマツ424kg/m³、スギ403kg/m³であったことと整合が取れている(図2-2-3-5参照)。
- ・道産カラマツ構造用合板について、厚さ9.5mmにおいては釘頭貫通と釘の引き抜けが同程度混在するが、12mm以上になると釘の引き抜けが破壊モードとなる。
- ・道産トドマツ構造用合板について、厚さ9.5mmと12mmの殆どは釘頭貫通が破壊モードとなるが、厚さ24mmにおいては釘の引き抜けが破壊モードとなる。
- ・9.5mmのトドマツ合板において、破壊モードにおける異方性の影響が顕著に現れる。

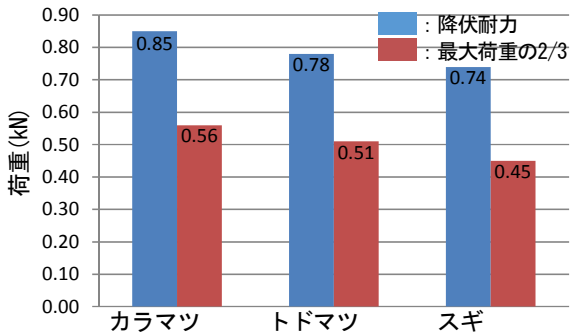


図2-2-3-5 カラマツ・トドマツ・スギ合板の釘接合部のせん断性能の比較(9.5mm)

②面材耐力壁の破壊実験

実験結果より、次のことを明らかにした。

- ・トドマツ合板試験体とカラマツ合板試験体は、いずれも合板の厚さが増し、接合具の仕様が強固になるに伴い、同様な耐力の増加傾向を示す。
- ・厚さが9.5mmと24mmの場合は、カラマツ合板試験体とトドマツ合板試験体の骨格曲線はほぼ同じであるが、12mmの場合はカラマツ合板試験体の方が高い耐力特性を示す傾向にある。
- ・耐力低下に至る主な破壊形式は、厚さ9.5mmの場合は釘頭の貫通であり、厚さ24mmの試験体では釘の引き抜けとなる。厚さ12mmの試験体においては、カラマツ合板仕様の試験体では釘の引き抜けが支配的であるのに対し、トドマツ合板仕様の試験体では釘の頭抜けが支配的になる(図2-2-3-6参照)。



(a) 釘頭の貫通 (b) 釘の引き抜け
図2-2-3-6 道産構造用合板の厚さの違いに起因する耐力壁の破壊形態の違い

③勾配屋根の水平耐力実験

実験結果より、次のことを明らかにした。

- ・現行の住宅性能表示に示されていない、積雪荷重への対応を図った垂木仕様が45×270@455となる5寸勾配屋根においても、構造設計に寄与できる構造耐力を有している(図2-2-3-7参照)。
- ・その構造性能は、構造用合板を12mmから24mmへと厚物化することにより4~5割程度向上する。

- ・12mmの構造用合板を用いる場合でも、垂木と軒桁の留め付け釘を打ち増すことで勾配屋根の構造性能は4割程度向上する。
- ・24mmの構造用合板を用いて垂木と軒桁の留め付け釘を打ち増すことで、12mm・釘打ち増し無し時と比べて勾配屋根の構造性能は8割程度向上する。
- ・耐力低下に至る主な破壊形式は、垂木と軒桁の留め付け釘の打ち増しを行わない場合は当該部分の損傷・破損が支配的であり、釘の打ち増しを行った場合は、構造用合板の釘接合部での損傷が支配的となる。
- ・釘の打ち増しを行い、厚さ24mmの構造用合板を用いた場合の構造用合板の釘接合部の破壊モードは、前項の耐力壁と同様、釘の引き抜きが主になる(図2-2-3-8参照)。

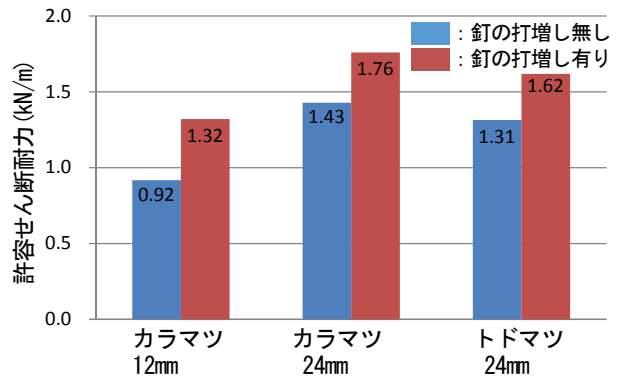
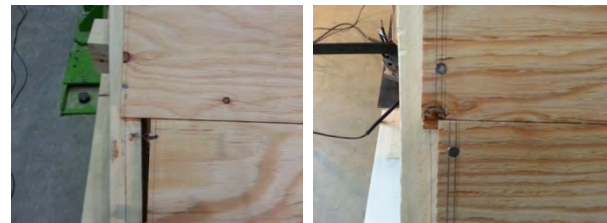


図2-2-3-7 5寸勾配屋根の構造耐力



(a) 厚さ12mm (b) 厚さ24mm
図2-2-3-8 勾配屋根におけるカラマツ合板の破壊形態の違い

(2) 単板選別による効率的な合板製造技術の可能性

1) 目的

効率的な合板製造を考慮すると、用途や要求性能に応じて単板を選別することが有効であると考えられる。道内合板工場においては、節や割れ等の外観上の欠点による単板選別が行われているものの、単板密度やヤング係数等の単板性能に応じた選別はなされていない。単板の製造技術上の特性として、原木の内周部と外周部から得られた単板を明確に分離することが可能であることから、**未成熟材***部と**成熟材***部の単板を使い分けることにより、用途や要求性能に応じた効率的な合

板が製造できる可能性がある。そこで、カラマツ材において、原木半径方向の性能分布を調べ、合板の高性能化・多様化の可能性を検証した。

2) 方法

浦幌産カラマツ材（長さ200cm，末口径平均34cm）10本を用いて、長さ55cmの原木を20本採取し、ベニヤレーズ*により厚さ3.15mmで単板切削した。単板の未成熟材部と成熟材部を区別するため、単板切削するに当たり、原木元口側の髄から15年輪より内側の部分を油性塗料で着色した（図2-2-3-9参照）。単板は内周部から順に番号を付け、各単板の長さとし累積長さをもとに、得られたすべての単板について、スピンドル*中心からの距離（以下、中心距離）を算出した（図2-2-3-10参照）。また、単板繊維方向の超音波伝播速度を測定し、単板のヤング係数を算出した。単板は木口面の着色の有無から、全体が着色した未成熟単板、着色の無い成熟単板、一部が着色した混在単板を区分した。



図2-2-3-9 未成熟材部の着色

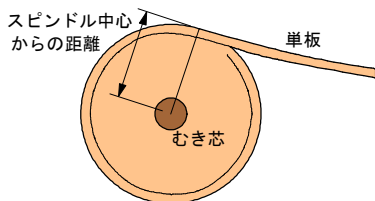


図2-2-3-10 スピンドル中心からの距離の算出

3) 結果と考察

中心距離と単板のヤング係数の関係の一例を図2-2-3-11に示す。中心距離が増加するに従い単板のヤング係数が増加する傾向が認められた。また、単板密度についても同様に、外周部に向かうにつれて増加する傾向が認められた。中心距離10cm未満では、未成熟単板と混在単板を併せて8割以上を占めたが、中心距離10～12cmでは約6割が成熟単板となった（図2-2-3-12参照）。中心距離10cmを超えると単板のヤング係数は10GPa以上の高い値で安定する傾向が認められること（図2-2-3-11参照）からも、中心距離10cm付近で単板を分けることで、高強度単板の選別や高性能な合板が製造できる可能性が示された。

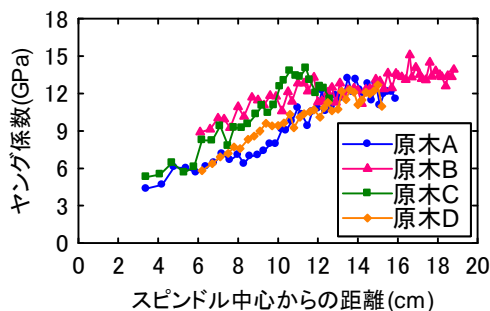


図2-2-3-11 中心距離と単板のヤング係数の関係

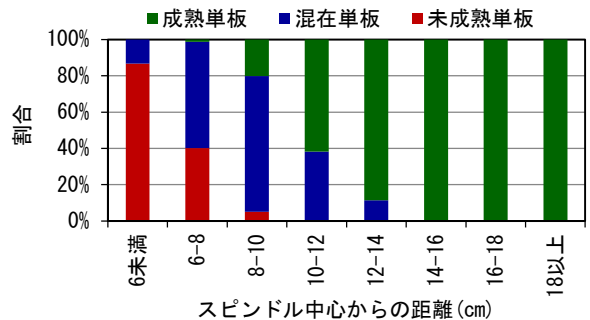


図2-2-3-12 中心距離ごとの未成熟・成熟単板の割合

(3) まとめと今後の課題

各種構造設計法を用いての自由度の高い設計を行う際に必要となる、道産カラマツ・トドマツ合板釘接合部の荷重-変形曲線情報を得ると共に、これら合板を耐力壁へ活用した際の破壊形式が接合部要素実験と整合の取れていることを示し、道産合板の構造材としての信頼性を確認した。また、住宅内に配置された耐力壁がどの程度一体化されるのかを明らかにするための道産構造用合板を活用した勾配屋根の水平加力実験を実施し、住宅性能表示制度に対応でき、かつ、耐力壁の配置の自由度を高めることのできる構造データを示した。更には、道産構造材の自給率向上に向けて、高強度単板の選別によって高性能な合板が製造できる可能性を示した。今後、関連する構造体については勾配屋根仕様バリエーションの充実、単板選別技術を活用した合板製造に関しては合板としての性能検証や道産トドマツ単板に関する検証等が課題となる。

注1) 平成12年4月1日に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づく制度。様々な住宅の性能をわかりやすく表示するもので、本研究と関連する表示項目としては「構造の安定」がある。

(4) 引用文献等

- [1] 例えば林産試験場重点研究. “カラマツ大径材による建築用材生産技術の検討”. (2009-2011)
- [2] 例えば北方建築総合研究所 (当時: 寒地住宅都市研究所) 共同研究. “北海道における木造住宅の耐震性に関する研究”. (1996-1997)
- [3] 日本建築学会. “木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—”. (2006)
- [4] (財) 日本住宅・木材技術センター. “木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2008年版)”. (2008)
- [5] 植松武是他. “木質I形複合梁を垂木とした勾配屋根の水平耐力”. 日本建築学会北海道支部第87回研究発表会 (2014)

植松武是 (北方建築総合研究所)
古田直之 (林産試験場)

2.3 地域のための「新たな住まい」の実現に向けて

2.3.1 「新たな住まい」の設計ガイドライン

北海道における暮らしと住宅の目標像として推進されてきた**北方型住宅***。この北方型住宅を技術的に支え、実現させてきたこれまでの北海道の住宅技術を基盤に、本章で取り組んだ森林資源循環、環境負荷低減、地域産業振興等の様々な要求に応える住まいのあり方や、それを実現するための技術開発・設計手法に関する検討結果を加えて、『地域のための「新たな住まい」』の設計ガイドライン案とする(図2-3-1-1, 図2-3-1-2)。設計ガイドラインとして新たに提案していく項目とそれを実現するための開発技術等をまとめると次のとおりとなる。

なお、北方型住宅の現在の基準項目については北海道建設部住宅局建築指導課が発刊する資料等を、新たに提案する各項を実現するための開発技術等の詳細については、本報告書内の前述の本文を参照されたい。

(1) ライフステージに応じた住まい

本研究では、人口や世帯数の将来予測や住宅ニーズ

調査などから、北海道における将来的な住まいのあり方を検討した。今後、住宅着工戸数は減少していく中で、それぞれのライフステージ・ライフスタイルに応じた多様でコンパクトな住まいが求められる。ここでは、これらの検討結果を踏まえ、世帯人数に応じた住まい、高齢化に向けた備え、アプローチの屋内化、プライバシーのある外の暮らしなどを提案している。

(2) 地域居住に向けた新たな省エネルギー戦略

広大な北海道では、各地域の気候・風土の特徴を活かし、住まいに取り入れることで、地域間でのエネルギーコストの差を是正していくことが望ましい。

本研究では、住宅にてエネルギー収支ゼロの達成できる省エネ性能を念頭に、エネルギーコストを平準化するための目標設定を行った。そしてそれを実現するための技術として地域の気候を活かした断熱設計の実施、日射熱の利用、熱容量の増加を図る、夏季の日射遮蔽、床下暖房の利用などを提案している。

(3) 室内環境の性能向上

省エネ性能の向上とあわせて、室内環境の快適性を



図2-3-1-1 「新たな住まい」の設計ガイドライン案(その1)

2.3.1 「新たな住まい」の設計ガイドライン

向上させるための技術開発を進めていく必要がある。

本研究では、周辺の日影を考慮して窓を配置することによって、日中の自然光で明るさを確保できるような工夫、所定の性能を有する乾式遮音二重床構造などの技術を提案している。

(4) 道産木質建材の積極的な活用

北海道の森林資源の循環を構築するためにも、住宅への道産木質建材の積極的な活用が強く求められている。

本研究では、住宅に用いられる非構造部材である外装材、窓、床材に着目した森林資源の適用及び木質建材開発の方向性の提案、道産構造用合板・厚物合板を木造住宅へ構造部材として活用・普及するための情報整備・技術開発を行った。

木造住宅では、土台、柱、桁、床梁、小屋梁、根太、垂木、間柱、構造用面材等に木材が使用されており、いずれも現在流通している道産材を活用できることを

確認した。今後、林産試験場で現在開発中のプレミアム集成材やプレミアム合板など、新たに開発される道産木質建材の活用も期待される。

(5) 実現に向けた取組み

本項では、地域のための「新たな住まい」の考え方とそれを実現するための技術の概略として設計ガイドライン案を提案した。

これからの住まいに求められる様々な暮らしのニーズに対応しつつ、これまで培ってきた技術を基盤に道産材の有効活用による資源循環と地域経済の活性化を目指した『地域のための「新たな住まい」』は、時代とともに進化していくものであり、今後も技術開発、実証、施策提案を引き続き継続して行うことが重要である。

次項では、本ガイドライン案に基づいて建設された実証住宅、本ガイドライン案が実際に行政施策に反映された事項等を紹介する。

糸毛 治，中村拓郎（北方建築総合研究所）

構造用合板（勾配屋根）

構造設計時に耐力を加算できる水平補面の仕様は、垂木は幅45以上×せい145～90mmまで、合板は厚さ9～15mmまでと非常に限られていたが、45×270の垂木仕様(30度勾配)についても次の床倍率を活用して良い(12mm合板で1.32、24mm合板で1.76)。これらの水平耐力を加算することによって、火打ちの本数を削減したり、吹抜け空間あるいは耐力壁配置の自由度を高めることもできる。

木造遮音床

所定の性能を有する乾式遮音二重床構造を用いるなど、新たな技術を取り入れた床構成を検討する。

道産材の新たな可能性

土台、柱、桁、床梁、小屋梁、根太、垂木、間柱、構造用面材等に木材が使用されており、いずれも道産材を活用することができ。

将来的には、林産試験場で現在開発中のプレミアム集成材やプレミアム合板等の新たな道産材を積極的に活用していくことも検討する。

木質外装材・窓

必ずしも外装材・窓のすべてを木製にする必要はなく、適材適所の使用方法を検討することが望ましい。木質外装は、切削加工と小シーリングが多くなりやすい窓廻りを中心にポイント使いとする方法もある。施工修繕のしやすさが、結果的に意匠性向上につながるため、外装修繕(部材交換)のしやすさ、細部の収まりの切削加工しやすさを十分に検討する。木製窓は、インテリア性や窓の開け方に係る機能性に配慮した検討を行う。

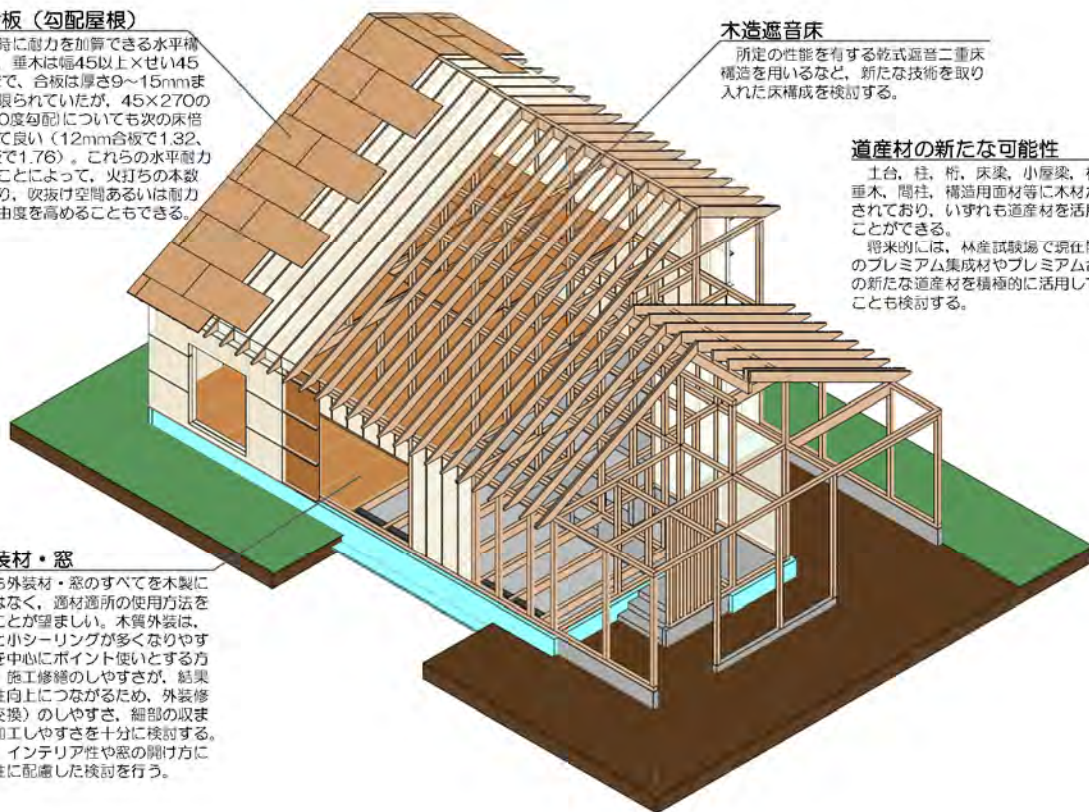


図2-3-1-2 「新たな住まい」の設計ガイドライン案(その2)

2.3.2 道産材が魅える実証住宅

(1) 目的

これまで述べてきたとおり、川下（住宅産業側）では住宅需要、ひいては木材需要が低迷することは明らかである。その現状の中でどのように道産材需要を伸ばすことができるだろうか。その一つの試みとして、本研究の成果を盛り込んだ実証住宅を建設し、広く一般に道産材の魅力を発信するとともに、普及のための課題を整理した。

(2) 実証住宅の概要

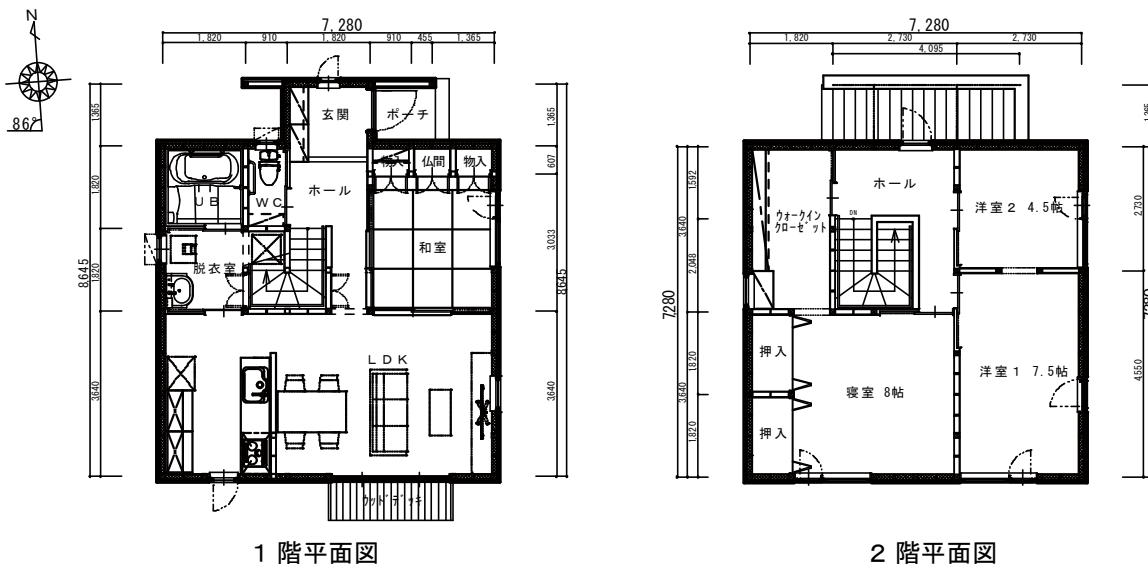
4つのコンセプト「コアドライ材を中心とした道産材の活用」「道産材を魅せる住宅」「コンパクトで低コストな住宅」「高性能な住宅」による実証住宅「Square House」（図2-3-2-1, 5, 6）が民間工務店の協力のもと、旭川市内に建てられた。

柱や梁、土台、内外装材や窓枠にも道産材をふんだんに活用し、カラマツ特有の赤身が映える風合いのある空間に仕上がった。これまで北海道では、高気密化・高断熱化のために大壁づくり*が多く、構造材が目に見えないことからユーザーにとって道産材を使うモチベーションにつながりにくかった。しかし、本実証住宅では、真壁づくり*を採用し、そのデメリットが払拭でき、木材の魅力をより身近に感じられる住宅となった。

また、近年一般的には面積の大きな住宅が建てられる傾向にあるが、本実証住宅では、4間×4間の総二階で108.5㎡とコンパクトな住宅となった。これは、現在の建築主が二人暮らしであることや、将来の中古住宅流通を考えても適当な大きさであると考えられる。道産材使用量は合計 9.0㎡、使用割合は柱および土台で100%、梁桁では56%であった。

(3) 実証住宅の評価

構造見学会（図2-3-2-7）および内覧会に来場した100名のうち45名からアンケートの回答が得られた。その内訳は業界関係者が26名、一般客が19名である。カラマツ材に対する印象では、全体の67%が「よい」と答えたが、一般客のみでは「ふつう」が53%と最も多い。「わるい」と回答した人はいなかった（図2-3-2-2）。次に、住宅を建てるならどのような材料を使いたいかという質問では、全体の82%が「北海道産がよい」と答えた（図2-3-2-3）。さらに、道産材活用による価格の上昇についても、「少しでも値上がりするなら使わない」「補助金で差額がなくなるなら使いたい」が合わせて38%であり、金額の差はあるものの残り62%は、価格の上昇を許容すると答えた（図2-3-2-4）。このことから、今後さらにカラマツの魅力をみせることにより、需要拡大につながると考えられる。



建物概要

敷地面積	281.54 m ²
構造	木造
階数	2階建て
建築面積	58.58 m ²
延床面積	108.48 m ²
間取り	4LDK

道産材 使用量

材料	使用材積	使用割合
柱	2.019 m ³	100%
梁・桁	1.747 m ³	56%
土台	0.482 m ³	100%
羽柄材	4.735 m ³	
合計	8.983 m ³	

住宅性能

劣化対策	等級3
耐震性	等級2
高齢者対策	等級3
省エネルギー対策 熱損失係数	等級4 1.3[w/m ² k]

「Square House」は、
・国交省長期優良住宅認定基準に適合しています。
・国交省「地域型ブランド化事業」に基づく住宅です。

図2-3-2-1 実証住宅の概要図

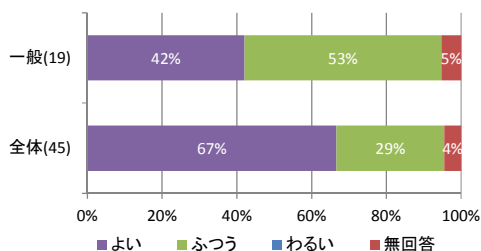


図2-3-2-2 カラマツ材に対する印象

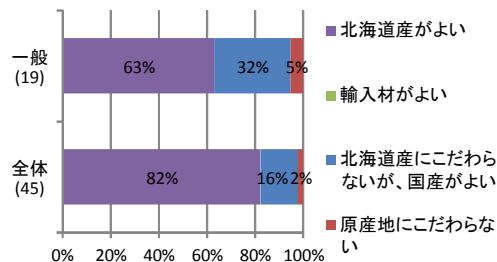


図2-3-2-3 木材産地への意向

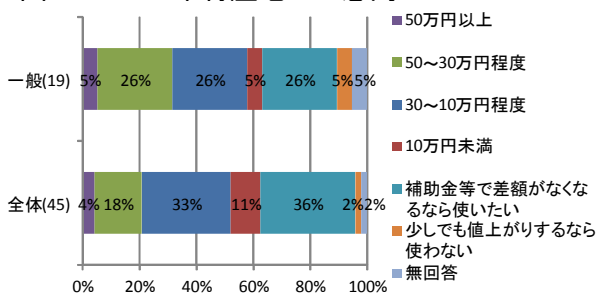


図2-3-2-4 道産材利用による価格の上昇への許容範囲

(4) 施工業者からみたカラマツ材の印象の変化

本実証住宅の建設に協力いただいたシンハマホームは、これまでも**北方型住宅***を取り入れるなど住宅の性能向上に力を入れ、さらには自社で製材するなど技術的にも定評のある工務店であった。しかし、新濱社長のカラマツ材に対する印象は、ねじれる・あばれる・ひび割れるというネガティブなもので、自社が手掛ける物件ではほとんど使うことはなかった。

そこで、実証住宅の建設に先駆けて**コアドライ***材の実験棟にご案内したところ、これなら使ってみてもよいとご協力いただけることとなった。

今後は、すぐに手に入るようになればさらに使っていけるとのことである。

(5) おわりに

本実証住宅は、多くの報道機関に取り上げられ、コアドライの認知度が上がったとともに道産材活用への機運を高める第一歩につながったと考えられる(図2-3-2-8)。

馬場麻衣(北方建築総合研究所)



図2-3-2-5 実証住宅外観



図2-3-2-6 実証住宅内観



図2-3-2-7 構造見学会



図2-3-2-8 報道機関からの取材

2.3.3 「きた住まいる」への反映と住宅分野での道産材の利活用・住宅エネルギーに関する目標値の提案

(1) 目的

本研究では、川下側の検討項目として、「新たな住まい」を提示することとしている。「新たな住まい」というと、道が推進する「**北方型住宅***」の初期の基準が示すように、標準的な世帯像を念頭に、住宅の一定の型のようなものを想起しがちであるが、「2.1.1 暮らしの動向と将来予測にみる住まいのあり方」で述べたように、今後は世帯・ライフスタイルの多様化とそれに伴う住宅ニーズの多様化が一層進み、「新たな住まい」をひとつの型として提示することの意味は失われていくと言える。そのため、「新たな住まい」では、世帯の多様化や変化に応じて、様々な住宅ニーズに対応した住宅を、住まい手自身の判断により適切に取得できる仕組みが求められる。

以上のことは、主として住宅のプランニングに関する事項と言えるが、「新たな住まい」を考えるに際しては、それ以外の社会状況の変化を踏まえた別の観点からの住宅の在り方についても検討が必要である。

ひとつは、道産材の利活用の促進である。住宅に道産材を用いることは住宅性能の向上やニーズへの対応とは直接には結びつかないが、住宅を社会的な資産と捉えるなら、道産材の活用による森林資源循環や地域経済への貢献といった側面から、今後の目標として検討すべき事項である。

次に、本道の住宅において欠かせない省エネに関する事項についてである。「北方型住宅」の普及推進により、道内の住宅の断熱・気密等に関する性能は向上し、新築住宅においては一定の水準にあると推定されるが、それだけでは十分と言いきれない。「2.1.2 地域居住に向けたエネルギー戦略と技術開発」で述べたように、断熱・気密の性能が上がっても、道内の住宅のエネルギー消費量とそれに伴う生活コストには地域間での格差が存在する。生活コストの不利を解消し地域居住を進めるためにも、住宅に係るエネルギーの地域間格差を解消するための目標について検討が必要である。

- 以上をまとめると、「新たな住まい」とは、
 ア. 多様化する住宅ニーズに応じた住宅取得
 イ. 住宅分野での道産材の利活用
 ウ. 住宅エネルギーの地域間格差の是正

をテーマとした住宅であり、アについては「北方型住宅」制度の見直しと連動した住宅取得の新たな仕組みを、イとウについてはそれぞれの目標水準とそれを達成する手立てを取りまとめる。

(2) 方法

1) 多様化する住宅ニーズに応じた住宅取得

住まい手が住宅ニーズに応じた住宅を適切に取得するには、自身のライフスタイルに加えこれから取得する住宅の性能や特徴への理解が欠かせない。そのためには、住宅の性能や特徴が適切かつ分かりやすく表示されることが求められる。本研究では、道の「北方型住宅」制度の見直しと連携して、住宅取得の新たな仕組みについて検討を行った。

2) 住宅分野での道産材の利活用

住宅における道産材の利活用の目標については、森林資源循環と地域経済活性化の側面から、「2.2 道産材を活用した住まいのための技術開発」による検討、現状における使用実態等を踏まえて、現実的な利用目標と手立てについて検討を行った。

3) 住宅エネルギーの地域間格差の是正

北海道の住宅における生活コスト（光熱費）の地域間格差には、気象条件の違いによる暖房エネルギー消費量の影響が大きい。ここでは、「2.1.2 地域居住に向けたエネルギー戦略と技術開発」による検討結果を踏まえ、地域間格差を是正するために必要となる住宅の外皮性能（**外皮平均熱貫流率(U_a値)***、**熱損失係数(Q値)***）と**一次エネルギー*消費量**の目標値について検討を行った。

(3) 結果と考察

1) 多様化する住宅ニーズに応じた住宅取得

住まい手が住宅ニーズに応じた住宅を適切に取得するため、住宅性能等を表示する「住宅ラベリングシート」を提案し、新たな「北方型住宅」制度に組み込まれた。図2-3-3-1に、新たな「北方型住宅」制度の概要について示す。この制度は「きた住まいる」として平成26年8月より運用されている。

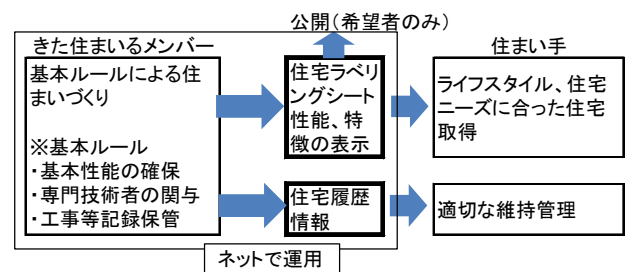


図2-3-3-1 「きた住まいる」の概要

「きた住まいるメンバー」は基本ルールによる住まいづくりを行う道に登録された事業者で、住まい手に「住宅ラベリングシート」を発行する。「住宅ラベリングシート」には、耐震、断熱、耐久性といった住宅

の基本性能が☆の数で表示されるとともに、省エネ性能、子育て住宅等ライフスタイルなどに関する住宅の特徴が分かりやすく表示される(図2-3-3-2)。住まい手はこれにより住宅の性能や特徴が自身の住宅ニーズに合ったものかどうかを確認できるとともに、シートの公開により将来中古住宅となった場合も、新たな住まい手にとってニーズに対応した住宅の取得が可能となる。

住宅の性能表示制度は、これまででも法律に基づく制度もあったが、表示内容を住まい手が求める項目に限定し分かりやすくした点と、くらし、長寿命、安心等、住まい方や住宅ニーズに関する項目を表示する点が従来の表示制度とは異なり、多様化する様々な住宅ニーズに応じた取得を可能とする仕組みとして今後期待できる。



図2-3-3-2 「住宅ラベリングシート」

2) 住宅分野での道産材の利活用

表2-3-3-1に道産材の利用実態、経済波及効果について示す。森林資源循環の面では、山元である林業者の経営が成り立ち、伐採 → 出荷(利用) → 植林という循環が適正に行われるため、住宅での道産材利活用がどの程度貢献できるのかという観点から検討した。表2-3-3-1に明らかのように、毎年の適正伐採量と丸

表2-3-3-1 道産材の利用実態と経済波及効果

資源循環	カラマツ 適正伐採量 200万m ³ /年 丸太利用量200万m ³ /年 (2010年)
事業収支	カラマツ 山元総売り上げ382万円/ha 総経費269万円/ha 収支113万円/ha
自給率	木材総需要量630万m ³ 道産材供給量360万m ³ 自給率57.4%
建築材利用率	道産材360万m ³ の内、建築用材は17万m ³ (4.7%) 建築用材の総需要量79万m ³ の内、道産材建築用材は17万m ³ (22%)
経済波及効果	住宅建築での使用率を10%アップすることで、約17億円の経済波及効果

表2-3-3-2 部位別木材使用量

柱	3m ³
梁・桁	6m ³
土台	1m ³
羽柄材	10m ³
面材	6m ³
計	26m ³

太利用量は均衡し循環は確保されており、山元の事業収支も黒字である。しかしながら、道内の木材総需要量に対する道産材の自給率は57.4%(道水産林務部平成21年木材需給実績)で国の「森林・林業基本計画」に定める2020年の目標自給率50%を達成してはいるが、その内訳はパルプ・チップや輸送資材*などの利用が大半を占め、高付加価値の建築用材の利用は4.7%と低迷している。また、建築用材全体における道産材の利用も22%に留まっている。地域経済の面では、林産試験場の試算によると、道産材の住宅建築での使用率を10%アップさせることで、約17億円の経済波及効果が見込まれている。

以上から、山元の事業収支を向上させ今後も森林資源循環を維持するとともに地域経済の活性化に向け、住宅分野での道産材利活用が果たす役割は大きい。

それでは、具体的な目標をどこに設定すべきか。住宅に使用する木材を全て道産材とする(使用率100%)のが理想ではあるが、現状の使用実態や利活用に向けた技術開発動向などを踏まえて、現実的な数値目標を検討する必要がある。表2-3-3-2に示すのは、「2.2.1 道産型活用型住宅の現状と可能性」などの本研究で行った住宅の道産材使用実態調査からの木造住宅の部位別の木材使用量の標準的なケースである。

このうち、道産材は主に間柱や根太など構造材*や外壁を補う羽柄材*に使用されるのが一般的で、標準的な使用率としては38.4%と推定される。本研究では、道産材を住宅に活用する技術開発も行われており、カラマツの心持ち正角材*の柱(コアドライ*材)については実用化がされている。また、今後梁材の利活用技術の

開発も予定されている。それらの動向と道産材利用の実態等を踏まえると、戸建住宅の道産材使用率の目標を50%とするのが現実的と考える。(柱(3m³)+羽柄材(10m³)/全体(26m³)→50%)

「新たな住まい」における道産材使用率の目標を50%と定めたが、目標達成のために材積計算を行うのはかなりの手間を要する。そこで、前述の標準ケースをベースとして、どの部位を道産材として使用すれば目標を達成できるのか検討した(表2-3-3-3)。

表2-3-3-3 道産材使用部位による使用率

部位	木材使用量(m ³)								
	標準	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8
構造材	柱	3	3			3	3	3	3
	梁	6		6			6	6	6
	土台	1					1	1	1
羽柄材	羽柄材	10	10	10	10	5			
面材	床	3.4			3.4			3.4	3.4
	壁	1.8				1.8		1.8	1.8
	屋根	0.8				0.8		0.8	0.8
	計(m ³)	26	13	16	13.4	12.6	14	13.4	12.6
使用率(%)	100	50	62	52	48	54	52	48	38

検討の結果、目標の50%を達成できる代表的なパターンとして、

- ・柱と羽柄材に使用
- ・梁と羽柄材に使用
- ・面材(床下地)と羽柄材に使用

などが考えられる。もちろん材積計算によりこれ以外の部位に道産材を使用しても差し支えない。

3) 住宅エネルギーの地域間格差の是正

「2.1.2 地域居住に向けたエネルギー戦略と技術開発」における検討結果によると、札幌を基準として道内各地の光熱費を比較すると、気象条件の違いにより20%程度の差が生じている。ここでは、札幌と他の地域における光熱費の格差を是正するため、年間暖房エネルギー消費量を札幌と同じレベルまで削減することを検討した。

図2-3-3-3に各地域で札幌の年間暖房エネルギー消費量と同等にするために必要な熱損失係数を示す。札幌における熱損失係数を1.6[W/(m²K)]とすると、札幌よりもエネルギー消費量が少ない地域では1.6[W/(m²K)]よりも大きくなっているが、札幌よりもエネルギー消費量の多く寒冷な旭川、留萌、稚内では1.3[W/(m²K)]となった。札幌の熱損失係数が1.6[W/(m²K)]の住宅と同等の年間暖房エネルギー消費量にするには、寒冷な地域では熱損失係数を1.3[W/(m²K)]にする必要がある。次に、各地域で年間暖房エネルギー消費量を札幌と同等にした場合の光熱費の差を図2-3-3-4に示す。暖房エネルギー消費量を札

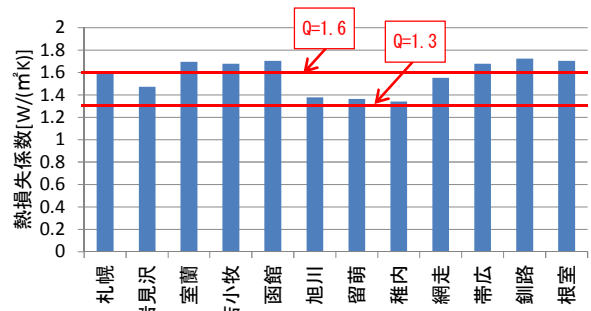


図2-3-3-3 札幌の年間暖房エネルギー消費量と同等にするために必要な熱損失係数

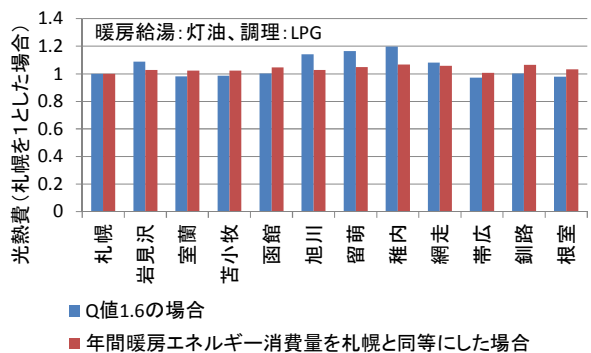


図2-3-3-4 年間暖房エネルギー消費量を札幌と同等にした場合の光熱費の差

幌と同じレベルにすることで、20%程度あった光熱費の地域間格差を7%程度まで小さくできることが分かった。さらに、光熱費の地域間格差をほぼゼロにするためには、ゼロエネルギー住宅を目指すことが必須となる。

以上の検討結果を踏まえ、道内の住宅における光熱費の地域間格差を是正するために必要となる住宅の外皮性能と一次エネルギー消費量の目標値を表2-3-3-4、図2-3-3-5のように設定した。目標値は、平成25年省エネ基準を達成する標準住宅(STEP0)を最低目標とし、STEP1とSTEP2の2段階の目標値を設定した。一次エネルギー消費量の検討には「住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム」を用いた。

表2-3-3-4 目標値の設定

	名称	外皮性能 U _A 値(Q値)[W/m ² K]	一次エネルギー消費量
STEP 0	標準住宅	0.46(1.6)以下	H25省エネ基準達成
STEP 1	北方型住宅 ECO改	0.37(1.3)以下	H25省エネ基準に対して -15%(全道一律の基準)
STEP 2	ゼロエネルギー住宅	0.30(1.0~1.2)以下	市町村別に基準化 (札幌の場合、H25省エネ 基準に対して-40%)

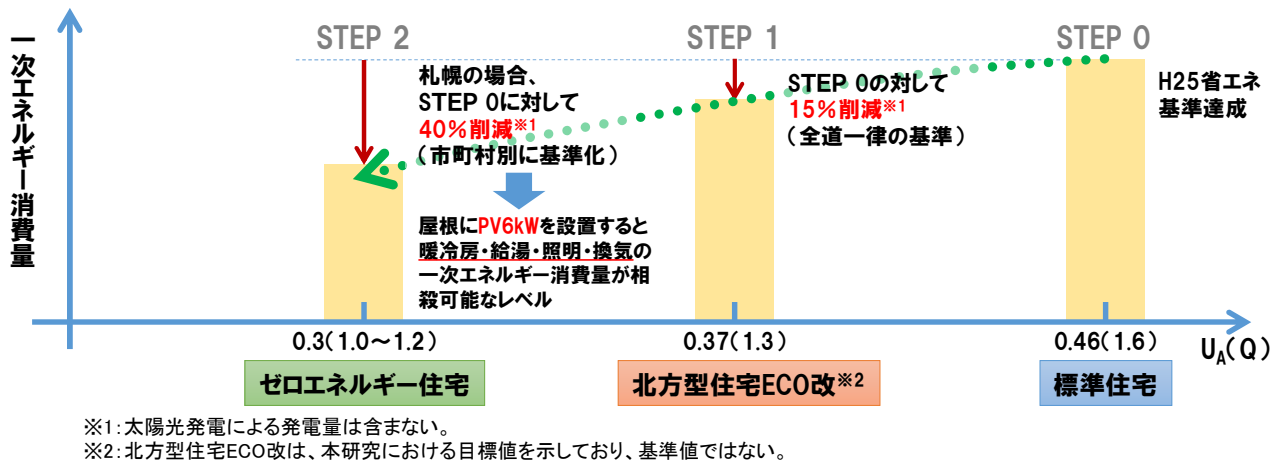


図2-3-3-5 住宅エネルギーの地域間格差の是正に向けた目標値

STEP1は、前述において検討した札幌と同じレベルまでエネルギー消費量を削減し、光熱費の地域間格差を小さくすることを目標としている。外皮性能は、STEP0の熱損失係数 $1.6[W/(m^2K)]$ から $1.3[W/(m^2K)]$ に強化し、一次エネルギー消費量は、STEP0に対して15%削減することにした。一次エネルギー消費量の削減値は、STEP0でH25省エネ基準を満たす設備仕様であれば、外皮性能の強化でクリアできる値である。また、この外皮性能及び一次エネルギー消費量の目標値は、全道一律の基準である。

STEP2は、光熱費の地域間格差をほぼゼロにするゼロエネルギー住宅を目標としている。ここでのゼロエネルギー住宅とは、暖冷房・給湯・照明・換気の一次エネルギー消費量をゼロにすると定義した。既往研究において、**ネットゼロエネルギー***住宅を実現するには外皮性能を熱損失係数で $1.0\sim 1.2[W/(m^2K)]$ にする必要があると提案しており、ここではこれに倣い目標値を設定した。また、ゼロエネルギー住宅を設計する場合、創エネルギー設備を設置する必要があるが、日射量の分布は道内でも地域によって異なることから一次エネルギー消費量の削減値は市町村別に設定することにした。例えば、札幌の場合、STEP0に対して40%削減する必要がある。なお、STEP1とSTEP2における一次エネルギー消費量の削減値には、太陽光発電による発電量を含まないことが前提である。

今後は、STEP1の仕様を満たすように住宅を設計することが必須と考えるが、将来的にはSTEP2の目標値を目指していく必要がある。

(4) まとめ

「新たな住まい」について、多様化する住宅ニーズに応じた住宅取得については、「ラベリングシート」を柱とした住宅取得の新たな仕組みを、住宅分野での道産材の利活用と住宅エネルギーの地域間格差の是正については、具体的な数値目標と設計上の手立てを提示した。このうち、多様化する様々な住宅ニーズに応じた住宅取得を可能とする仕組みについては、道が推進する「きた住まいる」に制度反映された。道産材利活用とエネルギーの地域間格差の是正については、住宅ラベリングシートでの表示が可能ではあるが、さらなる普及方策の検討が必要である。

これについては、今後道において「北方型住宅」基準の見直しについて検討がされるものと期待され、基準への反映などについて道との協議を行っていく。

能勢淳彦，阿部佑平（北方建築総合研究所）

第3章 森林資源の管理技術の構築

(1) まえがき

日本の森林面積は約2500万haで世界の森林面積のわずか0.6%を占めるに過ぎない。しかし人工林面積は1000万haを超えており、世界第6位、世界の人工林の6%を占める。これら人工林は、木材需要が急増した戦後の復興期に集中的な植林により造成された。そのため、人工林の年齢構成は人口構成の「団塊の世代」に似た偏りを有し、近年その多くが利用期を迎えつつある。最近では、利用期を向かえた人工林資源を有効活用し、林業や林産業を核とした地域創成のための様々な政策が全国的に進められている。

北海道の人工林は全国の約15%、150万haあり、本州のスギ、ヒノキとは異なり、カラマツ、トドマツが主要な樹種である。本州の人工林と同様に集中的に植林が実施されたため、年齢構成には著しい偏りがある。そのため、木材の利用側としては、人工林資源の膨大な量に対する期待とともに、偏った年齢構成に伴う木材供

給の持続可能性に対する不安もある。また、量的な持続可能性だけでなく、丸太の太さなど質的な経年変化にも関心は高い。さらに本道の特徴として、人工林の**成林***を阻害する積雪や野ねずみなど諸被害の発生や、木材の製紙工場への供給があげられる。これらが木材の供給可能量に与える影響についても精査が必要である。

(2) 本章の構成

本章では、森林資源の循環利用、すなわち膨大な量の人工林資源を有効活用し、かつ一過性の資源としない持続的供給を可能にする資源の管理技術の提案を目指した(図3-1)。ここでの資源の管理技術では、3.1においてカラマツおよびトドマツ人工林の成長、被害、利用の実態などを森林の取り扱い単位である**林分***単位で詳細に分析し、次に3.2においては、3.1の結果を用いて、より広域の人工林における**林齢***別の面積や伐採量等を加味し50年先まで資源動態を予測し、全道の持続可能な森林資源管理方策について提案した。以下の通り、2節5項により構成されている。

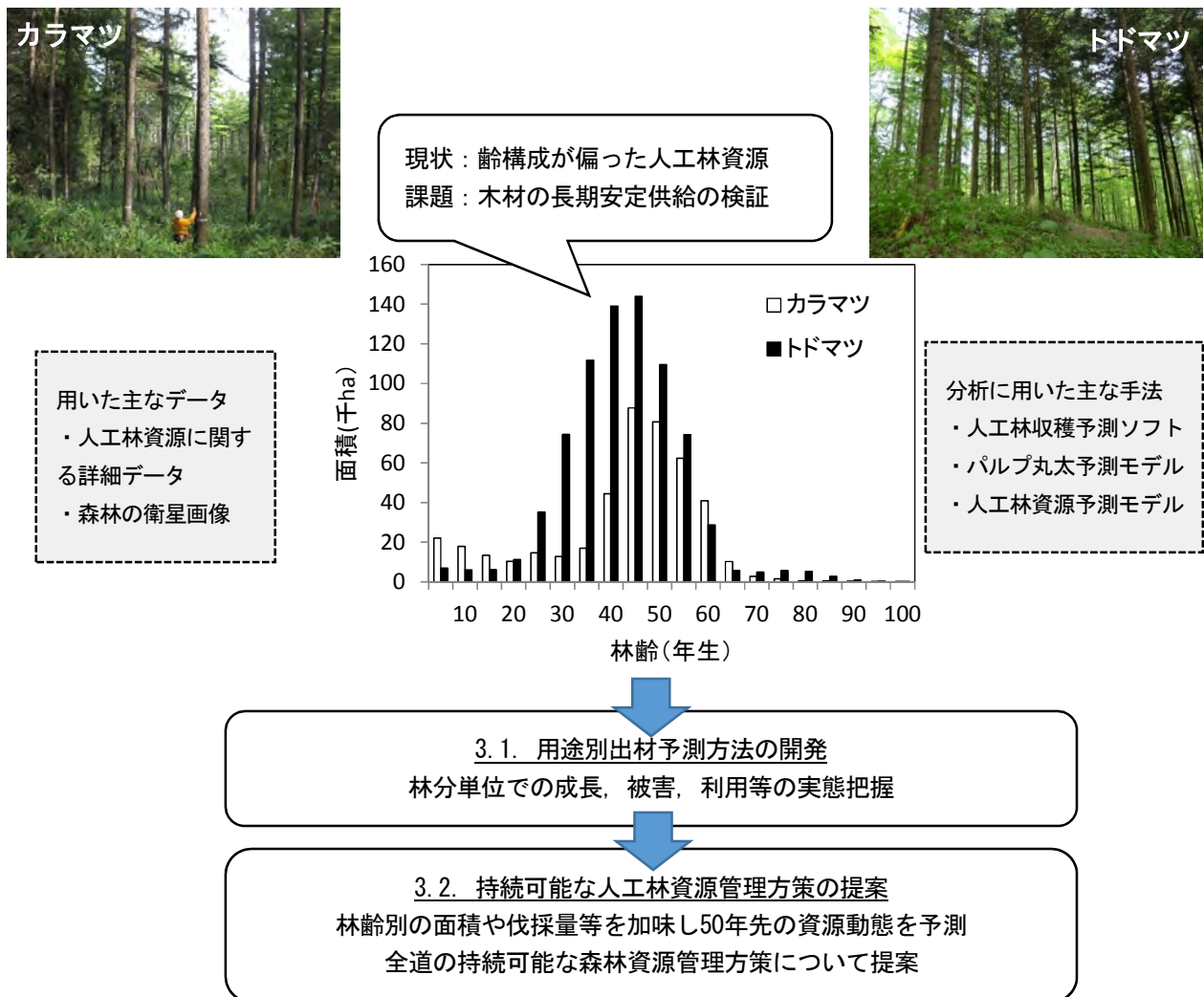


図3-1 森林資源の管理技術の構築における研究構成

3.1 用途別出材予測方法の開発

長期にわたる資源供給量を検討するため、立木の太さに加えて質も考慮して出材量を予測した。さらに、資源現況把握の精度向上と労力軽減のため衛星画像の利用も検討した。

3.1.1 径級別出材量の予測

全道のカラマツおよびトドマツ人工林資源の動態予測を行うため、地域的な立木密度の減少傾向の違いを反映した林分単位での径級別出材量の予測を行った。まず、林齢に伴う地域的な立木密度の減少傾向の違いについて明らかにした。そして、地域的な立木密度の減少傾向を反映し、林業試験場で開発したカラマツおよびトドマツ人工林の収穫予測ソフトを用いて、径級別出材量の予測を振興局単位で行った。

3.1.2 一般材・パルプ材別出材量の予測

伐採された木は、**輸送用資材***や合板、建築用材などに利用されるほかに、これらの利用に適さない細い丸太は製紙用などの原料材（パルプ材）として扱われる。また、太い丸太でも形質が不良なものはパルプ材に区分される。そのため、径級別出材量から用途別出材量を予測するためには、一般材とパルプ材の区分が必要になる。そこで、カラマツ、トドマツ人工林を対象に、パルプ材の丸太本数を径級ごとに推定するためのモデルを構築するとともに、そのモデルを用いてパルプ材と一般材の出材量を予測し、精度検証を行った。

3.1.3 衛星画像による成林率の把握手法の検討

全道や振興局を単位とする広域の人工林資源の予測および供給可能量については、森林調査簿と森林現況調査の結果等を利用して算出することができるが、林分単位で詳細に人工林の成林状況を把握するためには現地調査が必要であり、面積が大きくなるほど労力も増大する。また、林分毎の成林状況が把握できれば、資源予測の精度を向上させることも可能となる。そこで、森林の衛星画像を用いて人工林の成林状況の把握を試み、画像解析にかかる労力や結果の精度、手法の活用に関して検討した。

3.2 持続可能な人工林資源管理方策の提案

3.1の予測結果を用い、具体的な地域ごとの伐採可能量・資源供給の持続可能性を検討した。

3.2.1 地域レベルにおける人工林の成林状況の推定

人工林資源の将来動態の予測には、現況の資源量が大きく影響する。そこで、民有林を対象とした現地調査に基づく人工林資源の詳細データを用いて、主要造林木であるカラマツ及びトドマツ人工林を対象に、林分材積からみた地域別の成林状況について解析し、その要因を考察した。

3.2.2 人工林資源の持続可能な出材量の予測

人工林資源の持続性を担保するには、管理方針（伐採量や植林量等）により将来の資源状況がどのように変化するかを分析・評価する必要がある。そこで、北海道内のカラマツ人工林およびトドマツ人工林における持続的な出材可能量の把握を目的とし、カラマツ人工林およびトドマツ人工林を対象とした人工林資源予測モデルを構築した。構築したモデルにより、植栽面積と伐採量を組み合わせた様々なシナリオについて人工林資源の持続可能性を検討した。

八坂通泰（林業試験場）

3.1 用途別出材予測方法の開発

3.1.1 径級別出材量の予測

(1) 目的

これまでの林分*単位の予測では、林分密度管理図^[2]や収量-密度図^[5]などの考え方を基本とし、収穫予測のためのシステム作りが行われてきた^[1, 8]。収穫予測を行うためには、林分の成長量を推定することが重要である。林分の成長量は、環境条件により影響を受けやすい樹高成長と、立木密度により影響を受けやすい直径成長により規定される。直径成長に影響を与える立木密度は、植栽密度や植栽後の施業方法および自然枯死などにより決まると考えられる。これまで林業試験場では、これら人工林の収量に影響を及ぼす要因を統合し人工林の収穫予測ソフトを開発してきた^[8]。ただし、これまでの収穫予測ソフトを利用した林分単位の出材量の予測^[6]には、植栽密度、間伐方法、自然枯死など地域的な立木密度の減少傾向の違いは考慮されていなかった。

そこで本研究では、3.2 持続可能な人工林資源管理方策の提案において、全道のカラマツおよびトドマツ人工林資源の動態予測を行うため、地域的な立木密度の減少傾向の違いを反映した林分単位での用途別出材量の予測を行った。まず、林齢に伴う地域的な立木密度の減少傾向の違いについて明らかにした。そして、地域的な立木密度の減少傾向を反映し、林業試験場で開発したカラマツおよびトドマツ人工林の収穫予測ソフト^[8]を用いて、用途別出材量の予測を振興局単位で行った。ここでの用途別出材量とは、木材の利用は丸太の径級*によってほぼ決まるため丸太の径級別出材量とした。

(2) 方法

1) 立木密度の減少傾向の評価

植栽密度の地域的な差や変化について検討するため、北海道水産林務部の統計資料である造林実績事業^[3, 4]を用いて解析を行った。解析は一般化線形モデル (GLM) を用いた。目的変数を植栽密度 (本/ha) とし、説明変数は量的変数として植栽年 (西暦: 年)、カテゴリー変数として地域 (旧支庁) を用いた。解析に際しては、植栽密度の確率分布はPoisson分布とし、log link関数を用いた。また、AICによる変数選択を行った。

林齢による立木密度の減少傾向に関する解析において使用したデータは、地位指数*調査データ (実施主体: 北海道林務部) および平成15年度森林吸収源データ緊急整備事業 (実施主体: 森林総合研究所)^[7]によるものである。そのうちから、樹高と直径の個体データが調査されており、かつ成林していると認められる

立木密度データを抽出した。その結果、カラマツ2680林分、トドマツで1941林分のデータを使用した。

解析は、一般化線形モデルを用いた。目的変数を立木密度 (本/ha) とし、説明変数は量的変数として林齢 (年生)、植栽年および地位指数、カテゴリー変数として所有形態 (道有林か民有林か)、地域 (旧支庁) を用いた。旧支庁区分は、14支庁分のデータがあったが、後志支庁のデータがカラマツで37林分、トドマツで29林分と少なかったため、解析の対象から除いた。そのため、13支庁で解析を行った。解析に際しては、立木密度の確率分布はPoisson分布とし、log link関数を用いた。また、AICによる変数選択を行った。いずれの解析においても、統計解析には統計パッケージR2.12.1を用いた。

2) 収穫予測ソフトによる径級別出材量予測

林業試験場が開発したカラマツおよびトドマツ収穫予測ソフトでは、人工林の成長指標である地位指数 (40年生時の上層高の平均値)、植栽密度、間伐方法が決まると、立木単位の樹高、直径や、単位面積当たりの連年成長量、林分材積などが予測できる。さらに丸太の採材長を決めると末口*径別丸太本数が出力される。まず、1)で整理したカラマツ2680林分、トドマツで1941林分のデータを用いて、それぞれの地位指数を振興局単位で算出した (図3-1-1-1)。各樹種および振興局の地位指数を収穫予測モデルに入力し樹高、直径、林分

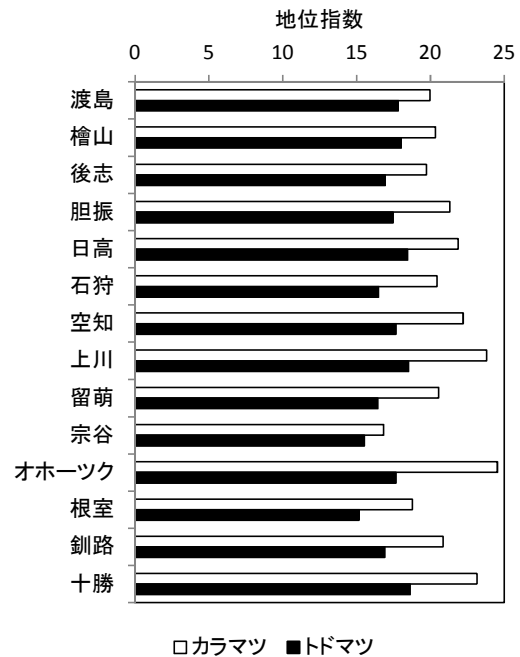


図3-1-1-1 振興局別カラマツ・トドマツの地位指数

材積，連年成長量を計算した。計算にあたっては，前述の各振興局での立木密度の減少傾向の違いを考慮した。採材長は現在の用途にあわせ，末口径14cm未満を2m（パルプ等），14cm以上20cm未満は3.65m（梱包材，建築用材等），20cm以上を2m（合板等）とした。採材長については，林業試験場や北海北海道水産林務部等が有する資料を参考にした。ここでの出材量は，人工林を皆伐したときに，すべての立木が搬出可能で前述した採材長で採材されたときの径級別丸太材積である。また，カラマツの場合は50年生以上では間伐は実施していないが，トドマツは国有林や道有林に資源が多く，比較的高齢林でも受光伐*などの作業が行われるので50年生以上でも間伐を実施すると仮定している。

(3) 結果と考察

1) 結果

①立木密度の減少傾向の評価

一般化線形モデルによる変数選択の結果，カラマツおよびトドマツの植栽密度は，旧支庁による地域差が認められた。また，植栽年が新しくなると，植栽密度が減少する傾向が確認された（図3-1-1-2）。

立木密度について一般化線形モデルによる変数選択の結果，カラマツ，トドマツともに，全ての変数が選択された。また，この結果から計算されるカラマツおよびトドマツ人工林の旧支庁別の立木密度推定値について，それぞれ特に推定値が低い十勝支庁（図3-1-1-3A）と上川支庁（図3-1-1-3B）とを示した。

カラマツおよびトドマツ人工林において，係数の値が負であるため，林齢が高くなるほど立木密度が減少することが確認された。また，全体的にトドマツの方がカラマツよりも立木密度が多い傾向があった（図3-1-1-3）。

地位指数*に係る係数の値が，カラマツおよびトドマ

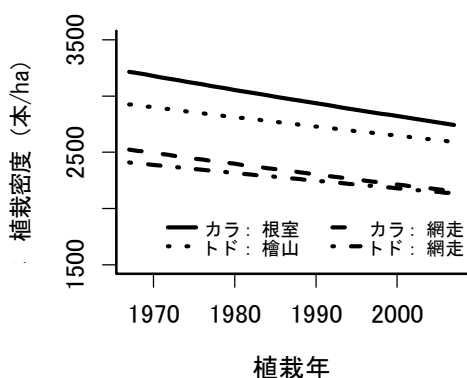


図3-1-1-2 一般化線形モデルにより選択された変数を用いて推定したカラマツおよびトドマツ人工林の植栽本数

ツ人工林において負であるため，地位指数が高いほど立木密度が低く推移する傾向が示された。

②収穫予測ソフトによる径級別出材量予測

カラマツ，トドマツの末口径ごとの丸太材積は，地域間で違いが見られた。そこで各年齢*の径級別丸太材積の代表的なパターン2つをカラマツは図3-1-1-4，トドマツは図3-1-1-5に示した。なお，年齢とは林齢を5年単位でまとめたもので，例えば3年齢とは11～15年生までを示す。

カラマツにおけるパターン1の傾向は，後志，胆振，空知，上川，日高，オホーツク，根室，釧路，十勝でみられた。末口径14cm未満の丸太材積は7年齢以降減少し，12年齢以降では50m³/ha未満となる。14cm以上20cm未満の丸太は，年齢とともに徐々に増加するが12年齢前後で頭打ちとなり12年齢以降では150m³/ha以下となる。20cm以上の丸太材積は10年齢以降は丸太材積の中心となり13年齢以降は全丸太材積の6～8割を占める。一方，カラマツのパターン2の傾向は，石狩，留萌，宗谷，桧山，渡島でみられた。末口径14cm未満の丸太材積は相対的には経年変化が少なく100m³/haがどの年齢でも出材可能である。14cm以上20cm未満の丸太は，パ

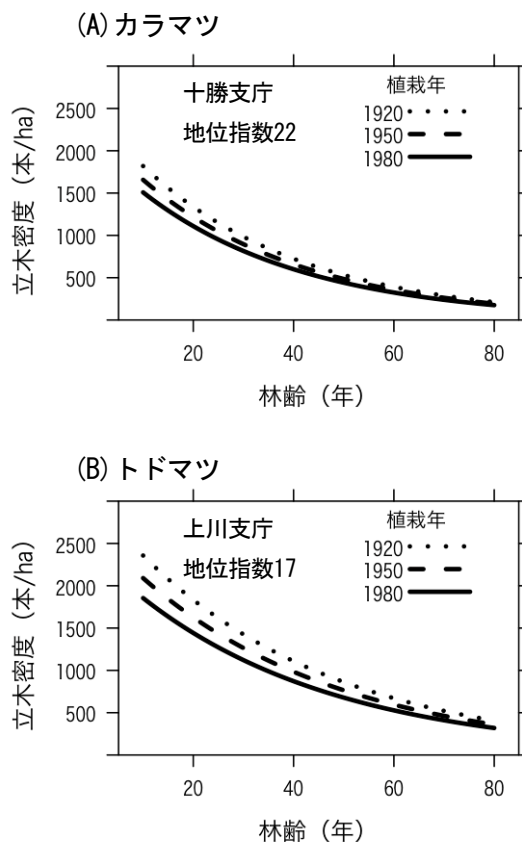


図3-1-1-3 一般化線形モデルにより選択された変数より推定した，カラマツ(A)およびトドマツ(B)人工林の立木密度の変化

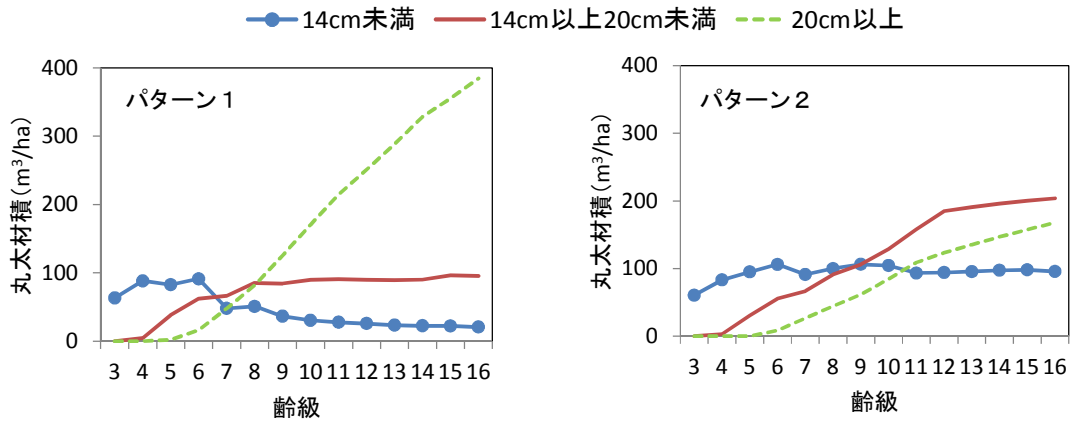


図3-1-1-4 カラマツ人工林における年齢と出材量の関係

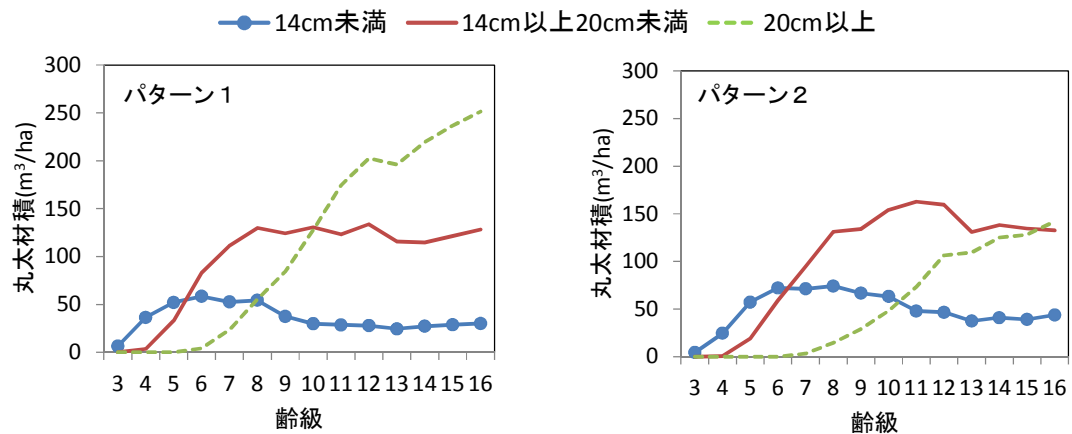


図3-1-1-5 トドマツ人工林における年齢と出材量の関係

ターン1と同様に年齢とともに徐々に増加するが12年齢前後で頭打ちとなり12年齢以降では100~200m³/haとなる。20cm以上の丸太は林齢とともに徐々に増加するが丸太材積の主力とはならず13年齢以降は全丸太材積の5割未満に止まる。

トドマツでもカラマツと同様なパターンが見られた。トドマツにおけるパターン1の傾向は、桧山、後志、胆振、日高、石狩、空知、上川、オホーツク、釧路、十勝でみられた。末口径14cm未満の丸太材積は9年齢以降減少し、12年齢以降では50m³/ha未満となる。14cm以上20cm未満の丸太は、年齢とともに徐々に増加し8年齢前後では丸太材積の中心で100m³/ha以上あるが、その後頭打ちとなり100m³/haを下回る。20cm以上の丸太は11年齢以降主力となり13年齢以降は全丸太材積の6割以上を占める。一方、トドマツのパターン2の傾向は、渡島、留萌、宗谷、根室でみられた。末口径14cm未満の丸太材積は8年齢程度まで増加するが、その後漸減し50m³/haが出材される。14cm以上20cm未満の丸太は、パターン1と同様に年齢とともに徐々に増加するが12年齢

前後で頭打ちとなり12年齢以降では100m³/ha前後となる。20cm以上の丸太は林齢とともに徐々に増加し13年齢以降は全丸太材積の4~5割となる。

2) 考察

道有林の立木密度の減少傾向を比較基準とした場合、民有林のカラマツは負、およびトドマツは正となり、樹種により逆の傾向を示した。民有林の方が道有林よりも標高が低い位置にあるなどの立地条件の違いにより、民有林と道有林とで立木密度に差が生じている可能性がある。

