

B-52 木質系バイオマス・エネルギーの利用技術及び供給可能量の評価に関する研究

(4) 木質系バイオマスのエネルギー供給のシステム化に関する研究

独立行政法人森林総合研究所

北海道支所 北方林管理研究グループ	駒木貴彰・八巻一成
林業経営・政策領域 流通システム担当チーム	野田英志
企画調整部 研究交流室	奥田裕規
東北支所 森林資源管理研究グループ	久保山裕史、西園朋広
九州支所 森林資源管理研究グループ	野田巖

〈研究協力機関〉 日本エネルギー経済研究所 環境グループ

大木祐一、工藤拓毅、佐々木宏一、斎藤晃太郎

平成12～14年度合計予算額 30,031千円
(うち、平成14年度予算額 11,242千円)

〔要旨〕現在わが国では、木質系バイオマス・エネルギー利用の普及は十分進んでいない。そこで、本課題では、その実現に向けて取り組むべき課題や、実行のために必要となる条件について具体的に検討した。まず、欧州の先進事例調査から、木質系バイオマス・エネルギーの原料供給には安定供給体制の実現と、化石燃料への環境税賦課による木質燃料の価格競争力を高める政策が重要であることが明らかとなった。また、自治体に対するアンケート結果より、林業、環境、エネルギー部門の諸施策を包括的に行うとともに、行政担当者や一般市民への情報提供が重要であることが明らかとなった。

次に、国産材大型製材工場の実態調査を通して、製材工場での残廃材の発生・利用フローを明らかにし、木材乾燥への残廃材エネルギー利用システムの経済性・化石燃料代替効果を検討した結果、当該システムはコスト面で重油利用の木材乾燥システムと差がなく、化石燃料代替を通して環境負荷軽減に寄与することなどが明らかになった。また木材加工システムに残廃材のエネルギー利用（木材乾燥用途）を組み込んだSDモデルを作成し検討した結果、化石燃料代替をより進めるには、樹皮活用の向上、大型木屑サイロの設置などが課題となることが明らかとなった。

続いて、岩手県遠野市を対象として、林業・林産バイオマスの発生量を統計資料等から推計する手法を開発し、経済的な林業・林産バイオマスの供給可能量を推定した。その結果、バイオマスを量的に確保するためには、林地残材の収集システム整備、林業・林産業の活性化が重要であることが明らかとなった。また、経済的な木質系バイオマス利用可能量は年間6500t程度であり、中規模以下のプラントが適当と判断された。なお、広域集荷を行えば規模拡大も可能であるが、他のプラントとの適正配置が必要となることを指摘した。次に、市内の熱電需要について民生公共施設の集まる「あえりあ地区」を対象に調査した結果、中小規模のガス化発電が適することが明らかとなった。そこに、A：地区外からパイプラインでバイオマスガス供給＋ガスエンジン電熱併給、B：同じくポンペでガス供給、C：地区内にガス化施設建設、D：地区内に直接燃焼施設建設を想定して経済性計算を行った。その結果、C案で可能性が高かったことから、設備のオンサイト化と費

用の圧縮、原料費の削減が重要であることが明らかとなった。さらに、木質系バイオマス利用可能量の長期推計を行うため、既存の木材供給予測モデルの活用可能性を検討するために、木質系バイオマス・エネルギー資源の利活用状況を日田地域について調査した。その結果、林産系廃棄物の多くが再利用されているが、育林過程で生じる多くの林業バイオマス資源は未利用のまま林地還元されていた。これらをもとに、木材供給予測モデルをベースにした推計モデルを構築し、遠野市で適用した結果、利用可能性を認めることができた。

[キーワード] 木質系バイオマス、林業・林産業、発生量推計・予測、エネルギー利用、実行可能条件

1. はじめに

現在、地球温暖化の主因であるCO₂削減のために、地球温暖化枠組条約(COP)を通じた国家間の、CO₂排出権取引市場やグリーンマーケットを通じた企業の、あるいは、NPOや一般市民等の様々な取り組みが行われている。このCO₂削減には化石燃料消費の削減が効果的であり、①エネルギー消費水準の削減、②エネルギーの効率的な生産・利用、③化石燃料の再生可能なエネルギーによる代替、の大きく3つが有効であるといわれている。これに対して、97年の京都会議(COP3)においてわが国は90年の排出量水準から6%削減することに合意し、国内の排出抑制努力(2.5%)や森林のCO₂固定(3.7%)、途上国におけるCDM・JI(植林やエネルギー利用効率化等の事業)による削減量獲得によって、これはまかなえるものと想定した(経済産業省、2001)。しかし、90年から99年にかけて日本のCO₂排出量は9%も増加し、京都議定書の目標達成が危ぶまれている。

そもそも産業や社会のエネルギー効率が、オイルショック以降非常に高い水準に達しているわが国においては、②による改善余地が少ないと見られていたが、これについても抜本的な対策を迫られている。同時に、③の新エネルギー対策の推進が危急の課題となり、97年には「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)」が施行された。しかし、当初、「新エネルギー」にバイオマスは含まれず、太陽光発電、風力発電、燃料電池等がその主な対象であった。その後、02年にバイオマスも「新エネルギー」として位置づけられ、環境省、農林水産省と並んで経済産業省も新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)を通じたバイオマス利用への助成を開始した。こうした動きだけでなく、地域社会の期待の大きさや産業界の技術革新等を背景として、一段とバイオマス・エネルギーは注目されつつある。

中でも木質系バイオマスは、森林資源が豊富に賦存し、それは植林によって再生可能であり、さらには、他のバイオマスと比べて発熱量が大きく、硫黄や窒素といった不純物の少ないクリーンな原料(日本エネルギー学会、2002)であることから、現在もっとも有望視されている。ただし、木質系バイオマスは、住宅等の建築・解体で発生する「建築廃材」と森林伐採や木材加工にもなって発生する「林業・林産バイオマス」の二つに分けられ、前者に関しては、その製造過程で、防腐剤や接着剤等が添加されたり、あるいは、集める過程で異物が混入する可能性があるため、「廃棄物」として処理する必要がある。その結果、建築廃材は「逆有償(処分費とともに原料を受け取る)」となっており、利用するほど収益が増加する仕組みとなっている。また、人口の多い都市部でまとまった量を集荷できることから、いくつかのバイオマス・エネルギープラントでは既に利用を開始しており、今後も順調に拡大していくと予想される。

