

平成 26 年度 文部科学省

『成長分野等における中核的専門人材養成等の戦略的推進』事業

北海道に即した中核的林業技術者養成プログラムの開発事業

森林施業プランナー・森林総合監理士

スキルアップテキスト

【集約化施業・木材流通編】

北海道大学大学院農学研究院

はじめに

本テキストは平成26年度文部科学省「成長分野等における中核的人材養成などの戦略的推進」事業で北海道大学が受託した「北海道に即した中核的林業技術者養成プログラムの開発事業」の一環として作成したものです。

北海道においては人工林の主伐が本格化するなど、大きく林業構造が転換しつつあります。こうしたなかで、生産と環境の両面を見据えた持続的な森林管理の確保と、林業を産業として再構築することが重要となっており、これを担う専門的人材の養成が喫緊の課題となっています。

林業分野の人材育成については森林総合監理士や森林施業プランナーを育成するための研修などが全国的に取り組まれてきています。しかし、これらの研修は多くの場合、全国統一的なテキストとプログラムによって行われており、地域的な特性を十分に反映した内容となっておりません。北海道では森林所有規模が相対的に大きいことや、木材市売市場がほとんどみられないなど木材流通構造が他地域と大きく異なっており、地域特性を反映させた教育プログラムが必要とされています。また、これまでの研修内容は基礎的な段階のものが多く、これら研修を修了した技術者に対して、さらに高度な知識や技術を習得してもらうための研修はほとんど行われていません。

以上を踏まえて、「北海道に即した中核的林業技術者養成プログラムの開発事業」では、北海道の地域特性を踏まえて、森林総合監理士及び森林施業プランナーの人々がステップアップをはかるための、プログラムのあり方を検討することとしました。森林施業プランナーについては、森林所有規模の違いもあって施業集約化が十分課題として認識されていないこと、森林施業プランナー・森林総合監理士ともに木材流通・加工に関する研修が十分ではなく、また弱点と考えているものが多いことが、事前調査で明らかになっていました。そこで、本事業では以上をテーマとして実証講座を企画することとし、平成26年1月21日から23日にかけて札幌市で実施しました。この時に用いた教材を基礎として、講師の皆さんに新たに執筆していただき、編集したのが本テキストです。講師の皆さんは本道の森林・林産業の事情に詳しく、また今後の林業の現場において必要とされていることについても高い知見を持っておられる方々であり、森林施業プランナー・森林総合監理士の皆さん、さらにはそのほかの林業技術者の皆さんがステップアップをはかるために最適なテキストを編集することができたと思います。

本テキストが道内の森林総合管理士・森林施業プランナーをはじめとする林業技術者の皆さんに、広く活用されることを期待いたします。

***** 目 次 *****

序 章 アンケートから見る森林総合監理士・森林施業プランナーに対する期待	1
1. 森林施業プランナーに期待されていること	1
2. 林業技術者をめぐる課題	3
3. 川下の川上の技術者に寄せる期待	7
第1章 北海道における提案型集約化施業：施業集約化から将来の森林経営へ	9
1. 北海道型提案型集約化施業の必要性	9
2. 森林施業プランナーの役割	11
3. 目指すべき森林施業プランナー像	13
4. 北海道における目標林型と育林技術	15
第2章 提案型集約化施業の技術	22
1. 作業道開設のポイント	22
2. 立木評価	27
第3章 北海道の木材加工・流通	38
1. 木材需給	39
2. 木材産業	42
3. 木材流通	45
4. 素材の価格・用途・規格	46
5. 需要拡大・需給安定化に向けた行政機関の取り組み	51
6. 参考情報	55
第4章 木質バイオマスの利用概況と資源量・供給システム	56
1. 木質バイオマスの利用概況	56
2. バイオマスの資源量と供給システム	62

序章 アンケートから見る森林総合監理士・森林施業プランナーに対する期待

「北海道に即した中核的林業技術者養成プログラムの開発事業」の一環として、林業技術者への期待、林業技術者の現状と学びの要求などを把握するためにアンケート調査を行いました。本章では、このアンケート調査から見えてきた森林総合管理士（以下、フォレスター）及び森林施業プランナー（以下プランナー）への期待と課題について述べることにします。最初に本テキストの第1の課題の集約化に関わって森林施業プランナーへの期待についてみます。そのあとフォレスターへの期待および、林業技術者が直面している課題について述べます。そして最後に本テキストの第2の課題である木材流通・加工に関わって、川下から川上の技術者に期待されていることについて述べることにします。アンケート結果は傾向を示すものであり、本章での分析も全体的な傾向をもとにしたものであることを申し添えます。

1. 森林施業プランナーに期待されていること

森林施業プランナーがサービスを行う主要な顧客は森林所有者です。本アンケートでは森林所有者の代表として指導林家の方々にプランナーへの期待を聞きました。図表. 1は指導林家がプランナーに期待していることと、プランナーが林家から期待されていると考えていることを対比して示したものです。

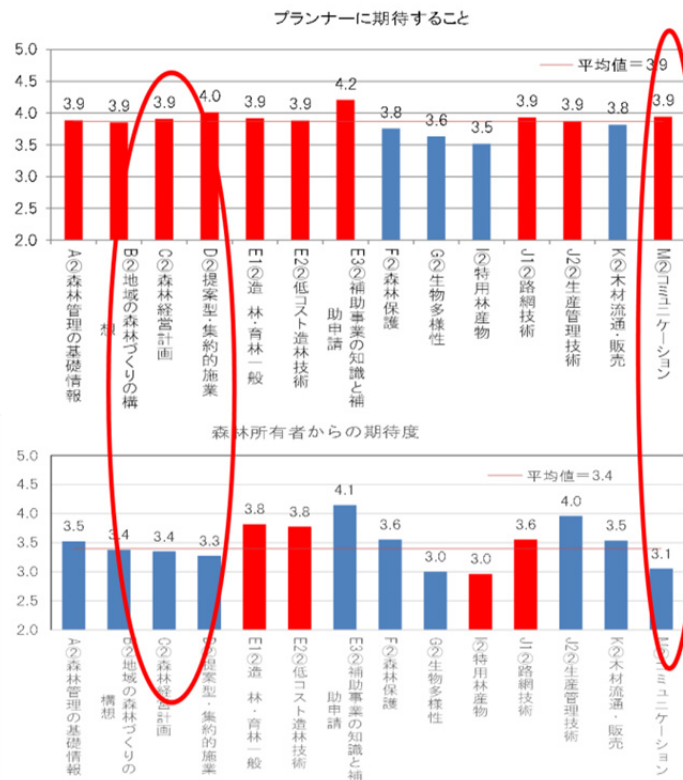
これをみると指導林家が期待していることと、プランナーが林家から期待されていると考えていることが微妙にずれているのがわかります。一つは森林経営計画や提案型・集約的施業の部分で、もう一つはコミュニケーションの部分です。所有者はプランナーに対して提案型施業・集約的施業をしっかり進めてほしい、またきちんとコミュニケーションを取ってほしいと考えていますが、プランナーは必ずしもそれが重要とは考えていないようです。また、指導林家は計画づくりから、育林・路網・生産・木材流通・コミュニケーションまで多様な分野でプランナーに高い期待を持っていることも分かります。プランナーは補助事業の知識、造林・保育の技術、路網や木材生産関連に対して特に高い期待が寄せられていると考えています。

このアンケートからはなぜ指導林家とプランナーの期待に関する齟齬が生じているのかまでの正確な理由はわかりません。ただ、アンケートの自由記載欄で指導林家からは、プランナーが所属する組織の利益優先で施業提案をしているという批判や、森林所有者の立場に立って収支まで考えて活動してほしい、といった意見が出ています。所有者の立場に立って経営を支援するというプランナーの活動への期待が提案型集約化施業への期待に重なっているといえると考えられます。このほかにも山づくりの技術を磨いて熱意をもって所有者にそれを伝え、所有者のやる気を引き出してほしいとの意見も多くの指導林家が書いていました。こうした点にも地域の林業のリーダーとして所有者とコミュニケーションをきちんと取ってほしいという希望が表れているように考えられます。このように所有者は、所有者の立場にとって森づくり全体のことを支援してもらい、所有者の関心をできるだけ林業経営に向けてもらう牽引者としての役割を施業プランナーに期待しているのではないのでしょうか。また、プランナーが提案型集約化施業があまり期待されていないと考えているのは、北海道では所有規模が相対的に大きいので5haという補助金のハードルを越えるのはそれほど難しくないということが背景にあるかもしれません。しかし、集約化は補助金のハードルを越えられればそれでよいというのではなく、効率的な施業を進めるためにはどのくらいのまとまりが必要なのか、地域ごとに改めて考える必要があると思います。

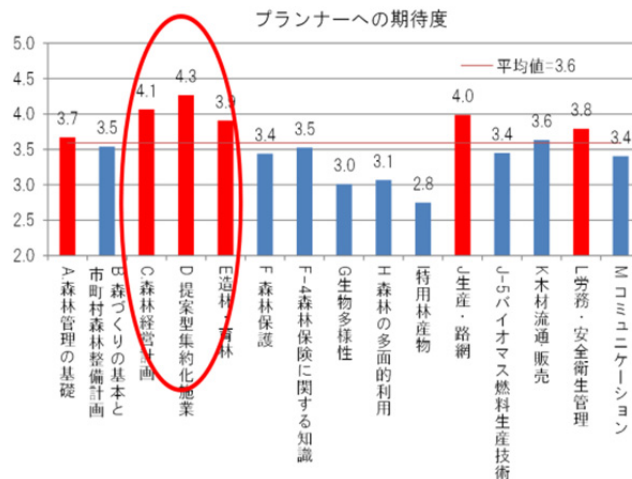
なお、図表. 2はフォレスターがプランナーに期待する内容を示したのですが、提案型施業・集約型施業が最も高い値を示しています。

図表. 3はプランナーの自己達成度を示したのですが、提案型集約型施業については他の項目と比べて相対的には低いわけではありませんが、絶対値としては3.5と必ずしも高くありません(5が十分持っている、1が不足している、の5段階評価です)。また、コミュニケーションについても低い自己評価になっています。このほか、生産・路網についても造林・育林に比べて自己達成率は低い評価となっています。

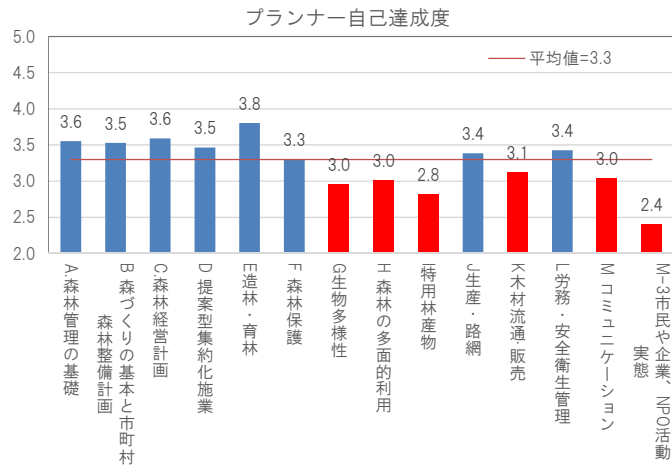
図表. 1 プランナーが森林所有者から期待されていること、期待されていると考えていること



図表. 2 フォレスターがプランナーに期待すること



図表. 3 プランナーの自己達成度



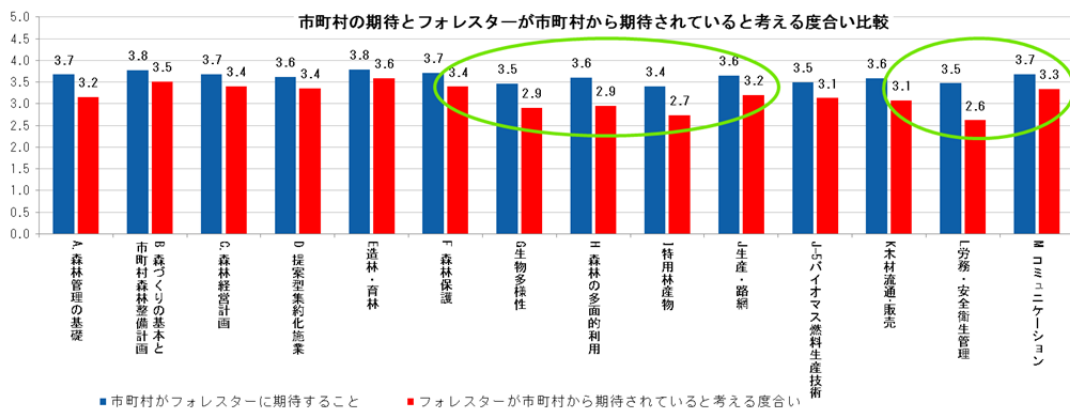
以上をまとめてみると森林施業プランナーに期待されているのは、単に個別の施業を進めるための補助金や技術の知識だけではなく、森づくり全体に技術を持ち、熱意をもって森林所有者のために積極的に働きかけてくれる人といえます。指導林家のなかには自由回答欄にはプランナーに協力しながら地域の林業をよくしていきたいと書いている人もいました。地域の森林所有者の方々とより一層コミュニケーションを深め、ともにより良い森林づくりを進めていく必要があります。

2. 林業技術者をめぐる課題

次にフォレスターも含めて、北海道の林業技術者をめぐる課題についてアンケート結果から見ていきたいと思います。

最初にフォレスターについても、主要な顧客である市町村がフォレスターに期待していることと、フォレスターが市町村から期待されていると考えていることを対比して見てみましょう(図表. 4)。

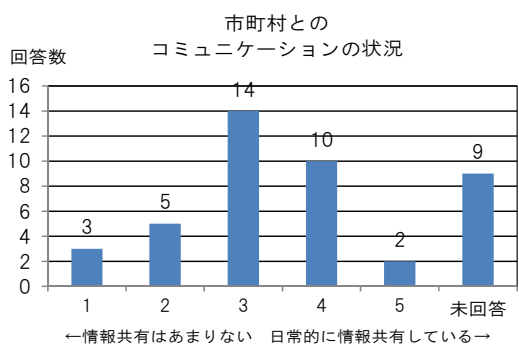
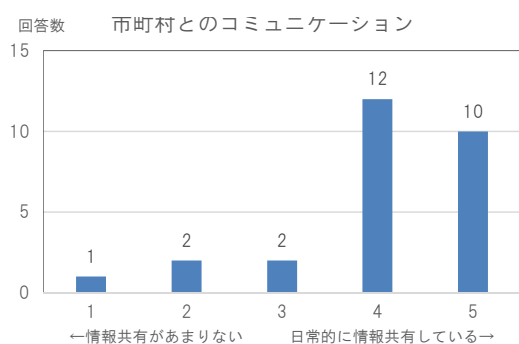
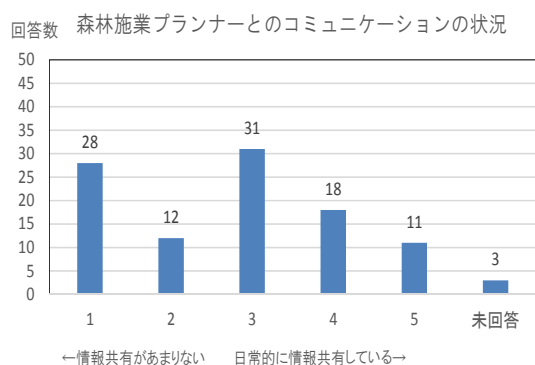
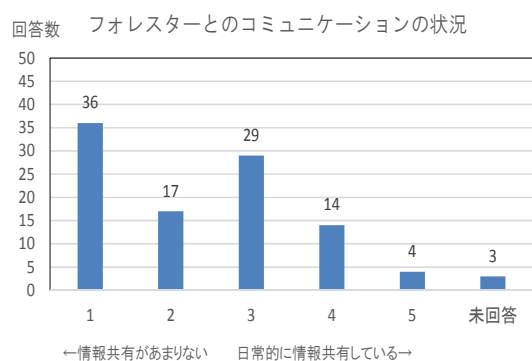
図表. 4 市町村の期待とフォレスターが市町村から期待されている考える度合い比較



これをみると市町村はフォレスターに多様な分野で高い期待をしており、フォレスターが期待されていると考えていることと齟齬が出ている部分があります。市町村は生物多様性や森林の多面的利用など、森林の総合的な管理・利用について期待をしているが、フォレスターは林業生産分野以

外にはあまり期待されていないと考えています。また、市町村は労務・安全管理を含めてフォレスターから地域の森林管理についての指導をしてもらえることを期待していると考えられます。

図表. 5 市町村とフォレスター・プランナーのコミュニケーションの自己評価



ここでフォレスターにぜひ認識してほしいのは、市町村は林業振興だけではなく、総合的な森林の管理や利用をどう進めるのかについてフォレスターに支援をしてもらいたいと考えていることです。地域の森林づくりのマスタープランをつくり実行することを支援するという基本を確認してほしいと思います。

一方で、フォレスターとしては労務・安全管理の実務能力まで求められても・・・と思われるかもしれません。ここで考えなければならないことは、地域の森林行政・林業関係者の人々とお互いの任務・役割分担・協力関係についてきちんとコミュニケーションが取れているかということです。

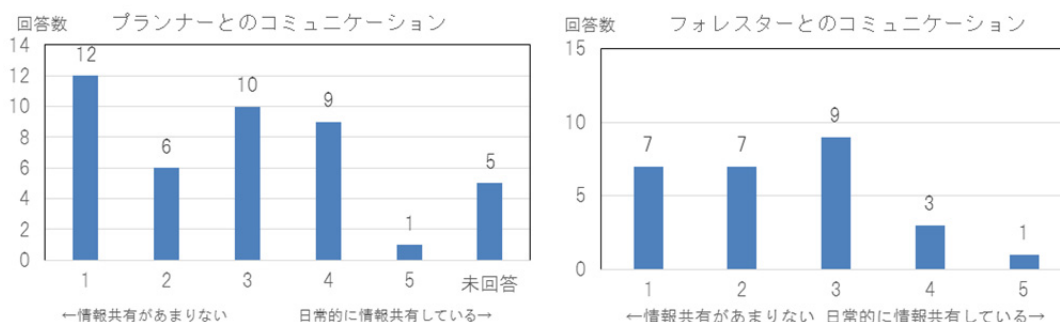
図表. 5は上の二つの図は市町村が認識しているフォレスター・プランナーとのコミュニケーションの状況、3番目の図はフォレスターが、最下段はプランナーが認識している市町村とのコミュニケーションの状況を示したものです。

これをみてわかることはフォレスター・プランナーの人々が思っているほど、市町村の人はコミュニケーションが取れているとは思っていないということです。この理由としては市町村とのコミュニケーションがフォレスター・プランナーの人からの一方的な働きかけに終わっているということが考えられます。コミュニケーションは双方向で成立するものです。

さらに図表. 6は、左がフォレスターのプランナーとのコミュニケーションの自己評価、右はプランナーとフォレスターとのコミュニケーションの自己評価を示したものです。これを見ると両者ともにあまりコミュニケーションがな

いと回答しています。本来密接に連携・協力しあって地域の森林管理・林業を支えていく中心的な林業技術者の中でコミュニケーションが不足しているということは、地域の森林管理・林業が支える仕組みが整っていないといえます。

図表. 6 プランナーとフォレスターのコミュニケーションの自己評価



それではプランナーとフォレスターはお互い期待しあっていないのでしょうか？図表. 7はフォレスターの自己達成度とプランナーへの期待、プランナーの自己達成度と期待を示したものです。これをみるとフォレスターは森林経営計画・提案型集約化施業や生産・路網・木材流通販売分野について技能が不足していると認識しており、この分野でプランナーへの期待が高く、一方でプランナーは森林の多面的機能や生物多様性保護、コミュニケーションについて技能が不足していると認識しており、この分野でのフォレスターへの期待が高いことが見て取れます。

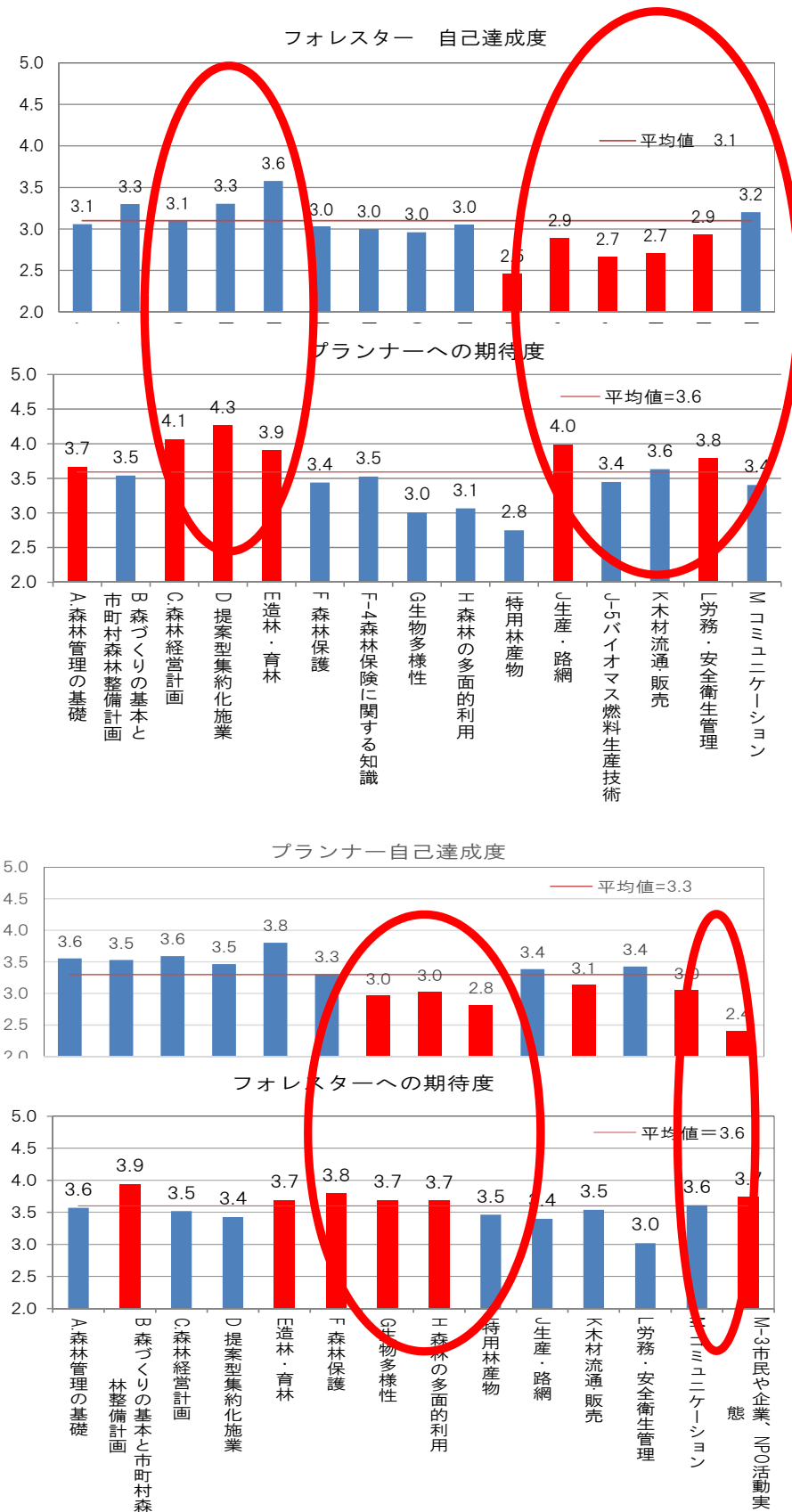
林業技術者がすべての分野で高い技術をもって活動するというのは困難です。また、プランナー・フォレスターはそれぞれの異なった役割をもっています。そこではお互いの得意な点、不得意な点を認識したうえで、お互いに足りない部分を支えあって、地域全体の森林管理や林業がうまく進むような協力関係を構築することが重要といえます。

こうした関係を構築するためにも双方向の、腹を割ったコミュニケーションが必要です。

協力関係がうまく構築できていないのは、市町村森林整備計画や森林経営計画の策定・運用をどうするのかなど、制度的・形式的な関係を抜け出せないということは考えられないでしょうか？もちろんこうした制度をきちんと運用していくことは大事ですが、その基礎にあるべきは、より良い森林、より良い林業をつくり、森林所有者や地域住民のよりよい生活に貢献することです。