地位指数が高いほど、立木密度が低く推移した。一般的に地位指数が高いほど個体の成長が良い傾向にある。そのため、地位指数の高い地域では、植栽密度を低く設定するか、あるいは植栽後に積極的に間伐などの施業を行っている可能性が考えられた。

立木密度の推移を、旧支庁区分でみた場合、カラマツでは十勝支庁で最も立木密度が低く、留萌支庁で最も高く推移した。トドマツでは、上川支庁で最も低く、釧路支庁で最も高く推移した。また、他の支庁におい

でも立木密度に違いが認められた。

カラマツ人工林の立木密度が、十勝支庁で低かったのは、地位が高く成長が良いという理由のほか、管内にカラマツを扱う製材業者が存在し利用が盛んなため、間伐が進んでいることが立木密度の低い要因の一つと考えられる。また、支庁区分により立木密度に差が認められる理由として、特に民有林の経営に影響が大きい森林組合等における施業の実施状況の違いなどが考えられる。

これら地域的な立木密度の減少傾向や成長の指標である地位指数を反映した収穫予測ソフトによる径級別丸太材積の予測では、カラマツ、トドマツともに地域ごとに大きな違いが見られ、大きく2つのパターンに分けることができた。パターン1はカラマツ、トドマツともに、比較的地位指数が高く立木密度の低い地域にみられるパターンである。一方、パターン2は、カラマツ、トドマツともに比較的地位指数が低く立木密度の高い地域でみられるパターンである。一般に、樹木の成長は地位指数の高い場所で早く、さらに成長の早い場所で適切に間伐を実施することでより成長を促進する。つまりパターン1とパターン2の地域では、地位の違いだけでなく、施業（植栽や間伐方法）の実施状況の違いとの相乗効果によって、全く異なる丸太の出材予測を示したと考えられる。

現在のカラマツ人工林の齢級別面積はカラマツ、トドマツともに9齢級にピークがある。9齢級ではパターン1とパターン2で径級別丸太材積に極端な違いはないが、さらに高齢になると違いが顕著になる。最も大きな違いは、パターン1では20cm以上の丸太が主力になるが、パターン2ではならない点である。もう1つカラマツとトドマツの違いとして注目すべき点は、カラマツでは14cm以下および14～20cmの丸太はパターン1とパターン2で大きな違いを示すが、トドマツにおいてはカラマツほどの違いはない。つまり、カラマツでは中小径木はパターン1よりもパターン2で多いが、トドマツではパターン1と2で極端な差がない。この樹種間での傾向の違いは、トドマツでは地域間で立木密度の差が、カラマツよりも小さかったことに起因すると考えられる。

(4) まとめ

立木密度の減少傾向と地位指数を考慮することで地域的な径級別出材量の違いが明確になった。これらの予測はカラマツおよびトドマツ人工林における道内各地域の単位面積当たりの用途別丸太供給能力の評価にも応用可能である。心去りの無垢材など建築用材や合板に適した比較的太い丸太の供給能力は、パターン1を示す地域の人工林で高い。羽柄材*などの建築用材、パレット*、梱包材*などの産業用資材に適した中径木の供給能力は、トドマツはパターン1と2で大きな違いがないが、カラマツではパターン2において高い。また、パルプや木質バイオマス発電などで利用される小径木の供給能力は、パターン2の地域で高いと予想される。なお、本戦略研究で林産試験場が開発したプレミアム集成材、心持ち正角材*に適した丸太は、それぞれパターン1、パターン2のカラマツ人工林で効率的な生産が期待できる。こうした地域的な用途別丸太の供給能力の違いを有効に活用することにより、人工林資源の地域特性を生かした木材利用を推進することができる。

全道の林分データの使用にあたり、森林総合研究所および北海道水産林務部の多大な協力を得た。記して謝意を表す。

(5) 引用文献等

- [1]阿部信行, 伊藤寿勝. “トドマツ人工林のシステム収穫表”. 光珠内季報. 88. 1-8 (1992)
- [2]安藤 貢. 『密度管理』. 農林出版. 東京. 246pp(1968)
- [3]北海道水産林務部. 『造林事業実績』. (1967～2007)
- [4]北海道水産林務部. 『平成 21 年度北海道林業統計』. (2010)
- [5]Kikuzawa K. “Yield-density diagram for todo-fir plantations (I) A new Y-N curve based on the Beta-type distribution”. Jour. Jap. For. Soc. 63. 442-450 (1981)
- [6]熊谷 操, 沓掛徳宗. “人工林資源の状況と将来予測について”. 日林北支論. 57. 1-5 (2009)
- [7]森林総合研究所. “森林吸収源データ緊急整備事業調査報告書”. 森林総合研究所. 162pp (2004)
- [8]八坂通泰, 滝谷美香, 山田健四. システム収穫表“北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト”の開発”. 北海道林業試験場研究報告. 48. 65-74 (2011)

八坂通泰 (林業試験場)
滝谷美香 (法人本部研究企画部)

3.1.2 一般材・パルプ材別出材量の予測

(1) 目的

トドマツ, カラマツ人工林の**林分***単位における収穫予測ソフト^[1,2]を用いることによって, 将来の立木の密度や**径級***分布だけでなく, 玉切りされた丸太の出材量を末口径ごとに推定することが可能となった。

しかし, 実際に伐採が行われている林業の現場では, 同じ太さの丸太が一律に扱われるわけではない。丸太を集積する土場では, 各丸太を一般材や原料材などに区分し, それぞれは**積み***する(図3-1-2-1)。一般材は**輸送用資材***や合板, 建築用材などに利用されるのに対し, これらの利用に適さない細い丸太は製紙用などの原料材(以下, パルプ材と記す)として扱われる。また, 太い丸太でも形質が不良なものはパルプに区分される。そのため, 人工林資源の供給可能量や将来の径級別の出材量を用途別(一般材・パルプ材)に予測することは, 資源の利用方策を検討するうえで重要となるであろう。

そこで, 本研究ではカラマツ, トドマツ人工林を対象に, パルプ丸太本数を太さ(末口*径)ごとに推定するためのモデルを構築するとともに, そのモデルを用いてパルプ材と一般材の出材量を予測し, 精度検証を行った。

(2) 方法

1) 調査地点数と調査方法

調査は**林齢***15~64年生のカラマツ人工林73林分, 林齢28~82年生のトドマツ人工林26林分の土場において行った。土場には**積み***された各丸太の長さ(材長)と末口径を測定し, 一般材とパルプ材の区分を行った。測定した丸太の本数は, カラマツで計209,907本, トドマツで38,354本である。



2) 解析方法

調査を行った土場ごとに丸太の積算材長(CL)とパルプ丸太の本数(PN), CL100mあたりのパルプ丸太本数(PN100)を末口径(D)ごとに算出し(図3-1-2-2, 表3-1-2-1), 後述の解析に用いた。

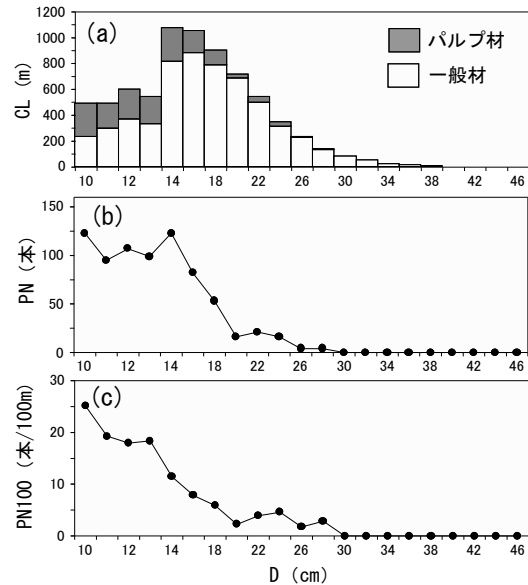


図3-1-2-2 51年生カラマツ人工林における末口径(D)別の丸太の積算材長(CL、a)とパルプ丸太本数(PN、b)、および丸太の積算材長100mあたりのパルプ丸太本(PN100、c)

表3-1-2-1 解析に用いた項目と略号, 単位

項目	略号	単位
丸太の末口径	D	cm
末口径別の丸太の積算材長	CL	m
一般材丸太の積算材長	CWL	m
パルプ丸太の積算材長	CPL	m
パルプ丸太の本数	PN	本
丸太の積算材長100mあたりのパルプ丸太本数	PN100	本/100m



図3-1-2-1 土場に集積された一般材(左)とパルプ材(右)

①パルプ丸太本数の予測モデル

パルプ丸太の材長の種類は、一般材に比べて少ない。つまり、パルプ丸太では本数と材長との対応関係が一般材よりも明確であると考えられる。そこで、本研究ではパルプ丸太の本数 (PN) を予測するモデルについて検討した。

一般化線形混合モデル (分布族=ポアソン, リンク関数=log) という手法を用いて, PN に及ぼす末口径 (D), 林齢, 伐採方法 (間伐・主伐) の影響を解析し, PN を予測するための関係式を構築した。ただし, PN は林分ごとの丸太の出材量によって大きく異なることから, 本研究では PN100 によってパルプ丸太の出材パターンを評価する。

②モデルの精度検証

構築したモデルの精度検証を行うため, 調査を行ったすべての丸太の実測データを用いて, 各林分の D ごとの PN と一般材の積算材長 (CWL) を算出した。精度検証では, D ごとの PN と CWL の平均値をそれぞれ比較対象に用いた。

各林分の D ごとの PN の推定値は次式により算出した。

$$PN \text{ 予測値} = PN100 \text{ 予測値} \times CL \text{ 実測値} \quad (1)$$

そして, 算出した PN 予測値に一般的なパルプ丸太の材長 (2.0m) を乗じて D ごとのパルプ丸太の積算材長 (CPL : PN 予測値 × 2.0) を算出し, 次式により一般材の積算材長 (CWL) を予測した。

$$CWL \text{ 予測値} = CL \text{ 実測値} - CPL \text{ 予測値} \quad (2)$$

各林分の D ごとに算出した PN と CWL の平均を検証用の予測値として用いた。

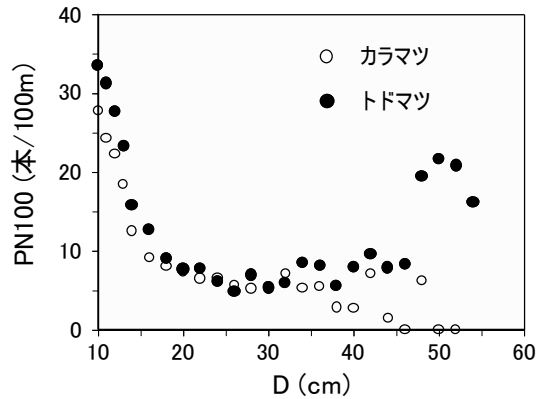


図 3-1-2-4 末口径 (D) と丸太の積算材長 100m あたりのパルプ本数 (PN100) との関係

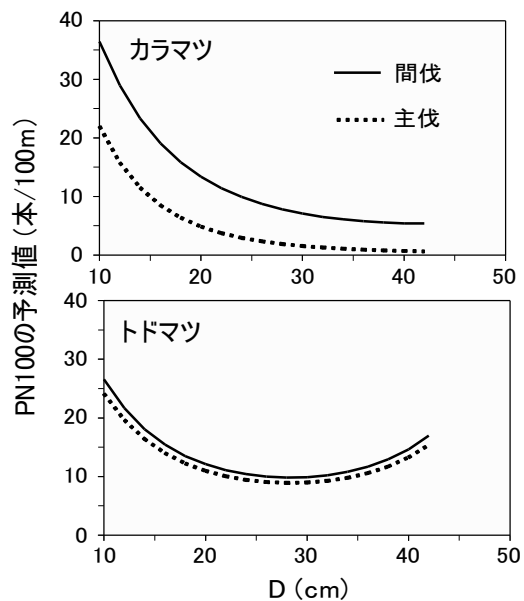


図 3-1-2-5 末口径 (D) と丸太の単位積算材長あたりのパルプ本数 (PN100) の予測値との関係 *林齢を 50 年として予測した。

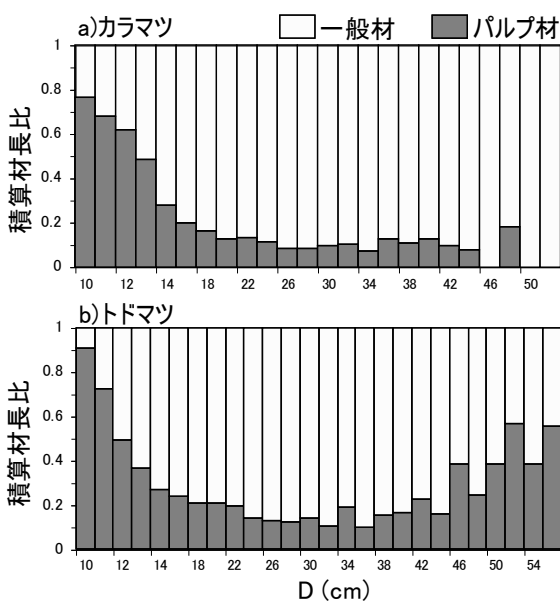


図 3-1-2-3 土場における末口径 (D) 別の一般材とパルプ材の平均積算材長比

(3) 結果と考察

1) パルプ丸太本数を予測するための関係式の構築

カラマツ, トドマツ人工林の土場における末口径別, 一般材・パルプ材別の平均積算材長比を図 3-1-2-3 に示す。D30cm 以下の範囲では, どちらの樹種も D の増加とともにパルプの材長比が減少し, 一般材の材長比が増加した。D30cm 以上の範囲では, カラマツのパルプ材の材長比は横ばいであったのに対し, トドマツでは D とともに増加する傾向が認められた。この推移のパターンは, 丸太の積算材長 100m あたりのパルプ丸太本数 (PN100) にも認められた (図 3-1-2-4)。

解析によって得られた PN を予測するための関係式を用いて, D と PN100 との関係を伐採方法別に図示し (図 3-1-2-5), D と林齢との関係を図 3-1-2-6 に示した。カラマツ, トドマツとも, 図 3-1-2-4 に示した PN100

の推移のパターンを示していた。一般にDの小さな丸太は木材への利用に限られるため、パルプとして扱われることが多い。今回の結果はこの傾向を反映しているものと判断される。

Dが同じ丸太では、主伐に比べて間伐時にPN100が大きくなるパターンが両樹種に認められた。間伐では曲がりなどの形質不良木が優先的に伐採対象となりやすく、これらはパルプとして扱われやすい。そのため、主伐に比べて間伐のPN100が大きくなったものと推察される。

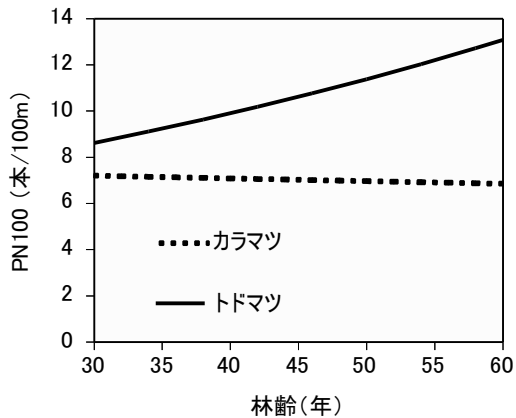


図 3-1-2-6 林齢に対する丸太の積算材長100mあたりのパルプ丸太本数(PN100)の予測値

*末口径(D)を36cmとして予測した。



図 3-1-2-7 腐朽被害の認められるトドマツ伐採木の断面(右側)

*腐朽部位が褐変している。

D30cm以上の範囲ではカラマツのPN100は横ばいで推移し(図3-1-2-5),Dが同じであれば高齢になってもPN100にはほとんど変化が認められなかった(図3-1-2-6)。一方,トドマツではD30cm以上の範囲でPN100が増加し(図3-1-2-5),さらに林齢とともにPN100が増加する傾向が認められた(図3-1-2-6)。トドマツでは林齢とともに根株腐朽による本数被害率が増加する^[3]ことが報告されている。この被害部位は根株(地際部)であり,立木の中で最も径級の大きな一番玉*の部位に相当する(図3-1-2-7)。つまり,高齢でDの大きな丸太ほど腐朽被害を受けやすく,パルプに区分されやすかったものと推察される。

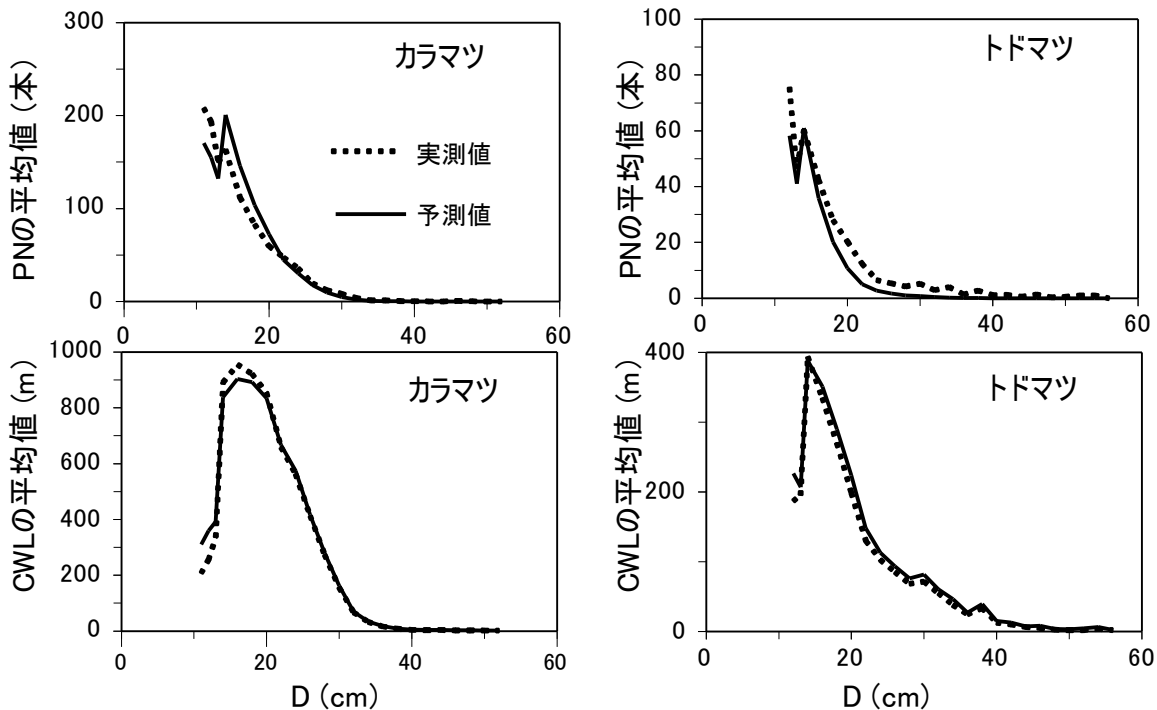


図 3-1-2-8 カラマツ, トドマツ人工林の土場における末口径(D)ごとのパルプ丸太本数(PN)と一般材の積算材長(CWL)の実測値と予測値の比較

2) モデルの精度検証

カラマツ、トドマツ人工林の土場における D 別の PN と一般材の積算材長 (CWL) の実測値と予測値を図 3-1-2-8 に示す。カラマツ、トドマツとも、D10cm 付近では PN が過小に予測されており、その結果、一般材の CWL が過大に予測された。一般に、パルプ材と一般材を区分するための閾値は D10cm 付近に存在し、それ以下の太さの丸太はパルプとして扱われることが多い。構築したモデルでは、その閾値の影響がモデルに反映されなかったため、誤差が生じたものと考えられる。

一方、D10cm 以上の範囲では、カラマツ、トドマツとも実測値と予測値が概ね対応しており、予測結果が一般材・パルプ丸太の出材パターンを反映しているものと判断できる。

(4) まとめ

カラマツ、トドマツ人工林を対象に、林分から搬出されるパルプ丸太本数を林齢、末口径、伐採方法別に

予測するためのモデルを構築した。このモデルをもとにパルプ丸太本数と一般材の出材量を予測し、実測値と比較した。予測結果は、概ね実測値と対応しており、用途別の出材傾向を反映するものであった。この結果を用途別の供給可能量の推定に反映することにより、より実情に即した予測が可能になるものと考えられる。

(5) 引用文献等

[1]八坂通泰, 滝谷美香, 山田健四. システム収穫表「北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト」の開発. 北海道林業試験場研究報告. 48. 65-74. (2011)

[2]北海道立総合研究機構林業試験場. 北海道版トドマツ人工林収穫予測ソフト ver1.30. 入手先<<http://www.fri.hro.or.jp/syukakuyosoku/todosyuka ku.html>>

[3]徳田佐和子. トドマツ根株腐朽病の発生機構の解明と被害回避法の検討. 森林防疫. 643. 219-226 (2005)

大野泰之 (林業試験場)

3.1.3 衛星画像による成林率の把握手法の検討

(1) 目的

人工林資源の予測および供給可能量については、森林調査簿と森林現況調査の結果等を利用して算出することができるが、**小班***単位で人工林の**成林***状況を把握する方法は現地調査が主体であり、面積が大きくなるほど労力も増大する。また、小班毎の成林状況が把握できれば、資源予測の精度を向上させることも可能となる。

今回、機械的解析法と**教師つき解析法***の2つの手法で人工林の成林状況の把握を試み、解析にかかる労力や結果の精度、手法の利活用に関して検討した。

(2) 方法

1) 機械的解析法によるトドマツ林の成林状況把握の検討

①研究の概要

本研究は、トドマツ人工林が植栽樹種によって成林しているか（以下、成林状況とする）、市町村を単位として把握するために行った。本研究では、衛星画像とフリーの**GIS***ソフトを利用して機械的解析法による成林状況の把握を試みた。加えて、森林管理の現場においてGISの有用性が認識されつつあり、利用者が増えることが考えられる。そこで、森林管理に関わる者がGISを利用して、必要な情報（今回は成林状況）を作成するための作業負担の少ない方法を検討した。

②解析手法

a. 研究対象地

衛星画像を使用する広域性の観点と、道南地域においても全道の傾向と同様にトドマツの植栽面積が増え

ていることから、北海道亀田郡七飯町のトドマツ人工林を対象とした。

b. 使用データとGISソフト

これまで、リモートセンシング技術により加藤^[1]によるランドサットを使用したトドマツ人工林の樹冠疎密度の把握、福士ら^[2]によるデジタル航空写真によるカラマツ林の現況推定などが行われている。本研究では、陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS AVNIR-2 以下、ALOS画像)の2007年5月20日撮影の画像を使用した。ALOS画像の広域性(観測幅70km)・解像度(10m)が、市町村を単位としながら林小班単位で成林状況を評価するのに適していると判断したものである。トドマツ林区域は北海道水産林務部森林計画課作成の2009年の調査簿から、小班的植栽樹種がトドマツの小班データ(バクトルデータ)を使用した。衛星画像の解析は、フリーのGISソフト「QGIS」及び「GRASS GIS」を使用した。

c. 解析方法

解析は、GRASS GISで機械的に処理する「**教師なし分類***」により行い、分類結果にトドマツかその他のものを割り当てた。解析に至るまでのデータの準備から解析、分類までの手順について、作業者の負担の視点から2とおりの方法を検討した(図3-1-3-1)。一つは、一枚の衛星画像を分類した後でトドマツ人工林を抜き出して成林状況を判断する方法(以下、「全体画像分類」)。もう一方は衛星画像から先にトドマツ林区域を切り抜き、それだけを対象に分類する方法(以下、「トドマツ区域分類」)である。

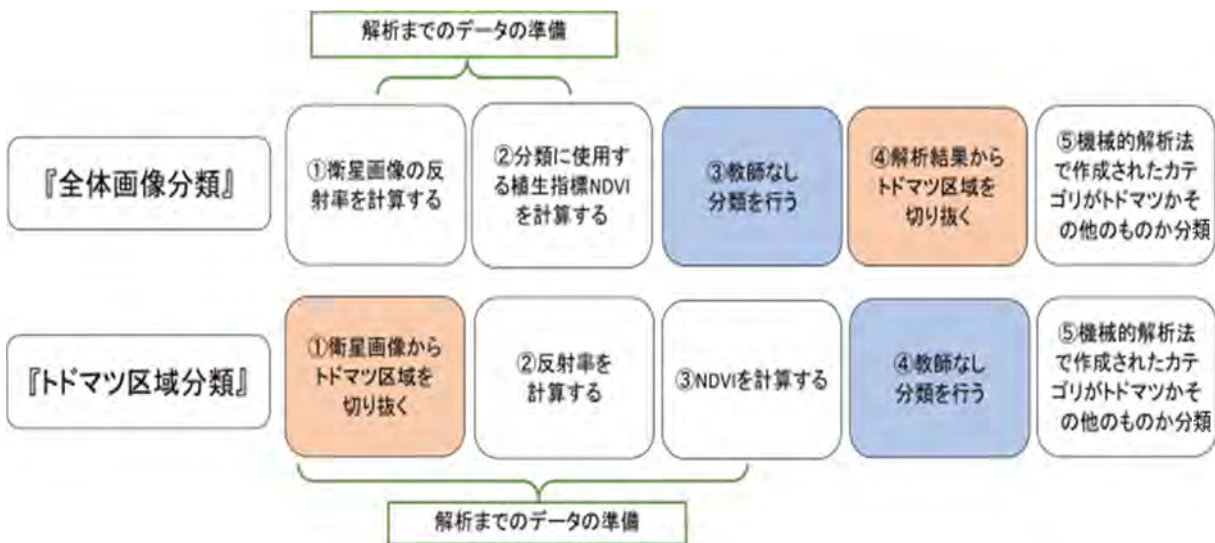


図3-1-3-1 分類の手順

③解析結果と考察

「全体画像分類」の解析結果は、教師なし分類を行う際の基準となる画像の色調の特徴を表すシグネチャデータの数を15項目と指定したところ13項目作成された。30項目を指定したときは26項目が作成された。「トドマツ区域分類」は15項目を指定したところ10項目に分類された。30項目を指定したときは1項目となり、分類ができなかった。トドマツ人工林だけを対象としたことで色調の多様性が低下し、30項目作成するための違いが生じなかったことが原因と推察される。

教師なし分類の解析結果をトドマツかその他のものに分類した結果を図3-1-3-2～5に示す。また、分類の結果と現況を約280の地点で比較した結果を表3-1-3-1に示す。「全体画像分類」の26項目と13項目では、全体の一致率は26項目のほうが高かった。「トドマツ画像分類」は70%を超えるポイントで一致しており最も高い結果となった。トドマツだけの結果を見ると、「全体画像分類」の方が高い一致率となっており、全体の一致状況を見ると「トドマツ区域分類」がわずかな差で現況をより良く示している。どちらの方法でも一市町村のおおよその成林状況を把握することが可能と思われる。

手順については、「トドマツ区域分類」は先に画像を切り抜くため、データの処理時間が短く、解析結果の項目も少ないためトドマツとその他に分類する労力や時間は少なくなると考えられる。一方の「全体画像分類」は、先に衛星画像一枚分の解析用のデータが作成できるので、解析対象の市町村や樹種を換えたときにすぐに解析に取りかかることができるというメリットがある。どちらの手法を選択するかは、作業者の担っている業務の内容によって決めるのがよいだろう。

また、全体の一致率が約70%となっていないが、トドマツとその他の区別が判然としない場所が30%ある。現況がトドマツと考えられる場所については、林齢の低い**林分***がその他の場所として分類されていることが確認された(表3-1-3-2)。特に、20年生以下の林分に多いが、林冠が閉鎖していないことが原因と思われる。

そこで、若齢の林分を抜いて分類を行うと一致率がさらに上がるのではないかと考えた。20年生以上の林分だけを対象に「トドマツ区域分類」の手順で解析し、約220点のポイントで一致率を見たところ約70%となっていた(表3-1-3-3)。しかしトドマツの一致率が低下しており、分類対象(面積)が少なくなると分類の基準とするデータの作成に支障が出るのではないかと推察される。このことを考慮すると、20年生以上の林分だけを対象にするのではなく、20年生以下の林分はトドマツ以外に分類されやすいことを念頭においた上で

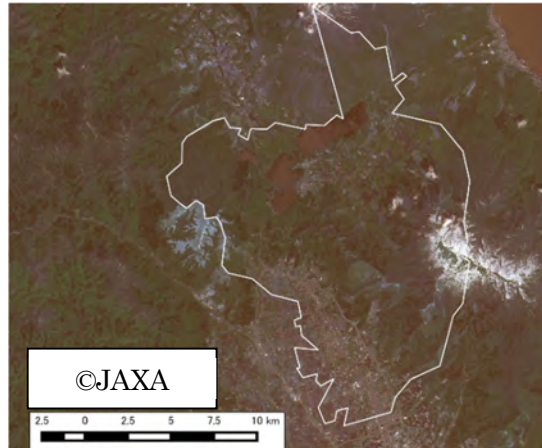


図3-1-3-2 ALOS画像と七飯町の重ね図



図3-1-3-3 解析に使用したALOS画像と小班

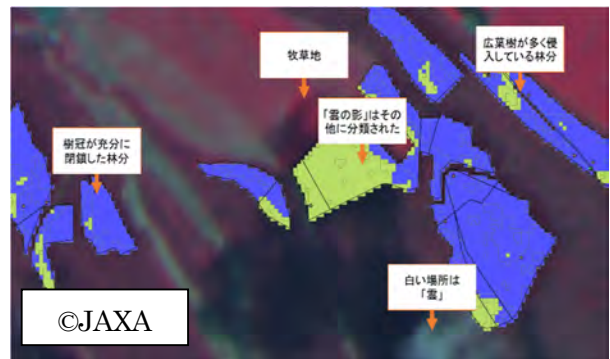


図3-1-3-4 「全体画像分類」の結果

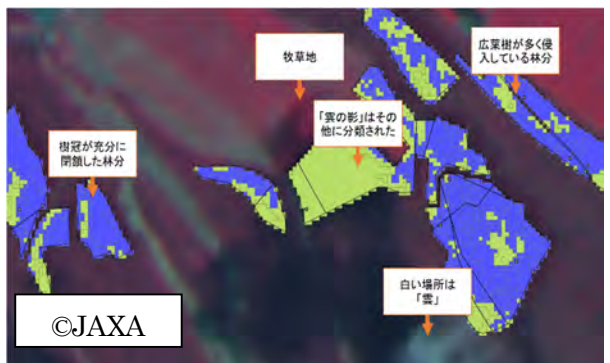


図3-1-3-5 「トドマツ区域分類」の結果

全ての小班を分類する方がよいと思われる。

表3-1-3-1 「トドマツ画像分類」の結果
(ポイント数と一致率)

		検証データ		総計
		トドマツ	その他	
教師なし分類の結果	トドマツ	139	68	207
	その他	22	53	75
	総計	161	121	282
		トドマツの一致率	その他の一致率	全体の一致率
		86%	44%	68%

		検証データ		総計
		トドマツ	その他	
教師なし分類の結果	トドマツ	106	39	145
	その他	55	82	137
	総計	161	121	282
		トドマツの一致率	その他の一致率	全体の一致率
		66%	32%	67%

		検証データ		総計
		トドマツ	その他	
教師なし分類の結果	トドマツ	114	34	148
	その他	47	87	134
	総計	161	121	282
		トドマツの一致率	その他の一致率	全体の一致率
		71%	72%	71%

2) 教師つき解析法による人工林の成林状況把握の検討

①研究の概要

本研究では、衛星画像の分類手法として一般的に利用される教師つき分類により地面の状況を把握したあと、森林GISデータと重ね合わせて小班毎の森林現況を推測する教師つき解析法により、人工林の成林状況を面的に把握することを試みた。

②解析方法

対象地は北海道において人工林の生育が良好で、カラマツ人工林が多く存在する十勝南部、および釧路西部の一般民有林とした。使用したデータはALOS衛星の可視光(青, 緑, 赤)～近赤外の4バンドのマルチカラー画像(分解能10m)で、十勝南部は2007年8月27日撮影(図3-1-3-6)、釧路西部は2010年8月18日撮影である。森林現況データとして森林調査簿(2008年時点)を使用した。解析方法は以下のとおりである。

(ア) カラマツ, トドマツ, 広葉樹, 草地, 道路・建物など既知の区域についてトレーニングエリアを設定

表3-1-3-2 「トドマツ区域分類」の結果から検証データ(トドマツ林)と分類項目と林齢の関係(ポイント数)

項目	トドマツ区域分類の結果									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
林齢	3	7	1	2	2	9	8	1	2	3
0-9	2			2	2					12
10-19	1	2	3	5	1	9	6	14	7	1
20-29	1	1	5	1	8	5	2	4	4	2
30-39			1		1	4	1	7	2	
40-49				2		6	1	1		
50-59				1		1				
60-69						4				
70-79								1		
総計	7	10	12	12	12	29	18	28	15	18

*本来トドマツとなるべきところがその他の区分になったものを見ると20年生以下のものが多い。

表3-1-3-3 20年生以上のトドマツ人工林の解析結果(ポイント数と一致率)

		検証データ		
		トドマツ	その他	総計
教師なし分類の結果	トドマツ	74	24	98
	その他	41	74	115
	総計	115	98	213
		トドマツの一致率	その他の一致率	全体の一致率
		64%	76%	69%

し、画像の色調などに相違があるか確認する。

(イ) 設定したトレーニングエリアのデータと似ている区域を拾う教師つき分類を行う。

(ウ) 分類結果と小班界を重ね合わせ、小班毎のカラマツ, トドマツ, 広葉樹, 森林(カラマツ, トドマツ, 広葉樹を足したもの)の面積率を計算する。

(エ) 面積率と森林調査簿に入力されている樹種, 林齢の各データと比較し, 衛星画像解析の有効性を検証する。

教師つき分類はMultiSpec, 面積率の計算はERDAS IMAGINE, 解析結果の図面表示はArcView, QGISを使用した。

③解析結果と考察

使用したALOS衛星画像を図3-1-3-6に示す。植生が赤, 道路等の裸地が水色で表示されるフォールカラー表示である。カラマツはやや黒い色, 広葉樹は赤, 草地は明るい赤, 道路などの裸地は水色になっており, 植生の有無や樹種の違いにより色調が異なっていることが確認できた。図3-1-3-7に小班界と重ねて表示した分類結果を示す。対象地全体を見ると, カラマツやトドマツが存在しないと思われる谷地形などに傾斜方向の影響と思われる誤分類が散見されたが, 現地確認や空中写真判読との照合から, おおむね良好に分類して

3.1.3 衛星画像による成林率の把握手法の検討

いと判断した。

分類結果をもとに小班毎の面積率を計算して森林GISで表示したものを図3-1-3-8に示す。カラマツ面積率0.3以上の小班を優先的に表示し、カラマツ面積率0.3未満の小班については、森林面積率を表示している。面積率は3段階に分け0.7以上が成林状態、0.3以上0.7未満は成林ではないが樹木が存在している状態、0.3未満は該当する樹木がほとんど存在しない状態と判断した。カラマツ面積率0.3未満で森林面積率が0.3以上の小班はカラマツ以外の樹木が存在する状態、カラマツ面積率0.3未満で森林面積率0.3未満の小班は森林が存在していない伐採跡地、草地、裸地等であると考えられる。

対象地全体では、森林調査簿でカラマツ人工林の小班はカラマツ面積率が0.3以上、伐採跡地の小班は森林面積率が0.3未満となっており、森林調査簿と面積率に一定の対応が見られたが、カラマツ人工林でカラマツ面積率0.3未満の小班があることも確認された。

森林調査簿でカラマツ人工林となっている小班の林齢とカラマツおよび広葉樹面積率との関係を図3-1-3-9に示す。上が十勝南部、下が釧路西部である。両地域とも10年生まではカラマツ面積率0.3以下で広葉樹面積率0.3以下が多いが、10年生以降はカラマツ面積率0.3以上の小班や広葉樹面積率0.3以下が多くなり、20～40年生はカラマツ面積率の0.3以上の小班がもっとも多くなった。しかし、30年生を超えるとカラマツ面積率0.3以下の小班が増加し、広葉樹面積率も増加している傾向が見られた。十勝南部と釧路西部では林齢と面積率に同じような傾向が見られるが、十勝南部のカラマツ面積率がやや高く、成林状況に違いが見られた。

カラマツ人工林については植栽から10年程度は樹冠が覆われていないため衛星画像による抽出は不可能で、成林状況が推定できるのは20年生以上と考えられる。カラマツ人工林20年生以上の小班について、カラマツ面積率を森林GISに表示することで、成林状況を面的に明らかにできると考える。本研究では20～40年生のカラマツ面積率が高く、40年生を超えると広葉樹の面積率が大きくなる傾向が見られた。これは、20～40年生は本数密度も多く、**樹冠***のほとんどがカラマツで占められるが、40年生を超えると伐採や被害で本数密度が少なくなり、空いたところに広葉樹が侵入してカラマツ面積率が低下し、広葉樹の面積率が高くなると考えられる。十勝南部と釧路西部のカラマツの成長速度はほぼ同じであるが^[3]、両地域の気象条件や地形条件の違いが、成林状況に影響していると考えられる。

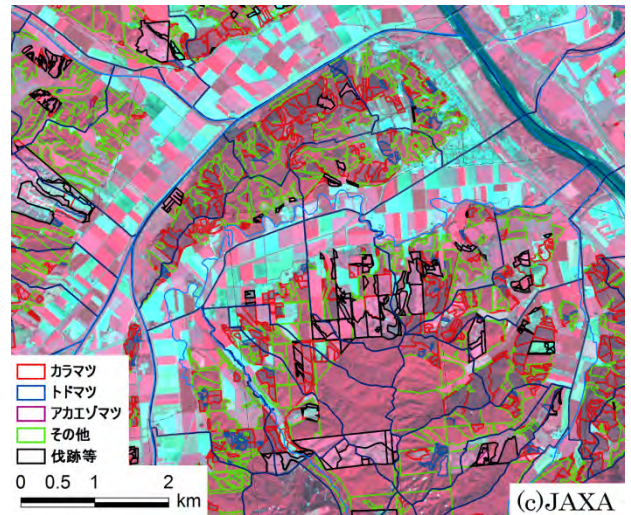


図3-1-3-6 使用したALOS画像

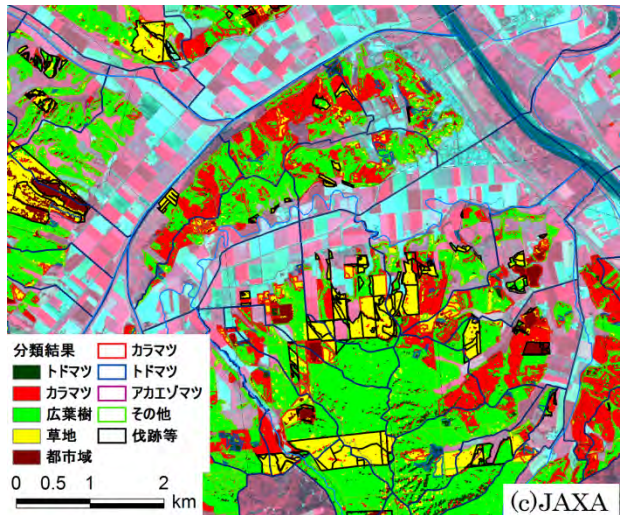


図3-1-3-7 分類結果

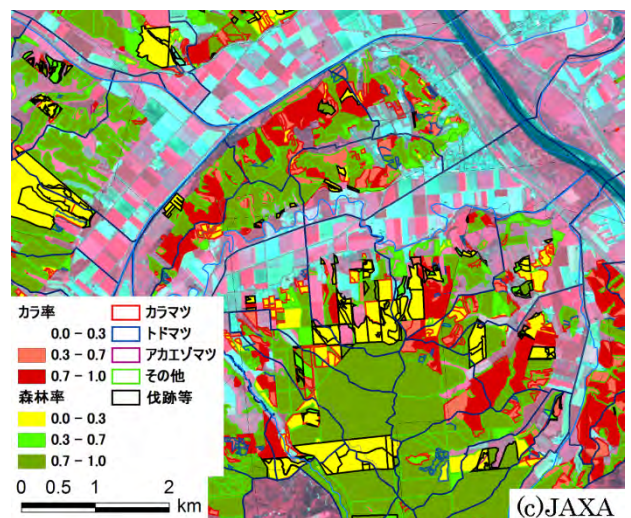


図3-1-3-8 小班毎の面積率

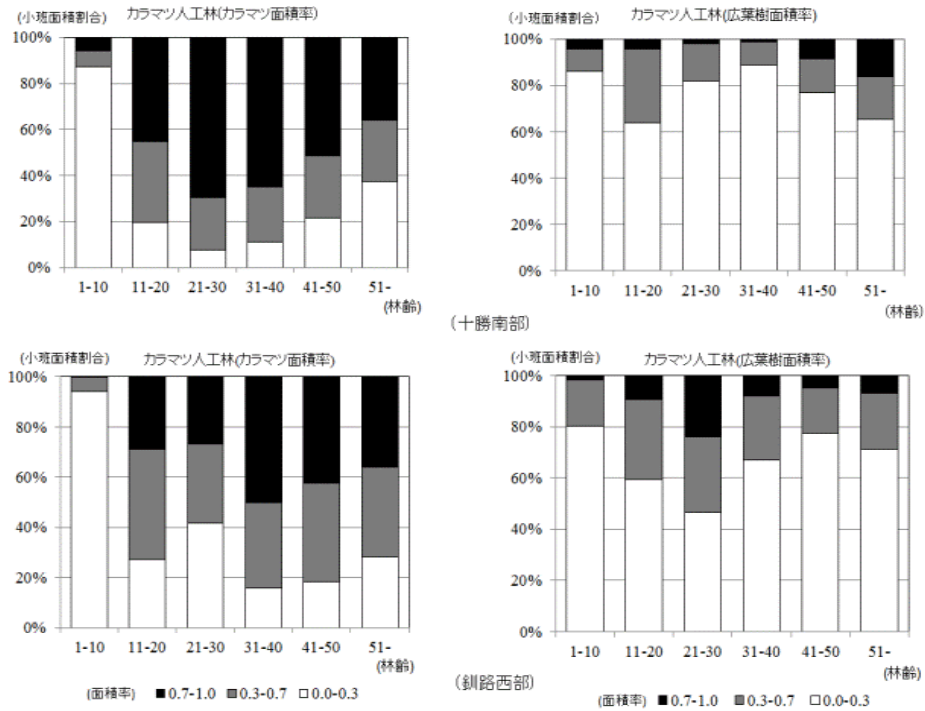


図3-1-3-9 林齢と面積率の関係

(3) 結果と考察

どちらの解析手法を用いても、市町村単位以上の広範囲で人工林の成林状況を面的に明らかにできることを示したが、解析作業のしやすさや精度には相違がある。2つの解析手法についてまとめたものを表3-1-3-4に示す。機械的解析法については、分類数を決めることと分類結果の判断以外の作業はコンピュータが自動で行うため、解析は手順に沿って行えばよいことから、人為的判断が入りにくく客観性にも優れている。分類した結果を人間が判断する必要はあるが、分類結果と現地を見比べれば良いこと、抽出対象をトドマツなど1樹種に絞るといった点からも、作業にかかる労力は少ないと言える。一方で、自動判断であることから似ているもの(トドマツとスギなど)の分類は困難であり、後述の教師つき解析法に比べると複数樹種の成林状況把握は苦手である。

教師つき解析法については、複数樹種の分類が可能であるなど、機械的解析法に比べてきめ細かい分類を行うことができる。一方で、トレーニングエリアの設定次第で分類結果が変わりやすく、妥当と判断できる分類結果を得るまでに手間がかかるのが難点である。解析精度を向上させるためには、現地調査など事前の準備にかかる労力やトレーニングエリアを適切に設定するためのリモートセンシング技術に関する経験値が必要である。

表3-1-3-4 2つの解析手法の比較

	機械的解析法	教師つき解析法
特徴	あらかじめコンピューターに分類させ、結果を判断する	カラマツ人工林と同じような場所(教師)を作成し、その教師と同じものを拾う
長所	作業が容易、コンピュータの自動判断の要素多く客観性が高い	きめの細かい分類が可能
短所	似たもの同士の分類が苦手(トドマツとスギなど)	教師の設定の仕方での解析結果が左右される。教師の設定に経験値必要

機械的解析法はある決まった作業手順にそって結果を得られる手法であることから、リモートセンシング技術に関する経験の少ない森林管理の現場での利用に適した手法であると思われる。一方で、教師つき解析法は、機械的解析法で必要な結果が得られなかった際に、現地データや解析に必要な技術を身につけた上で取り組む手法であると言える。まずは、機械的手法で分類を行い、必要な結果が得られなければ、機械的手法に取り組んだことで得ることができた現地データと衛星画像との対応関係を利用して、教師つき解析法によって詳細な分類を行うのが良いと思われる。

どちらの解析手法を用いても、市町村単位以上の広範囲で人工林の成林状況を面的に推定することができたが、解析結果の現場での活用に関しては現地調査を補完する資料として利用できるといったレベルであろう。また、解析を行うにあたっては、天候の関係で必

要な時期に衛星画像を取得できない状況でもあるが、今後、衛星の打ち上げ機数の増加で画像の入手性が改善されることにも期待したい。

(4) まとめ

本研究では、2つの手法を用いた人工林の成林状況を面的に把握することに取り組んだ。

2つの手法には、解析に必要な技術や労力、得られる結果に違いはあるが、人工林の成林状況を市町村の範囲で面的に明らかにできた。現場での活用においては解析精度の向上が必要である、画像の入手の改善といった課題があるが、これからの森林管理においても将来的に活用が期待される技術である。

(5) 引用文献等

- [1]加藤正人. “衛星リモートセンシング技術による針葉樹人工林の樹冠疎密度の推定に関する研究”. 北海道林業試験場研究報告. 34. (1997)
- [2]福士亮太, 小熊宏之, 米康充, 鈴木恵一, 岡野哲郎, 藤沼康実. “高解像度デジタル航空写真とLiDARデータによるDTMを組み合わせたカラマツ林の現況推定”. 日本森林学会誌. 90(5). (2008)
- [3]北海道立林業試験場. “カラマツ人工林施業の手引き”. 北海道立林業試験場. 91p. (2007)
- [4]菅野正人, 今 博一, 寺田文子. “ALOS衛星画像による十勝地方造林未済地把握の試み”. 北方森林研究. 60. 71-72 (2012)
- [5]菅野正人. “ALOS衛星画像によるカラマツ人工林の成林状況把握の試み”. 日本リモートセンシング学会 学術講演会論文集. 53. 211-212 (2012)

菅野正人, 寺田文子 (林業試験場)

3.2 持続可能な人工林資源管理方策の提案

3.2.1 地域レベルにおける人工林の成林状況の推定

(1) 目的

人工林資源の将来動態の予測には、現況の資源量が大きく影響する。そこで、本研究では主要造林木であるカラマツ及びトドマツ人工林を対象に、**林分*材積**からみた地域別の**成林*状況**について解析し、その要因を考察した。

(2) 方法

1) 解析対象

本研究での解析対象の概要を表3-2-1-1に示す。

本研究では、解析対象を北海道内の一般民有林及び道有林とした。

解析に用いた資料として、一般民有林では平成15年度森林吸収源データ緊急整備事業^[5]での毎木調査結果を使用した。また、道有林では平成22年度の森林調査簿(実施主体:北海道水産林務部)を使用した。そして、これらの資料から20年生以上の林分を解析に供した。

表3-2-1-1 解析対象の概要

解析対象	カラマツ		トドマツ	
	林齢	林分数	林齢	林分数
一般民有林	20-89	522	20-89	539
道有林	20-76	1390	20-91	9594

2) 解析方法

一般民有林での林分材積曲線と林分材積を図3-2-1-1に、成林状況の集計地域の区分を図3-2-1-2に、各地域に含まれる林分数を表3-2-1-2に示す。

本研究では、各地点での林分材積の評価結果を地域単位で集計することにより、地域別の成林状況を把握した。

①林分毎の林分材積の評価

一般民有林では、当該**林齢***での平均材積を評価指標とした。林齢別平均材積の算出では、カラマツ人工林に関しては石橋ら^[2]に記載されている林分材積曲線より算出した(式1)。また、トドマツ人工林に関しては、解析対象資料及び**地位指数***調査データ(実施主体:北海道林務部)よりゴンバルツ関数によって林分材積曲線を作成し、平均材積を算出した(式2)。

そして、各林分の林分材積と当該林齢の平均材積を比較し、各林分の林分材積を評価した。

$$V=387.116 \times (1-1.005 \times \exp(-0.039 \times t))^{1.231} \quad (\text{式1})$$

$$V=365.267 \times \exp(-7.535 \times \exp(-0.093 \times t)) \quad (\text{式2})$$

ただし、V:haあたりの林分材積(m³/ha)

t:林齢(年)

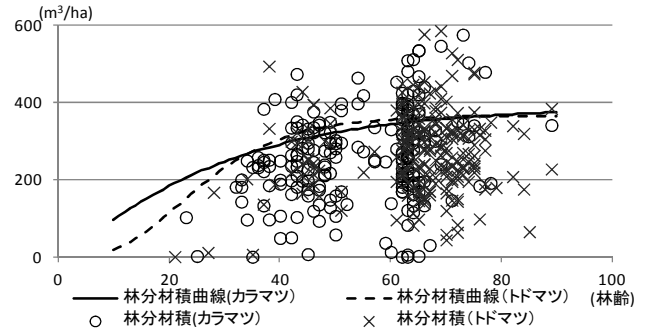


図3-2-1-1 一般民有林での林分材積曲線と林分材積

道有林では、道有林課が森林管理区毎に設定している人工林成長予想表を基に、各林分の林分材積から成林状況を4区分し、各区分に該当する林分面積を小班毎に算出している。そこで、道有林課での成林判定結果を基に、最も林分面積が大きかった成林状況を当該小班の成林状況とした。

②地域単位での成林状況の集計

各林分での林分材積の評価を基に、地域単位での成林状況を評価した。集計する地域の区分は、気候や地質等の立地環境や森林管理区の区分、各地域に含まれる調査林分数の偏りを考慮し9地域とした。そして、各地域に含まれる調査林分の林分材積の評価結果を集計し、北海道全域及び地域別の成林状況を評価した。

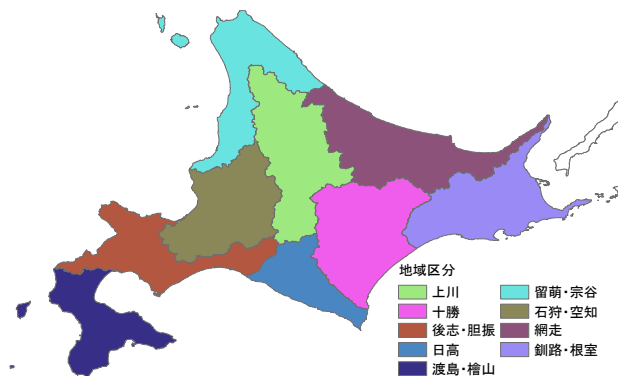


図3-2-1-2 成林状況の集計地域

表3-2-1-2 各地域に含まれる林分数 (箇所)

集計地域	一般民有林		道有林	
	カラマツ	トドマツ	カラマツ	トドマツ
網走	58	90	349	1538
石狩・空知	89	89	177	1291
渡島・檜山	55	71	33	907
上川	60	66	197	2203
釧路・根室	57	40	66	760
後志・胆振	66	59	293	1813
十勝	74	37	175	611
日高	23	30	81	792
留萌・宗谷	40	57	19	408

(3) 結果と考察

1) カラマツ人工林の成林状況

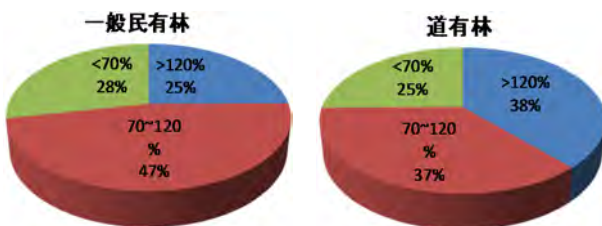
カラマツ人工林の全道的な成林状況(現況の林分材積)を図3-2-1-3に、地域別成林状況を図3-2-1-4~5に示す。

①一般民有林

全道的な傾向では、林分材積が平均値の70%以上の林分が約70%を占めた。一方、地域別の成林状況には違いがあり、十勝や網走といった内陸部で林分材積が多い傾向がみられた。

②道有林

全道的な傾向では、林分材積が平均値の70%以上の林分が約75%を占めており、一般民有林とほぼ同様の状況であった。一方、地域別の成林状況には違いがあり、網走や日高、上川では林分材積が多い傾向がみられた。



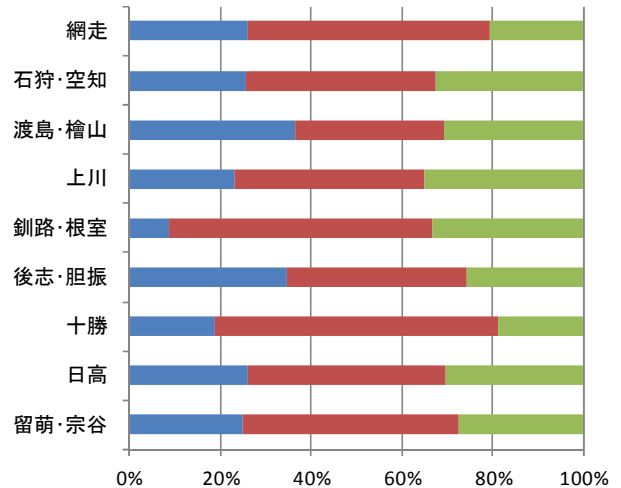
※凡例は、それぞれ平均材積の120%以上(>120%)、70%以上120%未満(70~120%)、70%未満(<70%)を示す。

図3-2-1-3 北海道全域でのカラマツ人工林成林状況

2) トドマツ人工林の成林状況

トドマツ人工林の全道的な成林状況(現況の林分材積)を図3-2-1-6に、地域別成林状況を図3-2-1-7~8に示す。

カラマツ(一般民有林)



※凡例は、図3-2-1-3と同じ(以下、同様)。

図3-2-1-4 地域別カラマツ人工林成林状況 (一般民有林)

カラマツ(道有林)

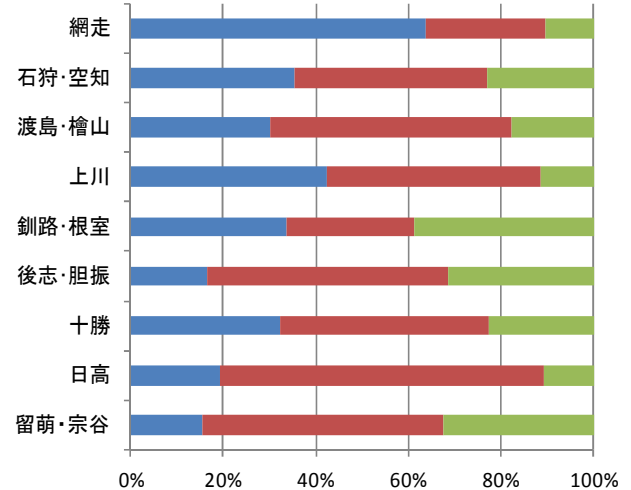


図3-2-1-5 地域別カラマツ人工林成林状況 (道有林)

①一般民有林

全道的な傾向では、林分材積が平均値の70%以上の林分が約70%を占めており、カラマツ人工林と同様の成林状況であった。

一方、地域別の成林状況には違いがあり、渡島・檜山や日高で林分材積が多い傾向がみられた。

②道有林

全道的な傾向では、林分材積が平均値の70%以上の林分が約75%を占めており、一般民有林とほぼ同様の状況であった。

一方、地域別の成林状況には違いがあり、十勝や渡島・檜山で林分材積が多い傾向がみられた。

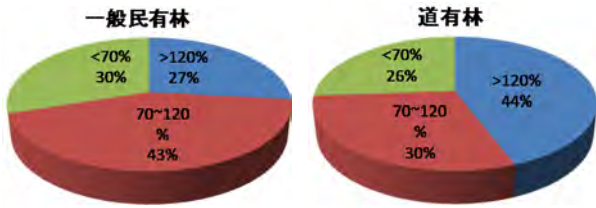


図3-2-1-6 北海道全域でのトドマツ人工林成林状況

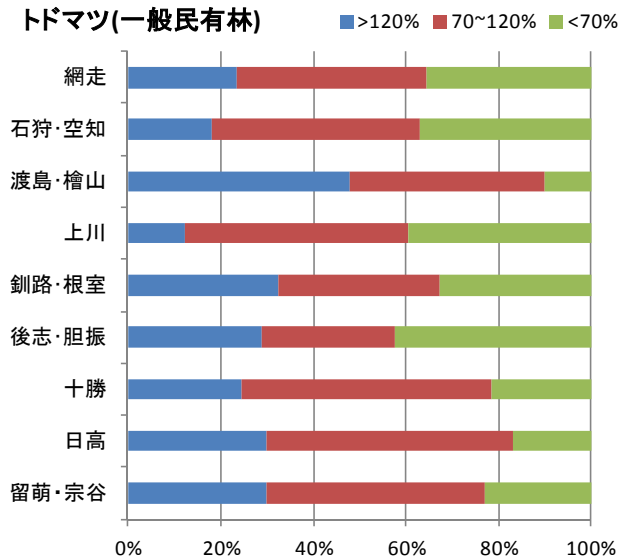


図3-2-1-7 地域別トドマツ人工林成林状況 (一般民有林)

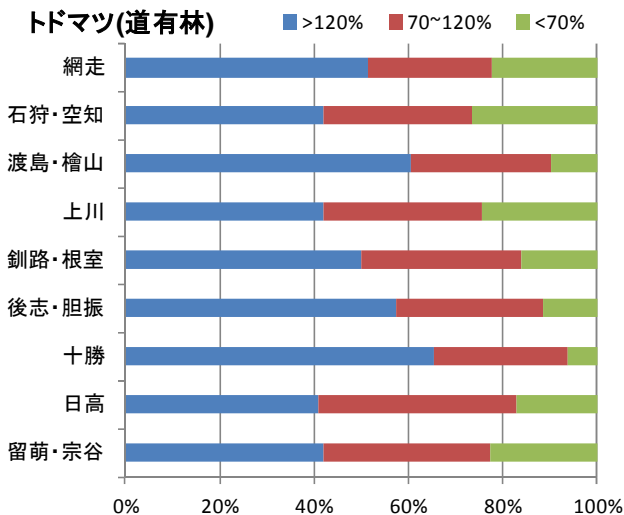


図3-2-1-8 地域別トドマツ人工林成林状況 (道有林)

3) 考察

①カラマツ人工林の成林状況と地域的特徴

全道的な傾向では、一般民有林及び道有林ともに林分材積が平均値の70%以上の林分が70%以上を占めてお

り、全道的には概ね予測値と同等の林分材積に達していると評価できる。

成林状況には地域的な違いが認められ、一般民有林及び道有林に共通して、網走を中心とした内陸部で林分材積の多い林分割合が高く、釧路・根室等の沿岸部では低かったことが挙げられる。

林分材積に地域的な傾向がみられた要因としては、立地環境と施業状況の両面が考えられる。立地環境の面では、カラマツの成長には風の影響を受けやすく、北海道内の沿岸部では生育障害が発生しやすいことが知られている^{[1][8]}。このため、地域的な風環境が林分材積に影響した可能性が考えられる。また、施業状況の面では、間伐の実施により林分材積としては減少することが知られている。このため、間伐の実施状況が林分材積に影響している可能性がある。

②トドマツ人工林の成林状況と地域的特徴

全道的な傾向では、一般民有林及び道有林ともに林分材積が平均値の70%以上の林分が70%以上を占めており、カラマツ人工林と同様に全道的には概ね成林していると評価された。

成林状況には地域的な違いが認められ、一般民有林及び道有林に共通して、上川や石狩・空知等で林分材積の高い林分割合が低かったことが挙げられる。

林分材積に地域的な傾向がみられた要因としては、カラマツ人工林と同様に立地環境と施業状況の両面が考えられる。立地環境の面では、トドマツは多雪地帯において、トドマツ枝枯病等の影響により枯死する危険性が高い事が知られている^{[4][6][7]}。このため、地域的な積雪状況が林分材積に影響した可能性が考えられる。また、施業状況の面では、間伐の実施により林分材積としては減少することが知られている。このため、間伐の実施状況が林分材積に影響している可能性がある。

(4) まとめ

本研究では、北海道における潜在的な木材供給可能量の推定にむけて、一般民有林及び道有林のカラマツ及びトドマツ人工林の地域別成林状況(現況の林分材積)の把握を目的とした。

検討の結果、全道的にはカラマツ人工林、トドマツ人工林ともに林分材積が平均値の70%以上の林分が70%以上を占めていることが明らかとなった。

一方、地域的にみると、成林状況が異なることも明らかにされた。これらは、立地環境と施業状況の両面が考えられ、立地環境の面では風環境や積雪環境等の地域的な気象特性が、施業状況では間伐の実施状況が各樹種の生育に影響した可能性が示唆された。

3.2.1 地域レベルにおける人工林の成林状況の推定

(5) 引用文献等

- [1]北海道立林業試験場. カラマツ人工林施業の手引き. 北海道立林業試験場 (2007)
- [2]石橋聡ら. “長伐期化に対応したカラマツ人工林収穫予想表の作成”. 日本森林学会北海道支部論文集. 52. 148-150 (2004)
- [3]石橋聡ら. “長期観察データによるトドマツ人工林の成長予測”. 日本森林学会北海道支部論文集. 56. 111-113 (2008)
- [4]水井憲雄. “融雪促進によるトドマツ枝枯病の被害防除”. 北方林業. 38. 57-60 (1986)
- [5]森林総合研究所. 森林吸収源データ緊急整備事業調査報告書. 林野庁 (2004)
- [6]寺田喜助. “北海道森林土壌の地域性ならびにトドマツの地位指数と土壌因子に関する研究”. 北海道林業試験場研究報告. 4. 1-101 (1967)
- [7]山根玄一. “立地条件からみたトドマツ人工林の生長の地域性”. 光珠内季報. 55. 1-6 (1983)
- [8]山根玄一. “カラマツの樹高成長と立地条件による地域区分の試み”. 光珠内季報. 84. 1-5 (1991)

津田高明 (林業試験場)

3.2.2 人工林資源の持続可能な出材量の予測

(1) 目的

本研究は、北海道内のカラマツ人工林およびトドマツ人工林における持続的な出材可能量の把握を目的とした。

(2) 方法

1) 人工林資源予測モデルの構築

人工林資源予測モデルの構成を図3-2-2-1に示す。

人工林資源の持続性を担保するには、管理方針(伐採量や植林量等)により将来の資源状況がどのように変化するかを分析・評価する必要がある。以上の分析を行うため、カラマツ人工林およびトドマツ人工林を対象とした人工林資源予測モデルを構築した。

資源予測は資源循環フローと出材フローの二つのフローで構成されている。

資源循環フローは現況の**林齢***別資源量(面積及び材積)から将来の林齢別資源量を予測するもので、①間伐及び主伐の**伐採性向***(伐採時期・量)、②伐採後、残存した樹木の成長量、③植林量を設定する必要がある。

出材フローでは伐採木を**径級***別の原木量に変換し一般材とパルプ材に選別するもので、④林地から土場への搬出率、⑤地位・施業・採材方法別のhaあたりの径級別原木量及び一般材/パルプ材比率を設定する必要がある。以上の設定を所管別・振興局別に行った。各パラメータの設定は、以下のとおりである。

①現在の資源量(面積・蓄積)

平成23年の人工林面積を図3-2-2~3に示す。

本研究では、平成23年の人工林面積及び**蓄積***に、全目での分析結果より**林分***材積が平均値の70%以上の面

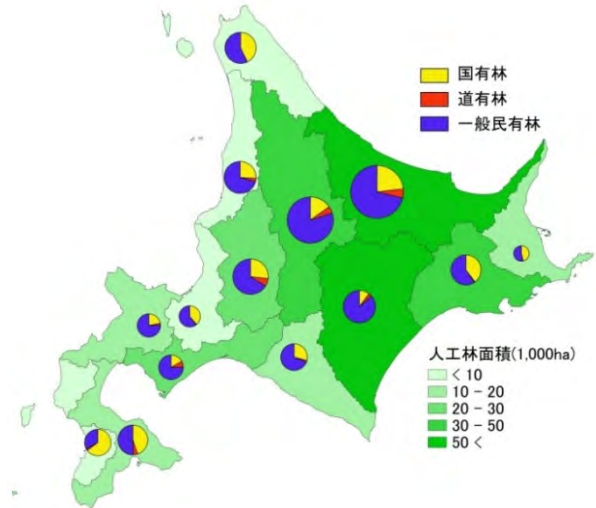


図3-2-2-2 カラマツ人工林面積(平成23年)

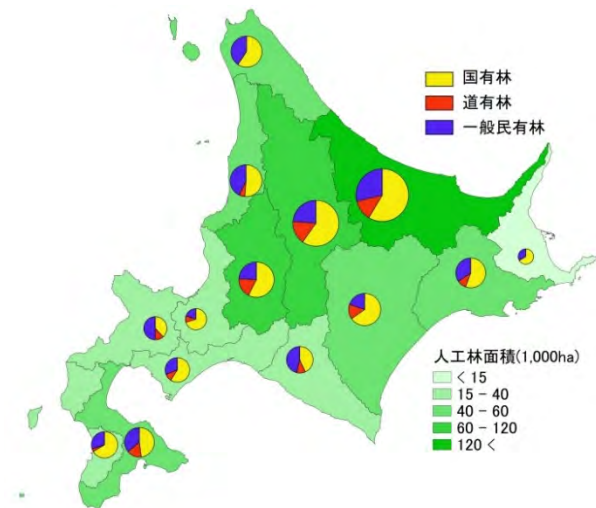


図3-2-2-3 トドマツ人工林面積(平成23年)

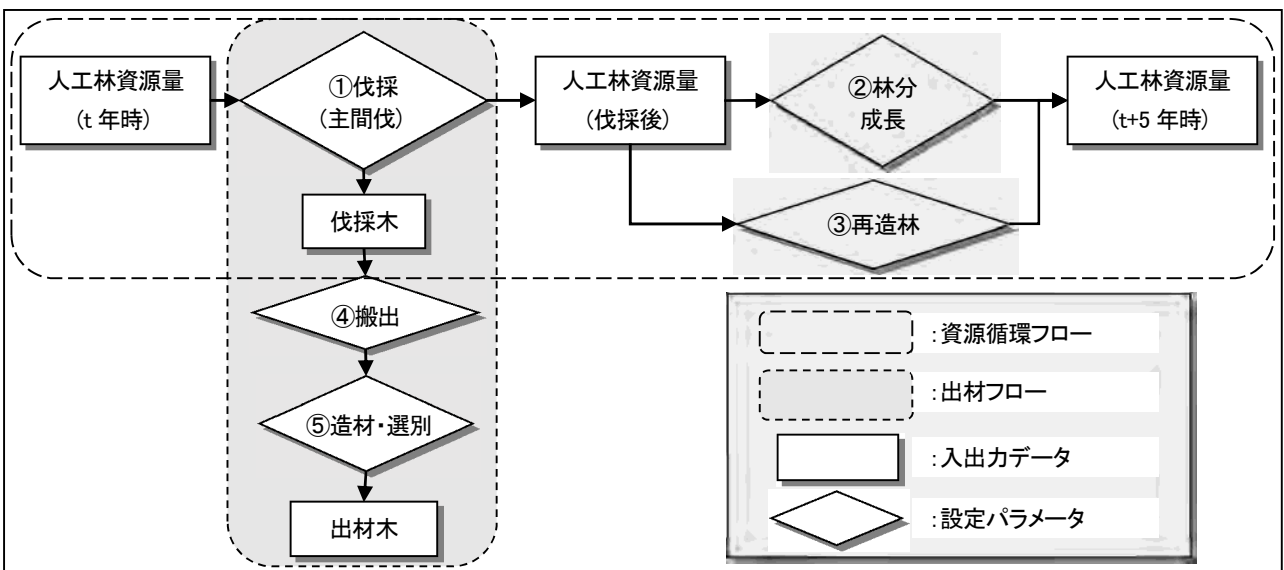


図3-2-2-1 人工林資源予測モデルの構成

積率を乗じた数値を各振興局の現在の資源量とした。

②伐採性向（間伐・主伐）

間伐および主伐における伐採性向（当該伐採の実施時期・量）には管理者の意向が強く反映される。このため、本パラメータは所管毎に設定した。

a. 一般民有林

一般民有林の主伐確率を図3-2-2-4～7に示す。

間伐は、平成14～22年度の北海道水産林務部資料より年齢別の間伐面積率を算出した。材積間伐率は30%とし、間伐方法はトドマツでは全層間伐^{*}、カラマツでは下層間伐^{*}とした。