これに対して、林業・林産バイオマスは、大量に発生していながらも、一部の大規模林産企業を除いては、そのエネルギー利用はほとんどなされていないのが現状である。その大きな要因は、木質系バイオマス原料は化石燃料と比べると発熱量が小さく、形状が不定型なことから原料がかさばり、広域収集がコストアップにつながるためである。もう一つには、バイオマス・エネルギープラントは、化石燃料の設備と比べると高価で大きいため、規模の経済が働きやすく、大きくすると経済性が向上するが、同時に、大きな熱電需要の必要性につながる点である。つまり、熱電生産の観点からはプラントを大きくすることが経済性につながるが、燃料供給の観点からはそれが不安定供給、あるいは価格上昇につながるという相反する問題を抱えているのである。

2. 研究目的

以上のような問題と同時に、原料供給システムや効率的なエネルギー転換プラント、加えて、熱や電気の供給システムが十分に整備されていないという問題を抱え、現在わが国では、木質系バイオマス・エネルギー利用は十分普及していない状況にある。そこで、本課題では、その実現に向けて、取り組むべき課題や実行のために必要となる条件について、具体的に検討する。主な検討内容を以下に示す。

(1) エネルギー原料としての木質系バイオマスの利用可能性評価及び利用推進条件

木質系バイオマスのエネルギー利用に関するヨーロッパ諸国の動向とわが国の状況及び北海道での取り組みを調査するとともに、木質系バイオマス・エネルギー利用拡大のための今後の政策的課題を明らかにする。

(2) 国産材製材工場における残廃材のエネルギー利用システム化の検討

製材加工業界の動きも踏まえて、製材工場における木材乾燥に向けた残廃材のエネルギー利用システム化の検討を通して、木材加工経営における木質系バイオマス・エネルギー利用システムの適用可能性と意義、課題を探る。

(3) 岩手県遠野市における木質系バイオマスのエネルギー利用実行可能性に関する研究

木質系バイオマスのうち、バイオマス・エネルギー利用の量的な拡大に大きく寄与しうる、「林業・林産バイオマス」を対象として、既存の統計資料から容易に、より高い精度で推計する手法を開発することによって、特定の地域におけるその発生量を推定する。また、各形態別のバイオマス集荷コストを推計することによって、林業・林産バイオマスの供給曲線を導出し、地域において経済的に設置可能なバイオマス・エネルギープラントの規模や、その成立条件について原料供給の立場から検討する。さらに、地域の実際の熱需要を調査し、熱電供給の立場から、地域に適した燃焼技術・プラント規模について検討する。

加えて、木質系バイオマス発電プラントからの電気・熱エネルギーを、既存のホテル、体育館等の民生用施設で利用した場合のフィジビリティスタディを行い、エネルギー利用するための導入可能性評価を行う。各施設の年間エネルギー消費量を調査して、導入する木質系バイオマス発電設備や発電規模を設定した後、発電方法、設置場所、エネルギー搬送法を変えて、発電プラントの設備費用、エネルギー供給可能量等の比較を行い、それぞれの経済性について検討する。

(4) 地域における木質系バイオマス・エネルギー資源の推計モデルの開発

森林の地球温暖化軽減策のひとつとして木質系バイオマス資源の有効活用は世界的に急務となっていて、有効活用化を図るシステムを構築する上で資源供給量の推定は不可欠である。そして、我が国の中で利用可能な木質系バイオマス資源量を、特に代表的な林業地帯についてその推定モデルを構築することは、全国レベルでの潜在利用可能量の推定を強固なものにする点で重要である。地域を例にした詳細な木質系バイオマス・エネルギー資源の供給量推定モデルが明らかになることで、わが国全体としてのCO2削減効果の推定に資することが出来る。

そこで、本課題はある森林地域における木質系バイオマス資源の潜在的利用可能量推計モデルの開発を目的にする。そのため、まず木質系バイオマス資源のフローを明らかにし、素材生産過程等で発生する未利用資源量の実態調査、未利用間伐材の実態調査を通じて、バイオマス・エネルギー資源に向けることの出来る潜在的資源量を推定するモデルを構築する。

3. 研究方法

(1) エネルギー原料としての木質系バイオマスの利用可能性評価及び利用推進条件

- ① 木質系バイオマス・エネルギー利用が進んでいるスウェーデンやドイツの事例を調査し、利用促進のための政策的な取り組みを明らかにした。
- ② 木質系バイオマスのエネルギー利用について地域の意向と普及上の課題を明らかにするため、道内の212市町村全てを対象にアンケート調査を行った。
- ③ 木質系バイオマス・エネルギー原料としての木材加工施設排出残廃材の利用可能性を、北海道庁が実施したアンケート調査結果から明らかにした。

(2) 国産材製材工場における残廃材のエネルギー利用システム化の検討

- ① 残廃材の発生・利用フローの把握、残廃材利用システムの運用コストや残廃材発生原単位などの関連パラメーター抽出のため、国産材製材工場での残廃材発生・利用の実態調査と、残廃材発生と処理についての関連文献資料の収集整理。
- ② (1)で得られた残廃材の発生・利用フローと関連パラメーターを使い、システムダイナミクス(SD)の手法を用いて、木材加工システムに残廃材のエネルギー利用を組み込んだ簡易モデルを構築。
- ③ モデル等の検討を通して、木材加工過程における木質系バイオマス・エネルギー利用システムの適用可能性を検討。

(3) 岩手県遠野市における木質系バイオマスのエネルギー利用実行可能性に関する研究

① 林業・林産バイオマス発生量の推計

岩手県第2位の森林面積、第3位の素材(丸太)生産量を誇り、地域内で活発に林産加工が行われ、林業・林産バイオマス発生量が大きいと考えられる遠野市を分析対象とした(図1)。そして、森林伐採にともなって発生する「林業バイオマス」と、林産加工に伴う「林産バイオマス」の発生状況について、森林組合、素材生産協同組合、国有林材



図1. 遠野市の位置(濃い部分は岩手県)

生産協同組合、製材・集成材等の林産加工事業体、バーク粉砕加工業者からの聞き取り調査、間伐・皆伐地におけるバイオマス計測を実施し、推計のためのパラメーターを収集した。そして、サブテーマ1において作成されたバイオマス予測表を用いて、既存の統計データを用いて形態別の木質系バイオマス発生量を推計する手法を開発し、それに従って推計を行った。

②林業・林産バイオマス供給曲線の導出

上記と同様の聞き取り調査によって、木質系バイオマス原料の収集費用算出のためのパラメーターを収集した。また、各種木質バイオマスの経済性評価を、現状を反映した高含水率（ウェットベース）の状態で行うために、熱単価を算出した。これに、①の結果を加えて、供給曲線を導出し、熱利用の可能性について検討を行った。