自分の地域の森林・林業とのかかわりを改めて考え、技術者同士、さらには市町村・所有者の方々とのつながりを作り直していくことが大事です。

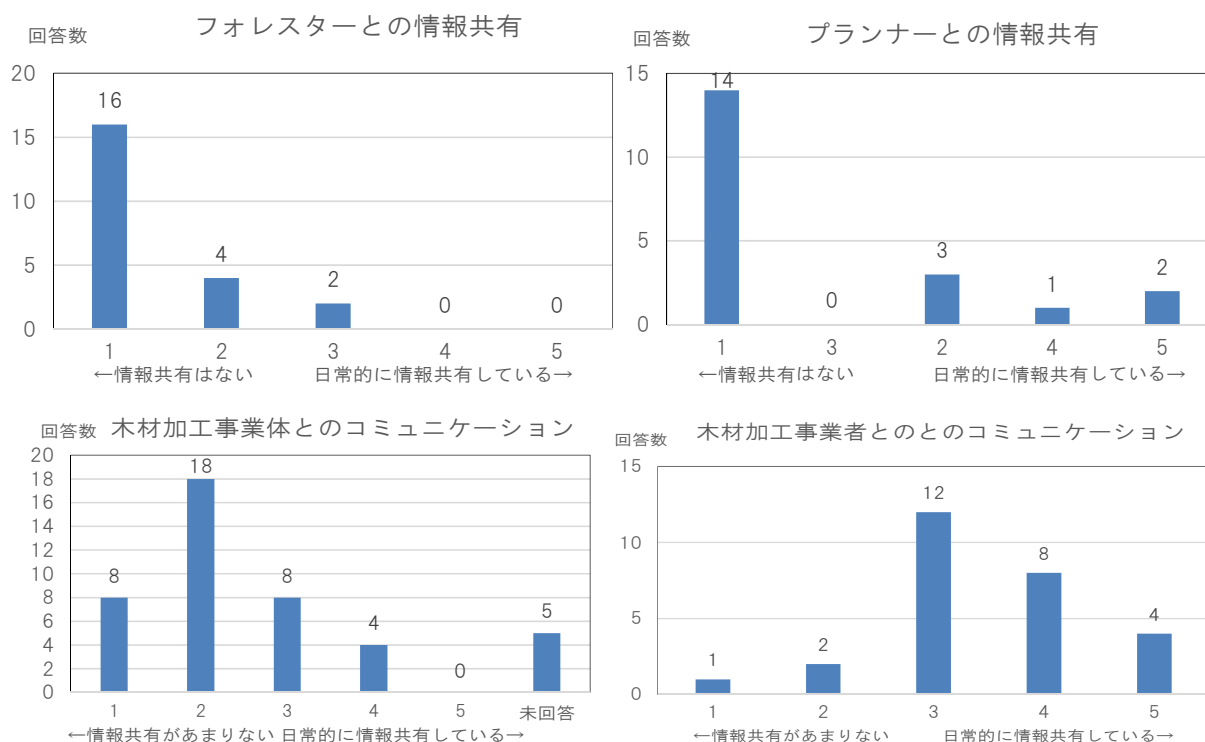
図表. 7 フォレスターの自己達成度とプランナーへの期待、プランナーの自己達成度とフォレスターへの期待



3. 川下の川上の技術者に寄せる期待

最後に川下に位置する木材加工事業体が川上の林業技術者に対して持っている期待についてみていきましょう。

図表. 8 木材加工事業体とフォレスター・プランナーのコミュニケーションの自己認識



図表. 8は木材加工業者のプランナー・フォレスターとのコミュニケーションの認識(上2図)、プランナー・フォレスターの認識(下2図)を対比したものです。これをみるとフォレスター・プランナーはある程度コミュニケーションをもっていると認識しているのに対して、木材加工事業体はほとんど情報共有していないと答えています。木材加工事業体へのアンケートは33通回収と数が少ないため、実態が反映できていない可能性もありますが、少なくとも今回回答した木材加工事業体は川上の技術者とほとんど情報共有していないとしています。ここでもコミュニケーションの不足が指摘できます。

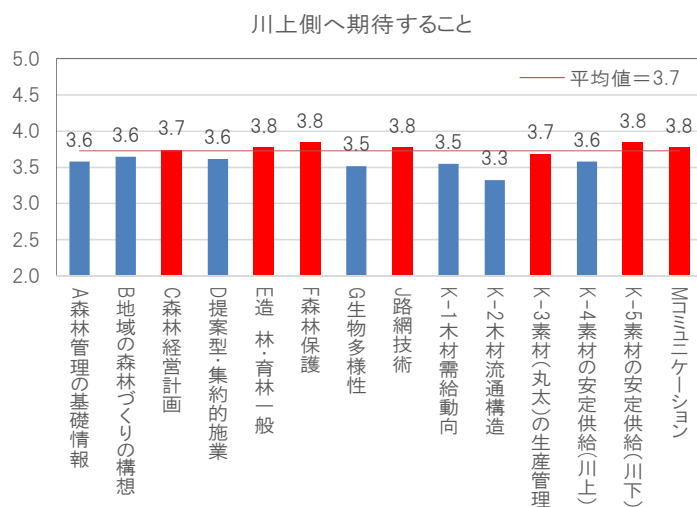
図表. 9は木材加工事業体が川上の技術者に対して期待することを示したものです。これをみると、素材の安定供給や生産管理、路網など素材生産に関連する技術と同じ程度、森林保護や造林・育林、森林経営計画策定技術に期待していることがわかります。

アンケートの自由回答欄の記載と併せてみると、木材加工事業体が川上側の技術者に対して期待することは以下のようなと考えられます。

第1に森林の持続的な管理をしてほしいということです。「所有者へ間伐・植林の必要性の説明をきちんとして理解してもらうことが重要」、「所有者にできるだけ利益の還元が必要、林業を回すことで雇用を確保することが重要」などの意見があり、加工サイドに安定的に木材を供給しても

らうためにも、川上できちんと資源を循環する仕組みをつくってほしいという期待が強いことがうかがえます。

図表. 9 木材加工事業体が川上の技術者に対して期待すること



第2にコミュニケーションをきちんとしてほしいということです。これには二つの意味があります。まず第1は川上の資源などの情報をきちんと伝えてほしいということです。木材加工サイドは今後の生産や原料集荷を考えるうえで、また長期的な投資など考えるうえで、資源がどうなっているのかの情報が不可欠です。こうしたことから、どのような資源がどのくらいあるのかということ川下にきちんと伝えてほしいという要望があります。第2は川下の情報をきちんと把握してほしいということです。川下のニーズを把握してそれにこたえる材の供給を行う、また在庫の状況を把握して生産の計画を立てるなどしてほしいということです。

第3に供給を行うにあたっては、質と量ともに安定した材を出してほしいという指摘がありました。安定した木材加工を行うためには、単に量を安定的に確保するだけでなく、質についても求めるものを安定的に確保できることは重要です。外材との競争で国産材が劣位に立たされるのは、質・量の安定性が欠けることが要因であるとしばしば指摘されています。

川下側の期待・要求をすべて実現しなければならないというわけではありません。川上の利益に反するような期待・要求もあるでしょうし、両者の折り合いをつけていくべきことも多くあります。また質・量の確保などは狭い地域で対応可能なことではなく、川上がまとまって取り組む必要があります。ただ、いずれにしても重要なのは川下と川上できちんとコミュニケーションをとって、お互いの状況を理解することです。

アンケートの自由記載のなかには、プランナーやフォレスターの研修を受け入れたが、木材流通・加工に関する知識は弱く、もっと勉強が必要であるという指摘もありました。川下と渡り合うためには、川下側の状況をきちんと勉強して把握することが重要です。本テキストなどを活用してステップアップを図ってもらえればと思います。

第1章 北海道における提案型集約化施業：施業集約化から将来の森林経営へ

1. 北海道型提案型集約化施業の必要性

全国レベルで推進されてきた提案型集約化施業。北海道でも一定の成果を上げていますが、やはり全国的な状況とは異なる北海道固有の状況を考慮しない限り、本格的な推進は難しいのが実態です。そこでまず、北海道で提案型集約化施業に取り組む意義を改めて整理しておきたいと思います。

1) 全国的な文脈

日本列島の地形は全体的に急峻で、所有規模が零細で、路網等のインフラも未整備な場合がほとんどです。こうした中、戦後の拡大造林期に植林したスギやヒノキの人工林は、期待したほどの材価が見込めなくなってしまうこともあり、森林所有者の多くは関心を失い、かなりの森林が未整備のまま放置されていました。

そんな中、これまではごく目立たない存在だった京都府の日吉町森林組合が、平成7年頃から「施業提案書」を作成し、森林所有者への提案により、町内の森林の間伐を進めるビジネスモデルを開発しました。さらに、複数の森林所有者の林分をとりまとめて、効率的に間伐を行なうと同時に路網整備を行なう手法へと発展してきました。しかも間伐材を搬出すれば、補助金と合わせて森林所有者へ利益を還元できることがわかり、日吉町森林組合は町内の森林を計画的に施業していくことに成功したのです。

このことが当時の林野庁の目にとまり、「提案型集約化施業」として政策的に全国展開されることになったのです。「保育から利用へ」をキャッチフレーズに間伐遅れの人工林を一掃するとともに、切り捨て間伐から利用間伐への転換を目的として、提案型集約化施業を進める技術者として、「森林施業プランナー」が育成されることになったのです。

2) 北海道の文脈

このような本州の状況は北海道とはやや異なっています。そもそも北海道の民有林は、本州のそれと異なる歴史をもっています。市町村有林の起源は、自治体の基本財産として払い下げられたものであり、一般民有林は開拓農民の財産としての性格をもっていました。地形も本州に比べれば平坦な場所が多く、森林所有面積も5ha～10ha規模が一般的です。また、路網整備も早くから進み、すでに高い生産性を実現しています。こうしたことから北海道では、本州では切り捨てられてしまうような小さな径級の人工林でも搬出間伐に取り組んできました。

北海道では、平成17年度以降、提案型集約化施業が紹介され、森林施業プランナーの研修が行われるようになりました。しかし、北海道の場合は、「小規模・分散して実施している施業を集約化し、事業規模を大きくすることにより事業コストの削減・間伐材等の搬出量を確保し、安定した供給を行う」ことを目的として取り組まれてきました。また、北海道の森林組合は、現場の施業を外注するケースが多く、現場経費のコストについての知識が必ずしも十分ではありませんでしたが、提案書の作成を契機として、協力業者と連携しながら、現場でのコスト把握を行い、コスト削減・生産性の向上に取り組む事例も出てきました。

3) 提案型集約化施業は、未来の森林経営への投資

こうして、北海道においても、提案型集約化施業に取り組む成果が上がりつつある一方、以下のような大きな課題が未解決のまま残されています。

- 森林所有者問題：高齢化、後継ぎ層不在、放棄・売却
- 主伐が進み齢級構成も変わりつつある

したがって、現在の北海道において、提案型集約化施業には、将来の持続可能な森林経営を実現するための布石として以下の重要な意味をもっています。

第一には、施業地の規模拡大により、施業コストの削減を実現し、そこから生まれた利益を将来の森林経営及び事業体経営への投資に繋げることができるという点です。主伐が盛んになってきている北海道においては、将来の育林コストを確保していくことも大切です。第二には、提案型集約化施業の実施に伴い、境界の明確化や確定につながり、森林所有者情報が更新され、将来の森林経営のための管理基盤が構築されていくことです。もちろん、整備された路網も重要な基盤となっていきますし、林分の調査データや提案書、コスト分析シートなどのデータが蓄積されていけば、今後の管理がはるかに楽にできることになるでしょう。

つまり、今、提案型集約化施業を実施していければ、将来的には皆さんの地域の森林のかなりの部分を、計画的に施業を実施していくことができようになると思われます。こうして、将来的には実質的に地域の森林を「経営」していくことが可能になるかもしれません。こうしたことから、提案型集約化施業の次のステージとして、単発的な「施業」の繰り返しではなく、「経営」に繋げることが求められるようになってきたのです。

4) 目指すべき集約化の規模は？

さてここで具体的に、北海道において目指すべき集約化の規模を考えてみましょう。補助金の要件は施業面積5ha以上、搬出材積10 m³/ha以上となっていますが、これは先ほど説明したように、より所有が零細で地形が急峻な全国的な状況に基づき設定された基準値です。このような全国一律的な制度的な基準に縛られるのではなく、北海道で理想とする規模を、以下のような要素を考慮して設定する必要があります。

- 自然環境の制約：地形的制約（山・谷など微地形の規模、里山的立地＝農地周辺の造林地と、本当の山）
- 社会的な制約：森林所有者の数など
- 管理上の制約：プランナーによる現場管理のしやすさなど
- 経済的な制約：施業実施者の要求（1現場での生産量から集約化面積へ）

施業実施者からは、ある程度の期間でのまとまった仕事量を確保するためには、一つの施業地で500～1,000 m³程度の出材量が必要であると言われます（国有林が多い地域であれば、国有林の業務量より少なすぎると、そちらを優先される恐れもあります）。単位面積あたりの出材量を50 m³/haとすれば、一回の施業地の面積は10～20haとなります。5年の回帰年を想定すれば、50～100ha程度の団地を設定する必要があると試算されます。このような考え方を参考に、それぞれの地域で理想的な集約化の規模を検討していただきたいと思います。

2. 森林施業プランナーの役割

このように地域の森林経営の実現を目指した時の森林施業プランナーの果たす役割について、以下に順番に解説していきます。その役割は多岐に渡りますが、決して一人で行うのではなく、様々な人との連携で行っていくものであることに注意しましょう。

1) 中長期的森林経営ビジョンの策定：森林総合監理士や市町村との連携

まずは、北海道や国有林の森林総合監理士や市町村との連携の中で、地域の中長期的な森林経営のビジョンを描くプロセスに貢献することが期待されています。

制度上、こうした役割は森林総合監理士が市町村の支援を通じて行うとされていますが、実際の施業を通じて地域の森林のことをよく知るプランナーが、連携を通じて積極的にその役割を果たしてもよいのです。むしろ、現実離れした計画にならないため、積極的に関与することが望ましいと思います。実際に、自治体の体制が十分ではないところは、積極的にプランナーがサポートし、実質的な「フォレスター」になっている場所もあります。なお、制度的には、この作業は市町村森林整備計画の策定を通じて行われますが、独自の構成でビジョンやマスタープランを策定する自治体も出てきています。北海道では、標津町、上川町、南富良野町などがそれに当たります。また、ビジョンなど計画文書を作っていないくても、市町村レベルで独自の政策を展開しているところとして、釧路市（森林資源の活用）や、中川町（森林文化の再生）などがあります。

中長期的な森林経営ビジョンの中では、まず生産対象となる森林を絞り込み、必要となる事業量や出材量の見込みを明らかにするとよいでしょう。また、この配置の目標林型（ゾーニング）に基づき、それぞれの配置において生産目標に応じた目標林型を設定することになります。

このような森林の経営ビジョンは、森林組合等の林業事業者の経営理念やビジョンと両輪となって初めて機能することになります。地域の公的な森林経営ビジョンの策定に積極的に関わることで、組織の経営とのすり合わせが行われることが期待されます。

北海道でも、市町村の合併や森林組合の合併が進み、管理エリアが広域化してきています。さらに、一般民有林だけではなく、国有林や道有林、市町村有林とも連携していく必要があります。当然ながら、森林の所有界で分断されるのではなく、地域内で調和した共通のビジョンをもてるように協議会等の対話の場を設定するとともに、日常的にコミュニケーションを取ることのできる環境を作っていくことが重要です。

2) 団地設計から施業提案・受託まで：森林所有者や他のプランナー等との連携

プランナーの役割として、団地設計から施業提案・受託があります。設計する団地の規模については、先ほど説明したように補助金制度等に縛られるのではなく、地域の条件を総合的に考えて理想的な面積が確保できるようにします。その中で、不足する路網を新たに設計していくことになります。

次に、先ほど述べた地域の中長期的な森林経営のビジョンに基づき、目標林型を設定します。

目標林型の設定については、もちろん森林所有者の考え方を尊重する必要がありますが、森林施業プランナーは森林経営の専門家として、あるべき姿を提案する責任があります。その提案の中で提案内容のメリットだけではなく、デメリットも含めて説明し森林所有者の事情もしっかりと聞きながら、合意形成をはかっていくことが必要です。

この設定した目標林型に基づき、所有者ごとに具体的な施業提案を行い、施業を受託していくこととなります。

これらのプロセスにおいても、組織の内部、外部を問わず、他の森林施業プランナーと連携して経験を共有しながら、技術の向上をはかっていくことが有効です。また、指導林家等、林業経営に豊富な知識と経験を持っている森林所有者も多くいます。このような方々とネットワークを作り、むしろ積極的に議論をしていく中で、団地設計ができるとういでしょう。

3) 施業実施から精算まで：現場作業や組織内部との連携で

森林施業プランナーは、所有者に対して行なった自分の提案が実現されるように、しっかりと現場を監理する必要があります。特に北海道の森林組合は外注が多いので、適切な指示と現場確認が重要になります。

他方、外注先の請負林業事業者のからも「プランナーが現場にあまり来てくれない」という不満の声が聞こえることがあります。逆に森林所有者の利益を守る立場からすれば、例えば、通常伐期で伐採する林分でも、残存木に傷をつけてしまえば、次回の間伐もしくは主伐時の丸太の価値を下げってしまうこととなりますので、適切な指示だけではなく現場の確認作業も重要です。

くわえて、丸太の採材方法により収益が大きく変わることがあります。立米あたりの価格差はわずかでも量がまとまれば、その違いは大きなものになります。したがって、プランナーも採材の知識を磨いておく必要があるでしょう。

このように、プランナーは現場の事業者や個々の作業員と適切なコミュニケーションを取り、適切なリーダーシップを発揮することが求められているのです。

4) 現場の経過確認（モニタリング）

プランナーの役割の最後は、現場の経過確認（モニタリング）です。契約上、プランナーの責任は現場の施業が完了し、清算を行うまでになっています。他方、自分が担当した現場において、思い描いたような間伐効果が得られたか、路網が崩れずに維持されているのかなど、技術力を向上させて次の施業提案に繋げるためには、その後の経過確認が不可欠です。

5) 森林経営計画について（参考）

国の制度上は、森林施業プランナーは森林経営計画を策定するために育成することになっています。しかし実際は、すでに述べたとおり、プランナーの役割は多岐に渡り、このような実質的な役割を果たしていく過程で、森林経営計画についても策定が行われるのが自然な姿だと思います。

北海道ではこれまでも森林施業計画の認定率が高く、森林組合による施業実施能力も高いことから、本州の他地域で聞かれるように、所有者と繋がりがなかったので説得できない、実際に施業をやり切ることができるか不安などといったことはないようです。生産対象とする人工林については、全て森林経営計画に入っているという地域もあります。

このようなことから、全国一律の制度は客観的に捉えながら、実質的な森林管理と林業経営を実現できるように、具体的な取り組みを進めていけば十分だということが分かります。

3. 目指すべき森林施業プランナー像

このような多岐に渡る取り組みを行うことが期待されている森林施業プランナーですが、最終的にはどのような姿を目指すべきなのでしょう。ここではより上級のプランナーをイメージしながら、その目指すべき姿を解説します。

1) 変化への対応と長期的な森林づくりの視点の両立

社会・経済の変化のスピードはとても速いものです。例えば、カラマツやトドマツを植林した当時と状況は大きく変化しており、これらの樹種が想定していた需要は、植林当時と現在では大きく変わってしまいました。カラマツについては、電柱や杭木の用途が想定されていましたが、これらの需要がほとんどなくなってしまった中で、梱包材などとして使われるようになりました。また住宅用材としての用途の開拓も行われてきましたが、人口減少により住宅着工数が減少していますので、今度は非住宅分野の需要や内装材等、さらに新たな需要を開拓していくことが必要となっています。

また、地球温暖化の進展により、降雨強度が強まり、災害リスクが高まっていると言われていいます。そこで、災害に強い健全な森林づくりが今まで以上に求められるようになってくるでしょう。また、リスク分散の観点から、これもまた今まで以上に多様な森林づくりが必要になってきています。

政策も時々時代の要請により、頻繁に方向転換がなされます。

このようなことから、プランナーには社会の変化にアンテナを張りながらも、森林を経営していく上で重要な長期的な視点と両立させることが求められます。森林の育成には数十年以上の時間がかかり、農業などと違って、簡単に生産品目を変えることはできません。しかし、だからこそ、時代の先を読み、分散投資的な考え方も取り入れながら、健全な森林づくりにつなげていくことが大切になってきています。

2) プロフェッショナルとしてのプランナー

さて、そのような前提に立った時、目指すべき森林施業プランナー像はどのようなものになるのでしょうか？

第一に言えることは、プランナーは「プロフェッショナル」を目指すべきである、ということです。プロフェッショナルの定義は様々ですが、ここでは「高い専門性や経験を持ち、自分の仕事に対して責任を持てる技術者」として考えたいと思います。つまり、森林施業プランナーは、これまでも研修等で幅広く施業提案に必要な知識を身につけ、実際の施業提案を通じて経験を蓄積してきました。また、先ほどの「森林施業プランナーの役割」で解説したように、様々な人と連携しながらも自分が行う提案に対して責任を持ち、次の提案に向けての経過確認までを行っていきます。このような技術者像は、まさにプロフェッショナルと呼んでも差支えないでしょう。

また、プロフェッショナルは、実務家として理念と現実を両立させ実現可能なものにして、顧客に対してきっちりと満足度の高い仕事をする必要があります。現在のプランナーの仕事は、森林所有者に対してコンサルタント的機能を果たしているわけですが、将来的には実質的な経営を担っていくことも視野に入ってきていますので、森林施業プランナーのプロフェッショナルとしての仕事の延長線上に、このようなビジョンが描けるものと思われれます。

また、他のプランナーや現場作業者とコミュニケーションをはかり、チームをまとめるのもプロフェッショナルの仕事です。自分の仕事に責任を持つことで、周囲からは自然と尊敬の念を勝ち得ることができます。

3) 科学的な知識に裏打ちされた現場判断力

プロフェッショナルの条件として重要なものに、高い専門性があります。これまでの林業の世界はどちらかと言えば経験則がモノを言う業界でした。確かに経験は重要ですが、それだけでは不十分です。

森林施業プランナーが目指すべきは、科学的な知識に裏打ちされた現場判断力を持った専門家なのです。

これまでは、補助金の要件通りに施業をしていれば済んだかもしれませんが、先ほど述べたように多様な健全な森林づくりを行っていくためには、現場ごとの適切な診断・判断が求められます。その際に必要なのは、科学的な知識と、これまでの現場経験で培った判断力なのです。現場での判断力は繰り返し経験を積む中で初めて身につくものです。したがって、科学的な知識に基づき、多くの現場を見て、実際の施業と経過確認を繰り返す中で、判断力の精度を高めていただきたいと思います。

4) 地域に根ざした専門家

森林施業プランナーの皆さんの最大の特徴は、地域に密着した存在であることです。定期的な人事異動がある道職員や国有林職員と異なり、森林施業プランナーの皆さんは、所属組織を変えない限り地域から逃がれることはできません。つまり、自分が行なった提案は、将来必ず責任を取らなければならないのです。したがって、自分の提案に責任を持つことが大切で、それにより地域社会の信頼を勝ち取っていくことができるようになります。

また、最近では木質バイオマスエネルギーに注目が集まり、北海道においても大規模発電所だけではなく、市町村レベルで温浴施設や宿泊施設、そして地域の暖房・給湯などに使われるようになってきました。エネルギーは地域住民の生活の欠かすことのできない基盤です。このような地域における重要な取り組みに、プランナーを始め林業関係者が燃料供給という側面で積極的な役割を果たすことができることは、素晴らしいことです。その他にも、森林を活用したツーリズムの事業など、森林資源を活用した地域振興の可能性は無数にあります。その中で、森林施業プランナーには地域に根ざした森林の専門家として、大きな期待が集まっているのです。

4. 北海道における目標林型と育林技術

本章では、まず目標林型について説明し、それを達成するために留意しなければならないこと、さらに今後の育林に際して考慮しなければならないことについて説明します。

1) 目標林型、育林体系とは？

目標林型とは、人工林を育林し、最終的に生産する素材の用途に即して、主伐時の林相を明確に示したもので、一般には「主伐の林齢、目標とする立木の形質（一般には平均直径など）、密度（1ha当たりの立木本数）」のことで、目標林型を立案するためには、生産物としての立木の利用用途（売り先）を決めなければなりません。なぜなら、利用用途によって、適した素材の径級や形質（例えば節の有無）が異なり、そのため最終的に必要な立木の形質（通常は幹直径）も異なるからです。「大径材生産を目指した長伐期施業」などは目標林型ではなく施業方針です。

目標林型を達成するための育林経路は一つとは限らず、様々な経路が想定できます。育林経路を決定するための重要な要素は、植栽密度、目標林型、および間伐計画です。

育林経路は無限に存在しますが、立地条件（地位）、仕立て方（疎・中庸・密仕立て）、植栽密度などのわかりやすい組み合わせを設定し、各組み合わせの典型的な育林経路を示したものが育林体系といわれます。

繰り返しになりますが、目標林型は、「主伐林齢〇〇年、立木密度〇〇本/ha、平均直径〇〇cm」というように示される主伐時の林相のことで、

主伐時に目標とする立木の形質は、換言すれば生産目標と言えますが、生産期間が長期に渡る林業では、木材利用の変化や社会経済状況の変化によって、生産目標の変更が必要になることも考えられます。そのような場合は、目標を変更すればよいのです。植栽時に立案した生産目標は不動のものではありません。ただし、目標林型（あるいは生産目標）の変更が可能な場合とできない場合があるということは理解する必要があります。一般的には、まだ樹高成長の余地がある若齢時の変更は、密仕立て→疎仕立て、疎仕立て→密仕立ての両方向とも変更可能です。もう樹高成長の余地のない段階での目標林型の変更は通常は困難です。とくに密仕立て→疎仕立てへの変更は、樹高成長の余地がなく、かつ枝下高が高くなってからだと無理であり、無理矢理実施しようとするとう気象害（とくに風害）の危険性を増大させる場合が多いと考えられます。疎仕立て→密仕立てへの変更は、密仕立て→疎仕立てへの変更よりも安全ですが、長い時間を要すると考えられ、長伐期化が避けられません。また幹の完満性もそれほど期待できないと思われま

2) 育林気をつけなければならないこと（森林の自然の法則性）

育林に際して、理解しておかなければならない自然の法則性が、いくつかあります。以下に列記します。

(1) 密度と蓄積、立木形質の関係

ある成長段階（通常上層高が同じ林分）では、蓄積自体は立木密度が高いほど、大きくなります。このため、今後考えられるバイオマス材生産を目標とする場合は、単位面積当たりの木材量が多いほどよいわけですから、密仕立てで育林すればよいということになります。ただし、高密度だと、一本一本の立木は樹高の割には直径が細い、いわゆ