主伐は、平成18年度および平成23年度の年齢別人工林面積を基に、減反率法により年齢別主伐確率を振興局別に算出した。

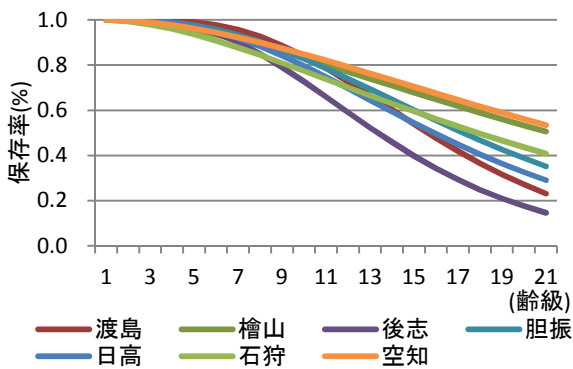


図3-2-2-4 カラマツの主伐確率(渡島～空知)

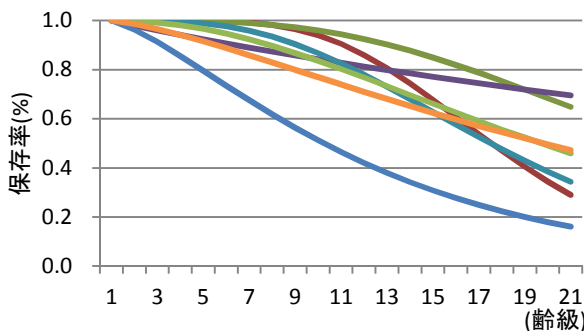


図3-2-2-5 カラマツの主伐確率(上川～十勝)

b. 道有林

道有林の樹種別主伐確率を図3-2-2-8に示す。

間伐は、平成23年度の年齢別人工林面積および間伐実績を基に生存時間分析により年齢別の間伐面積率を算出した。材積間伐率は30%とし、間伐方法はトドマツでは全層間伐、カラマツでは下層間伐とした。

主伐は、平成23年度の年齢別人工林面積および主伐実績を基に、生存時間分析により年齢別の主伐面積率

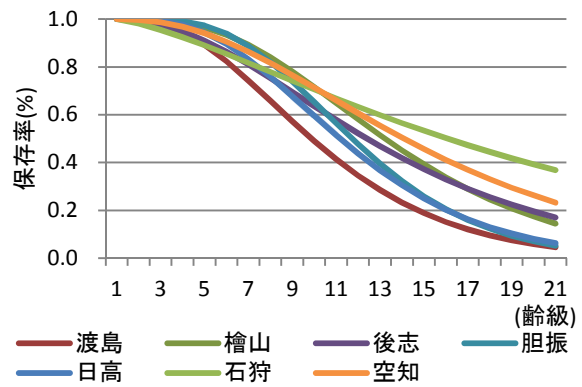


図3-2-2-6 トドマツの主伐確率(渡島～空知)

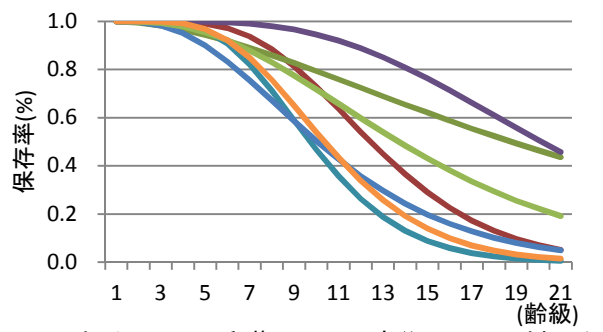


図3-2-2-7 トドマツの主伐確率(上川～十勝)

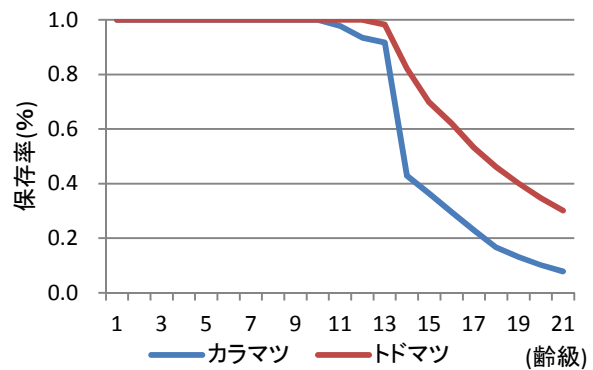


図3-2-2-8 道有林の樹種別主伐確率

を算出した。ただし、振興局によっては主伐期に達した林分がほとんどない地域も存在したため、本研究では、主伐量が最も多い振興局での分析結果（カラマツ：オホーツク、トドマツ：オホーツクおよび十勝）を他の振興局にも適用した。

c. 国有林

国有林の施業別主伐確率を図3-2-2-9～10に示す。

間伐は、平成23年度の年齢別人工林面積および間伐実績を基に生存時間分析により年齢別の間伐面積率を算出した。材積間伐率は30%とし、間伐方法はトドマツでは全層間伐、カラマツでは下層間伐とした。

主伐は、伐採方式として皆伐（対象林分をすべて伐採し再造林）、複層伐（対象林分の一部を皆伐し再造林）、択伐（対象林分のごく一部を伐採）の3種類が存在する。このため平成23年度の齢級別人工林面積および主伐実績を基に、伐採方式ごとに生存時間分析により齢級別主伐対象面積率を算出した。ただし、振興局によっては主伐期に達した林分がほとんどない地域も存在したため、本研究では、主伐量が最も多い振興局での分析結果（カラマツ：釧路および上川、トドマツ：空知および上川）を他の振興局にも適用した。また、各主伐対象面積に皆伐：100%、複層伐：40%、択伐：20%を乗じ実際の主伐面積を算出した。

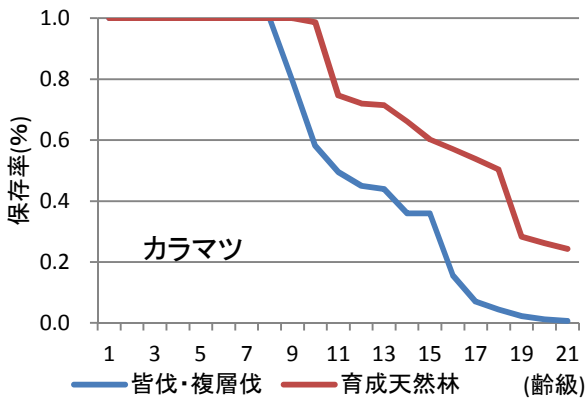


図3-2-2-9 国有林の施業別主伐確率 (カラマツ)

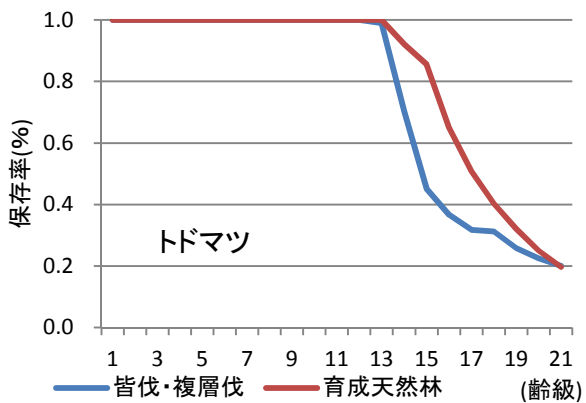


図3-2-2-10 国有林の施業別主伐確率 (トドマツ)

③林分成長量

カラマツ及びトドマツの振興局別平均地位を図3-2-2-11に示す。

一般民有林および道有林では、トドマツ人工林収穫予測ソフト^[7]、カラマツ人工林収穫予測ソフト^[9]を基に、各振興局の地位に応じた連年成長量を設定した。

国有林では、国有林資料より各振興局の連年成長量を算出した。

④伐採木の搬出率

伐採木の林地からの搬出率については、北海道水産林務部の造林事業資料を基に、齢級別の搬出率を算出した。伐採木は、林齢が5齢級未満の林地からはほぼ搬出されていなかったがその後上昇し、11齢級では90%以上が搬出されていた。

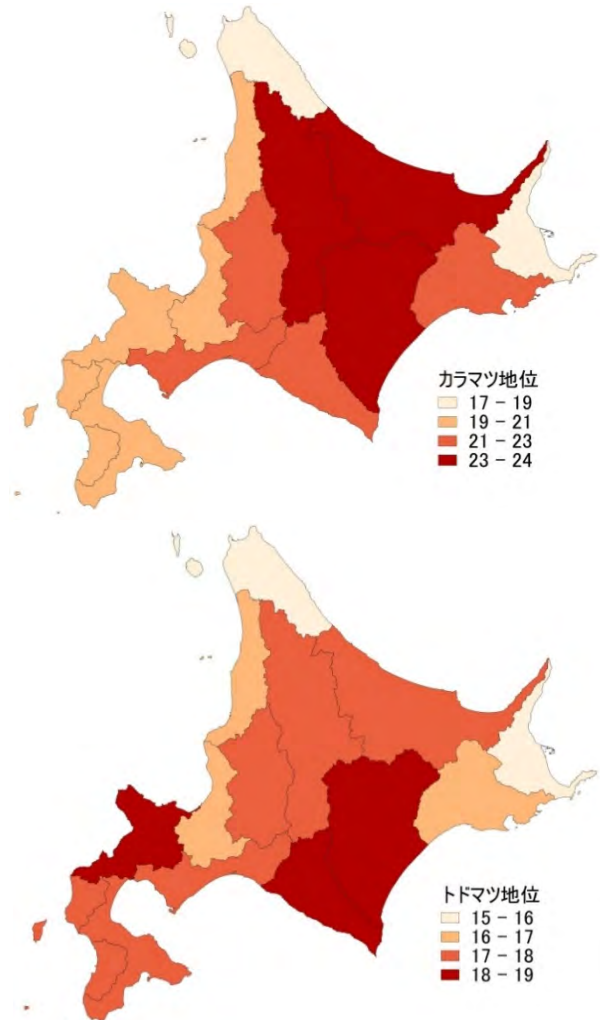


図3-2-2-11 カラマツ・トドマツの振興局別平均地位

⑤造材および品質区分（一般材・パルプ材）

造材時の径級と採材長の設定を表3-2-2-1に示す。

造材では、採材長を原木径級に応じて設定し、「3.1.1 径級別出材量の予測」での結果を基に末口径毎の丸太本数及び丸太材積を算出した。さらに、「3.1.2 パルプ材出材量の予測」での林分単位での一般材・パルプ材の出現率を乗じることで、各品質・径級の丸太本数および丸太材積を算出した。

2) 分析対象シナリオ

シナリオ別の年間計画伐採量を表3-2-2-2～3に、各所管での年間植林面積の設定を表3-2-2-4に示す。

表3-2-2-1 造材時の径級と採材長の設定

径級	採材長
14cm未満	2.0m (径級12cmでは一部3.65m)
14~22cm	3.65m (径級14cmでは一部2.0m)
24cm以上	2.0m

表3-2-2-2 シナリオ別年間計画伐採量
(カラマツ)

振興局	年間計画伐採量(万m ³ /年)		
	シナリオA	シナリオB	シナリオC
渡島	3	3.1	3.5
檜山	2.7	2.8	2.8
後志	6.1	7.3	8.3
胆振	14.6	15	15.4
日高	8.9	9.9	9.9
石狩	2.2	2.8	2.8
空知	9	9.3	11
上川	24.6	25	29.2
留萌	0.7	0.8	0.8
宗谷	0.8	1.3	1.3
オホーツク	62	63	63.5
根室	5	6.1	6.2
釧路	13.1	13.6	19.1
十勝	57.3	60	66.2
全道計	210	220	240

分析対象としたシナリオの構成要素は、年間の伐採量と植林量とした。

伐採量は、予測期間中毎年一定量の伐採を行うこととした。また、カラマツ、トドマツともに年間の伐採計画量を3段階設定した。なお、予測モデルの構成上、間伐材積は各期の齡級構成に応じて決定されるため、伐採量の増減は主に主伐材積で対応することとなる。このため、主伐量の最大値と間伐材積の合計値が、設定した年間計画伐採量に達しない場合もある。

年間の植栽量は主伐面積に応じ決定するものとした。国有林では、再生林の対象を単層林施業*林分と複層林

表3-2-2-3 シナリオ別年間計画伐採量
(トドマツ)

振興局	年間計画伐採量(万m ³ /年)		
	シナリオA	シナリオB	シナリオC
渡島	14	16	19
檜山	7.7	10.2	13
後志	5.2	7.1	9
胆振	6.3	7.9	10
日高	10	13.8	17.2
石狩	4	5.3	6.6
空知	12.5	15	18
上川	17	19.3	28
留萌	6.3	8.9	11.9
宗谷	6.5	7.6	8.6
オホーツク	41	47	52
根室	1.5	2	3.2
釧路	9	13	14
十勝	14	16.9	19.5
全道計	155	190	230

表3-2-2-4 各所管での年間植林面積の設定

所管	植栽面積
国有林	単層林施業・複層林施業での主伐面積を100%植栽
道有林	主伐面積を100%植栽
一般民有林	年間植栽面積に上限を設定 カラマツ:4500ha, トドマツ:1600ha

施業*林分とし、これらの主伐面積を全て植林することとした。道有林では、主伐面積を全て植林することとした。一般民有林では、基本的には主伐面積を全て再生林することとした。ただし、主伐後に再生林を行わない状況も見られることから、全道での年間植林量に上限を設け、全道の主伐面積が年間植林量の上限値以上となった場合は、各振興局の主伐面積に応じ植林面積を按分する設定とした。

予測期間は、現行の主伐期が50年前後であることを考慮し現在(H23)~50年後とした。また、5年を1分期として予測値を算出した。

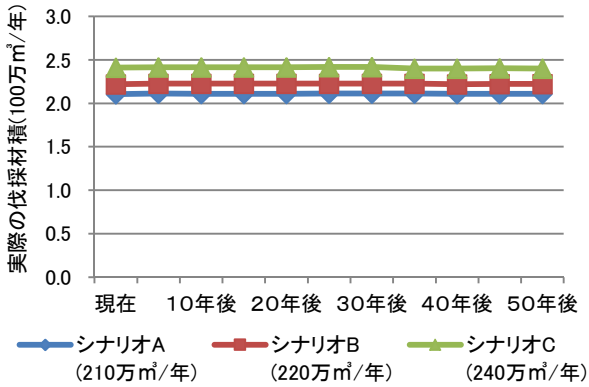
(3) 結果と考察

1) カラマツ

① 実際の伐採量の推移

各シナリオにおける年間計画伐採量に対する実際の伐採材積の推移を図3-2-2-12~15に示す。

シナリオCのオホーツクで予測期間後半に伐採材積が減少したのを除き、各シナリオとも計画通りに伐採可能であった。



※凡例の()は、年間計画伐採量を示す。

図3-2-2-12 各シナリオにおける実際の伐採材積(全道合計)

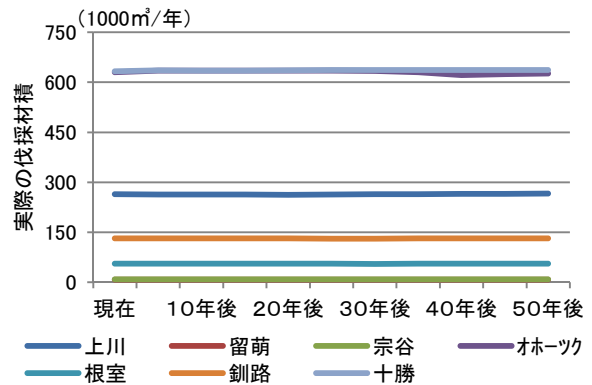
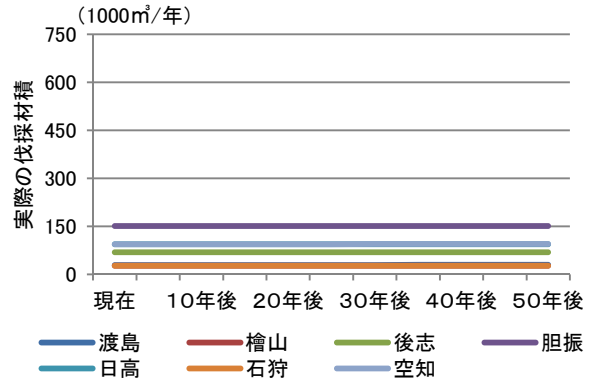


図3-2-2-14 振興局別の伐採材積(シナリオB)

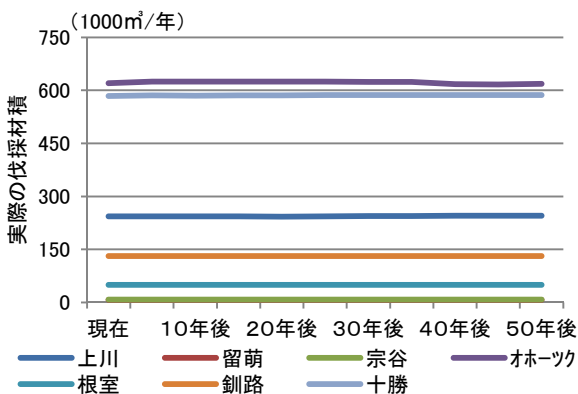
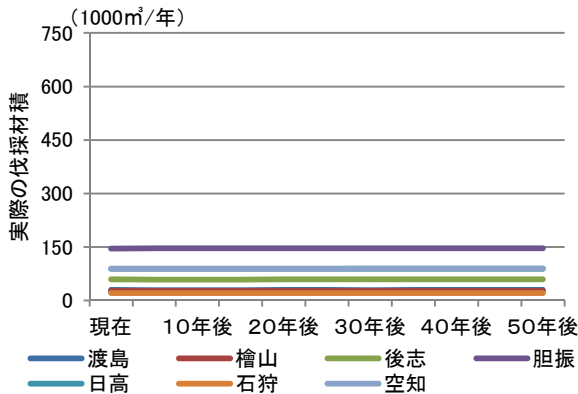


図3-2-2-13 振興局別の伐採材積(シナリオA)

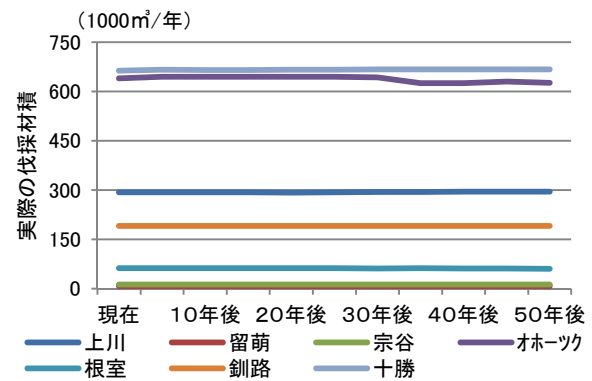
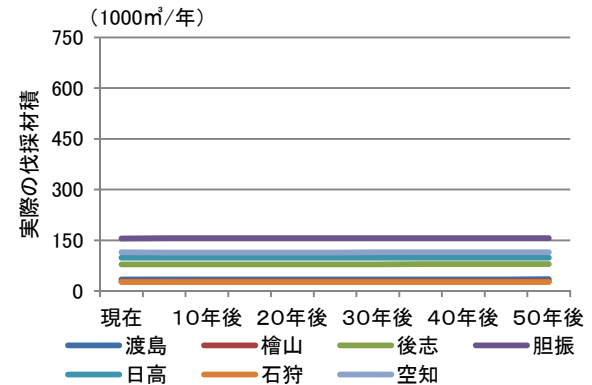
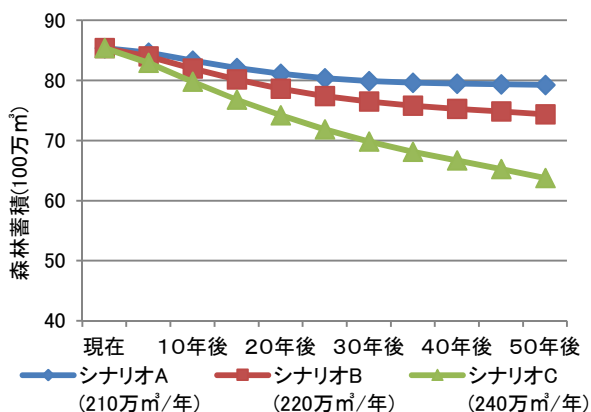


図3-2-2-15 振興局別の伐採材積(シナリオC)

②資源量の推移

各シナリオにおける森林蓄積の推移を図3-2-2-16～19に示す。

各シナリオの50年後の森林蓄積は、現在値と比較してそれぞれ92%、87%、74%であり、シナリオBの伐採水準までは森林蓄積を現在の9割程度を持続できた。しかし、シナリオCではオホーツクを中心に資源量の減少が顕在化すると予測された。



※凡例の()は、年間計画伐採量を示す。

図3-2-2-16 各シナリオにおける森林蓄積 (全道合計)

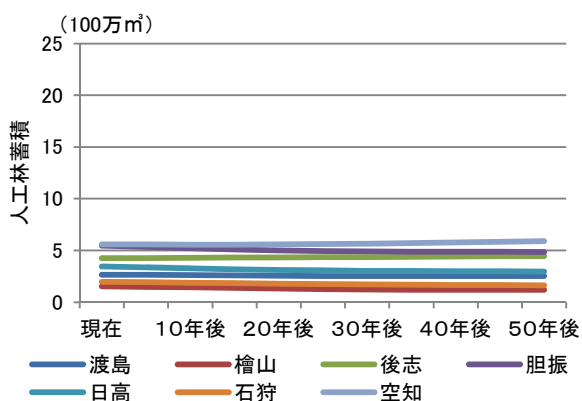
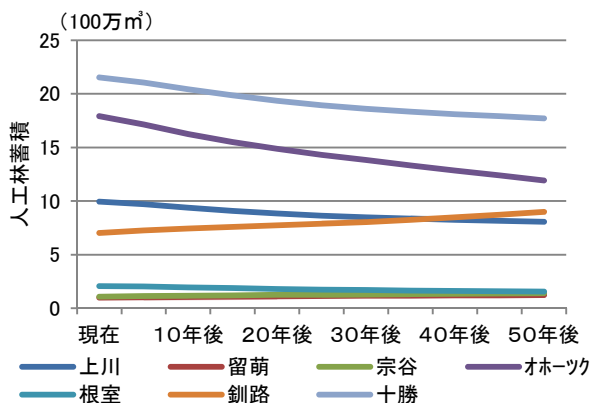


図3-2-2-18 振興局別の森林蓄積 (シナリオB)

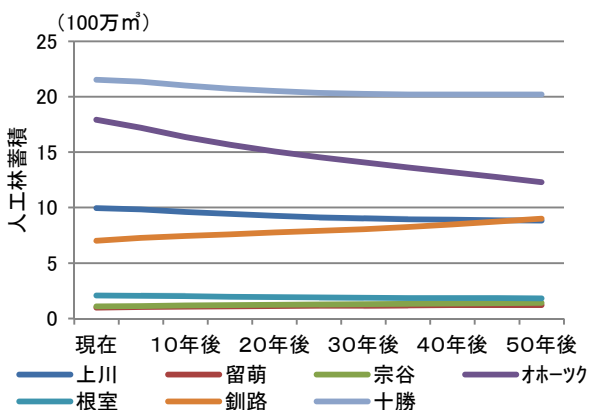
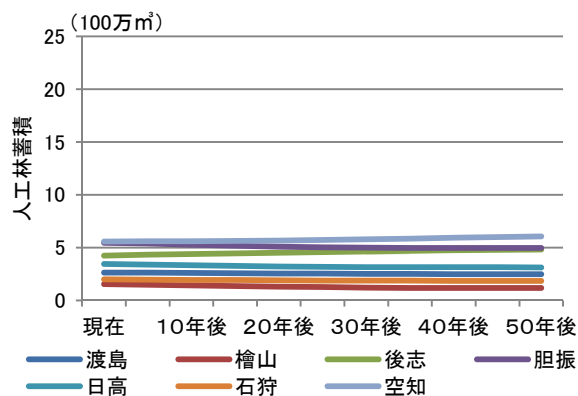


図3-2-2-17 振興局別の森林蓄積 (シナリオA)

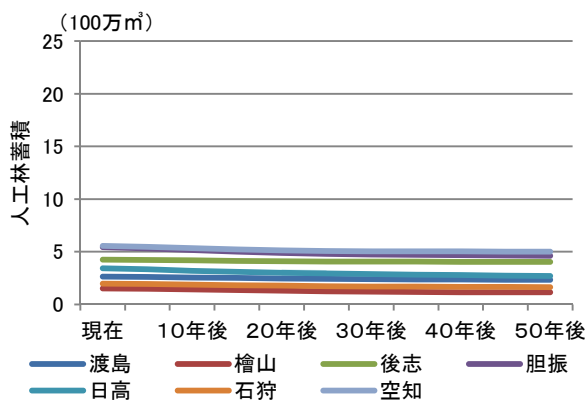
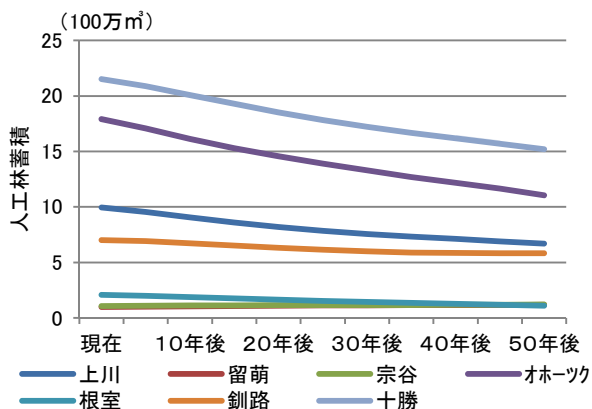


図3-2-2-19 振興局別の森林蓄積 (シナリオC)

③原木供給可能量の推移

各シナリオでの用途別原木供給可能量の推移を図3-2-2-20～25に示す。

全道の径級別原木材積は、各シナリオとも予測期間通じて径級14～22cmと24cm以上の一般材が最も多く生産された。このうち、径級14～22cmの一般材は現在から20年後にかけて生産量が減少し、その後は維持されると予測された。24cm以上の一般材は30年後まで生産量が増加する傾向であった。24cm以上の一般材が径級14～22cmの一般材の生産量を逆転する時期は、各シナリオとも10年後程度と予測された。

地域別の径級別原木材積は、各シナリオとも、どの径級においてもオホーツクや十勝を中心とした道東からの生産量が多いと予測された。

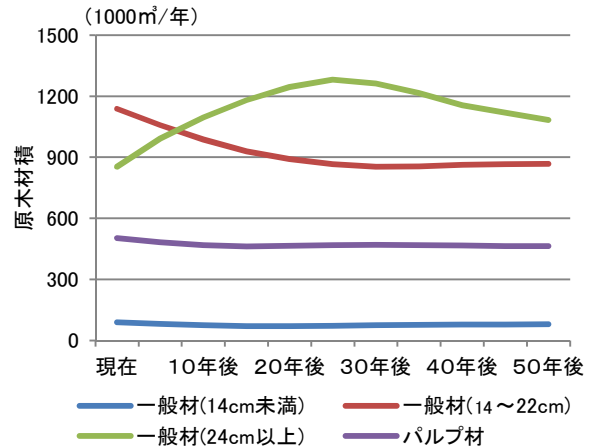


図3-2-2-21 全道での用途別原木材積 (シナリオB)

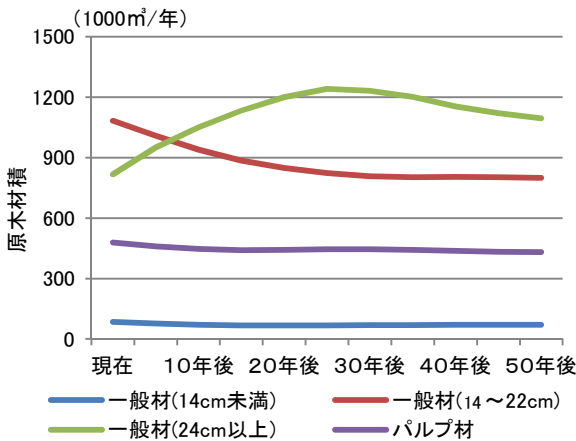


図3-2-2-20 全道での用途別原木材積 (シナリオA)

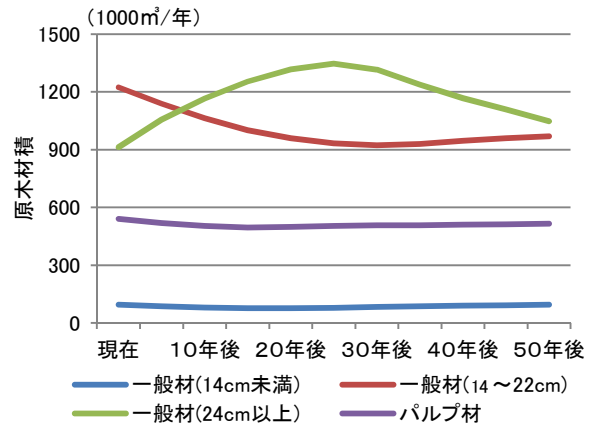
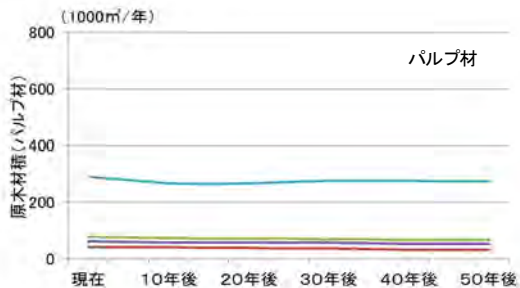
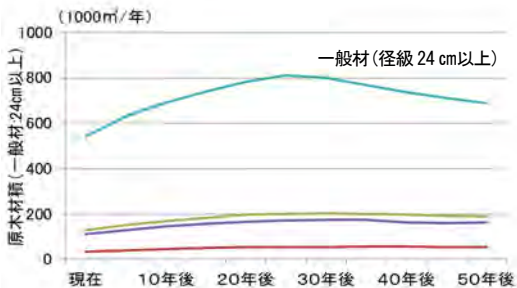
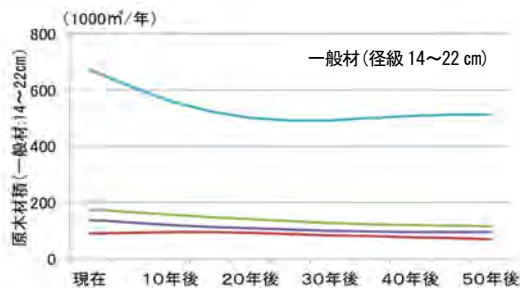


図3-2-2-22 全道での用途別原木材積 (シナリオC)



● 道南(渡島・檜山・後志) ● 道央(胆振・日高・石狩・空知)
● 道北(上川・留萌・宗谷) ● 道東(オホーツク・根室・釧路・十勝)

図3-2-2-23 各振興局の用途別原木材積(シナリオA)

3.2.2 人工林資源の持続可能な出材量の予測

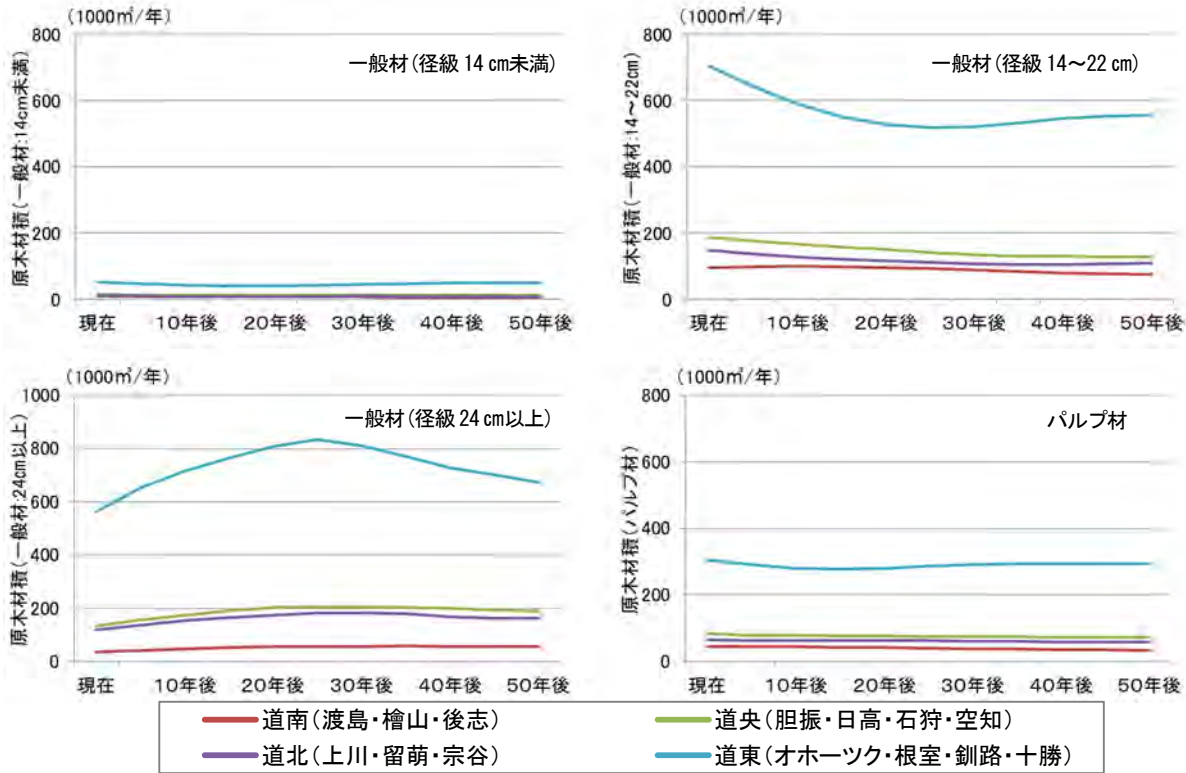


図3-2-2-24 各振興局の用途別原木材積(シナリオB)

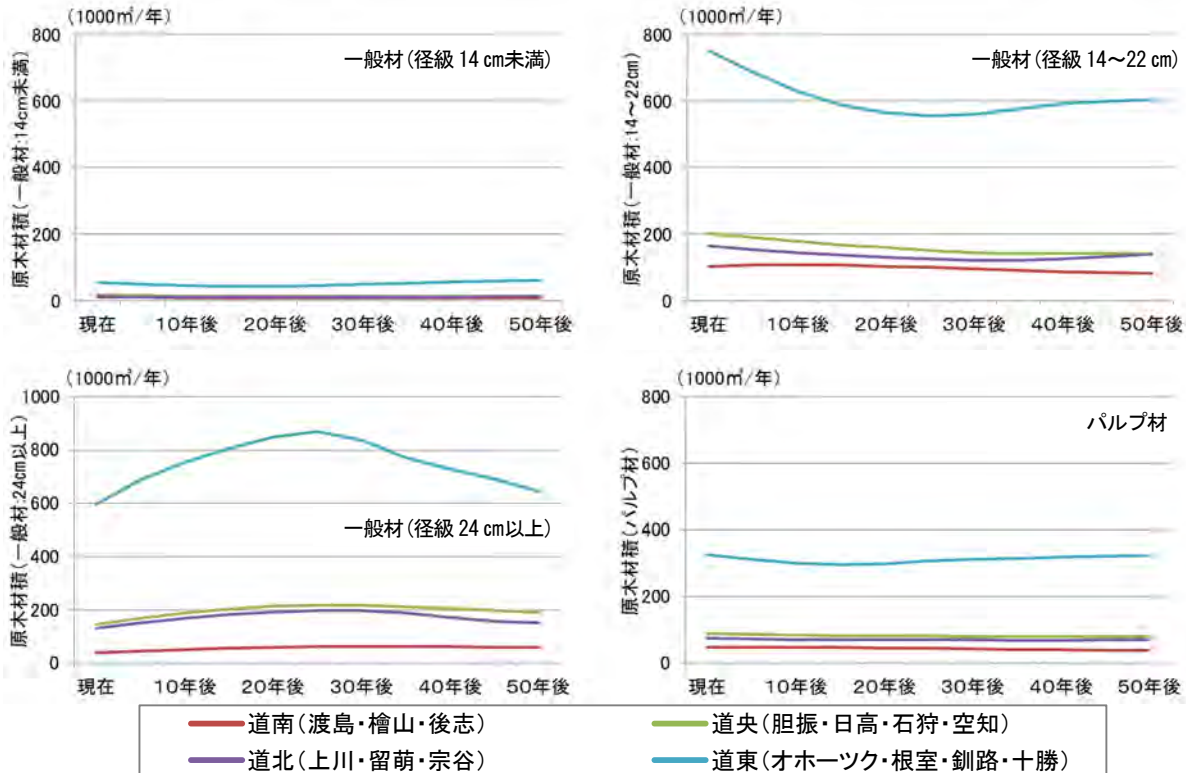


図3-2-2-25 各振興局の用途別原木材積(シナリオC)

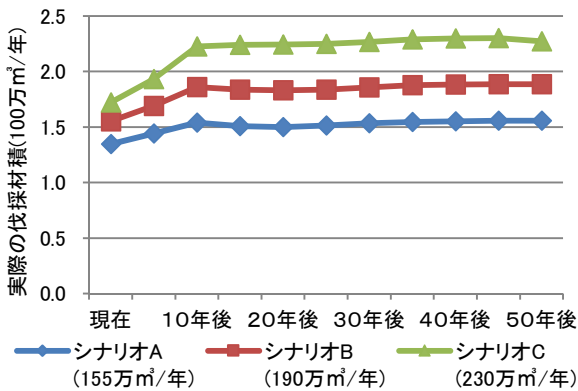
2) トドマツ

①実際の伐採量の推移

各シナリオにおける、年間計画伐採量に対する実際の伐採量の推移を図3-2-2-26~29に示す。

シナリオAでは5年後より、計画通りに伐採可能であった。一方、シナリオB及びシナリオCでは10年後にかけて徐々に伐採量が増加し、それ以降は計画量を伐採した。

振興局別に見ると、シナリオB及びシナリオCにおいて、オホーツクや上川等では10年後までは計画伐採量を下回ると予測された。



※凡例の()は、年間計画伐採量を示す。

図3-2-2-26 各シナリオにおける実際の伐採材積(全道合計)

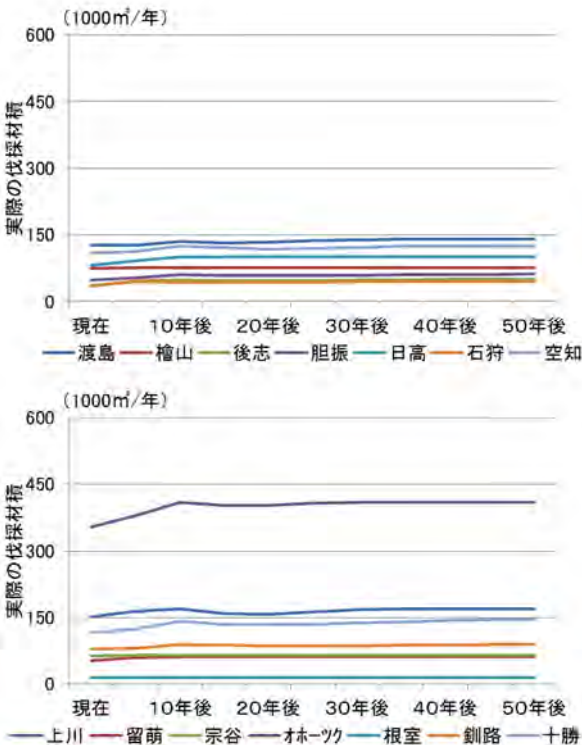


図3-2-2-27 振興局別の伐採材積(シナリオA)

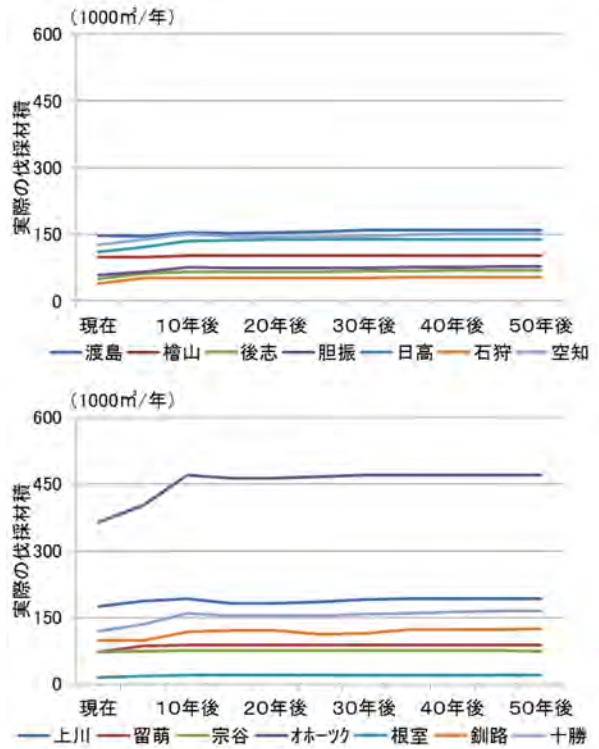


図3-2-2-28 振興局別の伐採材積(シナリオB)

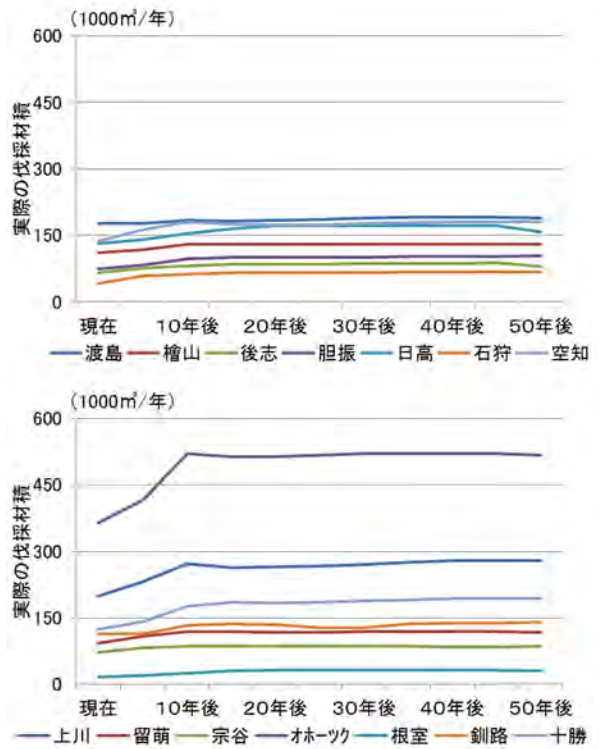


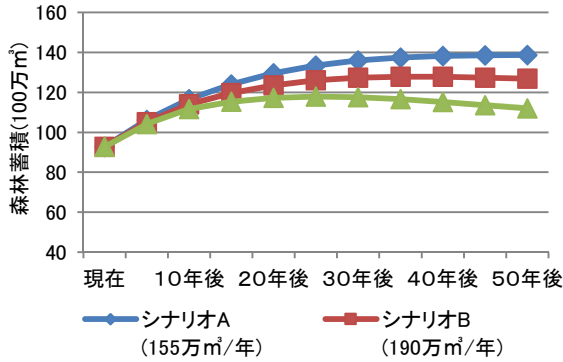
図3-2-2-29 振興局別の伐採材積(シナリオC)

②資源量の推移

森林蓄積の推移を図3-2-2-30～33に示す。

各シナリオの50年後の森林蓄積は、現在値と比較してそれぞれ146%、131%、120%であり、いずれにおいても森林蓄積が増加した。

振興局別では、シナリオA及びシナリオBでは各振興局とも資源量が増加または維持する傾向であった。一方、シナリオCではオホーツクで20年以降資源量が減少し、50年後には現在の森林蓄積と同じ程度となった。



※凡例の()は、年間計画伐採量を示す。

図3-2-2-30 各シナリオにおける森林蓄積(全道合計)

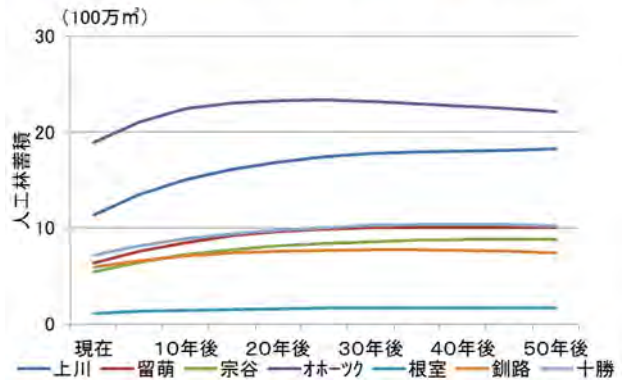
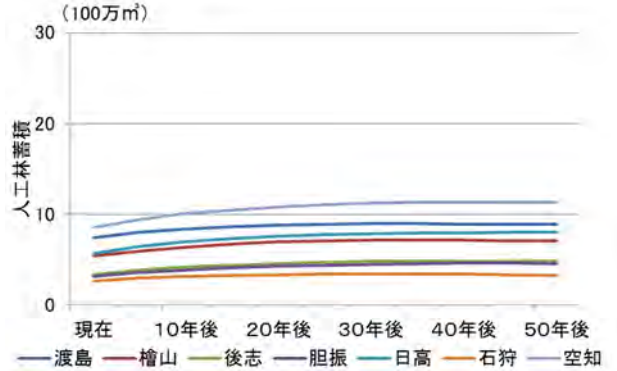


図3-2-2-32 振興局別の森林蓄積(シナリオB)

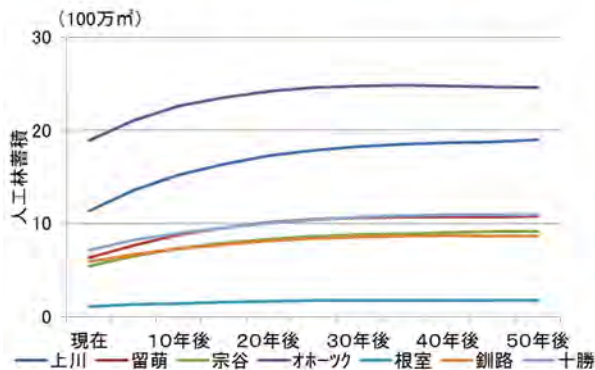
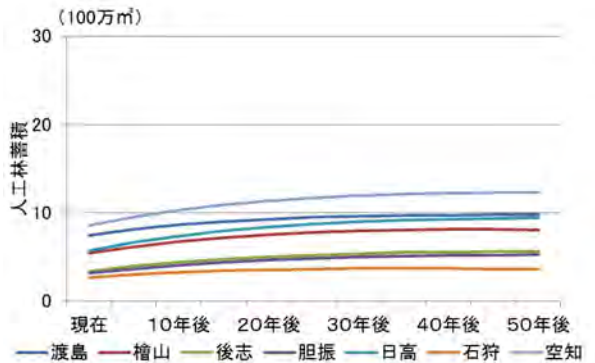


図3-2-2-31 振興局別の森林蓄積(シナリオA)

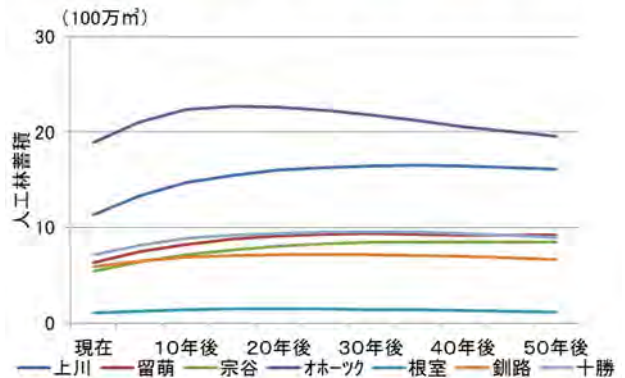
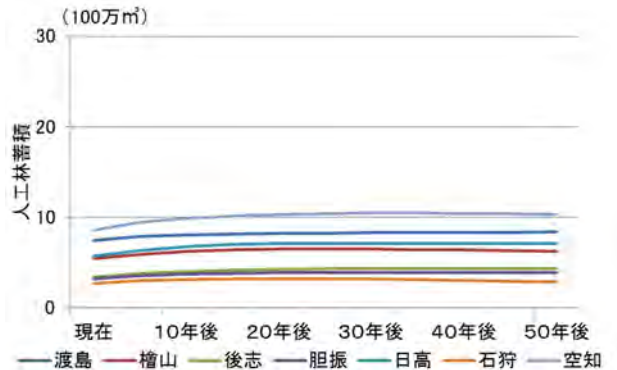


図3-2-2-33 振興局別の森林蓄積(シナリオC)

③原木供給可能量の推移

各シナリオでの用途別原木供給可能量の推移を図3-2-2-34~39に示す。

全道の径級別原木材積は、各シナリオとも現在から5年後では径級14~22cmの一般材とパルプ材、それ以降は径級14~22cmと24cm以上の一般材が最も多く生産された。このうち、径級14~22cmの一般材の生産量は10年後以降徐々に減少していた。一方、24cm以上の一般材は生産量が増加傾向を示しており、20~30年後には径級14~22cmの一般材の生産量を逆転すると予測された。

地域別の径級別原木材積は、各シナリオとも、どの径級においてもオホーツクや十勝を中心とした道東からの生産量が多いと予測された。

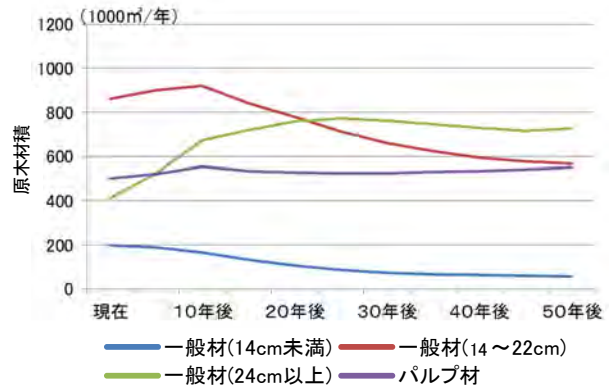


図3-2-2-35 全道での用途別原木材積 (シナリオB)

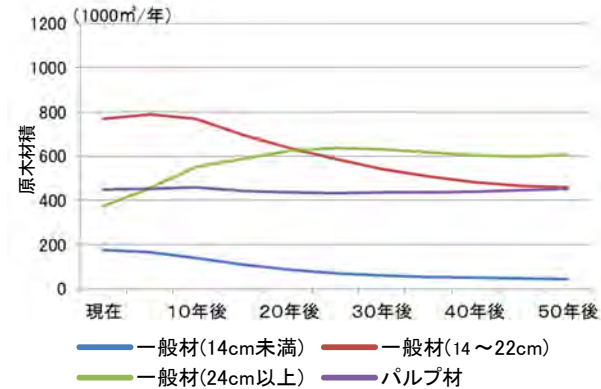


図3-2-2-34 全道での用途別原木材積 (シナリオA)

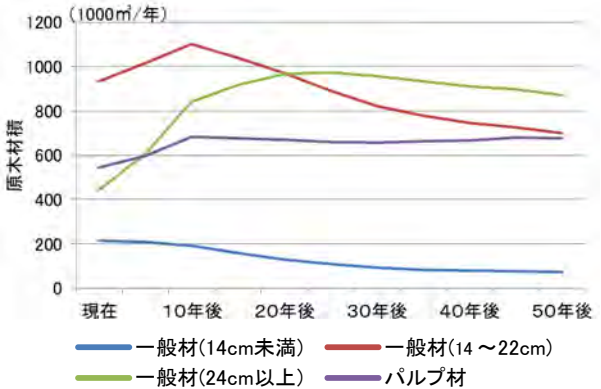
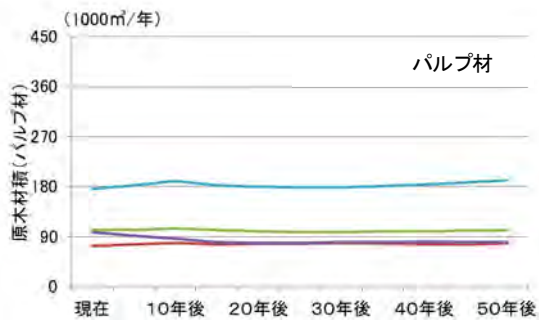
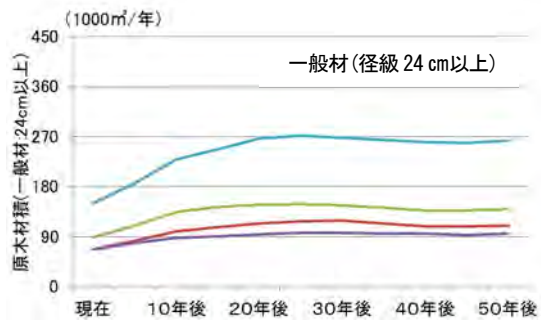
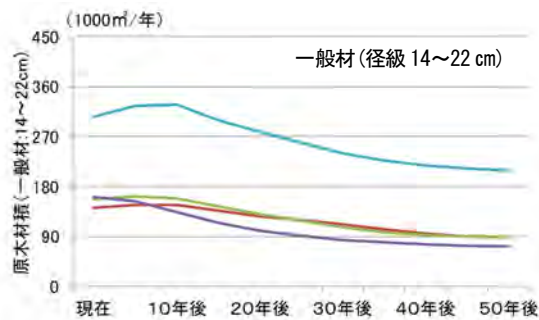


図3-2-2-36 全道での用途別原木材積 (シナリオC)



— 道南(渡島・檜山・後志) — 道央(胆振・日高・石狩・空知)
— 道北(上川・留萌・宗谷) — 道東(オホーツク・根室・釧路・十勝)

図3-2-2-37 各振興局の用途別原木材積(シナリオA)

3.2.2 人工林資源の持続可能な出材量の予測

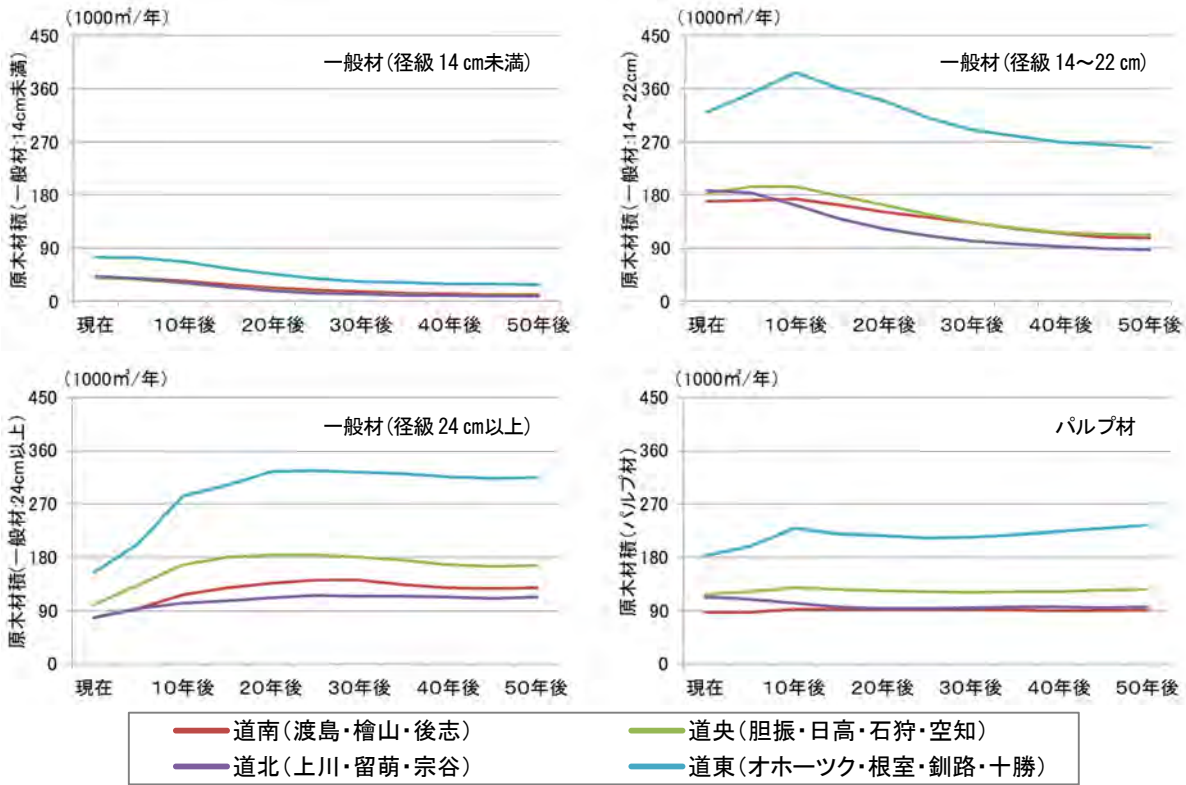


図3-2-2-38 各振興局の用途別原木材積(シナリオB)

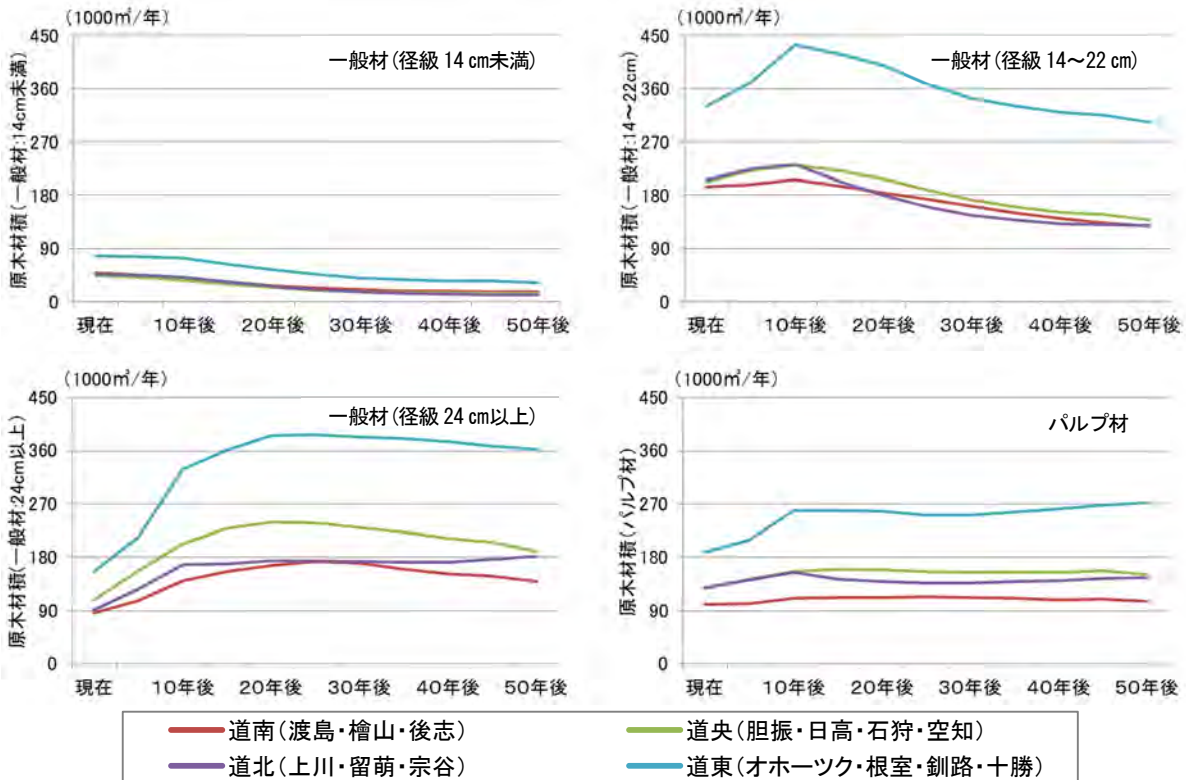


図3-2-2-39 各振興局の用途別原木材積(シナリオC)

(4) まとめ

本研究では、森林資源予測モデルを用いたシナリオ分析により、北海道内のカラマツ人工林およびトドマツ人工林における持続的な原木供給可能量の把握を行った。

各シナリオでの年間伐採予定量と森林蓄積の推移より、カラマツでは、全道での年間予定伐採量が220万³までであれば森林蓄積を大きく減少させることなく原木供給が可能であると予測された。一方、トドマツでは、年間予定伐採量が230万³でも森林蓄積は増加すると予測された。ただし、年間予定伐採量が230万³ではオホーツク等一部の振興局で30年後以降に資源量が減少傾向を示したことから、これ以上の伐採量は50年後の森林蓄積を現在値以下にする可能性があると考えられた。

各シナリオでの原木供給可能量の推移は、カラマツでは現在最も多く生産されている径級14~22cmの一般材は今後減少するものの、一定量の供給材積は維持できること、10年後には24cm以上の一般材が最も多く生産されることが予測された。また、原木生産の中心は資源量が最も多い道東になると予測された。また、トドマツでは、現在最も多く生産されている径級14~22cmの一般材の生産量は10年後以降徐々に減少し、20~30年後には径級24cm以上の一般材の生産量が最も多くなると予測された。原木生産の中心は、カラマツと同様に道東になると予測された。

なお、本研究では、再造林は現在と同程度の水準で維持するという前提のシナリオで分析を行った。このため、再造林が現状よりも行われない状況になれば、本稿で示した供給可能量は維持できなくなる可能性がある。また、本研究ではあくまで資源面から計算される伐採可能量を検討したものであり、今後の伐採量予測を示したものではないことに注意されたい。

(5) 引用文献等

- [1]藤掛一郎. “森林資源構成表を用いた減反率の推定”. 統計数理. 51. 95-110 (2003)
- [2]藤掛一郎. “間伐遅れと実質立木価格-初回間伐までの経過時間の比例危険率モデルによる分析”. 日本森林学会誌. 87. 323-330 (2005)
- [3]広嶋卓也. “森林計画に於ける伐採齢平均・分散の計算方法に関する考察”. 森林計画学会誌. 40. 139-149 (2006)
- [4]久保山祐二, 岡 裕泰. “森林・林業・木材産業の将来予測”. (株)日本林業調査会. 東京都. 251-280 (2006)
- [5]熊谷 操, 杓掛徳宗. “人工林資源の状況と将来予測について”. 日本森林学会北海道支部論文集. 157. 1-5 (2009)
- [6]松本美香, 泉英二, 藤原三夫. “持続可能な森林経営のための施業シナリオ-森林資源予測モデルを用いた愛媛県久万町での検証-”. 日本森林学会誌. 89. 31-38 (2007)
- [7](地独)北海道立総合研究機構 林業試験場. 「北海道版トドマツ人工林収穫予測ソフト」. 入手先<<http://www.fri.hro.or.jp/syukakuyosoku/todosyuka.html>> (2012)
- [8]當山啓介. “金山町における森林経営モデルの設定とシミュレーション. 森林経営の新たな展開-団地法人経営の可能性を探る-”. (社)大日本山林会. 東京都. 65-96(2010)
- [9]八坂通泰, 滝谷美香, 山田健四. “システム収穫表「北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト」の開発”. 北海道林業試験場研究報告. 48. 65-74 (2011)

津田高明 (林業試験場)

3.2.2 人工林資源の持続可能な出材量の予測

第4章 木材加工システムの開発

(1) まえがき

国内最大の資源を有する北海道では、そのポテンシャルの一層の発揮のために道産材利用の新たな展開、すなわち「進化」が必要となっている。

主要な道産材であるカラマツ材は、道産針葉樹材の中では強度が高く、堅いという特徴がある。材色は黄色味・赤味が強く、日焼けするとその色は濃くなる。また、早材・晩材の色差が大きく、木目のはっきりとした味わい深い材である。一方、繊維傾斜が大きい材でもあり、ねじれが生じやすい。これは利用上の難点と認識される。

現在、カラマツ材はパルプ、合板、製材用に利用されており、そのうち製材用途が約50%を占めている。さらに、製材用途の内訳を見ると80%あまりが**梱包材***や**木質パレット***向けの**仕組材***、残りの大半が**集成材用ラミナ***であり、建築用材として道内で用いられる割合はわずかに数パーセントである。このことを踏まえ、本研究ではカラマツ材の用途拡大を目的とし、高品質、高付加価値な建築用材を製造するための技術開発に取り組んだ。

住宅向けの部材や施工技術は年々進歩しており、**エンジニアードウッド***のような工業製品の感覚で、安心、気軽に使用できる製品が重宝されている。このようなユーザーのニーズに応えるためには、品質重視の姿勢で開発に臨む必要がある。

木材は水分を吸放出する性質があり、それに伴って木材は収縮・膨張する。この際、幅・厚さ・長さ方向で収縮量が異なり、さらに内部と表面で水分に差が生じるため、くるとい(ねじれ、曲り)や割れを生じる。くるとい(や割れ)は、木材の美観を損なう他、建物に不具合を与え、使用箇所によっては強度にも影響を及ぼすこととなる。くるとい(や割れ)を抑制するためには、木材の含水率を十分にかつムラなく均一に落とす乾燥技術が必要である。

木材を建築用材として利用する場合、通常は材全体の平均含水率が15~20%となるように乾燥する。しかし昨今の住宅は仕様や工法が改良され高断熱、高気密化が進んでおり、年中、安定して暖かく、湿気の取り込みが少ないため、結果として室内が恒常的に過乾燥となる。施工時の含水率が15~20%であった建築用材は、過乾燥下にて含水率が5~10%程度低下し、入居後にくるとい(や割れ)を発生させることとなる。このため、木材乾燥における目標含水率は、現在の住宅事情にも耐えうる水準に設定し、高い品質とすることが求められる。

以上のことから本研究では、ねじれや割れを抑制する乾燥技術の開発を行った。この技術は幅広い径級の材に適用できると考えるが、本研究では中小径材利用を想定し、**心持ち正角材***製造のための技術として取り組んだ。

また、この乾燥技術の展開力をさらに高めるために、乾燥後の割れの認識技術、選別方法、ねじれの修正方法等の関連技術も併せて検討した。

乾燥技術の開発とともに、素材の長所を活かした用途の開発も行った。カラマツ材に関しては、強度や材色などがポイントである。そこで本研究では、強度を活かしたプレミアム集成材の開発、材色や風合いを活かし内装材として利用するための技術的検討を行った。これらの技術は中大径材での適用を念頭に実施した。

カラマツ材の用途拡大に向けた建築用材の開発にあたっては、材の特徴や資源背景を考慮する必要がある。径級別の出材量から、まずは中小径材を確実に活用し、それから大径材利用の展開へとつなげる必要がある。

(2) 本章の構成

本章は、主要な道産材であるカラマツ材から高品質、高付加価値な建築用材を製造するための技術開発に取り組んだ内容について報告するものであり、2節5項により構成されている。

4.1 高付加価値化を図るための製材、乾燥、加工方法の開発

製材や加工にかかるイノベーションとして、カラマツのねじれや割れを抑制して心持ち正角材とする技術、カラマツの強度を活かすプレミアム集成材、材色や風合いを活かし内装材として利用するための技術について検討した。