③地域のエネルギー需要をふまえた実現可能性評価

既存のホテル、体育館等の民生用施設における木質系バイオマス・エネルギー利用の可能性評価を行うにあたって、遠野市中心部のあえりあ遠野地区（ホテル、市民センター、体育館、図書館の4施設）を対象に民生用施設の熱需要調査を行った。その結果を基に、中小規模の発電設備（発電規模300kW級）を想定し、プラントの設置場所、エネルギー搬送方法、さらには、熱変換方法の違いによる4つのシナリオを設定し、経済性評価を行った。

(4)地域における木質系バイオマス・エネルギー資源の推計モデルの開発

推計モデルの構築に先立って、木質系バイオマス資源の利活用実態を調査した上でモデルの基本構造を決定する方法をとった。そこで、日田地域を調査対象地にとりあげ、素材生産過程などを通じた木質系バイオマス・エネルギー原料の利用実態を聞き取り等により調査する。日田市を取り上げた理由は、①同市を中心とした日田地域が九州地域でも林業・木材生産の盛んなエリアである、②日田市が環境に優しいまちづくりをめざしていて、98年12月にISO14001を取得したほかバイオマス・エネルギー開発にも関心が高い自治体で各種データが整備されている、からである。

実態調査に基づいて森林・林業部門での未利用バイオマス資源の推定が重要と想定されることから、推計モデルの開発についてはすでに開発されている確率論をもとにした既存の素材生産量予測モデルである木材供給予測モデル（野田、1999）、木材需給均衡予測モデル（野田、1999）の適用可能性ならびに適用に必要な改造を検討する。

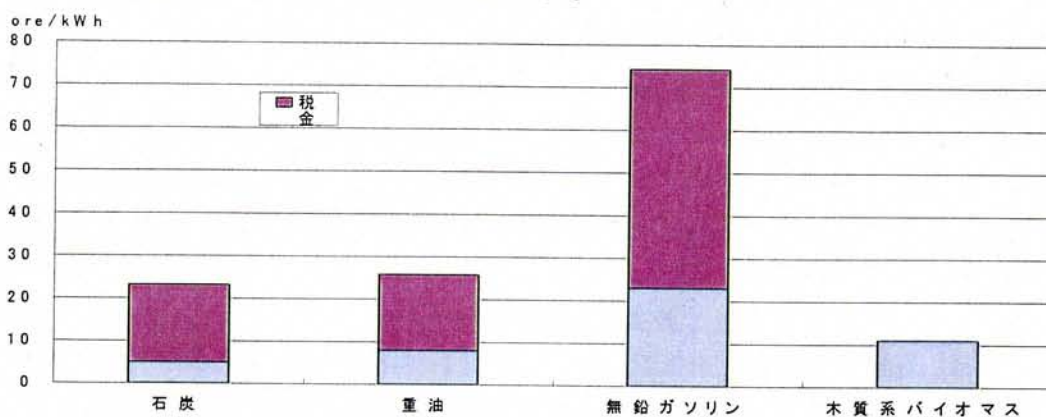
これまでの成果を踏まえて、当プロジェクトで設定した共通の対象地域である岩手県遠野市を事例に、森林・林業生産部門からの未利用木質系バイオマス資源を具体的に予測するためのシステムを開発する。そのために、計算単位を設定し伐採傾向の解析、林分収穫表、造材歩止など計算に必要なデータを解析するために統計資料の収集、素材生産業者へのアンケート・聞き取り調査等を行う。ベースになる予測モデル用の諸パラメーターを設定し実際に、2000年を期首に将来25年（5年を1分期とする5分期間）の推移を予測する。

4. 結果・考察

(1)エネルギー原料としての木質系バイオマスの利用可能性評価及び利用推進条件

①スウェーデンでは化石燃料や原子力の利用を減らす政策を採っており、1990年代に入り、エネルギー部門の税制変更によってバイオマス利用を促進させている。エネルギー原料には二酸化炭素税、イオウ税、窒素酸化物排出税の3つの環境税が賦課されるが、木質系を含むバイオマスについては非課

税である¹⁾。ただし、ピートはイオウ税だけ賦課されている。この環境税の存在は必然的に化石燃料価格の上昇とバイオマス燃料価格の低下をもたらし、エネルギー需要構造の転換が税制という政策的手段によって誘導されているといえる(図-1)。



②わが国の木質系バイオマス・エネルギー利用の現状を財団法人日本木材総合情報センターの資料からみると、1998年の工場残廃材の発生量は、製材業で1,330万 m^3 、合板工業で182万 m^3 と見積もられている²⁾。この2業種から発生する残廃材の90%以上はチップ(36%)、家畜敷料(26%)、燃料(20%)などに再利用されている。このうち燃料については、自工場の熱源として特に合板工場での利用が多い。また、プレカット工場からは、1997年には24万 m^3 の残廃材が発生し、チップや家畜敷料を中心に再利用されているが、燃料としての利用はないようである。

建設時に発生する残廃材、林地に残される末木枝条などの林地残材、木材加工施設から発生する残廃材のおよその発生量と用途は³⁾、まず建設残廃材では、発生量約1,580万 m^3 のうち40%がチップや燃料として利用されている。林地残材は970万 m^3 の発生量のほとんど全てが林内に放置されている。一方、製材工場などから発生する残廃材は約1,510万 m^3 であるが、チップ(36%)、家畜敷料(26%)、燃料(22%)、堆肥(9%)などに利用されている。

③平成12年に木質系バイオマスを含む自然エネルギー導入の現段階を明らかにするため、北海道内の212全市町村を対象に導入状況や意識に関するアンケート調査を行い、126(59.4%)の自治体から回答を得た⁴⁾。木質系バイオマス・エネルギーのメリットを3つまで選んでもらった結果、合計347回答のうち最も評価されたのは、「環境への負荷が少ない」ということで108の回答があった。これに「環境に対する意識の向上」の76を合わせると184になり、半数以上が環境との関連でメリットを感じていることがわかる。また、「地域資源の有効利用」は66、「地域経済の活性化及び雇用の創出」は25であり、環境面でのメリットと比較すると経済的なメリットは二義的なものと考えられているようである(図-2)。

木質系バイオマス・エネルギーを導入する上での課題を3つまで選択してもらった結果(図-3)、合計300の回答のうち最も多かったのは、「技術・ノウハウが確立していない」ことへの不安で74、以下「情報不足」が57、「初期投資が高額」が56、「ランニングコストがかかる」が36などとなっている。木質系バイオマス・エネルギーの普及には、このような課題をいかに解決していくかが鍵となっている。