る形状比の高い樹形となります。当然のことですが、生産目標が直径成長の必要な目標の場合は、密度の調整（間伐）が必要となります。

(2) 樹形と気象害抵抗性、および伐期

密度が高いと形状比が大きくなりますが、同時に樹冠長率は小さくなります。このような樹形は、風害や冠雪害などの気象害に弱い樹形であることがわかっています。北海道の主要な造林樹種であるトドマツ、カラマツとも、林分の平均形状比が70以上、平均樹冠長率が50%以上の場合、気象害抵抗性が高くなります。また両樹種とも、平均形状比が70だと平均樹冠長率はおおよそ50%となります。形状比、樹冠長率とも、密度調整（間伐）によりコントロールできます。また長伐期施業を目指す場合、立木の樹高が15m以上になると気象害の確率が高くなりますから、この確率を低減させる管理が必要となります。長伐期施業は大径材生産を目指す施業でしょうから、この両方の観点から平均形状比を70以下、平均樹冠長率を50%以上に、あるいはこれらの数値に近い状態で育林することが必要です。そのためには、間伐により密度を調整し、ある程度疎仕立てで管理する必要があります。管理の目安は、トドマツではつねに収量比数（Ry）0.7以下、カラマツでは0.4以下での管理となります。カラマツでの $Ry \leq 0.4$ というのは、蓄積が非常に小さくなってしまいますので、実際の樹冠長率をみながら管理を検討してもよいと思います。

●形状比	樹高（cm）を胸高直径（cm）で割った値。胸高直径20cmで樹高20mなら形状比100、胸高直径20cmで樹高14mなら形状比70です。一般に形状比が80以上になると気象害を受けやすくなります。
●樹冠長率	樹冠長を樹高で割った値。樹冠長とは、樹高から生枝下高（一番下の生きている枝の高さ）を引いた値。樹高20mで生枝下高10mなら樹冠長率50%、生枝下高15mなら樹冠長率25%です。樹冠長率は40%未満とならないように管理するのが適切とされています。
●収量比数（Ry）	林分密度管理図において、林分の混み具合を示す指数。最も混んだ状態（最多密度状態）を1、何も存在しない状態を0として、0～1で混み具合を示します。針葉人工林では、一般には $Ry : 0.5 \sim 0.6$ で管理する仕立て方が疎仕立て、 $Ry : 0.6 \sim 0.7$ の管理が中庸仕立て、 $Ry : 0.7 \sim 0.8$ の管理が密仕立てとされています。

(3) 地位

地位とは、元々は土地の生産性を意味する言葉ですが、林業上は樹木の成長速度の違いを表す言葉です。地位の善し悪しは地位指数によって示され、地位指数が大きいほど地位が高い（樹木の成長がよい）とされます。地位が高い場所ほど、立木の直径と樹高の成長が速く、また蓄積成長も大きくなります。地位は通常は、特等地、Ⅰ～Ⅲ等地に区分され、特・Ⅰ等地で成長がよく、Ⅲ等地は成長が劣ることを示しています。カラマツでは、十勝・北見・上川・空知地方などで地位が高く、宗谷・根室・釧路・胆振地方

などで地位が低くなっています。地位の高い地方（あるいは市町村）が、各樹種の造林の適地と判断できます。

3) 今後考慮しなければならないこと

これからの人工林林業は、まず収益性の向上を目指さなければなりません。嶋瀬（2014）によると、北海道のカラマツ人工林の50年間の育林コストは320万円/ha、森林保険代を加えると327万円/haであり、これに対し間伐・主伐による木材収入は312万円/haと予測されており、15万円/haの赤字となっています。これに補助金123万円/haを加えると108万円/haのプラス収支となりますが、利率を考慮せずに50年間で108万円/haの利益では、とても収益性がよいとはいえ、また補助金なしで赤字であるという状況はなんとでも変えなくてはなりません。収益性の向上が確実な再生産（再造林）につながり、さらに持続的な林業生産につながるからです。

木材価格の上昇はあまり望めない状況ですので、収益性の改善には育林コストの削減が必要となります。育林コストの削減には、①植栽密度・仕様や育林方法の見直し・改善による削減、②木材生産事業の作業システムの適切な改善による低コスト化、③主伐と再造林の一貫作業による低コストなどが有効ではないか考えられます。具体的には、間伐等に高性能林業機械を使用することを前提とした植栽仕様、収益性の悪い若齢時の間伐が必要ない植栽密度と育林経路、下刈が不必要、あるいは下刈期間を短縮する植栽樹種や植栽方法、低コスト化が可能な適切な機械化作業システムの採用、またこれらの組み合わせとしての一貫作業の検討が必要です。

さらに、これまであまり留意されてこなかった事項もあります。一つは、機械の林内作業により立木の根系が損傷し、幹に腐朽が発生する可能性です。幹が損傷した場合（多くは伐採木を引きずる際の根元の損傷）、そこから高い割合で幹腐朽が発生しますが、根系の損傷によっても腐朽は発生します。これを避けるには間伐時に林内作業を行わない作業システムが必要ですが、林内作業を行う場合は、機械走行路の数は最低限とし、固定化することが必要です。

またトドマツ人工林では腐朽率の高い林分がありますが、腐朽の原因が幹等の損傷によるものではない場合は、再造林樹種としてはトドマツを避けるという対処が必要と思われます。土壌水分の高い箇所でトドマツの腐朽率の高い可能性がありますので、再造林樹種としてはアカエゾマツか、あるいは天然林化も選択肢として考えられます。

【文献】 嶋瀬拓也（2014） 山林1565：27-35

4) 生産目標別の育林経路の例

今後植栽密度が2,000本/ha未満である低密度植栽が多くなると予想されますが、低密度植栽の育林経路の例はまだあまり示されていません。この節では、低密度植栽の育林経路のシミュレーション例を、①合板材が生産目標の場合、②バイオマス材が目標の場合、③長伐期で大径材生産が目標の場合について、考え方と具体例を示します。

(1) 合板材生産の育林経路

現在引き取り価格が比較的高い人工林材用途として、合板用材があげられます。ここでは、1,500本/ha植栽、I等地（地位指数：25）を仮定して、さらに1～2番玉で合板用として適している24cm以上の素材が採材可能と考えられる胸高直径30cm以上の比率が高い林分を目標とした育林経路例を、カラマツとトドマツについて示します。

① カラマツの育林経路の考え方

あまり混んだ状態を避け、収量比数は概ね0.7以下とし、さらに蓄積をあまり小さくしないよう収量比数0.6以下の状態を長くしないようにし、また主伐時には胸高直径30cm以上の立木比率が大きくなるように設定しました。14～44年生で4回間伐を行い、目標林型としては、主伐林齢60年、密度330本/ha、平均直径34cmです。材長2mで採材した場合、直径6cm以上の素材が3710本/ha生産されますが、そのうち34%（1270本/ha）が直径24cm以上と予測されます。

図表. 10 カラマツ合板材育林経路・収穫予測（1,500本/植栽、地位指数:25）

林齢 (年)	間伐率 (%)	上層高 (m)	平均材積 (m ³)	平均胸高 直径 (cm)	立木本数 (本/ha)	蓄積 (m ³ /ha)	収量比数
10		10.2	0.05	10.3	1420	70	0.58
12		11.9	0.07	11.8	1420	99	0.66
14	33	13.5	0.09	13.1	1390	131	0.72
20		17.4	0.18	17.2	930	171	0.70
22	30	18.5	0.22	18.2	930	200	0.74
26		20.4	0.29	20.5	660	190	0.66
30	30	22.0	0.36	22.4	660	239	0.71
34		23.4	0.45	24.4	470	212	0.62
40		25.0	0.58	27.0	470	273	0.68
44	30	25.8	0.66	28.5	470	312	0.71
50		26.8	0.82	31.1	330	272	0.60
54		27.3	0.93	32.6	330	306	0.63
60		27.9	1.08	34.7	330	357	0.67

② トドマツの育林経路の考え方

トドマツの主伐時の目標は胸高直径 30cm 以上の立木比率を高くすることとし、そのため収量比数は 0.7 以下とし、さらにトドマツはカラマツよりも直径成長が小さいため、おおよそ 0.5~0.6 の疎仕立てとして育林経路を設定しました。この育林経路により、主伐時の立木 456 本/ha のうち約 6 割が胸高直径 30cm 以上と予測され、合板材生産には適当ではないかと考えられます。25~45 年生で 3 回間伐を行い、目標林型は、主伐林齢 60 年、密度 450 本/ha、平均直径 32cm となります。残念ながら、生産される素材の直径別本数予測はできませんが、主伐時の平均直径はカラマツより小さくなっていますが、密度が高いため、多くの合板適材が生産可能と考えられます。

図表. 11 トドマツ合板材育林経路・収穫予測 (1, 500 本/植栽、地位指数:22)

林齢 (年)	間伐率 (%)	上層高 (m)	平均材積 (m ³)	平均胸高 直径 (cm)	立木本数 (本/ha)	蓄積 (m ³ /ha)	収量比数
10		6	0.01	5.0	1493	12	0.13
14		9	0.03	8.4	1472	46	0.29
20		13	0.10	13.1	1414	143	0.51
25	33	16	0.18	16.5	1353	244	0.64
28		17	0.25	18.7	907	224	0.55
30		18	0.29	20.0	907	264	0.59
35	33	20	0.39	22.5	907	357	0.67
40		22	0.53	25.3	608	320	0.57
45	25	23	0.64	27.4	608	387	0.62
48		24	0.71	28.7	456	324	0.52
50		24	0.76	29.5	456	345	0.53
56		25	0.87	31.3	456	397	0.57
60		26	0.93	32.1	456	425	0.59

(2) バイオマス材生産の育林経路

バイオマス発電が開始されると、バイオマス材の需要が生じてきます。バイオマス材は、とくに必要とされる立木形質はないため、効率的に蓄積の大きな林分を育成することが重要となります。

① カラマツの育林経路の考え方

効率的な育林経路として、無間伐とし、かつ収量比数が 0.9 程度となったときに主伐を行うという経路を設定しました。林齢 30 年、蓄積 360 m³/ha で主伐という設定となります。

② トドマツの育林経路の考え方

基本的な考え方は、カラマツの場合と同じです。カラマツよりも成長や自然間引きの速度が遅いため、主伐は、収量比数が 0.8 を超えた 40 年生時としました。主伐時の密度は 1,200 本/ha、蓄積 500 m³/ha と予測されます。

図表. 12 カラマツバイオマス材育林経路・収穫予測 (1,500本/植栽,地位指数:25)

林齢 (年)	上層高 (m)	平均材積 (m ³)	平均胸高 直径 (cm)	立木本数 (本/ha)	蓄積 (m ³ /ha)	収量比数
10	10.2	0.05	10.3	1420	70	0.58
12	11.9	0.07	11.8	1420	99	0.66
14	13.5	0.09	13.1	1390	131	0.72
16	14.9	0.12	14.5	1360	163	0.77
18	16.2	0.15	15.7	1320	195	0.81
20	17.4	0.18	16.7	1290	227	0.84
22	18.5	0.20	17.7	1260	257	0.86
24	19.5	0.23	18.6	1230	285	0.88
26	20.4	0.26	19.5	1200	312	0.90
28	21.3	0.29	20.3	1170	337	0.91
30	22.0	0.32	21.0	1140	359	0.92

図表. 13 トドマツバイオマス材育林経路・収穫予測 (1,500本/植栽,地位指数:22)

林齢 (年)	上層高 (m)	平均材積 (m ³)	平均胸高 直径 (cm)	立木本数 (本/ha)	蓄積 (m ³ /ha)	収量比数
10	5.6	0.01	5.0	1493	12	0.13
15	9.3	0.04	9.2	1464	59	0.33
20	12.8	0.10	13.1	1414	143	0.51
25	15.8	0.18	16.5	1353	244	0.64
30	18.3	0.27	19.3	1293	344	0.73
35	20.3	0.35	21.5	1239	434	0.79
40	22.0	0.43	23.4	1192	512	0.83

(3) カラマツ長伐期・大径材生産の育林経路

大径材をどのように定義するかによって、この育林経路は変わってきますが、一般に直径30cm以上が大径の素材であると考え、ここでは立木の最小直径が30cm以上となるように育林経路を設定しました。下表に示しましたように、主伐時の林齢を80年(短伐期施業のおよそ2倍)とし、さらに収量比数は概ね0.7以下となるようにしました。この育林経路では、主伐時(80年生)の立木の胸高直径は34~52cmと予測され、また蓄積も約480 m³/haであり、大径材生産のための経路として適切と考えられます。しかし、形状比が70より大きい状態が長期間続くため、長伐期施業としては、少し混み過ぎな管理となっているようです。この例では、収量比数は概ね0.6~0.7で管理されていますが、気象害の危険性を小さくするためには、もう少し疎な管理、例えば収量比数0.5~0.6での管理を考えるべきかもしれません。疎な管理とすると、直径はより大きくなりますが、蓄積は15%ほど小さくなります。

図表. 14 カラマツ長伐期・大径材育林経路・収穫予測 (1,500本/植栽、地位指数:25)

林齢 (年)	間伐率 (%)	上層高 (m)	平均材積 (m ³)	平均胸高 直径 (cm)	立木本数 (本/ha)	蓄積 (m ³ /ha)	収量比数
10		10.2	0.05	10.3	1420	70	0.58
14	33	13.5	0.09	13.1	1390	131	0.72
18		16.2	0.15	16.0	930	143	0.66
20	33	17.4	0.18	17.2	930	171	0.70
26		20.4	0.30	20.7	630	188	0.65
30		22.0	0.38	22.7	630	236	0.70
32	30	22.7	0.41	23.6	630	260	0.72
36		23.9	0.50	25.5	450	225	0.62
40		25.0	0.59	27.3	450	265	0.66
44		25.8	0.68	28.7	450	304	0.69
48	20	26.5	0.76	30.2	450	342	0.72
50		26.8	0.82	31.1	360	295	0.64
56		27.5	0.96	33.2	360	347	0.68
60		27.9	1.06	34.4	360	382	0.70
62	20	28.1	1.11	34.9	360	399	0.71
66		28.4	1.23	36.6	290	358	0.64
70		28.7	1.35	38.0	290	391	0.66
74		28.9	1.47	39.2	290	425	0.68
80		29.1	1.65	41.3	290	478	0.71

※育林経路のシミュレーションには、北海道総合研究機構林業試験場が作成したカラマツとトドマツのシステム収穫表を用いた。

第2章 提案型集約化施業の技術

1. 作業道開設のポイント

1) 基本的事項

素材生産の生産性について、現状4 m³/人日程度を10年後には10 m³/人日以上に高め、現状の生産コスト9,000円/m³を5,000円/m³以内に抑制することを目標に、効率的な作業システムの確立、作業システムに合った路網整備の推進を目的に森林作業道作説指針が作られました。

北海道では、国、市町村、森林組合、林業事業者等の関係者と連携し、整備方針等に基づき、北海道の特性に応じた路網・作業システムを構築・確立できるよう、その普及・定着を進めることとして、林業事業者が行う素材生産を平成23年度の7.4 m³/人日から、平成34年度には12.1 m³/人日を目標に掲げました。そのために、路網整備にあたっては路網の密度を現行の人工林内の路網密度約60m/haを平成34年度までに65m/haに増やすことを目標としています。

北海道の調べでは現行の作業システムは、チェーンソー伐倒、トラクター集材、プロセッサまたはハーベスタによる枝払い・玉切り、グラップル巻立による方式が最も多い方式と言われています。この方式では4～6人体制の人員配置が必要なことから生産性は6～9 m³/人日と全国の平均より高い生産性ですが、これ以上の生産性の向上は難しい作業システムです。この方式の中で、チェーンソー伐倒以降のシステムについて、ハーベスタ木寄せ・玉切り、フォワーダ積み込み・集材・運搬等に変更することによって、生産性10～12 m³/人日、生産コスト4,000～5,000円/m³を目標とできると分析しています。

目標としている12.1 m³/人日を達成するために、それぞれの地域の特性にあった効率的な作業システムの確立と作業システムに合った路網配置が求められています。

2) 作業道に求められる性能

林道は高速走行が可能なトラックが走行する道として開設されます。平坦な部分は20～25 km/hで走行します。坂道にあっても平坦な道の50～80%で登坂できることを林道規程は条件としています。この条件をクリアするため縦断勾配は9%以下とし、設計速度20 km/hの場合でも15 km/h以上で走行できるよう規定しています。9%を超える数値は例外値と言い、やむを得ない場合に14%（短区間に限り16%）まで採用できます。この例外値を大部分の延長で使用するということは高速走行のメリットを奪うこととなります。縦断勾配が9%超えるとトラックはセカンドギヤに入れざるを得ず速度は10 km/h以下に落ちます。さらに14%を超えるとローギヤとなり5 km/h以下と極端に速度が落ちます。9%を超える縦断勾配が連続する林道を開設した場合はトラックの高速走行メリットを活かせないこととなります。

森林作業道に求められている性能は、速度4 km/h以上で走行ができることと、繰り返し使用できる構造となっていることです。集材を行うフォワーダ等が、木材を積載し安全に上り走行・下り走行ができることを基本として計画します。縦断勾配は概ね10度（18%）以下で検討するものとされています。また、12度（21%）を超え、危険が予想される場合はコンクリート路面工等を検討するとしています。計画した森林作業道が急な場合は路面に大きな負荷が掛かり表面も浸食を受け走行性は悪くなります。

北海道が縦断勾配 10 度未満の作業道で 6 t 積みフォワードの速度調査を行った結果、固い路面の場合の 7.4 km/h、柔らかい路面の場合の 6.3 km/h と路面が軟弱な場合の作業効率が低下する結果となっています。

縦断勾配を 10 度以下に計画するとともに路面状態が乾燥状態になるよう分散排水を心掛け、締固め等堅固になるような施工を心掛ける必要があります。

3) 地形的なリスクを踏まえた路網配置

伐採した木材を輸送する手段として利用された森林鉄道は、町の中心の駅から沢沿いにレールが敷かれ森林地帯に延びていました。その後、森林鉄道を効率の良いトラック輸送に転換しようとしたとき、トラックが走行する林道は森林鉄道の跡地をそのまま利用して奥地へと延びていきました。このことによって多くの林道は沢沿いに配置されました。さらに、トラック輸送の拠点となる土場は、沢が合流した堆積地の平坦な箇所に設定される場合が多く、この土場の位置が作業道の配置計画にとって大きなリスクとなっています。土場に対して森林作業道を直線的に配置することは路面水を路外に排水することが困難となり、沢地に沿って配置することは、水の集まる場所に森林作業道を配置することとなり、路面の泥濘化による効率性低下、さらには下流域に濁水を生じさせ自然環境に影響を与えかねません。

写真. 1 作業道の泥濘化



写真. 2 作業道からの土砂流出要因



写真. 1 は、直線的に配置された既設作業道を利用したことによって路面が泥濘化し効率性が悪化した現場です。沢の低地部分に配置されたことから、中間地点で水切りを行うことができず、最も低い地点に路面水が集中的に流下する構造です。結果として中間地点ではこまめな排水ができないため路面が泥濘化したものです。



写真. 3 作業道の縦断勾配変化点

写真. 2 も同様の構造です。この箇所は火山灰地のため浸透性は比較的高くなっていますが、作業道を低地に造ったことと、作業道の轍は履帯による踏み固めによって浸透性が低下するため、降雨の時は轍の部分を雨水が流れ、土場まで一気に流れ込むこととなります。

写真. 3 は、縦断勾配の低い地点と地形上の低い地点が同じとなったため、雨水が溜まり走行が困難となった例です。

これらは、土構造である森林作業道にとって欠かすことができない排水機能を確保するよう路網配置を検討していれば回避できた事例です。

写真. 4は、枯れ沢に流れ込んでいた雨水を切り替えた写真です。切り替えた川の河岸は不安定な土砂がむき出しとなっており、増水の度に土砂が川に流れ込むこととなります。

写真 5は、枯れ沢の状態です。河床は礫に覆われ、河岸は苔が繁茂し、降雨時に増水しても濁らない構造となっています。このような安定している枯れ沢を埋めたり、切り替えて新たな水路を人工的に造ることはリスクを高めることとなります。

枯れ沢等の雨水を処理する地形の保全に配慮した路網配置が必要です。

写真. 4 作業道開設にともなう河川の切り替え



写真. 5 枯れ沢の状態



4) 土構造の基本

写真. 6は、林地傾斜45度を超える箇所に切土盛土構造による作業道を作設中、バックホウの履帯が盛土に載ったところ、盛土部分が滑落したためバックホウも同時に滑り落ち、林地が大きく浸食されたものです。森林作業道は切土盛土による土構造で作設します。盛土のり面勾配は盛土高が2m以内であれば1割程度(45度)、2mを超える場合は1割2分以上としなければなりません。

写真. 6 急傾斜地の盛土崩壊状況



この写真の場合は、林地の傾斜が45度を超えるので盛土勾配1割では地山線と盛土のり面勾配が平行線となり、り面は止まりません。この現地では盛土線を地山線に

接するようにするために、のり面勾配を5分(63度)や6分(59度)で形成したために輪荷重に耐えられず盛土が崩壊したと考えられます。林地傾斜35度を超える箇所に盛土を造る場合、盛土のり面1割勾配は地山と交差する位置が長くなり、高い盛土高で薄層盛土の状態となります。薄層盛土は締固めや地山と密着させることが難しくなります。盛土高を低くし施工を容易にするためには、ふとん簀や丸太組工等の構造物が必要となります。

写真. 7は、森林作業道の中央部分に大きな亀裂が生じ、今にも路体が決壊しそうな写真です。原因として考えられるのは、一つ目は、盛土が載る地山の表土を除去せず盛土した場合で、地山と盛土の土が密着せず盛土部分が下方に移動したことによって亀裂が生じます。二つ目は、盛土の締固めを適切に行わないことによる締固め不足です。盛土に利用する土を30cm層状毎に転圧せず、50

～60 cm以上厚く撒いてから転圧しても、表面だけが締まり、内部は締まっていないため自然沈下によって亀裂が生じてしまいます。三つ目は、林地の傾斜25度を超える箇所では盛土を行う場合です。盛土を地山に密着させるため、段切り盛土を行わなければなりません、段切り盛土を行わなかった場合です。

森林作業道作設指針の施工に関する事項では「森林作業道は、路体の締固めを適切に行い、堅固な土構造によることを基本とする。」とあり、切土の項では「切土のり面勾配は土砂の場合6分、切土高1.2m以内の場合は直切が可能か検討する。」とし、盛土の項では、「締固めは概ね30 cm程度の層ごとに十分締固めを行う、盛土のり面勾配は概ね1割より緩い勾配とする」等と施工方法について具体的に示しています。森林作業道は土構造で造るため、土工の基本を理解し施工することが重要です。

写真. 7 作業道の路肩亀裂



5) ヘアピンカーブの設置

ヘアピンカーブは傾斜勾配が緩く、地質の安定した尾根部で作設することが基本です。しかし、尾根部を利用することができない場合は、斜面に造ることになります。斜面に造る場合は、沢側に盛土することで緩やかな地形を人工的に造り、曲線部の縦断勾配を緩やかにでき、幅も確保できます。沢側に盛土を行わず掘削のみでカーブを造ると、折り返してから斜面を這うようになり、急な登坂勾配となるばかりか十分な幅が得られません。写真. 8のように、一旦外側に膨らむイメージで造ることが必要です。

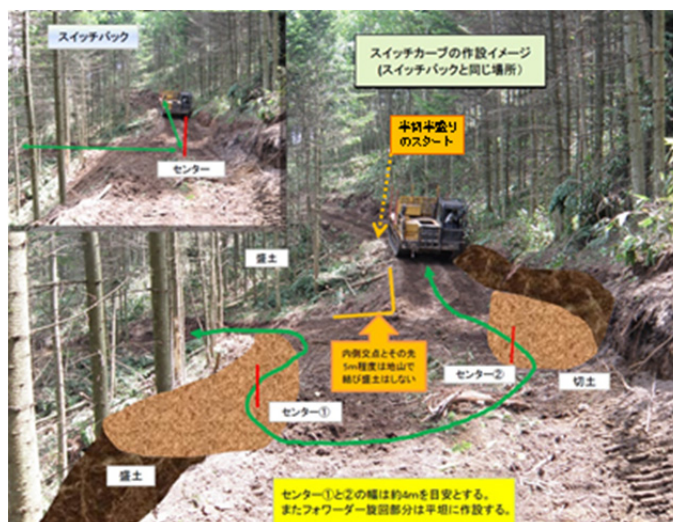


写真. 8 ヘアピンカーブ設置イメージ

5) 工程別単価

森林作業道の工程単価については、北海道森林管理局は公表していませんが、北海道庁はホームページで公表しています。丸太組工や溝渠工等の構造物については、一般土木工事と同じ単価となっており、公表されています。

この公表されている土工の単価については、計算式によって求めるとされています。この計算式を図にすると図表 15 のようになると考えられます。

切土量の断面によって、掘削、盛土均し、のり面整理及び共通仮設費が含まれるとしています。側溝無しで林地傾斜 25 度の場合はm当たり約 430 円となります。

森林作業道の作設歩掛で使用する標準機種はバックホウ 0.45 m³を採用しています。バックホウ 0.45 m³の日当たり経費（損料・燃料・運転手労賃等）は約 4 万 5 千円です。林地の傾斜が急になるに従って掘削土量や盛土土量が増大します。さらに土質による工程の違いもありますが、森林作業道を計画する場合、自社（事業体等）の林地傾斜のよる工程を調査し、計画に反映する必要があります。仮に、林地傾斜 25 度の場合、自社の機械による作設量が日当たり 100m の場合、単価は 450 円/m（共通仮設費除く）となります。