4.1.1 カラマツ心持ち正角材(コアドライ材)の開発

道産カラマツの心持ち正角材を木造住宅の**管柱***として利用するために、“割れ”や“ねじれ”の生じにくい新たな木材乾燥技術「**コアドライ***」を開発し、コアドライ材の性能評価を行った。また、コアドライ材の実生産を想定した生産試験を民間企業の協力を得て行い、生産工程の検討、製品の品質測定、乾燥室内の温度測定を実施した。

4.1.2 プレミアム集成材の開発

カラマツには樹齢が高くなるほど強度の高い**成熟材***部が増加していくという特徴がある。大径化した高樹齢カラマツ材の強度性能を活かす用途として、原木の成熟材部から選択的に集成材用ラミナを採材する方法について検討した。また、ラミナの生産試験及びプレミアム集成材の製造試験を実施し、従来にない高強度なカラマツ集成材を開発した。

4.1.3 道産針葉樹材を原料とした内装材の開発と評価

枝打ち施業を行ったカラマツ原木と行っていないものについて、内部の節の発生状況を調査し、枝打ち施業による節の抑制効果について検討した。また、節の量の異

なる腰壁*材の画像を作製し、節の量と見た目の好ましさについて関連を調査した。これらを通して、カラマツ材の内装材としての展開に向けた技術的要点を整理した。

4.2 コアドライ材の選別方法並びに機械装置の開発

カラマツ材をねじれや割れを抑制した高品質な乾燥材（コアドライ材）とする技術については、その展開力を高めるための関連技術（乾燥後の割れの認識技術、選別方法、ねじれの修正方法）も併せて検討した。

4.2.1 コアドライ材の選別方法

コアドライ材の生産要領では、表面割れおよび内部割れの発生が軽微であることと定義されている。そこで、

コアドライ材の出荷工程での品質検査の信頼性向上と、自動化による生産効率の向上を目的として、生産ライン上での運用が可能な木材の割れ自動判別装置の開発を行った。

4.2.2 修正挽き装置の開発

コアドライ材は、乾燥後に通直な正角材に仕上げるための修正挽きが必要となるため、乾燥後の正角材の修正挽きについて検討した。道内の製材工場で低コストに道産カラマツ心持ち正角材が生産できる体制が形成できるよう、修正挽き作業を容易かつ高歩留まりとする方法を確立した。

斎藤直人（林産試験場）

4.1 高付加価値化を図るための製材、乾燥、加工方法の開発

4.1.1 カラマツ心持ち正角材（コアドライ材）の開発

（1）目的

道産カラマツ材が住宅部材として広く利用されるためには、輸入集成材や外材に対してコストや性能面での課題を克服する必要がある。性能面での課題としては、カラマツ材は乾燥すると“割れ”やすく、住宅部材として使用中の温湿度環境によって含水率が低下し、“ねじれ”が生じやすいことが知られている。

このため本研究では、道産カラマツ心持ち正角材*を木造住宅の管柱*として利用するため、“割れ”や“ねじれ”の生じにくい新たな木材乾燥技術「コアドライ*」を開発し、コアドライ材の性能評価を行った。また、コアドライ材の実生産を想定した生産試験を民間企業の協力を得て行い、生産工程の検討、製品の品質測定、乾燥室内の温度測定を実施した。

（2）方法

1) コアドライに係る基礎試験

①割れを抑制する乾燥技術の検討と評価

末口*径18cm前後のカラマツ原木から心持ち正角材を一丁採り*し住宅用管柱として利用する場合、乾燥によって材表面に割れが生じやすく、天然乾燥や人工乾燥のうち100℃以下の温度で行う中温乾燥では大きな割れが生じる。この表面割れを抑える乾燥方法として、100℃以上の高温で人工乾燥を行ういわゆる高温乾燥が有効とされている^[1]。一方、高温乾燥は表面割れの抑制に有効であるものの、材内部に割れを引き起こす

（図4-1-1-1）。この内部割れは、乾燥後にプレーナー仕上げ*を行うと材表面の割れとなって顕在化するとともに、釘や金物などを使用した場合に、接合部の強度低下が懸念される。また、高温乾燥は、処理温度が高くなるほど処理時間が長くなるほど強度低下や材色の変化を引き起こす。このため、表面割れを抑制するために必要以上の高温かつ長時間の乾燥を行うことは避けるべきである。本研究では、道産カラマツ心持ち正角材の割れを抑制するための適正な高温乾燥条件を見出すため、以下のとおり試験を行った。

a. 高温乾燥における時間と割れの関係

カラマツ心持ち正角材の高温乾燥における乾燥時間と割れ（表面割れ、内部割れ）の発生の関係について調べた。前処理として95℃で蒸煮を10時間行った後、高温乾燥の処理温度条件は乾球温度*120℃、湿球温度*90℃で一定とした。乾燥時間が表面割れの発生に及ぼす影響を見るため、高温乾燥処理時間を12時間、18時

間、24時間の3条件とし、各条件でそれぞれカラマツ原木56本から心持ち正角材を一丁採りして高温乾燥を行い、発生した表面割れを測定した。また、乾燥時間が内部割れの発生に及ぼす影響を見るため、高温乾燥処理時間を6時間、12時間、24時間の3条件とし、カラマツ原木12本から心持ち正角材を一丁採りした後、3分割して各条件に振り分けてから高温乾燥を行い、発生した内部割れを測定した。表面割れの測定は、スケールとすきまゲージを用いて、割れの長さと幅を測定し、材一本ごとに表面割れ面積を求めた。内部割れの測定は、材長の中央付近を丸鋸盤で切断し、スキャナーで木口*面の画像を読み取り材一本ごとに内部割れの総長さを求めた。

b. 高温乾燥における温度と割れの関係

カラマツ心持ち正角材の高温乾燥における乾燥温度と割れ（表面割れ、内部割れ）の発生の関係について調べた。前処理として95℃で蒸煮を10時間行った後、高温乾燥の処理時間は18時間で一定とした。乾燥温度が表面割れおよび内部割れの発生に及ぼす影響を見るため、高温乾燥の処理温度を乾球温度110℃、湿球温度80℃および乾球温度120℃、湿球温度90℃の2条件とした。カラマツ原木49本から心持ち正角材を一丁採りした後、2分割して各条件に振り分けてから高温乾燥を行い、発生した表面割れおよび内部割れを前述した方法で測定した。

c. 高温乾燥による割れ抑制効果の評価

前述したa. b. の試験結果から、表面割れおよび内部割れを抑制するための適正な高温乾燥条件を決定した。そして、決定した高温乾燥条件と天然乾燥したカラマツ心持ち正角材の表面割れ発生状況を比較検討した。



表面割れ コアドライ材 内部割れ

図4-1-1-1 割れの様子

②ねじれを抑制する乾燥技術の検討と評価

カラマツは樹幹軸に対する繊維の傾きが大きく（繊維傾斜）、特に樹心付近の未成熟材*と呼ばれる部位で顕著となっている（図4-1-1-2）。このため、心持ち正角材を一丁採りした場合、未成熟材の占める割合が多くなるため、乾燥によって大きなねじれが生じることとなる（図4-1-1-3）。乾燥によってねじれた材料は、

4.1.1 カラマツ心持ち正角材（コアドライ材）の開発

修正挽きした後モルダー*等による仕上げ加工を施すことで製品化することができる。ただし、製材時の寸法は、修正挽きを考慮し製品寸法に対して所定の歩増し*を行う必要がある（詳細は後述の4.2.2 修正挽き装置の開発）。一方、修正挽き後仕上げ加工された製品

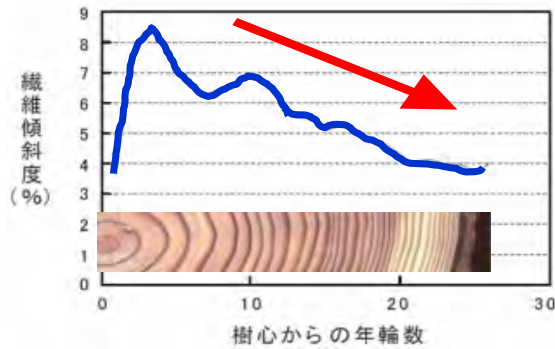


図4-1-1-2 カラマツの繊維傾斜の例



図4-1-1-3 乾燥後のねじれ

についても、使用中の温湿度環境によって吸放湿してねじれが生じることがある。特に北海道の木造住宅においては冬季の暖房によって室内環境は低湿度状態（図4-1-1-4）になるため、木材は更に乾燥して含水率が低下しねじれが生じやすくなる。このため、製品出荷時の仕上がり含水率は、冬季暖房室内の温湿度環境を想定してねじれが生じないようにする必要がある。本研究では、製品出荷後にねじれが生じないように仕上がり含水率と乾燥条件を決定するため、以下のとおり試験を行った。

a. 仕上がり含水率の設定と乾燥後の水分分布

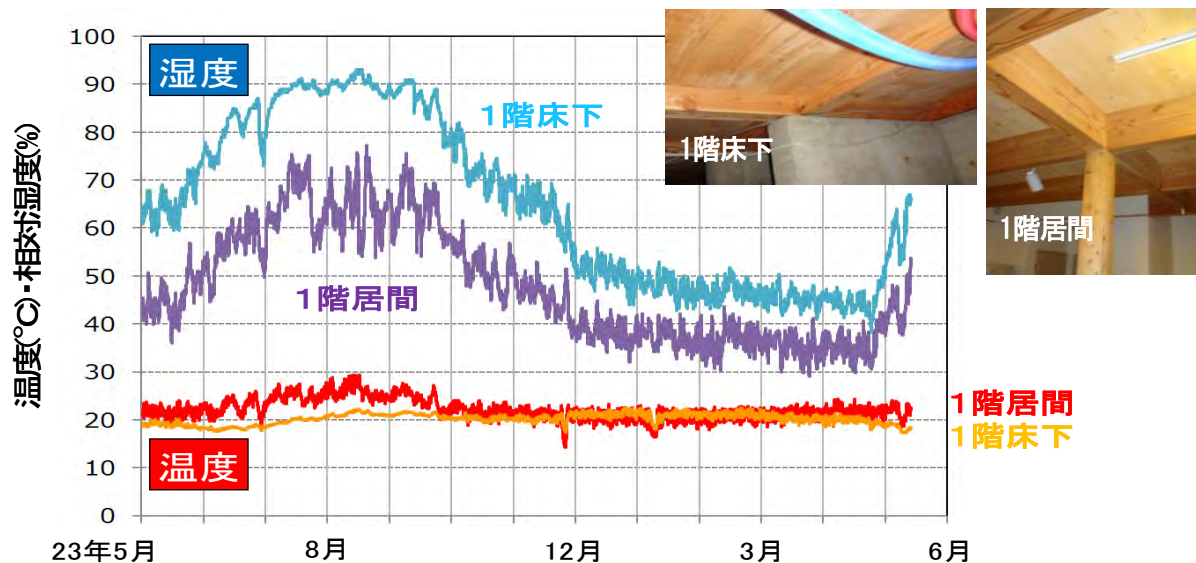
北海道の住宅では冬季暖房時の相対湿度は40%以下に下がるため、木材の平衡含水率*は計算上8%程度となる。一方、構造用乾燥材の仕上がり含水率は、平均値で12%程度が従来推奨されてきた。このため、カラマツ心持ち正角材の仕上がり含水率を平均で8%、12%の2条件に設定して、それぞれ56本ずつ人工乾燥を行い、乾燥後の含水率分布、材内部の水分傾斜等を測定した。

b. 暖房室内放湿試験によるねじれ具合の評価

仕上がり含水率8%、12%で乾燥した正角材を修正挽き仕上げ加工後、暖房設備のある林産試験場製材試験棟内に冬期間放置し、ねじれ具合を測定した。比較対照として、住宅部材として汎用されている輸入製材（ホワイトウッド*）、輸入集成材（ホワイトウッド）を購入し同様の試験に供した。

③「コアドライ」推奨乾燥条件の決定

①、②の試験結果から、コアドライ推奨乾燥条件を決定した。



冬季の湿度は40%以下になり、木材の平衡含水率は約8%となる。

図4-1-1-4 北海道における木造住宅の室内環境

2) コアドライに係る実証試験—民間企業による生産試験

基礎試験で得られた乾燥条件を適用して、道内製材工場において心持ち正角材(105mm角)の実証試験を実施した。製材工場は、十勝地区の2社(A社・B社)と根釧地区1社(C社)の計3社である。

実証試験で用いた原木は、産地Xおよび産地Yのもので、製材工場毎の生産試験の概要を表4-1-1-1に示す。

製材寸法は122mm角および125mm角として、C社については120mm角のやや小さめの製材寸法(試験番号CY2)を加えた。これは、先に実施した試験番号CY1においてねじれが小さい傾向が見られたことから、歩留まりを考慮したことによるものである。仕上がり含水率の目標はいずれも平均8%として、基礎試験で求めた寸法安定化のための含水率11%以下にほぼ全てが収まるように、乾燥装置内の温度むら(後述の③)と各試験材の乾燥性などの個体差を考慮した。

製材、乾燥、仕上げ加工の一連の工程は、基礎試験で確立した生産工程(図4-1-1-5)を原則に組み立てた。すなわち、製材後は出来るだけ速やかに乾燥工程に移行し、一次乾燥条件として、95℃蒸煮10h処理後に乾球温度115℃まで一気に昇温する。この時の湿球温度は85℃で18h処理する。この工程の役割は、前述のとおり表面割れの防止を主な目的とするが、高温による大幅な含水率低下も期待できる。一次乾燥工程の終了後、継続して二次乾燥工程に移行することも可能であるが、今回の試験では**中間養生***期間を設けた。中間養生を実施する理由としては、内部水分の拡散が進行することで水分傾斜を低減させ、次工程(二次乾燥)の乾燥時間を短縮するねらいがある。また、養生工程によって製材品質(特に割れ)に変化はほとんど生じないことも明らかになっているため、養生期間が長いほど二次乾燥時間の短縮が期待できるが、商業的には製材工場の保管スペースや出荷時期など様々な制約が考えられる。したがって、二次乾燥条件は乾球温度90℃・湿球温度60℃で時間設定は適宜となる。すなわち、平均含水率を8%にするための必要時間となり、中間養生の条件(時期・期間)によって違ってくる。前述の基礎試験では概ね、最短で1週間前後、最長で2週間程度(中間養生なし)を予想している。この養生条件による二次乾燥時間の推定に関しては、今後の課題としたい。

①実生産試験の概要

実証試験での実際の生産工程を表4-1-1-2に示す。ただし、試験番号AX1, BX1, CY1は上記生産工程を確定する以前の試験のため、一次乾燥(図4-1-1-5の③)では、乾球温度120℃・湿球温度90℃、18時間処理を適用している。一次・二次乾燥終了後は乾燥装置内で1日以上冷

表 4-1-1-1 生産試験の概要

製材工場	原木産地	試験材数(本)	製材寸法(mm)	試験番号
A社	X	118	122角	AX1
A社	X	148	125角	AX2
B社	X	118	122角	BX1
B社	X	128	125角	BX2
B社	Y	130	125角	BY
C社	Y	118	122角	CY1
C社	Y	128	120角	CY2

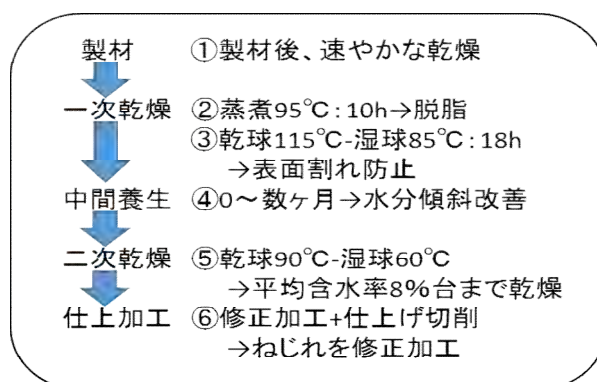


図 4-1-1-5 推奨生産工程

表 4-1-1-2 各試験の実際の生産工程

試験番号	製材日	一次乾燥開始日	中間養生日数	二次乾燥日数	備考
AX1	7月27日	7月30日	29日	9日	
AX2	9月17日	9月18日	62日	11日	
BX1	7月26日	7月28日	36日	10日	
BX2	8月12日	8月13日	84日	9.75日	78本
			103日	9.5日	40本
			113日	9.25日	10本
BY	8月12日	8月13日	84日	9.75日	40本
			103日	9.5日	80本
CY1	7月18日	7月25日	53日	7.12日	
CY2	8月5日	9月11日	88日	9日	

却を行ったあと、試験材を取り出した。養生場所は上屋のみの倉庫内で、養生期間は1ヶ月以上を原則とし工場側の判断に委ねた。二次乾燥は前述のとおり平均含水率8%に仕上げることを目標に実施したが、養生期間ならびに予想外の機械トラブル発生などから一定の条件とはならなかった。また、試験番号BX2とBYは工場側の都合により、二次乾燥において試験材を3分割せざるを得なかったため、中間養生と二次乾燥工程が3通りとなった。図4-1-1-5の⑥の修正加工・仕上げ切削については、乾燥材の品質測定後に各工場保有の多軸かな盤を用いてねじれの中立を慎重に見ながら1~2回通しによる切削加工を行い、105mm角に仕上げた。

②試験材および品質測定

試験材は、末口径18cmの原木を主体に心持ち正角材を製材し供した。製材寸法は表4-1-1-1に示すとおりで、材長は全て約3.7mである。乾燥材の品質評価は、含水率・ねじれ・曲がり・割れとし、それぞれ以下のとおり測定を行った。

・含水率

試験材の片方の材端から5cm程度切除し、その切断面から材長3mの位置で長さ25mm程度の試片を採取し、全乾法によって含水率を求めた。なお、試片は木口から65cm付近にあり、材長中央部の値に近似させるために予備的検討に基づき一律0.7%を加算した。

・ねじれ

上記、含水率試片の採取時に得られる材長3mの全試験材を対象として、隣接2材面においてそれぞれの両木口の角度差（1/100度単位）をねじれとした。集計は2材面の平均値とした。

・曲がり

同じく、材長3mの全試験材を対象に、隣接2材面の中央矢高（0.5mm単位）を曲がりとした。集計では2材面の内、大きい方の値を用いた。

・割れ

上記項目を測定した後、多軸かんな盤によって105mm正角材に仕上げ加工し、全ての試験材について4材面に生じた割れを測定した。対象とする割れは、概ね幅0.3mm以下または長さ50mm以下を除き、それ以外の全ての割れの幅と長さを測定し、試験材毎に割れ面積（幅×長さ/2）を求めた。

③乾燥室内の温度測定

実験規模で見いだした乾燥条件が、実際の生産現場においてどの程度正確に実現できているかを把握するため、委託企業の乾燥装置においてカラマツ心持ち正角材の高温セット処理の間、カラマツ心持ち正角材の高温セット処理を委託した企業において、乾燥室内の温度分布を測定した。測定対象とした蒸気式木材乾燥装置は有効寸法が幅2.3m×高さ3.4m×奥行12mで、収容可能な実材積は約30m³である（125mm角×長さ3,650mmの正角材の最上部に一般的な重りを載せた場合）。測

定期間は高温セット処理開始から終了までの全期間とし、温度測定位置は図4-1-1-6に示す12点とした。高温セット処理条件はコアドライ推奨条件（95℃蒸煮10時間+乾球温度115℃、湿球温度85℃で18時間）とした。

一般的に、蒸気式木材乾燥装置は乾燥室内の温湿度むらを軽減するため、乾燥室内の空気を循環させるファンの回転方向を一定時間毎に切り替えるようになっている。本装置は1時間毎にファンの回転方向が変わるため、1時間毎に風上と風下が入れ替わる。また、今回の測定に使用した乾燥装置は乾燥室の上部に加熱・加湿装置と室内空気循環用のファンを備えた上部送風式に分類される装置で、蒸気式木材乾燥装置としては最も一般的な装置である。なお、乾燥室内の温度は、乾燥室の左右にある测温抵抗体のうち、風上側の测温抵抗体の測定値に基づき制御されている。

（3）結果と考察

1）コアドライに係る基礎試験

①割れを抑制する乾燥技術の検討と評価

a. 高温乾燥における時間と割れの関係

高温乾燥時間と発生した表面割れおよび内部割れの関係を図4-1-1-7に示す。また、発生した内部割れの一例を図4-1-1-8に示す。高温乾燥における乾燥時間が長くなるほど発生する表面割れは少なくなっている。一方、乾燥時間が長くなるほど発生する内部割れは逆に増加している。このことから高温乾燥において、表面割れと内部割れの発生はトレードオフの関係にあることが分かり、表面割れの発生および内部割れの発生を両方を考慮すると、高温乾燥時間は18時間が適当であると考えられる。

b. 高温乾燥における温度と割れの関係

図4-1-1-9に高温乾燥温度と発生した表面割れの関係を、図4-1-1-10に高温乾燥温度と発生した内部割れの関係を示す。乾燥温度と発生した表面割れの関係について原木49本の表面割れ面積平均値と比較すると、110℃が2.5cm²、120℃が2.9cm²となり120℃の方が割れが大きくなっているが、これはNo. 14の原木で120℃の割れが異常に大きかったことが影響している。表面割

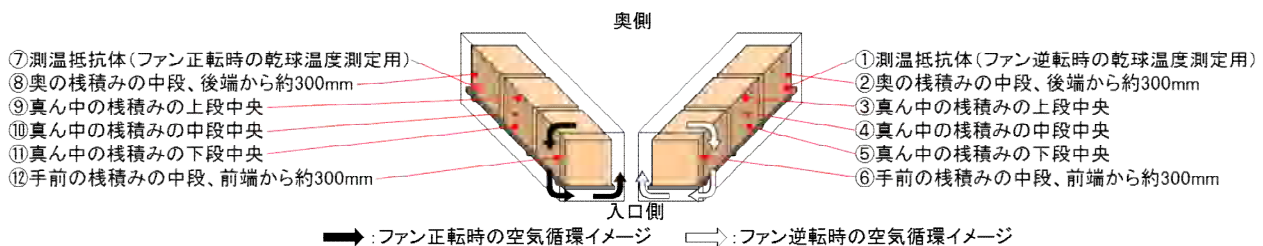


図4-1-1-6 乾燥室内の温度測定位置と空気循環

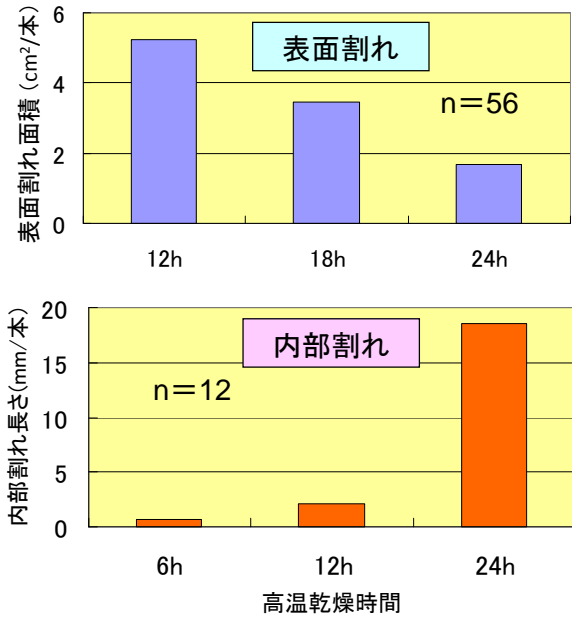


図4-1-1-7 高温乾燥時間と表面割れおよび内部割れ発生の関係 (乾球温度120°C・湿球温度90°C)



図4-1-1-8 高温乾燥時間と発生した内部割れ (乾球温度120°C・湿球温度90°C)

れの発生は原木によって大きなばらつきがあるので、No. 14を除外して各原木ごとに110°Cと120°Cの表面割れ面積を比較すると全体としては110°Cより120°Cの方が、すなわち乾燥温度の高い方が割れは少ない傾向にあると言える。

次に、乾燥温度と発生した内部割れの関係について見ると、原木49本の内部割れ総長さ平均値で比較しても各原木ごとに内部割れ総長さを比較しても、110°Cよりも120°Cの方が明らかに大きな割れが生じていることが分かる。

以上の結果から、高温乾燥において乾燥温度が高くなると表面割れの発生は少なくなり、内部割れは増加する傾向にあると言え、乾燥時間の場合と同様に、乾燥温度についても表面割れの発生と内部割れの発生はトレードオフの関係にある。表面割れおよび内部割れの両方を考慮し、高温乾燥温度については乾球115°C、湿球85°Cの条件が適切と考えられる。

c. 高温乾燥による割れ抑制効果の評価

a. b. の結果から、表面割れおよび内部割れを抑制するための適正な高温乾燥条件は、乾球温度115°C、湿球温度85°Cの温度条件で処理時間は18時間と決定した。本条件でカラマツ心持ち正角材を高温処理した場合と比較として天然乾燥した場合の表面割れ発生状況を図4-1-1-11に示す。適正に高温乾燥することで内部割れの発生を最小限に抑えつつ、天然乾燥と比べて表面割れの発生を大幅に抑制できることが分かる。

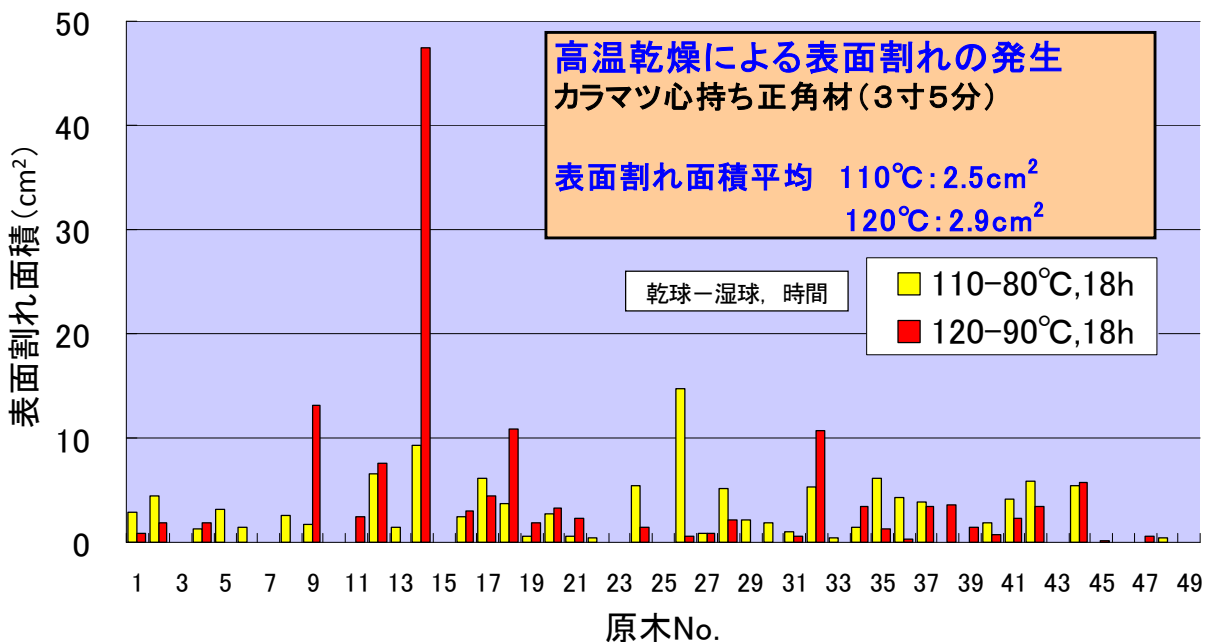


図4-1-1-9 高温乾燥温度と表面割れ発生の関係 (乾燥時間18hr)

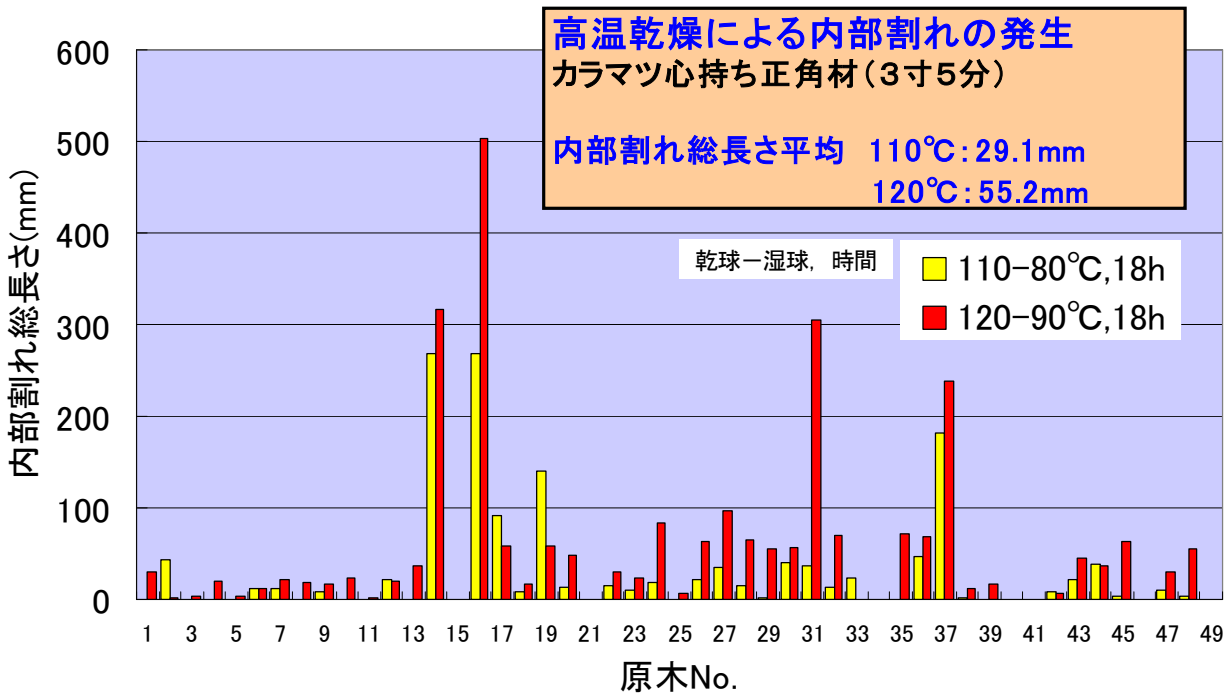


図4-1-1-10 高温乾燥温度と内部割れ発生の関係（乾燥時間18hr）

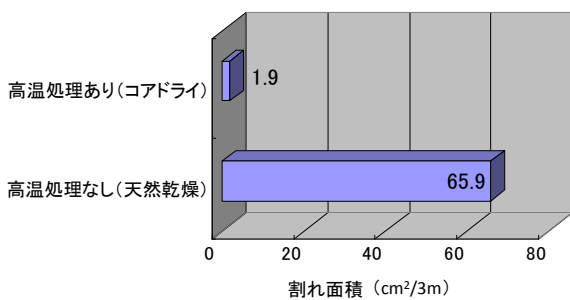


図4-1-1-11 高温乾燥による表面割れ抑制効果

②ねじれを抑制する乾燥技術の検討と評価

a. 仕上がり含水率の設定と乾燥後の水分分布

各条件について、蒸煮（95℃）10時間、高温乾燥（乾球115℃、湿球85℃）18時間の後、供試材の重量変化を見ながら目標含水率に達するまで中温乾燥（乾球90℃、湿球60℃）を行った。中温乾燥時間は、目標含水率8%が15日間、目標含水率12%が7.5日間であった。図4-1-1-12に乾燥終了後の含水率とねじれの分布を示す。まず乾燥後の仕上がり含水率を見ると、目標含水率8%の場合、含水率の平均は7.7%でほぼ目標どおりの仕上がりとなった。一方、目標含水率12%の場合、含水率の平均は12.6%と目標よりやや高めの仕上がりとなった。それぞれ仕上がり含水率の分布（ばらつき）を見ると、目標8%では5%～12%、目標12%では8～19%となり、目標8%の方が目標12%よりもばらつきが小さく、かつ低含水率領域に分布している。乾燥後のねじれに関しては、仕上がり含水率が低くなるほど大きなねじれが生じた。

図4-1-1-13に乾燥材断面内部の水分傾斜を示す。図から乾燥後の断面内部含水率は一様ではなく、表面付近が比較的低く、内部にいくほど含水率が高くなっており、これを水分傾斜という。これは、木材の乾燥で広く用いられている蒸気式乾燥装置によって、木造住宅の柱や梁となる正角材や平角材*など比較的大きな木材を乾燥した場合の特徴である。水分傾斜の度合いを比較すると、目標8%の方が水分傾斜が小さく、表面付近と内部で含水率の差がそれほど大きくないのに対して、目標12%では水分傾斜が大きく、表面付近と内部で含水率の差が大きくなっている。従来の乾燥材レベルである目標12%に対して、目標8%では断面内部（コア）の含水率が大きく低下して乾燥（ドライ）がより進んでいることから、これをコアドライと呼ぶこととする。

b. 暖房室内放湿試験によるねじれ具合の評価

コアドライ材、従来の乾燥材および比較対照として外材（ホワイトウッド）、輸入集成材（ホワイトウッド）の4種類の正角材*を冬季暖房室内に3ヵ月間放置して、ねじれの変化を比較した（図4-1-1-14）。なお、コアドライ材および従来の乾燥材は、試験開始直前に修正挽きして仕上げ加工を行った。外材および輸入集成材については、試験開始直前に輸入商社から購入した。試験の結果、コアドライ材は、従来の乾燥材と比較して大幅にねじれが抑制されており、住宅部材として広く使用されている外材、輸入集成材と比較しても同等以上のねじれ抑制効果が得られた。

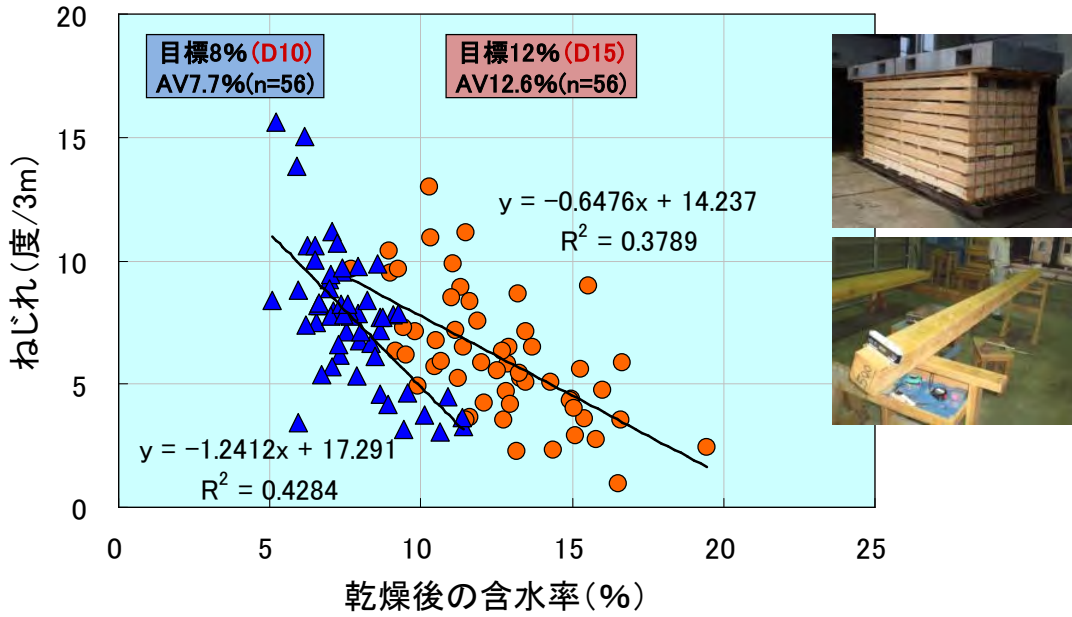


図4-1-1-12 乾燥後の含水率，ねじれの分布

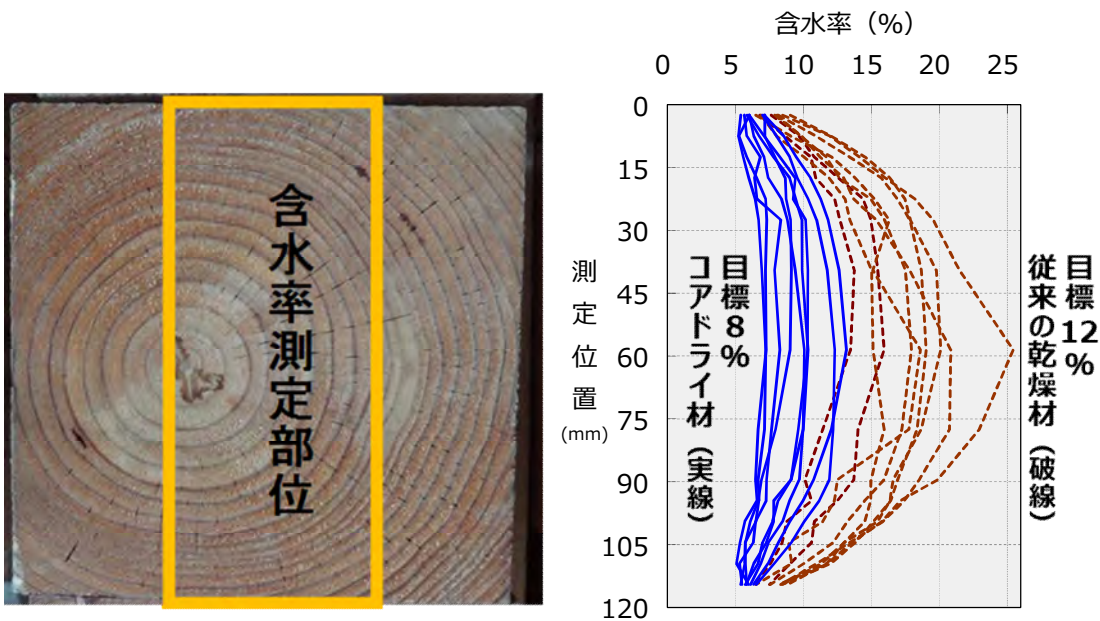


図4-1-1-13 乾燥後の断面内部の水分傾斜

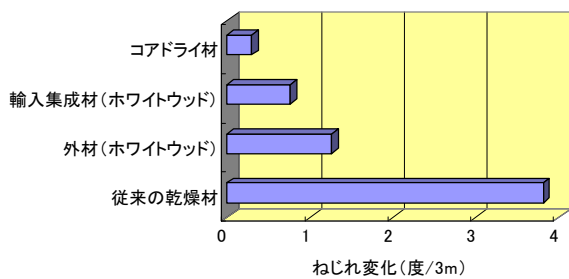


図4-1-1-14 冬季暖房室内3ヵ月放置後のねじれ変化

③「コアドライ」推奨乾燥条件の決定

以上の試験結果から，コアドライ推奨乾燥スケジュールを図4-1-1-15のとおり決定した。

- 一次乾燥** ①蒸煮95℃，10時間
 ②乾球115℃-湿球85℃，18時間



- 二次乾燥** 乾球90℃-湿球60℃，15日間程度

図4-1-1-15 コアドライ推奨乾燥スケジュール

2) コアドライに係る実証試験－製品品質

①含水率

含水率の測定結果を表4-1-1-3に示す。試験番号CY1は平均値が10%を上回ったが、その他は概ね目標含水率8%前後に到達した。CY1は、二次乾燥日数が約7日であり他の試験に比べて短いことが理由と考えられ、コアドライの性能基準である含水率11%以下の割合も66%と低かった。しかし、養生期間を2ヶ月弱設けており、思ったほど含水率のバラツキは大きくない。これとは対照にAX1の試験では平均値が6.6%と低く、全ての試験材が11%以下となった。養生期間は8月の約1ヶ月間であるが、二次乾燥日数9日の工程に関わらず、例えば条件が類似するBX1（二次乾燥日数10日）に比べ、含水率は十分に低下している。これは、後述する割れの発生量と関連するが、二次乾燥時の温度90℃設定に対し、蒸気圧力と**棧積み***材積の影響で装置内の温度が不安定と

なり、具体的には100℃以上で長時間処理されたことによるものである。その後、同工場で実施した試験（AX2）では、これらを改善し過乾燥を解消できた。

以上の結果から、コアドライ材の生産において目標含水率を8%とすることは概ね妥当であり、養生時期やその期間に応じた適切な二次乾燥時間の適用が求められる。また、中間養生を実施せず一次・二次乾燥を連続で行う場合は、前述のとおり含水率のバラツキを考慮すれば二次乾燥日数は上限15日が必要であろう。しかし、含水率が低下するほどねじれが大きくなる。このため歩留まり低下が無視できない場合には、製材の歩増し寸法を検討するとともに、例えば設置型水分計による含水率の全数検査を前提に、乾燥時間の短縮も不可能ではない。この場合は、高含水率材のその後の扱いが課題となるため、慎重な検討が必要である。

②くるい（ねじれ・曲がり）

二次乾燥後の含水率とねじれの関係を図4-1-1-16に示す。ここでは全ての試験データを、原木産地2種類に分けてプロットした。ねじれは含水率の低下に伴い増加するが、個体差が極めて大きい。これは、前述のように樹幹軸に対して細胞が傾斜配列（繊維傾斜）しており細胞が乾燥収縮することによって生じるねじれにおいて、繊維傾斜の大きさが試験材によって大きく異なることが窺える。このことから、事前に繊維傾斜の程度が予測できれば、原木用途を振り分けることが可能となり、コアドライ材生産においては歩留まり向上

表 4-1-1-3 含水率測定結果

試験番号	平均値	最小値	最大値	標準偏差	11%以下割合
	（%）				（%）
AX1	6.6	5.5	10.3	0.82	100
AX2	8.4	6.4	13.1	1.18	95.9
BX1	9.5	7.0	16.3	1.59	86.4
BX2	9.0	6.8	14.5	1.44	92.2
BY	7.7	5.3	11.0	0.93	97.7
CY1	10.8	8.9	14.2	1.12	66.1
CY2	7.8	6.3	10.4	0.78	100

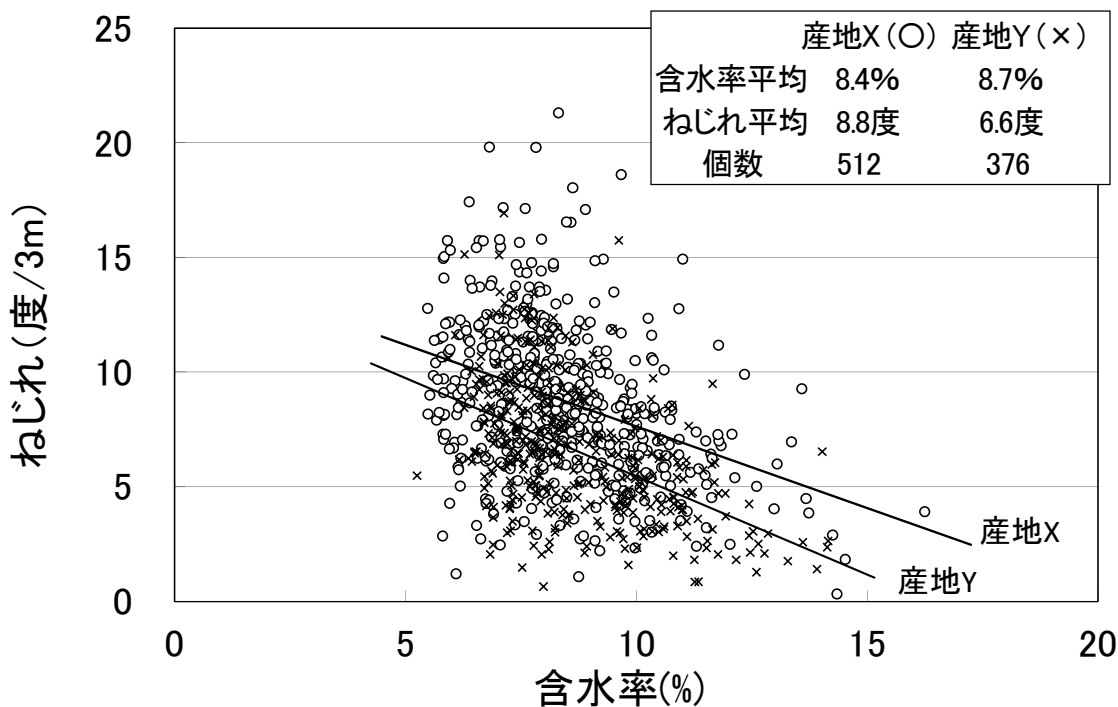


図4-1-1-16 含水率とねじれの関係

が期待できる。また、今回の試験では原木の産地によって傾向が異なった。産地Xに比べ産地Yはねじれが比較的低い位置に分布しており、平均値で約2度の差が生じている。このことは樹木の生育条件が木部細胞の形成に関与し繊維傾斜にも何らかの影響を与えた可能性を示唆している。

各試験のねじれ、曲がり、割れに関するデータを一括し表4-1-1-4に示す。ねじれは前述のとおり原木産地による違いが見られたが、曲がりはその傾向は認められず平均3mm前後であった。アテや樹心の偏りが曲がりに影響する可能性はあるものの、樹心がほぼ中心にある心持ち正角材は心去り*材に比べその影響は軽微であると考えられる。

③割れ

各試験の割れ面積は、平均で2.3~18.0cm²と試験によってばらついた(表4-1-1-4)。また、試験材毎に割れ面積を5cm²刻みで5区分し、各試験別の相対度数を図4-1-1-17に示す。最も割れの多かったCY2の生産工程(表4-1-1-2)は、製材日から乾燥開始まで1ヶ月以上経過しており、製材後、棧積み状態で屋外保管(8~9

月)されていた。その間、天然乾燥が進み一次乾燥を開始する時には既に割れが発生したか表面応力が生じて、一次乾燥によって伸長するか表層の引張り応力によって割れが生じやすい状態にあったことが原因と考えられる。また、AX1の試験では、仕上げ加工前の表面割れは少なかったが、加工後に内部割れが表面露出したものが多く現れた。これは、前述のとおり二次乾燥時の温度制御の不安定により内部割れが多く発生したためである。また、同工場のAX2の試験では、割れが2番目に多く発生した。この原因は明らかでないが、棧積みの横方向の材間に狭い箇所があり、一次乾燥の際、風回りが十分確保されず高温条件に晒されなかった可能性がある。さらにBX1の試験では、一次乾燥の際、内部循環ファンの一部が故障したため、温度上昇が不十分となり割れ抑制効果が低下したものと推測される。

以上のように、表面割れを抑制するには、製材後、出来るだけ速やかに一次乾燥を適正に実施することが重要である。加えて、二次乾燥の中温制御も内部割れ抑制の点から安定が求められる。今回の試験で最も割れが少なかったのはCY1であり、面積5cm²以下の試験材

表 4-1-1-4 くるいと割れ

試験番号	ねじれ (度/3m)	曲がり (mm/3m)	割れ面積 (cm ²)	試験体数
AX1	8.7	4.4	12.5	118
	1.1 - 19.8	0.5 - 14.5	0 - 75.3	
AX2	10.1	3.5	17.2	148
	2.4 - 19.8	0.3 - 12.0	0 - 95.0	
BX1	7.1	2.8	12.1	118
	0.3 - 21.3	0 - 11.5	0 - 75.7	
BX2	8.9	2.4	8.7	128
	1.8 - 16.6	0.3 - 8.1	0 - 63.2	
BY	8.0	3.0	5.4	130
	2.1 - 16.9	0.3 - 11.6	0 - 61.5	
CY1	4.6	2.4	2.3	118
	0.9 - 15.8	0 - 7.0	0 - 67.9	
CY2	6.9	3.2	18.0	128
	0.7 - 15.1	0.4 - 9.1	0 - 140.2	

※上段:平均値, 下段:最小値-最大値

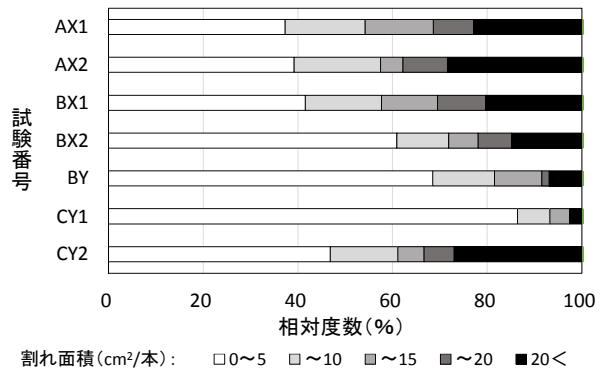
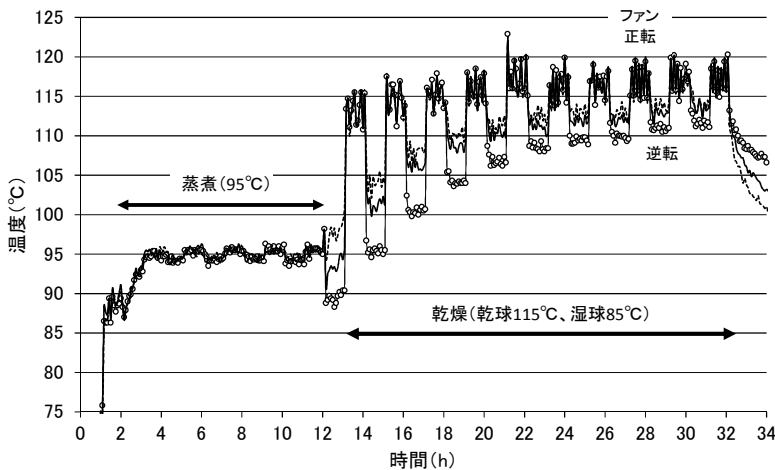


図4-1-1-17 表面割れ面積の相対度数



注) 測定部位の詳細は図4-1-1-6を参照のこと。

- ③真ん中の棧積みの上段中央
- ④真ん中の棧積みの中段中央
- ⑤真ん中の棧積みの下段中央

図4-1-1-18 高温セット処理における乾燥室内の温度

4.1.1 カラマツ心持ち正角材（コアドライ材）の開発

が8割以上（割れが全くない試験材割合68%）であった。これを含め成績が良かった試験は、先述のCY2を除いた産地Yの原木を用いたもので、本試験においては、ねじれとともにコアドライ材生産にとって優位な結果が得られた。

④乾燥室内の温度測定

乾燥室内の温度測定結果を図4-1-1-18に示す。主な特徴は、風下側では栈積みの上下による温度差が大きく、栈積みの上部ほど温度が低い傾向であった。この傾向は室内温度上昇時期において著しく、栈積み上部と下部で約10℃の温度差があった。乾燥室内の温度が安定した後も、栈積み上部と下部で約5℃の温度差があった。今回の栈積みは、重りと栈積み材の間に約100mmの間隔を設け、水平方向の空気循環を促すようにしていたが、それでも被乾燥材の上下を水平に流れる空気は少なく、主な空気循環は、図4-1-1-6に示したとおり、天井→風上側の側壁を上から下へ→床→風下側の側壁を下から上へ、の流れになっていたと考えられる。

（４）まとめ

本研究では、道産カラマツ材を住宅部材として利用するため、“割れ”や“ねじれ”の生じにくい木材乾燥技術「コアドライ」を開発した。このための基礎試験および実証試験を行い、以下の知見が得られた。

基礎試験においては、“割れ”の生じにくい高温乾燥条件を決定した。また、乾燥材の仕上げ加工後に“ねじれ”が生じにくい仕上がり含水率を求め、コアドライ推奨乾燥条件を決定した。

実証試験においては、民間企業の協力の下、生産試験を行い、実生産を行ううえでの技術的課題を把握した。また、乾燥コスト低減のための中間養生についても試験を行い、その有効性を確認することができた。

今後の展開としては、本研究で得られた知見を基に「コアドライ生産要領」等を作成して、道内企業へ技術移転を図っていく予定である。また、生産コスト低減のため、中間養生の効果的な活用など生産工程の改善を検討していく必要がある。

（５）引用文献等

[1]安全・安心な乾燥材生産技術の開発研究グループ.
“安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル”（2012）

清野新一，土橋英亮，中畠 厚（林産試験場）

4.1.2 プレミアム集成材の開発

(1) 目的

道内カラマツ資源を地域の住宅建設に利用する流れを拡大するためには、柱材、梁材、面材など各種住宅部材を総合的に供給できる体制を整える必要がある。

資源の状況としては、成熟期を迎え今後出材量が増加する中大径材の付加価値の高い用途開発が求められているところであり、一方、建築分野では強度性能が必要な床梁等の**横架材***の自給率が7%と極めて低く、国産材の利用拡大を妨げる課題点となっている。

カラマツには樹齢が高くなるほど強度の高い**成熟材***部が増加していくという特徴があることから、大径化した高樹齢カラマツ材の強度性能を活かした用途展開として、中大径原木の成熟材部のみから選択的に**集成材用ラミナ***を採材する方法について検討することとした。

また、平成25、26年度の「北海道森林整備加速化・林業再生事業」の採択課題として、実際に選択的な木取りによるラミナの生産試験及びプレミアム集成材の製造試験を実施することとした。

以上により、建築部材のうち国産材自給率が低い横架材分野へ、外国産樹種集成材に匹敵する高強度な国産集成材を供給することを目的として、道産カラマツ中大径原木の成熟材部のみから選択的に集成材用ラミナを採材し、得られた高強度ラミナを用いて従来にない高強度なカラマツ集成材を開発した。

(2) 方法

集成材用ラミナの生産実績が比較的高い道内のカラマツ製材工場4社（後志，上川，十勝，網走）において、製品の生産状況等を調査した結果、中断面集成材用ラミナ（挽立寸法37×119mm）の生産では、図4-1-2-1のように**径級***18cmから3枚、あるいは径級20cmから4枚のラミナを採材するパターンが多かった。このパターンでは、ラミナの大部分が原木の**未成熟材***部から採られることとなり、必然的に高強度ラミナの出現割合が低くなる。

そこで、高強度が期待できる成熟材部から選択的にラミナを得るために、径級24cm以上の中径原木を用いて、図4-1-2-2のように**タイコ落し***をした丸太の両側からラミナを取る木取り（側取り）を行うこととした。

生産状況調査を行った製材工場4社で、側取りによる高強度ラミナの生産試験を行った。その際、比較のために**タイコ材***の部分からもラミナを生産することとし、使用原木の径級は26～28cmとした。ラミナは人工乾燥により含水率を10～12%に調整した後、打撃音法により**動的ヤング係数***を測定した。

※ラミナ断面寸法：37×119mm

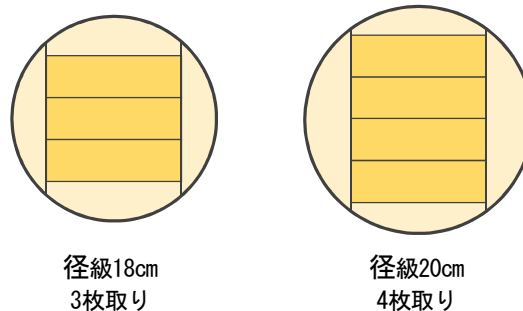


図4-1-2-1 従来の典型的なラミナの木取りパターン

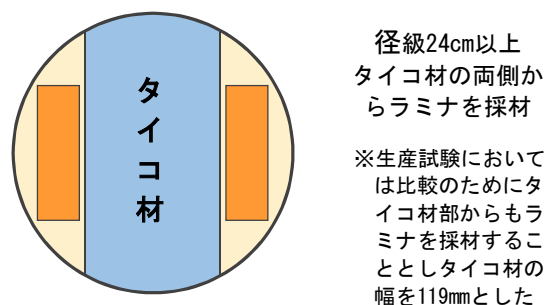


図4-1-2-2 高強度ラミナを得るための木取り方法

次に、得られたヤング係数頻度分布に基づいて、製造可能な集成材の強度等級を判定し、集成材工場での強度等級の集成材を製造し、林産試験場で曲げ強度試験を行った。

(3) 結果と考察

製材工場4社で実施した高強度ラミナの生産試験に使用した原木は、径級26～28cm、計400本で、生産したラミナの総数は2638枚である。このラミナの人工乾燥後の動的ヤング係数測定結果を以下に示す。ラミナ全体の相対度数分布を図4-1-2-3に、タイコ材部から採ったラミナと側取りラミナの相対度数分布の比較を図4-1-2-4に、従来の典型的なラミナ生産パターンに近いと思われるタイコ材の内側（タイコ材を**だら挽き***した際の外側2枚を除いたもの）のみの相対度数分布を図4-1-2-5に示す。

現状の集成材用ラミナ生産においては、径級20cm以下の比較的小径な原木が多く用いられているが、本試験では径級26～28cmの原木を使用したことにより、成熟材部を含むラミナの出現頻度が高まり、高強度ラミナの割合が多くなったと考えられる。

タイコ材部のラミナと側取りラミナのヤング係数出現分布の違いは明らかであり、さらに側取りラミナとタイコ材内側ラミナのみの分布を比較すると、その差

はより顕著となり、側取りによるラミナのヤング係数向上効果が示されている

得られたラミナの断面内部位ごとの度数分布を図4-1-2-6に示す。側取りラミナ及びタイコ材の外側のラミナは、ほぼ同等の分布となっており、それらはタイコ材の内側のラミナに比べて分布が高強度側に寄っていることがわかる。

側取りにより得られた高強度ラミナのヤング係数の出現割合は、集成材のJASに規定されているラミナの強度等級L140以上が26%、L125が21%となり、従来のカラマツ構造用集成材の標準的な強度等級E95-F270よりも2ランク上位の強度等級E120-F330の集成材が無理なく製造可能な水準であった。

得られた側取りラミナを用いて、集成材メーカーで強度等級E120-F330の集成材を製造した。これらを林産試験場で曲げ強度試験に供した結果、曲げ強さ、曲げヤング係数のいずれにおいてもJASの基準値を満たしていることが確認された。

(4) まとめ

道産カラマツ中大径原木の成熟材部のみから選択的に集成材用ラミナを採材し、得られた高強度ラミナを用いて従来にない高強度なカラマツ集成材を開発した。

今後は、側取りによる生産効率低下に伴うラミナの生産コスト増分と、従来にない高強度集成材の付加価値とを勘案し、製材業者、集成材メーカーの双方で収益が増加するような価格設定ができるよう、得られたデータを各企業等に提示するなどして道産高強度集成材の実現を目指す。

松本和茂，大橋義徳（林産試験場）

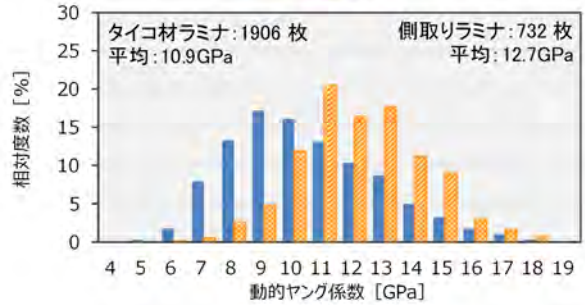
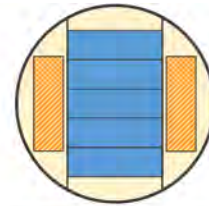


図4-1-2-4 タイコ材部ラミナ及び側取りラミナのヤング係数の相対度数分布

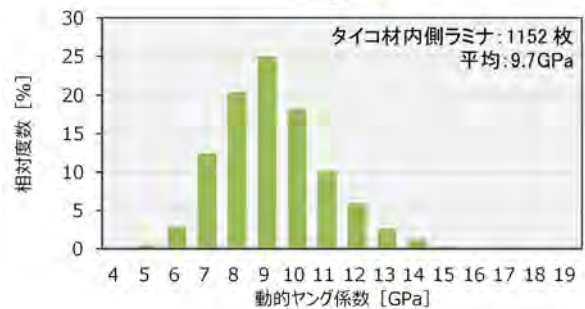
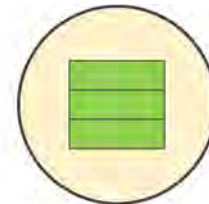


図4-1-2-5 タイコ材の内側ラミナのみのヤング係数の相対度数分布

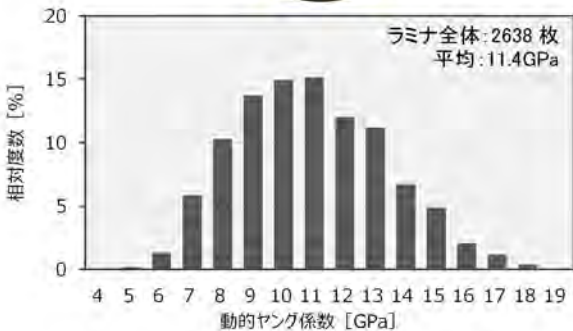
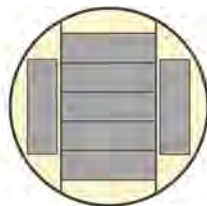


図4-1-2-3 ラミナ全体のヤング係数の相対度数分布

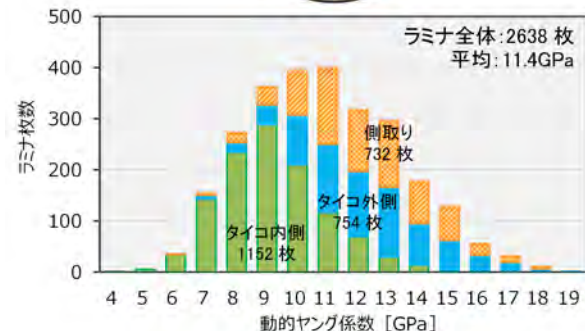
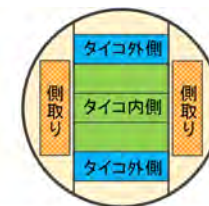


図4-1-2-6 ラミナの断面内部位ごとのヤング係数の度数分布

4.1.3 道産針葉樹材を原料とした内装材の開発と評価

(1) 目的

戦略研究「森林循環」では、資源として充実期を迎えたカラマツ材を主たるモデルとして取り上げ、それを原料とした魅力的な木質建材の提案をすすめている。約24cm径の中径木から仕上がり寸法10.5×10.5cmの**正角材*管柱***を採取すると、その外周部から、図4-1-3-1のような**挽板***の採取が見込まれる。これらの挽板は、**成熟材部***から採取されるため、高い品質が見込め、本報告書の4.1.2で取り上げるプレミアム集成材や、内装材など、より付加価値の高い木質建材の原料として期待できる。

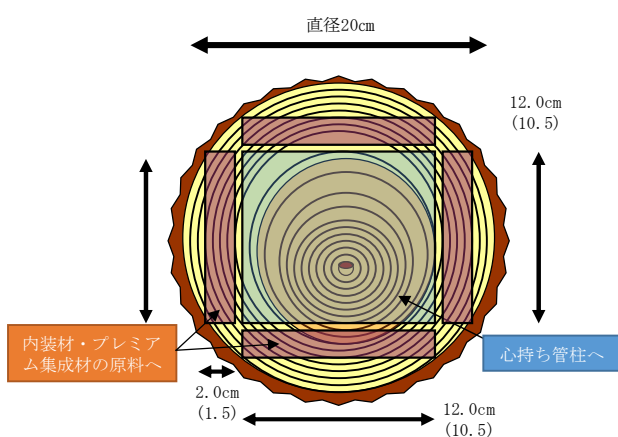


図4-1-3-1 管柱（コアドライ材）と挽板の採材

一方、針葉樹人工林材を用いた内装材は、これまで伝統的に内装材として用いられてきた広葉樹材や針葉樹銘木材と比較すると、節や木目、心辺材の色違いなど、その見た目の特徴は大きく異なる。その中でも節は、伝統的に無節材が内装材としては優良（高級）材とされるなど、欠点と見なされてきた。そのため、針葉樹人工林材を内装材として使用する際には、内装材表面に現れる節の抑制手法について検討を要するとともに、無節材のみでの内装材の製造はコストなどの面から現実的でないことを踏まえて、消費者の節に対する許容度を把握することが必要である。

そこで本研究では、カラマツ材で、枝打ち施業を行った原木と行っていないものについて、内部の節の発生状況を調査し、枝打ち施業の節の抑制効果について検討した^[1]。また、節の量の異なる**腰壁***材の画像を作製し、節の量と見た目の好ましさについて関連を調査した^[2]。

(2) 方法

1) 枝打ち施業による節の発現の抑制効果の検討

枝打ち施業の履歴が明らかな**林分***と枝打ちを行っていない林分より伐採したカラマツ原木それぞれ3本から、材長2mの丸太を3番玉まで採取し、厚さ17mmに**だら挽き***製材した板面を撮像した。これらの画像データを**CAD***ソフトでトレースした後、3次元データに変換し、節の分布を可視化するとともに、板面積に対する節面積を節面積率として把握した。原木の枝打ち履歴については、図中に示した。

2) 節の量と見た目の好ましさの検討

①節の条件設定

カラマツ材の節は、図4-1-3-2に示すような2種類の節（**生節***、**死節***）に分けられ、死節は節や外縁部が黒褐色であるのに対し、生節は材色と近く、死節と比較して目立たないといった特徴が見られる。これらの見え方の異なる節の影響を精査するため、生節と死節の割合の異なるカラマツ材の画像を作製した。その条件は、生節：死節の割合が、0：0（無節）、0：50、0：100、0：150、100：0、150：0、100：100となるように調整したものである。これらの壁面積あたりの節の面積率について、表4-1-3-1に示した。また、0：100、100：0、100：100のものについて、図4-1-3-3, 4, 5に示した。

これらの画像については、上述の1)で検討した後のカラマツ材から作製した。

②評価方法

これまでの知見により^[2]、表のカラマツ材の画像を、住宅の居間に配したものを作製し（図4-1-3-6）、評価に使用した。

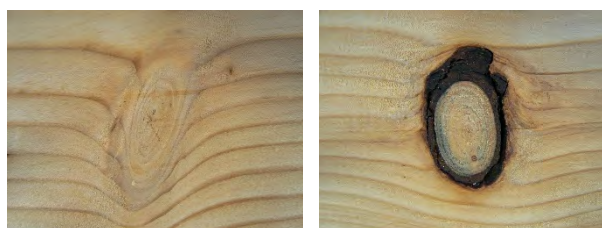


図4-1-3-2 カラマツ材の節（図左：生節，右：死節）

表4-1-3-1 カラマツ腰壁材の節の割合と面積率

生節に関する検討	生節：死節の割合		0：0	100：0	150：0	
	面積率(%)	生節	0	0.28	0.60	
	死節	0	0	0		
死節に関する検討	生節：死節の割合		0：0	0：50	0：100	0：150
	面積率(%)	生節	0	0	0	0
	死節	0	0.22	0.32	0.54	
生節・死節が混在する条件	生節：死節の割合		100：100			
	面積率(%)	生節	0.28			
	死節	0.32				

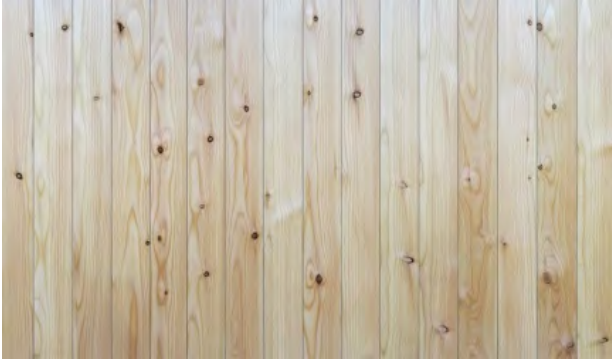


図4-1-3-3 カラマツの生節：死節の割合が0：100のもの



図4-1-3-4 カラマツの生節：死節の割合が100：0のもの

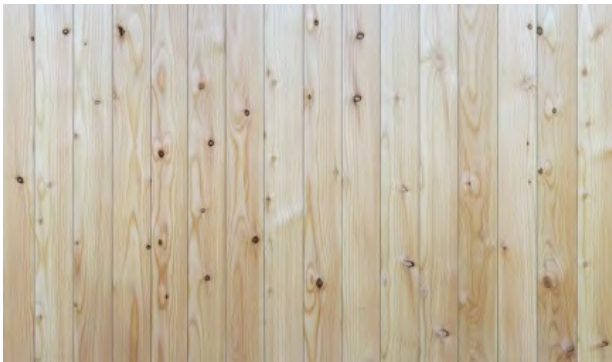


図4-1-3-5 カラマツの生節：死節の割合が100：100のもの

評価は、2013年7月の林産試験場のイベント（木になるフェスティバル）の来場者を対象として行い、総数は120名、性別の内訳は、男性42名、女性78名であった。画像は、23インチディスプレイを使用して被験者に提示された（図4-1-3-7）。被験者は、提示された画像の場所で使われる内装材としての好ましさを5段階（好き - やや好き - どちらでもない - やや嫌い - 嫌い）で評価した。その際に、画像に示したような節のある内装材を、住宅の内装材として使用したときの好ましさを評価すること、回答の整合性等、深く考えずに評価を