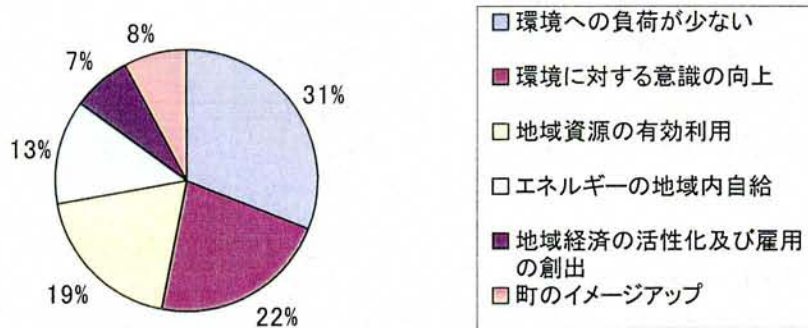


図-2 木質系バイオマスエネルギー導入のメリット

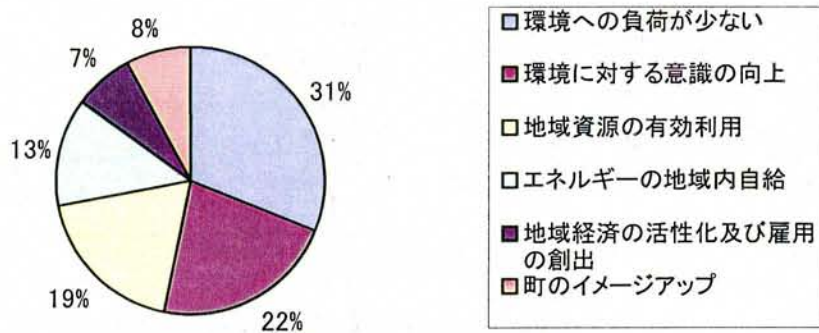


図-2 木質系バイオマスエネルギー導入のメリット

(2) 国産材製材工場における残廃材のエネルギー利用システム化の検討

① 製材工場での残廃材の発生・利用フローおよび残廃材発生原単位

残廃材をボイラー燃料として使用し、木材乾燥用のエネルギー利用を行っている国産材製材工場を対象に、木材加工工程における残廃材の発生・利用の実態を調査（平成12～13年）した。調査対象は、主としてスギ・ヒノキ柱角を主製品とする岡山県下の製材工場（2工場）である。両工場ともに、素材消費量月間2,400～2,500m³（約110m³/日）の国産材専門の大型製材工場であり、長さ3m×末口16cmの素材換算で、月間3万本強の丸太を製材している。

図-1は両工場をモデルとして、木材加工工程における残廃材の発生・利用フローを示したものである。図に示すように、製材工場では、素材の前処理工程・挽き材工程・製品仕上げ工程ごとに、樹皮・端材・鋸屑・べら板・チップ・モルダー屑などの残廃材が発生する。

図にみる各種残廃材の発生原単位は表-1に示したごとくである。なお原単位は、残廃材発生原単位＝残廃材発生量（重量トン）／素材消費量（材積m³）、の算式による。

表-1には、A工場を事例に、月間2,400m³の素材加工の場合、発生する残廃材総量は485t_重であること、このうち59t_重が木屑焚きボイラーによる木屑燃焼システムに使われ、月間189Gcalの木屑発熱量が得られること、が示されている。この木屑燃焼システムによる蒸気熱供給により木材の乾燥が行われている。なお、このA工場の木材乾燥能力は年間1万m³強（粗挽き半製品）で、

初期含水率100~120%の粗挽き材を仕上げ含水率18~20%に乾燥する。8基ある乾燥機への蒸気供給は、木屑焚きボイラー1基（最大蒸気発生量1,650kg/時、平成9年導入）と重油焚きボイラー2基（総蒸気発生量1,500kg/時）によりなされ、木屑焚きボイラー稼働（停止）時には、重油焚きボイラーが停止（稼働）し、蒸気式乾燥機へ24時間常時、蒸気の供給がなされる。このようにA工場では木材乾燥用のボイラー燃料として、自工場で発生する残廃材と、購入重油とを併用する仕組みとなっている。

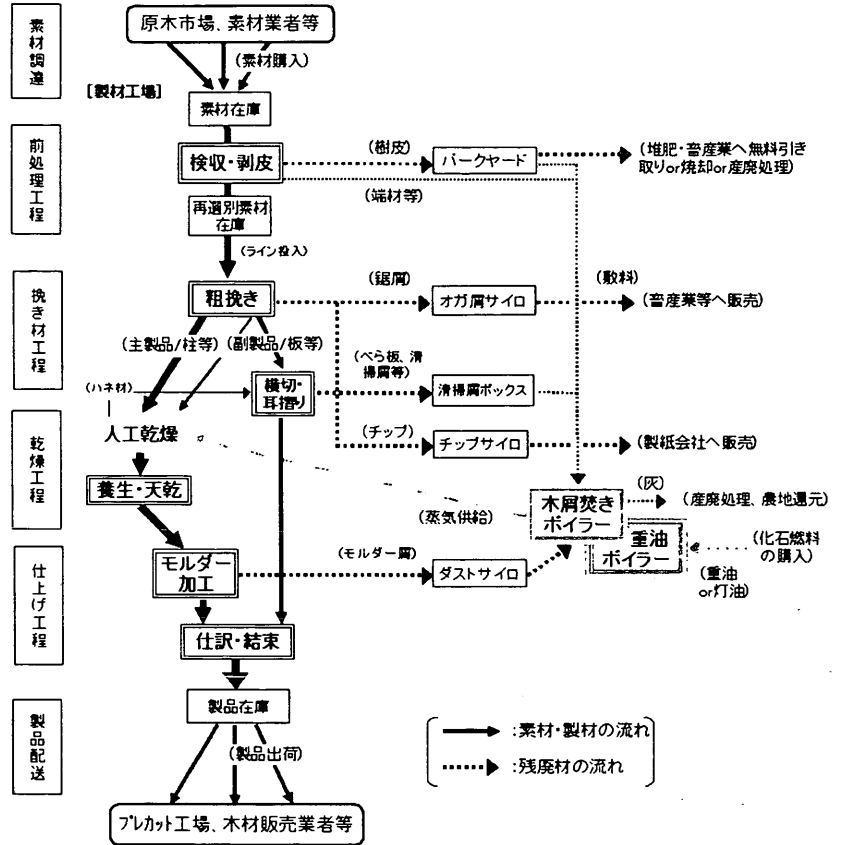


図-1 木材加工工程における残廃材の発生・利用フロー

表-1 製材工場における残廃材発生原単位とエネルギー利用

	発生原単位 実重量換算	素材消費量		うち				
		2400m ³ /月 残廃材重量	構成比	ボイラー仕向率	木屑焼却量	葉枯らし材 含水率	低発熱量	木屑発熱量
樹皮	0.042	100.3	21%	18%	18.2	60	2,750	50,160
鋸屑	0.047	113.5	23%	0%	0.0	60	2,500	0
べら板等	0.002	5.9	1%	100%	5.9	60	2,500	14,850
チップ(背板端材)	0.096	231.0	48%	0%	0.0	60	2,500	0
モルダ屑	0.014	34.6	7%	100%	34.6	15	3,600	124,416
計	0.202	485.3	100%		58.7			189,426
	t _n /m ³	t _n /月			t _n /月	%	kcal/kg	Mcal/月