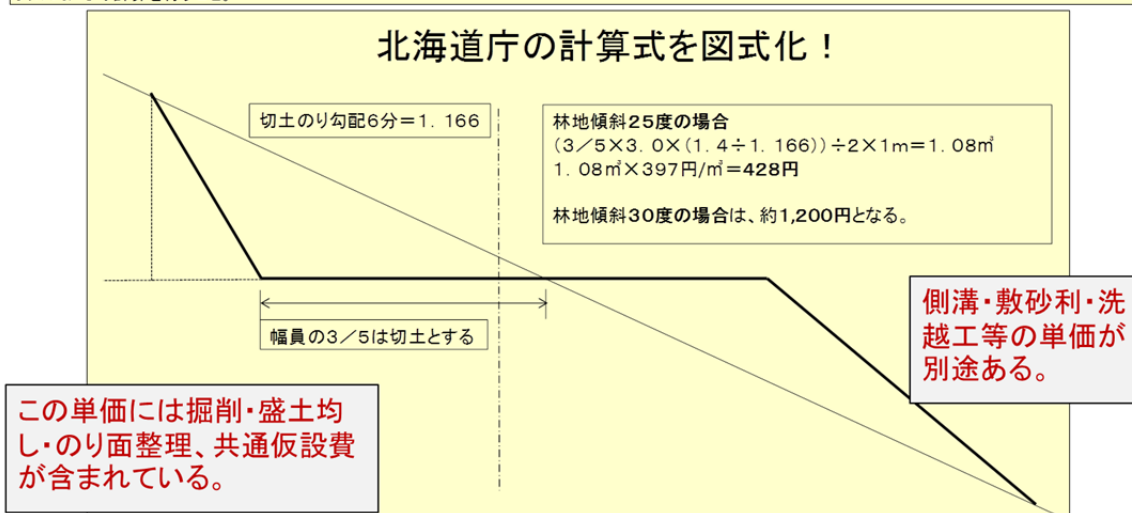
森林作業道は素材生産を効率的に行うために必要な手段です。無駄な配置延長が 100m であると作設費用で約 4 万 5 千円を無駄にし、集材延長が伸びることで集材コストが増え、全体のコストを押し上げることとなります。

森林作業道の適切な配置によって作設コストを低減し、作業全体のコスト減に繋がるよう常に改善を意識して路網配置計画を検討する必要があります。

図表 15 森林作業道の工程単価

北海道庁HPより		排水溝の無い場合-B2		w : 幅員(w)	
※単価には、共通仮設費9%を上乗せ済みである。		$B2 = \frac{3/5 \times w \times (hi \div 1.166)}{2} \times Si \times Km$		hi : 法長(m)	
土工(片切盛土)				Si : 延長(m)	
土質	工事費			km : 片切盛土土量単価(円/m ³)	
火山灰・砂・砂質土	397 円				
粘質土・礫質土	442 円				
軟岩 I (A) 等	551 円				

注：土質、法長、排水溝の有無が異なる毎に次の式により計算を行うこと。



2. 立木評価

森林施業の実施にあたって、森林所有者から計画・見積もり段階と精算時の経費が違いすぎると指摘されたことがあると思います。また、作業道の開設や土場の造成で思わぬ経費がかかり、請負者などから経費増の交渉を依頼されて、適正な単価による清算に苦労したことが少なからずあると思います。

また、主伐期に達した人工林の皆伐で、立木売上費に対してどの程度までの事業経費であれば、山林所有者の収入と事業利益を確保できるのかなど、立木収入と事業支出を見積もり評価しつつ事業を行うことが必要となっています。当然、地域ごとに地形・林況条件や作業システムや技術者の熟練度、ならびに機械経費や賃金体系が異なります。このため、森林施業プランナー育成に伴う研修や研修テキストでは、事業体ごとに工程別単価を作成して、見積もりの作成と事業費の精算を行うよう指導されています。しかし、育成研修や研修テキストでは、立木販売に関しては深く触れていません。また、山林所有者への返還金と事業経費の運用・利益についても深くは触れていません。

本章では、林業収入を見積るうえで基礎となる標準地調査方法と立木評価の計算式、標準木の採材調査について説明したうえで、手順にそって立木評価（立木販売費見積り－現場事業費見積り）方法について説明します。

1) 標準地調査

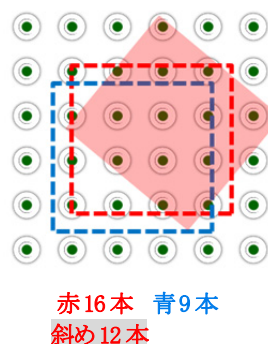
林分の調査方法には、全木を調査する毎木法と、その林分の標準的なところを選んで調査する標準地法があります。立木が高価格で取引されるような特殊な林分を除いては、一般に標準地法が用いられます。事業費には全ての経費が含まれます。毎木法は調査精度が高いですが、調査人工数が必要で調査経費が割高になるので、標準地法を用いて事業経費の低減をはかることが必要です。

標準地点は、立木は地況により成長が異なるので、同一斜面でも、上段・中絶・下段、尾根、山腹、沢筋、林縁など、複数のポイントに標準地設定して調査をすることが必要です。

標準地の大きさは、対象林分面積の10～20%ぐらいが適当ですが、天然生広葉樹林のように、いろいろな樹種、径級が混在し、丸太の取引価格の範囲の大きい林分では、標準地面積を大きくとることが必要です。一般に調査面積は出材積等の積算や今後の森林データベースとして判断しやすい（ $20\text{m} \times 25\text{m} = 500\text{ m}^2$ 、 $20\text{m} \times 20\text{m} = 400\text{ m}^2$ ）面積を採用することが必要です。なお、人工林では次項に注意して調査を行うことが必要ですが、特に、樹高測定器や樹高測定ポールを使用して計測誤差をなくするよう努めることが必要です。

- ① 植栽列に対して45度（斜めに）に設定すると調査精度が向上。
- ② 斜面の場合は斜距離換算表で補正する。
- ③ 標準地線上にある立木の隣接2辺は調査対象、他の2辺は調査対象外とする。

図表. 16 人工林の標準地設定方法



また、一人で標準地調査が可能な密度管理竿（釣竿）による円形プロット調査（鋸谷式間伐法－鋸谷茂、森と木の研究所代表）も有効です。密度管理竿による調査方法の要点は次のとおりです。

- ④ 多様な地形林分で多数のプロットをとる。
- ⑤ 平均胸高直径でプロットの大きさを変える。
- ⑥ 平均樹高は円内3番目の胸高直径木を標準。
- ⑦ 密度・形状比も3番目の胸高直径木を標準。
- ⑧ 調査地点は方形区標準地の5倍程度のプロットが必要。

図表. 17 密度管理竿による円形プロット調査図



図表. 18 密度管理竿による円形プロット調査方法

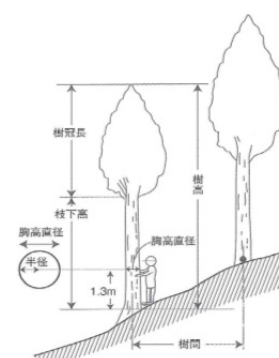
プロット内の 最大胸高直径	調査プロット		
	調査半径	面積 (m ²)	h a 換算
30 c m未満	4.00m	50 m ²	200 倍
40 c m未満	5.65m	100 m ²	100 倍
40 c m以上	8.00m	200 m ²	50 倍

【文献】鋸屋式間伐なるほどQ&A 実践編 (全国林業改良普及協会)

調査内容は樹種、胸高直径、樹高を計測します。また、間伐予定地では、伐木、残木、間伐率、樹幹長率、相対幹距比、形状比、枝下高、形質・曲り、採材見通し(用途)、歩止などを調査します。主伐では、形質・曲り、採材見通し(用途)、歩止など。また、林分調査とともに、土地権利と施業面積の確認(無立林地の比率)、傾斜、林床状況、作業期間や導入機械など方針と工程の目安、林道・作業路、丸太集積土場の開設・修理の必要性、運材経路、通勤経路、作業に伴う危険要因などの確認調査も行い記録を取ります。

方形区標準地内においては、すべての立木について樹種、胸高直径、樹高を測定します。ただし、樹高の測定には時間がかかるので、胸高直径階ごとに数本を測定して、その値から樹高曲線を描き、その他の立木の高さを推定する方法があります。樹種が単一の場合は、様式-1(図表. 20)の標準地調査票で調査を行い、その結果を様式-3(図表. 22)にまとめます。天然生広葉樹林など樹種が複数の場合は、様式-2(図表. 21)で調査を行い、様式-1で主な樹種ごとに集計し、さらに林分全体について様式-3にまとめます。

図表. 19 立木調査方法



図表. 20 標準地調査票 (様式-1)

森林現況調査票(施業診断書)				①若齢単純一斉林用				
所在地	札幌市かでる27			調査年月日	〇〇年〇〇月〇〇日		天気	晴れ
林小班	プロットNo.	樹種	カラマツ	森林所有者	全森連			
傾斜方向	南東	傾斜角度	20	土壌種	褐色森林土			調査責任者
					内田 健一			
胸高直径 (cm)	本数 (株)	本数 (本)	本数計 (本)	単木断面積 (㎡)	直徑断面積 (㎡)	間伐シマレーション 本数	断面積	樹高 (m)
6				0.003				
8				0.005				
10				0.008				
12	2		2	0.011	0.022	2	0.022	
14	2		4	0.015	0.060	4	0.060	
16	3	2	1	6	0.020	0.120	6	0.120
18	1	6		7	0.025	0.175	7	0.175
20	3	5		8	0.031	0.248	5	0.155
22		7		7	0.038	0.266		
24		6		6	0.045	0.270		
26	5		5	0.053	0.265			
28	3		3	0.062	0.186			
30	2		2	0.071	0.142			
32	1		1	0.080	0.080			
34				0.091				
36	2		2	0.102	0.204			
38	1		1	0.113	0.113			
40				0.126				
42				0.139				
44				0.152				
計	↑本数は正で記入			54	2.151	24	0.592	
調査面積	0.04	ha	①(20m×20m半径 m)					下層樹生の状況(種類・量など)
林齢	40	年生	(調査本数 300 本)					
本数	54	本	②					
ha当本数	1350	本	③=(2)÷(1)					
標準木直径	22.5	cm	④= $\sqrt{(\text{③} \div \text{②}) \times \pi} \times 200$					
上層樹高	21	m	⑤=標準木樹高					
胸高断面積合計	2.151	㎡	⑧					
ha当胸高断面積	53.775	㎡	⑨=(⑧)÷(1)					備考:気流の点
ピット法	()	㎡	⑩=⑨×⑤					
ha当材積	564.6	㎡	⑪=(⑩)×0.5 ※					
枝下高		m	⑫					
樹冠長率	3(30%)	割%	⑬=(⑫)÷⑤ 目測も可					
地位指数	21		40年生時の上層樹高を指数とする					
林分形状比	93.2		形状比=(⑬)÷④×100					
相対幹距比	13.0	(%)	⑭= $Sr = \sqrt{(10000/3) \div \text{⑨}} \times 100$					現地の写真を撮っておくこと!
目標Sr	17	(%)	現伐or 年生・上層樹高	m	ha当目標本数	785	本	⑮=100÷(上層樹高×目標Sr)
ha当間伐本数	565	本	⑯=(⑮)÷⑬		本数間伐率	42	%	⑰=(⑯)÷⑬×100
予想間伐面積	5.32	㎡	⑰=(⑯)×間伐木平均樹高×0.5		材積間伐率	23.6	%	⑱=(⑰)÷(⑧×⑥)×100
間伐直後直径	20	cm	⑲= $\sqrt{(\text{⑧}-\text{⑰}) \div \pi} \times 200$		間伐後形状比	81		⑳=(⑲)÷④×100
スギヒノキ	理想密度:Sr20 高密度林分の暫定目標:Sr18 Sr15~17:過密 Sr14以下:非常に過密		アカマツ・カラマツ 広葉樹全般		理想密度:Sr22 高密度林分の暫定目標:Sr20 Sr17~19:過密 Sr16以下:非常に過密			
※標準木:胸高直径や樹高などの要素について、林分を代表する数値を有している樹木								
※材積=胸高断面積×樹高×胸高形数 胸高形数=0.5 作成:内田健一 2007.1								

図表. 21 天然生林等標準地調査票 (様式-2)

森林現況調査票(施業診断書)				②天然生林					
所在地	札幌市かでる27			調査年月日	〇〇年〇〇月〇〇日		天気	晴れ	
林小班	プロットNo.	林種	天然生林	森林所有者	全森連				
傾斜方向	南東	傾斜角度	20	土壌種	褐色森林土			調査責任者	
					内田 健一				
樹種	胸高直径 (cm)	本数 (株)	本数 (本)	本数計 (本)	単木断面積 (㎡)	直徑断面積 (㎡)	間伐シマレーション 本数	断面積	樹高 (m)
計	↑本数は正で記入								

図表. 22 標準地調査集計表 (様式 - 3)

胸高直径	標準地調査		標準地出材積				適用
	平均樹高 (m)	標準地本数 (a)	単木材積 (㎡) (b) ①	材積 (㎡) (c=a×b)	歩止り (%) (d)	出材積 (㎡) (e=c×d)	
20							
22							
24							
26							
28							
30							

調査地 面積換算	① 調査地面積 (ha)	② 標準地面積 (ha)	③ 調査地面積換算 ①÷②	④ 1ha当り換算 1.0ha÷②	注1:単木材積(㎡) 単木材積は、〇〇〇〇の立木幹材積表(立木幹材積表-東日本編 〇〇〇〇地方〇〇〇)より、胸高直径と樹高を基準に読み取ること。
----------	--------------	--------------	---------------	-------------------	---

調査地 換算	調査地本数 (標準地本数計×③)	調査地材積 (標準地材積計×③)	調査地出材積 (標準地出材積計×③)
	1ha当り本数 (標準地本数×④)	1ha当り材積 (標準地材積×④)	1ha当り出材積 (標準地出材積×④)

2) 立木評価の方法

評価方法の種類には図表. 23に示す市場価法(市場価逆算式)、費用価法、期望価法、還元法などがあります。一般には地域の製材工場や市場で取引される市場価格から伐採、搬出に要する事業費などを控除して立木価格を求める市場価逆算法が用いられます。

市場価逆算法によって求められた価格は、製品市場単価、収益率等の一部の想定要因を介在しますが、市場取引の実態を反映した現実的かつ実証的な価格評価で、公有林などでも一般的に用いられている方式です。

図表. 23 立木評価の方法

市場価法 (市場価逆算式)	実際に取引されている丸太価格および賃金、歩掛りを用いて、現実的な価格を算出する。
費用価法	造林から現在までの費用を現在の価格に換算し、現在価格を推定する。 林齢11年生未満と以上で計算式が異なる。
期望価法	林分から得られた過去の収入、伐期までに得られる収入推定値から現在を評価する。
還元法	伐期の主収入推定値および伐期までの間伐等の副収入推定値から現在を評価する。

(1) 市場価法(市場価逆算式)の計算式

$$x = f \left(\frac{A}{1+\ell r} - B \right)$$

または

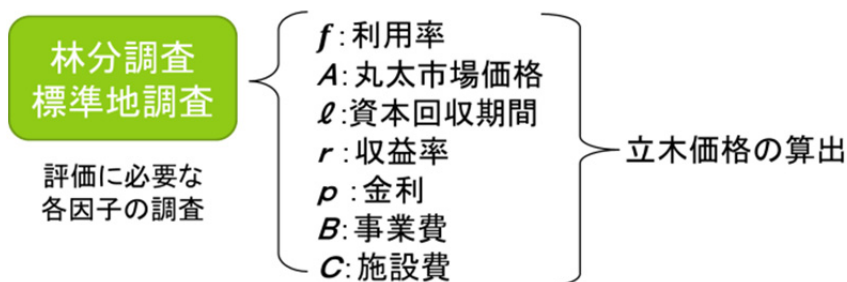
$$x = f \left(\frac{A}{1+r+\ell p} - B \right) \quad \dots \textcircled{1}$$

$$X = \sum x V - C \quad \dots \textcircled{2}$$

x : 施設費(固定費)を含まない立木価格
 f : 利用率
 A : 製品(丸太)市場価格
 ℓ : 資本回収期間(月)
 r : 収益率
 p : 金利
 B : 施設費以外の事業費(変動費)
 (消費税抜きの丸太1 m³当りの生産経費)
 X : 林分全体の価格
 V : 立木材積
 C : 施設費

(2) 評価の手順

立木評価 = 丸太販売価格 - (全ての事業費 + 利益 + 金利)



3) 標準木の採材調査

(1) 利用率の算出

利用率とは、立木を伐採、搬出、加工して生産される素材材積(利用材積)の立木幹材積(一般的には幹の樹皮を含んだ材積)に対する割合で、通常パーセントで表示されます。利用率は、樹種、樹形、胸高直径、樹高、地位などにより異なります。利用率の基本的な考え方としては主に胸高直径と樹高から求積される立木材積がまずあって、その立木からどのような丸太を採材できるかを考えて採材した後の各丸太の合計が素材材積で、その素材材積を元の立木材積で除したものが利用率です。したがって、利用率が先にあるわけではではありません。

$$\text{利用率 } f = \text{丸太材積 } L \div \text{立木材積 } S \times 100$$

一般に樹高の高低で利用率は、最も大きく異なります。利用率が10%異なれば、品等(価格差)も加味されて、山元立木価格は15~25%、場合によっては30%も異なることがあります。このため、上記した樹高の計測誤差を無くすること、ならびに後記する標準地調査における採材計画が林業収入の大きなポイントとなります。

(2) 立木材積、丸太材積の求め方

立木材積Sは、胸高直径と樹高から立木幹材積表によって求められます。なお、標準地調査票(若齢単純一斉林)では、胸高直径ごとの単木断面積に樹高を乗じて算出するよう簡便化しています。

丸太材積Lは、JAS(日本農林規格)に定められた樹皮を除く丸太材積表から求めるか、次式で算出します。ただし、丸太の末口径は14cmまでは1cm括約とし、14cmを超えた場合は2cm括約で表示します。

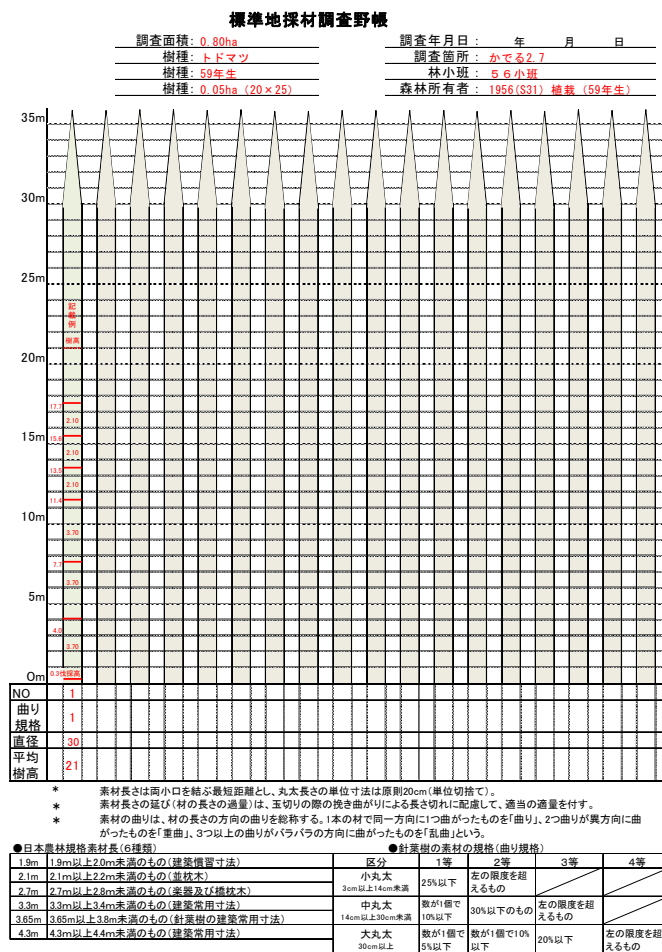
● 長さ6m未満	$V = D^2 \times L \times \frac{1}{1,000}$	*D : 末口径
		L : 長さ
● 長さ6m以上	$V = \left(D f \times \frac{L' - 4}{2} \right)^2 \times L \times \frac{1}{1,000}$	L' : m以下を切り捨てた長さ
		f : 利用率

(3) 標準木の採材

立木からどのような採材を行うかを推定する方法は、材種別推定法と出材割合推定法の2とおりあります。長年施業を経験した年長者は、今までの経験から地域の樹種・径級別の採材割合を推察できます。しかし、経験の浅いプランナーや市場価値の変動の大きな丸太、付加価値の高い丸太の場合は材種別推定法によることが肝要です。

材種別推定法は、標準地調査における標準木の材種・長級・径級・品等別に材積を求め、この材積に基準価格の単価を乗じて総額を求め、最後に総材積で除して算定するものです。一般的には標準木の採材を現地調査時に予測し(図表. 24)、その樹種の細り表を活用して、採材予測を行います(図表. 25)。なお、カラマツの細り表は、「【改訂版】北海道カラマツ細り表」(北海道立総合研究機構林業試験場)ホームページよりダウンロード可能となっています。

図表. 24 標準地調査時の標準木採材調査野帳



図表. 25 採材歩止り (f) 丸太平均単価表 (様式-5)

胸高直径	立 木			丸 太												適用							
	決定樹高(m)	①本数	②出材積(m ³)	材用			材用			材用			(バルブ)材用										
				歩止り率(%)	③材積(m ³)	単価(円)	④金額(円)	歩止り率(%)	④材積(m ³)	単価(円)	④金額(円)	歩止り率(%)	⑤材積(m ³)	単価(円)	⑤金額(円)		歩止り率(%)	⑥材積(m ³)	単価(円)	⑥金額(円)			
22																							
24																							
26																							
28																							
30																							
32																							
34																							
36																							
計																							
合計	立木本数①計			平均	⑨m ³ 当り平均歩止り(丸太材積計⑦÷出材積②)																		
	出材積②計				⑩m ³ 当り平均単価(丸太金額計⑧÷丸太材積⑦)																		
	⑦丸太材積③~⑥計																						
	⑧丸太金額③~⑥計																						

4) 市場価格の把握

丸太の市場価格については次項で詳細に説明しますが、市場価格の評定には地域の木材価格を用います。価格は評定しようとする樹種ごとの長さ・径級別に、実際の取引価格を自ら調査して、価格表(図表. 26)を作成することが必要です。また、特殊な材(銘木、柱など)が採材できるような林分の場合は、それらの価格も調査する必要があります。この場合は、最寄りの市場に限らず地域外の有利な販売先も探す出すことが必要です。

図表. 26 丸太の市場価格(A) 調査票(参考) (様式-4-1)

素材のm³当りの価格(トドマツ 工場着価格)

材 種	材 長 (m)	径 級 (cm)	m ³ 当り価格 (円)	適 用
一般用材	3.65	12~14	7,800	
	3.65	14~18	9,300	
	3.65	20	9,500	(直材)
	3.65	22上	10,800	(直材)
	2.20	12~14	5,800	
	2.20	14~18	7,500	
	2.20	20上	9,800	
家具材	2.4、2.7、3.65、4.0	28上	26,400	(直材・真円・二面以上小節) (3面無節以上は1~2割増し)
パルプ材	2.10	5上	6,100	

5) 工程別事業単価の設定と事業費(B)・施設費(C)

工程別事業単価の算出(図表. 28、図表. 29)については、森林施業プランナー育成に伴う研修や研修テキストで詳細に説明していますので、以下を参照願います。

- 森林施業プランナーテキスト基礎編(発行:森林施業プランナー協会)
 - 間伐生産性・コスト分析シートの使い方マニュアル~利用間伐の生産性とコストの把握・分析のために~(発行:全国森林組合連合会)
- (提案型集約化施業ポータルサイト <http://www.shuuyakuka.com/about/cost/>)

図表. 27 事業費の内訳

種 別	内 訳
伐木造材	伐採、枝払い、玉切りなど工程別に算出する。伐倒マン賃金、チェーンソー燃料・損料、単位(m ³ ・本/人・日)当り単価とします。
人力木寄せ	賃金と工程、作業量・率(m ³ ・本/人・日)
機械集材	機械経費、維持管理費、燃料費、オペレーター賃金、工程、単位(m ³ ・台/時間(日))
運材	トラック運搬距離、工程、積卸し賃金・工程、単位(m ³ /車(日))
雑費等	事業(費用)に係る雑費・保険料など、単位(事業費に対する%、m ³)

図表. 28 事業費の算出 (B) 表

作業種	区分	標準工程	標準賃金 (円)	単価 (円)	作業効率 (%)	m ³ あたり 単価(円)	適用
伐木造材	賃金	7.5 m ³ /日	12,000	12,000	100	1,600	
	損料			92		49	
	燃料			1,034		138	
人力木寄せ	賃金	5.0 m ³ /日	8,000	1,600		48	
機械集材	賃金	38 m ³ /日	20,000	20,000		526	トラクター集材、オペレーター+補助員各1名
	損料			2,025		320	
	燃料			3,000		79	
	消耗品等					13	
雑費等						277	直接事業費×10%
保険料						303	
運材費						1,800	10 km以内 請負
合計						5,153	

図表. 29 工程別事業単価表 (様式-4-2)

事業費の算出 (m³当り)

工 種	単 価 (円)	複合単価 (円)	事業単価 (円)	適用
伐木費 (m ³)	600	2,900	5,700	
造材費 (m ³)	800			
集材費 (m ³)	1,000			
巻立て費 (m ³)	500	1,700		
積込み (m ³)	500			
運 搬 (m ³)	1,200			
その他 (m ³)				
諸経費 (m ³)	1,100			

標準施設費

工種	内容	単 価 (円)
作業道開設	・ 作業道開設や補修経費を事業実績により、出材積 1 m ³ 当りの開設・補修単価を設定。(単位: m ³ 当り)	310円/m ³
	・ 作業道新設 1 m当りの単価設定(斜面勾配、地質条件を加味)。(単位: m当り・km当り)	900円/m
	・ 作業道補修経費を 1 m当りの単価を設定(砂利有無を加味)。(単位: m当り・km当り)	280円/m(掻き均し)
土場	・ 現地土場の開設や補修を事業実績により、出材積 1 m ³ 当りの開設・補修単価を設定。(単位: m ³ 当り、箇所当り、)	50,000円/箇所(整地)
借料等	・ 用地借上げ、通行に必要な使用料等。(単位: 件、)	30,000円/式(土場謝礼等)
仮設費	・ 仮設小屋、倉庫、移転等。(単位: 件、式)	
機械運搬費	・ 林業機械運搬費(回送費)。(単位: 台、回)	25,000円/台・回(20kmまで)
その他		