図4-1-3-6 カラマツの腰壁材を配した住宅の画像



図4-1-3-7 評価の状況

行うことを指示した。

得られた評価は、「好き」を2、「やや好き」を1、「どちらでもない」を0、「やや嫌い」を-1、「嫌い」を-2として集計した。

（3）結果と考察

1) 枝打ちによるカラマツ材の節の抑制

カラマツ原木の枝打ちの有無と節の発現との関連について図4-1-3-8の右側のグラフに示した。枝打ちをしているものの挽板面積に対する節の面積率は0.41%、枝打ちをしていないものについては0.52%と枝打ちに節の抑制効果があることが示されている。また、枝打ちは、原木外縁部の節の抑制に効果的であることが図4-1-3-8の左側のイラストで示されており、図4-1-3-1に示した、本研究で内装材原料の対象となる成熟材部分の節の抑制に特に効果的であることが推察される。

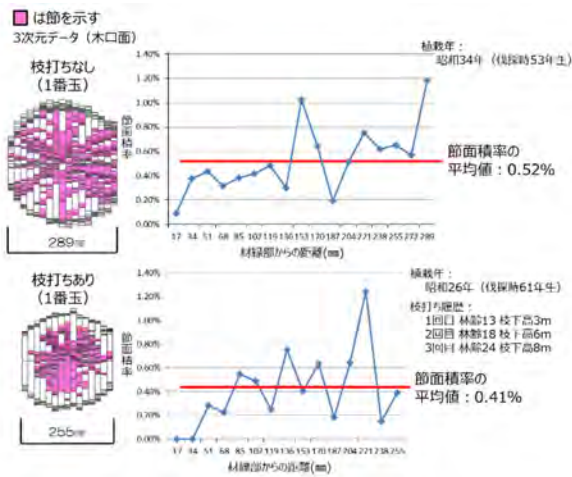


図4-1-3-8 枝打ち施業の有無による3次元データ（左）と節面積率の比較（右）

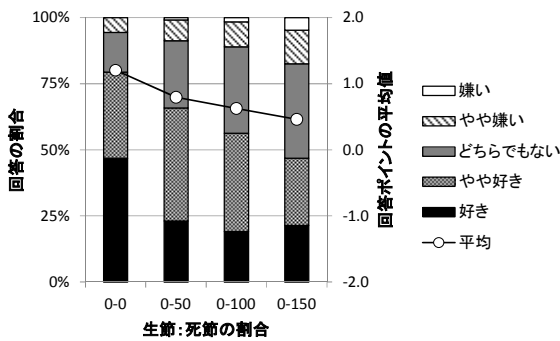


図4-1-3-9 死節の割合をかえたものの結果

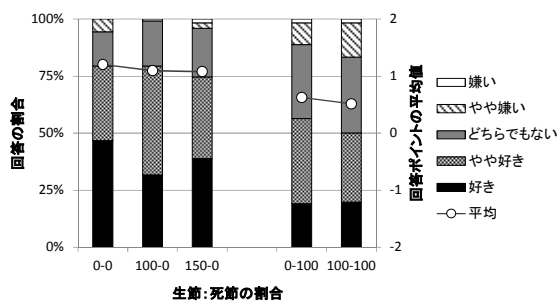


図4-1-3-10 生節の割合をかえたものの結果

2) 節の量と見た目の好ましさととの関係

図4-1-3-1-9, 10に、住宅の画像を用いた時の評価結果を示した。棒グラフは、回答の割合を、折れ線グラフは回答の平均値を示しており、図4-1-3-9は死節の、図4-1-3-10は、生節の結果である。死節は、無節のものが最も好ましいと評価され、節の量が増加するにつれて評価ポイントは低下する傾向を示していた。一方、生節については、節の量と好ましさの間に明確な傾向はみられなかった。

これらの結果について、統計的な有意差を検定するため、分散分析を行ったところ、死節については、5%水準で有意差が認められたが ($p < 0.001$)、生節については確認されなかった。

このことから、カラマツ内装材の見た目の好ましさは主として死節の有無や量により変動するものと考えられ、死節を抑制することが、内装材としてのカラマツ材の価値の向上に貢献することが推察された。

上記1)の結果から、枝打ち施業を行うと、外縁部から採取した板材表面の節の面積率は0.30%程度であることが示されている。今回の評価において、死節が0.32%の条件、すなわち節の割合が0:100および100:100の条件では、節のある腰壁材について「好き」「やや好き」といった肯定的な回答をした被験者は半数を超えており、内装材として好ましいという評価を得ていることから、枝打ち施業は、カラマツ材の高付加価値化や内装材用途への展開に向けて効果的な施業であることが推察された。

(4) まとめ

以下に、本節での研究を要約する。

カラマツ材の2種類の節、生節と死節の影響を検討するため、それぞれの割合が異なる腰壁材について評価を実施したところ、生節と外観の好ましさには明確な傾向が見られなかったが、死節については、割合が増えると好ましさは低下する傾向が認められた。

カラマツ内装材の材色に近い生節と外縁部が黒色で目立つ死節の見え方の違いが結果に影響しているものであると推察される。

枝打ち施業の有無と節の発生に関連を調査した結果、枝打ちは、特に原木外縁部での節の発生の抑制に効果的であることが示されており、枝打ち施業をすることで、道産カラマツ材の内装用途への展開など、高付加価値化が推進できるものと思われる。

なお、本研究の一部は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「ITにより低コストに人工木材から内装材を製造する生産・加工システムの開発」の一環として実施されたものである。

(5) 引用文献等

- [1]石川佳生, 石河周平. “北海道産カラマツ材の枝打ち施業による節発現率と内装材用途としての付加価値向上の効果について”. 第64回日本木材学会大会研究発表要旨集. Y15-03-1030 (2014)
- [2]松本久美子, 川等恒治, 今井良, 斎藤直人, 佐々木三公子, 川端康弘. “心理学を取り入れた北海道産針葉樹材の好ましさの評価”. 第63回日本木材学会大会研

4.1.3 道産針葉樹材を原料とした内装材の開発と評価

究発表要旨集. G27-04-0945 (2013)

松本久美子, 斎藤直人 (林産試験場)

4.2 コアドライ材の選別方法並びに機械装置の開発

4.2.1 コアドライ材の選別方法

(1) 目的

コアドライ*材の生産要領では、表面割れおよび内部割れの発生が軽微であることと定義されている。また検査方法として、1ロットから50本の製材品を対象に、4面全てに発生した表面割れについて目視検査を行い割れの程度が軽微でない製材品が5本以下であれば合格と定められているが、個体差等の要因も考慮すべきであるため自主的に全数検査することも指示されている。そこで、コアドライ材の出荷工程での品質検査の信頼性向上と、自動化による効率向上を目的とし、ライン上での運用が可能な木材の割れ自動判別装置の開発を行った。

(2) 方法

1) 判別方法の検討

割れの検出にあたり、工業試験場が保有する非接触3次元形状測定機と産業用カメラを比較した。

①非接触3次元形状測定機

a. 装置概要

使用した装置の仕様を表4-2-1-1に、本体を図4-2-1-1に示す。本装置は、測定対象物に縞模様を投影し、そのイメージを2台のCCDカメラで取り込み計算することで、表面形状を三次元座標値を持った高密度大量点群データとして出力するものである。

表 4-2-1-1 非接触3次元形状測定機の仕様

製品名	COMET 5
メーカー	東京貿易テクノシステム(株)
測定エリア	80/150/350/600mm
測定原理	光拡散方程式
測定点数	4016 × 2688



図 4-2-1-1 非接触3次元形状測定機の外観

b. 実験内容

実験は、実際に割れが発生した木材を対象として測定を行った。割れの最大幅は1.5mmである。実験の様子を図4-2-1-2に示す。



図 4-2-1-2 接触3次元形状測定機による実験の様子

②産業用カメラ

a. 装置概要

使用した装置の仕様を表4-2-1-2に、本体を図4-2-1-3に示す。本装置は、対象物に照明を当ててCCDカメラを通して画像をPCに取り込み、二値化などの画像処理を行うものである。

表4-2-1-2 産業用カメラに関する仕様

カメラ	メーカー	The Imaging Source社
	画素数	30万画素
	階調	8ビット(モノクロ)
レンズ	解像度	640 × 480
	メーカー	(株)SPACE
	焦点距離	6mm
	絞り	F1.4-Close
	至近距離	0.2m



図4-2-1-3 産業用カメラシステムの外観

b. 実験内容

照明条件を変えながら木材表面の画像を撮像し、画像処理（二値化）を行うことで割れの検出が可能か確認した。

2) 自動判別システムの構築

①装置概要

使用した装置の仕様は表4-2-1-2と同じであり、本体を図4-2-1-4に示す。本装置は、コンベア上を移動する木材に照明を当て、CCDカメラを通して連続的に撮像し、PCに取り込んで画像処理と割れの判別処理を行うものである。

②実験方法

コンベアで木材を流し、1面全体について割れの最大幅および最大長さ、面全体に対する割れの面積率を計算し、あらかじめ設定したしきい値を超えていれば不良品として判別する。



図4-2-1-4 自動判別システムの外観

(3) 結果と考察

1) 判別方法の検討

①非接触3次元形状測定機

非接触3次元測定機による割れの測定結果を図4-2-1-5に示す。割れの形状を捉えることができたが、年輪部分に凹凸があった場合は割れと同様の形状を示す可能性があり、本測定のみで割れを判別するのは困難と考えられる。

②産業用カメラ

産業用カメラと画像処理による割れの検出結果を図4-2-1-6に示す。撮像した画像を二値化処理することにより、割れの識別が可能と考えられる。

2) 自動判別システムの構築

産業用カメラと画像処理を用いてコンベア上を流れる木材の割れを検出した結果例を図4-2-1-7に示す。得られた割れを判別し、四角で囲むことができた。1本の木材の4面すべてに対して割れの自動判別処理を行った結果、割れが7本ある面では8本の認識、割れが無い3

面はすべて割れ無しとの認識となり、誤検出も少なく、良好な結果が得られた。

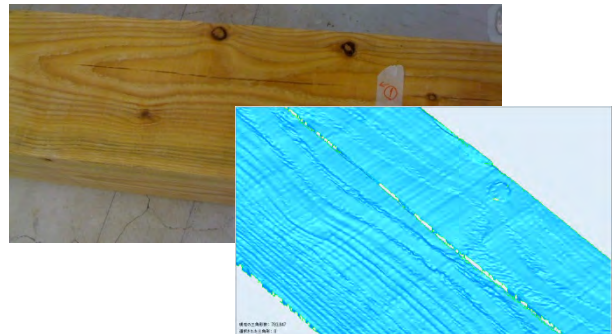


図4-2-1-5 非接触3次元形状測定機による結果
(上：対象の木材，下：測定データ)

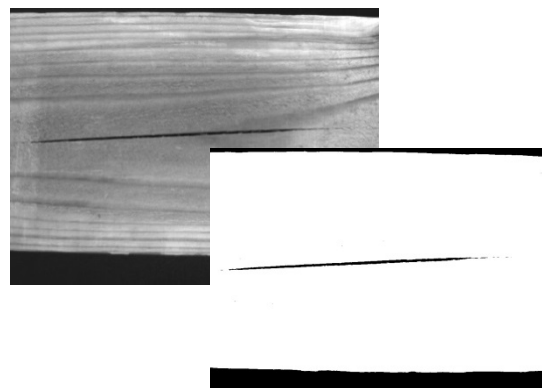


図4-2-1-6 産業用カメラによる結果
(上：対象の木材，下：画像処理結果)

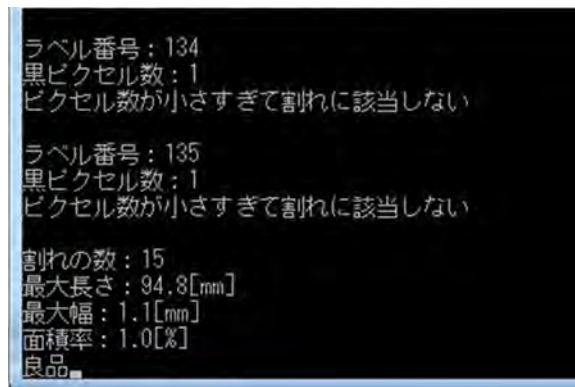


図4-2-1-7 自動判別システムによる認識例

(4) まとめ

木材の割れの自動判別について検討した結果、非接触3次元形状測定機よりも産業用カメラを用いた方が良好な結果が得られることがわかった。産業用カメラと画像処理による割れの自動認識システムを製作し実験を行った結果、システムとして実用化が可能であることを確認した。

鶴谷知洋（工業試験場）

4.2.2 修正挽き装置の開発

(1) 目的

コアドライ*正角材*生産のためには乾燥工程で生じたねじれ等の変形を修正して通直な正角材に加工する必要があるが、歩留まりを高めるためには製材時の歩増し*寸法を最少にして加工する事が重要である。そこで、最小の削りしろで加工する修正挽き方法について検討すると共に、そのために必要な機構や工程、機械装置について検討し、既存機械装置の調査や新たな機械装置の機構を検討して機械開発を行うと共に開発装置を用いた修正挽き試験を行い、性能を評価した。

(2) 方法

1) 市販修正挽き装置を用いた修正挽き試験

市販修正挽き装置を導入している企業2社において、通直材への加工試験を実施した。

A社の装置(図4-2-2-1)は形状計測の後、木材の姿勢を制御して丸鋸とプレーナーにより最初の基準面を出した後、そこを基準として90度ずつ回



図 4-2-2-1 A 社修正挽き装置



図 4-2-2-2 B 社修正挽き装置

転させて一面ずつ仕上げていく機構となっている。修正挽きは、削り取り寸法を2mm刻み(各面1mm刻み)で行うものとし、4面の削り残しが完全に無くなった時点で終了した。

林産試験場においてカラマツ乾燥材(119×119×3000mm)70本の曲がり、ねじれをあらかじめ測定し、35本ずつに振り分け、試験に供した。

削り寸法は119mm→115mm→112mm→108mm→105mmとし、各削り寸法ごとに削り残し面積を目視で測定し、四面のムラが完全に取れた時点を終了寸法とした。なお各試験材は削り残し部分を明瞭にするため、表面を自然系塗料で黒く着色した。

B社修正挽き装置(図4-2-2-2)の機構詳細は不明だが、4面同時にプレーナー加工する装置である。A社同様に修正挽きは、削り取り寸法を2mm刻み(各面1mm刻み)で行い、4面の削り残しが完全に無くなった時点で終了した。

また、歩増し寸法を検討するため、同様にカラマツ乾燥材の曲がり、ねじれをあらかじめ測定し、B社の機械を用いて長さ3003mm、平均幅・厚さ119.5mmおよび122.2mmの2種類の断面寸法それぞれ70本の修正挽き試験を実施した。

2) 修正挽き装置の開発

通直材加工を安価に行う手段として道内木材工場の多くに設置されているモルダー*(多軸かな盤)や自動かな盤、手押かな盤等の汎用木工機械を用いて加工する方法があるが、変形の多いカラマツ乾燥材を加工するには多くの手間と時間を要し、精度も悪い。

しかし、これら汎用木工機械で加工を行う前段で、あらかじめ乾燥材の一面を平坦な基準面に加工しておくことが可能であれば、その基準面に沿った直角な横面とそれらの対向面を平行に加工する事はさほど困難ではなく、比較的安価に通直な正角材を加工することが可能である。

そこで、通直材加工の前段で基準面を加工する修正挽き装置を開発し、その装置で加工後に汎用木工機械で二次加工を行う事とした。この装置のコンセプトを、以下に示す。

①被削材の基準面(下面)全面とモルダー一定規面(垂直面の一部)を歩留まりよく、平滑に切削して一次加工を行う(図4-2-2-3, 図4-2-2-4)。

②切削機構は手押かな盤を基本とし、被削材を高歩留まりに切削可能な前後左右の中立点位置を機械的に設定して固定し、切削する。

③被削材の位置決め及び固定は前テーブル上でを行い、把持固定した被削材をかな盤に送材して

切削する。

④送材機構や一部空圧機構等人手では対応困難な部分以外は基本的に手動で対応。

⑤基本データを当装置により取得し、自動機や量産機に反映させる。

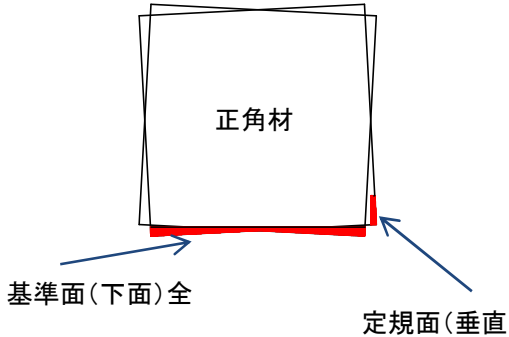


図 4-2-2-3 基準面と定規面の切削



図 4-2-2-4 モルダの定盤と定規

3) 開発装置を用いた修正挽き試験

前記開発装置を用いて林産試験場内にて基準面及び定規面加工を行った後、道内民間企業所有のモルダを用いた修正挽き試験を実施した。

基準面の削りしろは削り残し量が最大1mmになるように定盤と試験材の最大ねじれ部分、又は最大矢高部分を隙間ゲージで測定して切削量を決定した。定規面の削りしろも同様に最大ねじれ部分の削りしろが最大で10mmになるように隙間ゲージで測定して切削量を決定した。

その後、基準面及び定規面の修正挽きを実施した後にモルダ加工した場合と、修正挽きを行わないで乾燥材のままモルダ加工した場合の削り残しの面積等を比較した。

この際、使用したモルダの構造により1回の最大切削量が限定されている事から、2回に分けて切削した。1回目の切削量は基準面（修正挽きを行っ

た面）0mm、定規面2mmで、仕上がり寸法111mmとした。2回目は基準面1mm、定規面4mmで仕上がり寸法105mmとした。

修正挽きを行っていない乾燥材については手作業で中立点を維持しながらモルダに送入し、切削試験を行った。1回目の切削量は下面9mm、定規面9mmで、仕上がり寸法115mm、2回目は下面4mm、定規面4mmで仕上がり寸法105mmとした。

(3) 結果と考察

1) 市販修正挽き装置を用いた修正挽き試験

試験材の平均の曲がり量は3.8mm、平均のねじれ角は9.3度、平均の材幅・厚さは119.6mmであった。

A社修正挽き試験の結果から、試験材のねじれと削り残しの関係を図4-2-2-5に示す。ねじれが大きくなるにつれて、削り残しも大きくなっている。削り残しが発生しないで正角材に加工できた試験材は6本であった。105mm切削時において図4-2-2-6に示すように、ねじれの中立点が十分にセットされずに加工したため、片側のみが大きく削り残され、削り残しが多く発生した試験材も見受けられた。

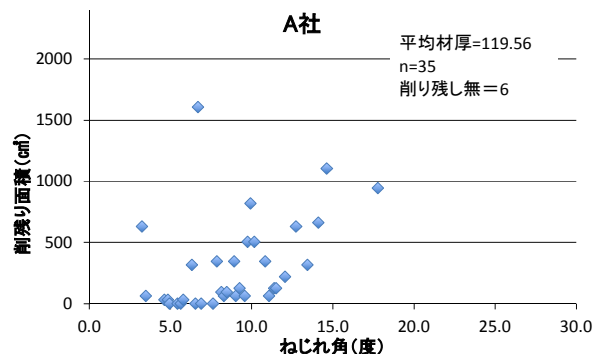


図 4-2-2-5 A 社試験におけるねじれ角と削り残し



図 4-2-2-6 削り残し例①

B社の修正挽き試験の結果から、試験材のねじれと削り残しの関係を図4-2-2-7に示す。A社と同様、ねじれの大きな試験材には大きな削り残しが見られた。削り残しが発生しないで正角材に加工できた試験材は、9本であった。

装置の機構上105mmに切削するまでに両材面均等に切削するため、反対側材面が必要以上に削られ、大きな削り残しが見られた試験材の様子を図4-2-2-8に示す。

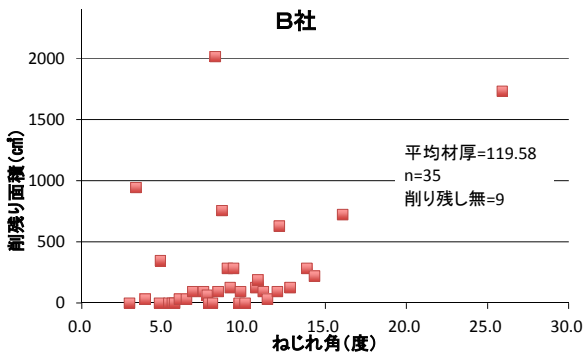


図 4-2-2-7 B 社試験におけるねじれ角と削り残し



図 4-2-2-8 削り残し例②

また、2種類の断面寸法の試験材（前述とは別ロット）を用いて修正挽き試験を実施した結果を図4-2-2-9に示す。122.2mm角は60%，119.5mm角は30%が削り残しを発生せず仕上げることが可能であった。また、5%未満の削り残しを許容すれば、それぞれ80%，60%が仕上げ可能であった。一方、削り残し面積が2000cm²を超える試験材も多く見受けられたが、これは反対側材面が必要以上に削られ、大きな削り残しが発生した試験材によるものと思われる。

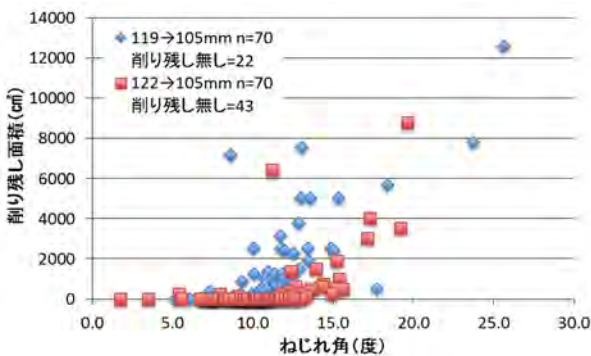


図 4-2-2-9 歩増し寸法別の削り残し割合

2) 修正挽き装置の開発

これまでの市販修正挽き装置等の検討結果から基準面及び定規面を切削する修正挽き装置の仕様を検討し、製作した（図4-2-2-10）。

検討した仕様を下記に示す。

材寸法：130角×長さ3,800mm

樹種：国産針葉樹材およびこれらに準ずる性質

の外国産材

動力：飽胴 1.5kw 1台

送材：0.4kw 1台

送材速度：Max10m/分インバーター制御

カッター：φ125×160L 替刃式ラフィングスパイラルカッター

φ180×15 W そば取りカッター

定規方向：右側

中立点押え：2ヶ所（両端近く）、エアーシリンダー、ラック&ピニオンによる押え。

正角材固定：手動3か所。手動クランプによる固定、解除。曲り追従機構付。

送材フレーム：中立点押えと被削材固定万力を保持。

送材フレーム昇降：手動ハンドルによる。



図 4-2-2-10 開発した修正挽き装置

3) 開発装置を用いた修正挽き試験

図4-2-2-11に開発装置を用いてコアドライ材へ加工した乾燥材の断面形状を示す。左から乾燥終了後、開発装置での修正挽き加工後、多軸かな盤でのコアドライ正角材仕上げ後の状況である。

修正挽きを実施して加工した試験材は平均の曲がり2.5mm，平均のねじれ角8.7度，平均材幅・厚さ121.1mmであった。

修正挽き結果を図4-2-2-12に示す。削り残しを発生しないで加工出来た試験材は、64本中54本であり、80%以上が削り残しを発生させずに通直なコアドライ材を製造することが出来た。

修正挽きを実施しないで加工した試験材の平均の曲がり2.0mm，平均のねじれ角は8.8度，平均材幅・厚さは121.1mmであった。

比較した結果を図4-2-2-13に示す。ここでは図

4.2.2 修正挽き装置の開発



図 4-2-2-11 コアドライ材への加工

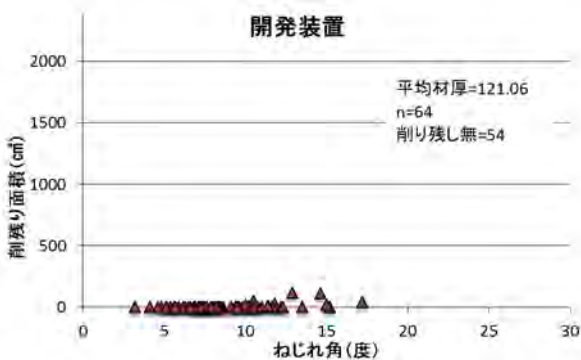


図 4-2-2-12 開発装置におけるねじれ角と削り残し

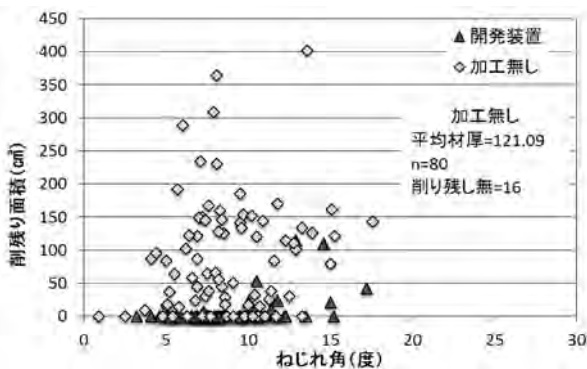


図 4-2-2-13 開発装置を用いて修正挽きを実施した材と未加工材との比較

を明瞭化するため、図4-2-2-12とは縦軸スケールを変えてある。削り残しが発生しないで修正挽きを終了した試験材は、80本中16本であった。

修正挽きを実施した試験体では、ねじれ10度程度まではおおむね削り残し発生無しで加工可能であった。修正挽きを実施しないで加工した試験材ではねじれと関係なく削り残しが発生した。

開発した装置は被削材の前端及び後端部分は定盤上で同一平面となることから定盤上で被削材を上方から加圧する事により前後の中立点が設定され、その際に左右のねじれ角度が反対方向に同一となるように前後端附近に設置したフラットバーにより加圧する事で、ねじれの中立点に被削材を的確に設置する事が可能である。横面の中立点についても前端の下部と後端の上部を基準面に垂直な同一平面上に設定することにより中立点を保持することができる。

この状態で被削材を把持し、定盤面の上方に持ち上げながら送材して、基準面と定規面を鉋削する事により、被削材には応力がかからない自然な状態での鉋削が可能である。

試験の結果、基準面は前後左右に均等な削り残しを発生させる事が出来、定規面も二次加工によって均等な削り残しを発生させることが出来た。

以上のことから、開発装置を活用することにより、比較的安価に高歩留まりなコアドライ材を製造することが可能となったと考えられる。

(4) まとめ

コアドライ材の製造において、乾燥後に通直な正角材に仕上げるための修正挽きが必要となるため、乾燥終了した正角材の修正挽きについて検討すると共に市販の修正挽き装置を調査して問題点を把握し、安価にコアドライ材が製造可能で、高歩留まりが得られる新たな修正挽き装置を開発し、その性能を評価した。

その結果、開発した装置は前後左右の中立点に被削材を的確に設置して把持・送材・切削する事が出来、切削面も前後左右に均等な削り残しを発生させる事が可能であった。

また、製造試験の結果、試験材の80%以上が削り残しを発生させずに通直なコアドライ材を製造することが可能であった。

これにより、修正挽き作業を容易かつ高歩留まりとする方法を確立すること出来、製材工場でも低コストに道産カラマツ心持ち正角材*を生産できる効果が期待できる。

白川真也, 平林 靖 (林産試験場)

第5章 北海道における住まいと森林資源循環を考慮したモデル提案

(1) まえがき

本研究は、川上から川中、川下へと地場の森林資源を効率よく受け渡して地場の住宅に活用し、そこから生まれる利益を川上へ還元することにより、森林資源の再生産につなげることを目的とした。その取り組みの意義を示す1つの指標として、本研究では、道産材の地産地消が地域にもたらす経済効果について検証した。

地産地消の展開においては、川上、川中、川下間で円滑な取引関係を構築することが重要である。すなわち、顧客の立場になり、品質の確かな商品を、必要な時に必要なだけ安定した価格で提供する仕組みが必要である。そこで、“道産材を使いやすくする”ための新たな流通システムの検討を行った。

森林資源循環を現実的な動きとするために、そのきっかけ、模範となる取り組みが欠かせない。本研究では、地域材の住宅での活用をスムーズにするための環境整備、モデルの構築について、十勝管内の取り組みに参画し、検討した。また、原木生産をより安価でより早く行うための新たな機械作業システムを構築するために、実現可能性調査を行った。

(2) 本章の構成

本章は、北海道での地産地消による住まいづくりと森林資源の循環利用を図るために取り組んだ内容について報告するものであり、3節9項により構成されている。

5.1 道産材利用がもたらす地域への効果

北海道における建築用材の道産材自給率を算出した。また、各建築用材の自給率が現状より10%向上した場合の生産誘発増加額（経済波及効果）を推計し、道産建築用材の自給率向上の意義を示した。

5.1.1 道産建築用材の需要量および自給率の推定

北海道における今後の建築用材の需要目標を設定する上で、現状の自給率の推計が必要である。そこで、北海道における建築用材の道産材自給率を算出した。

5.1.2 道産材自給率向上による経済波及効果

北海道における建築用材を対象に「地域の木製品を使って住宅を建てる」という行為が地域にもたらす経済効果を定量的に明らかにするため、産業連関分析を用いて木造戸建住宅における各建築用材の自給率が現状よりそれぞれ10%向上した場合の生産誘発増加額（経済波及効果）を推計した。これにより、道産建築用材の自給率向上に取り組むべき数値的根拠が明らかとなった。

5.2 道産材の安定供給に向けた提案

道産材の安定かつ円滑な供給に向け、流通の効率化・合理化を図るための新たな流通システムとその拠点（センター）について検証した。また、素材生産から住宅建築に至る木材のトレーサビリティシステム*を試し、情報継承の可能性について検証するとともに、合わせて受発注や在庫管理に関するシステム開発を行った。さらに、以上の検討を反映させた高品質カラマツ乾燥材（コアドライ*材）の生産事業について、栗山町の事業モデルで示した。

5.2.1 センター構想

道産材を建築用材として使いやすくするための“新たな流通システム”について検討した。このシステムでは、森林・素材生産業者からユーザー（工務店等）までの流通構造を単純化した。また、高品質な建築用材の供給のために、道内各圏域に“水分管理センター”と“物流*センター”を設置することとした。これらを道産材流通の効率化・合理化を図るための“センター構想”と位置づけ、その実現可能性等について検証を行った。

5.2.2 トレーサビリティシステムの試行検証

生産者と需要者の需給バランスを調整するための方策として、情報の共有化が考えられ、その手段としてクラウド*システムが一般的に多く使われている。そこで、このシステムを活用したカラマツ素材生産から建築施主にいたる木材トレーサビリティシステムの各種検証を行い、情報継承の有効性を確認した。

5.2.3 受発注管理システムの試行検証

カラマツ等を建築用材として普及するためには、高温乾燥装置を保有している製材工場が中心となり、地域内で連携し共同受注する新たな流通システムを構築する必要がある。そこで、地域内で連携し製材・乾燥等を行うとともに受発注情報を共有化するため、IT*を活用した受発注管理システムの開発及び試行検証を行った。

5.2.4 在庫管理システムの開発

道内の製材工場の在庫棚卸作業は、野帳（ノート）に手書きで記録する方式がとられている。そのため手間がかかり入力ミスなどの問題が発生している。また、前述の受発注管理システムを運用するに当たって、正確な在庫量を把握する必要がある。そこで、受発注管理システムとの連携を想定した在庫管理システムの開発を行った。

5.2.5 道産材による新たな建築用材の事業化

行政・業界との連携しながら、道産材シェア拡大のためのキーワードを抽出し、それを実現するために札幌圏におけるFS*的供給拠点化検討を進めた結果、栗山町ドライウッド協同組合において高品質カラマツ乾燥材（コアドライ材）の生産・供給体制を構築することができた。

5.3 森林循環を考慮したケーススタディ

地域材の住宅での利用による森林資源循環を念頭に、地域材利用の体制づくり、素材生産における機械作業システムの見直しについて検討した。

5.3.1 地域材利用に向けた体制づくり

地域材を供給する林業や製材業者、地域の住まいを担う工務店、お互いの顔が分かる地域の中で、地域材をよりスムーズに住宅に利用できるようにするための環境整備とモデル構築を目的に、十勝管内の取り組みに参画して検討を行い、地域材の流通・使用に関する意識および地域材の利用実態を把握した上で、地域材の利用促進に向けた要点を整理した。

5.3.2 マーケットイン志向による原木供給

森林循環を考慮しつつ、原木をこれまでより安価に、早く供給するための具体的なモデル（原木生産のための機械作業システム）を検討した。エリアとして、新設住宅着工戸数が10,000棟以上あり、道内で最も住宅需要の集中する札幌圏域を想定し、心持ち*材向け原木の生産・出荷に向けた実現可能性調査を実施してモデルの有効性を検証した。

齋藤直人（林産試験場）

5.1 道産材利用がもたらす地域への効果

5.1.1 道産建築用材の需要量および自給率の推定

(1) 目的

「コンクリート社会から木の社会へ」をうたった2009年の森林・林業再生プランの公表以降、様々な分野において国産木材の利用拡大に向けた取り組みが活発化している。これを受けて見直された森林・林業基本計画（2011）^[1]では、木材需要量や木材自給率の数値目標が具体的に示された（表5-1-1-1）。

表 5-1-1-1 森林・林業基本計画（2011）における木材の用途別利用量の目標と総需要量の見通し

	単位(百万m ³)		
	現状 (2009年)	将来 (2015年) (2020年)	
総需要量	65	72	78
国産材			
製材用材	11	14	19
パルプ・チップ用材	5	9	15
合板用材	2	4	5
その他	1	1	1
合計	18	28	39
輸入材	47	44	39
自給率(%)	28	39	50

一方、2009年の北海道における木材需要量および木材自給率^[2]（総需要量に占める道産材の割合、以下、道産材自給率という）を表5-1-1-2に示した。

表5-1-1-2 北海道における木材需要量と道産材自給率

	単位(百万m ³)
	2009年
総需要量	6.3
道産材	3.6
輸入材	2.7
自給率(%)	57.4

北海道における木材需要量は6.3百万m³（全国の約1割）、道産材自給率は57.4%となっている（全国の国産材自給率は27.8%）。なお、道産材自給率は、この10年で23ポイントも増加しているが、これは主に輸入*材供給量の減少によるものである。現状の道産木材の用途は、パルプ・チップや輸送資材*が中心であり、今後は建築用材の生産を拡大させることで用途を多様化し、道産材自給率の向上を目指す必要がある。

これまで、北海道における建築用材の道産材自給率

については詳細な検討が行われていない。今後の需要目標を設定する上でも現状の自給率の推計が必要である。本項では、北海道における建築用材の道産材自給率を算出した。

(2) 方法

1) 道産材自給率の定義

製材、集成材、合板の3種類の建築用材を対象とし、移入*量を考慮して、製品材積の需要量ベースで道産材自給率を推計した。推計年度は2010年度とし、推計には国や道の統計資料^[3-5]を用いた。不足するデータはメーカー、振興局へのヒアリングから推定した。

ここで、「道産建築用材」は、「道産原料を用いて道内で製造した製品」と定義した。各建築用材の自給率の推計式は以下のとおりである。

北海道における建築用材の道産材自給率(%)

$$= \frac{A}{A+B+C+D} \times 100$$

A: 道産原料による製品の道内出荷量(道産、m³)

B: 輸入原料による製品の道内出荷量(準道産、m³)

C: 製品の輸入量(輸入、m³)

D: 製品の移入量(移入、m³)

なお、道産トドマツ製材には、栈木と呼ばれるコンクリート型枠工事などに用いられる仮設資材があるが、これは建築用材に含まないものとする。

2) 移入量の取扱いについて

各供給源別の製品需要量においては、移入量の厳密な推計が困難である。その理由として、統計資料^[5]においては、1) 移入量に輸入製品が含まれること、2) 商品分類が細分化されていないことが挙げられる。

1) は、道外の国内港へ輸入された製品が道内港へ移入されることを指す。しかしながら、これを推計する具体的な方法がないため、本推計では、「移入量には、国内港を経由した輸入製品を含む」としている。

2) については、例えば、「木製品」の名称で集成材と合板が、単板、改良木材、薬品処理木材などと一緒と同じ製品分類に含まれている。現状では、これら複数の製品群の中から目的の製品のみを正確に抽出することができない。国産製品の移入量については、利用実態を鑑みて、道内の建築現場において一般的に見られる国内メーカーの所在する自治体の港からの貨物量をカウントした。輸入製品の移入量については、貨物量が多く、国内ハブ港としての機能を有していると考えられる関東の3港からの貨物量をカウントした。この

5.1.1 道産建築用材の需要量および自給率の推定

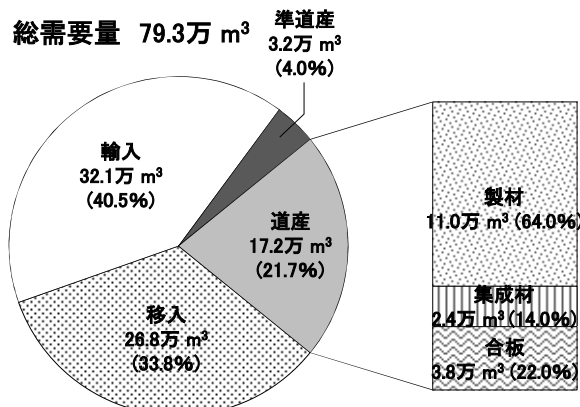
ように、移入量の推計にあたっては、他製品の混入や集成材と合板のダブルカウントが避けられないが、他の供給源と同等の精度を求めることは困難なのが現状である。

(3) 結果と考察

道内の建築用材の総需要量は、79.3万 m^3 と推計された。このうち道産原料による製品の道内出荷量(道産)は17.2万 m^3 であり、建築用材の道産材自給率は21.7%と算出された(図5-1-1-1)。

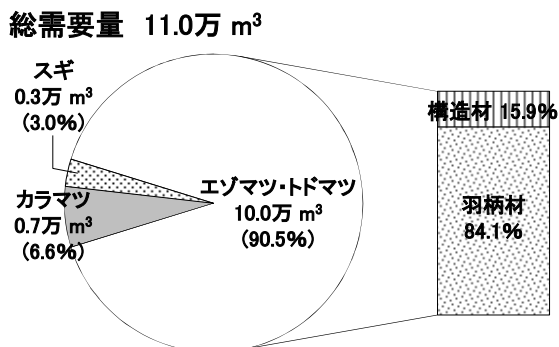
道産建築用材の64%を占める道産製材の樹種別構成割合を図5-1-1-2に示した。90%をトドマツが占めており、このうちの84%が羽柄材*(構造材*を補う材料や下地材のこと)用途となっている。

製品別の需要量を図5-1-1-3に示した。製材は52.1万 m^3 、集成材は21.0万 m^3 、合板は6.2万 m^3 と推計され、各製品の道産材自給率は、製材が21.1%、集成材が11.4%、合板が61.4%と算出された。供給源別割合は、製材では輸入が、集成材では移入が、合板では道産がそれぞれ大きな割合を占めていることが分かる。



注: 移入量には、国内港を経由した輸入製品を含む

図5-1-1-1 北海道における建築用材の総需要量と供給源別割合



注: 構造材には、木質系プレハブ工法パネル芯材を含む

図5-1-1-2 道産製材の樹種別構成割合

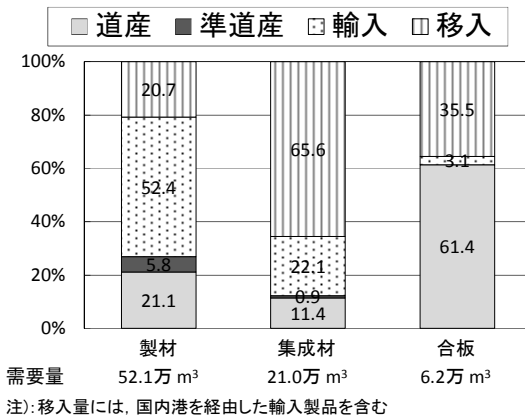


図5-1-1-3 各製品の需要量と供給源別割合

(4) まとめ

北海道の建築用材における道産材自給率は21.7%と算出された。製品別の自給率を見ると、合板が過半を超える一方で、集成材および製材では低く、道産材による代替の余地が大きいことも分かり、これらの構造材用途については、産学官一体となり、何らかのシェア拡大方策を検討していく必要があると考えられた。

(5) 引用文献等

- [1] 林野庁. 入手先<<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan/pdf/kihonkeikakunogaiyou.pdf>>
- [2] 北海道水産林務部. “平成21年度北海道木材需給実績”. 2 (2010)
- [3] 北海道水産林務部林務局林業木材課. “平成22年度北海道木材貿易実績”. 16 (2011)
- [4] 北海道水産林務部林務局林業木材課. “平成22年度北海道集成材工場実態調査結果”. 6 (2011)
- [5] 国土交通省. 入手先<<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/search/pdf/01/01201000xa0001.pdf>>

古俣寛隆 (林産試験場)

5.1.2 道産材自給率向上による経済波及効果

(1) 目的

輸入*材および移入*材に対し地域材を利用することの効果として、一般的に、1) 環境負荷の低減効果、2) 地域の森林整備への貢献効果、3) 地域経済の活性化効果の3点が挙げられる。1) については、輸送プロセスにおけるCO₂排出量に注目したウッドマイルズ^[1]や、全プロセスの環境負荷を評価するLCA^[2]などの評価手法により輸入材と比較した場合の地域材の優位性が示されつつある。2) については、林野庁^[3]が、木材（間伐材）利用による間伐貢献度の導出式を示しており、その効果を定量的に算出することが可能である。3) については、その評価手法の一つに産業連関分析による経済波及効果の推計がある。

これまで、経済波及効果については、イベントや建設など、主に公共投資を対象とした推計事例が行政、シンクタンク、大学等から数多く報告されている^[4]が、地域材を対象とした推計事例は、ほとんど見られない。木材業界や行政からは、地域材利用をPRするため、その経済波及効果の数値的根拠が求められている。そこで、北海道における建築用材を対象に、「外国や本州から輸入・移入される木製品ではなく、地域の木製品を使って住宅を建てる」という行為が地域にもたらす経済効果を定量的に明らかにするため、産業連関分析を用いて道産材自給率が向上した場合の経済波及効果を推計した。

(2) 方法

1) 産業連関表とは

経済波及効果の推計には、「産業連関表」という統計表が用いられる。我々の日常生活は、いろいろな製品（財）を消費し、サービスの提供を受けることにより成り立っている。一方、財やサービスを供給する産業は、他の産業から原材料を購入し、労働力等の生産要素を使用することによってそれらを生産し、別の産業に対して原材料等として販売するといった生産活動を行っている。産業連関表は、これらの財・サービスの取引を、一定の地域、一定の期間（通常1年）において一覧表の形に取りまとめたものである。

産業連関表は大きく分けて内生部門、最終需要部門、粗付加価値部門の3つに分けられる（図5-1-2-1）。産業連関表を横にみると、各産業が生産した財・サービスをどの産業へどれだけ販売したか、また、家計や企業などがどれだけ消費や設備投資を行ったかの販路構成が分かる。一方、産業連関表を縦にみると、各産業が財・サービスを生産する際に購入した他産業の財・サービスや投入された労働力及び利潤などの費用構成

が分かる。

供給部門（売り手）	需要部門（買い手）	中間需要			最終需要			地域内生産額（産出）
		野菜	農産食料品	飲食店	家計消費支出	移出	輸出	
中間投入	野菜	0	60	70	250	0	0	330
	肥料	40						
	農業サービス	120						
粗付加価値	雇用者所得	70						330
	営業余剰	100						
	...							
地域内生産額（投入）		330						

図5-1-2-1 産業連関表の構成

2) 経済波及効果とは

パンを例とした経済波及効果の模式図を図5-1-2-2に示した。パンを買えば、当然のことだがパンの生産が誘発される。パン自体の生産誘発額のことを直接効果という。パンが生産されれば、その原材料である小麦粉、バター、ガス、その原料である小麦、牛乳、さらにこれらを製造するための燃料（電力など）も必要となり、生産が誘発される。これら部品や原材料の生産誘発額のことを第1次間接効果という。パンおよびその原材料の生産が誘発されると、各企業の売上げが増加し、従業員の給料が増加する。その給料から食品や衣類などが購入されれば、その産業の生産が誘発される。このような、雇用者所得を経由した生産誘発額のことを第2次間接効果という。一般的に、これら3つの効果（直接効果、第1次間接効果、第2次間接効果）の合計を経済波及効果として扱っている。

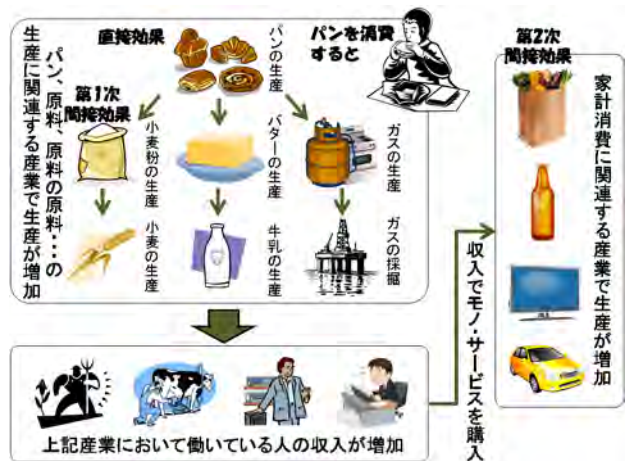


図5-1-2-2 経済波及効果の模式図

5.1.2 道産材自給率向上による経済波及効果

前述の通り、産業連関表は各産業間のお金のやり取りを示した経済社会のモデルである。ある産業の生産が2倍になれば、その生産に必要な原材料も2倍買われていることになり、原材料の原材料も2倍買われていることになる。産業連関表を使用して、この連鎖反応を追跡することで、経済波及効果のシミュレーションが可能となる。

3) 自給率向上のシナリオ

北海道で1年間に新築される木造軸組戸建住宅(8,752棟)に使用される建築用材(製材, 集成材, 合板)を対象として、各建築用材の自給率が現状よりそれぞれ10%向上した場合に北海道へもたらす経済波及効果を推計した。

現状の自給率には「5.1.1 道産建築用材の需要量および自給率の推定」による値を用い、製材は21.1%から31.1%へ、集成材は11.4%から21.4%へ、合板は61.4%から71.4%へ向上するシナリオを想定した。ここで、本自給率の推計値は木造軸組戸建住宅に限ったものではないが、戸建、集合など建築物の建て方や木造、鉄骨造等の構造によって自給率に差は生じないものとして分析を行った。

住宅1棟あたりの効果の推計にあたっては、延床面積を北海道の新築木造軸組戸建住宅の平均延床面積である130m²(約39坪)に設定し、使用される各建築用材の量は林野庁^[5]の報告書から設定した。

4) 生産誘発額の推計

工務店が建築用材に対して支払う金額(需要額)を基準に、産業連関分析を用い、1) 直接効果、2) 第1次間接効果、3) 第2次間接効果における生産誘発額を推計した。繰り返すにはなるが、1) は需要額に占める道内自給生産額、2) は需要製品の原材料(財・サービス)の生産により誘発される生産額、3) は直接効果と第1次間接効果に伴い発生した雇用者所得の一部が新たな消費需要を生み、それにより誘発される生産額である。需要額については、北海道水産林務部林業木材課が提供している市況報告^[6]、業界新聞の市況情報およびメーカーへのヒアリングから設定した。

(3) 結果と考察

推計結果を表5-1-2-1に示した。シナリオ1と2の差が自給率10%の向上による経済波及効果である。道産建築用材の単価は移輸入製品より割高なため、自給率の向上によって現状よりも工務店の支払額は1.0億円増加すると推計された。しかしながら、道内の生産誘発額は、直接効果が9.3億円、第1次間接効果が5.8億円、第2次間接効果が1.7億円増加し、合計で16.8億円増加すると推計された。雇用者の誘発数は、シナリオ1の414

人に対してシナリオ2は515人であり、101人多くなると推定された。雇用者誘発数の差がどの産業部門に生じるのかを見た(図5-1-2-3)。

表5-1-2-1 木造戸建住宅に使用される建築用材の自給率向上による経済波及効果

		単位(億円/年)		
シナリオ		1	2	差
自給率		現状	プラス10%	—
工務店の支払額(A)		108.9	109.9	1.0
生産誘発額	直接効果	34.3	43.6	9.3
	第1次間接効果	17.4	23.2	5.8
	第2次間接効果	7.4	9.0	1.7
	合計(B)	59.1	75.9	16.8
経済効果の倍率(倍:B/A)		0.54	0.69	—
雇用者誘発数(人)		414	515	101

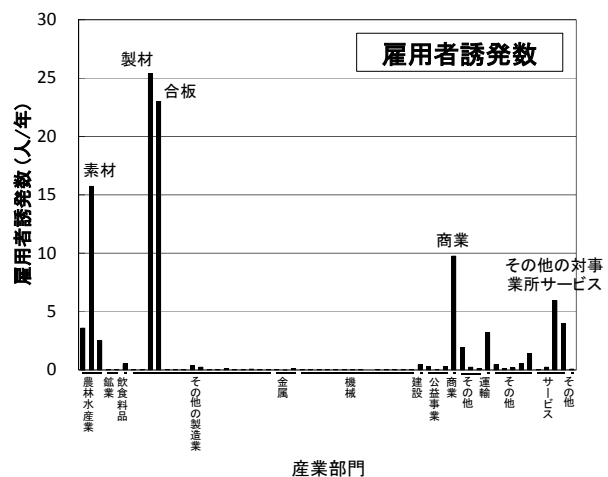


図5-1-2-3 雇用者誘発数の差が生じる産業部門

雇用者誘発数の差が大きかったのは順に、製材、合板、素材および商業、その他の対事業所サービスであり、特に林業・林産業に関する部門での差が大きかった。これは、移輸入建築用材においてはそれら雇用者の誘発は道外および海外で生じるため、差が顕著に表れるためである。

次に、経済波及効果の差である16.8億円について、直接効果および間接効果がどの産業部門に波及しているかを見た。直接効果、第1次間接効果および第2次間接効果の差が生じる産業部門についてそれぞれ図5-1-2-4、図5-1-2-5および図5-1-2-6に示した。

直接効果の差9.3億円のほとんどは製材、合板部門で誘発される。これは、商業および運輸部門での道内誘発額は製品産地で大きく異ならないが、当然のことながら移輸入建築材は道内で製造されず、この差が大き

く表れるためである。

第1次間接効果の差5.8億円のうちの約2.5億円(4割)が育林、素材部門に誘発されていることから、林業分

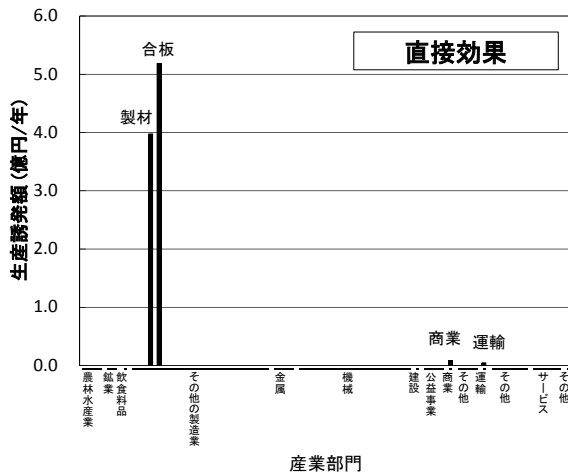


図5-1-2-4 直接効果の差が生じる産業部門

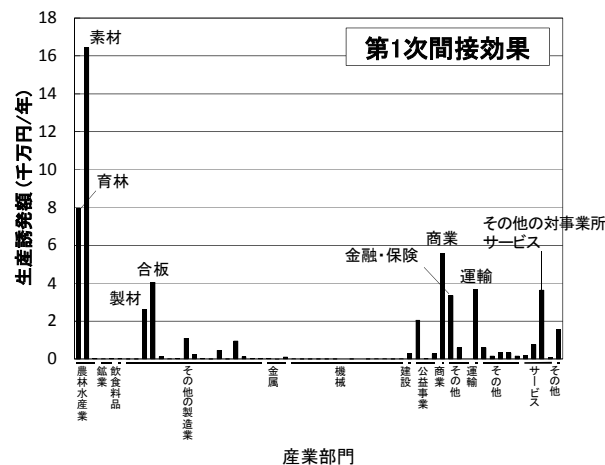


図5-1-2-5 第一次間接効果の差が生じる産業部門

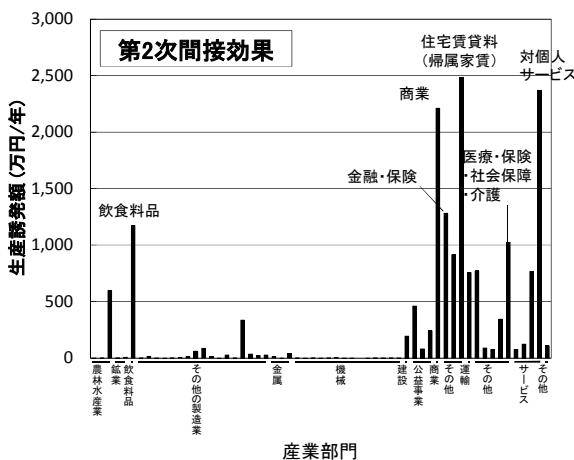


図5-1-2-6 第2次間接効果の差が生じる産業部門

野への波及効果の大きさが示された。

その他では、商業、金融・保険、その他の対事業所サービス、合板、運輸などの産業部門で誘発額が大きくなっている。

第2次間接効果の内訳では、住宅賃貸料(帰属家賃; 持家に対する住宅ローンの支払いのこと)、対個人サービス、商業などの部門で誘発額が多くなっている。

輸入製品や移入製品を利用しても卸売業、小売業および運輸業以外の生産額は道外に落ちるが、これを道産製品に置き換えると製品自体の製造のみならずこれに係るサプライチェーン*の大部分は道内からまかなわれ、雇用者所得が増加するとともに、その道内への消費転換も図られるため、地域経済効果は非常に大きくなることが定量的に示された。

(4) まとめ

木造戸建住宅における各建築用材の自給率が現状よりそれぞれ10%向上した場合の生産誘発増加額は年間16.8億円と推計され、道産建築用材の自給率向上に取り組むべき数値的根拠が明らかになった。

しかしながら、一言で自給率の向上を目指すと言っても、価格、品質、流通の面での課題が多く、その実現は容易ではない。理論上、それぞれの製品で自給率を10%増加させるには、最終製品ベースでの生産量を、製材は8,546m³、集成材は6,574m³、合板は3,447m³拡大させ、それぞれ移輸入建築用材と代替させる必要がある。

とはいえ、移輸入建築用材よりも道産建築用材を選択することの重要性は、地産地消が叫ばれている農産物、水産物等他産業の製品と同様に言えることである。建築工事においては単純なインシャルコストの大小だけでなく、製品価格の裏側にある見えないコスト(地域経済効果や森林整備効果)を見据えた材料選択も必要であると考えられる。これについては、行政、木材流通業者、建築業者および一般市民に対する研究成果の普及啓発活動が必要と思われた。

(5) 引用文献等

- [1]ウッドマイルズ研究会. “ウッドマイルズ関連指標マニュアルVer. 2008-01”. <<http://woodmiles.net/cgi-2008/cgi-manual/data/upfile/6-1.pdf>>
- [2]たとえば古俣寛隆, 由田茂一, 加藤幸浩, 高山光子. “カラマツ丸太生産におけるCO₂排出のインベントリ分析”. 日本LCA学会誌. 5 (1). 131-137 (2009)
- [3]林野庁. “木材利用に係る環境貢献度の定量的評価手法について(中間とりまとめ)”. 入手先<<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/mieruka/pdf/>

5.1.2 道産材自給率向上による経済波及効果

torimatome.pdf>

[4]たとえば総務省. “平成17年(2005年)産業連関表—総合解説編—”. 財団法人経済産業調査会. 143-146 (2009)

[5]林野庁. “環境負荷低減手法確立調査”. 97 (2002)

[6]北海道水産林務部林務局林業木材課経営支援グループHP. 入手先<<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/mokuzaishikyuu.htm>>

古俣寛隆 (林産試験場)

5.2 道産材の安定供給に向けた提案

5.2.1 センター構想

(1) 目的

木材産業における国産材の流通構造は、小規模かつ分散的で多段階であることから、安定供給やコスト低減が困難な状況となっている。特に建築用材の流通は、図5-2-1-1上段の“現状”の通り、実に多くの業態が中間に介在している状況となっている。このため、国や地方自治体では、林業と木材産業が連携したシステム構築や木材加工・流通施設整備への支援などの取り組みを行っているが、未だ国産材による木製品流通の抜本的な改善には至っておらず、外国産材にそのシェアを奪われている状況となっている。特に北海道の人工林資源であるカラマツは、そのほとんどが**梱包材***や**パレット材***等の輸送資材として利用されており、建築用材としての利用は、**ラミナ***材を含めても16%程度である。そこで、カラマツ人工林資源の新たな用途開拓と、道産材の外国産材からのシェア奪還を目的とし、道産材を建築用材として使うための“新たな流通システム”（図5-2-1-1下段）について検討した^[1-3]。

新たな流通システムでは、森林・素材生産業者からユーザーである工務店等までの流通構造を単純化するとともに、道内各圏域の拠点となる製材工場が周辺工

場と連携し、高品質な建築用材を供給するために重要となる水分管理を行うセンターとして“水分管理センター”を設置する。また、各圏域の水分管理センターで製材、乾燥、仕上げ加工を行った製品（乾燥製材）を、**邸別にジャストインタイム***で提供するためのセンターとして、現状、木材流通を担っている**プレカット***工場を“**物流***センター”として機能させるものである。

これらを道産材流通の効率化・合理化を図るための“センター構想”と位置づけ、その実現可能性等について検証を行った。さらに、センター構想を補強するため、業態間、連携企業間、センター間における情報共有を実現する**情報継承（トレーサビリティ）システム***とこれを基盤とした**受発注管理システム**、**在庫管理システム**等について検証を行った。これらについては5.2.2～5.2.4にて報告する。

(2) 方法

センター構想の実現可能性について検証するため、川上から川下までの需給に係る現況と製材工場における原料調達の実況把握を行い、**カラマツ心持ち正角材***の供給を想定した場合の、新たな流通システムを構築する上でのボトルネックの抽出（供給能力の把握）を行った。

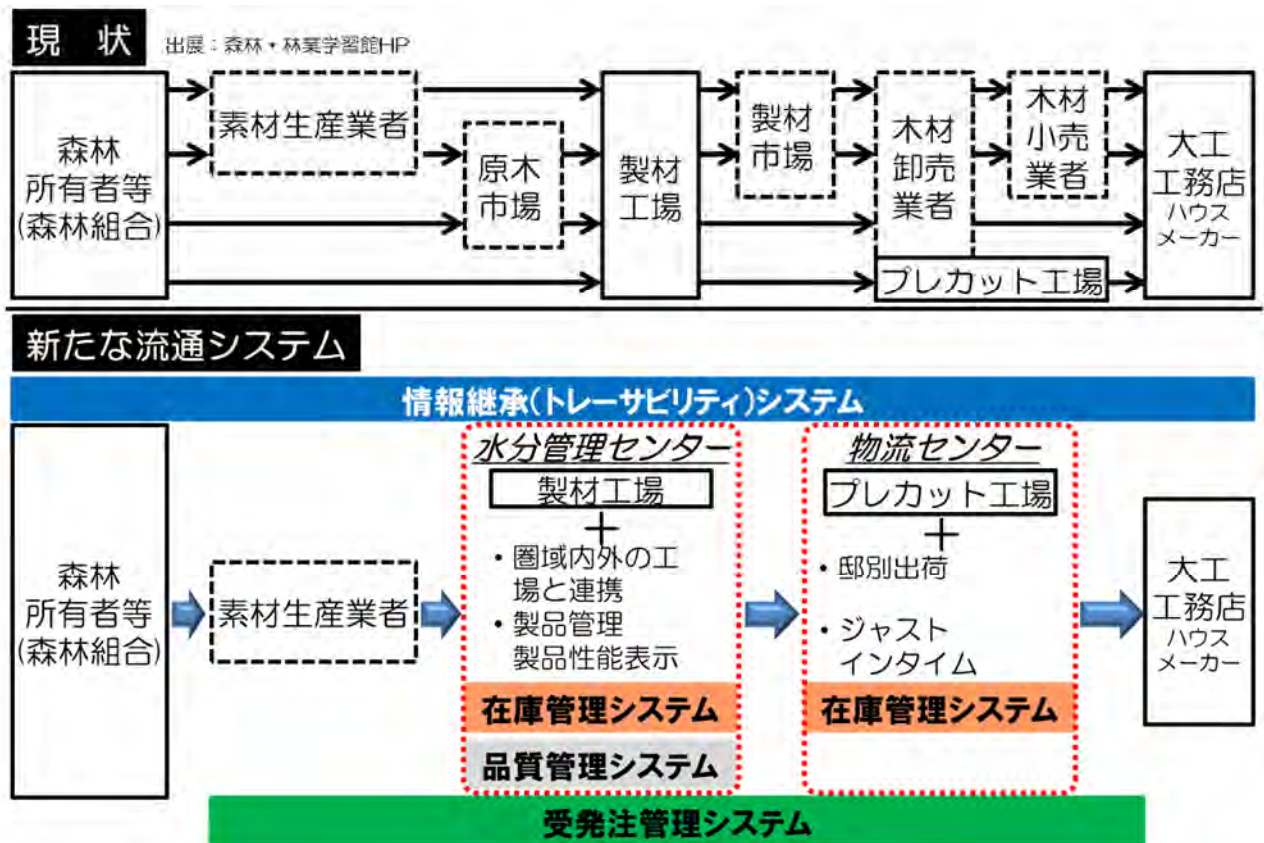


図5-2-1-1 国産材の流通構造（上段）と新たな流通システム（下段）

1) 人工林針葉樹の森林蓄積と伐採材積の把握

平成21年の林業統計から、針葉樹の森林蓄積量と伐採量を把握した。

2) 水分管理センター：

製材工場（製材能力の分析）

北海道水産林務部で実施している製材工場の動態調査結果から、原木処理量と製材生産量や各工場が所有している製材機械を把握し、それらの生産能力と年間の原木処理能力から、製材供給可能量について試算した。試算条件は、4.1.1で記述した開発製品「コアドライ*材」用の心持ち正角材を効率的に製造するための条件として、規模を年間原木消費量1万m³以上、効率的に生産するための設備としてツインバンドソー*を所有しているオホーツク、十勝、根釧、札幌圏の工場を対象とした。各工場の稼働率と稼働時間の条件を現状の稼働率95%と設定した場合の余力のみで生産した場合、余力生産量に稼働時間を1時間/日 延長した場合、余力生産量に稼働時間を3時間/日 延長した場合の条件について、それぞれ年間の製材供給可能量を試算した。

3) 水分管理センター：

製材工場（乾燥能力の分析）

北海道水産林務部で実施している人工乾燥材生産実態調査の結果から、各工場が所有している乾燥機の規模、種類、乾燥材生産量を把握し、年間の人工乾燥処理実績から算出した稼働率と4.1.1で記述した開発製品「コアドライ材」の乾燥スケジュールから、年間の乾燥処理可能量について試算した。試算条件は、高温タイプの蒸気式乾燥装置を所有しているオホーツク、十勝、根釧、札幌圏の工場を対象とし、高温タイプの乾燥装置のみで1次、2次乾燥を実施した場合、1次乾燥を高温タイプ、2次乾燥を中温タイプの乾燥装置で実施した場合、高温タイプの乾燥装置をフル稼働した場合の条件について、いずれも現状の乾燥の余力のみで乾燥した場合の年間の乾燥材供給可能量を試算した。

4) 物流センター：

プレカット工場（生産実績の把握）

北海道水産林務部で実施しているプレカット工場の実態調査及び工場への聞き取り調査などから、一般住宅の大消費地である札幌圏に近接する石狩圏域、胆振圏域における生産量の実態や生産規模等を把握するとともに、道産材の建築用材としての活用可能性について調査した。

5) 道内の新設着工戸数の把握

国土交通省「住宅着工統計」より、道内35市の新設住宅着工戸数を把握した。

(3) 結果と考察

1) 人工林針葉樹の森林蓄積と伐採材積の把握

針葉樹の森林蓄積量と伐採量はオホーツク、十勝、上川、釧路の順に豊富な資源を有していることを確認した(表5-2-1-1)。

表5-2-1-1 針葉樹の森林蓄積と伐採材積

	蓄積(万m ³)	伐採材積(万m ³)
渡島	1,714	16
檜山	976	11
後志	931	13
石狩	1,014	8
空知	2,318	21
上川	5,405	48
留萌	1,079	7
宗谷	1,702	10
オホーツク	8,060	98
胆振	1,231	22
日高	2,282	21
十勝	6,733	69
釧路	3,237	25
根室	742	9
合計	37,424	378

2) 製材工場（製材能力の分析）

圏域毎の製材能力の試算結果を表5-2-1-2に示す。

1戸あたり約3m³の管柱を使用すると考えた場合、余力のみで心持ち正角材を生産した場合は、8,656 m³/年の管柱が生産され、2,885戸の住宅に供給可能であると考えられる。同様に、余力と3時間/日 延長した場合は、73,580 m³/年の生産量となり、24,526戸への供給が可能となるため、道内の新設着工数のほぼ全戸数の管柱を賄うことが可能となる。これらのことから、道内の製材工場は、カラマツ人工林資源を新たな用途である一般住宅用の管柱として供給するためのポテンシャルを現有施設で十分有していることがわかった。

表5-2-1-2 心持ち正角材の製材供給可能量

圏域	製材能力(m ³ /年)		
	余力のみ	余力+1時間延長	余力+3時間延長
オホーツク	2,097	7,339	17,823
十勝	3,601	12,603	30,607
根釧	2,493	8,724	21,187
札幌	466	1,632	3,963
合計	8,656	30,297	73,580

3) 製材工場（乾燥能力の分析）

圏域毎の乾燥能力の試算結果を表5-2-1-3に示す。

「コアドライ材」の乾燥スケジュールを想定した場合、高温タイプの乾燥装置のみで1次から2次乾燥を行う場合は8,762 m³、1次乾燥を高温タイプ、2次乾燥を中温タイプで行った場合は13,982 m³の「コアドライ材」を生産することが可能である。しかし、この供給量は、木造住宅の管柱4,660戸分に過ぎない。ここで、高温タイプの乾燥装置をフル稼働して1次乾燥のみを行う場合は65,717 m³の処理能力となり、21,905戸への供給が可能となるため、製材能力と同様に道内の新設着工数のほぼ全戸数の管柱を賄うことが可能となる。しかしこの場合、2次乾燥を行うための乾燥装置が不足する。すなわち道内の製材工場における「コアドライ材」を供給するための乾燥装置は、木造の新設着工数をほぼ賄うことが可能であるが、新設着工数約3万戸を賄う場合には新たな乾燥装置の導入が必要となることがわかった。