②残廃材エネルギー利用の経済性・化石燃料代替効果

表-2は調査工場をモデルに、残廃材のエネルギー利用システムの経済性、化石燃料代替効果を、木屑焚きボイラー導入前の重油燃焼システムと比較対照して示したものである。

表から、木屑焚きボイラーを導入し、燃料として残廃材と重油を併用した木材乾燥システムの場合、蒸気熱供給の約50%を残廃材の燃焼エネルギーでカバーでき（残りは重油）、コスト的にも全量重油使用の乾燥システムと差がないことわかる。また残廃材利用による重油代替効果は、年間260*。%（月間約20*。%強）となる。残廃材のエネルギー利用システムは、燃料費がかからない反面、ボイラー運転に伴う人件費と木屑焚きボイラーの維持・設備償却コストが大きいことが特徴である。

表-2 木屑焚きボイラー導入による残廃材利用の経済性・化石燃料代替効果(試算)

	木屑焚きボイラー導入前 (油焚きボイラーのみ)	木屑焚きボイラー導入後 (木屑焚き・油焚きボイラーの併用)	
		木屑焚きボイラー	油焚きボイラー
メンテナンス費用	30万円/年 24時間運転でのボイラメーカーとの保守契約費	50万円/年 整備・検査費含む	20万円/年 ボイラメーカーとの保守契約費
設備償却費	約8万円/月	} 約80万円/月	約8万円/月
人件費 <small>ボイラー操作</small>	ゼロ(ほぼ自動運転) 15万円/月(残廃材の焼却作業(0.5人))		パート2名(兼:残廃材の手動投入作業)
燃料費	150万円/月(重油代)	ゼロ(残廃材利用)	72万円/月(重油代)
重油使用量	約5百 ^{キロリットル} /年	重油260 ^{キロリットル} /年の削減	約240 ^{キロリットル} /年
電気使用料	152万円/年 76Mwh/年、単価20円	186万円/年 93Mwh/年	74万円/年 37Mwh/年
	720時間/月稼働	1196万円/年 370時間/月稼働	1054万円/年 350時間/月稼働
合計	2,258万円/年	2,250万円/年	

注: 両システムに共通する乾燥機の運転コスト(償却・維持費、ファンなどの電気使用料、人件費)は含めていない。
出所:「林業経済」No.647、p17の表-3

なお、残廃材のエネルギー利用システム化の利点の1つは、自家焼却炉での残廃材処理が不要となることである。これに対して、全て重油に依存する木材乾燥システムの場合、残廃材の処理が別途必要となる。残廃材を工場内で焼却処理する場合、焼却設備の構造基準強化による新規焼却炉の設置(数千万円)やダイオキシン測定費用(50~100万円/年)などを考慮すると、大幅なコストアップが考えられ(表ではこの点は考慮に入れていない)、その分、残廃材利用システムのコスト優位性が高まる。政策的には、製材経営を圧迫する焼却規制強化と並行して、イニシャルコストの高い木屑焚きボイラー燃焼システム導入支援策を展開することが、製材企業での残廃材(木質系バイオマス)利用による「環境経営」推進上、好ましいと考えられる¹⁾。

③SDモデルによる残廃材エネルギー利用システムの動的評価

製材工場での残廃材の発生量や木材乾燥に必要な熱量は、木材需要の変動や季節要因などにより常時変化する。このため調査工場をモデルに、木材加工・残廃材利用システムの動特性を計量的に捉えることが可能なシステムダイナミクス(SD)の手法を用いた簡易モデルを作成し、木造住宅の月別着工数を外生変数として、平成10年1月から13年12月までの48ヶ月間について、以下にみる残廃材のエネルギー利用システムの動特性について計量的把握を行った。

木材乾燥とリンクした残廃材のエネルギー利用システムの可能性を検討するため、樹皮のボイラー仕向率(表-1)に着目し、上記のSDモデルを使った感度分析により、樹皮のボイラー仕向率を高めた場合の残廃材の熱供給割合の変化(化石燃料削減効果)と残廃材・重油併用システムの運転コスト変化を調べた。

図-2は、樹皮のボイラー仕向率を20%→60%→100%と増加させた場合の、残廃材燃焼による蒸気熱供給割合(wood' calories ratio)および併用システム運転コスト(combined sys cost)の変化を示したものである。樹皮のボイラー仕向率が20%の場合、残廃材の熱供給割合はほぼ50%水準である。樹皮仕向率を100%に高めると、年計では残廃材熱供給割合は100%を超える。ただし、100%に達しない月があり(3・4月期)、年間を通して木材乾燥に必要なエネルギー供給量を確保出来ない。こうした熱需給の季節変動を考慮すると、重油燃焼システムとの併用か、熱供給不足期に備えて残廃材をストックする大型木屑サイロの設置が課題となることがわかった。

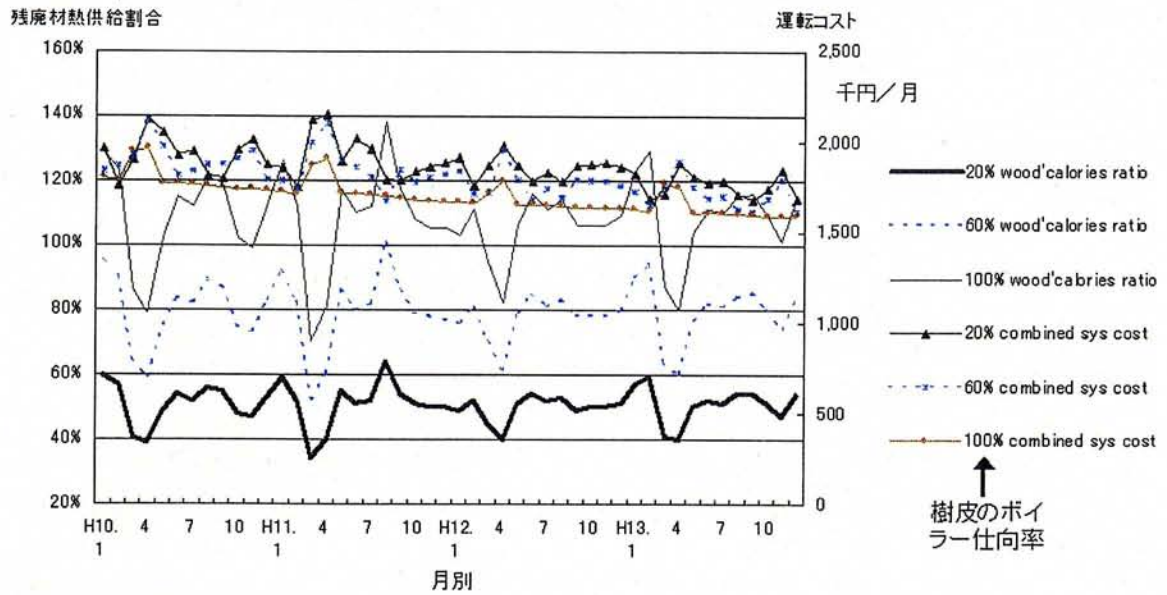


図-2 樹皮のボイラー仕向率変化に伴う、残廢材熱供給割合および併用システム運転コストの変化(感度分析)