施業に伴う施設は、作業道の開設や土場の造成などで、標準地調査や作業道現地調査で選定して詳細に設計・積算することが必要です(図表. 30)。なお、施設費は、施業実施にともなう数量変更対応のため、各事業費の総額を明らかにしたあとに、数量で割り戻して単価設定を行っておくことが必要です。

図表. 30 施業に伴う施設計画 (C) (様式-6)

施業に伴う施設費計画

調査面積: 0.80ha
 樹種: トドマツ
 林齢: 59年生
 調査箇所: かでる2.7
 林小班: 56小班
 森林所有者: 1956(S31) 植栽 (59年生)

作業種	区分	数量	単位	単価 (円)	金額 (円)	適用
作業道	新設	100	m	1,800	180,000	幅員3.0m、側溝なし、普通土砂、砂利5cm 排水管φ600-L3.5m1箇所
	補修	200	m	260	52,000	砂利5cm敷き均し(幅2m×200m) 砂利20m(砂利単価2,600円現着)
土場	造成・復元	1,500	m ³	200	300,000	普通土砂、立木処理含む
機械回送	機械搬入・撤去	8	回	14,200	113,600	回送距離12km、0.45バックホウ、0.45ベースプロセッサ、 U6フオーダ、0.45ベースグラブ(4台往復)
合計					645,600	

注: 経費は、人件費、機械、燃料、損料込の単価経費(請負事業)として積算

6) 資本回収と企業利益率・金利

(1) 資本回収期間 (ℓ)

資本の回収期間は、事業期間と関連して事業を開始するにあたり、金融機関から資本の借入れをして契約金、賃金、資材・燃料費などの支出に充てる資金の回収期間です。なお、資本回収期間の目安は事業期間の1/2~1/3で、標準は図表. 31のとおりです。

図表. 31 資本回収期間 (ℓ)

数量 (m ³)	材			
	皆 伐		間 伐 ・ 択 伐	
	事業期間 (月)	資本回収期間 (月)	事業期間 (月)	資本回収期間 (月)
50~150	3	2	4	2
151~350	4	2	6	3
351~750	6	3	8	4
751~1,000	7	4	9	4
1,001~1,500	8	4	11	5
1,501~2,000	9	5	12	6
2,001~2500	12	6	13	6

(2) 企業利益率 (r)

企業収益率とは、立木の買入れ代金も含む総事業費に対する資本回収期間1カ月当たりの利益率です。この収益の中には、投下資本に対する利子、危険負担および利益処分とみなされるものも含んでいます。

一般には1.6%で試算します。

(3) 金利 (p)

事業資金借入れに対する支払い利子です。借入れのない場合には、その資金を貯預金したときの受取り金利とし5～10%/年（平均8%/年）の範囲で決定します。

7) 立木評価

標準木の採伐から利用率 f ・歩止りが、評価しようとする林分の出伐量から資本回収期間 (θ) など明らかになりました。また、林分の調査をもとに事業費 (B) や施設費 (C) が積算されました。このため、図表 32 の手順で市場価法により、立木販売見積費－事業見積費＝山林所有者への返還金と事業収益が試算されます。

このように、事業着手目に事業収支や事業目標数値が見えると、低コスト化や、付加価値のある販売、あるいは林業機械の導入や人材の確保・育成など可能となります。また、立木評価結果をデータベースとして管理することで、PDCAによる事業改善により収益率の改善など、地域林業の活性化をなし得るツールとして利用することができます。

8) 参考とした資料

- 森林総合技術セミナー・テキスト「立木の評価」（発行：北海道林業改良普及協会 昭和59年）
- 立木評価の手引き「収入間伐を推進するために」（発行：岡山県農林水産部林政課 岡山県林業試験場 平成11年）
- カラマツ間伐における採材と立木評価「森林整備技術研修会資料」（発行：根室森づくりセンター 平成21年）
- 上手な採材と造材のしかた「喜ばれる丸太づくりのために」（発行：徳島県 昭和59年）
- 素材の日本農林規格（農林水産省告示第1052号）
- トドマツ・エゾマツ立木幹材積表（発行：立木幹材積表－東日本編 根室・釧路・十勝支庁地方トドマツ 昭和45年）
- 森林施業プランナーテキスト基礎編（発行：森林施業プランナー協会 平成24年）
- 間伐生産性・コスト分析シートの使い方マニュアル～利用間伐の生産性とコストの把握・分析のために～（発行：全国森林組合連合会 平成20年）
- 提案型集約化施業ポータルサイト <http://www.shuuyakuka.com/about/cost/>
- 【改訂版】北海道カラマツ細り表（発行：北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場 平成22年）

図表 32 立木評価計算表 (様式-7)

区分	試算基礎データ	数量 (m ³)		金額 (円)		適用
		ha当り	全林分	m ³ 当り	ha当り	
(1) 立木材積	様式-3ha材積 様式-3調査地材積	228.6	411.5			(施業面積 1.8 ha)
(2) 出材積	(1) × f	180.4	324.7			f = 78.9 % (様式-5)⑨m ³ 当り平均歩止り)
(3) 売上高	様式-5 ⑩m ³ 当り平均単価			14,599	2,633,660	c = 様式-5⑩ d = a × c e = b × c
(4)-A 企業収益率	[利率係数]					• 工程 (0 = 0か月) • 企業収益 (r = 1.6%) • 金利 (P = 8%) (注: qp = 0.08 × 3月 / 12ヶ月)
(4)-B 資金利回り	[利率係数]			13,930	2,513,034	f = c × (4) - A利率係数 g · h 同値 i = c × (4) - B利率係数 J · k 同値 A: 丸太市場価格 (金額)
(5) 事業費	(2) × 事業単価			14,092	2,542,143	
(6) 施設費を除く 評価額	(4) - A使用 $X = f \left(\frac{A}{1+ip} - B \right)$			8,777	929,601	事業単価: 様式-4事業費算出の事業 費単価 (m ³ 当り)
(7) 施設費	様式-6 施設費計画合計金額			6,925	1,583,433	r ~ t () は (4) - A - (5) B 事業費 下段: f (平均歩止り) × ((4) - A) - (5)
評価額	(6) - (7)			(532)	(95,889)	W は 様式-6 合計金額 u 及び v は、w から割り戻す
				(8,245) 6,393	1,487,544	所有者支払い金額等
					2,677,038	

注: (4) - A [利率係数]: $100 / (1 + ip) = (100 / (1 + 3 \times 0.016))$

(4) - B [利率係数]: $100 / (1 + r + ip) = (100 / (0.016 + 0.08 \times 3 / 12))$

* 施業団地が小面積の場合は、施設費のウエートが大きくなり採算性が維持できない。

* 評価試算には土地代及び諸税を含んでいない。

* 樹種が複数の場合、本表を加工修正するか、樹種ごとに試算する必要がある。

* 本来、採材計画では標準木の採材を細り表を使用して採材率を算出して評価する。カラマツ:【改訂版】北海道カラマツ細り表(林業試験場)http参照。

第3章 北海道の木材加工・流通

林業の主産物である木材は、木材産業がこれを原料として用い、利用可能な形に加工することによって、はじめて価値を実現することができます。そして、必要とされる素材の量、価格、樹種、長・径級、材質は、用途ごと、さらには工場ごとに異なります。一方、立木も、一本一本、形状や材質に差があります。このため、ある林分（あるいは立木）をいつ伐採するか、伐倒木をどのように採材するか、素材をどのような用途・工場にどのように振り分けるかといった判断はとても重要です。

ところで、北海道は、森林資源や素材の生産はいうに及ばず、木材流通や木材産業の面でも、都府県とはかなり事情が異なります。このため、木材をより有利に販売するためには、全国の事情だけでなく、北海道に特有の事情についての理解も欠かせません。ところが、『森林総合監理士（フォレスター）基本テキスト』には木材の流通や加工については全国の動向しか示されておらず、『森林施業プランナーテキスト基礎編』にはそもそも木材の加工や流通に関する項目さえありません。そこで、北海道の木材産業・木材流通の特徴について概要をお示しし、道内各地区における木材生産・販売の計画立案に役立てていただければというのが本章のねらいです。上述のとおり、全国の事情については、『森林総合監理士（フォレスター）基本テキスト』に記述があり、その部分も含むテキスト全文が林野庁ホームページ（<http://www.rinya.maff.go.jp/index.html>）からダウンロードできるようになっていますので、ぜひ併せてご利用ください。

続く第1項から第3項では、本道の木材市場と木材産業について、木材需給（第1項）、木材産業（第2項）、木材流通（第3項）の順にみていきます。第4項では、素材の価格・用途・規格について、第5項では、需要拡大・需給安定化に向けた行政機関の取り組みについて述べます。第6項では、木材市場の動向について参考となる業界紙などの情報源をいくつかご紹介します。

【本章のポイント】

●北海道の木材市場と木材産業

- ・道内の木材産業は道産材の利用度が高い
- ・ただし、資源量や生長量に比べると需要量はやや小さく、内容的にも安価な中小径材に偏る
- ・工場の新設や新製品開発などによる需要の拡大が今後の課題

●北海道の木材流通

- ・商社が素材の供給と需要を仲立ち
- ・物流は山土場から需要工場への直送体制
- ・特定の取引先との取引が中心のため、市場（マーケット）全体での情報共有が課題

●道産材の価格・用途・規格

- ・道産材素材価格は都府県産材より安定的。用途や流通体制の違いによるものか
- ・カラマツ材の主な用途は製材（梱包材・ラミナ）と合板。求められる長さは多様
- ・トドマツ材の主な用途は製材（羽柄材・栈木）。3.65mが中心だったが多様化の方向
- ・長・径級以外にも工場ごとに様々な規格。個別の要求に応えていくことが重要

●市場の拡大・安定化に向けた行政機関の取り組み

- ・木材需要動向および森林資源状況に関する情報の収集と提供
- ・市況乱高下の対策として供給調整の仕組みも

1. 木材需給

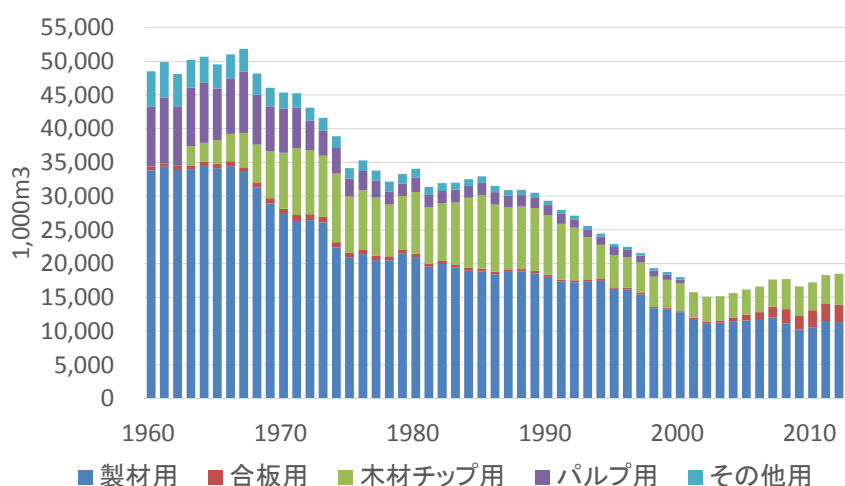
1) 全国と北海道の素材生産量

わが国の素材生産量は、1967年に第二次世界大戦後のピークとなる5,181.3万 m^3 を記録したのち、長期に亘って縮小・低迷してきましたが、2002年の1,509.2万 m^3 から2013年には1,964.6万 m^3 へと455.4万 m^3 の増加となり、回復の傾向が鮮明になっています（図表. 33）。需要部門別にも、製材用が91.6万 m^3 増、合板用が273.7万 m^3 増、木材チップ用が90.1万 m^3 増と、すべての部門で拡大しました。特に合板用の拡大が際立っています。

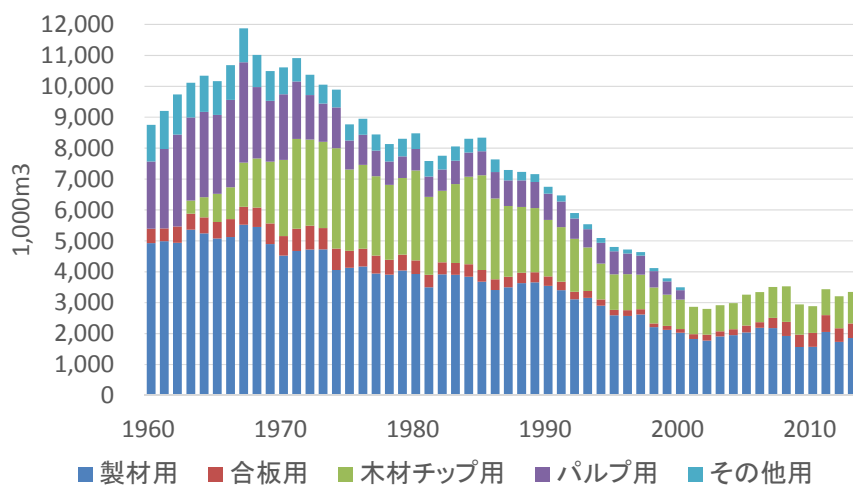
北海道の素材生産量は、全国と同じく1967年に戦後のピークを迎えました（図表. 34）。この年の素材生産量は1,187.5万 m^3 で、全国の素材生産量の22.9%にも達しました。この時期に大量の伐採が行われたこともあって、本道の素材生産量はその後急激に落ち込んでいきましたが、やはり2002年に底打ちしています。ただし、都府県に比べて世界金融危機後の落ち込みが激しく、本格的な回復には至っていません。

2013年4月1日現在の本道の人工林蓄積は2億4,718.0万 m^3 で、過去10年間に5,068.1万 m^3 増加しました。すなわち、蓄積量や生長量の面からみても、伐採活動は低調といえます。

図表. 33 全国の素材生産量（1960年～2013年）



図表. 34 北海道の素材生産量 (1960年～2013年)



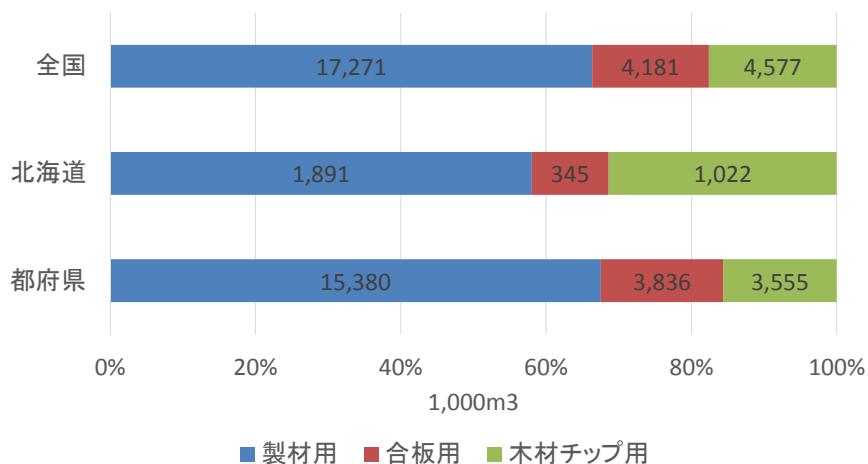
2) 北海道の木材需給

2013年の需要部門別(用途別)素材需要量をみると(図表. 35)、本道では、都府県に比べて木材チップ用の比率が高く、合板用の比率が低いことが分かります。

2013年における北海道の素材生産量は(図表. 36)、製材用185.9万 m^3 、合板用47.0万 m^3 、木材チップ用102.2万 m^3 の計335.1万 m^3 でした。このうち、製材用1.8万 m^3 、合板用15.8万 m^3 の計17.6万 m^3 が他県に向けて出荷されています。また、別の統計によれば、2013年度(2013年4月から2014年3月)に1万5,313 m^3 (針葉樹1万4,986 m^3 、広葉樹327 m^3)、1億7,820.5万円の丸太が、韓国(1万0,177 m^3)、台湾(2,410 m^3)、中国(2,395 m^3)、マレーシア(4 m^3)に輸出されました。輸出された針葉樹丸太の平均単価は1万1,891円/ m^3 で、一般材が中心とみられます。他方、広葉樹丸太の平均単価は12万1,930円/ m^3 で、銘木が中心とみられます。

なお、2012年度の森林所有者別素材生産量は、北海道森林管理局所管国有林54.1万 m^3 、その他国有林0.2万 m^3 、国立大学法人演習林0.4万 m^3 、一般民営生産333.5万 m^3 となっています。

図表. 35 全国と北海道における素材の需要構成 (2013年)

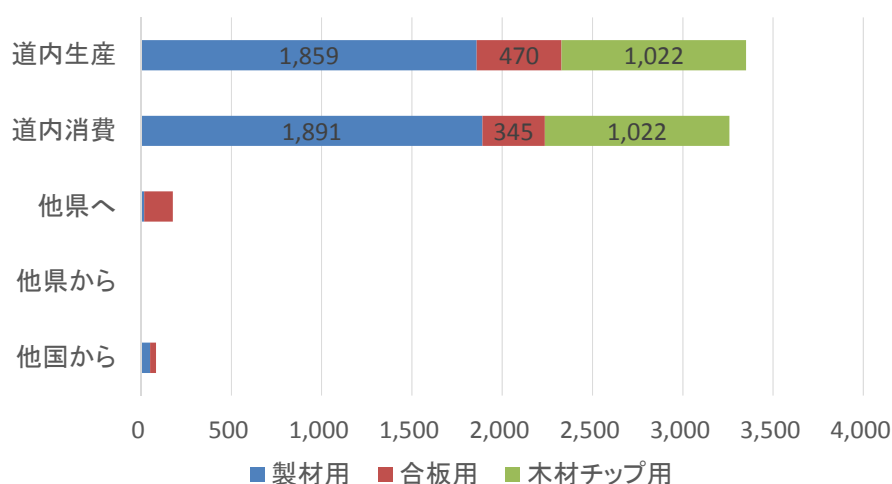


2013年における北海道の素材消費量は、製材用189.1万m³、合板用34.5万m³、木材チップ用102.2万m³の計325.8万m³でした。他県からの入荷はなく、道産材のほかには、製材用5.0万m³、合板用3.3万m³の計8.3万m³が他国から素材として輸入されています。

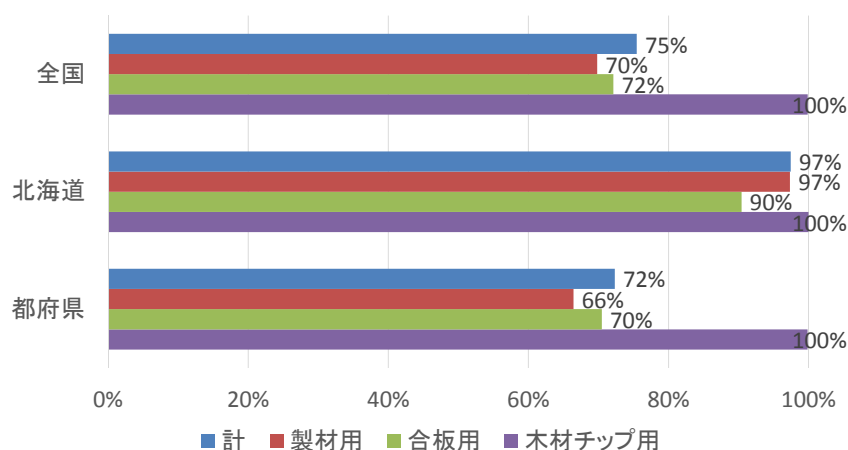
図表. 37に示したとおり、北海道の素材需給に占める国産材の比率は、製材用97%、合板用90%、木材チップ用100%で、平均では97%に達します。また、他県からの素材入荷はないため、これらの国産材はすべて道産材ということになります。都府県では、素材需給に占める国産材の比率は72%で、その4分の1強は他県材のため、素材需給に占める自県材の比率は半分をやや上回る程度(52.9%)となっています。

このように、道内の木材産業は道産材をよく利用しており、また、道産材の大部分は道内木材産業によって利用されていますが、道内木材需要に占める道産材の比率は55.0%（2013年度見込）にとどまり、丸太、製材、集成材、合板、木材チップなどの形で輸入された木材が、本道の木材需要の45.0%をまかなっており、また、道産材のうち20万m³弱が、道外や海外に向けて出荷されています。

図表. 36 北海道の素材需給 (2013年)



図表. 37 素材需給に占める国産材の比率 (2013年)



3) 北海道の木材需給の現状と課題

以上にみてきたとおり、本道の素材供給に占める道産材の比率は部門を問わず高い水準（90%～100%）にあります。ただし、蓄積量や成長量と比べると、素材の生産量や需要量はやや低い水準にとどまっています。その結果、素材の道外移出および輸出は合わせて20万m³近くになります。

なお、特にトドマツについては、50年生を超えた林分において心腐れの発生頻度が高まることが指摘されており、枝の発達による大節の出現や、工場の受入規格を上回る過度の大径化などとあわせ、早期利用が課題となる可能性が指摘されています。

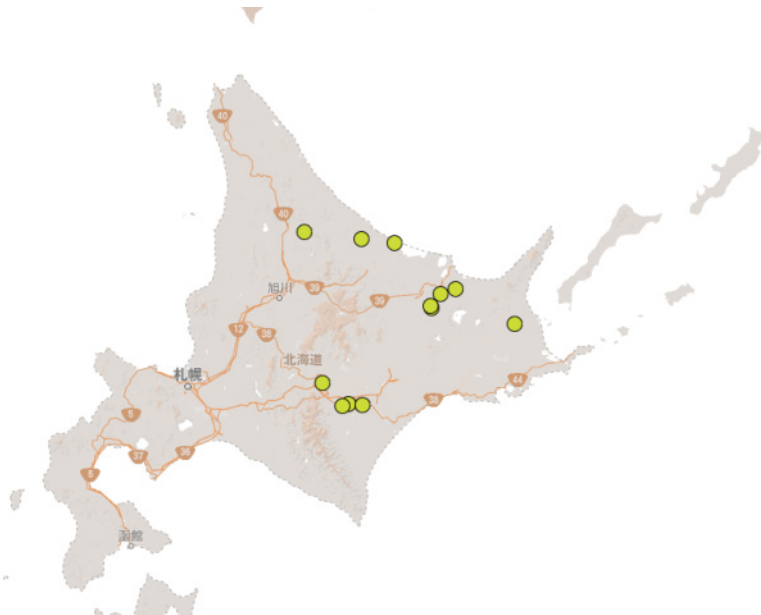
2. 木材産業

1) 概況

本道の木材産業を、2013年の素材需要量を基準にみると、製材業が189万m³、合板工業が35万m³、木材チップ工業が102万m³（工場残材も入れた原料消費量は2013年度177万m³）です。また、原木を直接消費している工場ばかりではありませんので、製材業と重複カウントされる部分もありますが、集成材工業が原木消費量換算で10万m³程度の規模を有しています。

各部門の需要構成を大まかにみると、製材業がカラマツ5割、トドマツ4割、その他1割、合板工業がカラマツ6割、トドマツ3割、その他1割、木材チップ工業が広葉樹6割、カラマツ3割、トドマツ1割（工場残材も入れると広葉樹4割、カラマツ4割、その他針葉樹2割）という構成になります。都府県では、製材用と合板用の4分の3がスギですので、本道の木材産業は利用する原木の点でもかなり特徴的であるということが出来ます。図表. 38は道内で年間の素材消費量が概ね3万m³以上の製材工場・合板工場を示したものです。大型工場がオホーツクと十勝の両地方に集中しているようすが見て取れます。

図表. 38 道内の大型製材・合板工場



2) 製材業

本道には、2013年において182工場の製材工場があります。これらの工場の素材需要量は189.1万 m^3 で、1工場当たり1万0,390 m^3 となります。これは、全国平均(3,052 m^3)の3.4倍であり、本道の製材業が都府県に比して大規模であることが伺えます。

代表的なタイプとしては、次の3つが挙げられます。①カラマツ中小径材から梱包材やパレットを生産するもので、近年ではラミナを手がける工場も増えています。②トドマツ中小径材から積木を生産するもの。③トドマツ材から羽柄材などの一般建築用材を生産するもの。このうち、特に規模が大きな工場に多いのは①のカラマツ工場です。素材消費量が3万 m^3 を上回る11工場のうち、カラマツが7割以上を占める工場は8、トドマツが7割以上を占める工場は2、両者を併用している工場が1となっています。

2013年度(2013年4月～2014年3月)の素材消費量は、針葉樹175万6,239 m^3 (うち、エゾマツ・トドマツ76万8,637 m^3 、カラマツ92万1,550 m^3)、広葉樹7万8,913 m^3 の計183万5,152 m^3 でした。

● 年間素材消費量が30,000 m^3 以上の道内製材工場

会社団体名	年間原木消費量	樹種
株サトウ	108,000 m^3	カラマツ85%、その他15%
横内林業(株)	100,000 m^3	カラマツ90%、その他10%(エゾマツ・トドマツ)
双日北海道与志本	98,000 m^3	カラマツ95%、その他5%
株湧別林産	67,000 m^3	カラマツ60%、トドマツ40%
オムニス林産(協)	62,500 m^3	カラマツ90%、トドマツ10%
三津橋農産(株)	57,000 m^3	カラマツ20%、トドマツ80%
株関木材工業	56,000 m^3	カラマツ77%、その他23%
美幌町森林組合	55,000 m^3	カラマツ97%、その他3%
熊谷林産(株)	48,000 m^3	カラマツ70%、その他30%
佐藤木材工業(株)	43,000 m^3	カラマツ25%、トドマツ75%
十勝広域森林組合	30,000 m^3	カラマツ100%

【文献】木材建材ウイクリー、No.1944、2013年11月11日付

3) 合板工業

本道の2013年における合板工場数(普通合板工場のみ)は10工場、素材需要量は34.5万 m^3 となっています。1工場当たりでは3.5万 m^3 となり、全国平均(12.7万 m^3)の4分の1にとどまっています。