表5-2-1-3 心持ち正角材の乾燥材供給可能量

圏域	乾燥能力(m ³ /年)		
	高温タイプのみ	1次乾燥:高温タイプ 2次乾燥:中温タイプ	高温タイプフル稼働
オホーツク	2,710	6,180	20,322
十勝	2,718	3,650	20,385
根釧	1,307	1,497	9,806
札幌	2,027	2,655	15,203
合計	8,762	13,982	65,717

4) プレカット工場（生産実績の把握）

道内のプレカット工場は34工場(H20)で、年間100戸以下の住宅へ供給している工場が最も多く10工場となっている(図5-2-1-2)。また、工場から邸別に直接建設現場へ供給するケースが多いことから、一般住宅の大きなマーケットがある札幌圏に近接する胆振振興局管内に多く(6工場)存在している。今後、住宅着工数、木造(在来工法*)率の大幅な増加がなければ、現有施設で十分対応可能であると考えられる。

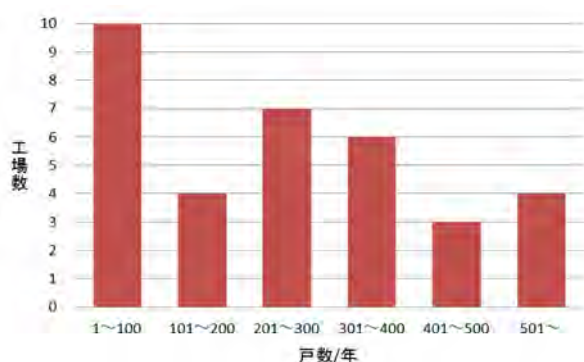


図5-2-1-2 プレカット工場の生産実績別工場数

5) 道内の新設着工戸数の把握

道内の新設住宅着工戸数は、平成20年度には約36,000戸、平成22年度には約30,000戸と減少傾向にある(図5-2-1-3)。また、地域別の平成20~22年度の構成比をみると、札幌圏で約60%を占めている(図5-2-1-4)。



図5-2-1-3 新設住宅着工戸数の推移



図5-2-1-4 新設住宅着工戸数の構成比

6) モデル地域の設定

センター構想の実現可能性を把握するための上記1)~5)の試算等から、物流センターと圏域内外へ道産建築用材を供給する需給システムを構築する要件を満たすと考えられる圏域を抽出し、水分管理センターと物流センターのモデル地域を設定した(図5-2-1-5)。

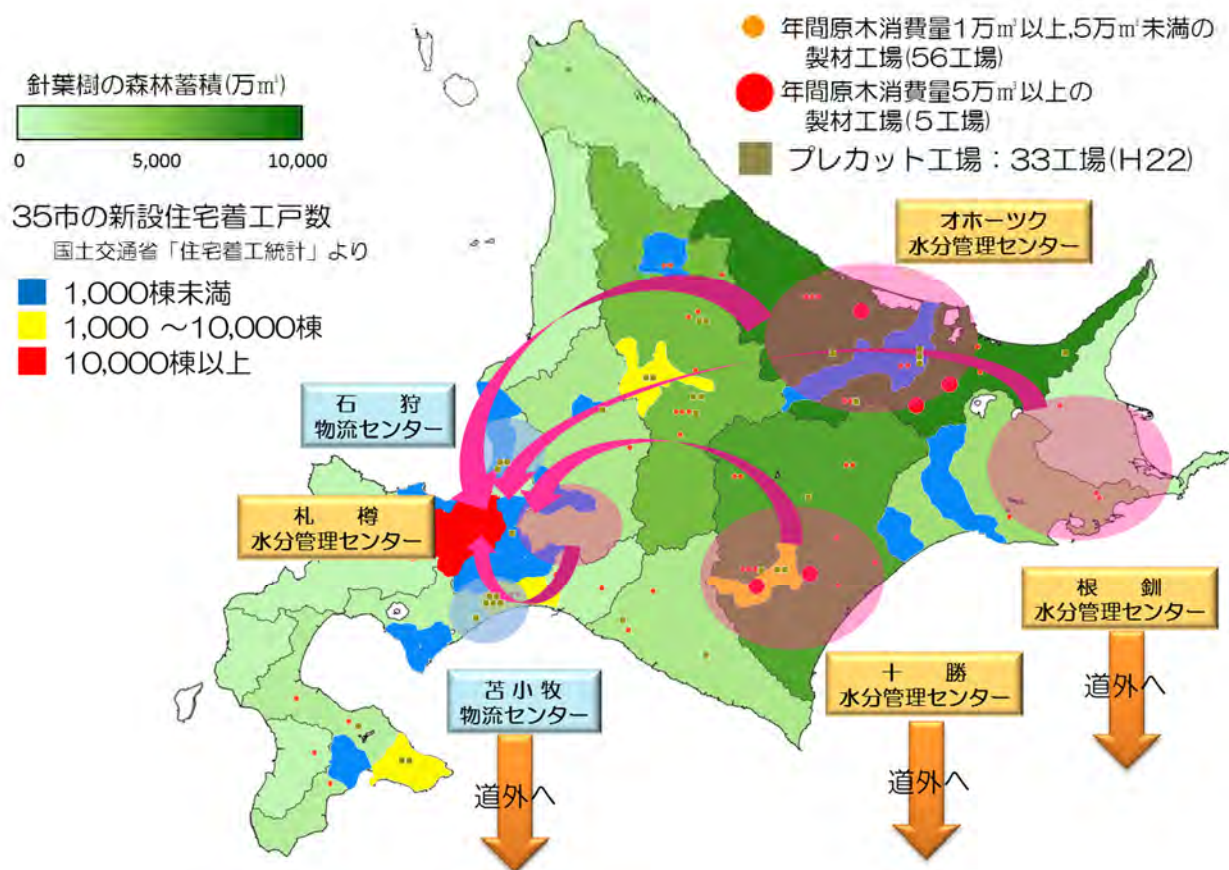


図5-2-1-5 新たな流通システムのモデル地域の設定

(4) まとめ

本研究では、道産材の住宅用部材としての新たな用途拡大を図るため、川上から川下への木材流通を効率的に供給するための仕組みについて検討した。

これにより、豊富な森林資源を有しているオホーツク、十勝、上川、釧路圏域から、一般住宅の大消費地である札幌圏へ効率的に高品質な建築用材を供給するための仕組みとして、各圏域の中核となる製材工場が圏域内外の工場と連携を図る“水分管理センター”と工務店等のユーザーが求めるジャストインタイムや邸別出荷を実現するための“物流センター”のモデル地域を設定した。

これらセンター構想と5.2.2～5.2.4で検証した「森林」（木材生産者）と「住まい」（使用者）を直接結びつけるための、情報継承（トレーサビリティ）システムとこれを基盤とした受発注管理システム、在庫管理システム等の情報共有化による“新たな流通システ

ム”により、これまで為し得なかった木材産業の情報ネットワークが構築されるとともに、各センター機能の活用により、道産材の住宅部材としての品質向上と安定的な供給体制の構築が可能となることから、森林資源の循環利用、外材からのシェア奪還、北海道の豊富な資源の道外への移出等が期待される。

(5) 引用文献等

- [1] 斎藤直人. “「新たな住まい」と森林資源循環による持続可能な地域の形成”. 林産試験場年報. 第23号. 21 (2012)
- [2] 斎藤直人. “「新たな住まい」と森林資源循環による持続可能な地域の形成”. 林産試験場年報. 第24号. 14 (2013)
- [3] 石川佳生. “道産木材・木製品の利用促進に向けた仕組みについて”. 林産試だより. 9月号. 22-23 (2014)

石川佳生（林産試験場）

5.2.2 トレーサビリティシステムの試行検証

(1) 目的

現在、道産材の需要拡大や利用促進に向けた様々な取組が行われている。しかし、近年の経済情勢の変化や流通量の急激な変動により、道産木材・木製品の調達は決して容易な状況ではない。特に、製材工場が建築用材向けの道産木材を安定的に調達するためには、一定量の発注が必要となる場合や何ヶ月も前に発注しなければならないといった状況がある。一方、道産材による建築用材の調達先に苦慮している工務店も少なくないのが現状である。このような、素材生産者と製材工場、あるいは製材工場をはじめとする木材加工工場と工務店等に見られるような生産者と需要者の需給バランスのミスマッチを解消するためのひとつの方策として、情報の共有化が考えられる。情報共有の方法としては、クラウド*システムが一般的に多く使われており、このシステムを活用した原材料から製品までの生産や流通の情報を継承するための仕組みを**トレーサビリティシステム***と言う。食品産業では、生産地や生産者の情報を持つQRコードやバーコードを印字したラベルを製品に貼付するなど、安心安全な食品を提供するための仕組みとして使われている。

本研究は、林野庁補助事業「地域材実用化促進対策事業」において、下川町内で生産されるカラマツ構造用集成材の原料となるカラマツ素材生産から建築施工にいたる木材トレーサビリティシステムの各種検証を行った^[1]。

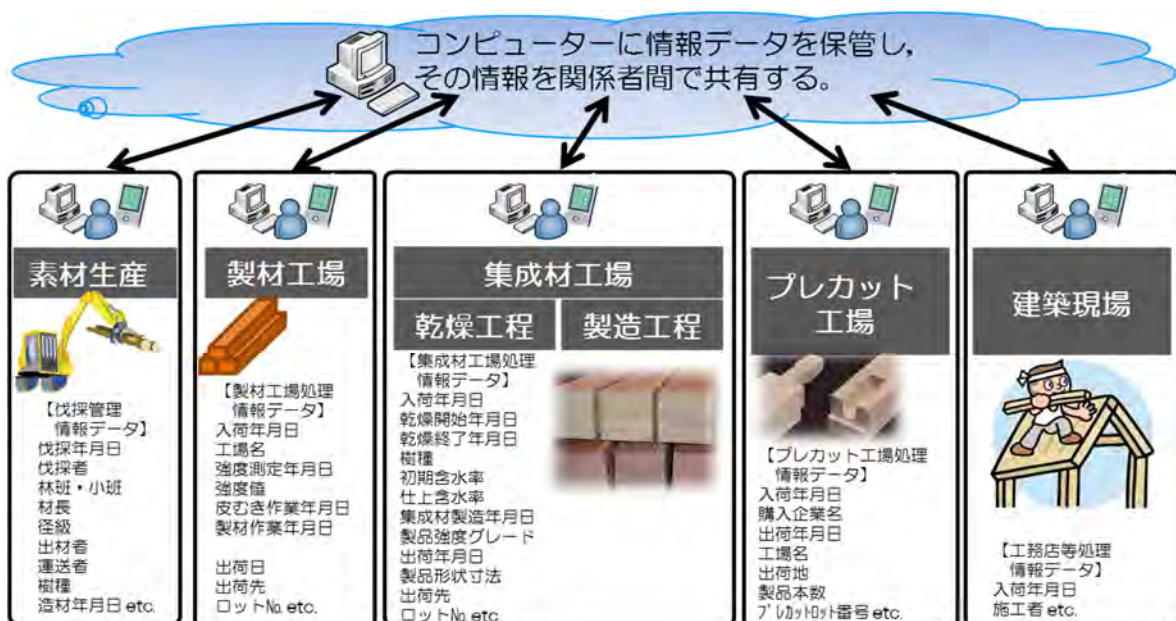
(2) 方法

システムの検証範囲は、下図5-2-2-1の通り、素材生産から製材工場、集成材工場（乾燥工程、製造工程）、**プレカット***工場、工務店（施工主）までである。使用機器は、本事業で貸与されたクラウドサーバーおよび各工程別クライアントサーバー、**PDA***（マイティーカード（株）製AT870-RFH、読取り用電波出力0.25W、**ICタグ***（リンテック（株）製RFID-13.56MHz）、Wi-Fiルーター（通信キャリア：DoCoMo）である。クラウドサーバーへのデータ転送は、PDA+Wi-Fiによりインターネット経由で行った。各工程での情報継承項目および継承方法を図5-2-2-1のとおり設定した。

素材生産現場では、山土場での作業性を考慮し、**径級***情報を事前登録したICタグを、木ネジ、タッカー、竹串の3種類の方法で各原木の元口に固定した（原木は平均径20cm、長さ3.65m、88本、取り付け方法別本数は各30本、29本、29本）。

製材工場では、原木1本から採材される4~6枚の**ラミナ***用**挽き板***に原木情報を継承するために、原木元口に2次元バーコード（以下、QRコード）を接着剤で貼付けた。原木強度測定と同時にICタグとQRコードをPDAによりクラウドサーバー上で関連付けた。

集成材、プレカット工場については、挽き板の欠点除去やプレカットでの仕口加工等で材が細断、集成構成されることから、通常の生産管理と併せて情報継承を図った。



各工程で情報データを入力
各工程から情報データの確認可能

図5-2-2-1 木材トレーサビリティシステムの概念図

(3) 結果と考察

試行検証作業の様子を下図5-2-2-2に示す。

以下の工程について、情報欠落の有無、コスト、作業性などの結果を記す。

1) 素材生産現場

原木玉切り後、通常の検寸作業に合わせて行ったICタグ取り付け、作業分析の結果、取り付け費用は原木1m³あたり215円(タッカー)～236円(木ネジ)と見込まれた。作業員への聞きとりでは、原木堆積底部への取り付け時には中腰による腰痛の懸念が示されたほか、木ネジでは軍手を付けると作業性が極端に悪くなることなどの指摘があった。

2) 製材工場(土場)

原木入荷時において、ICタグの脱落は認められなかった。ICタグに雪が付着した状態でもPDAを近接させれば読取りは可能であった。しかし、ICタグから40cm以上離れた位置からでは雪の付着がなくても読み取ることができなかった。離れた位置から一括して簡便に読み取るためには、より高出力タイプのPDAが必要と考えられた。QRコード貼付作業およびPDAからクラウドサーバーへのデータ転送には、原木88本当たり作業員3人で1時間を要し、掛かる経費は215円/m³と見積もられた。同時に行った原木強度測定およびPDAへの数値入力においても、同額程度を要することが分かった。

3) 製材工場(剥皮から製材)

剥皮工程では、ICタグの竹串による取り付け分のみ29本中4本の脱落が発生した。製材本機オペレータのICタグ取り外しおよび読取りには、いずれの取り付け方法においても通常の本機作業の1.4倍程度の時間を要し作業効率は70%に低下し、原木1m³あたり66円の経費となった。小割りテーブルでの製材終了時、挽き板すべてにおいて、貼付したQRコードの読取りは可能であった。

4) 集成材工場(乾燥工程)

高温・高湿な状態に置かれたICタグの読取りはすべ

て可能であった。また、QRコードの脱落は無く、かつ読取りもすべて可能であり、これに伴う経費を要することはなかった。

5) 集成材工場(挽き板強度測定)

挽き板強度測定後において、QRコードの読取りはすべて可能であった。挽き板272枚の強度をPDAに入力するのに作業員2人で1時間を要し、掛かる経費は挽き板1m³当たり675円(原木換算:歩留り約31.8%として、215円/m³)となった。

6) プレカット工場、工務店

各工程における情報入力は問題なく、全ての情報が継承された。また、これらに伴う大きな経費を要することはなかった。

(4) まとめ

トレーサビリティシステムにより、山土場から集成材工場内への挽き板投入の範囲においては伐採現場からのすべての情報が寸断されることなく継承された。

一方、情報継承確保のために掛かる直接的な人件費は、上記1), 2), 3), 5)の合計値で、原木1m³あたり732円(236+215+66+215円)となる。さらに、接着剤や耐熱耐水用紙などの資材も費用として発生する。よって、ICタグ等情報継承ツールの自動貼付・読取り装置の開発や、より高付加価値な製品に特化した利用システムの構築が今後の課題となる。

本システムによる試行検証で情報継承が十分確認できたことから、各工程における品質管理、生産管理、在庫管理の高度化による在庫コストの低減も可能となることが示唆された。

(5) 引用文献等

[1]石河周平. “下川町における木材トレーサビリティの試行について”. 林産試だより. 11月号. 3-5 (2012)

石川佳生 (林産試験場)



図5-2-2-2 木材トレーサビリティシステムの試行検証作業

5.2.3 受発注管理システムの試行検証

(1) 目的

北海道の代表樹種であるカラマツ等を建築用材（コアドライ*材など）として普及するためには、高温乾燥装置を保有している中核製材工場が中心となり、地域内の小規模製材工場と連携し、共同受注する新たな流通システム（図5-2-3-1）を構築する必要がある。そこで、地域内の製材工場が連携し製材・乾燥等を行うとともに、工務店などの顧客からの受発注情報を共有化するために、IT*を活用した受発注管理システムの開発及び試行検証を行った。

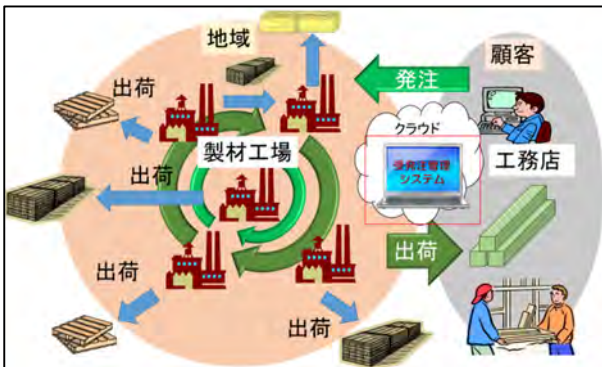


図5-2-3-1 目標とする新たな流通システム

(2) 方法

まず、現状の製材工場等の生産管理システムの現状調査を行った。これら調査結果をもとにシステムの設計・開発を行い、センター構想の各圏域製材工場にて試行検証を行った。

具体的な開発のフローを図5-2-3-2に示す。

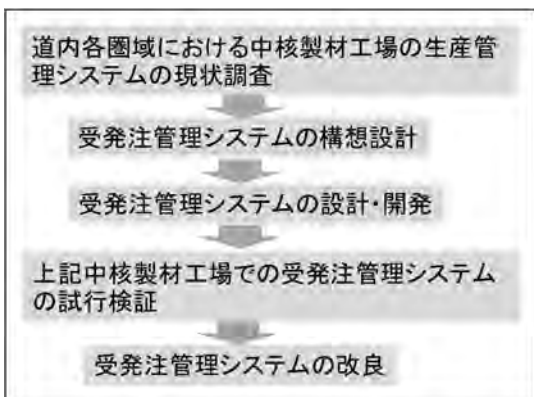


図5-2-3-2 開発のフロー

(3) 結果と考察

1) 製材工場の現状調査

受発注管理システムの開発を行うにあたって、道内製材工場の生産管理システムの現状調査を行った。調査はセンター構想で検討している各圏域に所在する下

記の中核製材工場で行った。

- ・オホーツク S木材工業
- ・根釧 M木材
- ・十勝 O林産
- ・上川 S組合

調査方法は、生産管理担当者からのヒアリングで行った。具体的には、受注から出荷までの工程ごとの作業内容を把握するとともに、課題を抽出した。調査結果の一例を図5-2-3-3に示す。



図5-2-3-3 生産管理システムの現状と課題

2) システムの構想設計

本システムは、図5-2-3-4に示す様に、工務店等の顧客から地域内の中核製材工場(受注窓口)が受注し、在庫がある場合は納期等を顧客に回答し、ない場合は地域内協力企業に製造指示を行うものである。

図5-2-3-5は、図5-2-3-4を具現化するための本システムの構想図で、顧客と受注窓口、受注窓口と協力企業の間はクラウド*(サーバ)を利用したWebシステムで情報のやりとりを行う。また本システムは、「受注管理システム」、「発注管理システム」、「在庫管理システム」、「乾燥装置スケジュール管理システム」、「製造管理システム」の5サブシステムで構成されている。

図5-2-3-6は顧客、中核製材工場、協力企業で実際に操作するために必要な画面(システム)の一覧を示す。

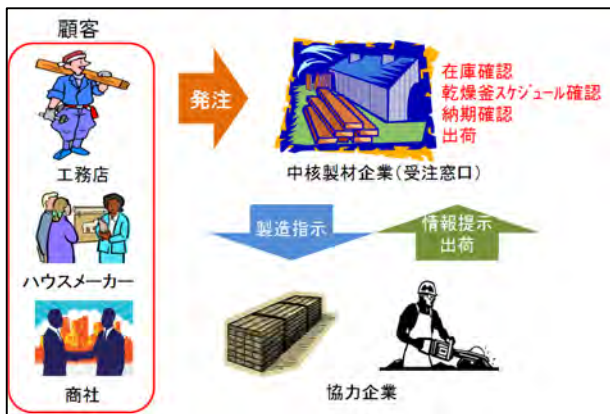


図5-2-3-4 受発注管理システムのイメージ

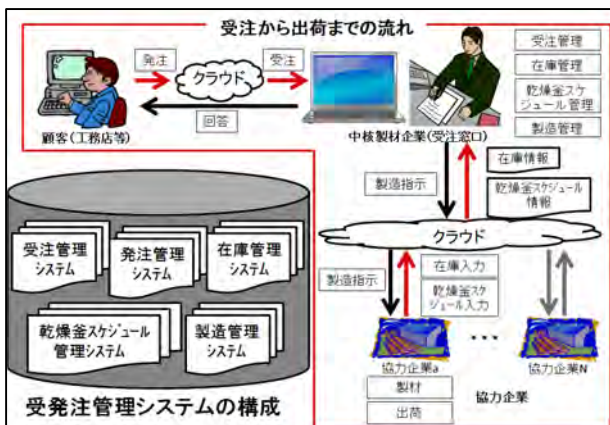


図5-2-3-5 受発注管理システムの構想図



図5-2-3-6 受発注管理システムの画面一覧

3) システム内容

本システム内容について、5つのサブシステムごとに紹介する。

・発注管理システム

顧客は、ブラウザからユーザ名及びパスワードを入力し、本システムにアクセスする。「発注入力」画面(図5-2-3-7)から希望する製品名を選択し、発注量及び希望納期を入力する。



図5-2-3-7 発注入力画面

発注内容を入力後、「発注情報一覧」画面(図5-2-3-8)にて発注内容を確認し、修正及び削除がある場合は変更を行う。



図5-2-3-8 発注情報一覧画面

・受注管理システム

地域内の中核製材工場の受注担当者は、定時に「受注管理」画面(図5-2-3-9)にて受注内容を確認し、顧客名、製品名、受注量、希望納期、在庫量を確認する。



図5-2-3-9 受注管理画面

在庫がある場合は処理欄にチェックを入れ、発送手続きを行う。在庫が少ない場合は「在庫管理」画面（図5-2-3-10）にて、協力企業の在庫を確認する。



図5-2-3-10 在庫管理画面

・在庫管理システム

中核製材工場では、顧客からの受注に対応するため、協力企業の在庫量を把握する必要がある。そこで、協力企業では、自社内で保有している在庫量を入出荷するごとに、「在庫入力」画面（図5-2-3-11）にて入力を行い、在庫情報の共有化を図る。



図5-2-3-11 在庫入力画面

・乾燥装置スケジュール管理システム

乾燥装置は製材工場のネック工程になることが多いため、中核製材工場では、協力企業の乾燥装置スケジュールを管理する必要がある。そこで、製造指示する協力企業を決めるに当たって、「乾燥装置スケジュール確認」画面（図5-2-3-12）にて、協力企業の乾燥装置の空き状況を確認する。運用にあたって、協力企業

は事前に自社の乾燥装置スケジュールを正確に入力しておく必要がある。

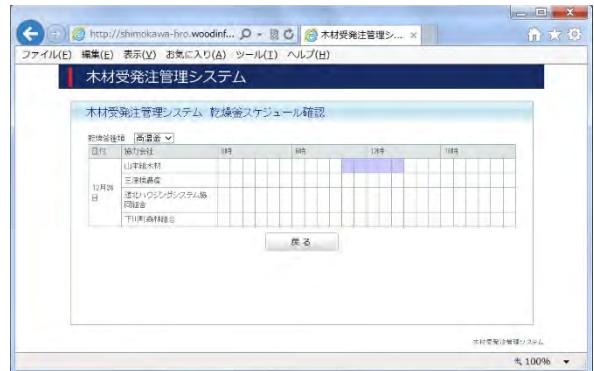


図5-2-3-12 乾燥装置スケジュール確認画面

・製造管理システム

中核製材工場は、協力企業の在庫量と乾燥装置スケジュールを確認し、発注先協力企業を決め「製造指示入力」画面（図5-2-3-13）から製造指示を行う。また協力企業では、「製造指示確認」画面（図5-2-3-14）で指示内容の確認を行い、製造部門へ製造指示を行う。



図5-2-3-13 製造指示入力画面

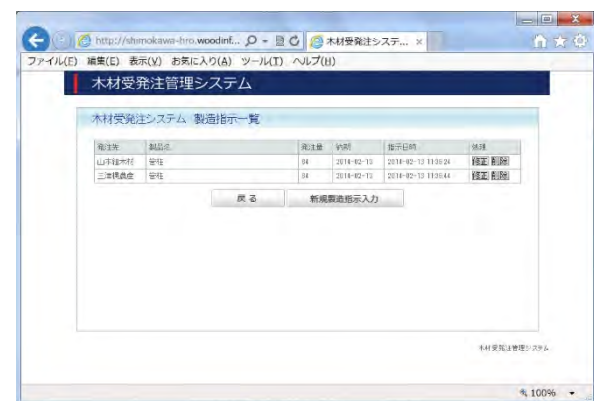


図5-2-3-14 製造指示確認画面

4) システムの試行検証

センター構想の各圏域製材工場にて試行検証を行った。そのうち上川のS町で実施した事例を紹介する。S町は、製材工場が10事業所あるが、経営は依然として厳しい状況が続いており、地域材活用促進協議会では、設備など限られた地域資源を共有・共同利用し、市場要求に対応した供給体制の構築と、需要と供給を結ぶ情報システムの検討を始めた。そこで、今回開発した受発注管理システムを上記協議会メンバーの企業にて試行検証（図5-2-3-15）を行った。中核製材工場（受注窓口）として森林組合に、協力企業として製材を行っている2社に依頼した。

試行試験の結果、入力方法や使い勝手など下記のような約10数項目の問題点や意見が出た。

- ・品名、樹種、サイズ等はプルダウンメニューで選択できるようにしてほしい。
- ・構造と造作に分けて欲しい。→造作はシステムにのらない。
- ・乾燥装置スケジュールは温度帯ごと（例 高温A・B・C、中温A・B・C）分けて欲しい。
- ・ネット環境が整っていないので、対応が難しい。

- ・製品名の入力を自分で行えるようにしてほしい。
- ・将来、賃引き加工を考えており、システムを利用できる可能性あり。
- ・製品在庫の置いてある場所情報も入力したい。
- ・入力画面で仕掛、完成品などに分類できるようにしてほしい。
- ・原木管理、購入品在庫管理を追加してほしい。
- ・製造指示一覧において注文残の表示が欲しい。
- ・製造指示完了後にチェックを入れると在庫量を自動反映できるようにしてほしい。

(4) まとめ

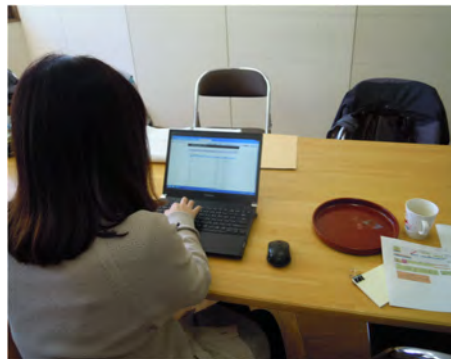
地域内の製材工場が水平連携し、製材・乾燥等を行うとともに、工務店などからの受発注情報を共有化する受発注管理システムを開発し、有効性等の確認を得ることができた。しかし、使い勝手や導入費用、さらに協業体制の構築など課題も明らかになった。

北海道の製材工場の多くは中小零細企業で、経営状況が厳しくITが活用されていないのが現状である。今後、本研究で得られた課題を改善し、実用化に向けて検討を行っていきたい。

飯田憲一（工業試験場）



顧客



中核製材工場



協力企業 I



協力企業 II

図5-2-3-15 試行試験の様子

5.2.4 在庫管理システムの開発

(1) 目的

道内の製材工場の在庫棚卸作業は、野帳（ノート）に手書きで記録する方式がとられている。そのため手間がかかるとともに、入力ミスなど様々な問題が発生している。また、前述の受発注管理システムを運用するに当たって、正確な在庫量を把握する必要がある。そこで、受発注管理システムとの連携を想定した在庫管理システムの開発を行った。

(2) 方法

はじめに、一般的な製材工場にて現在行われている在庫管理方法について、ヒアリングと在庫記録内容の確認による調査を行った。次に、調査結果の分析からシステム的设计・試作を行い、出来上がったシステムの試行と改良を行った。

(3) 結果と考察

調査は在庫管理システムの導入を検討している1社を対象に行った。ヒアリングの調査結果は以下の通りである。

- ・FAXで注文を受けている
- ・発注書のFAXが届くのは毎日お昼くらい
- ・毎月1回、月末に棚卸をしている
- ・棚卸は保管場所を回って現物を確認し、野帳に記載している
- ・棚卸の数量をスタートとして、製造したら数量追加し、出荷したら数量を減少させている
- ・野帳の内容をエクセルに入力し、電子化している
- ・現場での乾燥装置のスケジュールは手書き
- ・1日1回カンバンが動き3日後に出荷する

ヒアリングの結果を元に、在庫管理システムを設計・試作した。本システムを使用するタブレットPCを図5-2-4-1に、試作したシステムの画面を図5-2-4-2および図5-2-4-3に示す。

試作したシステムの問題点を抽出するため試行実験を行い、ヒアリングした結果は以下の通りである。試行実験の様子を図5-2-4-4に示す。

- ・在庫表示は複数行として欲しい（画面全体の表示で良い。テンキーはページの下部で重なって良い）
- ・先月と同じ場合、チェックだけで済ませたい
- ・スクロールできるようにしたい
- ・コピーボタンで先ほどのフォームをコピーできるようにしたい

- ・登録されたかわからないので、登録されたら最上段の行を空白にする
- ・入力フォームにカーソルが残っている
- ・フォームが未完成だと登録できないようにしてほしい
- ・登録製品の行に番号を振って欲しい
- ・1行ごとに消せるようにしてほしい
- ・入力フォームは下記の「 」とする（（入数）は自動計算
「列」×「段」+「端数」=（入数）, 「個数」
- ・個数の増減ボタンをつけて欲しい
- ・入力後に次の欄をタッチして移動すると、先ほどまでの欄にカーソルの縦棒が残っている
- ・新規登録した商品が棚卸中に再度見つかることがあり、その場合は在庫数を「+」「-」で増減させたい
- ・在庫の種類を選択したい（乾燥済み在庫、製品在庫等）

上記のヒアリング結果を元に在庫管理システムの見直しを行い、改良版を製作した。改良版の画面を図5-2-4-5および図5-2-4-6に示す。



図5-2-4-1 使用したタブレットPC

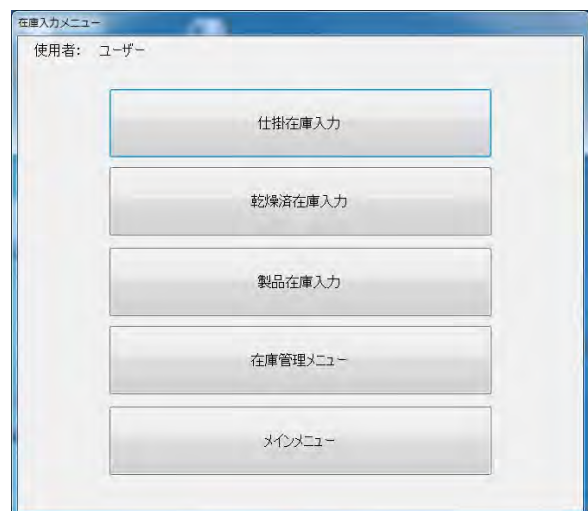


図5-2-4-2 試作した在庫管理システムのメイン画面

5.2.4 在庫管理システムの開発



図5-2-4-3 試作した在庫管理システムの入力画面



図5-2-4-6 改良版の入力画面



図5-2-4-4 試作した在庫管理システムの試行



図5-2-4-7 従来の在庫管理

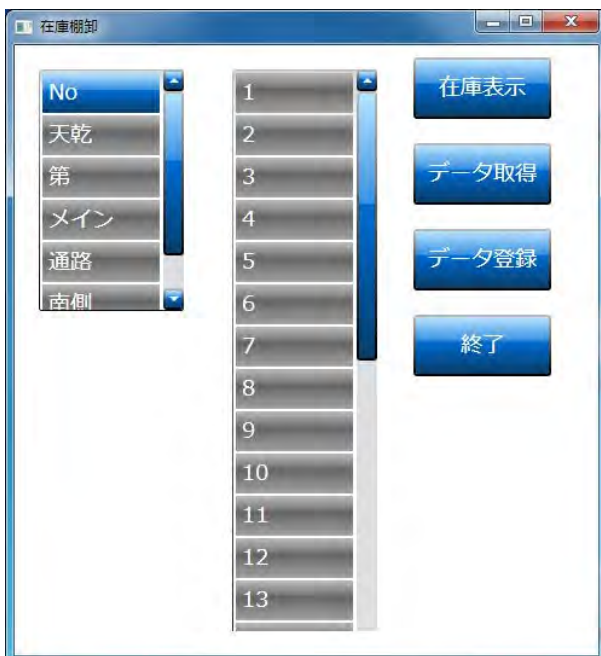


図5-2-4-5 改良版のメイン画面

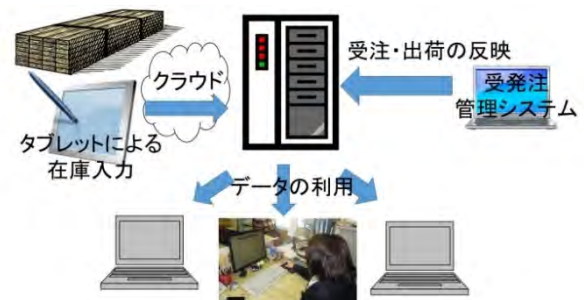


図5-2-4-8 開発した在庫管理システムの運用イメージ

(4) まとめ

一般的な製材工場での在庫管理方法について調査した。その結果、野帳による手書きの記録をエクセルで電子データ化しており、記録の段階で電子データ化することで効率的な作業になることがわかった。

タブレットPCによる在庫管理システムを試作し試行した結果、問題点や効率化のポイントなどが明らかとなった。改良版の製作を行い試行した結果、実際の在庫管理に有効であることを確認した。

(従来の在庫管理を図5-2-4-7, 今回開発した在庫管理システムの運用イメージを図5-2-4-8に示す)

鶴谷知洋 (工業試験場)

5.2.5 道産材による新たな建築用材の事業化

(1) 目的

本戦略研究開始当初より、北海道行政と連携して道産材シェア拡大にかかる検討を進めてきた。これは、戦略研究の成果を実際の起業や流通の仕組みとして実現するためには、行政や業界との連携が欠かせないためである。

そこで、「道産木製品マーケティング戦略会議(2010, 以下、戦略会議と略す)」、続く「道産材木製品シェア拡大協議会(2011, 以下、協議会と略す)」の立ち上げや検討を道・木材業界と一体となって進めてきた。

戦略会議においては、需要を拡大していくためには外材との価格競争の問題もあるが、マーケットイン(市場立脚型戦略)的考え方が極めて重要との認識を共有した。

また、協議会では戦略会議の議論を具体化するためのキーワードとして、「品質の一定」、「価格の安定」、「JUST IN TIME*」などが抽出されたほか、各地域においては、地域企業間の連携をしながら地域内・外に供給する仕組みの必要性や、戸建て住宅着工戸数の太宗を占める(図 5-2-5-1) 札幌圏近傍に、供給のワンストップサービス*を実現する拠点があることも、シェア拡大において重要との結論に達した。

構造材シェア奪還のために

市場立脚型戦略の構築

1. 品質の一定
2. 価格の安定
3. JUST IN TIME

図 5-2-5-1 シェア拡大のキーワード

これを受けて、戦略チームは、シェア拡大のキーワード「品質の一定」を品質管理センターで、同「JUST IN TIME」を物流*センターで実現させ、需要サイドと供給サイドを情報で繋ぐことで、物流を高度化させるなどの検討を実業レベルで進めることとした。

(2) 方法

1) 拠点化にかかる具体的な検討

協議会においては、構成委員に栗山を拠点とする企業(以下、K社)の参画があったこと、K社は平成20年3月より24年9月まで非稼働の状態であったが、再建にあたり道に対して「道のために設備を活用して欲しい」との意向が示されていたこと、これを活かすこ

とで供給拠点化が見込まれたことなどから、同社施設の道産材供給ポテンシャルを出荷棟数分として把握し、今後の拠点化にかかる検討を行うこととした。

①現地調査

協議会から林産試験場職員が委託を受けて、拠点化に必要な製造ライン、設備などの有無、その性能について現地調査を行った。

事前調査から、復帰可能性の高い乾燥・周辺装置、加工装置、高品質化に資する設備を対象とし、改修や人的投入に多額の資金を要するK社製材工場は除外した。

②乾燥施設活用効果についての検討

平成14年に(財)日本住宅・木材技術センター“木材使用量調査委員会”が、全国的な調査を基に推計した統計資料^[1]を参照し、木造軸組住宅における木材使用量の部位別、用途別数量から、保有施設での供給・生産が可能な部材を抽出し、当該施設による年間の生産可能量を算出した。前提条件は以下の通り設定した。

当該施設で乾燥する部材は、柱材(正角材*)のみ心持ち*カラマツ材、その他(正割、平割、小幅板)には現在流通している心去り*トドマツ材による製材を使用することとし、平角材*は対象外とした。また、前述の同社乾燥装置をすべて稼働するものとし、年間稼働時間は8,760時間とした。

用途別製品に一般的な部材寸法(表 5-2-5-1)を適用し、それらの乾燥に伴うスケジュール(表 5-2-5-2)を当場で開発した“タイムスケジュール自動表示システム”^[2-4]によって設定した。以上の設定から、各部材を当該乾燥施設で生産した場合の年間生産量を算出するとともに、その数量が木造軸組住宅(40坪)で何棟分に相当するのかを算出した。

表 5-2-5-1 部材寸法

規格	部材	製品寸法	木取り寸法 歩増し考慮
板類	小幅板	貫	18×105 20×120
ひき角類	正角	柱	105×105 120×120
ひき割類	正割	垂木	45×45 50×50
		胴縁	18×45 20×50
	平割	間柱	45×105 50×120

表 5-2-5-2 部材別の乾燥条件

樹種	規格	初期含水率	仕上がり含水率	心の有無	乾燥装置	温度	蒸煮
カラマツ	正角材	70%	12%	心持ち	高温乾燥	MAX100℃	あり
トドマツ	正割			心去り	中温乾燥	MAX80℃	なし
	平割						
	小幅板						

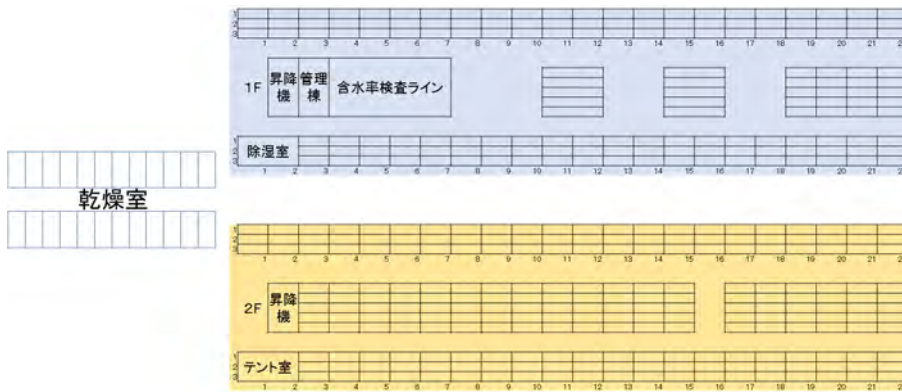


図 5-2-5-2 K 社所有の乾燥施設および養生棟

2) 事業化に向けての検討 (FS* (事業化) 調査)

事業目的の設定については、戦略研究で開発してきた心持ちカラマツ乾燥材生産、拠点構想を実現するために K 社保有の倉庫を活用する道産木製品販売業とした。

本格的な事業計画策定に向けてタスクチームを立ち上げ、心持ちカラマツ乾燥材生産にかかるコスト要因 (時間, エネルギー) 等のデータ提供を行った。また、年次生産量・販売可能量, 事業拡大計画などから、乾燥装置設置台数や自己資金による既存設備修繕と公的資金を受けての新規設備導入や、販売価格の設定, 用意すべき資金量等の各種変動要因も考慮し、さまざまなシナリオでのキャッシュフローを計算し、事業計画の策定を行った。

(3) 結果と考察

1) 拠点化にかかる具体的な検討

①現地調査結果

a) 乾燥施設の概要

乾燥装置および養生庫の見取り図を以下に示す (図 5-2-5-2)。乾燥装置は 24 基 (全て収容材積 30³タイプ) であり、性能による内訳は最高温度 120~130℃対応の高温乾燥装置 (アサヒ動熱製 ADN) が 1 基, 100℃以下の温度帯での乾燥に使用する中温乾燥装置 (同) が 23 基である (図 5-2-5-3)。

b) 倉庫

同社保有の倉庫の仕様は、全長約 114m, 全幅約 37m, 重量鉄骨 2 階建て, 床面積 8,000m², 保管能力: 製品約 3,000m³ のストックが可能, 自動搬送装置も有し約 100 棟分の邸別管理が可能という規模である。道内木材業・問屋において、屋根付きでこの規模のものは無いことから、木材流通拠点としては申し分のない規模と設備となっている (図 5-2-5-4)。

その他、仕上げ工程で欠かせないモルダグ*5 機, 高周波式含水率検査ラインも有していた (図 5-2-5-5)。



図 5-2-5-3 乾燥装置の様子



図 5-2-5-4 倉庫の様子 (1F)



図 5-2-5-5 高周波式含水率計 (含む搬送・積み取り装置)

②乾燥施設活用効果

当該施設で生産される乾燥材の供給可能量は、正角材（柱材等）で約900棟/年、**羽柄材***は3,000棟/年に相当することがわかった。これは、道内の平成22年度の木造新築住宅着工戸数約19,000棟のうちの**在来工法***約13,000棟の23%程度に相当する。また、新築住宅の6割が道央圏であることから、そのうちの38%への供給が可能となることから、全て再稼働できれば乾燥材供給ポテンシャルは極めて高いことが明らかとなった（表5-2-5-3）。

しかし、非稼働の状態が長期に亘ったことで、乾燥装置再稼働には、ボイラーの更新や乾燥装置の配管取り換えなどに多額の費用がかかることも明らかとなった。

そこで、カラマツ材を建築用材に活用していくことについて意欲を持つ4社は、容易に再稼働できるモルダー、倉庫、高周波含水率検査ラインを活かす形で、民間レベルでの作業部会を設置し検討を始めた（2012-13）。林産試験場では、戦略研究におけるビジネスモデルの検討の場と位置づけて、道央圏の水分管理センターや物流センターとして機能させることを念頭に協働した。

2) FS（事業化）調査結果

①事業計画

秘匿事項を含むため詳細は割愛するが、協議会メンバー各位による総合的判断から、製材工場2社、建設業2社、**プレカット***・加工1社による「栗山町ドライウッド協同組合（以下、協同組合と略す）」が設立され（2014.01）、下記補助事業を受けながら施設整備を実施することとした。

- ・補助事業：道単（森林・林業加速化整備事業）
- ・事業計画：**管柱***300棟分（約1000m³/年）
- ・導入設備：乾燥装置3機（高温タイプ）＋重油ボイラー

その他、補助事業外付帯設備工事、修繕費については協同組合構成員の2社による。

②品質管理システムの構築

従前のラフな乾燥水準では、北海道の住環境や本州送りを含めた長期ストックに耐えられないことから、規定の品質（特に含水率）を確保するための仕組みについては5.2.2で検討した「**木材トレーサビリティ***技術」を活用することとした。また、シェア拡大のためのキーワード「品質の一定」、「JUST IN TIME」をどのように実現するかについては、事業体と協議を重ねて図5-2-5-6のように取りまとめ、この二つからなるコンピュータシステムを構築した。

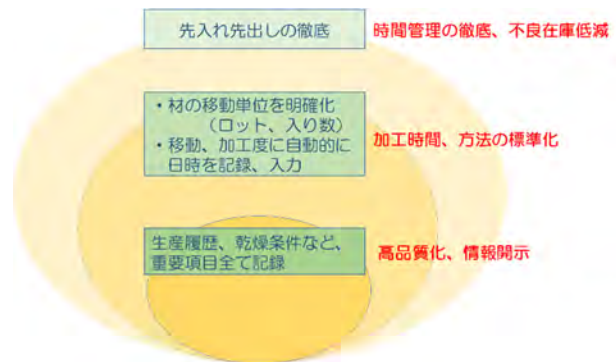


図5-2-5-6 生産の基本的考え方

a) 時間管理の徹底：不要に長期間の保管や過大な在庫を持たないように、加工順位にルール（先入先出法）を設けた。

b) 標準化の徹底：製材の受け入れから出荷までの仕事・作業、材の移動単位などの標準化を進めた。特に加えて、乾燥が終了した材については高周波含水率計により平均含水率11%以上の材は再乾燥することを基準にしている。また、予め材料置き場にロケーションコードを付与し、各加工段階の材料移動の場所についても記録することとした。これにより、在庫管理の徹底と、高度な品質管理を図ることができる。

c) 情報開示：品質に関する重要生産履歴はサーバーに保存するとともにデータ改ざんができない仕組みとし、顧客が求める必要な情報については開示することなどで安心な製品の提供が可能となる。

これらの考えを基本とし、作業見直しを繰り返して標準業務フロー図（図5-2-5-7）を作成し協力企業にプログラム作成を依頼した。本システムは乾燥装置のサブコントローラとして組み込むことができた。

また、品質・生産管理を目的とした情報継承ツールには実務上の読み取り易さを追求した結果バーコードを活用することにし、最終検査行程でサーバー上の生産履歴を参照して、**コアドライ***マークを発行する仕組みとした（図5-2-5-8）。

（4）まとめ

行政・業界との連携しながら、道産材シェア拡大のためのキーワードを抽出し、それを実現するために札幌圏におけるFS的供給拠点化検討を進めた結果、栗山町ドライウッド協同組合において高品質カラマツ乾燥材の生産・供給が開始できた。

同組合において、木材トレーサビリティ技術を用いた品質管理の仕組みを構築し、乾燥装置サブコントローラとして実現した。

これらにより、他地域での早期事業化にむけた支援が可能となる。

5.3 森林循環を考慮したケーススタディ

5.3.1 地域材利用に向けた体制づくり

(1) 活動の概要

1) 目的

十勝には、豊富な森林資源を背景に製材業が盛んで十勝地域で産出される地場産木材（以下「地域材」とする。）の供給が活発な土壌がある。しかし、地域材の住宅用途への利用は、一部の熱心な方に限られており、一般に広がっているとは言い難い。

本活動では、地域材を供給する林業や製材業者、地域の住まいを担う工務店、お互いの顔が分かる地域の中で、地域材をよりスムーズに住宅に利用するための環境整備、モデルの構築を行うことを目的とする。

2) 関連事業

①「地域材を活用したとちかち型エコ住宅」普及促進事業

「地域材を活用したとちかち型エコ住宅普及促進事業」（以下、とちかち型エコ住宅普及事業）は平成23年度から平成26年度の4カ年にわたり、十勝総合振興局の独自事業として実施された。この取り組みは、建設、林務、環境生活の3つの部署が一体となって連携し、川上（林業）から川中（木材産業）、川下（住宅産業）へと森林と住まいを一体的に捉えて、地域材を活用したとちかち型エコ住宅の普及を目指すものである（図5-3-1-1）。

②国土交通省補助事業「地域型住宅ブランド化事業」

「地域型住宅ブランド化事業」（以下、ブランド化事業）は、平成24年度より実施されている国の補助事業である。この事業は、地域材の供給から設計・施工に至るまでの関連する事業者（林業、製材業、住宅産業）が連携した1つのグループを形成した上で、地域特性に合わせてルールを設定して、良質な「地域型住宅」の供給を行う取り組みである（図5-3-1-2）。

3) 活動内容

本活動は、地域材の利用促進に向けたフィールド検討、ケーススタディの場として位置づけられ、取り組まれた。具体的には、平成23年度から平成26年度の4年間、十勝総合振興局が実施する「とちかち型エコ住宅普及事業」に北方建築総合研究所が参加する形で、十勝総合振興局、十勝管内の住宅生産者グループである十勝2×4*協会、とちかちの木で家をつくる会と連携しながら取り組まれた（図5-3-1-3）。

活動の内容は、はじめに十勝における地域材利用の実態を把握した上で、地域材の利用促進に向けた課題を抽出した。そして地域材をより利用しやすくするための環境改善に向けた方策を検討し、実現に向けた取り組みを行った。

なお、実態把握にあたっては、十勝2×4協会、とちかちの木で家をつくる会に加え、北海道での住宅生産者グループである北方型住宅ECO推進協議会3団体の協力を得て、それぞれの団体にて応募し採択された国土交通省の補助事業「ブランド化事業」（平成24年度）における建設物件を対象に、地域材利用に関する意識、木材価格、木材・地域材の利用量、地域材の流通経路・流通量の調査を実施した。

(2) 地域材の流通・使用に関する意識調査

1) 概要

地域材の利用実態の把握に先立ち、供給者側として地域材流通に関する課題について十勝管内の製材業者へのヒアリング調査を、需要者側として地域材の使用に関する意識について住宅の建て主、事業者へアンケート調査を行った。



図5-3-1-3 十勝圏を対象とした地域密着型モデルに向けた活動の概要



図5-3-1-1 十勝総合振興局「地域材を活用したとち型エコ住宅」普及促進事業の概要^[1]

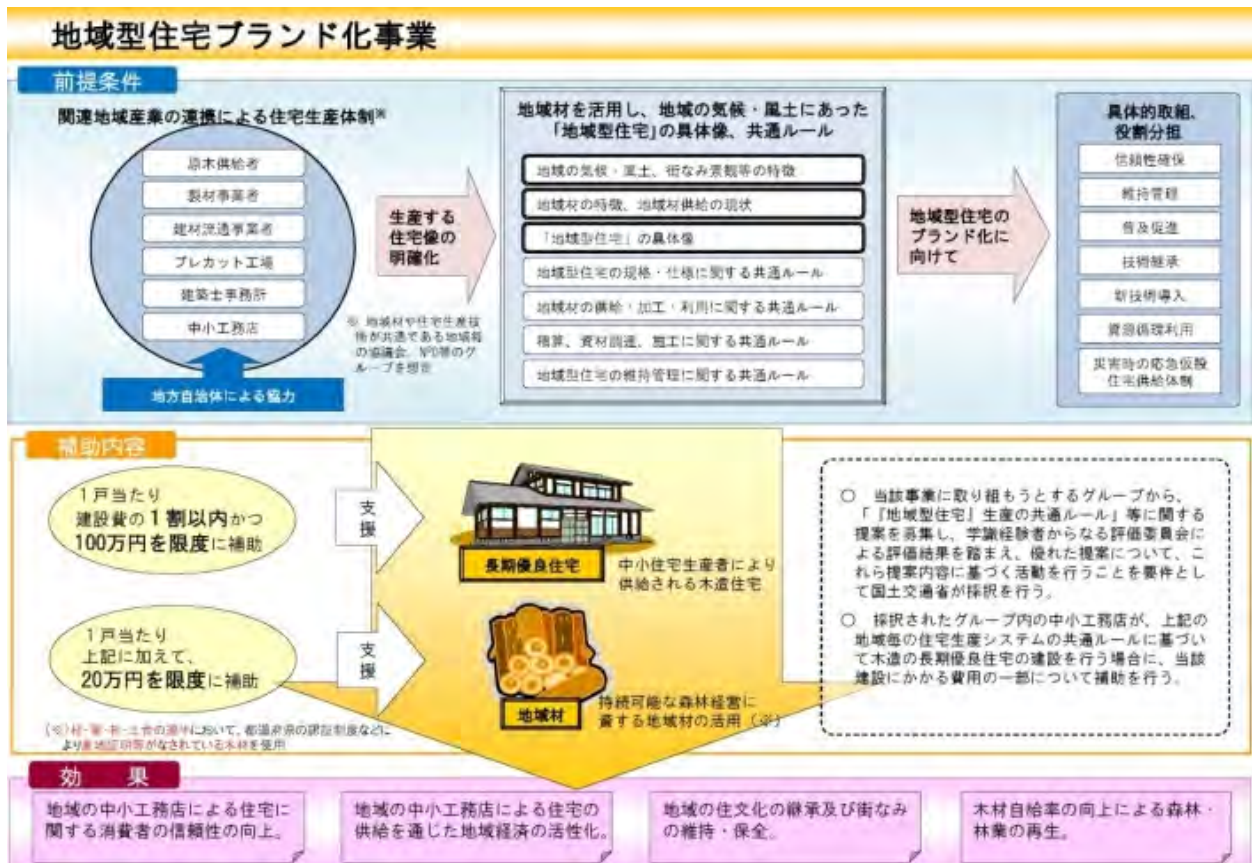


図5-3-1-2 国土交通省補助事業「地域型住宅ブランド化事業」の概要^[2]

2) 調査内容

①製材業者へのヒアリング

2つの製材業者にヒアリングを行った。2社の概要を表5-3-1-1に示す。O共同組合は十勝管内のカラマツ材を中心に地域材を積極的に扱い、本州向けのパレット材*のほか、住宅用途のカラマツ材（地域材）を供給している。一方、M株式会社は管内住宅生産者を中心に製材を供給し、輸入木材による構造部材を供給するほか、道産トドマツによる二次部材を主に取り扱う。

各業者には、現在の補助事業に対する感想、流通拡大に向けてターゲットとしたい部位、流通拡大に向けた方策に対する考えを聞いた。2012年6月にヒアリングを実施した。

②建て主へのアンケート

地域材に対する建て主のイメージ・使用に対する積極性をアンケート調査した。本調査は、国土交通省補助事業「地域型住宅ブランド化事業」（平成24年度）の採択グループ、十勝2×4協会、とかちの木で家をつくる会、北方型住宅ECO推進協議会で建設した住宅を対象とした。各グループの補助事業上の住宅建設のルールを表5-3-1-2に示す。アンケートは調査用紙を142件に配布し、69件の回答（回収率49%）を得た。アンケートでは、補助事業への参加動機、価格と地域材使用に対する考え等を聞いた。

表5-3-1-1 ヒアリング業者の概要

	O共同組合	M株式会社
原木の主たる入手先	十勝産カラマツ 9割 北海道産トドマツ 1割 建築用材は全てカラマツ	構造材：輸入材 端柄材：道産エゾマツ、トドマツ
主たる供給先	パレット材・梱包材：道外 建築用材：十勝	十勝

表5-3-1-2 各グループの住宅建設のルール

	十勝2×4協会	とかちの木で家をつくる会	北方型住宅ECO推進協議会
構造材	地域材またはカナダ合法材で過半	延床面積1m ² につき地域材0.1m ³ 以上	JIS認証材または地域材で過半
内外装材	地域材で2m ² 以上	地域材で内装10m ² 以上 外装10m ² 以上	地域材で過半
熱性能	Q値 1.6 C値 0.5	Q値 1.3 C値 1.0	Q値 1.6 C値 1.0
件数	12戸	5戸	全道208戸 (十勝44戸)

3) 調査結果と考察

①製材業者へのヒアリング

まずは、各業者で意見が一致した現在の補助事業に対する感想、流通の現状に対する問題意識を示す。

- a. (特に単年の) 補助事業では、地域材利用の機運が一時的なものになってしまい、事業終了後に定着しないことが多い。
- b. 地場産の構造材*は流通が少なく在庫が持てない。在庫が持てないと納期が長くなって、多くの場合住宅工事の工程にならず、選択肢から外れてしまう。

次に、流通拡大に向けてターゲットとしたい部位では異なる意見が聞かれた。

【O共同組合】

- c. 現しで使う構造材等、居住者から見える場所。それによって地域材の付加価値を高めていきたい。

【M株式会社】

- d. ツーバイのスタッド材。画一的な断面寸法・長さであり、在庫を持ちやすいので、地域材活用の足がかりとなると考えられる。

d. の意見は上記b. の問題意識によるもので、長期の補助施策がある場合には有効と考えられるが、枠組住宅の場合は構造材が現しにできないため、建て主の満足度向上に結び付きづらい。一方、c. は地域材の使用が建て主に分かりやすく、積極的なアピールとして有効である。実際、O共同組合が所属するとかちの木で家をつくる会の住宅生産者は、高価格帯であることも多いが、地域材の活用による高付加価値化・他の住宅生産者との差別化でアピールをしている。

最後に、各業者で意見が一致した流通拡大に向けた方策の案を示す。

- e. 補助事業では、多額の補助は不要と考える。輸入材との価格差を埋める程度のものであればよい。

e. の意見は、地域材は、価格を除いて輸入材に劣るものではなく、同程度の価格であれば十分、競争力がある、使用する意義があるという認識がなされていると考えられる。

②建て主へのアンケート

補助事業に参加した動機を住宅生産者と建て主に聞いた結果を図5-3-1-4に示す。それぞれ「補助金がもらえるから」という動機が最も多いがそれを除くと、住宅生産者では、地域の産業の振興につながる、木材品質への信頼、地域の住宅は地域で作るべき、地域材を使うことが自社の特色につながる、といった積極的な意見が、多く見られた。一方、建て主へのアンケートでは、住宅生産者からの勧めが理由として多く見られた。このことから、地域材活用に向けた啓蒙活動は、

住宅生産者に向けて行うことが効果的であることがうかがえる。

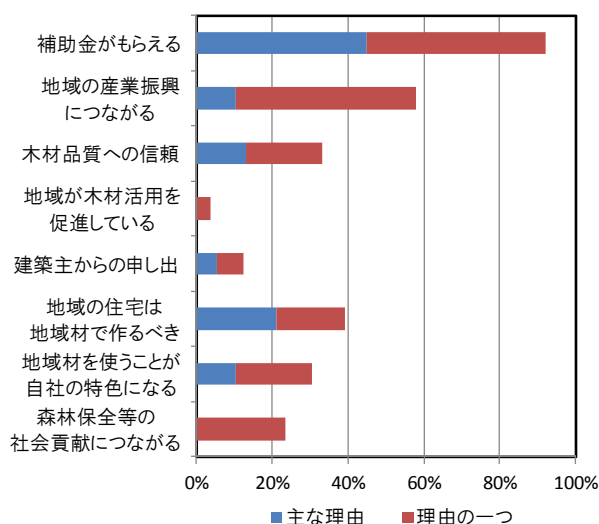
地域材の価格と利用意識について、住宅生産者及び建て主から聞いた結果を図5-3-1-5に示す。住宅生産者は、地域材を「積極的に提案していきたい」もしくは「予算に応じてできる限り使っていきたい」との考えが約7割を占めた。建て主は、「多少高いくらいであれば使ってもよい」もしくは「他の材料と同程度の価格であれば使ってもよい」との考えが9割程度を占めた。一方で「高くても良いので道産材を使いたい」「(積極的に)輸入材を使いたい」といった極端な意見はともに0%であった。

以上より、地域材に対して決して悪いイメージは持たないものの、経済性を無視してまで積極的に使わない住宅生産者・建て主が大部分を占めると言える。

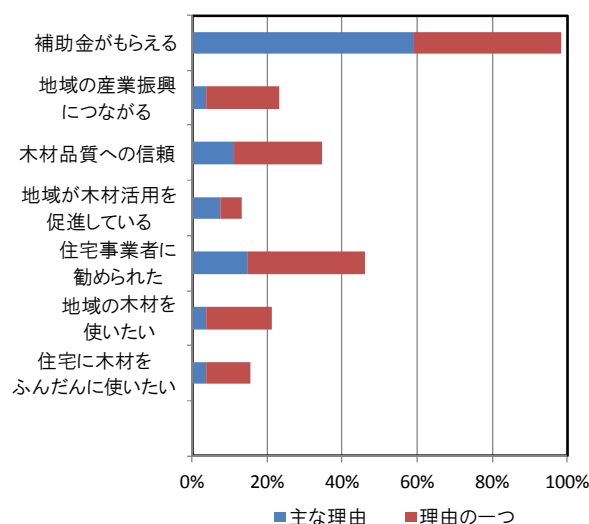
4) 調査結果のまとめ

住宅生産者・建て主へアンケート調査結果から概ね以下のことが言える。

- i. 地域材に対して意識の高い住宅生産者もしくは建て主は現状でもいるが、全体のうちのわずかに過ぎない。
- ii. 住宅生産者も建て主も地域材に対して悪いイメージはない。ただし現状、予算の制約からその使用が限定的である。こうした層が大部分である。
- iii. 建て主は住宅生産者からの勧めで地域材の使用を検討することが多い。
一方、製材業者へのヒアリングから以下のようなことが言える。
- iv. 補助事業において、多額の補助はそれほど必要ない。ただし、流通を定着させるためにも長期的な事業が望まれる。

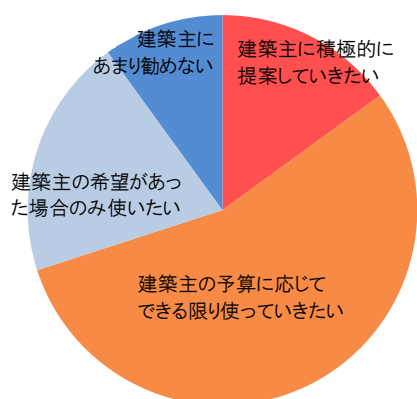


(a) 住宅生産者

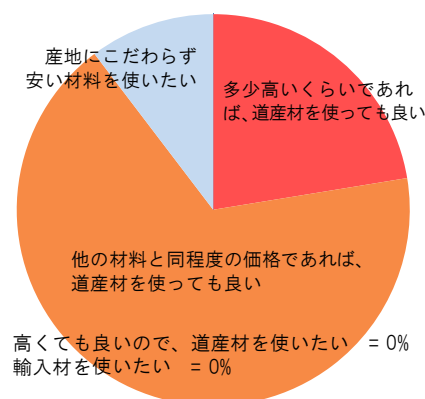


(b) 建て主

図5-3-1-4 補助事業に参加した動機



(a) 住宅生産者



(b) 建て主

図5-3-1-5 地域材の価格と利用意識

(3) 地域材の利用実態の把握

1) 概要

地域材の利用実態を把握するため、建設された住宅における木材量・地域材の利用状況および木材価格、使用された地域材の流通経路、供給体制を調査した。

その結果から、地域材の利用促進に向けた課題を明らかにした。

2) 方法

本調査は、国土交通省補助事業「地域型住宅ブランド化事業」(平成24年度)の採択グループ、十勝2×4協会(12件)、とかちの木で家をつくる会(5件)、北方型住宅ECO推進協議会(十勝管内44件)で建設した住宅を対象とした。調査対象物件の概要を表5-3-1-3に示す。調査は、建設物件ごとに補助申請時に添付される木拾い表より、製材の種類、材積、供給元の情報を収集して行った。しかし、木拾い表からは、構造材(柱・梁・桁・土台)の使用量の総量は把握できたが、二次部材(羽柄材*・合板等)は補助対象に該当する使用量の記載しかなく、すべてを把握できなかった。そのため1棟あたりの住宅の木材量を把握するにあたっては、木材価格の調査とあわせて、事業者ヒアリングを行ない補足した。

表 5-3-1-3 調査対象 61 物件の概要

	軸組造	枠組造
件数	26件	35件
延床面積	3,117㎡ 平均 119.9㎡/件	4,567㎡ 平均 130.5㎡/件
工事費 (外構除く)	42,837万円 平均1,678万円/件	65,323万円 平均1,866万円/件
補助金額	2,700万円	3,140万円
構造材の材積	254.8㎡ 平均 9.8㎡	526.8㎡ 平均 15.0㎡
二次部材の材積 (記載分のみ)	249.1㎡ 平均 9.6㎡	96.7㎡ 平均 2.8㎡

表 5-3-1-4 軸組造における住宅の木材量(推定)

軸組造2階建・床面積120㎡ 陸屋根	構造材 8~10㎡ 二次部材 10~12㎡ ※合計 約20㎡前後
さらに	
・傾斜屋根	+ 2~3㎡
・垂木幅が厚い(屋根断熱)	+ 1~2㎡
・3.5寸柱から4寸柱へ	+ 5~6㎡
・合板等面材を加算	+ 5~6㎡

3) 調査結果と考察

①1棟あたりの住宅の木材量

構造材および二次部材の使用量と住宅の床面積の関係を図5-3-1-6および図5-3-1-7に示す。住宅の木材量は床面積(住宅の規模)が大きくなるにつれ、当然多くなる傾向がある。床面積120㎡の住宅での平均的な木材量を見ると、軸組造で構造材10㎡程度、二次部材12㎡程度、枠組造で構造材13㎡程度、二次部材5㎡程度となった。枠組造の方が、軸組造よりも構造材使用量が多いのは、軸組造では間柱が二次部材に、軸組造の枠材が構造材に分類されるためである。住宅の木材量は木材断面の大きい軸組造の方が、若干多くなった。さらに、ヒアリング調査の結果も加味し、1棟あたりの住宅の木材使用量を推定すると、軸組造では表5-3-1-4に示す結果となった。

②地域材の利用状況

調査対象とした61件における地域材利用量の分布を表5-3-1-5に示す。今回の調査物件は、各グループが策

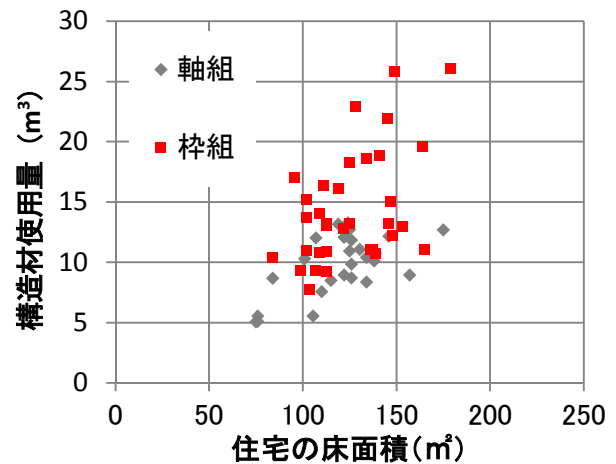


図 5-3-1-6 構造材使用量と床面積の関係

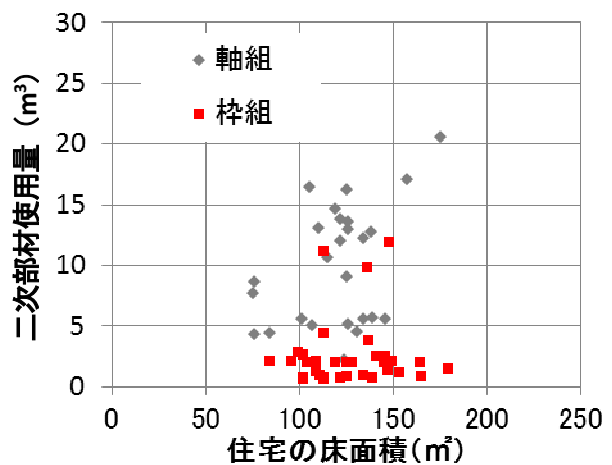


図 5-3-1-7 二次部材使用量と床面積の関係

定した住宅建設ルール（表 5-3-1-2）に基づき、地域材を用いて建設されており、その点を留意しておく必要がある。

構造（軸組造・枠組造）によって、地域材の利用状況が大きく異なった。軸組造では、構造材、二次部材ともに、今回のように地域材を使おうと意識づけられれば、地域材を使って建設できることが分かった。一方で、枠組造では9割以上の物件で、構造材にはすべて輸入材が使われており、地域材はほとんど利用されなかった。ツーバイ材は、輸入材による流通の仕組みが確立しており、価格競争力の面からも地域材での供給がほとんど実現できていない供給側の実態が要因である。枠組造における構造材の地域材利用は、室内の見える梁材に一部用いる場合などに限られていた。