また併用システムの運転コストについては、重油使用削減によるコスト減もあるが、樹皮粉碎コストの増加があり、大幅なコスト削減は期待できない。しかし、重油＝化石燃料削減効果が大きいことから、コスト負担を伴わずに、大きな化石燃料代替効果が期待できることがわかった。

(3) 岩手県遠野市における木質系バイオマスのエネルギー利用実行可能性に関する研究

本論では、安価な原料収集を念頭に置き、分析対象を林業・林産業の活動にともなって発生するものとした。その理由は、エネルギー利用を前提とするよりも、伐採や林産加工の際に発生しながら、現在未利用であるバイオマスは安価であり、収集も容易であるからである。

①林業・林産バイオマス発生量の推計

ア. バイオマス発生状況に関する調査結果

(ア) 林業バイオマス

まず、木質バイオマスの発生状況について把握した。林業バイオマスに関しては、遠野地方森林組合、遠野国有林産材生産協同組合、遠野素材生産協同組合から聞き取り調査を行った。その結果、保育間伐では、立木は林地に伐倒・残置（切り捨て間伐）されるのが一般的であり、これを搬出してエネルギープラントに持ち込むための費用は6000円/m³程度であった。

利用間伐や主伐（皆伐）では、末木（梢端）・枝条（枝・葉）は伐倒後に切り落とされ、林内に残置される（図2）。幹部は、主伐では、末木・枝条を落とした後、そのまま全幹集材によって土場（林道脇）に運び、そこで造材されるため、根

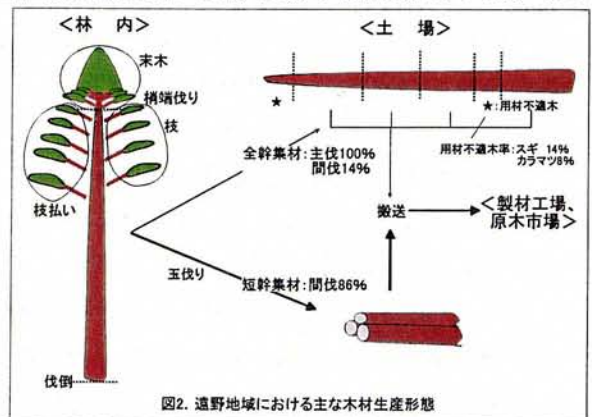


図2. 遠野地域における主な木材生産形態

曲がりや根張り、幹曲がりといった欠点部分が用材不適木として発生する。一方、間伐の場合では、長い幹部を集材すると残存立木を打撲損傷しやすいので、森林所有者は全幹集材を嫌い、欠点部分を林内で切り落として素材のみを搬出する、短幹集材がほとんどである。

このように、現状の林業バイオマスは、その多くが森林内に残置されていることが明らかとなった(図3)。そのため、本推計では、伐出の機械化にともなって実現されると考えられる全木集材(末木・枝条もつけたまま土場に搬出する方法)を想定して最大利用可能量を計算した。

ところで、林齢に応じて単位面積の森林から得られるバイオマス量が異なるので、林業バイオマスを推計するには、森林の伐採面積を林齢ごとに把握する必要がある。間伐に関しては、補助事業で行われるものが多いので把握可能であるが、主伐に関しては、伐採届けが出ていない場合も多く、十分に把握できなかつた。そのため、聞き取り調査から、市内の素材生産量を把握する方法を検討したが、市外の素材生産業者が市内で生伐採を行う例も多く、広域かつ詳細に調査しなければならず、適法ではないと判断した。

そこで、素材生産量については、農林水産省統計情報部「木材需給報告書」の基礎データ(広域調査に基づいた市町村別の素材生産量)を用いて、逆算推計によって推計を行った(図4)。逆算推計とは、サブテーマ(1)によって推計された遠野市の樹種別「バイオマス予測表」から得られるha当たりの推定素材生産量 W_f と、実際の素材生産量統計値 W_t との比較によって、伐採面積等を扱わずに林業バイオマス発生量を推計する方法である(例えば、末木・枝条発生量 $=W_t/W_f \times ha$ あたりの推定末木・枝条発生量)。このバイオマス予測表は、各都道府県や流域ごとに算定されている「収穫表」を、幹曲線、直径分布、樹皮厚、採材方法・素材生産歩留まり等のパラメーターを用いて加工したものである。つまり、実態調査に基づいてパラメーターを計算すれば、全国で利用可能である。

また、バイオマス予測表は林齢・地位ごとに分かれているので、聞き取り結果から、主伐林齢はスギ50年、カラマツ・広葉樹は40年とした。地位については、00年度の間伐実施林分のデータを用いて平均地位を加重平均によって算出し、これを主伐についても用いた。また、間伐で発生するバイオマス量は伐採率によって大きく変動するが、これについては、5つの利用間伐実施林分(林齢40年生前後)において測定を行い、その結果をもとに、実態に即した林齢別伐採率を導出し、バイオマス予想表を調整した。