代表的なタイプとしては、①針葉樹構造用合板を主力とする大型工場、②内装用や家具用などに用いられる高級合板を主力とする中小工場が挙げられます。①のタイプは道内に1社のみですが、上記の34.5万 m^3 のかなりの部分をこの1社が占めているものとみられます。また、②のタイプは本道に特徴的な存在です。

樹・材種別にみた素材消費量(推定)は、カラマツ20万 m^3 、トドマツ10万 m^3 、その他道産針葉樹1万 m^3 、道産広葉樹1万 m^3 、外材3万 m^3 程度とみられます。

4) 集成材工業

集成材工場数は、北海道林業統計によれば19工場(2013年)、日本集成材工業協同組合によれば10工場(同)とされ、JAS認定工場名簿には11工場(2014年3月31日現在)が記載されています。北海道林業統計によれば、2013年の生産量は3.5万 m^3 です。

日本集成材工業協同組合によれば、2013年、全国には166の集成材工場があり、164.7万 m^3 の集成材を生産しています。1工場当たり9,919 m^3 となりますので、本道の集成材工場がかなり小さいことが分かります。

国内の集成材工場の代表的なタイプとしては、①小中断面構造用集成材を主力とする工場、②大断面構造用集成材を主力とする工場、③化粧貼り構造用集成材・造作用集成材を主力とする工場に大きく分けられます。複数のタイプを兼ねる工場もあります。「構造用集成材の生産・需要動向調査事業報告書」によれば、①のタイプの工場には月産1~2万 m^3 にも達する工場がみられます。このような大きな工場の多くは、レッドウッド(ヨーロッパアカマツ)やホワイトウッド(ヨーロッパトウヒ)などの外材をラミナとして用いており、東北、近畿、中国の各地方に立地が集中しています。近年では、スギのラミナを用いる工場にもかなり規模が大きいのものが出てきました。②のタイプは、①に比べるとかなり小規模で、最大手でも月産1,000 m^3 、一般的な規模では月産300~500 m^3 とされています。③のタイプにも、あまり大きなものはみられません。本道には、上記のすべてのタイプの工場があると思われませんが、①のタイプも含め、規模が大きなのはみられません。

5) 木材チップ工業

道内には215の木材チップ工場があり、このうち専門工場が33で、素材入荷量は102.2万 m^3 となっています。ただし、これは素材(原木)のみで、工場残材、林地残材、解体材・廃材は含まれていません。農林水産省統計部「木材統計」には、工場残材などの消費量は示されていませんが、原料別の生産量は示されていますのでこれを参照すると、木材チップ生産量は81.8万トン(素材71.0%、工場残材28.9%、林地残材0.1%、解体材・廃材0.0%)で、1工場当たり3,805トンとなります。

全国では、1,510工場(うち専門工場389)あり、素材入荷量が457.2万 m^3 です。すべての原料を含めた木材チップ生産量は645.2万トン(素材40.5%、工場残材31.1%、林地残材2.2%、解体材・廃材26.3%)で、1工場当たり4,273トンとなります。

このように、原木切削チップ(いわゆる山棒チップ)の生産比率が高いことと、解体材・廃材チップの生産がみられないことが本道木材チップ工業の特徴といえます。

北海道水産林務部「木材需給情報」から、2013年度(2013年4月~2014年3月)の素材消費量をみると、工場残材チップなども含めた全体では針葉樹112万3,273 m^3 (うち、カラマツ76万4,244 m^3)、広葉樹65万0,088 m^3 の計177万3,361 m^3 、原木切削チップのみでは針葉樹51万2,549 m^3 (うち、カラマツ36万2,770 m^3)、広葉樹61万3,457 m^3 の計112万6,006 m^3 となっています。

6) 本道木材産業の現状と課題

前節でみたとおり、道内の木材産業が需要する素材の大部分は道産材で、道産材の大部分は道内向けです。このように、道産材と道内木材産業は極めて密接な関係を持っていますが、蓄積量や成長量、さらに最終製品需要と比べると、素材の生産量や需要量は小さく、また、一般材需要の中心

となる製材業では、相対的に安価な中小径材に需要が集中するなど、内容にも問題があります。このことが、蓄積量・成長量や木材市場と比べたときの伐採活動の低調さや、海上運賃をかけてまで行われる道外への素材移・輸出の一因とも思われます。加えて、特にトドマツについては、今後、早期利用が課題となる可能性も指摘されています。このような状況下で、いま、本道の木材産業に求められているのは、工場の建設や、新たな製品（用途）の開発による域内素材需要の拡大であると考えられます。

3. 木材流通

1) 全国と北海道の素材流通の違い

10年以上前のデータとなりますが、2001年、全国には425の木材市売市場・センターがあり、その仕入量は890.7万 m^3 でした。また、このうち422の市場・センターが国産材素材を仕入れ、その仕入量は843.2万 m^3 でした。ちなみに、同年の国内素材生産量は1,577.4万 m^3 、製材用に限れば1,176.6万 m^3 でしたので、原木市売市場が国産材、特に製材用素材の供給においていかに大きな位置を占めていたかがわかります。一方、同年の北海道では、木材市売市場・センターは9事業所で、その仕入量は6.6万 m^3 （うち、国産材5.5万 m^3 ）に過ぎませんでした。このように、全国的には素材流通の大きな部分を占めてきた木材市売市場が本道にほとんどみられないことは、北海道の素材流通の大きな特徴といえます。

2) 北海道の素材流通

北海道の素材流通において中心的な役割を果たしてきたのが商社で、本道では、この商社が仲立ちをして生産者と需要工場とを結びつけています。下記のリストは、すべてを網羅しているわけではありませんし、集計期間も一定していませんが、「木材建材ウイクリー」によれば、その取扱量は下記のとおりです。2012年における本道の素材生産量は320.5万 m^3 、うち製材用と合板用が合わせて223.6万 m^3 で、本道の素材流通において商社の位置づけがいかに大きいかがうかがえます。

このような流通形態とも関連して、本道の素材流通では、山土場から需要工場への直送が一般的となっています。

●商社の道産材素材販売量

日本製紙木材	45万 m^3	(2012年度)
王子木材緑化	43万7,200 m^3	(2012年度)
物林	21万 m^3	(2013年3月期)
住友林業フォレストサービス	4.8万 m^3	(2013年3月期)
北海道森林組合連合会（参考）	32万 m^3	(2012年度)

【文献】木材建材ウイクリー、No. 1954、2014年2月3日付

3) 本道木材流通の現状と課題

上述のとおり、北海道の素材流通は、取引に商社を介在させつつ、物流では山土場から需要者（工場）へと直送する形態が一般的であり、効率的な素材流通が実現しています。しかし反面、「業界における原木の需給見込みや市況動向の把握については、業者間取引における情報交換等が主な情

報源」であり、「業界全体における原木の需給動向の情報共有に時間を要することから、原木不足や過剰供給への迅速な対応が難しい」（「北海道原木安定供給プラン」2012年12月）という問題点が指摘されています。効率のよさを活かしつつも、情報の共有とそのスピード化による迅速な需給調整が求められているといえます。

4. 素材の価格・用途・規格

1) 素材の価格

図表. 39はトドマツ、カラマツ、スギの3樹種について、製材用素材の過去3年半の価格推移をみたものです。スギ素材価格は、2011年11月頃からの約半年に亘って急落し、逆に2013年6月頃から約半年に亘って急騰するなど、激しい変動をみせています。図には示していませんが、ヒノキ素材価格の値動きは、スギよりもさらに激しいものでした。道産トドマツ、カラマツにも、若干の時期のずれを伴いつつも上がり下がりはみられましたが、都府県のスギやヒノキに比べるとはるかに緩やかでした。用途の違いや、前節でみた流通構造の違いなどが、このような価格変動パターンの違いに関係しているものと考えられます。

素材価格は、一般に、ある程度までは径級が太くなるほど高くなりますが、図表. 40にみられるように、製材用素材としての需要は、トドマツ、カラマツとも、相対的に安価な径級28cmまでのものが大半を占めています。また、元口径が60cmを超えるような針葉樹素材を扱える工場は道内では限られており、材質上は一般材として利用可能であっても、パルプ・チップ用材となる場合があります。

●素材価格（2014年11月、工場着）

・【トドマツ】

14～18cm	9,000 円/m ³ （人工林材）	
20～22cm	11,300 円/m ³ （人工林材）	11,400 円/m ³ （天然林材）
24～28cm	12,400 円/m ³ （人工林材）	12,900 円/m ³ （天然林材）
30～38cm	13,300 円/m ³	

・【カラマツ】

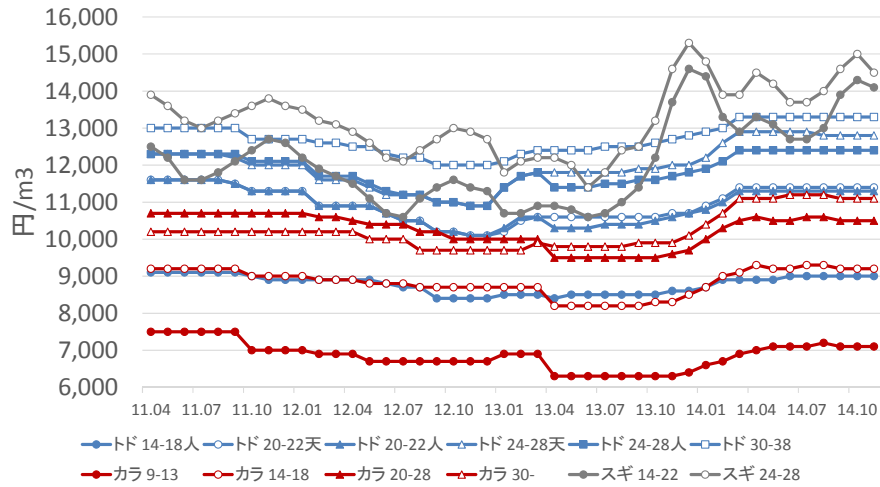
9～13cm	7,100 円/m ³
14～18cm	9,200 円/m ³
20～28cm	10,500 円/m ³
30cm～	11,100 円/m ³

・【参考】チップ、パルプ原料材

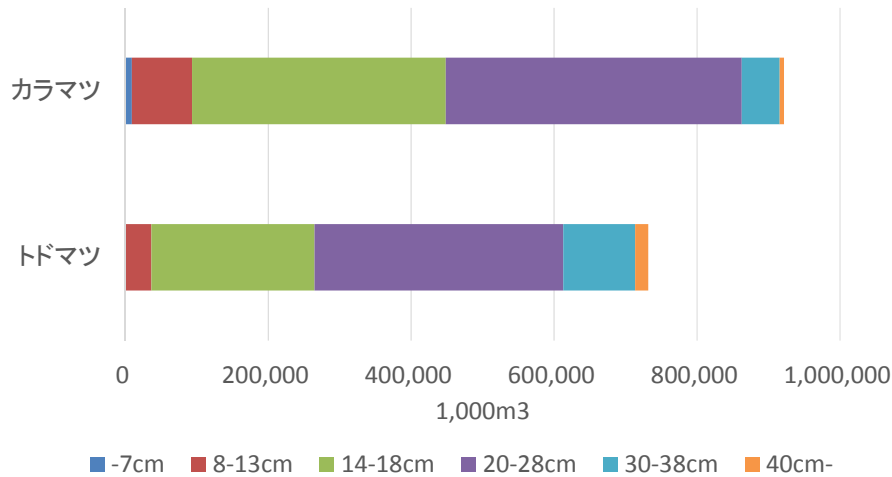
エゾマツ・トドマツ	4,800 円/m ³ （パルプ）
カラマツ	4,600 円/m ³ （チップ）
広葉樹	7,800 円/m ³ （ 〃 ）

【文献】北海道水産林務部林務局林業木材課「木材市況調査月報」

図表. 39 製材用素材価格の推移 (2011年4月～2014年11月)



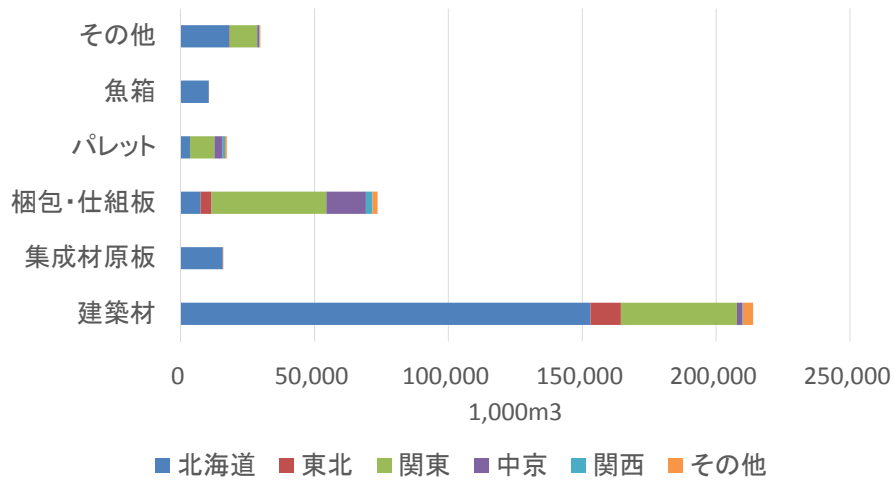
図表. 40 製材用原木の樹種別・径級別消費量



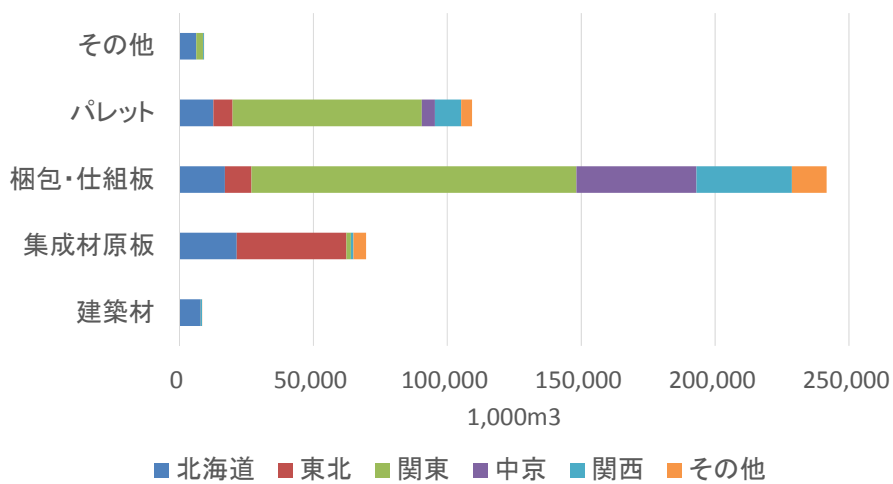
2) 製材の用途

図表. 41は、2013年度におけるトドマツ製材の用途・出荷先別出荷量をみたものです。道内向けの建築材が最も多く、関東向けの建築材、梱包・仕組板がこれに次いでいます。図表. 42は、カラマツ製材の用途・出荷先別出荷量をみたものです。関東向けの梱包・仕組板が最も多く、関東向けのパレットがこれに次ぎ、東北向けのラミナや中京、関西向けの梱包・仕組板が続いています。図表. 43は、トドマツ製材、カラマツ製材の出荷量のうち、建築材の内訳を示したものです。建築材は大部分がトドマツで、カラマツはほとんどありません（ただし、ラミナは、最終的な用途としては大部分が建築用です）。羽柄材と仮設用資材が大部分を占め、構造材はあまり多くありません。仮設用資材としては、型枠工事に用いられる栈木が多くを占めているものとみられます。

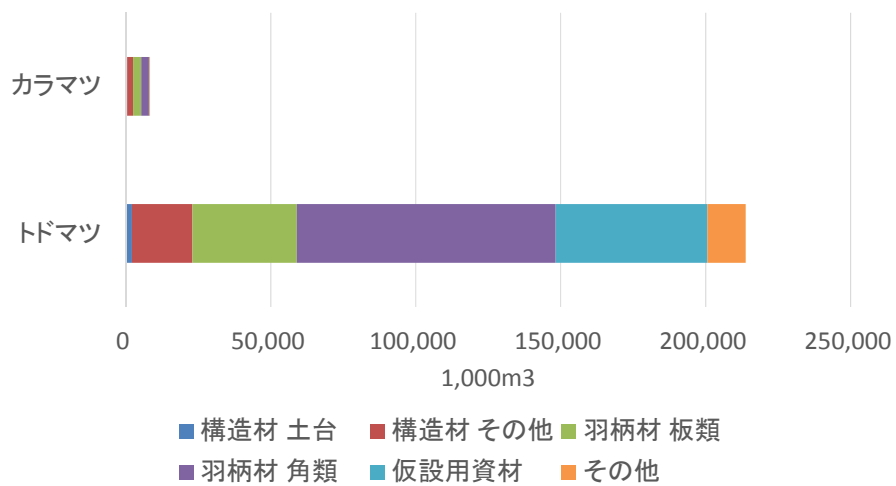
図表. 41 トドマツ製材の用途・出荷先



図表. 42 カラマツ製材の用途・出荷先



図表. 43 建築材の内訳



3) 製品の価格

木材製品の価格は素材の価格と極めて密接な関係がありますので、代表的な道内産木材製品の価格を確認しておくこととします。針葉樹製材でも、一般建築用材は1 m³当たり5万円前後、人工乾燥材になると6万円前後の値がついていますが、梱包材、パレット、ラミナは2万円台後半です。本道における製材の原木歩留まりとして、2013年度の製材出荷量を素材消費量で割ると、トドマツが49.3%、カラマツが47.5%となりますので、梱包材、ラミナ、栈木の生産には特に低価格の素材が求められることがわかります。

●製品価格 (2014年11月、工場渡)

・【製材】

エゾマツ・トドマツ下地用板	51,900 円/m ³
エゾマツ・トドマツラミナ	26,300 円/m ³

カラマツ梱包材・定尺	27,700 円/m ³
カラマツ梱包材・仕組	28,000 円/m ³
カラマツパレット	27,800 円/m ³
カラマツラミナ	27,900 円/m ³

・【集成材】

エゾマツ・トドマツ管柱	1,980 円/本 (約 59,400 円/m ³)
カラマツ管柱	2,900 円/本 (約 87,000 円/m ³)

・【合板】

シナ普通合板 (4mm厚)	940 円/枚 (約 141,000 円/m ³)
---------------	---------------------------------------

・【チップ】

エゾマツ・トドマツ (背板)	5,200 円/m ³ (原木換算)
カラマツ (背板)	4,600 円/m ³ (")
カラマツ (山棒)	5,500 円/m ³ (")
広葉樹 (背板)	8,800 円/m ³ (")
広葉樹 (山棒)	8,600 円/m ³ (")

・【参考】

すぎ正角 (乾燥材)	67,500 円/m ³
針葉樹構造用合板	1,160 円/枚 (約 58,000 円/m ³)

4) 素材の受入規格

図表. 44 および図表. 45 は、道内のある地域における、ある時期の素材価格を、寸法と用途ごとに取りまとめたものです。カラマツについては青が製材用、赤が合板用で、トドマツについては青がA材、赤がB材です。一般製材用カラマツ中丸太（3メートル、20～28cm）の価格を10としています。このように、同じ樹種でも長級・径級の組み合わせによって価格が異なりますので、採材のしかたによって収益が変わってきます。

また、それぞれの図から、カラマツとトドマツとでは長級のバリエーションが異なることが読み取れます。カラマツは、従来から梱包・パレットの原木として、多様なサイズの素材に需要があり、これにラミナ用（3.00m など）や合板用（1.90～2.10m、3.90m ほか）などが加わって、サイズが多くなっています。図表. 44 に示した例では製材用が3種類だけですが、これ以外にも10cm から20cm 刻みで需要があるといわれています。一方、トドマツについては、従来は、栈木や羽柄材の原木として、3.65m が大部分を占めてきました。ただし、2000 年代半ばにみられたロシアの丸太輸出関税率引き上げを受けて、原木・製品の双方にトドマツへの代替需要が発生しており、数年前から3.00m や4.00m に対する需要が出てきました。

長級・径級以外にも、様々な受入条件が存在します。これも長・径級と同様、用途や工場ごとにまちまちです。これらの点は、当事者同士が相対で、あるいは商社が間に入って摺り合わせています。工場ごとの受入規格の違いは生産・流通を煩雑にしますが、一方で、工場毎の選好の違いを熟知し、これに対応することによって、より高い付加価値ないし競争力の獲得や、安定的な取引関係の構築に結びつくことも事実であり、重視すべきと考えられます。

図表. 44 カラマツ素材の長・径級と価格（イメージ）

径→ 長↓	12- 13cm	14- 16cm	18cm	20cm	22cm	24cm	26cm	28cm	30cm-
1.90- 2.10m					8.0		9.5		10.0
2.20m		6.5		7.5					
3.00m	7.0		8.5			10.0			11.0
3.65m	7.5		9.0			10.5			11.5
3.90m					9.5		11.5		12.0

図表. 45 トドマツ素材の長・径級と価格（イメージ）

径→ 長↓	12- 13cm	14- 18cm	20cm	22cm	24cm	26cm	28cm	30- 38cm	40cm-	
1.90m			9.0		10.0			10.5		
3.65m	7.6	9.0	11.9		12.6			13.3	14.0	
3.65m			9.7							

●長級・径級以外の受入規格（例）

元口径	30cm、36cm、60cm など
のび	5cm、7cm、10cm など
曲がり	直材、矢高1cm、4cm、長さの5%、10%など
その他	節、病虫害、割れ、腐れ、伐採してからの日数など

5. 需要拡大・需給安定化に向けた行政機関の取り組み

1) 取り組みの背景

北海道の木材流通は、既述のとおり、木材商社が需給を結びつける形で山土場から需要工場への直送体制がすでにできあがっており、効率化が進んでいます。反面、このような体制であるがゆえに、市場（マーケット）についての情報源も特定の取引先に限定されがちで、市場全体の動きを把握したり、情報を広く共有したりするというのがしにくく、迅速な需給調整を難しくしているとの指摘があります。

このような観点から、北海道や北海道森林管理局による、情報の収集・発信、さらには需給安定化に向けた取り組みが始まっていますので、これらの動きについてみていくこととします。

2) 需給安定化に向けた取り組み

短期的な需給安定のために行われている取り組みとして、北海道庁が2013年度から行っている「原木及び木材製品の流通に関する見直し調査」、北海道森林管理局が2013年度から行っている「北海道森林管理局国有林材供給調整検討委員会」があります。前者は、「道産針葉樹原木の消費量が概ね年間1千³m³上の製材工場及び合板工場」を対象に、「原料在庫状況」と「製品の荷動き」を「多い・良い」「少ない・悪い」「変わらない」を選択回答してもらい、「企業判断指数」として四半期毎に公表するものです（図表. 46）。後者は、「木材価格急変時に国有林材の供給調整機能を発揮させるため」に2013年6月に設置されたもので、学識経験者や森林・林業・木材産業関係者からなる委員会において「木材価格の前月比が、定常範囲を逸脱した動きを示している」など、いくつかの基準が満たされたと判断された場合、国有林材の供給調整が行われる仕組みとなっています（図表. 47、図表. 48）。

長期的な需要拡大のために行われている取り組みとして、北海道庁が2014年度から行っている「北海道森林資源・木材需給連絡協議会」があります（図表. 49）。「森林・林業・木材産業等の事業者による経営方針や事業目標の設定、行政機関の関連施策の検討に必要な森林資源量や木材の需給などについて、国有林、民有林の関係機関が一体となって情報発信する体制を構築し、森林資源の適切な管理と道産木材利用の一層の拡大をはかる」ことを目的に、「中長期的な資源量や伐採量、木材供給に関する動向のほか、研究機関による森林資源を踏まえた出材径級の予測など」を検討し、情報発信を行うこととされています。

図表. 46 「原木及び木材製品の流通に関する見通し調査」の発表資料

原木及び木材製品の流通に関する見通し調査(平成26年3月実施分)

1. 調査対象 道産針葉樹原木の消費量が概ね年間1千m3上の製材工場及び合板工場
2. 調査実施時期 平成26年3月
3. 調査の内容 (原料在庫状況)前年同時期と比べた認識について選択式(「多い」「少ない」「変わらない」)により調査
(製品の荷動き)前年同時期と比べた認識について選択式(「良い」「悪い」「変わらない」)により調査
4. 企業判断指数の算出方法 [(回答全体のうち「多い」「良い」と回答した企業の比率(%)) - (回答全体のうち「少ない」「悪い」と回答した企業の比率(%))] (最大値100/最小値-100)
5. 調査結果(平成26年3月実施分の回答企業数は101社)

【①原料在庫状況(トドマツ)】

企業判断指数 (太字は調査時点の現状認識、斜体文字は見通し)

調査時点	H25.4-6	H25.7-9	H25.10-12	H26.1-3	H26.4-6	H26.7-9
H25.6	-13	-21	-19	-	-	-
H25.9	-	-13	-20	-2	-	-
H25.12	-	-	-59	-53	-52	-
H26.3	-	-	-	-51	-61	-57

原木在庫量(「製材・木材チップ工場動態調査」より) (m3)

	H25.4-6	H25.7-9	H25.10-12	H26.1-3	H26.4-6	H26.7-9
当年	150,666	141,537	108,879	-	-	-
(前年)	203,220	188,382	141,463	161,054	150,666	141,537
対前年比	74%	75%	77%	-	-	-

(概況)
原料在庫は昨年比で大幅に少なく、この傾向は4~6月期にかけての見通しも同様。

(回答企業の主なコメント)
原料不足は続く見通し。/原木入荷が心配。/極端な品不足。/4月以降、値下がりの方向に向かうと思われる。/今年は原木の確保に苦勞する年になるかもしれない。/不足感は続くものと思われる。

【②製品の荷動き(トドマツ)】

企業判断指数 (太字は調査時点の現状認識、斜体文字は見通し)