③木材価格

調査によって得られた木材価格の一覧を表 5-3-1-6 に示す。輸入材の価格に比べ、カラマツ材では立方あたり 2 万円から 3 万円程度、トドマツ材では立方あたり 5 千円から 1 万円程度、価格が高かった。なお、調査を実施した 2012 年時点では、為替相場は 1 ドルが 80 円前後であり、円高の状況であった。現在は、1 ドル 110 円台まで円安が進んでおり、木材の価格は、表に示す価格よりも 1 万～2 万円程度、上昇している。

住宅 1 棟あたりで積算すると、構造材、二次部材すべて輸入材から、構造材をカラマツ材に、二次部材をトドマツ材に置き換えた場合、コストアップの金額は、約 30 万円程度になることが分かった。

この価格差は、国交省のブランド化事業での補助金額が、1 棟あたり 100 万円前後であることを踏まえると行政的な支援で十分に補える価格差であると言える。

④地域材の流通経路

枠組造にて最も多く見られた構造材に輸入材を用いて建設された物件と、最も意欲的に地域材を用いて建設された軸組造の物件を事例に比較検討を行って、地域材の流通経路の特徴とその問題点を把握する。

それぞれの物件における各木質部材の流通経路とその量を図 5-3-1-8、図 5-3-1-9 に示す。

a. 構造材を輸入材で建設された枠組造の場合

枠組造では、構造材に輸入材であるツーバイ材を用い、胴縁等の羽柄材に道産のエゾ・トドマツ材を用いた物件が多く見られた。この場合、1 つの製材工場より、構造材（輸入材）と羽柄材（地域材）がまとめられて、出荷されているのが最大の特徴である。

表 5-3-1-5 調査対象 61 物件の地域材利用量別の件数

利用量	軸組造（26件）			枠組造（35件）		
	構造材	二次部材	住宅全体	構造材	二次部材	住宅全体
0m³	8			3	3	
0～2m³	1			2	1	7
2～4m³	1	1			1	5
4～6m³	3	9	2			
6～8m³	5	3	1		1	1
8～10m³	2	6	5		2	2
10～12m³	3	3	4			
12～14m³	3	3	5			
14～16m³		1	1			
16～18m³			2			
18～20m³			2			
20～22m³			1			
22～24m³			1			
24～26m³			1			
26～28m³			1			(単位：件)
28m³～						

表 5-3-1-6 木材の価格（2012 年時点・推定）

(単位：円/m³)	カラマツ材	トドマツ材	輸入材
製材（構造材）	約7.5～8万	約5.5万	約4.5～5万
製材（羽柄材）	—	約5万	約4～4.5万
集成材	約7～8万	約6～7万	約6万
2×4材	約6万	—	約3～4万

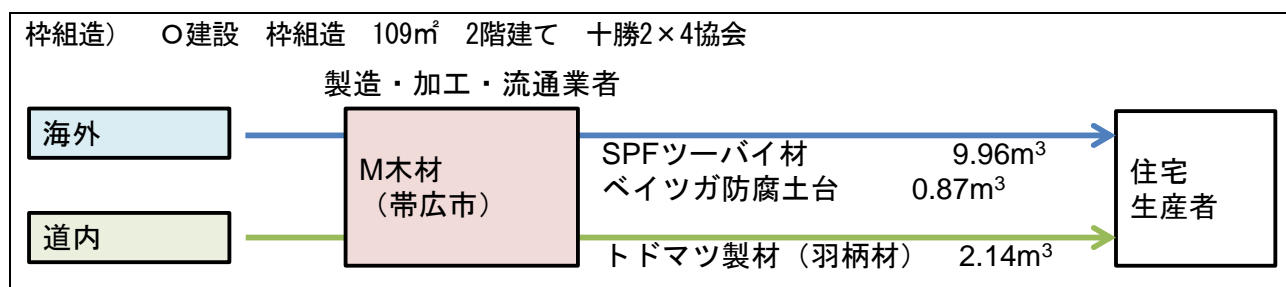


図 5-3-1-8 木材の流通経路（事例：構造材を輸入材で建設された枠組造の場合）

住宅生産者は供給元の製材業者に連絡すれば、製材業者から住宅生産者へ必要部材を揃えて出荷する木材流通の仕組みが確立している。住宅生産者は1つの業者に発注すれば、すべてが足りる効率的な体制が出来上がっている。

b. 地域材を意欲的に用いた軸組造の場合

a. の枠組造の場合とは対照的に、地域材を用いる場合、部材ごとに、供給元となる製造工場、業者が異なる。

そのため、住宅生産者が地域材を利用しようとする際に、次の i ~ iv に示す影響がでてくる。

- i. 住宅生産者は部材ごとに異なる業者に発注して仕入れなくてはならず、手配は煩雑になる。
- ii. 各業者への発注は少量となるため、コスト高になる可能性が高い。
- iii. 供給元は受注生産であることが多く、納期に時間がかかることが多いうえ、数社のうち1社でも納期

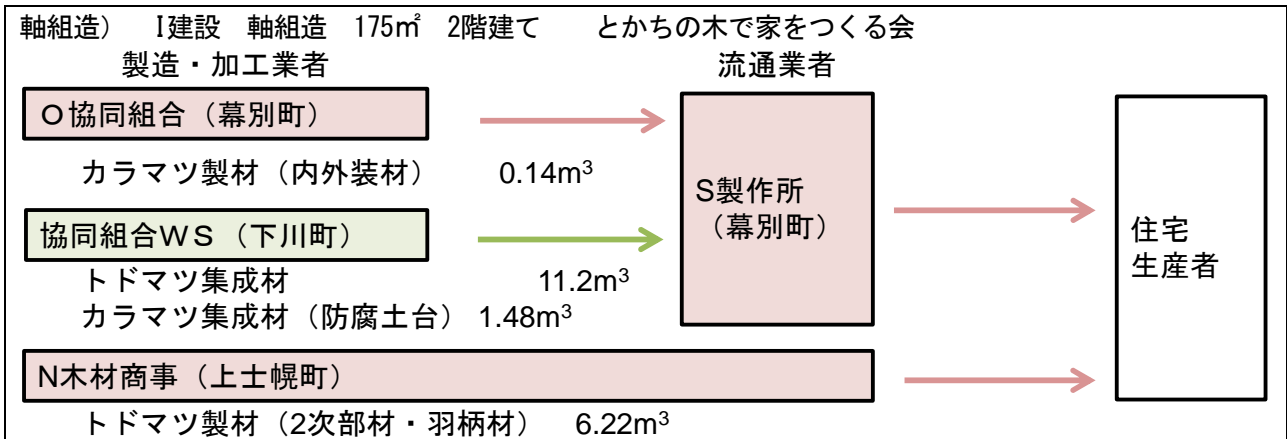


図 5-3-1-9 木材の流通経路（事例：地域材を意欲的に用いて建設された軸組造の場合）

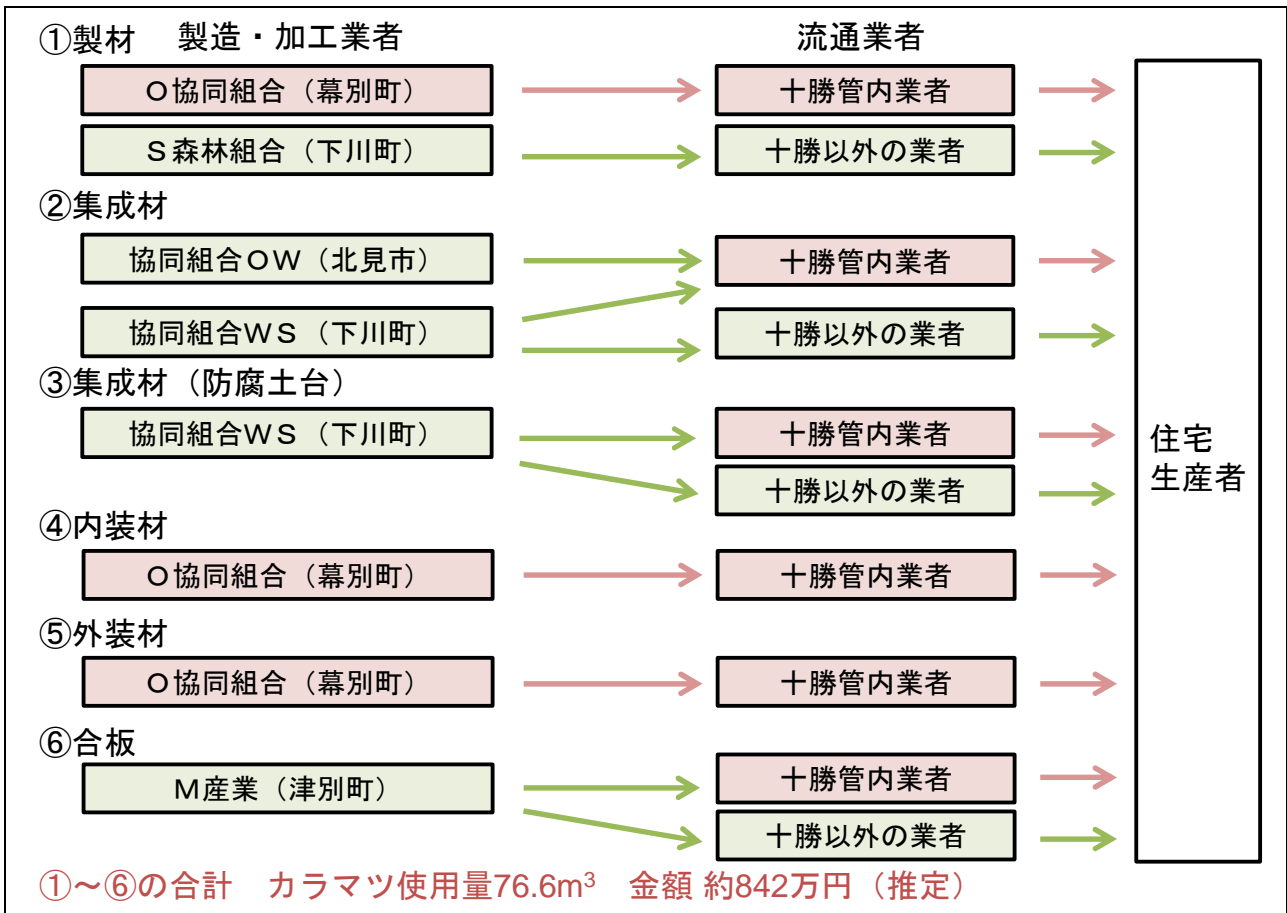


図 5-3-1-10 木材の供給体制（カラマツ材）

が延びれば、その分、住宅の建設が遅れる。

iv. 地域材を用いる場合、使い手で木現しのデザインとすることが多いが、デザインの統一感は必須となるため、仮に納期が遅れても代替が効かない。

これら i～iv の影響をできる限り、小さくするためには、日頃より製材業と住宅生産者が一体となった連携体制を構築し、地域材の流通ルートを確認しておくことが不可欠となる。従って、地域材の流通ルートを自ら開拓し、確立できている住宅生産者しか地域材を使えない状況であり、地域材の住宅用途への利用が、一部の熱心な方に限られる大きな要因と考えられる。

⑤地域材の供給体制

地域材の供給体制を把握するため、調査対象 61 物件すべてのカラマツ材およびトドマツ材の供給元をたどると、図 5-3-1-10 および図 5-3-1-11 の通りとなる。

全 61 物件での地域材の総量は、カラマツ材で 76.6m³、トドマツ材で 357.3m³ となった。

トドマツ製材（羽柄材）は、道内各地の製材工場で生産されているが、それ以外の部材は、木質部材の種類ごとに、供給できる業者が、いずれも 1 社～3 社に限られており、供給元が集中していることが分かる。

カタログ等³⁾では、受注生産であれば、地域材を供給する業者が全道各地に 20 社程度存在するが、北海道全体で見ても、安定的に地域材を製造、供給する製材工場が少なく、地域材の供給体制が十分に整っている

とは言えない。供給元である製材業では、地域材の安定供給に向けて「さらなる魅力ある地域材の開発」と「木材流通のネットワーク化・効率化」が喫緊の課題であることを、今回の調査からも再確認した。

また十勝では製材は供給できても、集成材は供給できない。北海道における地域材の供給体制を踏まえると、道内の各地域にて、その地域での地域材にこだわると、供給できる木質部材が非常に限られる。この点は、地域材の利用促進の方策を考える上で押さえておくべきである。

4) 調査結果のまとめ

以上の調査結果より、次の知見、課題を得た。

- i. 軸組造 2 階建・床面積 120m²・陸屋根の住宅で、構造材 8～10m³程度、二次部材 10～12m³程度、面材 6m³程度である。
- ii. 構造（軸組造・枠組造）によって、地域材の利用状況が異なる。軸組造では、構造材、二次部材ともに地域材の適用が可能であるが、枠組造ではツーバイ材の置換が困難で、地域材の適用部位が限られる。
- iii. 地域材の価格は、輸入材に比べ、カラマツ材で 2～3 万円/m³程度、トドマツ材で 0.5～1 万円/m³程度高く、住宅 1 棟あたりで約 30 万円程度になる。
- iv. 地域材を用いようとする、部材ごとに少量発注による仕入れの煩雑化、コスト高、納期と建設スケジュールの調整など、住宅生産者への影響が大きい。

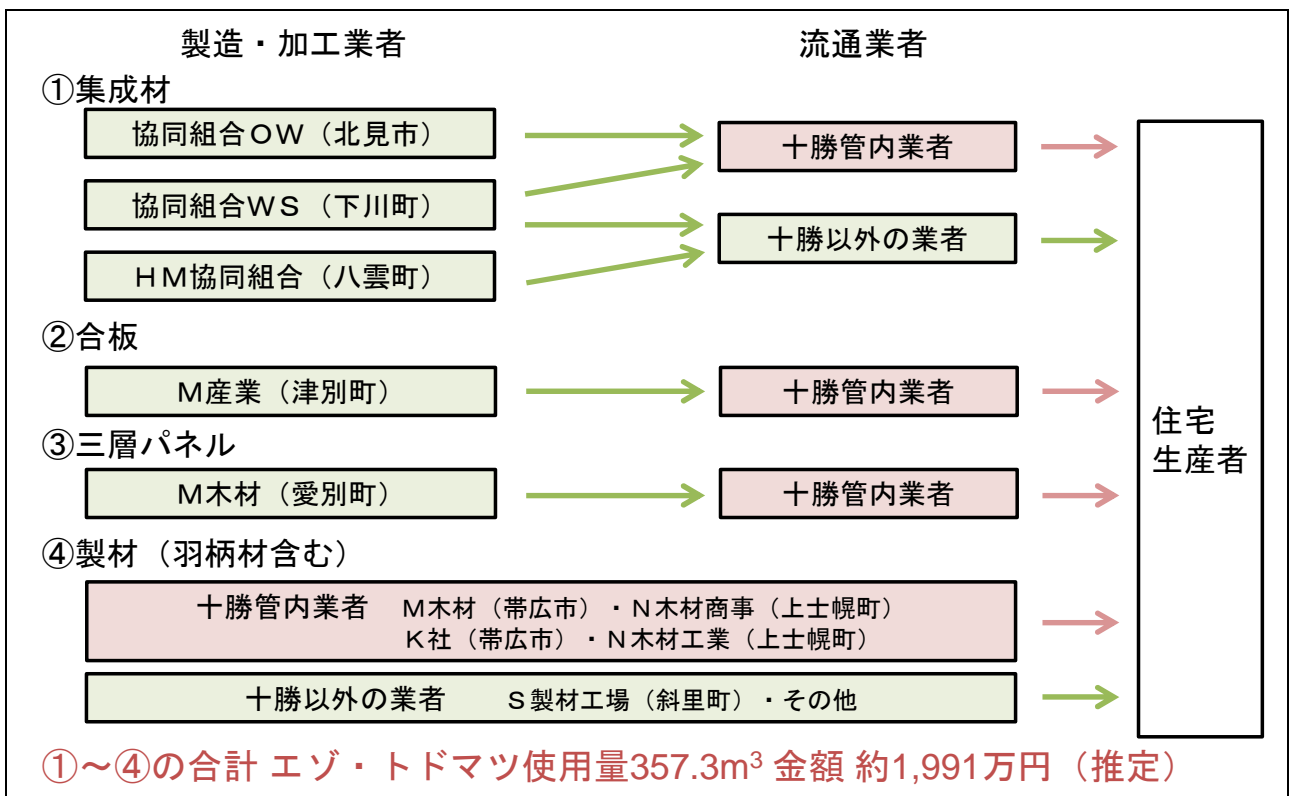


図 5-3-1-11 木材の供給体制（トドマツ材）

製材業と住宅生産者が一体となった連携体制が不可欠で、地域材の流通ルートを持つ住宅生産者しか地域材を使えない状況にある。

v. 北海道全体で見ても、地域材の供給体制が十分に整っていない。道内の各地域にて、その地域での地域材にこだわると、供給できる木質部材が非常に限られる現状にある。

(4) 地域材の利用促進に向けた方策と実践

1) 概要

これまでの知見より、地域材をより利用しやすくするための環境改善を目指す。住宅生産者における態勢づくり、行政支援のあり方の2つの視点より方策を検討し、地域モデルの構築に向けた取り組みを行った。

2) 住宅生産者における態勢づくり

①方策の検討

地域材に意識のある住宅生産者は、地域材を生産する製材業者と連携し、独自に地域材を入手できるルートを確認しているが、その割合は全体のうちのわずかに過ぎない。大部分を占める一般的な住宅生産者は、予算の制約からその使用は限定的であっても、地域材の利用に対し悪いイメージは持っていない。地域材をユーザーへ薦める場合が多く見られるなど、地域材に対する潜在的なニーズは強いと考えられる。しかし、一般的な住宅生産者にとっては、トドマツ製材(羽柄材)以外の地域材は、なかなか手軽に使える環境になっていない。

地域材の供給体制の現状を踏まえると、仕入れの煩雑化、納期と建設スケジュールの調整などの手間はどうしても必要となる。地域の住宅生産者、製材業者が連携して、その影響をできる限り小さくする取り組みが求められる。そのためには、地域の住宅生産者、製材業者が一体となって地域にて、地域材を供給できる業者、おおよその納期などの情報を広く公開された形で共有しておくことが望ましい。

②環境整備に向けた取り組み

地域の住宅生産者が、地域材に関する情報共有し、地域材を気軽に発注できる環境整備として、十勝総合振興局が実施する「とちかち型エコ住宅普及事業」の事業の中で、平成26年度に十勝管内の製材工場、地域材の取扱品目、連絡先を明記したパンフレットを作成した。図5-3-1-12に現在作成中のパンフレット案を示す。

3) 行政支援のあり方

①方策の検討

地域材の利用促進に向けての補助事業について、利用する製材業者からは、輸入材と地域材の価格差を埋める程度(1棟あたり30万円前後)の少額で良いので、流通を定着させるためにも長期的な事業が望まれるとの声が強かった。また国交省の補助事業「ブランド化事業」を行う住宅生産者からは、単年度の実施、煩雑な事務手続きへの負担に対して、改善を求める声が聞こえた。現場からは、価格差を埋める程度の少額で良いが、簡易な手続きで息の長い支援が求められている。また地域材を扱う製材業の数は非常に限られていて、

図5-3-1-12 パンフレット案

市町村単位では完結できない。行政が地域材の利用促進のための施策や支援を行っていくためには、全道的な視点に立って、振興局単位や広域連携での取り組みが不可欠であり、市町村では地場産業の特色を踏まえ、広域な視点でそれぞれの役割を明確にしていくことが求められる。また施策や支援の実施にあたっては、数少ない製材業者の利益の独占につながらないような公平性への配慮が必要である。

②環境整備に向けた取り組み

十勝総合振興局「とから型エコ住宅普及事業」の事業の中で、平成26年7月に、十勝管内の市町村の企画、林務、建築の担当者を集めて、これまでの調査内容を報告し、地域材の利用促進に向けた行政支援のあり方について、意見交換会を行った（図5-3-1-13）。

意見交換会では、本別町より、現在検討しているカラマツ材の支援制度についても紹介され、地域材利用への意識の高さが示された。一方で本別町には製材工場がなく、町内での年間建設戸数は10棟程度である現状では、本別町だけの取り組みでは限界がある旨が報告された。

また出席者からは、現状では管内各ブロックでの地域材の流通の状況を把握する程度である。町単独の利益や経済効果だけではなく、管内、道内の市町村が連携した大きな視点での取り組みであれば、良い方向に進むのではないかと意見が出された。

地域材の利用促進は、すぐに結果、成果が出るものではなく、長期的な視点で絶えず取り組んでいくべき課題であること、また縦割りとなっている振興局や市町村の関連部局が連携し議論ができる環境づくりから取り組んでいくことが重要であることが確認された。



図5-3-1-13 十勝管内市町村との意見交換会

(5) まとめと今後の方針

本活動は、十勝管内をフィールドに、平成23年度から平成26年度の4年間、十勝総合振興局が実施する「とから型エコ住宅普及事業」とともに歩調を合わず形で取り組まれた。

十勝をモデルとして、地域材の流通・使用に関する意識および地域材の利用実態を把握した上で、地域材の利用促進に向けた課題を抽出した。そして地域材をより利用しやすくするための環境改善に向けた方策を、住宅生産者における態勢づくり、行政支援のあり方の2つの視点より検討し、環境整備、モデル構築に向けた取り組みを行った。

今後は、さらなる展開として、引き続き十勝管内をフィールドに、平成27年度より大樹町で予定されている道産材を利用した公営住宅の建設事業を通じて、地域材の公共建築への利用拡大を図っていく。

具体的には、公共工事にて道産材をスムーズに利用できる態勢を整備し、計画的な需要を開拓する取り組みを行っていく予定である。

(6) 引用文献等

- [1]十勝総合振興局「地域材を活用したとから型エコ住宅普及促進事業」.平成23年度第1回研究会配布資料
- [2]地域型住宅ブランド化事業（評価）ホームページ.平成24年度事業参考資料.地域型住宅ブランド化事業（PDF）.入手先<<http://www.chiiki-brd.jp/Portals/0/images/docs/jigyuu.pdf>>
- [3]北海道緑の産業再生協議会.「北海道産住宅建築部材カタログ」.2012.3

糸毛 治, 遠藤 卓 (北方建築総合研究所)

5.3.2 マーケットイン志向による原木供給

(1) 目的

ここでは、第3章で触れた「持続可能な人工林資源管理方策の提案」を受けて、森林循環を考慮しつつ原木をこれまでより安価に、早く供給するための具体的なモデル（原木生産のための機械作業システム）を提案する。エリアとして、新設住宅着工戸数が10,000棟以上あり、道内で最も住宅需要の集中する札幌圏域を想定する。

札幌圏域に出荷を見込める石狩・空知地方や後志地方は先に述べたように十勝圏域と比較して間伐・主伐の実績が乏しく、森林循環があまり進んでいるとはいえない地域である。そこで、石狩・空知・後志地方の森林資源と大消費地である札幌圏域とを結びつけるために、**心持ち***材向け原木の生産・出荷に向けた実証可能性調査を通してそのモデルの有効性を検証する。

(2) 方法

1) 原木生産の効率化に向けた課題の整理

北海道における原木生産の問題点について、当試験場のこれまでの知見（表5-3-2-1）を元に整理する。なお、原木生産が効率的に行われているかという指標として、労働生産性と原木生産のコストの2種類を用いる。ここで原木生産のコスト（以下「生産コスト」：単位は円/m³）は、1つの作業班の“1日あたりの出来高”に左右される。それを「**システム生産性***」と呼び、数字が大きいほど効率がよいシステムと判断される（単位：原木 m³/日）。ただし、作業班の人数は多いところも少ないところもあるため、それを作業員1人あたりで比べると別の指標が必要である。それが**労働生産性***で、システム生産性を作業班の人数（通常は5人～7人）で除して求める（単位：原木 m³/人・日）。

さらに、札幌圏域の森林の特徴について、効率的な原木を生産するための条件（傾斜や路網）の傾向を整理する。

表5-3-2-1 分析に用いる資料の一覧

調査名	年	事業体数	調査形式
①従来型作業システム調査	1993	3	時間計測による生産性調査
②カラマツ間伐事例調査	2000	102	林業改良普及員による面接調査
③間伐作業システム調査	2007	135	郵送アンケートと電話による調査

2) 効率的な原木の生産・流通にむけた機械作業システムの提案

1)で整理した課題に基づき、ハーベスタなどの**高性能林業機械***（図5-3-2-1）とグラップルローダなどの

在来型機械*を組み合わせた効率的な機械作業システムのモデルを提案する。ここで機械作業システムとは、「どの工程にどんな機械を何台使って何人で生産したか」という人と機械の組み合わせのパターンを指し、生産性や生産コストに大きな影響を与えるものである。



図5-3-2-1 玉切りするハーベスタ（高性能林業機械）

3) 郵送調査による原木流通の実態の把握

北海道は、針葉樹材の原木市場を持たない、国内でも稀な地域である。そのため道内における原木の流通は、**素材生産事業体***と製材工場・合板工場等が直接に取引し、山から工場まで直に運材する「直送方式」が主流で、取引や流通の実態が把握しづらい構造になっている。そこで道内の素材生産事業体を対象に郵送調査を実施し、受注の実態や**リードタイム***を把握する。対象は、北海道水産林務部HPで公開されている北海道林業事業体登録簿^[1]において、2013年9月現在で素材生産業として登録のある事業体とする。

4) 実証可能性調査による有効性の検証

札幌圏域の工場に出荷可能なエリア内である後志地方に2箇所、石狩地方に1箇所の試験地を設け、原木生産と流通に関わる実証可能性調査を行う。この調査では、①提案した機械作業システムにおける労働生産性②その生産コスト、③受注から納品までのリードタイム、の3点について実測および試算を行う。原木生産は「伐倒」「枝払い」「集材」「玉切り」「巻立て」の5工程から成るが、それに心持ち材向け原木の「選木」と工場までの原木の運搬（以下「運材」）を加えた7工程について調査する。

なお、森林の伐採は主伐（木材の最終的な収穫のための伐採）と間伐（育成途中の間引きのための伐採）の2種類がある。森林資源の循環から考えると、主伐は、伐採後に苗木が植栽される等、森林の更新を進める上で重要であり、間伐は健全な森林が育つ環境を維持する上で重要である。つまり主伐と間伐は伐採の目的が異なり、面積あたりの伐採量も異なる。一般的に

間伐の方がより労働生産性が低く生産コストが高い。

そこで、京極町では主伐と間伐それぞれの試験区を設け、2箇所各7工程を調査する(図5-3-2-2)。石狩市は主伐のみ1箇所とし、最初の5工程を調査する。調査に当たっては、札幌圏内のトップランナー企業である千歳林業(株)(年間事業量6万~8万m³)と、林業に新規参入して1年半である岸本産業(株)(年間事業量1,000~2,000m³)の2企業の協力を得て実施する。

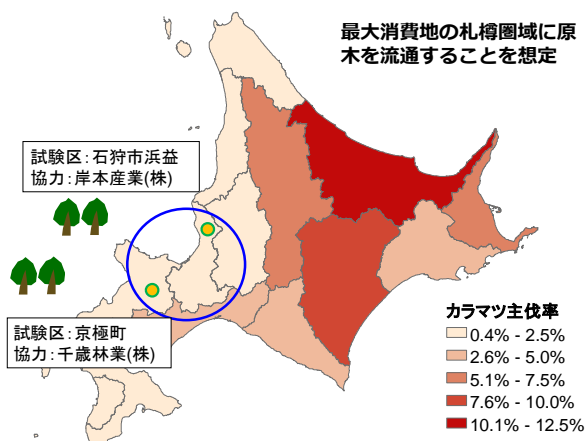


図5-3-2-2 札幌圏域と実証可能性調査の試験区の位置

(3) 結果と考察

1) 原木生産の低コスト化に向けた課題の整理

カラマツの間伐事例を中心に、機械作業システムと労働生産性の変遷に伴う生産コストの変化について分析を行った。その結果、平均胸高直径20~24cm前後のカラマツ間伐の平均的な労働生産性は1993年の2.6m³/人・日から2007年の6.3m³/人・日と2.3倍に向上した。特に、カラマツの間伐が盛んな十勝・釧路・オホーツクの3総合振興局では、15年間に間伐コストが約4割削減されていることが明らかになった^[2]。

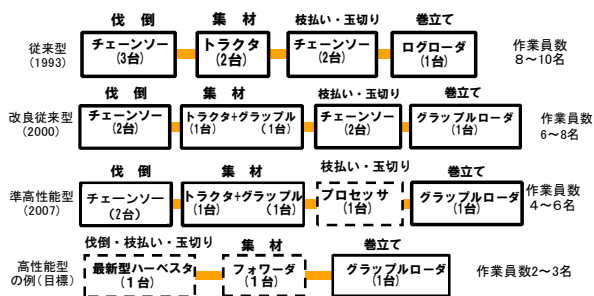


図5-3-2-3 北海道での機械作業システムの変遷

機械作業システムの変遷は図5-3-2-3のとおりで、近年は高性能林業機械(図の点線の囲み)を活かしたシステムにシフトしている。

2007年以降は主伐の研究事例が増加し、労働生産性が20m³/人・日を超えるものもある^[3]。これは高性能林業機械、特にプロセッサとハーベスタの普及で枝払い・玉切り工程の効率が向上したことと、グラップルローダの普及で巻立て工程の効率が向上したことによると考えられる。このように、より効率的な機械を導入することや、人や機械の再配分による機械作業システムの見直しは、労働生産性向上とコスト削減に有効である。

今後に向けた改善点を整理すると、2007年の調査当時、機械作業システムの75%を占めた「準高性能型システム*」は、ハーベスタを、枝払い・玉切り工程にしか使用しない。ここで、枝払い・玉切りに加え伐倒工程にも使用すると、労働生産性の向上と機械稼働率の向上により、さらに低コスト化を図れる可能性がある。また、準高性能型システムは、集材工程がボトルネックとなり、全体のシステム生産性を下げる傾向にあった。集材には、在来型機械のクローラ式トラクタ(いわゆるブルドーザー)が多く用いられ走行速度が遅い上に、ウインチのワイヤーに原木を荷掛けする作業(別に人員を配置する時もある)が必要なためである。

すなわち、一層の改善が必要と思われる工程は、伐倒工程と集材工程である。この2工程を見直すことで、現状より少ない人数、重機の台数での原木生産が可能になれば、さらなる生産性の向上と低コスト化が見込める。節約された機械や人員を用い、もう一つ作業班を増やせると、事業体の年間原木生産量が伸びるという好循環が生まれることも期待できる。

このように、高性能林業機械を活かした機械作業システムが、札幌圏域の森林でどのくらい適用の可能性があるかを確認した。森林の最小単位である「小班」の民有林GIS*データから、公道及び林道の線形を作成し、道路までの距離を計算した。このように小班の「平均傾斜」「道路までの最短距離」を反映して作成した高性能林業機械作業難易度マップより、カラマツ資源の多い一般民有林における生産条件の地域差について分析した^[4]。高性能林業機械での作業に適すると判定された面積割合について示す(図5-3-2-4)。札幌圏域(石狩・空知・後志)はばらつきが大きいものの、石狩振興局のように作業条件のいい地域もあることがわかった。つまり、機械作業システムの工夫次第で低コスト化が図れる可能性があるかと判断される。

なお、札幌圏域でのモデルを考える上で、石狩・空知・後志地方では、間伐事業量が 1000~3000m³ レベルの小規模事業体が多く^[5]、新たな林業機械への資本投資が困難な状況にあることを考慮する必要がある。

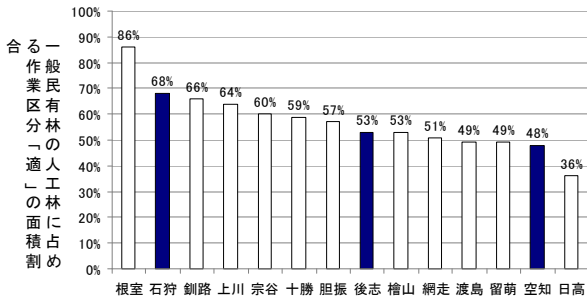


図 5-3-2-4 高性能林業機械に適した面積割合の振興局間比較（一般民有林の人工林）

2) 機械作業システムモデルの提案

効率的な機械作業システムとして、前節の結果を受けると①ハーベスタを造材工程だけでなく伐倒工程にも用いる②集材工程を高性能林業機械（フォワーダ等）に置き換えるか、巻立て工程のグラップルローダ等を兼用する、③なるべく資本投資を抑える、という改善案が考えられる。①を考えると、ハーベスタのような走行型の林業機械が林内を安全に作業できる目安は平均傾斜 15 度以内であることから、そのシステムを活かせる森林は“平均傾斜 15 度以内”という条件がつく。また、②は“路網が整備されている”という条件が求められる。現時点では、フォワーダやグラップルローダを用いたシステムに対する最適路網密度の知見が乏しい。ここでは、北海道水産林務部の路網整備の考え方である「作業ポイント（木材の集積場所）からの集材距離 200m 程度」^[6]を参考に、集材距離 200m 程度の森林を対象としたモデルを提案することにした。

なお、これまでに先進的な機械作業システムが考案

された中で、代表的なものがハーベスタ（図 5-3-2-1）とフォワーダ（図 5-3-2-5）の合計 2 台を 2 人で実施する高性能型システムである。

これは、森林の中で伐採木を“短い長さに揃えて”出すことから CTL（Cut to length）システムと呼ばれている。CTL システムは、道内で試験した結果、欧米並みの労働生産性 33m³/人・日に届いた研究事例がある先進的なシステムである^[6]。



図 5-3-2-5 集材作業をするフォワーダ（高性能林業機械）

その一方で、ハーベスタ・フォワーダともに林業機械としては高価なことから、労務費に代表される変動費に対し、機械にかかる固定費の高いシステムでもある。これは③との両立が難しい。

機械作業システムモデルの考案に当たって、以上の点を考慮し、一つめは、ハーベスタで伐倒し、集材は現在所有している林業機械（たとえばグラップルローダや建設用機械等）を最大限に活かしたシステム案を作成した（図 5-3-2-6 のシステム案①）。集材と巻立ての 2 工程を 1 台のグラップルで兼務するため、重機台数が減り、ウインチのワイヤー荷掛作業も省力化できる。二つめは CTL システムを手本とし、伐倒・枝払い・玉切り工程を 1 台のハーベスタ、集材工程はフォワーダが行い、場合によってグラップルローダで補助する

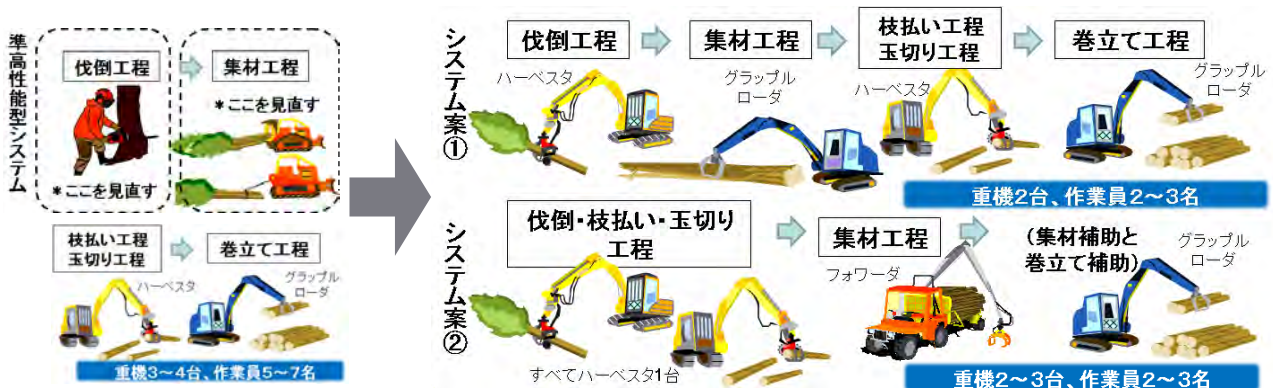


図 5-3-2-6 原木生産の効率化に向けた新たな機械作業システムのモデル案

システムとした（図5-3-2-6のシステム案②）。これも目標として、生産性を2割向上すること、生産コストが現行の2割削減となることを目指す。

3) 郵送調査による原木流通の実態の把握

①受注の実態

調査は平成25年9月より実施した。配布714件中、有効回答数は310件で、結果は以下のとおりである。

まず、製材工場・合板工場等との取引の実態について調べたところ、受注してから生産に取りかかるという事業者は相対的に少なく、注文に関係なく原木を生産し、特定の取引先に納品するという事業者が71%と最も多かった（図5-3-2-7）。同様に、注文に関係なく原木を生産し、その後から取引先を探すという事業者が13%であった。一方で、取引先の納品時期を先に決めて計画生産をするという事業者が12%、特殊材や一般材を受注生産するという事業者はそれぞれ3%と1%であった。多くの事業者は「プロダクト・アウト（出なり生産）」、すなわち需要に基づかない供給主導の生産方法を採用している実態が伺える。直接取引では個々の取引の単位が小さいため、需給のマッチングが、非常に困難であることが推察できる。

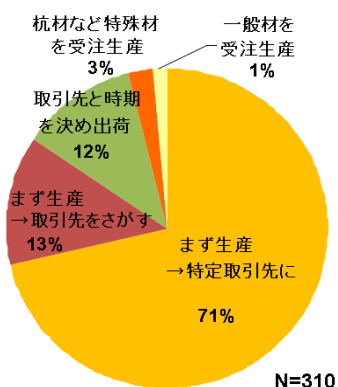


図5-3-2-7 工場との取引の方法について

現時点で受注システムを取り入れている16%の事業者に着目すると、地域としては檜山振興局を除く全振興局に分布していた。札幌圏域のように主伐・間伐の実績の乏しいエリアでも、これらの事業者と工場が主体となれば、建築材の受注に応じたシステムを作っていくことが可能と思われる。なお受注システムを取り入れているかどうかと、「年間原木生産量」「高性能林業機械の保有数」との相関は認められず、規模が小さく高性能林業機械を所有していなくても、受注に対応している事業者が存在することがわかった。

②リードタイム

本来リードタイムは、受注から納品までの期間を指すが、道内では受注そのものが一般的ではないという

①の結果を踏まえ、ここではリードタイムの後半（伐採終了から納品までの）に要する時間を調べた。

結果として、約1ヶ月かかるという事業者が42%で最も多く、2週間以内という事業者が22%、約2ヶ月かかるという事業者が20%と続いた（図5-3-2-8）。ここで、最もリードタイムの短い「2週間以内」という事業者に着目すると、それぞれの事業者の年間事業量や高性能林業機械保有台数とは相関が認められなかった。地域としては、檜山振興局と宗谷総合振興局を除く全振興局に分布していた。

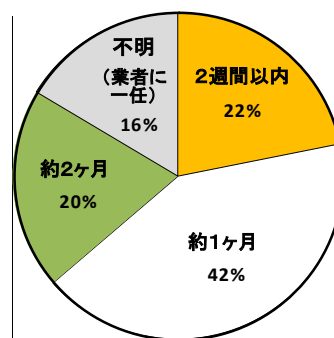


図5-3-2-8 伐採終了から納品までにかかる時間について

4) 実証可能性調査による有効性の検証

図5-3-2-6に示した機械作業システム案をベースに、後志管内京極町および石狩管内石狩市で実証可能性調査を行った。機械や人の動きをビデオ撮影し、時間要素分析を行った。試験区ごとの集材距離のばらつきを補正し、時間要素分析による1台ごとの「空き時間」を反映した上で、1日の作業時間を6時間に統一し工程別の生産性を導出した。林業伐出費用計算ソフト i-cost2005 を援用し、労働生産性と生産コストの算出を行った。

なお、比較のため労務費をオペレータ・作業員ともに1人1日15,000円、諸経费率20%・付帯人件費20%に統一した。1時間あたり基礎価格は聞き取りに基づきハーベスタ（北欧製アタッチメント）で2800万円、ハーベスタ（国産アタッチメント）で2000万円、グラップルローダは1280万円、フォワーダは2500万円、キャリアダンプ1600万円とした。

なお、以下で述べるのは作業道や土場の整備費用、森林の調査費や現場監督費を見込まない試算値であり、事業者の実際経費とは異なることを付記する。

①カラマツ主伐試験区（京極町）

2013年5月に毎木調査（樹高や直径、1haあたりの本数などの調査）、6月に伐採試験を行った。森林についての基本的なデータは以下のとおりである（表

5-3-2-2)。

表 5-3-2-2 主伐試験区 (京極町) の概要

試験地	京極町錦地区
伐採方法	主伐(皆伐)
樹種・林齢	カラマツ50年生
伐採面積	1.5ha
平均胸高直径	28.8cm
平均樹高	24.9m
立木材積	601m ³ /ha
1haあたり出材積	467m ³ /ha
集材距離	180m~350m
林内傾斜	9度~14度

システム案を元にここで適用した機械作業システム (図 5-3-2-9) の特徴としては、伐倒・造材工程に用いるハーベスタに北欧製アタッチメント (PONSSE 製-H60e) を用いたこと、集材工程に用いるフォワーダには、セミクローラ型 (足回りにホイールとクローラの両方を使用) で、走行速度が速く機動力が高い国産機種 (IHI 建機 F-801) を用いたことである。さらにグラップルローダは道内の汎用機より一回り大きいサイズ (バケット 0.6m³級) を使用した。これは、試験区内に胸高直径が 36cm を超える立木があることをふまえ、協力事業体の提案を受け安全性への考慮から採用した。

結果として、伐倒から巻立て・選木の 6 工程を通した労働生産性は、道内の中核事業体の平均的な皆伐の労働生産性^[7]と比較して 1.3 倍~2 倍となり、高い数値

となった (図 5-3-2-10)。ボトルネックであった伐倒工程は、ハーベスタの導入で効率が大幅に改善した。集材工程についても同様に、従来型システムにおけるクローラ式トラクタの 2~3m³/時に対し、フォワーダは 7~9m³/時と 3 倍ほど高い効率となった。大型グラップルローダはさらに効率が改善した。

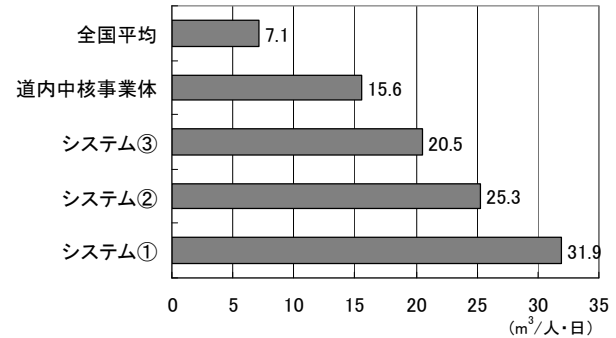


図 5-3-2-10 労働生産性の比較 (主伐)

選木工程は、巻立て工程と同時に実施した。心持ち材向けの原木として「通直」「無偏心」「材長 380cm」「末口*16~26cm」を巻立てのオペレータに条件指定し、40m³分 (11t 運材車 2~3 台分) をほかの用途・工場向けの原木と選り分ける試験を実施した。もとの選木の種類 14 種に、心持ち材向けの選木が加わり 15 種になったことによる労働生産性への影響はほとんど認めら

システム① 作業員2名 システム生産性63.6m³/日 **労働生産性31.9m³/日** 1,700円/m³
重機2台 (北欧製ハーベスタ+大型グラップルローダ)

伐倒と枝払い 集材 玉切り 巻き立て

伐倒と同じ機械 集材と同じ機械

システム② 作業員2名 システム生産性38.6m³/日 **労働生産性26.6m³/日** 3,100円/m³
重機2台 (北欧製ハーベスタ+フォワーダ) 集材距離160~270m

伐倒・枝払い・玉切り 集材と巻立て

システム③ 作業員3名 システム生産性61.5m³/日 **労働生産性20.5m³/日** 3,400円/m³
重機3台 (北欧製ハーベスタ+フォワーダ+大型グラップルローダ)

伐倒・枝払い・玉切り 集材の補助 積込み 集材と巻き立て

*○の中の数字は
各工程 1 時間
当たりの生産性
(m³/時)

図 5-3-2-9 主伐試験区 (京極町) において実施した機械作業システム

5.3.2 マーケットイン志向による原木供給

れなかった。

伐倒から選木まで6工程の生産コストは、道内の中核事業体の平均的な値⁷⁾と比べて同程度か、最大で約5割削減した(図5-3-2-11)。集材工程にグラップルローダを活用しハーベスタと2台で実施したシステム①が最も低コストであった。システム②と③については、この試験区の条件ではコストは低減しなかったものの、労働生産性は高くなったことから、一人あたり生産時間の短縮化を図ることが可能なシステムと判断できる。

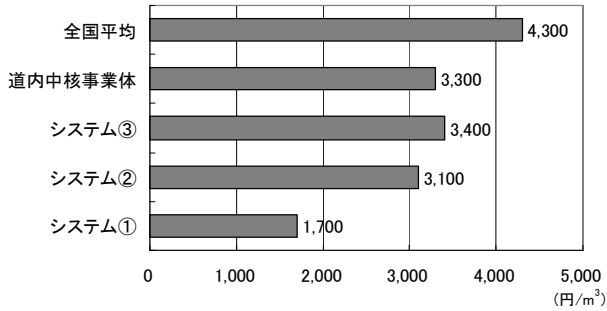


図5-3-2-11 生産コストの比較(主伐)

運材工程は、伐採開始から9日目に約110kmを経て札幌圏域に出荷が開始され、3日間で終了した。機械作業システムの効率化で、同じ原木量を生産する所要時間が最大で5割短縮し、リードタイムが短くなった(図5-3-2-12)。一方で、大雨により地盤が軟弱にな

り、原木生産の開始が4日間順延されるという、労働安全を遵守する上では避けられない遅れも発生した。

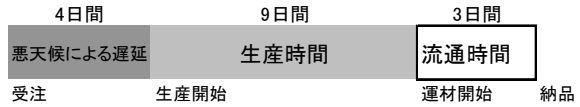


図5-3-2-12 リードタイム(主伐の場合)

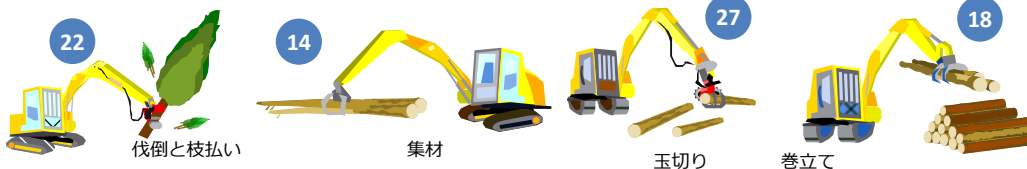
②カラマツ間伐試験区(京極町)

2013年5月に毎木調査、7月に伐採試験を行った。2列を伐倒し4列を残すという作業を繰り返す列状間伐*に、定性間伐*も組み合わせ、材積間伐率*36%で実施した。森林についての基本的なデータは以下のとおりである(表5-3-2-3)。

表5-3-2-3 間伐試験区(京極町)の概要

試験地	京極町錦地区
伐採方法	列状間伐(2伐4残) 定性間伐
樹種・林齢	カラマツ52年生・56年生
伐採面積	4.6ha
平均胸高直径	24.9cm
平均樹高	23.8m
立木材積	429m³/ha
1haあたり出材積	183m³/ha
集材距離	0m~220m
林内傾斜	14度~17度

システム① 作業員2名 システム生産性34.6m³/日 労働生産性17.3m³/日 3,200円/m³
重機2台(国産ハーベスタ+グラップルローダ)



*○の中の数字は
各工程1時間
当たりの生産性
(m³/時)

システム② 作業員3名 システム生産性42.0m³/日 労働生産性21.0m³/日 4,200円/m³
重機2台(北欧製ハーベスタ+フォワーダ) 平均集材距離220m



システム③ 作業員3名 システム生産性60.9m³/日 労働生産性20.3m³/日 3,600円/m³
重機3台(北欧製ハーベスタ+フォワーダ+グラップルローダ)



図5-3-2-13 間伐試験区(京極町)において実施した機械作業システム

伐採に適用した機械作業システム（図 5-3-2-13）の特徴は、主伐試験区と同様、ハーベスタに PONSSE-H60e を用い、フォワーダに IHI 建機 F-801 を用いた。主伐試験区と異なり、グラップルローダは通常サイズ（バケット 0.5m³級）を使用した。

選木工程は、主伐試験区と同様に「通直」「無偏心」「材長 380cm」「末口 16~26cm」をオペレータに条件指定し、40m³分をほかの原木と選り分けた。もとの選木の種類が 13 種類あり、心持ち材向けが加わり 14 種類になったことによる労働生産性への影響はほとんど認められなかった。その結果、労働生産性は道内の平均的な間伐生産性^[7]の 3 倍から 3.6 倍と非常に高くなった（図 5-3-2-14）。ボトルネックであった伐倒工程は、立木が細いため主伐よりは効率が下がったものの、ハーベスタの導入で高効率となった。集材工程も同様で、フォワーダの導入でクローラ式トラクタの約 2 倍の効率となった。グラップルローダは、フォワーダの生産性をさらに上回った。総合的には、この試験区で最も高い労働生産性となったのはシステム②（ハーベスタとフォワーダの 2 台を 2 人で実施）であった。

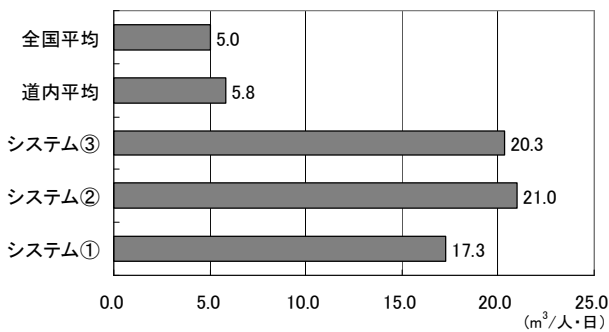


図 5-3-2-14 労働生産性の比較（間伐）

生産コストは以下のとおりである（図 5-3-2-15）。道内の平均的な間伐生産コスト^[7]と比べ、システム①②③すべてにおいて 3~4 割削減した。主伐区と同様に、システム①が最も低くなった。

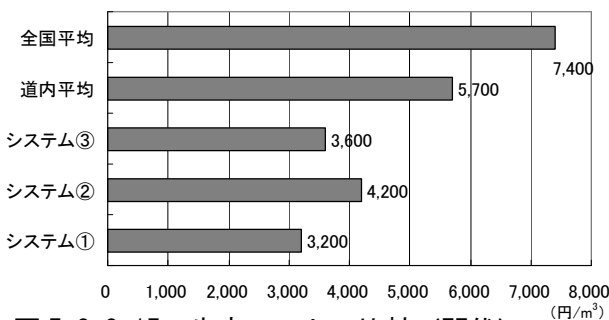


図 5-3-2-15 生産コストの比較（間伐）

心持ち向け原木 40m³の選木工程は、生産開始から約

一週間後に開始された。間伐試験区が主伐試験区に比べて適木の出現率が低かったことから、選木の終了に約 2 週間を要した。その後、約 120km の距離を経て札幌圏域に出荷され、3 日間で出荷を終了した（図 5-3-2-16）。主伐試験区より長期間となったが、機械作業システムの効率化により原木を生産する所要時間が短縮した分はリードタイムが短くなった。一方、伐採直前に森林所有者の同意を得るのに約半月を費やすという、素材生産事業者にとって避けられない遅れも発生した。

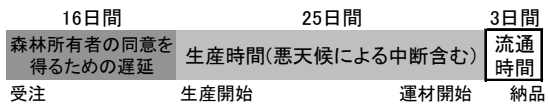


図 5-3-2-16 リードタイム（間伐の場合）

③カラマツ主伐試験区（石狩市浜益）

石狩の試験区はこれまでの 2 試験区と異なり、一般民有林ではなく石狩市有林であり、協力事業者は林業に参入して間もない建設会社である。この試験区を含む伐採対象の森林は、そのままでは路網密度が低く機械の効率的な集材が難しかったため、2013 年の夏に延長 1,100m の森林作業道が作設された。その後、9 月に毎木調査、10 月に伐採試験を行った。

森林についての基本的なデータは表 5-3-2-4 のとおりである。なお、更新伐とは主伐の一種で、带状に伐採した跡地に植栽し、**複層林***化を目指すときの伐採方法である。

表 5-3-2-4 主伐試験区（石狩市）の概要

試験地	石狩市浜益地区
伐採方法	主伐(更新伐) 伐採幅36m・置き幅36m
樹種・林齢	カラマツ56年生・60年生
伐採面積	7.4ha
平均胸高直径	21.8cm
平均樹高	19.4m
立木材積	412m ³ /ha
1haあたり出材積	165m ³ /ha
集材距離	0m~1220m
林内傾斜	15度~17度

機械作業システムの特徴として、協力事業者には、まだ自社の林業機械がないため、リースの国産機（ハーベスタとグラップルローダ）を用いた。集材工程には、フォワーダの代用として協力事業者の所有するキャリアダンプに原木が落ちないように柵をつけたもの（図 5-3-2-17、三菱建機 LD700、積載重量 6t 級）を供試した。キャリアダンプにはログローダ（原木をつかむ「はさみ」の部分）が搭載されていないため、グラ

5.3.2 マーケットイン志向による原木供給

ップルローダ 1 台を追加したシステムとした。間伐試験区と同様に、グラップルローダは通常サイズ（バケット 0.5m³級）を使用した。



図 5-3-2-17 キャリアダンプ（在来型機械）

ここで実施した機械作業システム（図 5-3-2-18）を示す。調査結果は図 5-3-2-19 のとおりで、システム①②③ともに道内の中核事業者の平均値に迫る労働生産性であり、新規参入企業としては高効率であった。

生産コスト（図 5-1-2-20）も、道内の中核事業者の平均的な値と比べて遜色なかった。

石狩地方において、普段採用されている在来型システムの生産コスト約 4,000 円/m³と比較し^[8]、最大で約 2 割の低コスト化が図れた。

試験地は、既に出荷先や選木の種類も決定済みであ

り、選木・運材工程の調査を実施しなかった。伐採後は、約 100km の運材を経て札幌方面に出荷された。

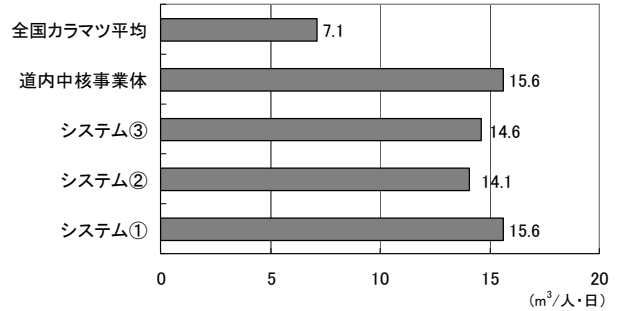


図 5-3-2-19 労働生産性の比較（主伐）

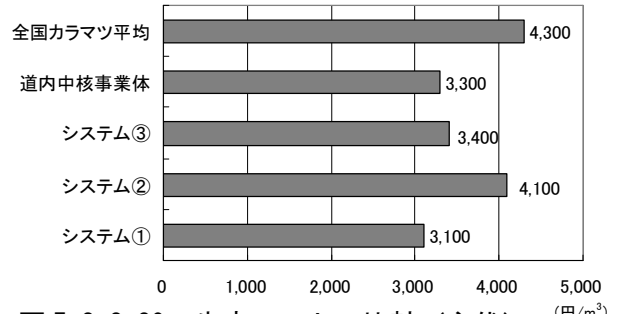
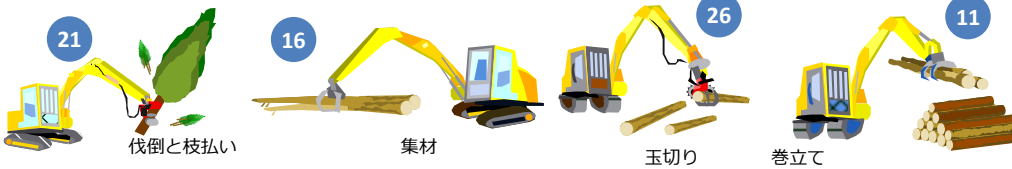


図 5-3-2-20 生産コストの比較（主伐）

④実証可能性調査の考察

伐倒・枝払い・集材・玉切り・巻立て・選木・運材 7 工程の実証可能性調査の結果として、道内の中核事

システム① 作業員2名 システム生産性34.5m³/日 **労働生産性15.6m³/日** **3,100円/m³**
重機2台（国産ハーベスタ+グラップルローダ）



*○の中の数字は
各工程 1 時間
当たりの生産性
(m³/時)

システム② 作業員3名 システム生産性42.3m³/日 **労働生産性14.1m³/日** **4,100円/m³**
重機3台（国産ハーベスタ+キャリアダンプ+グラップルローダ）集材距離180m



システム③ 作業員4名 システム生産性36.8m³/日 **労働生産性14.6m³/日** **3,400円/m³**
重機4台（国産ハーベスタ+キャリアダンプ+グラップルローダ2台）集材距離180m



図 5-3-2-18 主伐試験区（石狩市）において実施した機械作業システム

業体と比較し主伐で1.3倍から2倍、間伐で3倍から3.6倍の生産性となった。“2割向上”という目標を大きく上回り、生産時間も大幅に短縮できた。心持ち材向けに通直・無偏心という条件で行われた選木は、今回の調査では掛かり増し時間はわずかで、労働生産性にほとんど影響を与えなかった。

生産コストは、ハーベスタとグラップルローダ計2台のシステムは、道内の中核事業体と比較してすべて低コスト化した。そのことから、今回の試験区のように“平均傾斜が15度以内、集材距離が200m以内”という条件を満たす伐採地に関しては有用性が高いと思われた。

なお、今回は集材距離を基準値としたが、より広域の原木生産・流通の効率化を考える上では路網密度(地域の林道・林業専用道・森林作業道の延長を人工林面積で除したもの:単位m/ha)も重要な指標となる。

今回、京極町の2試験区では路網密度が100m~150m/haと高く、北海道水産林務部の緩傾斜地における路網整備目標値とほぼ同じであった^[6]。一方、石狩市の試験区の路網密度は、森林作業道を作設した結果、現在の全道の平均路網密度60m/haとほぼ同等となった。札幌圏域で今回の機械作業システムを活かしていくためには、まずは路網の整備、特に「フォワーダやグラップルローダ、キャリアダンプで集材できる」ための森林作業道を整備していく必要がある。

なお今回の実証可能性調査で、間伐試験区では3割以上の低コスト化が図れた一方で、主伐試験区の結果にはばらつきが見られた。これについて考察する。

まず、生産コストは変動費と固定費の2つに大きく分かれる。変動費とは、生産量が増加するに従い増加する費用である。固定費とは、生産量に寄らず一定の費用がかかるものである。変動費の代表的なものが労務費、固定費の代表的なものが機械の減価償却費である。これをグラフで概念的に示すと、変動費と固定費の関係は図5-3-2-21のようになる。費用線は固定費をy切片とする直線として表現される。この費用線の形は、機械作業システムによって大きく変化する^[2]。

在来型システムと高性能型システムの費用線の形を模式的に表し比較してみる(図5-3-2-22)。

在来型システムでは変動費が大きく固定費が小さい。変動費が大きいのは作業班員数が8名~10名と多く労務費が高いことによる。逆に、使用する機械(チェーンソーやクローラ式トラクタ)が相対的に安価なため、固定費が小さい。

一方、高性能林業機械(ここではハーベスタとフォワーダ)2台を用いる高性能型システムでは、固定費が大きく、変動費が小さい。変動費が小さいのは、高

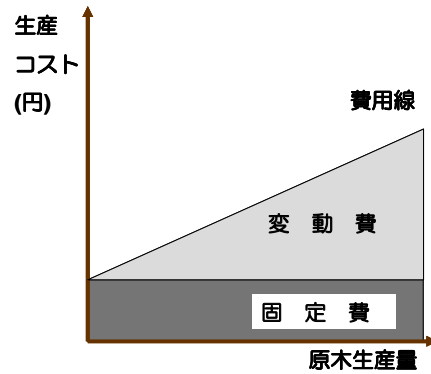


図 5-3-2-21 変動費と固定費の構成 [概念図]

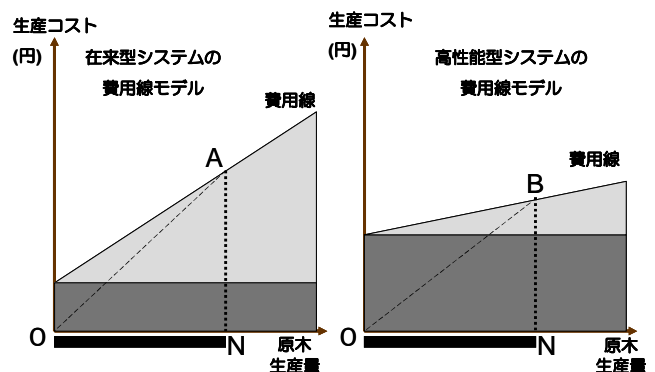


図 5-3-2-22 機械作業システムと費用線の概念図

性能林業機械の労働生産性が高く、作業員が少なくすむためである。逆に、機械が相対的に高価なため、固定費が大きい。

ここで、生産量Nを達成したときの1m³あたり伐採コストは、在来型システムでは角AON、高性能型システムでは角BONで表せる。費用線の形から、在来型システムは生産規模が大きくなっても直線AOの傾きが変わらず、逆に高性能型システムは生産規模が大きくなれば直線BOの傾きが小さくなっていくことがわかる。つまり“高性能林業機械を導入して低コスト化する”と表現される時は、機械の導入前より生産規模が大きくなることを前提としている^[9]。

高性能林業機械を一度購入すれば、固定費は減らせない。つまり、コスト低減が図れるかどうかは、新たな機械を効率よく使うことで、変動費をいかに小さくできるかにかかっている。

今回の試験では、在来型機械と高性能林業機械を組み合わせたため、図5-3-2-22で示した2つの図の間違ったシステムを何種類も試行したことになる。その中では、固定費の増加と変動費の低減、原木生産量のバランスがもっとも良かったのが、ハーベスタとグラップルローダ2台のシステム①であったと言える。フォ

ワーダを用いるシステムを中心に、“労働生産性の伸びほど低コスト化しない”システムも散見されたが、これは労働生産性の伸びに対する変動費の減少分が、高性能林業機械の固定費の増加で相殺されたことによると思われる。つまり、札幌圏域より伐採の盛んなエリアの、もっと生産規模の大きい伐採地であれば、結果は異なった可能性がある。また、集材距離 200m という条件下では、フォワーダの機動力が十分に発揮されなかった可能性があり、今後は試験区を増やし、集材距離等の条件を変えてさらに検証を重ねる必要がある。

(4) まとめ

ここでは、原木生産のための新たな機械作業システムを提案し、札幌圏域における心持ち材向け原木の生産・出荷に向けた実証可能性調査を行った。札幌圏域は現在、主伐・間伐が滞っているものの、石狩振興局管内など傾斜や路網の作業条件が良い森林が集中しているエリアも存在することがわかった。そこで“より安価で早く”を実現するために、機械作業システムの見直しを実施した。新たな機械作業システムの改善点は「ハーベスタは（枝払い・玉切り工程に限定せず）伐倒工程にも用いる」、「集材工程にフォワーダを導入するか、巻立て用のグラップルローダを用いる」「新たな資本投資を抑え、リースや自社の機械を活用する」の3点である。労働生産性は向上し、おおむね低コスト化も目標を達成できた。今後はさらに事例数を増やし、条件を変えた試験を実施していく予定である。

また、実証可能性調査を行う上で、トップランナー企業だけでなく、札幌圏内の素材生産事業者の平均像に近い事業者での労働生産性・生産コストを把握する意味は大きい。石狩市において実施された調査の結果はおおむね良好であり、高性能林業機械がなくても、リース機や建設用機械を工夫して使うことで低コスト化を図れる可能性が示された。いずれの場合も、路網の整備は、集材工程をはじめ原木生産・流通の効率化の上で重要である。

将来的に道産材のサプライチェーン*・マネジメントを目指す上で、「プロダクト・アウトからマーケット・イン（市場の要求に応じた生産）」に変えていく必要がある。その実現に向けて、まずは現時点で受注に応じつつリードタイムの短い事業者と林産業界とのつながりを深めることが近道と思われる。徐々に道産建築用材の流通体制を整え、そのシェアを少しずつ伸ばしていくことが、停滞する札幌圏域の林業を活性化する上

で重要と考えられる。

試験終了後、京極町と石狩市の主伐跡地には、森林の循環利用を目指し 11 月にカラマツの苗木植栽が行われたことを付記する(図 5-3-2-23)。最後に、長期間の試験に快くご協力いただいた 2 事業者と石狩総合振興局森林室普及課の皆様にご心よりお礼を申し上げる。



図 5-3-2-23 主伐跡地に植えられたカラマツの苗木（京極町）

(5) 引用文献等

- [1]北海道水産林務部. “北海道林業事業者登録制度：登録情報”. 入手先<<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/tourokuseido/jusho.htm>> (2013)
- [2]酒井明香, 木幡靖夫, 渡辺一郎, 対馬俊之. “北海道の人工林間伐コストの低減に関する一考察”. 北方森林学会誌. 61. (2013)
- [3]佐々木尚三. “森林・林業再生プランと先進ハーベスタを利用した木材生産システム”. 北の森だより. Vol.8. 6-7 (2012)
- [4]酒井明香, 菅野正人, 木幡靖夫, 藤八雅幸, 渡辺一郎, 寺田文子, 濱津潤. “列状間伐の普及に向けて～高性能林業機械による作業難易度マップの作成～”. 日本森林学会北海道支部会論文集. 55. 125-127 (2007)
- [5]北海道水産林務部. “平成 24 年度高性能林業機械等保有状況調査”. 入手先<<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/hoyuudaisuu.htm>> (2013)
- [6]北海道水産林務部. “北海道の路網・作業システム”. 7-13 (2014)
- [7]林野庁. “平成 23 年度素材生産費等調査”. (2011)
- [8]石狩振興局森林室普及課. “地域と連携した低コスト施業の取り組み～地域の効率的な作業システム：功程調査実施における報告書”. 6-7 (2013)
- [9]北海道水産林務部. “低コスト施業の手引き”. 15-16, 82-88 (2014)

酒井明香（林業試験場）

第6章 総合考察

(1) まえがき

本研究は、国内最大の森林資源を有する北海道が、その資源を循環利用しながら、北海道らしい住まいを獲得するためのイノベーションを目指したものである。

将来にも優れた自然環境を受け渡しつつ、地域の森林から得られる木材を地域の人材、地域の技術でより付加価値を高めて利用する。さらには、北海道らしい住まい、街づくりを育みながら産業振興を図る。このために必要なイノベーションを考え、地域に落とし込む。そのため、川上・川中・川下のそれぞれの視点から、また連携の視点からイノベーションを検討してきた。

ここでは第2章から第5章で述べた研究成果を振り返りつつ、全体的な考察を行い、今後の期待について記述する。

(2) 木材乾燥技術の重要性

伐採したばかりの木材は、触って湿り気を感じるほど水分を含んでおり、例えばカラマツの心材で含水率40%前後、辺材で150%前後である。これを建築用材として使用するためには乾燥させる必要があり、従来、目安となる含水率は15~20%とされている(ここでの含水率は、材全体の平均含水率を呼ぶ)。