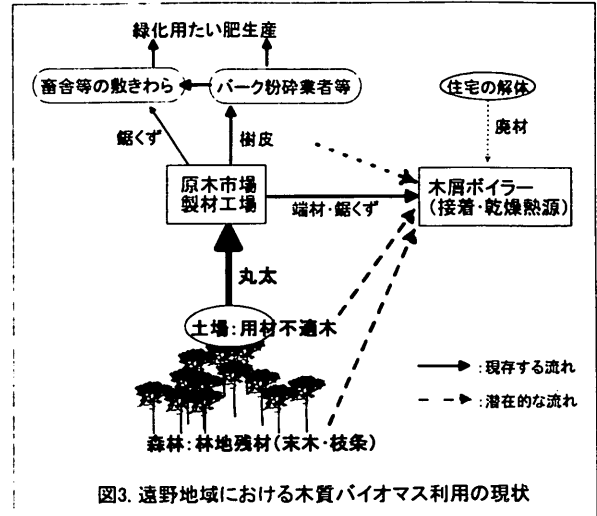


図3. 遠野地域における木質バイオマス利用の現状

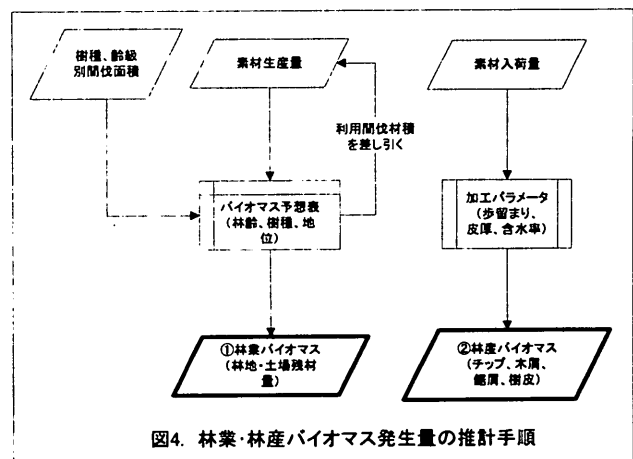


図4. 林業・林産バイオマス発生量の推計手順

(イ) 林産バイオマス

林産バイオマスに関しては、木工団地内の事業者（製材、集成材、プレカット、家具）、他地域の製材事業者、バーク（樹皮）加工業者に対して聞き取り調査を行った。その結果、図3に示したとおり、原木市場や林産事業者には素材が搬入され、加工段階で生じたバークはほとんど無償でバーク加工業者にわたり、粉碎後、鋸屑等と同様に家畜の敷料として、あるいは、直接緑化用堆肥生産に使用されている。なお、集成材工場で発生した端材や鋸屑は、木屑ボイラーにおいて接着・乾燥用の熱源として利用されている。

木材加工段階で発生するバークの推計には、先述のバイオマス予測表を用いた。製材、チップ、鋸屑・かんな屑（おが粉）・端材については、加工歩留まりに関する製材事業者からの聞き取り結果を用いた（スギ：58%、33%、9%、カラマツ：49%、30%、20%）。また、林業バイオマスと同様に、市内の林産工場には、市外で生産された素材が入荷していることから、農林水産省統計情報部「木材需給報告書」の基礎データのうち、市町村別の素材入荷量を用いた。なお、製材の二次加工施設である集成材工場については、99年の実績から端材・鋸屑の発生量を推計した。

ところで、素材や製材品、バーク等は市内でのみ流通しているわけではなく、実際には周辺市町村との間で行き来している。そこで本論では、聞き取りによって得られた、トラックで片道平均1時間という集荷圏をもとに、遠野市の役場から30km以内に役場のある、東和町、大迫町、宮守村、住田町を隣接市町村として抽出し、遠野市を含めた5市町村のバイオマス発生量についても推計した。ちなみに、北上市や川井村、釜石市等もその一部が集荷圏の中に入っているが、上記4市町村も全域が入っているわけではないので、相殺可能とした。

イ. 推計結果と考察

推計結果は表1の通りである。遠野市の総発生量約6万トンのうち、林業バイオマスと林産バイオマスの比率は3対1となっており、圧倒的に林業バイオマスの発生量が多いことが明らかとなった。また、平成15年度に稼働を開始した能代森林資源利用協同組合の木質バイオマスプラントの燃料消費は、年間計画量が5万トンを越えていることから、遠野市内で発生しているすべての木質系バイオマスを収集しなければ、そうした規模のプラントを稼働することは不可能であることが分かった。

表1. 遠野市周辺の林業・林産バイオマス発生量推計結果(H12年度)

(含水率)	t/年	5市町村計	遠野市
林業 (N:100% L:75%)	切り捨て間伐木	21,958	9,851
	用材不適木	21,149	8,309
	N末木・枝条	27,807	10,253
	L末木・枝条	26,734	15,103
	小計	97,648	43,516
林産 (75%)	Nバーク	3,854	1,343
	Lバーク	2,444	485
	N木屑・鋸屑	10,349	4,671
	Nチップ	19,965	7,022
	Lチップ	18,041	677
	小計	54,653	14,199
総計		152,301	57,715

これに対しては、遠野市を含む周辺5市町村からの収集によれば、15万トンを越すので可能性が出てくる。しかし、内訳を見ると分かる通り、現状の伐出方法からでは得られない切り捨て間伐木や針葉樹（N）の末木・枝条、加えて、価格の高いチップも含めた量となっているので、大きなシステムの変更なしに収集可能な総量は半分程度である。

②林業・林産バイオマス供給曲線の導出

ア. パラメーターの算出結果

バイオマス資源のポテンシャルに関する議論の多くは、乾燥重量を用いている（吉岡（2002）等）。しかし、実際の林業・林産バイオマスは、形態ごとに含水率、密度（かさ重量）が異なるので、乾燥重量を用いて利用可能性に関する議論を行うのは適当とはいえない。なぜなら、発生現場での十分な乾燥は困難なため、含水によって重くなると同時に、燃焼時に得られる熱量は大きく低下するからである。また、密度は輸送効率に大きく影響する。従って本論では、現状を反映した議論を行うために、含水率の高い状態（ウェットベース）で発生量や熱単価の算出を行った。

そこでまず、得られる熱量として、含水率を考慮した低位発熱量 H_{lo} (kcal/kg) を用いた。これは、全乾時の高位発熱量 H_{hi} (kcal/kg)、全乾重量1 kgあたりの水素量 h (kg/kg) と水分量 u (kg/kg) から、以下の式で表される。

$$H_{lo} = \frac{H_{hi} - 600(9h + u)}{1 + u}$$

岩手県企業局（1999）によれば、岩手県のスギの h は0.059 (kg/kg)、 H_{hi} は4581 (kcal/kg) であるので、含水率75%のバイオマスの H_{lo} は2179 (kcal/kg) となる。しかし、中規模の木質ボイラーの熱効率率は70%程度なので、実有効熱量は1525 (kcal/kg) となる。そして、発電を想定した場合に比較検討を容易にするために、ワットを単位として用い、1.77 (kWh/kg) とした。また、伐採直後の林地残材の含水率を100%（広葉樹については75%）とし、林産バイオマスは流通・加工段階で多少乾燥することから75%とした。ちなみに、サンプル数が少ないため計算には用いなかったが、実際の平均含水率は、広葉樹の末木・枝条（開葉前）で79%、針葉樹についてはチップで136%、バークで90%（スギで高く、カラマツで低い）となっていることから、実際に得られる熱量は推計値よりもやや少ない可能性を指摘しておく。