調査時点	H25.4-6	H25.7-9	H25.10-12	H26.1-3	H26.4-6	H26.7-9
H25.6	7	26	14	-	-	-
H25.9	-	52	45	20	-	-
H25.12	-	-	71	48	3	-
H26.3	-	-	-	42	21	6

原木消費量(「製材・木材チップ工場動態調査」より) (m3)

	H25.4-6	H25.7-9	H25.10-12	H26.1-3	H26.4-6	H26.7-9
当年	198,920	209,350	211,176	-	-	-
(前年)	189,227	190,778	195,625	158,417	198,920	209,350
対前年比	105%	110%	108%	-	-	-

(概況)
現状の製品荷動きは昨年比で良好だが、4~6月期にかけての見通しでは昨年並みとなる傾向。

(回答企業の主なコメント)
受注良好は続く見通し。/4月以降、消費税UPによる住宅着工数に不安あり。/4月以降も荷動き良い予想。/一般住宅が落ち着くので、7月からは注文が減ると思われる。

【③原料在庫状況(カラマツ)】

企業判断指数 (太字は調査時点の現状認識、斜体文字は見通し)

調査時点	H25.4-6	H25.7-9	H25.10-12	H26.1-3	H26.4-6	H26.7-9
H25.6	-12	-10	-25	-	-	-
H25.9	-	-31	-37	-19	-	-
H25.12	-	-	-63	-61	-63	-
H26.3	-	-	-	-56	-69	-66

原木在庫量(「製材・木材チップ工場動態調査」より) (m3)

	H25.4-6	H25.7-9	H25.10-12	H26.1-3	H26.4-6	H26.7-9
当年	247,432	214,102	172,053	-	-	-
(前年)	312,967	284,599	242,441	276,500	247,432	214,102
対前年比	79%	75%	71%	-	-	-

(概況)
原料在庫は昨年比で大幅に少なく、この傾向は4~6月期にかけての見通しも同様。

(回答企業の主なコメント)
原料調達に価格面、数量面で困難が予想される。/カラマツ不足は当面続くと予想。/原料の確保が難しくなっている。/引き続き業界全体で原料不足。

【④製品の荷動き(カラマツ)】

企業判断指数 (太字は調査時点の現状認識、斜体文字は見通し)

調査時点	H25.4-6	H25.7-9	H25.10-12	H26.1-3	H26.4-6	H26.7-9
H25.6	3	9	16	-	-	-
H25.9	-	39	45	14	-	-
H25.12	-	-	59	55	12	-
H26.3	-	-	-	72	45	29

原木消費量(「製材・木材チップ工場動態調査」より) (m3)

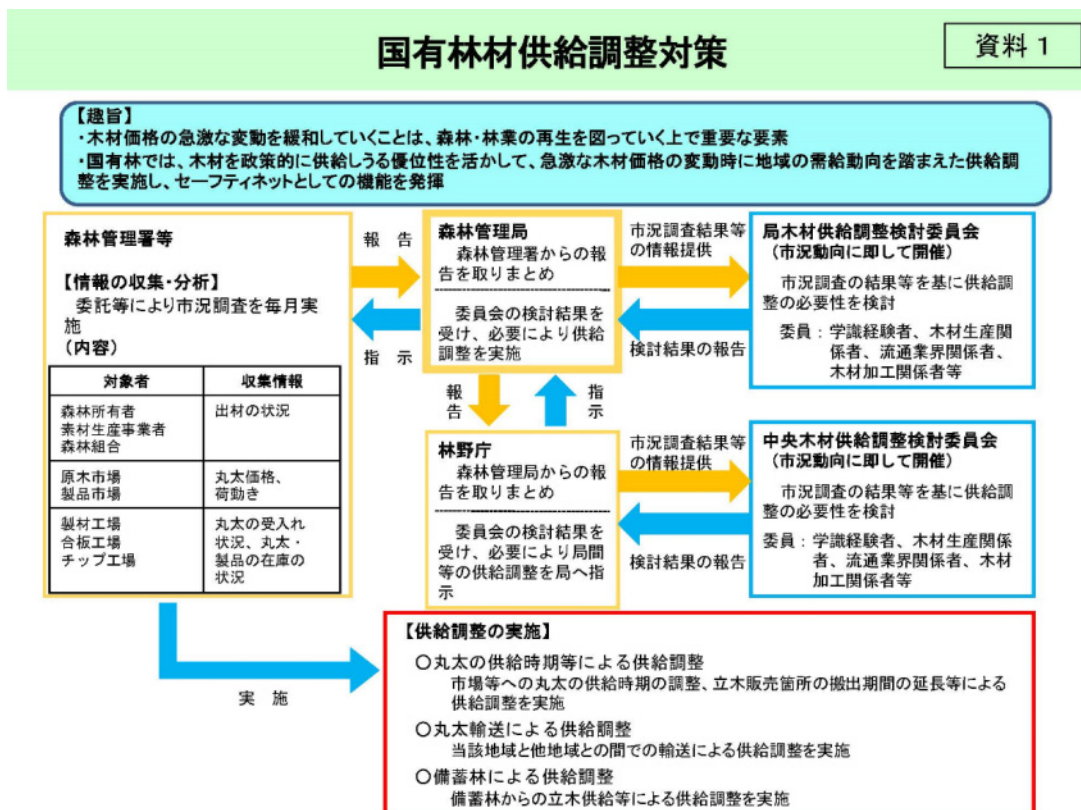
	H25.4-6	H25.7-9	H25.10-12	H26.1-3	H26.4-6	H26.7-9
当年	292,853	280,546	280,039	-	-	-
(前年)	293,718	281,034	264,533	272,583	292,853	280,546
対前年比	100%	100%	106%	-	-	-

(概況)
現状の製品荷動きは昨年比で良好だが、4~6月期にかけての見通しでは昨年並みに近づく傾向。

(回答企業の主なコメント)
荷動きは活発になると予想。/夏頃落ち着く。/製品価格が上昇中。

北海道水産林務部林務局 林業木材課 林業木材グループ
電話:011-204-5490

図表. 47 国有林材供給調整対策の概要



図表. 48 国有林材供給調整の判断基準

供給調整の判断基準

資料 2

供給調整の判断基準としては、季節変動を念頭に入れつつ、丸太価格に関しては以下の項目がポイント。

- (ア) 木材価格の前月比が、定常範囲を逸脱した動きを示している。
- (イ) 木材価格の前月比が、下落(上昇)傾向を5カ月以上継続している。
- (ウ) 木材価格の前年同月比が、定常範囲を逸脱した動きを示している。
- (エ) 2カ年平均価格比が、定常範囲を逸脱した動きを示している。
- (オ) 上記の外、原木市場等の丸太の入荷量・販売量・在庫率等の状況や先行き動向等が定常範囲を逸脱した動きを示している。

なお、「定常範囲を逸脱する動き」については、国有林材の供給調整機能検討事業調査報告書(平成24年9月28日(財)日本木材総合情報センター)に示された統計的な判断基準、指標を参考とするものとする。

※ 供給調整の決定に当たっては、利害関係者や学識経験者等が上記のような判断基準に基づいて協議し、森林管理局として総合的な判断を的に対処することが必要。

図表. 49 北海道森林資源・木材需給連絡協議会
 森林資源・木材需給の情報発信体制の構築（新規）

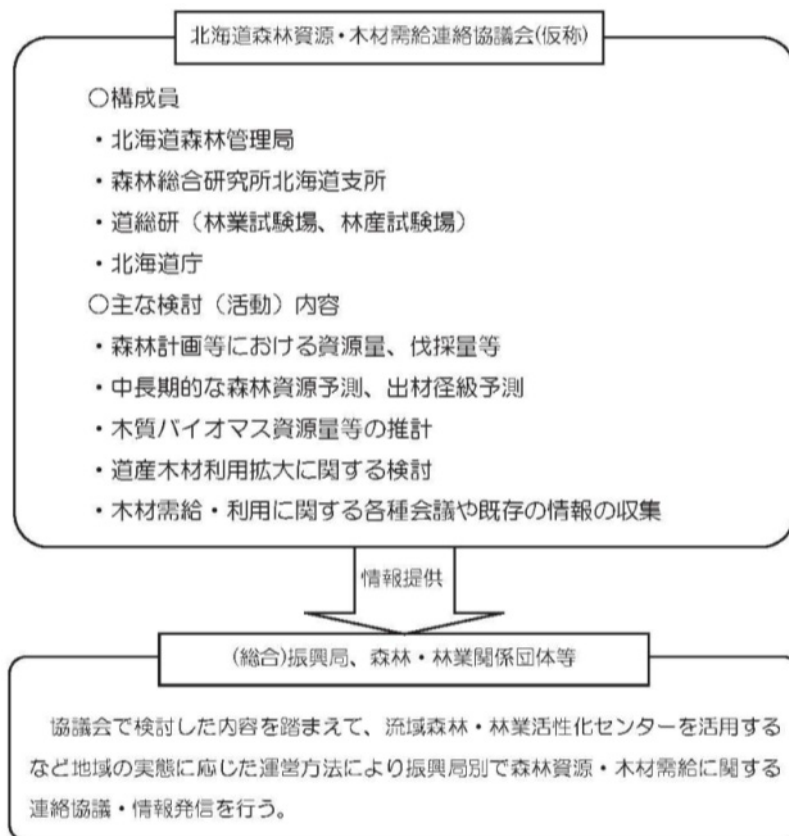
1 目的・概要等

森林・林業・木材産業等の事業者による経営方針や事業目標の設定、行政機関の関連施策の検討に必要な森林資源量や木材の需給などについて、国有林、民有林の関係機関が一体となって情報発信する体制を構築し、森林資源の適切な管理と道産木材利用の一層の拡大を図る。

2 事業内容

道内の森林資源や木材需給等に関連する情報を共有するため、北海道森林管理局、森林総研北海道支所、道総研（林業試験場、林産試験場）、北海道等で構成する「北海道森林資源・木材需給連絡協議会（仮称）」を設置する。

協議会では、中長期的な資源量や伐採量、木材供給に関する動向のほか、研究機関による森林資源を踏まえた出材径級の予測などについて検討を行い、これらの結果について、振興局などで開催する会議等を利用して地域の林業・木材産業関係者に対し情報発信を行う。



担当課・グループ	森林計画課計画推進 G（内線 28-533）
----------	------------------------

6. 参考情報

木材市場（マーケット）は日々変化しています。このため、最新情報の収集は極めて重要な作業です。情報を得るために有用な新聞・雑誌、ウェブサイトをいくつかご紹介しておきます。

●市場動向把握のための情報源

・【全国・国際】

日刊木材新聞	日刊（週5日）
木材建材ウイクリー	週刊
農林水産省「統計情報」	木材需給、経営体数、経営収支、生産量等、産出額、流通、その他 (http://www.maff.go.jp/j/tokei/index.html)

・【北海道】

民有林新聞	週刊（月4回）
北海道「木材関係調査・データ」	木材需給情報、製材工場動態速報、床板工場動態調査、木材需給実績、木材貿易実績など (http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/research.htm)

第4章 木質バイオマスの利用概況と資源量・供給システム

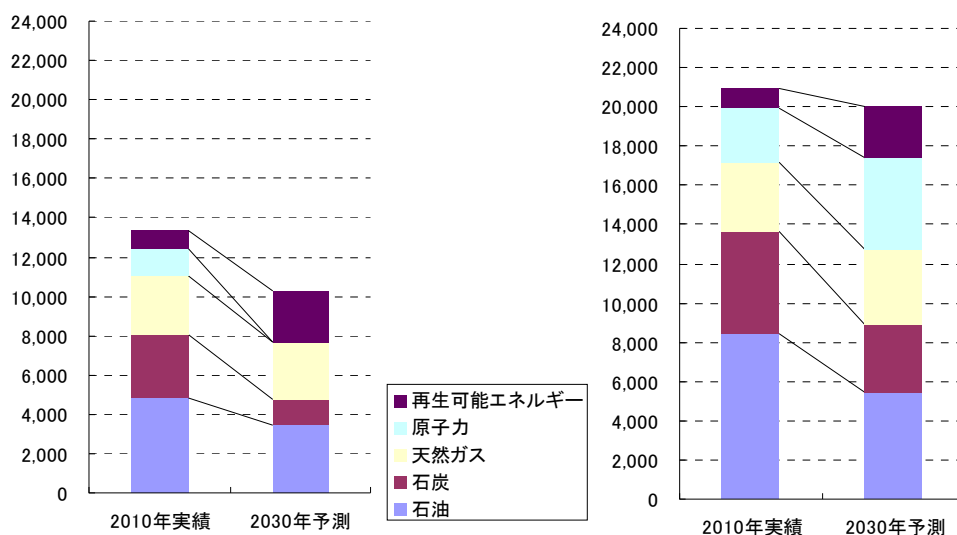
1. 木質バイオマスの利用概況

1) 木質バイオマス利用の原則

バイオマスエネルギーは、太陽光や風力等の他の自然エネルギーと異なり、植物体の収穫を伴うため、資源の枯渇や、生産基盤となる生態系が破壊される懸念があります。特に、日本では、里山における薪炭利用（伝統的なバイオマスエネルギー利用）を続けてきた結果、第2次世界大戦後までは、ハゲ山に近く土砂災害が頻発するような状態が全国各地で見られたことを忘れてはいけません。しかも、現在はエネルギー消費の水準も当時と比べものにならないほど増加しているので、なおさら注意が必要です。したがって、持続可能な森林経営を前提に、バイオマスエネルギーの利用方法を考えなければなりません。

そもそも、エネルギー政策の基本は省エネにあり、これによりエネルギー消費量を削減し、エネルギーへの依存度を低くする必要があります。脱原発や再生可能エネルギーの積極的な導入で有名なドイツですが、その基盤としてしっかりと省エネ政策があることを忘れてはいけません（図表 50）。北海道では、その寒冷な気候から建物の断熱性能の向上、広い土地面積と人口減少の加速化からコンパクトシティ化などによる公共交通への接続や地域熱供給システムによる効率的な暖房・給湯システムの構築などが有望です。

図表 50 日独のエネルギー供給構造の現状と目標（左：ドイツ、右：日本）単位PJ



【文献】三菱UFJ リサーチ&コンサルティング作成

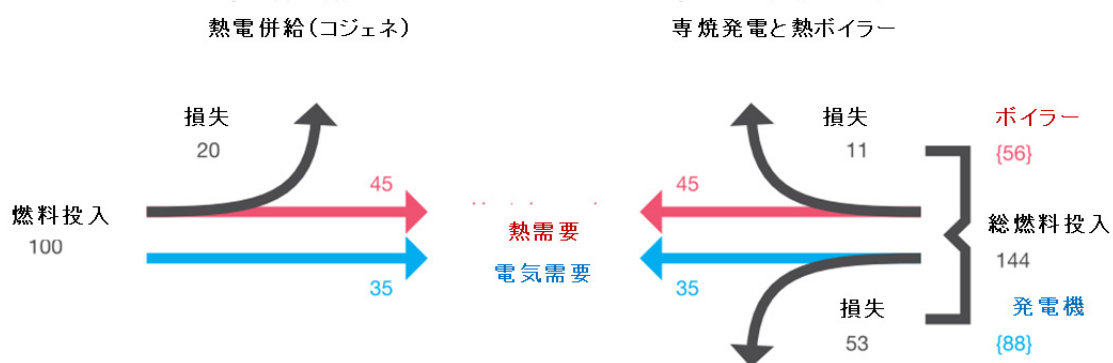
2) バイオマス発電の課題

このようなバイオマスエネルギーの原則に照らし合わせると、大規模バイオマス発電への留意点が見えてきます。つまり、あまりに規模の大きな発電所は、伐採圧を高め、周辺の森林の持続性を脅かす可能性があります。また、日本では計画されている発電所は、ほとんどが蒸気タービンを使った専焼発電（モノジェネ）と言って、熱を利用しないシステムです。先に紹介したドイツ等では、

FIT 制度の中でも、エネルギー効率の高い熱電併給（コージェネ）が推奨されています（図表. 51）。なお、技術的には、大規模な蒸気タービンでも、背圧タービンと呼ばれるシステムを採用すれば、熱電併給が可能になります。北欧諸国などでは、こうしたシステムにより、一つの町全体に電気と熱の両方を供給するプラントが多数あります。中小規模では、ORC（有機ランキンサイクル）とガス化が有望な技術になります。ただし、日本においては、まだ商用運転に成功した施設はほとんどなく、今後の推移を慎重に見ていく必要があります。

ここで注意しなければならないのは、熱電併給の場合も、電気よりも熱の方が発生量が多く（図表. 51）、かつ熱はローカルな回路の中で上手に使い切る必要があることから、まずは熱利用に合わせてプランニングを行うことが必要だということです。つまり、バイオマスエネルギーの利用については、やはり基本は熱利用にあるのです。逆に言えば、熱利用事業に取り組む中で経験値を蓄積していき、発電に適した条件下の場合が出てきた場合に熱電併給システムを検討するのがよいでしょう。

図表. 51 コージェネ（熱電併給）とモノジェネ（専焼発電）のエネルギー効率の比較



【文献】 「District Heating Manual for London」 Mayor of London(2013)より三菱UFJ リサーチ & コンサルティング作成

3) バイオマス熱利用とは

それではバイオマスの熱利用とはどのようなものなのでしょうか。図表. 52は、バイオマスの代表的な用途とその規模を示したものです。家庭から公共・業務施設まで、適切なプランニングを行えば、ほぼあらゆる規模でバイオマスが利用可能です。北海道でも、温泉の加温や、役場等公共施設の暖房、クリーニング工場での加工など、さまざまな場面でバイオマスが使われ始めています（図表. 53）。

また、バイオマスには薪、チップ、ペレットの3つの利用形態がありますが、規模や用途に合わせて適切に選択することが大切です。薪は農村部等入手が容易で、保管等のスペースにも余裕がある場所での小規模な利用に適しています。ペレットは均一に加工してあり、燃料としての質は最も高いので、都市部の住宅等での利用に向いていると言えるでしょう。

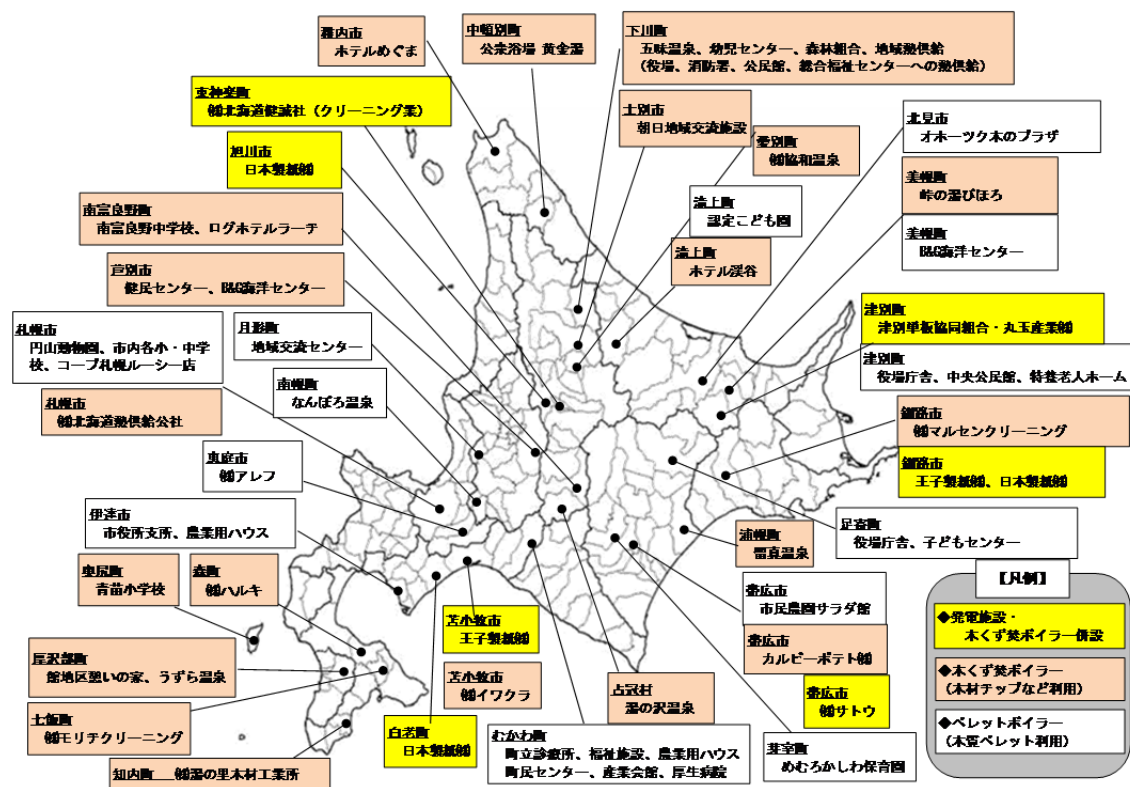
一番汎用性が高いのは、チップになります。バイオマス燃料として使われるチップは、切削チップと言って、切削型のチップパーのナイフで削ったものになります。また、製紙用のチップと異なり、燃料用のチップはある程度乾燥していることが求められます。

図表. 52 バイオマスでの代表的な利用例とその規模

分類	導入対象	用途	規模	燃料種類	燃料使用量
熱利用	家庭	暖房	数10kW	薪、ペレット	数t/年
		暖房・給湯	～100kW	薪、ペレット	数10t/年
	公共・業務施設	給湯(加温)	数100kW	チップ、ペレット	数100t/年
		暖房・冷暖房	数100kW～1,000kW程度	チップ、ペレット	数100～1,000t/年程度
発電	発電所	発電	5,000kW～	チップ(低質)	6万t/年

【文献】三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

図表. 53 北海道におけるバイオマスの事業例 (平成25年3月現在)



【文献】北海道水産林務部林業木材課提供

4) バイオマス熱利用のポイント・留意点

次にバイオマス熱利用のポイントと留意点を見てみましょう。日本でも現代的なバイオマス利用の事例が登場してから10年以上が経ちますが、初期のバイオニア的な取り組みは仕方がないにしろ、その後の事例も残念ながら不適切なエンジニアリングにより、上手くいっているとは言いがたい事例が多くあります。したがって、ポイントをよく押さえて、取り組むことが大切です。

利用のポイントは、以下の4つを挙げることができます。

- ① 可能な限り稼働率を高める
- ② 適切なボイラーの規模と貯湯槽を選定する
- ③ チップの品質管理と適切なボイラーの選定
- ④ 設計・施工と運営体制を明確にする

まず前提として押さえておかなければならないことは、バイオマスボイラーは化石燃料ボイラーよりも高価だということです。ただし、熱量あたりの燃料価格はバイオマスの方が安くなっているため、ランニングコストは有利になります。したがって、できる限り稼働率を高め、ランニングコストの削減費用を積み上げていって、初期のボイラー価格の差額を回収するのが基本的な戦略になります。

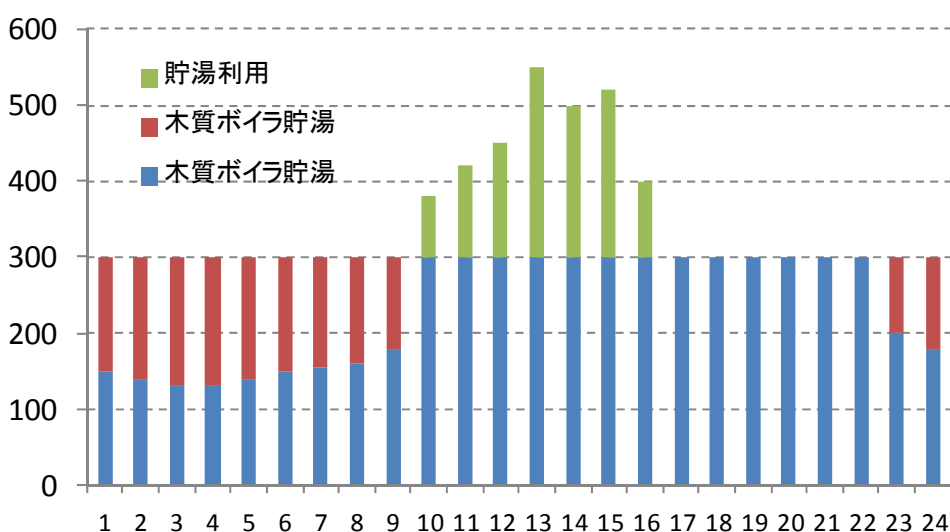
次に、稼働率を高めるために、適切なボイラーの規模と貯湯槽を選定することが必要です。温泉施設などで、昼間に熱需要のピークを持つ施設があったとしましょう(図表 54)。化石燃料ボイラーであれば、価格も安く、負荷追従性も良好なので、余裕を持って600kWといった規模のボイラーを選定するのが一般的です。

他方、バイオマスボイラーの場合は、「湿った固形燃料を燃やす」という特性上、負荷追従性が悪く、かつ価格が高いという特徴があります。そこで、例えばこのケースの場合、300kW程度のボイラーを設置し、24時間安定的な出力で運転することを考えます。そして、夜間の熱需要が少ない時間帯に、せっせと貯湯槽に熱を溜めておき、昼間のピーク時にこれらの熱を一気に使うということを考えるのです。こうすると、バイオマスボイラーの規模は300kWと化石燃料ボイラーの半分で済み、かつ安定的に運転できるので、トラブルも少なく稼働時間も確保できるのです。

次に、トラブルを起こさず、ボイラーを安定的に運転していくためにも、チップの品質管理と、それに合った適切なボイラーを選定することが必要です。通常、数100kWまでのボイラーでは、切削チップが使われます。また、水分50%程度までの生チップを燃焼させることができるボイラーも多く販売されていますが、100kWを切る規模では効率的な燃焼は難しく、水分35%程度の乾燥チップが基本となります。