木材は、乾燥して繊維飽和点(約30%)以下の含水率になると収縮しはじめる。この際、幅・厚さ・長さ方向によって収縮量が異なるため、くるといや割れを生じることがある。

くるといやには、ねじれや曲りといったものがある。木材中の繊維配列や異常組織の影響により、乾燥時に収縮差が生じてねじれや曲りとなる。本研究で対象としたカラマツは、左旋回の強いねじれが生じるため、従来、住宅部材とすることは容易ではなかった。また、このような木材組織に起因するくるといやの他に、不適切な乾燥によって木材中に水分ムラができた場合にもくるといやが発生する。

割れは、一般的に木口*割れ、表面割れ、内部割れの3種類に分類される(図6-1)。木口割れは、乾燥初期に水分の蒸発が木口面から起こり、収縮が急速に進行して発生するものである。これには、できるだけ木口が乾燥しないようシートで覆うなどの対策もあるが、作業手間に課題がある。表面割れは、木口以外の材面に独立して発生する割れで、乾燥の初期段階などに表層に生じた引張り応力が材幅方向の引張り強さより大きくなり、組織的に弱い繊維に沿って現れるものである。心持ち材に発生しやすく、これを避けるには蒸煮後に

高温低湿な条件で乾燥する高温セット法が有効であるとされている。内部割れは、表面に現れず、材の内部に現れるものである。乾燥後期などに繊維の収縮が増大し、内部に生じた引張り応力が木材組織の結合力を上回ることによって発生するものである。内部割れは、乾燥条件が厳しい場合に起こりやすい。特に柱・梁材等の厚物の木材では、表面と内部との水分の違い(水分傾斜)が起こりやすく、生じた応力が割れを引き起こすことにもなる。内部割れがプレカット加工*の仕口や継手となる部位にあると、欠損等を招き、製品歩留まりが低下することになる。

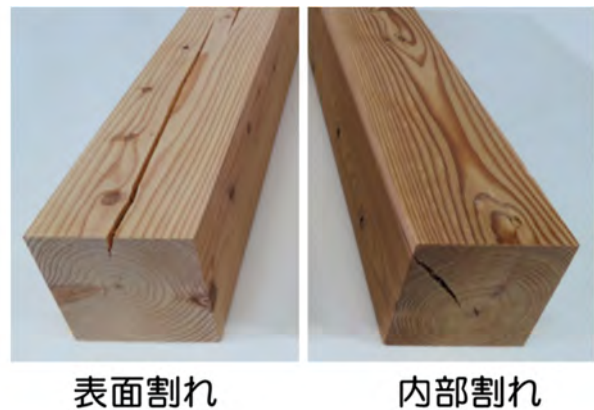


図6-1 乾燥に伴う割れ

以上のように、木材の乾燥においてはくるといや割れが生じる。このため、木材を建築用材とするには、くるといや割れを抑制しつつ乾燥することが重要であり、そのための技術開発が必要である。

先述のように、建築用材の含水率は、従来15~20%を目標にしてきた。一方、昨今の仕様や工法が改良された高断熱、高气密な住宅では、年中、暖かく安定であることで湿気の取り込みが少なく、結果として室内が恒常的に過乾燥である。例えば北海道の住宅では、年中20℃程度の快適な居住環境が提供される一方で、関係湿度(相対湿度)は冬期の室内で30~40%、床下でも40~50%と低くなり、その環境下に置かれた木材の含水率は室内で7~8%、床下でも9~10%になる。つまり、含水率15~20%の状態ですり込まれた柱材は、入居後にさらに乾燥が進み、含水率が5~10%低下することになる。これに伴って、くるといや割れが発生し、床鳴りやクロスのはわ、ドア開閉の不具合等を引き起こす。したがって、現在の住宅において安心して使用できる建築用材を供給するためには、従来の目標含水率よりもさらに低い含水率に仕上げる技術が必要となっている。

過乾燥な室内にも十分に対応できるレベルに一旦乾燥させた木材は、湿度の高い状態に放置すると、次第

に吸湿しながら**平衡含水率***に近づく。同一の室内環境下で吸湿しながら平衡含水率に達する木材は、逆のケース、すなわち放湿（乾燥）しながら平衡含水率に達する木材よりも、平衡含水率が2~3%程度低くなる。この経過に依存する現象を、水分のヒステリシスと呼ぶ（図6-2）。含水率8%など、一旦低い含水率に乾燥することで、その後の含水率の変化が少なくなり、形状も変化しにくいものとなる。そこで、このような特徴も踏まえ、安定、高品質な乾燥材を製造する技術開発が必要である。

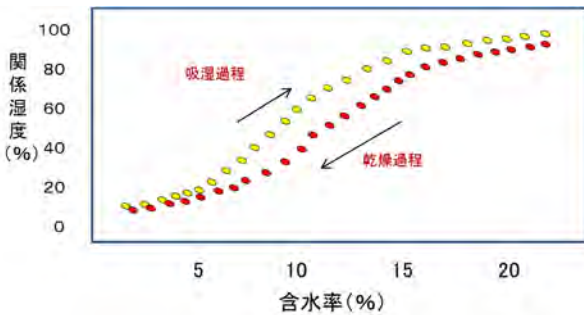


図 6-2 木材の含水率と吸放湿によるヒステリシス（履歴現象）

高品質な木材製品の開発に向けては、乾燥装置の検討も必要である。可能な限り既存の施設を活用し、より多くの地域で導入するなどして、道産木材の品質向上を図りたい。また、従来技術^[1-15]も踏まえながら開発を行う必要がある。そして、品質・性能の確かな乾燥材を**構造材***として提供することで、成熟期を迎えた道産のカラマツ資源の付加価値の向上を図り、資源の有効利用、循環利用を推進していきたい。

（3）高品質な木材製品を生み出す新たな乾燥技術への期待

本研究では、一般的に住宅への使用が困難であったカラマツ材を高品質な木材製品に変える乾燥技術（コアドライ*）を開発した（第4章）。この際着目したのが品質である。木材の品質は、制御が難しくバラツキが大きい故、これまで皆が妥協してきたところである。そのため、住宅にとって大切な部材である柱・梁桁材には**エンジニアードウッド***（強度性能が明確な製品）が重宝され、工務店の多くは集成材を選択する傾向にある。

これを教訓として、これからの木材製品は妥協せず、高性能で、使用環境に適したものである必要がある。また、多くの工務店によって、より多くの木材が使用されるためには、高い品質のものが安定的かつ容易に入手できなくてはならない。

品質の重要性を認識するには、木材を扱う人にとって付加価値の高い**正角材***での試みが理解しやすい。木材産業、住宅産業が一緒に考え、両方で受け入れられる技術、製品でもある。しかも、その技術は**2×4材***、集成材、**羽柄材***など他の製品にも通じる。こうした背景から題材としたのがコアドライであり（図6-3）、コアドライにはさらなる拡がりを期待している（図6-4）。



本研究にて開発した正角材

今後の開発対象
（平角材）

図 6-3 高品質乾燥技術コアドライによる建築用材開発

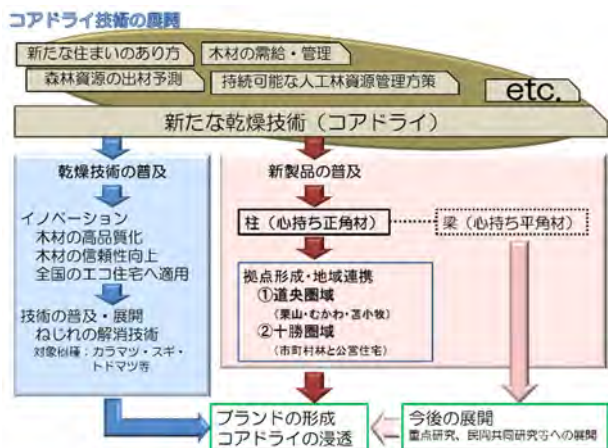


図 6-4 戦略研究を経て展望するコアドライ技術

カラマツは、繊維傾斜によるねじれの大きな樹種ではあるが、含水率そのものは低く、心材・辺材の違いやバラツキは少ないものである。このことが、コアドライによる均一、高品質化を可能にした。今後は、水分のバラツキが大きく、資源が増加するトドマツやスギへの適応も図りたい。トドマツは壁孔が少ないため、水分の出入りが小さく乾燥性は低い。さらに水食いと呼ばれる含水率の不均一な部分も多く、また、板材の半径方向と接線方向との収縮率の差が大きいため、割れが生じやすい樹種である。ねじれが小さいスギも、割れの抑制が難しい樹種であり、さらに色や香りの変化、色ムラ（源平率）の改善が望まれている。コアド

ライの内部まで均一、かつ穏やかに乾燥する手法を、トドマツやスギをはじめとして様々な樹種に適用することは、開発者の使命と思われる。いずれはJASの改定にも影響したいところである。

また、過乾燥な住宅は北海道に限定されるものではない。都内でも、湿度は50%以下と言われている。今後の居住環境では、構造部材の含水率が従来通りの15%で良いのかを考える必要がある。一方で、多湿な地域にも、暮らしに応じた含水率、品質を考えながら乾燥し、部材を供給する必要がある。快適な空間、安心・安全な暮らしに応える製品づくり、基準づくりを目指す必要がある。

コアドライ自体、魅力的な新商品の提供技術ではあるが、地域製品のあり方を考える題材にもなった。地域資源にいかにつ加価値を付けるのか。そのための技術と展開を考える機会にもなった。付加価値が商品の競争力を生み、優位性につながる。今後も北海道が先行してコアドライを展開する意義はここにあり、それは極めて大きなものと言える。

(4) 一貫したマーケット戦略の重要性と可能性

北海道の森林づくり基本計画では、平成24年において388万 m^3 である素材生産量を平成44年には610万 m^3 とする目標を掲げている。これを達成するためには、的確な市場形成と展開が必要である。市場から信頼を得る拠点（ハード）とシステム（ソフト）を整備し、ニーズを的確に捉え、需要に遅れることなく供給するサプライチェーン*マネジメント（SCM）を構築することが重要である。また、大きな供給であるが故に、市場がどこかを考える必要がある。北海道は面積が大きい割に人口が少ないことから、受け皿を道内に限ると大きな展開はできない。そこで、木材の地産地消に加えて、移出を見据えた展開を図りたい。森林を最大限に活用しながら、その利益を山に戻し、将来の森づくりをするためには、道内の住宅需要（年間3万棟着工）だけに留まることなく、道外、海外の需要に対する事業展開を目指す必要がある。

現在の住宅産業では、問屋、販売店、工務店は木材製品の在庫を持たず、プレカット工場から必要な部材がジャストインタイム*で納品される時代となった。将来を見据えた効率化の視点から、必要などころに必要な機能を持った物流でなければ、道外、海外はおろか道内での展開も困難である。拠点を中心にトータルの原価（物流費、在庫保管費、移動による品質の劣化、リードタイム*等）や市場動向を見ながら、適切な供給方策に基づく展開を図ることが重要であり、ニーズに応じた製品供給、販売拠点を考える必要がある。

また、拠点を考える上では出口となる住宅の着工数を精査することも重要である。今、北海道における新設住宅着工戸数は3.5万戸程度であり、その6割が道央圏に集中している。その2/3が木造であるとする、木造の新築数は2.3万戸と試算される。一例として道央圏域で栗山町を拠点とすると、周辺25km以内の新築住宅（平成24年）は夕張（37）、岩見沢（297）、江別（665）、三笠（15）、北広島（345）で合わせて約1,500戸、木造が2/3の1,000戸となる。住宅1戸あたり3 m^3 の管柱*を使用すると、3 m^3 ×1000棟=3,000 m^3 の管柱の供給が必要となる。これは年間3万 m^3 以上の原木を加工することとなり、道内の有力な森林組合ひとつの伐採量に匹敵する規模である。新たに3万 m^3 の用途が発生するとなると、市場への影響も大きいため、原木の入手先、製品の供給先を考えながら拠点の形成を図る必要がある。

市場からの信頼を得る上では、拠点とともに供給体制を管理するための情報共有システムが必要である。ここ数年、国際化に伴う物流*とそのシステムの変革は、目覚ましいものがある。今では在庫管理や生産調整などの物流問題は、一企業にとどまらず、企業間に影響するものとなっている。無駄のない流通には、進歩の著しいITを活用した需給管理、生産管理、受発注管理、情報継承（トレーサビリティ*）が必要である。なお、原木・木材製品は大きく嵩張るため、在庫負担は侮れず、物流・ロジスティクス*部門のコスト削減は重要な問題である。製品のひとつが不足することによって商いの機会が失われることにもなる。いつ、なにが、いくつ、これらの情報が安定しないままでは、事業展開にも限界を生じる。在庫・管理システムを開発し、供給側と需要側の情報共有を図ることで、市場での展開力を獲得することが重要である。

本研究では、ハードとしてコアドライを生産するための加工・乾燥施設、ストックヤードを検討した（第5章）。また、品質のための含水率・割れ・強度・節等の管理機能も備えた拠点を構想した（第5章）。高品質な木材製品が安心して入手できる市場があることは、まずはコストに直接的な好影響をもたらす。そして施設が認識されることは、プレーヤーの増加、活性化が大いに期待されることとなる。

一方ソフトとしては、原木の提供者から木材製品の生産者、コアドライの利用者までの情報共有システムを検討した（第5章）。QRコード等の情報共有ツールは、確実にこれらを繋ぐものと期待され、的確な情報共有もコストの安定に有効となることが明らかになった。

そして、市場形成を見据えながら、道央圏や十勝圏におけるソフトとハードを有するビジネス展開を構想した（第5章）。ビジネス化による経済効果、環境効果

を明らかにするとともに、FSC (Forest Stewardship Council：森林管理協議会) など国際的制度や加工・流通過程の管理認証 (COC認証) の推進にも寄与することが期待された。

今後も地域連携を進めながら、拠点とシステムを改善・改良しつつ、道内から道外へ、さらには国外を目指した展開を図りたい。これによって、北海道らしい地域産業づくり、最新IT*を活用したビジネス展開を図るとともに、森林づくり基本計画の目標達成にも寄与したいと考えている。

(5) ブランド化戦略

通常、マーケティング戦略は、コスト戦略と価値戦略に分けられる。コスト戦略とは一定以上の質を保った製品やサービスを低価格で提供するもので、例えば薄利多売型ビジネスが挙げられる。一方価値戦略は、高付加価値の商品やサービスをそれに見合った価格で提供するものである。競争が激化している市場では、中途半端なビジネスは淘汰されやすいものとなる。

本研究で対象とした道産カラマツは、高品質化を図る必要があることから、ここでは価値戦略を採用し、ブランド形成による市場競争力の獲得を目指すこととした。ブランド価値は消費者一人ひとりの経験や感想によって築かれるもので、商品を購入した消費者やサービスを受けた消費者の抱く信頼感や高級感によるものである。新たなブランドを作り上げるためには、明確な違い、売りが必要となる。そこで、①性能・機能性②価格③流通システム④顧客層⑤商標・特許等の法的制度を検討しながらブランド化を構想することとした。これらは一つでも売りにはなるが、複数あると展開は推進されるとされている。

ネーミングも重要になる。ターゲットとする顧客に認知されやすいものとし、名称・ロゴマークの商標登録も行った(図6-5)。本当に良いブランドは、市場における浸透速度は遅いがリピート率が高いという特徴を持つと言われることから、この点も意識しながらビジ

ネス展開を設定した。その際、40年を越える北海道発のブランド「夕張メロン」を参考にすることとした。夕張メロンは、商標も戦術としており、商標の下に品質保証を行いながらブランド化を進めている。消費者から去年も今年も同じおいしさといった信頼を得ている。第4章で紹介した新製品コアドライ材は、商標登録等の知的財産の確保、確かな品質でブランド化を目指し、関連業界・消費者から信頼を得る戦略を図ることとした。これによって、魅力ある産業、儲かる産業とし、さらには雇用拡大や地域全体の振興に繋げたい。

(6) 従来型林業からの脱却、その意義

森林とのつながりによって、日本人は多くの恩恵を受けてきた。健全な森は、浸食や崩壊といった環境不安の解消に寄与し、生活に不可欠な水質浄化・水資源確保に貢献する。また、恵まれた自然環境・生活環境を我々に提供し、二酸化炭素削減、エネルギー供給の視点からも注目されている。加えて、森林から産する木材は、日本人の暮らしに深く根ざしており、日本特有の豊かな文化に不可欠な要素となっている。

今、日本の森林はこれまでにない蓄積*量(2012年は49億 m^3 、半世紀で2.6倍)となっている。その4割(約1,000万ha)は人工林であり、今後は高齢化、大径化が進み、本格的な利用段階となる。しかし丸太価格は、輸入材との競合もあって昭和55年をピークに下落し、平成25年はスギが1万1,500円/ m^3 、ヒノキ1万9,700円/ m^3 と、ピーク時の約4分の1に過ぎない価格である。また、構造材の製品価格も、輸入のホワイトウッド*集成材との競合から、低位に抑えられており(6万円/ m^3)、国内林業の低迷要因となっている。

林業の低迷、衰退は、単なる一産業の問題ではない。国民全体に関わる環境、文化の問題でもあり、状況の打開が必要である。本研究もこのような視点に立ち、林業の再生を大きなテーマとした。そして、川中(木材産業)、川下(住宅産業)との連携を強く意識し、それらの要求に応えうる林業の姿を模索した。

現時点において優れた資源が豊富に存在しても、それがいつまで続くのか。先の見通しを示すことが、使い手の信頼獲得につながる。そうした視点から、カラマツおよびトドマツ資源の持続性と供給力について推定に必要な分析を行って手法を確立し、向こう50年間にわたる予測を行った(第3章)。推定手法を確立したことにより、広域の人工林における林齢*別の面積や伐採量等を加味した資源動態の予測が可能となり、全道の持続可能な森林資源管理方策について提案できるようになった。予測に当たっては、根拠となるデータの精度が重要であり、今後は、定期的なデータの更新に



図6-5 登録商標「コアドライ」

基づく予測の更新，管理方策の改訂が必要となろう。また本研究では，データの取得に関して，**リモートセンシング技術***の応用も検討した（第3章）。衛星画像の入手や解析の精度の改善を図ることにより，将来的にも有望な技術であると考えられることから，今後の進展に向けて取り組んでいきたい。

資源があってもコストが高くて使えない。欲しい時に物がなく購入したくてもできない。使い手側が木材に抱くこうした懸念をいかに解決していくか。この点も林業における課題である。そこで本研究では，実証可能性調査（**FS***）を通して，低コスト化や納期短縮を可能とする生産システムのモデルを探り，工夫次第で十分に改善を図ることができることを示した（第5章）。作業現場，機械などの条件が絡むため，本結果は直ちに一般化することはできないが，新しい林業の形，あるいはそのヒントとして大きな意味を持つものであり，林業関係者を動かすきっかけとして活用していきたい。

従来型の林業は，言い方は悪いが，原木をニーズに関係なく生産し供給するスタイルである。しかし，使い手の立場を考えると，これは改める必要がある。すなわち，用途を意識し，それに合う質の高い原木を提供していく発想が必要である。例えば，**心持ち***管柱用には細すぎず，太過ぎず，製品歩留まりを考慮して最適の時期に伐採したものを提供する。また，梁のような大きな断面材や意匠性が求められる内装材向けであれば，間伐や枝打ちを繰り返すなど適正な育成を施して付加価値を高めた原木を提供するといった考え方である。このような使い手側に立った林業が，川中，川下での信頼醸成につながり，巡り巡ってシェアの拡大，林業の再生，森林資源の循環へと繋がっていくものと思われる。

以上のように本研究では，川中（木材産業），川下（住宅産業）との連携を念頭において，今後の林業，森林資源循環に寄与する方策を示した。全国に先駆けていち早く，北海道の林業が川中，川下とのつながりを深めた産業へと転換していくことにより，沈静化する地域産業の活性化を図っていききたいと考えている。

（7）将来を見通す「新たな住まい」の展開

木造建築は進化し続けている。法隆寺を始めとする木造建築物は，日本文化の象徴でもある。日本は雨が多いため，屋根を大きく笠形としてきた。ぬれや腐れに対応するため，地面から一段高いところに板張りを施し，座敷は襖によって仕切り，夏はそれをはずすことで風通りを良くする住まいとしてきた。このような生活に適した住まいづくりを考えることで，建築技術は発展してきた。

一方，北海道の住宅技術は歴史が浅い。しかしながら，明治の開拓期から百数十年の短時間のうちに，積雪寒冷の気候風土や省エネルギー化に対応すべく進化を遂げてきた。

防寒改善と住宅の不燃化を目指し，1953年に北海道寒地住宅建設等促進法（寒住法）が制定される。簡易耐火造以上の不燃防寒住宅が住宅金融公庫などの公的融資の対象となり，1960年代前半にかけてコンクリートブロック造住宅が普及する。またこのコンクリートブロックは100%地場産材であり，当時道内各地に生産態勢が確立していたことは特筆に値する。

この間，木造住宅でも同様の防寒性能の向上が図られる。1969年の寒住法の改正により，木造住宅が住宅金融公庫の一般融資対象となり，防寒性能を備えた木造住宅の建設が進む。1970年代，多くの建材が**湿式***から**乾式***に移行し施工技術も変化する中，オイルショックを契機に省エネに対する意識が急速に高まった。1980年には国の省エネルギー基準が制定され，政策面からも省エネが推進されて公的融資制度が整備されたこともあり，オイルショック以降，住宅における**躯体***の高断熱化が進んだ。しかし当時の**気密化***なき高断熱化は，想定した快適性向上や省エネには繋がらず，これまでもあった断熱材内部や床下・**小屋裏***空間での**結露***の問題をさらに顕在化させ，住宅の耐久性を大きく低下させる原因となった。

そこで1970年代後半から1980年代前半にかけて，この問題を解決し，一層の省エネ，快適性向上を目指して，寒地住宅都市研究所（現北方建築総合研究所）や行政，民間企業の技術者，大学等の研究者により，学会委員会をはじめ多くの研究グループが形成され，広範囲に及ぶ住宅技術に関する研究，技術開発が盛んに取り組みされた。この中で住宅における気密化の概念が示され，その考え方を基本に据えた構造的な研究を経て，1980年代半ばには，北海道における木造住宅の断熱化に必要な対応がようやく鮮明になった。

1980年代後半から1990年代前半にかけては，高性能建材の普及に伴って，高い断熱・気密化技術は本格的な普及の段階に入る。そこで1988年度に北海道が策定したのが，北海道の気候・風土に根差した豊かな暮らしを実現する住宅の目標像を示した「**北方型住宅***」である。以後，この「北方型住宅」のコンセプトを基軸として技術のさらなる開発，普及が図られ，現在では国内トップクラスの省エネ・耐久技術が道内に蓄積されるとともに，高品質の住宅が供給されている。

こうした進歩の一方で，近年，少子・高齢化の進行などにより，家族や世帯の状況が変化しつつある。それに合わせて住まいに求められるニーズも変わりつつ

あることから、その変化を的確に捉え、これからの住宅のあり方に反映していく必要がある。また、地域の衰退が問題となる中、地域間の格差是正が課題となっており、冬場のエネルギー消費量が多い北海道においては住宅におけるエネルギーコストの平準化も検討が必要となっている。そこで本研究では、こうした課題に対して指針（新たな住まい像）を示すための検討を行った（第2章）。すなわち、将来を見据えて、人口（人口減少、少子・高齢化）、経済、社会環境および生活環境の観点からあるべき住宅の姿を模索した。そしてライフステージや、地域の気候特性を考慮に入れた適切な省エネの視点から「新たな住まい」像を提案した。

さらに、本研究の最大のテーマである森林資源の循環利用に向けて、川下（住宅産業）において道産材をいかに有効活用するか、その方策（新たな住まい像）の検討を行った（第2章）。その中では、道産材を活用した住宅のモデルプランの設計や、構造用および非構造用の各種部材の検討・開発を川中と川下とが連携して行い、技術を進化させながら住宅空間に落とし込む作業を行った。この過程において、住宅に使用する道産材の目標値を50%に定めた。また、体感できる形での成果として実証住宅を施工し、「新たな住まい」の1つの姿を業界関係者、一般市民に公開した。

以上に示した「新たな住まい」像のうち、ライフステージに応じた住まい像については、平成26年8月より運用が始まった新しい北方型住宅の制度「きた住まい」に反映されている。また、エネルギーコストの平準化や道産材の利活用に関しては、今後速やかな普及に向けた取り組みが必要である。森林資源の循環を考慮した住宅建築を普及させるには、現実には多くのハードルを乗り越える必要があるが、川上から川下までが建て主や行政とも連携して体制をつくり、環境整備に取り組むことが重要である。本研究では、十勝管内の先駆的な取り組みに参画し、要点や課題について検証を行った（第5章）。ここで得られた成果を、今後の普及に向けた取り組みの後押しとして、活用していくことが重要である。

様々な住宅ニーズに応ずる「新たな住まい」には、住まい手自身の判断により適切に取得できる仕組みも必要であろう。そのため、川中と川下とが強固に連携し、製品のパッケージ化を図りつつ、北海道らしい地域づくりを共有することが重要と思われる。また、大きな経済効果をもたらす住宅産業が、北海道の各地域で森林資源の循環を意識した展開力を高めることにより、それが結果として地域の産業振興のみならず、地域製品の道外展開、国外展開の推進力にもなるものと考えている。

（8）3者連携による地域産業の推進一本戦略研究の先に見える将来一

本研究において取り組んできた3つの産業（林業、木材産業、住宅産業）の連携には、今後大いなる期待が持たれる（図6-6）。

本研究では、新たな乾燥技術「コアドライ」をフラッグシップに、3つの産業を繋ぐトレーサビリティシステム、需給管理システムを開発した（第4章、第5章）。また、森林・素材生産業者からユーザーである工務店等までの流通構造を単純化するとともに、コアドライ材の生産工場に水分管理センターならびに物流センターとしての機能を付与して、品質とジャストインタイムを担保する新たな流通システムを構築した（第5章）。これらの成果を生かした地域ビジネスが、今、栗山町を中心として動きはじめている。

研究を通して、川上は川中を、川中は川下を意識して、産業を形成することが重要と強く認識できた。用途を見据えた原木づくり・供給の視点から林業を捉え、その為の森づくりを図る。また、山づくりの履歴を的確に伝え、信頼と恩恵を獲得する。枝打ち、間伐などの苦労が実る価格体系でなければ林業再生は困難である。コアドライ、プレミアム集成材、内装材といった付加価値の高い製品群開発を通してその打開策を提案できたものと考えている（第4章）。

道内のカラマツは、1889年頃から道内の国有林に植えられたものであり、成長の早さや材質等の長が分かっており、道内の植林樹種として優れている。林業再生を推進する上で、植えたものを自身が収穫することは、その推進力を高めることとなるため、資源回収の見込みは重要である。ニュージーランドのラジアータパインは、カラマツと同様に移植されたものである。同国ではこのラジアータパインを30年で大径木に育て、家具、建具、集成材等へと加工しており、この木を同国の重要資源と位置づけている。これと同様に、本研究を契機として、北海道ではカラマツを有望な資源、地産地消はもちろん道外、海外へも売り込める資源にしていかななくてはならない。

輸入材からのシユア奪還のスタンスも明確にできた。平成20（2008）年以降の世界的な金融危機を背景とした原油価格の変動、為替の変動、需要減退等の影響に対して、木材の需給構造は世界規模で変貌した。今後も、円安の追い風も受けつつ木材の自給率向上と人工林資源の再生機運は高まるものと思われる。このような時こそ、地域住宅や公共建築物での地域材利用を図り、川下側から資源育成を支援しつつ、将来の地域産業を強固にする時と思われる。そのためにも、今後の建築物に求められる性能・機能に関して川下から川中、



図 6-6 川上（林業）・川中（木材産業）・川下（住宅産業）の産業連携の姿

川上への情報発信が必要であるとともに、川上、川中からは、川下が求める安定した品質の製品を、必要な分、使いたい時に供給できる体制づくりを進め、相互信頼を醸成していかなくてはならない。

来る素材生産610万 m^3 の時代（平成44年）をにらみ、地域の林業、木材産業、住宅産業が課題に対して協力して取り組み、その恩恵を共に分け合う姿を構築することで、地域産業は飛躍、展開力が増すものと考え。そして、本研究において3つの産業を支える研究機関が一体となって取り組んだ成果は、森林資源の再生と循環、地域産業の振興、そして未来における夢のある北海道の創造への指針になるものと確信している。今後も、関係機関、関連企業、道民と連携しながら、広く理解を得て、成果の実用化、事業化を進めていきたいと考えている。

（9）引用文献等

- [1]特開2002-86407
- [2]特開2008-307790
- [3]特開2009-241265
- [4]特開2001-116453
- [5]特開2001-105409
- [6]特開2008-307790
- [7]特開2012-51231
- [8]特開2007-22077

[9]吉田孝久, 橋爪丈夫, 武田孝志, 徳本守彦, 印出 晃. “スギ心持ち無背割り柱材の高温乾燥における高温セットの割れ防止効果について”. 材料. 53(4). 364-369 (2004)

[10]徳本守彦, 武田孝志, 吉田孝久. “スギ心持ち無背割り柱材における高温セット処理後の乾燥スケジュールが内部応力に及ぼす影響”. 材料. 54(4). 365-370 (2005)

[11]小田久人, 蛭原啓文, 迫田忠芳, 藤本登留, 村瀬安英. “宮崎産スギ心持ち柱材の高温低湿乾燥における乾燥性”. 木材工業. 59(6). 255-259 (2004)

[12]吉田孝久, 橋爪丈夫, 中嶋 康, 武田孝志. “カラマツ心持ち正角材の強度特性に及ぼす高温乾燥の影響”. 木材工業. 54(3). 122-125 (1999)

[13]齋藤周逸, 吉田孝久, 河崎弥生, 信田 聡, 西村勝美. “木造住宅の構造材に現れた含水率分布”. 木材工業. 57(10). 438-443 (2002)

[14]徳本守彦, 帆苺謙一, 武田孝志, 安江 恒, 吉田孝久. “高温セット法で乾燥したスギおよびヒノキ心持ち柱材内のドラインセットの分布”. 材料. 53(4). 370-375 (2004)

[15]Goring DAI. “Thermal softening of lignin, hemicellulose and cellulose”. Pulp Paper Mag. Can. 64. T517-527 (1963)

齋藤直人（林産試験場）

おわりに

北海道の木で北海道の住宅をつくる、言い換えれば、地域の資源で地域の住宅をつくるという営みは、昔の北海道では成り立っていた。しかし、それが途絶えた一つの理由は災害である。すなわち、1954年の洞爺丸台風の襲来であり、一部の地域を除き、道内の相当な地域において壊滅的な災害が発生した。

これに対して、当時の北海道では炭鉱業が盛んであったことから、森林の再生には早く育つカラマツを植える政策が採られ、成林した暁には坑木として用いることが予定された。一方、住宅政策としては、貴重となった森林資源を使うことなかれということで、火山灰ブロックの住宅が開発された。また、住宅金融公庫は木造住宅に対して融資をしない、いわゆる木造禁止令が出され、これは1970年まで続いた。

その後も、2度のオイルショックなど様々なことがあったが、道内の住宅技術は進化し、省エネ・耐久性に非常に優れた高品質の住宅ができるようになった。と同時に、これらの住宅を作っていく中で、供給力、品質、そして価格で優位な外国資源に依存するようになった。住宅産業は、車と一緒に経済に非常に貢献するとされるが、北海道では域外資源に頼った結果、域内に落ちるお金が極めて少ない構造が形成され、地域における森と住まいのつながりは、すっかり希薄なものとなった。

この過程において道内の森林では、炭鉱業の衰退により坑木生産という当初の目的を失い、伐期が延ばされ、資源の蓄積が進んだ。また、輸入材との競争で劣勢に立たされ、林業は低迷し、その存立自体が危ぶまれる状況となった。林業の衰退は、単純な一産業の問題ではない。公益的機能の維持管理、すなわち国土管理の問題でもあり、さらには日本における人と森との持続的な関わり、そしてそこから生まれた文化、これらの継承の問題でもある。林業従事者は減少し、さらに高齢化が進む中、困難ではあるが林業再生の道筋を見つけ、次世代に引き継いでいく作業を一刻も早く進めなくてはならない状況にある。

本研究は、このような背景のもと、今一度、地域での森と住まいの関わりを取り戻して林業を再生する、その姿を描く意図を持って実施した。木材を生産する川上から付加価値の高い建築部材を製造する川中へ、さらに地場の部材を使って住宅を建築する川下へと効率よく資源を受け渡し、得られる利益を川上に遡って還元して木材の持続的な生産と循環につなげる。この目的のために、川上から川下までの連携を重視し、そのシステムづくりに碎身した。

テーマとしては極めてシンプル。しかし、一度途切れて風化したシステムを再構築するにはものすごく大きな努力が必要であることに気付かされた。同じ道総研の研究者であっても、専門分野が違えばものの見方、考え方が変わる。林業、木材産業、住宅産業、これら3つの産業の連携を描く前に、お互いの内実を理解し、また異分野からの意見を受け止め咀嚼するのに多くの議論が必要であった。

そのような混沌の中からの1つの道筋の構築。その結果を見える形で表したのが、実証住宅であり、ビジュアルパンフレットであり、この報告書である。実証住宅の建築に協力していただいた工務店さんの「道端に落ちていた石ころが宝石になった」とのコメント。本成果の普及に向けたポテンシャルを示す言葉である。今後は、流通がついてくるか、生産がついてくるかという産業界への普及のステップになる。同じ組織の研究者の間でも苦労した意思統一。これを川上、川中、川下の3つの産業界を跨いで行うのは相当難しい作業になると予想されるが、まったくの暗闇にいないわけではない。道央圏では栗山町にコアドライ材の生産拠点ができた。早速、近隣のむかわ町で生産された素材がここで加工され、むかわ町の公共住宅に使用されることになっている。また第5章で述べたが、十勝圏では地域材を地域の住宅に利用する取り組みが進みつつある。このような一部の地域で灯りはじめた明かりを絶やさずに、より多くの地域に伝え広めていく。このことが重要であり、産業界と一緒に総力で取り組んでいかなければならない。

また、技術開発はこれからも続く。木材の伐期は様々な中で、色々な利用の仕方が考えられる。小さな材料であれば小さいなりに、大きな材料であれば大きいなりに、川中、川下側が適材適所を見つけて使う。今後もそうした作戦、そのバリエーションを増やしていく必要がある。本研究は終了するが、今後も様々な研究テーマを起し、住宅ばかりでなく非住宅、一般建築部門の研究も起こして利用拡大を目指していきたい。

本研究の成果の普及や継続的な技術開発により、ある集約化したビジネスモデルができるものと予想する。それがいよいよ確立していけば、地域材の地消のみならず、道外展開の視野も開けてくるのではないか。その方向性に期待するとともに、覚悟を新たに努力しなくてはならない。

森の営みや建築・まちづくりの営み、これらの営みを歯車に例えると、かつての北海道では、2つの歯車が連動性を持って回っていた。しかし、大きな災害を境に2つの歯車は切り離され、独立して回るようになり、

時間の経過とともに森の歯車は錆びついて随分と動きが鈍くなってしまった。森の歯車が止まることは、北海道にとって大きな損失をもたらす。そこで、技術革新の歯車を用意し、この歯車を介して森の歯車と建築・まちづくりの歯車を結び付け、森の歯車の動きを取り戻すことにした。低コスト化、リードタイム短縮、新しい流通システム（トレーサビリティ・受発注管理

・品質管理などの要素を含む)といった潤滑油を注し、3つの歯車がスムーズに回るように調整した。今はまだ試運転といったところだが、3つの歯車が連動することにより、地域に活力が生まれるはずである。そして、いずれはギアチェンジができるように改良し、北海道から日本全国へ、さらには海外へと展開力の向上を目指していきたい。

鈴木大隆（北方建築総合研究所）

斎藤直人（林産試験場）

用語集

【あ】

IC タグ (アイシータグ)

電波を受けて働く小型の電子装置で、内蔵の個別番号などの情報を送信するためのもの。

相対取引 (あいたいとりひき)

原木市売市場を通さず、売り手と買い手が直接に取引する売買形態のこと。

IT (アイティー)

Information Technology の略。情報技術のこと。コンピュータやデータ通信に関する技術全般を指し、情報通信分野の基礎技術から応用技術の範囲までを含む。具体的には、コンピュータやインターネットを中心とするネットワークを活用し、会社の業務や生活に役立てるための技術を指すことが多い。最近では、ICT (Information and Communication Technology) という用語が使われることも多い。

生節, 死節 (いきぶし, しにぶし)

樹幹の成長にしたがって、枝が樹幹に取り込まれたものが節であるが、枝が生きている状態で樹幹に巻き込まれたものを生節、枯れてから巻き込まれたものを死節と呼ぶ。

一次エネルギー (いちじエネルギー)

エネルギーのうち化石燃料など加工することなく自然界に存在するエネルギーである。電力は一次エネルギーを変換して作られるので二次エネルギーである。

一番玉 (いちばんだま)

根元に一番近いところから採った丸太 (原木) のこと。元玉とも呼び、直径が大きく節も少ない。以下、先端の方向へ二番玉・三番玉・・・末玉と呼ぶ。

一丁採り (いっちょうどり)

丸太から柱材などを製材する場合、一本の丸太から一本の柱材を採ることをいう。これに対して、一本の丸太から二本、四本の柱を採ることをそれぞれ二丁採り、四丁採りという。

移入 (いにゅう)

「輸入、移入」を参照。

FS (エフエス)

Feasibility Study の略。事業やプロジェクトの実施前に、それが実現可能かどうかを検討するため、事前に予備的に行われる調査・研究を指す。

エンジニアードウッド

生産方式が高度に工業化され、製品の品質が安定した信頼性の高い木質材料を指す。例えば、集成材や構造用合板などが該当する。

横架材 (おうかざい)

梁や桁など、柱などの垂直材に対して直角に渡す部材を指す。

オウシュウアカマツ

Pinus sylvestris の和名。ヨーロッパからシベリアにかけて広く分布し、ヨーロッパ各国における代表的なマツの1つ。材質や用途はアカマツに類似し、建築、建具、坑木、電柱などに用いられる。

大壁づくり (おおかべづくり)

柱が見えないように面材で覆ってしまう壁の作りを大壁づくりと言う。

【か】

外皮平均熱貫流率 (がいひへいきんねつかんりゅうりつ)

住宅内部から外部へ逃げる熱量を外皮全体で平均した値であり、熱損失の合計を外皮面積の合計で除した値。換気による熱損失は含まず、値が小さいほど断熱性能が高い。

下層間伐 (かそうかんばつ)

間伐方法の一つで、下層木 (直径が細く樹高が低い木のこと) を中心に伐採する間伐のこと。

金物工法 (かなものこうほう)

伝統的な在来軸組構法の仕口と補強金物を使わず、構造材どうしを接合金物とピンやボルトにより接合する構法。仕口の加工が小さく断面欠損が少なくなるため、強度低下を抑制できる。

乾球温度, 湿球温度 (かんきゅうおんど, しっきゅうおんど)

乾球温度はいわゆる空気の温度を指し、湿球温度は温度計感部を湿らせた布で包み、水分が蒸発するとき気化熱が奪われて温度が下がり、この時の温度を指す。乾球温度と湿球温度の差から相対湿度が求められる。

乾式 (かんしき)

建築施工において、現場にて水を用いない材料または工法。

貫流熱損失 (かんりゅうねつそんしつ)

建物内部の温度に対して外気が1℃低いとき、外壁や天井、窓等を通して建物から外気へ逃げる熱量。小さいほど建物の断熱性能が高い。

気密化 (きみつか)

壁や天井、床などにおいて、部材と部材の間に生じる隙間をできるだけなくすこと。

気密性能 (相当隙間面積) (きみつせいのう, そうとうすきまめんせき)

建物の外気に接する面 (外壁、窓等) の隙間の有効開

口面積を建物の延床面積で除した数値を相当隙間面積といい、数値が小さいほど気密性能が高い＝隙間が少ない建物である。

CAD（キャド）

Computer Aided Design の略。コンピュータ支援設計とも呼ばれ、パーソナルコンピュータ等を使用して設計をすることや、そのためのソフトウェアを指す。

Q 値（熱損失係数）（キューち、ねつそんしつけいすう）

内外温度差 1K のとき住宅から逃げる熱量を床面積 1㎡ 当たりに換算した値で、値が小さいほど断熱性能が良い。

教師つき解析法（きょうしつけいせきほう）

現地調査の結果得られた情報をもとに分類項目を設定し、具体的に一つ一つの項目が、画像のどの地点で見られるかをコンピュータに記憶させ、このデータの統計量を計算し、画像に含まれる各画素を、類似度によって振り分けてゆく解析方法。

教師なし分類（きょうしなしぶんるい）

「教師つき解析法」と異なり、現地情報で得られた情報を「教師」として使用せずに画像値の類似性、差異等を機械的に分析、分類する方法。

躯体（くたい）

建築物の建具、造作、仕上げ、設備などを除いた部分。主として強度を受け持つ部分。

管柱（くだばしら）

木造住宅の柱のうち、横架材（胴差し）によって 1 階部分と 2 階部分が分断されている柱のこと。これに対して 1 階部分と 2 階部分が分断されていない柱を通し柱という。

クラウド

クラウドコンピューティングの略で、インターネット上のサーバー等を利用して各種の作業を行うことができる仕組み、サービスのこと。また、クラウドコンピューティングにおいて利用される不特定多数のサーバーを指すこともある。クラウド (cloud) とは本来は「雲」の意味であり、コンピュータネットワークを雲に見立ててクラウドと呼ぶ。

径級（けいきゅう）

原木が取引される際の、末口（細い方の切り口）の直径の階級をいう。直径を一定の間隔ごとに区切ったもので、「16cm」「18cm」「20cm 上」といったように、おおむね 2cm 単位のことが多い。

結露（けつろ）

水蒸気を含む空気が壁などに触れて冷やされ、露点温度以下になり、過剰な水蒸気はその表面で凝結する現象。

原木市売市場（げんぼくいちうりいちば）

原木を販売するための、常設の市場のこと。全国のほとんどの地域で存在するが、北海道にはない。

コアドライ

北海道木材産業協同組合連合会が保有する商標。材の割れを抑制しつつ、材心まで十分かつ均一に水分を落とすことを特徴とする乾燥技術およびその技術により製造された製品に使用される。

高性能林業機械（こうせいのうりんぎょうきかい）

原木生産の「伐倒」「集材」「枝払い」「玉切り」「巻立て」の各工程のうち、複数の工程をこなすことのできる、林野庁の定めた機械のこと。ハーベスタ・プロセッサ・フェラーバンチャ・グラップルスキッド・フォワード・タワーヤーダ等。

合成の有効開口面積（ごうせいのゆうこうかいこうめんせき）

空気の循環のための上昇開口と下降開口の合成の有効開口面積は次式で表される。

$$\alpha A = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{\alpha_u A_u}\right)^2 + \left(\frac{1}{\alpha_d A_d}\right)^2}}$$

αA : 合成の有効開口面積 [cm²]

$\alpha_u A_u$: 上昇用開口の有効開口面積 [cm²]

$\alpha_d A_d$: 下降用開口の有効開口面積 [cm²]

光線追跡法（レイトレーシング法）（こうせんついせきほう、レイトレーシングほう）

反射・透過・吸収により変化する光線を光源から追跡し、ある面が受ける光のエネルギー量などを計算する手法である。

構造材（こうぞうざい）

各種の構造物の骨組みに強度部材として用いられる木材。どの構造物に使用するかにより強度上の要件があり、それを満たす必要がある。

合板ガセット（ごうはんガセット）

合板製の板状の接合部用継ぎ手材。

木口（こぐち）

丸太の軸方向に対して直角に切った時の材の断面。

腰壁（こしかべ）

室内の壁の下半分に板材などを施工した壁。高さは 90cm 程度であり、腰の高さに相当することから、腰壁と呼ばれる。

小屋裏（こやうら）

木造や鉄骨造の建物で屋根裏にある空間。下方は天井にて区画され、小屋組を隠している。

梱包材（こんぼうざい）

貨物の保持、保護又は運搬に用いる木材又は木製品。

【さ】**材積間伐率**（ざいせきかんぱつりつ）

材積とは、立木や丸太の体積のこと。1haの山の材積のうち、どのくらいの割合を間伐したのかを示したものが材積間伐率。

在来機械（ざいらいきかい）

高性能林業機械が導入される以前から使われていたチェーンソーやトラクタ（いわゆるブルドーザー）、ログローダ、グラップルローダなどの機械のこと。

在来工法（ざいらいこうほう）

軸組工法と呼ばれ、柱と梁の組み合わせによって構造体を構成する工法。

サプライチェーン

流通をものの流れとして捉えるもので、商品のライフサイクル（企画・調達・設計・資材調達・製造・販売・教育・保守・廃棄）の全分野、全企業を連鎖状に結ぶ概念である。なお、ネットワークにより販売や生産、在庫などの情報を企業間で共有することで、納期短縮や在庫削減により経営の効率化、顧客満足度の向上を図ることをサプライチェーンマネジメントと呼ぶ。

栈積み（さんづみ）

木材乾燥の際、製材を横に並べ直行方向に幅の狭い栈木をほぼ等間隔に置きながら高さ方向に交互に積み上げ、隙間を作ることで風を通りやすくして乾燥を促す方法。木製栈木の代わりに耐久性などの面からアルミ角パイプ（3cm角前後）を使用することもある。

GIS（ジーアイエス）

Geographical Information Systemの略。地理情報システムのことであり、多種類の地図や統計情報などについてコンピュータを媒介に統合し、検索、集計、抽出、出力する技術。

CLT（シーエルティー）

Cross Laminated Timberの略。ひき板を並べた層を、各層で互いに直交するように積層接着した厚型パネルのこと。JAS規格では直交集成板と呼ばれる。直交積層のため高い寸法安定性が得られる。90～210mm程度の厚みが一般的で、断熱性に優れ、大判のパネルとして利用することで高い耐震性を確保することができる。既に欧米を中心に中高層建築物等に利用されており、日本でも同様の活用により、新たな木材需要の創出が期待されている。

仕組材（しくみざい）

木質パレットの作製や、貨物の包装に用いられる板状の木材のこと。

システム生産性（システムせいさんせい）

林業における主要な経営指標の一つ。原木生産において、一つの作業班が1日あるいは1時間に生産する原木量のこと。単位はm³/日（あるいは時）で表す。

湿球温度（しっきゅうおんど）

「乾球温度、湿球温度」を参照。

湿式（しっしき）

建築施工において、現場にて水を用いる材料または工法。

死節（しにぶし）

「生節、死節」を参照。

ジャストインタイム just in time

顧客にとって必要なものを、必要なだけ、必要なときに作る生産方式のこと。

集成材用ラミナ（しゅうせいざいようラミナ）

集成材を構成する挽き板の呼称。板の厚さは25～30mm程度が一般的。

樹冠（じゅかん）

樹木の枝と葉の集まりのこと。木の上部に一定の厚さの層を作り、樹種によって特有の形を作る。

受光伐（じゅこうばつ）

まだ若い木の成長を促す目的で、上木をすかして光を入れるための伐採のこと。

循環型居住（じゅんかんがたきょじゅう）

人々の志向性や価値観、生活感を反映した多様な住まいを「社会資産」として住みこなし、住み継ぐことにより、地域全体の質が向上し熟成していくと考え、この考えを「循環型居住」と呼ぶこととする。

準高性能型システム（じゅんこうせいのがたシステム）

「伐倒」「枝払い」「集材」「玉切り」「巻立て」のうち、全てではなく部分的に高性能林業機械を用い、あとは在来型の機械を用いる機械作業システムのこと。特に枝払いや玉切りを高性能林業機械で実施することが多い。北海道の素材生産業者の7割から8割が採用しているとされる。

正角材（しょうかくざい）

断面の一辺の長さが7.5cm以上の正方形の角材のこと。

小班（しょうはん）

森林の位置を明らかにするために設けた区画を「林班」と呼び、それをさらに森林所有者、樹種や林齢などが同一な森林に細分した区画のこと。

真壁づくり（しんかべづくり）

昔ながらの日本家屋のような柱が見える作りを真壁づくりと言う。

心去り（しんさり）

「心持ち、心去り」を参照。

心持ち、心去り（しんもち、しんさり）

製材などにおいて、樹心を含む場合を心持ち、樹心を含まない場合を心去りと呼ぶ。

心持ち正角材（しんもちしょうかくざい）

樹心を含むよう（心持ち）に製材した正方形断面の木材（正角材）のこと。これに対して、樹心ははずして製材した正角材を心去り正角材という。

隙間特性値（すきまとくせいち）

開口や隙間の形状の特性を表す通常 1~2 の間の値で、開口の幅が狭く（細く）なるほど 1 に近づく。

末口（すえくち）

丸太（原木）の 2 つの切り口のうちの細い方。

スピンドル

一般的には回転軸のこと。ここではベニヤレース（丸太のかつらむき機）の回転軸のこと。

成熟材（せいじゅくざい）

「未成熟材，成熟材」を参照。

成林（せいりん）

植えた木が育ち、森林を形成している状態のこと（場合によっては、植えても育たずに枯死することがある）。

全層間伐（ぜんそうかんばつ）

間伐方法の一つで、樹高が高い木も低い木も、すべてまんべんなく選んで伐採する間伐のこと。

セントラルヒーティング

建物の一か所に設けた熱源装置から温水などを建物内の各室に送って暖房する方式。

潜熱蓄熱体 (PCM)（せんねつちくねつたい、ピーシーエム）

物質が融解・凝固するときの潜熱を利用する蓄熱体であり、種類により融点が異なる。冷房用として水も使用されている。なお PCM は、Phase Change Material の略。

素材生産事業体（そざいせいさんじぎょうたい）

原木を生産することを生業とする事業体をいう。「素材」とは原木のこと。

【た】**タイコ落とし**（タイコおとし）

木口面が太鼓の形になるように丸太の両側を切り取ること。

タイコ材（タイコざい）

丸太をタイコ落としした際に残る中央部の心持ち材のこと。

だら挽き（だらびき）

原木を端から単純にスライスしていく製材の方法。

単層林施業（たんそうりんせぎょう）

森林の一定のまとまりを一度に全部伐採し、苗木を

一斉に植えることで、林齢が同じで階層が単一の森林を造成するための施業のこと。

地位指数（ちいしすう）

地位とは、森林の材積生産力を示す指数のことで、気候や土壌条件等の因子を総合したもの。その地位を判定するために、樹高成長を基準に林地の生産力を指数化したもの。

蓄積（ちくせき）

樹木の体積のこと。たとえば「1ha あたりの蓄積」といえば、その森林 1ha あたりに生えている立木の材積のことを言う。

中間養生（ちゅうかんようじょう）

一般に養生とは、乾燥した木材を数週間から数ヶ月間放置して木材中の水分のばらつきを取り除き安定させることをいう。これに対してコアドライでは、二次乾燥時間の短縮を目的として一次乾燥と二次乾燥の間に養生を置くため、これを中間養生と呼んでいる。

ツインバンドソー twin band saw

左右に 2 台の帯状の鋸がある原木を挽く製材機械。

2×4 材（ツーバイフォーざい）

断面の規格寸法が 2×4 インチ（38×89 mm）の製材。2×6 材（ツーバイシックスざい）、2×8 材（ツーバイエイトざい）などの、枠組壁工法構造用製材全体を総称して 2×4 材（またはツーバイ材）と呼ぶ場合もある。

通風措置（つうふうそち）

建物の風通しが良くなるように、夏季に開放できる開口部等を適切に配置すること。

定性間伐（ていせいかんばつ）

間伐を実施するとき、太さや樹高、曲がり具合など立木の性質を見て、伐採する木を選ぶ間伐のこと。列状間伐に対し「点状間伐」と表現されることもある。

デグリデー法（デグリデーほう）

基準温度と日平均外気温の差の積算値のデータ（デグリデー）を用い、Q 値や取得熱量から一年間に暖房に必要な熱量を計算する手法である。

動的ヤング係数（どうてきヤングけいすう）

一定の力に対してひずみの程度を表す係数をヤング係数といい、木材の強度を示す一般的な指標である。ヤング係数のうち、振動など木材に周期的な力を与えた場合に計算されるものを動的ヤング係数と呼ぶ。

トレーサビリティ（システム）

物品の流通経路を生産段階から最終消費段階あるいは廃棄段階まで追跡が可能な状態（およびそのための仕組み）。例えば、食品に見られるように、栽培・飼育から加工、製造、流通などの過程を明確にして、その安全を確保するためのものや仕組み。「いつ、どこから、いくつ、どのように入荷・保管され、どこへ、どのよう

な状態で、どのような手段で配送したか」を示すもので、製造サイドに在庫管理、生産計画、コスト低減などの有益情報をもたらす。物流改善に必要なものである。

【な】

日射取得率（にっしやしゅとくりつ）

建物に当たる日射熱のうち、室内に侵入する熱量の割合。夏は小さいほど冷房負荷が小さくなり、冬は大きいほど暖房負荷が小さくなる。

熱貫流率（ねつかんりゅうりつ）

壁等の面の室内側と室外側の空間の温度差が1℃あるときに面積1m²あたりを通過する熱の量。値が小さいほど熱を通しにくい。

熱コンダクタンス（ねつコンダクタンス）

温度差が1Kのときに移動する熱流を表し、値が大きいほど熱を伝えやすい。

熱損失係数（ねつそんしつけいすう）

「Q値（熱損失係数）」を参照。

ネットゼロエネルギー

年間のエネルギー消費量と太陽光発電などによる年間のエネルギー生産量が一致し、エネルギー収支がゼロとなることをいう。

熱流体解析（CFD）（ねつりゅうたいかいせき、シーエフディー）

コンピュータ上で建物の形状や物性値を入力し解析すると、建物内外の空間の温度、気流の向き、気流速の分布を数値及び図で見ることができる。なおCFDは、Computational Fluid Dynamicsの略。

【は】

はい積み（はいづみ）

丸太または製材品を、土場や貯木場に並べて積み重ねておくこと。またはその作業のこと。

羽柄材（はがらざい）

木造住宅において構造材を補う材料や下地材。柱・梁・桁などの構造部材や、敷居・鴨居・廻り縁などの造作材を除いた小規模断面部材の総称で、間柱、大引き、筋交い、根太、垂木、貫など。

伐採性向（ばっさいせいこう）

森林所有者等が森林を伐採する傾向のこと。

挽板（ひきいた）

いわゆる「板」のことで、鋸などで切り出したもの。

パレット材（パレットざい）

物流に用いる、荷物を載せるための荷役台。

PDA（ピーディーイー）

Personal Digital Assistantの略。手のひらに収まるくらいのサイズの携帯情報端末の総称。

平角材（ひらかくざい）

断面の大きさが厚さ、幅ともに7.5cm以上の長方形の木材で、主に梁などの構造横架材を指すことが多い。

複層林施業（ふくそうりんせぎょう）

複層林とは、樹高の異なった樹冠により構成された森林のこと。そのような森林を造成する目的で、樹木を部分的に伐採したり、部分的に植栽するなどの作業を行う施業のこと。

物流（ぶつりゅう）

物的流通の省略語。生産者から消費者までの生産物の移動のこと。包装・輸送・保管・荷役・情報などの活動を包括する。

歩増し（ぶまし）

原木を製材する時など、乾燥収縮や変形を見越して本来欲しい寸法よりもその分少し大きめに製材すること。寸法に余裕を持たせ、寸法調整を可能にする。

プレーナー仕上げ（プレーナーしあげ）

製材・乾燥した木材を多軸鉋盤（モルダー）などを用いて所定の断面寸法に仕上げることをいう。

プレカット加工（プレカットかこう）

木造建築における構造材の仕口（他の材との接合部）を機械的に加工すること。

平衡含水率（へいこうがんすいりつ）

一定の温度・湿度の環境下で木材の水分状態が平衡に達した時の含水率を言う。温度一定の場合、湿度が低いほど低くなり、樹種による違いはあまりないときされている。

ベニヤレース

丸太のかつらむき機。丸太を薄くむいて単板を作る装置。

北方型住宅（ほっぽうがたじゅうたく）

寒さを防ぐ技術のみならず、暮らしや住まい方に配慮しながら、良好な社会資産の形成と北国らしい生活文化の確立を目指して、道が昭和63年度より取り組む住宅施策。北方型住宅基準を定め、認定制度等により普及を進めた。断熱、気密等の性能基準の他、当初は住宅の規模や乾燥空間の配置等、平面計画に関する基準があった。

ホワイトウッド

ヨーロッパ原産の常緑針葉樹である *Picea abies*（和名：ヨーロッパトウヒ、ドイツトウヒ、オウシュウトウヒなど）に用いられる商業名。乾燥材（製材、集成材ラミナ）として日本に輸入され、構造用（柱）などに利用される。

【ま】

マルシェ

フランス語で「市場」の意。蚤の市や移動販売など、生産者が直接販売することが多い。

未成熟材、**成熟材**（みせいじゅくざい、せいじゅくざい）

樹木の髄（樹心）辺りから15年輪程度までの時期に形成された材部を未成熟材、その外側に形成された材部を成熟材と呼ぶ。未成熟材は成熟材に比べて強度などの物理的性質が安定せず、乾燥でねじれが生じやすいなど材質的に劣る。

ミリュー

環境（Environment）に比べて、個人の社会的な環境を指す。自らの住まいを住み開き、周囲の人々と生活の一部をシェアすることを新たなミリューとしてとらえている。

元口（もとぐち）

丸太（原木）の2つの切り口のうちの太い方。

モルダー

木材の仕上げ工程に用いる機械の一つで、製材後の表面を平滑にする機械。

【や】

有効開口面積（実効面積）（ゆうこうかいこうめんせき、じっこうめんせき）

開口周辺部は気流が乱れて空気が通過しにくいいため、実際に空気が通過する面積は見付開口より小さくなる。この実際に空気が通過するのに有効な面積を有効開口面積という。

優良ストック（ゆうりょうストック）

耐久性、耐震性、省エネルギー性等様々な点で優れており今後も長く使い続けられる住宅。

輸送資材（ゆそうしざい）

梱包材やパレット材など輸送用の木製品のこと。

輸入、**移入**（ゆにゅう、いにゅう）

輸入とは、日本国外から物品を買い入れること。移入とは、ここでは北海道以外の日本国内から物品を買い入れること。

【ら】

ラミナ

集成材を構成する挽き板あるいは小角材のピースのこと。

リードタイム

発注から注文品到着までの期間（日数）。リードタイムは短くすることが求められる。

リノベーション

建物の改修工事。「リフォーム」が新築時と同等に“戻す”のに対して、「リノベーション」は新築時以上の用途や機能を付加し、性能向上させ、新しい空間を構築すること。

リモートセンシング技術（リモートセンシングぎじゅつ）

物に触らずに調べる技術のこと。森林分野においては、主に人工衛星から撮影した衛星画像を基に地形や植生などを調査する技術をいう。

林分（りんぶん）

ある面積をもった立木と林地を併せた概念。森林の最小の区画。

林齢（りんれい）

植栽した年を1年生と数え、以下2年生、3年生…と数える「森林の年齢」のこと。

齢級（れいきゅう）

林齢を一定の年数の幅にまとめたもののこと。一般的に5カ年をひとくりにして、林齢1～5年生をⅠ齢級、6～10年生までをⅡ齢級…と称する。

列状間伐（れつじょうかんばつ）

間伐を実施するとき、植栽された列に沿って伐採していく間伐のこと。「列条」と書くこともある。1列伐って2列残すような場合は「1伐2残」と表現する。

労働生産性（ろうどうせいさんせい）

林業における主要な経営指標の一つ。原木生産において、一人の作業員が1日あるいは1時間に生産する原木量のこと。これに班員数を乗ずるとシステム生産性となる。

ロジスティクス

物流の上位概念で、サプライチェーン管理の一部、マーケットインに合わせて生産や仕入活動を行う管理。商品やサービスの発生地点から消費地点までのフローと保管を計画、実施、統制するもの。

【わ】

ワンストップサービス

一般的には、一度の手続きで、必要とする関連作業をすべて完了させられるように設計されたサービス。本項では、地域材による建築用材を効率よく供給するための拠点・システムを提供するサービスとして検討している。

担当者一覧

戦略研究「『新たな住まい』と森林資源循環による持続可能な地域の形成」(H22～26) 担当者一覧

氏名	所属 (H27年3月現在)			所属 (研究参画時)		参画年度				
	機関名	部名	職名	機関名	H22	H23	H24	H25	H26	
滝谷美香	本部	研究企画部	研究主任	林業試験場						
河原崎政行	本部	連携推進部	主査	林産試験場						
林 昌宏	本部	連携推進部	主査	北方建築総合研究所						
新田紀敏	森林研究本部	企画調整部	課長	林産試験場・森林研究本部						
伊藤洋一	森林研究本部	企画調整部	主査	林産試験場						
鳥田宏行	林業試験場	森林環境部	研究主幹	林業試験場						
眞坂一彦	林業試験場	森林環境部	主査	林業試験場						
大野泰之	林業試験場	森林資源部	主査	林業試験場						
酒井明香	林業試験場	森林資源部	主査	林業試験場						
徳田佐和子	林業試験場	森林資源部	主査	林業試験場						
渡辺一郎	林業試験場	森林資源部	主査	林業試験場						
石濱宣夫	林業試験場	森林資源部	研究主査	林業試験場						
津田高明	林業試験場	森林資源部	研究職員	林業試験場						
福地 稔	林業試験場	森林資源部	専門研究員	林業試験場						
中川昌彦	林業試験場	道東支場	研究主査	林業試験場						
八坂通泰	林業試験場	道南支場	支場長	林業試験場・道南支場						
菅野正人	林業試験場	道南支場	主査	林業試験場・道南支場						
寺田文子	林業試験場	道南支場	研究主任	林業試験場・道南支場						
対馬俊之	林業試験場	道北支場	支場長	林業試験場						
蓮井 聡	林業試験場	道北支場	研究主任	林業試験場・道北支場						
菊地伸一	林産試験場		場長	森林研究本部						
斎藤直人	林産試験場	企業支援部	部長	林産試験場						
近藤佳秀	林産試験場	企業支援部	主査	林産試験場						
川等恒治	林産試験場	企業支援部	研究主任	林産試験場						
北橋善範	林産試験場	企業支援部	研究主任	林産試験場						
白川真也	林産試験場	技術部	研究主幹	林産試験場						
中 篤 厚	林産試験場	技術部	研究主幹	林産試験場						
平林 靖	林産試験場	技術部	主査	林産試験場						
松本和茂	林産試験場	技術部	主査	林産試験場						
八 嶽 明 弘	林産試験場	技術部	主査	林産試験場						
山崎亨史	林産試験場	技術部	主査	林産試験場						
大橋義徳	林産試験場	技術部	研究主査	林産試験場						
清野新一	林産試験場	技術部	研究主査	林産試験場						
土橋英亮	林産試験場	技術部	研究主任	林産試験場						
古田直之	林産試験場	技術部	研究主任	林産試験場						
松本久美子	林産試験場	技術部	研究主任	林産試験場						
高梨隆也	林産試験場	技術部	研究職員	林産試験場						
秋津裕志	林産試験場	性能部	研究主幹	林産試験場						
朝倉靖弘	林産試験場	性能部	主査	林産試験場						
戸田正彦	林産試験場	性能部	主査	林産試験場						
藤原拓哉	林産試験場	性能部	主査	林産試験場						
伊佐治信一	林産試験場	性能部	研究主任	林産試験場						
今井 良	林産試験場	性能部	研究主任	林産試験場						
石河周平	林産試験場	利用部	研究主幹	林産試験場						
石川佳生	林産試験場	利用部	主査	林産試験場						
加藤幸浩	林産試験場	利用部	主査	林産試験場						
折橋 健	林産試験場	利用部	研究主任	林産試験場						
古俣寛隆	林産試験場	利用部	研究主任	林産試験場						
檜山 亮	林産試験場	利用部	研究主任	林産試験場						
村上 了	林産試験場	利用部	研究職員	林産試験場						
畑沢賢一	産業技術本部	ものづくり支援センター	研究主幹	工業試験場						
飯田憲一	工業試験場	製品技術部	研究主幹	工業試験場						
神生直敏	工業試験場	製品技術部	研究主査	工業試験場・ものづくり支援センター						
鶴谷知洋	工業試験場	製品技術部	研究主任	工業試験場						

担当者一覧

氏名	所属 (H27年3月現在)			所属 (研究参画時)	参画年度				
	機関名	部名	職名	機関名	H22	H23	H24	H25	H26
戸羽篤也	工業試験場	製品技術部	主査	工業試験場					
三戸正道	工業試験場	製品技術部	主任	工業試験場					
北谷幸恵	建築研究本部	企画調整部	主査	北方建築総合研究所					
鈴木大隆	北方建築総合研究所		副所長	北方建築総合研究所					
松村博文	北方建築総合研究所	環境科学部	部長	北方建築総合研究所					
月舘 司	北方建築総合研究所	環境科学部	研究主幹	北方建築総合研究所					
廣田誠一	北方建築総合研究所	環境科学部	研究主幹	北方建築総合研究所					
糸毛 治	北方建築総合研究所	環境科学部	主査	北方建築総合研究所					
植松武是	北方建築総合研究所	環境科学部	主査	北方建築総合研究所					
谷口 円	北方建築総合研究所	環境科学部	主査	北方建築総合研究所					
堤 拓哉	北方建築総合研究所	環境科学部	主査	北方建築総合研究所					
立松宏一	北方建築総合研究所	環境科学部	研究主任	北方建築総合研究所					
村田さやか	北方建築総合研究所	環境科学部	研究主任	北方建築総合研究所					
遠藤 卓	北方建築総合研究所	環境科学部	研究職員	北方建築総合研究所					
中村拓郎	北方建築総合研究所	環境科学部	研究職員	北方建築総合研究所					
宮内淳一	北方建築総合研究所	環境科学部	研究職員	北方建築総合研究所					
能勢敦彦	北方建築総合研究所	居住科学部	部長	北方建築総合研究所					
福井淳一	北方建築総合研究所	居住科学部	研究主幹	北方建築総合研究所					
高倉政寛	北方建築総合研究所	居住科学部	主査	北方建築総合研究所					
石井 旭	北方建築総合研究所	居住科学部	研究主任	北方建築総合研究所					
阿部佑平	北方建築総合研究所	居住科学部	研究職員	北方建築総合研究所					
馬場麻衣	北方建築総合研究所	居住科学部	研究職員	北方建築総合研究所					
佐々木智和	建設部建築局	計画管理課		北方建築総合研究所					
池田裕雅	建設部まちづくり局	都市計画課	主査	北方建築総合研究所					
梅田竜也	釧路総合振興局	建設指導課	係長	建築研究本部					
本荘和敏	後志総合振興局	建設指導課	主査	建築研究本部					
金森勝義	退職			林産試験場					
長谷川雅浩	退職			北方建築総合研究所					
吉野利幸	退職			北方建築総合研究所					
伊庭千恵美	京都大学	工学研究科	助教	北方建築総合研究所					
寺澤和彦	東京農業大学	生物産業学部	教授	林業試験場					
福島 明	北海道科学大学	工学部	教授	建築研究本部・北方建築総合研究所					

専門委員

氏名	所属 (H27年3月現在)			所属 (研究参画時)	参画年度				
	機関名	部名	職名	機関名	H22	H23	H24	H25	H26
大野仰一	東海大学	国際文化学部	教授	東海大学					
八田裕二	(株) アイ・ピー・エス		代表取締役	(株) アイ・ピー・エス					

事務局

氏名	所属 (H27年3月現在)			所属 (研究参画時)	参画年度				
	機関名	部名	職名	機関名	H22	H23	H24	H25	H26
大村 功	本部	研究企画部	主幹	本部					
山口勝透	本部	研究企画部	主査	本部					
平間昭光	林産試験場	性能部	研究主幹	本部					
加藤幸浩	林産試験場	利用部	主査	本部					
吉川 毅	工業試験場	情報システム部	部長	本部					
大柳佳紀	北方型住宅E C O推進協議会		事務局長	本部					