最後に、設計・施工と運営体制についてです。原則としては、設計は特定のボイラーメーカーとは独立したコンサルタントや設備設計会社に依頼するのがベストですが、バイオマスボイラーの場合、そのような適切な会社は少ないのが実態です。ただし、特定のメーカーのボイラーありきで考えるのではなく、あくまでも熱供給の手段として、ボイラーを捉えるべきです。また、施工はできるだけ地元業者と連携して行うことで、今後の導入がやりやすくなるでしょう。運営体制については、日常的なメンテナンスは導入施設の職員などで行えるようにし、技術的に高度な部分だけをメーカーや商社に依頼するようにしましょう。

図表. 54 バイオマスボイラーと化石燃料ボイラーの運転の考え方の違い



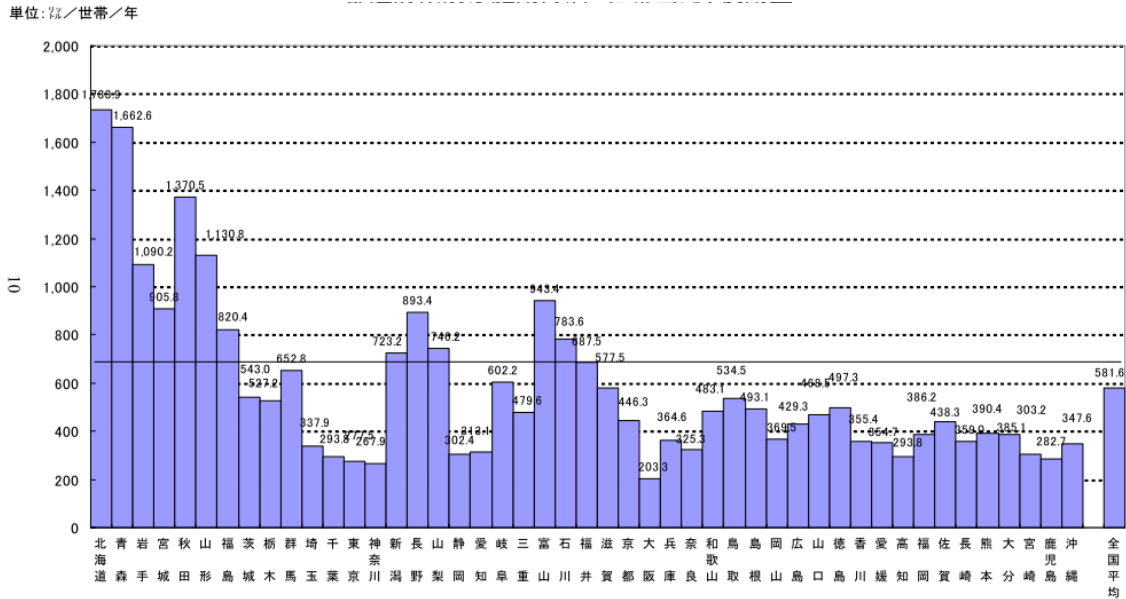
【文献】 三菱UFJ リサーチ&コンサルティング作成

5) 未来への投資としての地域バイオマス事業

最後にまとめとして、北海道でバイオマスエネルギー利用に取り組む意義を考えてみましょう。まず、図表. 55 に示したのは、都道府県別家庭用灯油 1 世帯当たり使用量です。寒冷な都道府県ほど、その量が多く、特に北海道と青森県が多いことが分かります。灯油価格を 1L=100 円とすると、北海道の世帯数は約 273 万世帯ですので、道民が支払っている一年間の灯油代は 4,816 億円にもなります。北海道の農業の総生産額が 5,036 億円、林業が 239 億円ですので、いかにこれが大きな額であるかお分かりになると思います。

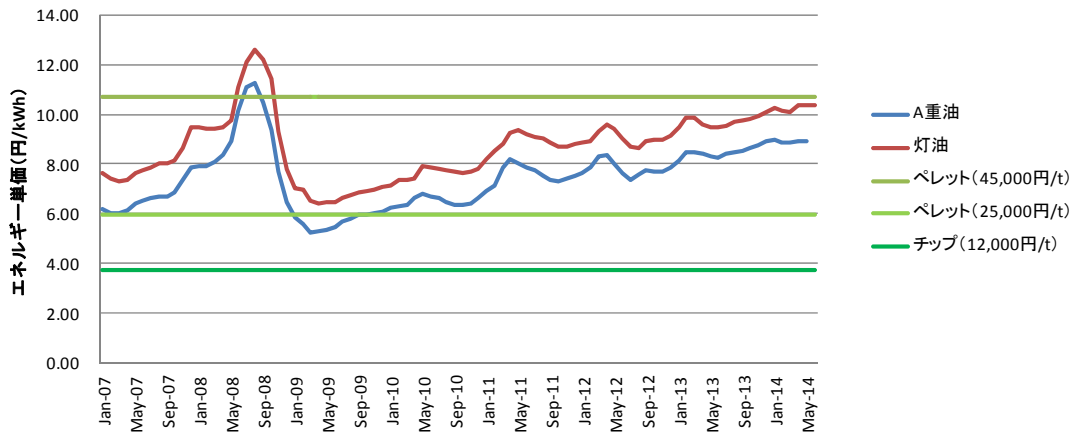
しかも、化石燃料の価格は上昇傾向にあることから(図表. 56)、この負担額は膨らんでいくことが予想され、逆にバイオマスエネルギーにとっては、チャンスが大きくなってきているということです。また、日本全国で人口減少が進む中、2015 年 1 月現在、コンパクトシティ化を進めていく方針が政府(まち・ひと・しごと創成本部や国土交通省)から打ち出されています。コンパクトシティ化により、熱密度を高め、建物の断熱性を高めていくことができれば、バイオマスエネルギーによる地域熱供給など、利用のチャンスも広がっていくでしょう。人口減少は避けられませんが、その中でいかに豊かに暮らしていくかを考えた時、地域バイオマス事業は北海道にとっては非常に重要な未来への投資だと言えるでしょう。

図表. 55 都道府県別家庭用灯油1世帯当たり使用量



【文献】 「平成18年度灯油消費実態調査」(資源エネルギー庁、2007)

図表. 56 化石燃料とバイオマス燃料の価格比較



【文献】 A重油価格：資源エネルギー庁石油製品価格調査による産業用小型ローリー搬入価格、
 灯油価格：石油情報センターによる民生用灯油配達価格。燃料あたりの熱量は、A重油：
 10.8kWh/L、灯油：10.2kWh/L、
 ペレット：3.24kWh/kg、チップ：4.20kWh/kg（水分35%）として計算。

2. バイオマスの資源量と供給システム

現在、北海道では大型の新規バイオマス発電所に代表される広域的な利用と、市町村の中の公共施設に代表される地域的なエネルギー利用が同時に拡大しています。そして、多くのバイオマス利用施設が燃料の確保に向けて努力していますが、なかなか予定量ほど集められないという現状があります。

ここでは、北海道内でバイオマスの資源量がどのくらいあるのか、地域に偏りはあるのか、そしてその供給システムについて考えてみたいと思います。

1) バイオマスの基本的な認識と抱えている課題

木質バイオマスにも様々な種類がありますが、ここで述べるのは、特に断りがない限り「林地未利用材」「林地残材」と呼ばれるものに限定します。林地未利用材は「森林総合科学用語事典」（東京農大出版会）によれば、“木材を伐採・搬出する際に林地に残される枝や葉、幹などのこと”とされています。つまり、造材作業で木を切り揃えるときに出てくる半端な部分、梢（こずえ）の細かい部分や、削ぎ落とした枝などです。ここで言う林地には、作業道や土場も含まれています。未利用のまま林地に残っているこれらを地域資源として利用していこうと、いろいろな試みがされています。写真 9 は全木集材の後、玉切りの時に土場にたまったバイオマスです。北海道では全幹集材や全木集材の割合が高いため、このような光景は、北海道のどこの山でも見ることができます。

写真 9 土場にたまった森林バイオマス



図表 57 バイオマスの抱える課題

集荷	流通	供給
		
分散している 伐った人しか 集積場所がわ からない かさばる	水分が多い 土が混ざり やすい 町まで遠い →効率よく 運ぶ必要	利用されてい ない部分を有効利 用＝量がわずか 伐採量や木材市 況に左右される →安定性に欠く

しかし、バイオマスとして残されている量は、どこでも一緒というわけではありません。元口何 cm まで利用されているかは、地域でも事業体でも異なるからです。また、森林としてのストックは膨大でも、需要に合わせていくらでも木を切れるというわけではなく、伐採計画に沿って切る必要があるわけです。そもそも未利用材というくらいですから、傾斜が急であったり、立木の密度が高い中に伐り捨てられていたり「搬出にコストがかかる環境に多く残っていること」も事実です。このようなバイオマスの現状と課題を地域の中で共有していくことが非常に重要であり、その輪の中心となるように期待されているのが、森林施業プランナーの皆さんだと思います。

図表 57 に、バイオマスの抱える課題を集荷・流通・供給のそれぞれの面から整理してみました。まず、さあ集めようと思ったとき、バイオマスは分散している上、かさばることが特徴です（「かさ密度が低い」と表現します）。流通にのせて、使う側から見ると、水分が多くて、土などの不純物が多いのが欠点といわれています（全木集材した後の未利用材を葉ごとチップにしたとき、重量の 1～15% くらいは土が含まれます）。また、エネルギーとして使うということを前提とすると、北

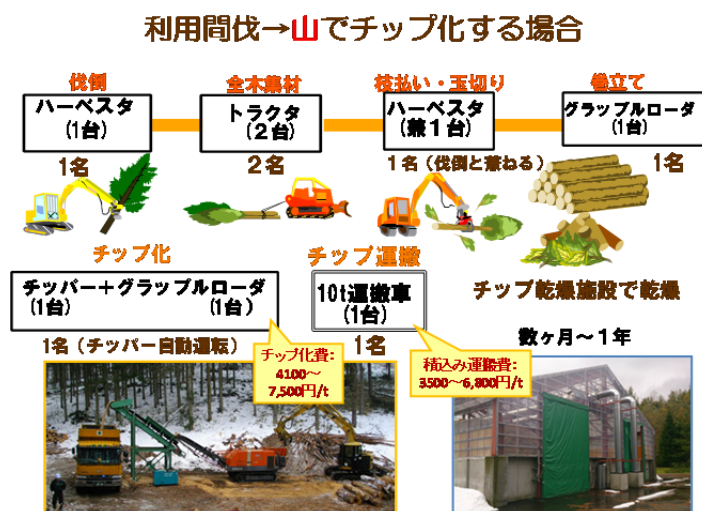
北海道においては時に生命に関わるものですから、安定的な供給が大前提となります。けれども、もともと造材の未利用部なのだから量はわずかで、木材市況にも左右されがちです。これを、理想的には、山に負担のかからない範囲で集め、遠くまで運ばず、なるべく地域で利用し、雇用や地域産業の活性化、エネルギー自給率の向上につながるようにしたい。だからこそ地域分散型エネルギーと言われているわけです。

そのような課題を乗り越えるために、①素材生産事業者が主体となって、造材の一つ前の集材工程から工夫し、木材生産と重機を兼用しながら体系的に集荷すること②バイオマスのかさ密度の小さい状態で運搬・保管すること③乾燥させて単位あたりの熱量を上げること、等が重要になります。

2) 集荷・流通を効率化するために

バイオマスを流通に載せることを考えると、運材車やチップ専用運搬車が搬入できる作業ポイント（土場）にどれだけバイオマスを集められるかが重要になります。ここで、今北海道で行われている利用間伐の山での標準的なバイオマスの作業の流れを示します。

図表. 58 現地チップ化システムの例



図表. 59 工場チップ化システムの例



一つ目は全木集材の後に土場にたまったバイオマスを、土場でチップにしてからチップ専用運搬車で町に運び、乾燥施設で乾燥させる例です(図表. 58)。「現地チップ化システム」という呼び方をされます。二つ目は全幹集材の後に土場にたまったバイオマスを、そのまま運材車などで町に運び、コンクリート製のストックヤードで乾燥させてから、利用施設の前でチップにする例です(図表. 59)。「工場チップ化システム」という呼び方をされます。

現地チップ化システムは、「枝も葉も含めて使えるボイラー向け」です。つまりは大型利用施設で、バイオマスの質よりも量を重視するような需要先を想定したものです。枝はもっともかさばるバイオマスなので、山で破碎した方が減容化できるので効率的なのです。一方、工場チップ化システムは一般的に「幹や末木などに由来する質の良いチップしか使えないボイラー向け」です。例えば町の温泉施設や農業用ボイラー等、小型～中型のボイラーの熱源を想定したものです。このようなボイラーでは、枝や葉がトラブルの元になることが多くなっているからです。この2つに加え、最近では大型利用施設を中心にチップ化専用の土場(中間土場、専用ヤード、サテライト等と呼ばれます)を持つ「中間土場チップ化システム」も増えてきました。

費用について考えますと、「かさを減らす(=減容化)」手段として一般的な「チップ化」の費用は、3,000円～7,500円/t-wet40%くらいになります。この費用は、チップにするバイオマスの大きさと長さ、チップー機の仕様・価格によっても大きく異なりますが、ここでは出力230～270kW級のタブグラインダ式チップー機を使い、カラマツの間伐材の追上げ材・末木をチップ化した試験結果を示しています。運搬距離は片道40～60kmです。図表. 60に3種類のチップ化システムについて整理しました。地域の資源や保有機械、路網整備の現状にあったシステムの選択が必要です。なお、全国的な傾向を「発電・熱供給・熱電併給推進のための調査報告書」(2013)で確認すると、この3種類のシステムのコストは拮抗しており、絶対的に優位なシステムは存在しないようです。

図表. 60 北海道における代表的なチップ化システム

	現地チップ化システム	工場チップ化システム	中間土場チップ化システム
概要	現地(山)でチップ化して工場に運ぶシステム	バイオマスそのまま工場に運んだ後、チップ化するシステム	山から工場の途中にチップ化専用の中間土場をつくるシステム
長所	①枝条などのかさばる部位を効率的に運搬できる ②バイオマスが大量にある場合、運搬距離が長い場合に有利	①チップー機の重機運搬費が不要 ②安定した環境でチップー機を動かせるため、年間稼働率が高い	工場チップ化システムとほぼ同じ 低コストで貯蔵・乾燥がしやすい
短所	①チップー機の重機運搬費が必要 ②大型のチップー機には不向き＝生産性が低い ③チップー機の年間稼働率が低くなりやすい	①枝条は運搬効率が悪い ②広範囲から大量にバイオマスを集める場合は、運搬費が割高になる傾向がある	①新たに用地が必要 ②施設の維持費が必要
目安	チップ生産性 20～48m ³ /時間 年間の実働日数:70日～100日	チップ生産性 30～75m ³ /時間 年間の実働日数:100日～200日	工場チップ化システムとほぼ同じ



図表. 61 チップ化システムの比較 (早見表)

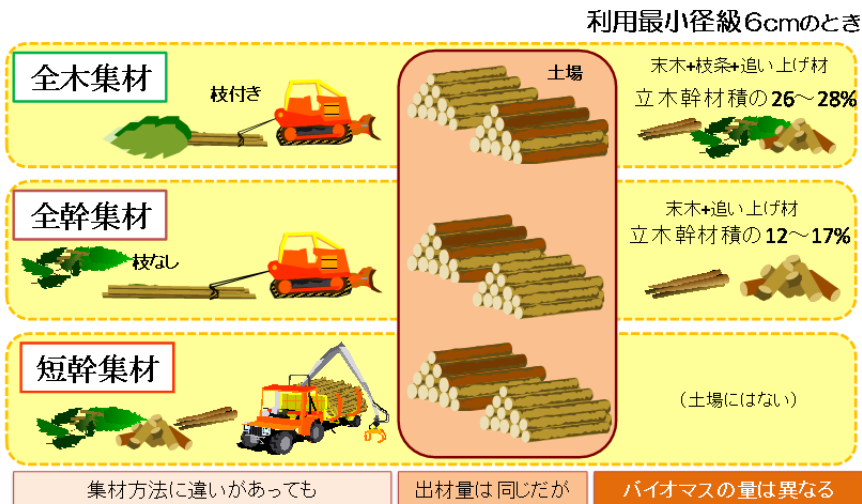
	チップにする場所	山への重機運搬費	利用施設までの運搬効率		チップターの稼働率	チップ化スペースの維持費	積み替えコスト
			枝	幹			
現地チップ化システム	山 (伐採現地)	必要	○ 体積が減る	× 体積が増える	△ 低くなりがち	○ かからない	○ かからない
工場チップ化システム	利用施設	不要	× かさばる	○ 効率的	○ 安定的	× 費用が発生する	○ かからない
中間土場チップ化システム	中間土場 (チップ化専用施設)	不要	↑ 両者の中間	↑ 両者の中間	○ 安定的	× 費用が発生する	× 中間土場で積み替え必要

3) バイオマスはどのくらい供給可能か

バイオマスの活用をはかるためには、地域でどんな使い方をされるかという需要面のアプローチと、地域でどれだけ集められるかという供給面のアプローチと、どちらも大切です。けれども、特に木質バイオマスの場合は、ほかの自然エネルギーと異なり、供給面のアプローチが非常に大事です。太陽光や水力や地熱や風力のように、無尽蔵なものではない「物質系」のエネルギーであるからです。地域資源のキャパシティがとても大事になってきます。

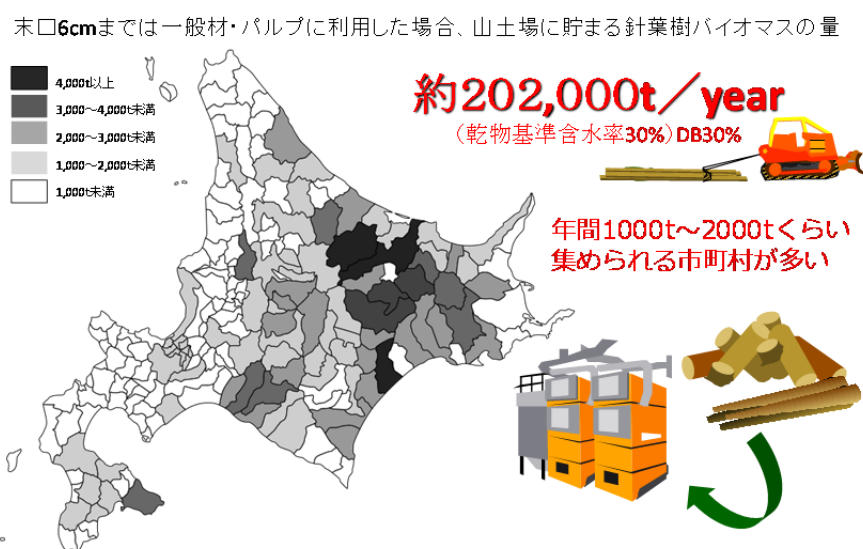
バイオマスを少しでも多く効率的に供給するためには、原木生産の方法から検討する必要があります。特に集材方法がポイントになります。図表. 62 は集材方法と、土場に集められるバイオマス量を示したものです。ここで、木材は末口6cmまで一般材やパルプ材に利用されているとします。立木幹材積の12~17%が土場に集められます。幹材積を100%とすると、枝はその材積に入りませんが、重量比で換算すると、全木集材の時は26~28%が土場に集められます。短幹集材は、最近是有林を中心に増加している集材方法です。効率的な木材生産が可能ですが、バイオマスは山の中に散らばるため、土場には集まりません。

図表. 62 集材方法と林地未利用材のたまる場所



国有林・北海道有林・民有林から、どれくらいのバイオマスが集められるのかを、2010年10月の森林施業計画（現在の経営計画）を元に試算してみました（図表. 63）。各計画区は5年ごとに伐採計画が立てられているので、地域によってずれがあることをご承知下さい。ここでいうバイオマスは、間伐や主伐にともなう、端材や曲がり材、追上げ材、末木のことで、枝や葉は除きます。林内に侵入した広葉樹や倒木、ササ類は含みません。末口6cmまではパルプ材等に利用されていると仮定します。未利用間伐材、いわゆる伐り捨て間伐材については、北海道有林と民有林の一部で条件の良いところ[平均傾斜が15度未満、道までの最短距離が100m以内、蓄積が50 m³/ha以上]のみを算定しました。

図表. 63 全幹集材の時の集荷可能量（市町村別）

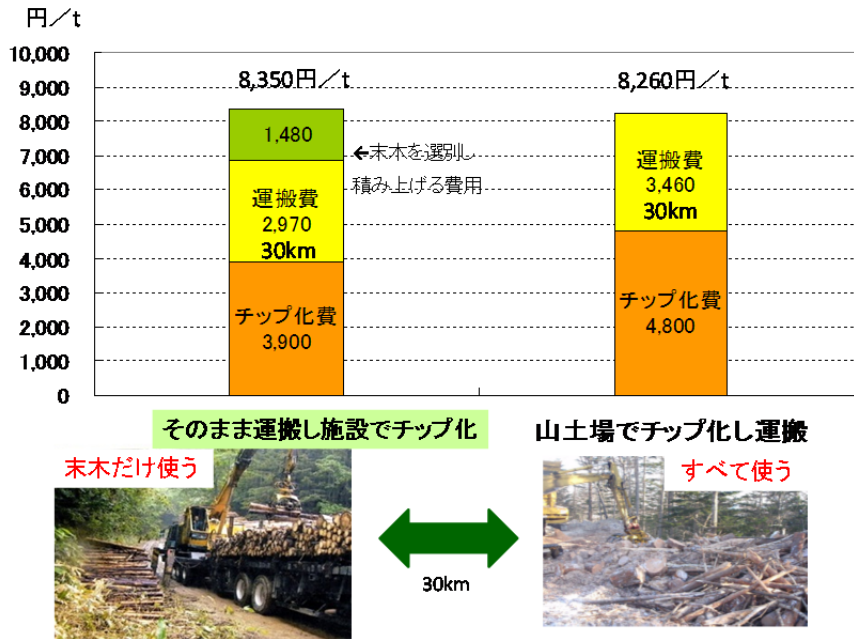


北海道全体で、1年あたりおおむね20万トンの集荷が可能でした。ここでは、燃料としての利用に適した、よく乾燥された乾物基準含水率30%の重量に換算しています。このうち、取引先との価格が見合う分が供給可能となります。市町村単位では、年間1,000～2,000t集められるところが多くなりました。集荷できるバイオマスの約50%は民有林由来で、十勝やオホーツクで多くなっています。

4) 実証可能性調査の具体例とバイオマスの将来に向けて

利用施設前渡しのコストについて、津別単板(株)バイオマス発電所における実証可能性調査の具体例を示します（図表. 64）。土場から片道30kmを運搬したときのコストは、工場チップ化システム・現地チップ化システムともに8,000円/tを少し超えました。今回の例では、30kmより運搬距離が長くなると、工場チップ化システムが有利になると思われます。なお、集めたバイオマスは実際に発電用に使われ、工場端材と混ぜて使えば支障がないことが確認されました（全体に対する混入割合：4割）。

図表. 64 実証可能性調査に基づくコスト試算



今後しばらく、バイオマスの需要は増加傾向にあると思われま。一方で、世の中で考えられているほど、その供給体制を整えるのは楽ではありません。FIT 制度は、電力の買い取り価格は保証しますが、バイオマスの価格や地域林業・林産業の活性化を保証するものではありません。バイオマスを集荷する上では、林地からの栄養の収奪や地表の締め固めなどのダメージをなるべく少なくするように配慮する必要があります。既にバイオマスの価格が一部で高騰しているようですが、国からの具体的な規制がない中で、燃料用バイオマスとパルプ材、一般の小径材のカスケード利用が崩れないよう、地域での自主規制が非常に大事になってきます。バイオマスは再生可能な資源ですが、その利用速度は再生速度を超えるものであってはなりません。地域資源であるバイオマスが、地域の活性化に結びつくようにするために、今後の森林施業プランナーの皆様の活躍に期待します。

平成 26 年度

文部科学省 成長分野等における中核的専門人材養成等の戦略的推進事業

北海道に即した中核的林業技術者養成プログラムの開発事業

森林施業プランナー・森林総合監理士

スキルアップテキスト【集約化施業・木材流通編】

2017 年 2 月 16 日 発行

●製作・編集

北海道大学大学院農学研究院

●プロジェクト検討委員・ワーキング委員・事務局

・プロジェクト検討委員

(一社)北海道造林協会北海道森林整備担い手センター	センター長	旭 孝喜
北海道森林管理局	調査官	内田敏博
北海道森林組合連合会	指導部次長兼指導課長	遠藤芳則
北海道大学大学院農学研究院	教授	柿澤宏昭
北海道木材産業協同組合連合会	副会長	沓澤 敏
北海道大学大学院農学研究院	准教授	澁谷正人
北海道水産林務部	森林計画担当局長	根布谷禎一

・ワーキング委員

北海道水産林務部森林環境局森林活用課林業普及グループ	総括普及指導員兼主幹	小野寺英美
北海道森林管理局森林整備部資源活用第二課	企画官(間伐推進)	佐藤次夫
(独)森林総合研究所北海道支所	チーム長	嶋瀬拓也

・事務局

北海道大学大学院農学研究院	教授	柿澤宏昭
(株)森林環境リアライズ(事務局補佐)	専務取締役	石山浩一
	事務員	川口里絵

●執筆

序章	1～3	北海道大学大学院農学研究院	教授	柿澤宏昭
第1章	1～3	三菱UFJリサーチ&コンサルティング	主任研究員	相川高信
第1章	4	北海道大学大学院農学研究院	准教授	澁谷正人
第2章	1	北海道森林管理局森林整備部資源活用第二課	企画官	佐藤次夫
第2章	2	(株)森林環境リアライズ	専務取締役	石山浩一
第3章	1～7	(独)森林総合研究所北海道支所	チーム長	嶋瀬拓也
第4章	1	三菱UFJリサーチ&コンサルティング	主任研究員	相川高信
第4章	2	(地独)北海道立総合研究機構林業試験場森林資源部	主査	酒井明香

●発行

北海道大学大学院農学研究院

〒060-8589 札幌市北区北9条西9丁目