体積あたりの重さは、末木・枝条はかさばるために軽くなり、用材不適木では素材に近い密度であると考えられる。しかし、残念ながら両者とも実際に流通・利用されておらず、輸送時の体積あたりの重さは本課題においては計測しなかった。そこで、流通しているバークの輸送状況を前提とした。それは、18m³(5t)の専用トラックで1日4往復し、そのコストが3万円ということから、輸送費は1500円/tとした。また、林業バイオマスはすべて粉碎後にバークと同様に輸送されるものとし、粉碎コストは深澤（2002）より、2353円/tとした。林産バイオマスについては、そのまま輸送できるので、プラントで粉碎（1000円/t）できるものとした。

なお、有価で取引されているものについては、広葉樹バークは500円/tを輸送・粉碎コストに足し、針葉樹チップと広葉樹チップはそれぞれ、6,310円/t、12,828円/tをそのまま価格として用いた。ちなみに、これらはすべてウェットベースの値である。

イ. 推計結果と考察

熱単価の算出結果は表2の通りである。ここで、本結果は原料のみを対象とした議論であることに注意が必要である。つまり、バイオマスプラントは、重油等のそれと比べて設置費用が数倍かかり、運転人員も多くなるため、操業費用の熱単価は大きくなるので、その分割り引いて考える必要がある。いずれにしても、遠野地域におけるバイオマス・エネルギー利用の実現には、重油に対する価格競争力が必要となるので、それとの比較を行った。その結果、販売されているチップ

を除く林産バイオマスの利用可能性が最も高いことが明らかとなった。また、切り捨て間伐木を除く林業バイオマスも有望であることが分かった。ただし、末木・枝条や用材不適木（特に根曲・根張り部分）の多くは、林内に残置されていることから、それらを土場までコストかけずに搬出するシステム（タワーヤーダやスウィングヤー

表2. 遠野周辺における木質バイオマス原料の熱(電力)単価

(含水率)	種類	原料価格 (円/t)	熱単価 (円/kWh)	発電の効率別単価(円/kWh)		
				10%	30%	30% +熱販売
林業 (N:100% L:75%)	切り捨て間伐木	14,609	9.79	98	33	30
	用材不適木	3,853	2.58	26	9	6
	N末木・枝条	3,853	2.58	26	9	6
	L末木・枝条	3,853	2.17	22	7	4
林産 (75%)	Nバーク	2,500	1.41	14	5	2
	Lバーク	3,000	1.69	17	6	3
	N木屑・鋸屑	2,500	1.41	14	5	2
	Nチップ	7,810	4.40	44	15	12
	Lチップ	14,328	8.07	81	27	24
比較対象	A重油(%)	40	4.35			

注:バイオマスの熱効率が70%であるのに対し、重油は90%とした。

ダによる集材とプロセッサによる枝払い・造材等)が必要であり、さらに、本論で前提条件とした粉碎(粉碎機を土場に導入)や輸送(5t×4回/日)を実現できるシステムの整備が必要といえる。

また、林業・林産バイオマスを用いた発電についても検討を行った結果、発電のみを考えた場合、既に普及している効率10%程度の蒸気式では、運転費用(設備償却や人件費、灰処理費等)を考慮すると実現性に乏しいことが明らかとなった。しかし、現在開発中のガス化技術が確立すれば、マイクロガスタービンやガスエンジンによる30%近い効率が得られるので、その可能性は飛躍的に高まり、重油相当価格での熱の販売を加えれば、かなり有望であることが明らかとなった。

次に、①で得られた発生量を便宜的に供給量とし、上記の熱単価を価格として、供給曲線を描出した(図5、6)。左から、針葉樹バーク、木屑・鋸屑、広葉樹バーク、広葉樹末木・枝条、用材不適木、針葉樹末木・枝条、針葉樹チップ、広葉樹チップ、切り捨て間伐木の順に並んでおり、点線は重油の単価水準を示している。この図は、単価の安い針葉樹バークから原料として使われはじめ、針葉樹末木・枝条あたりまで利用される可能性があることを示している。

しかし、直ちに利用可能(現状で流通している、あるいは流通可能)なのは、針葉樹バーク、木屑・鋸屑、広葉樹バークの3つであり、それらの遠野市の供給量は年間6500t、1日9時間、月間22日の稼働を考えると約2.7t/hの供給量となる。これは、現在わが国で発電に供されている木質バイオマスボイラーが7.0t/h前後以上の原料消費規模であることを考えると、中規模なものとならざるを得ないことを示している。

また、大規模なプラントや中規模プラントを複数建設するためには、1つの市町村にとどまらず、広域で原料を収集する必要があることを示している。そこで、5市町村の合計を見てみると、供給量は7.0t/h(17000t/年)に増加する。一方、そうした大規模プラント建設を行う場合、周辺市町村のプラントの存在や建設計画を考慮して、適正配置に努める必要がある。

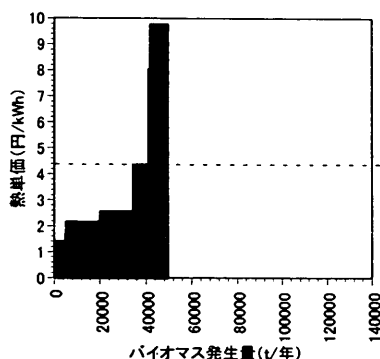


図5.遠野市の林業・林産バイオマス供給曲線

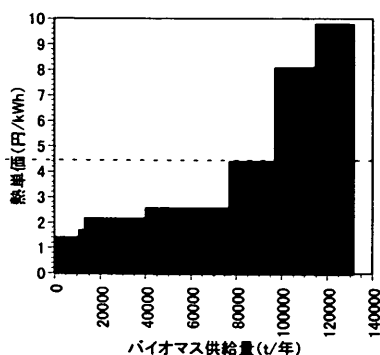


図6.5市町村の林業・林産バイオマス供給曲線

③地域のエネルギー需要をふまえた実現可能性評価

ア. あえりあ地区における熱需要調査結果

(7) 調査施設の概要

遠野市において主な民生公共施設が集中しており、熱需要を集約する上で適していることから、遠野市中心部のあえりあ遠野地区を調査対象として選定した。そして、あえりあ遠野、市民センター、市民体育館、市立図書館・博物館の4施設の熱電需要を調査した。あえりあ遠野、市民センター、市民体育館は同じ敷地内にあって隣接しており、さらに道路をはさんだ隣地には市立図書館（1,2階）と市立博物館（3階）がある。表1に、4施設の建物概要ならびに主要熱源機器を示す。

表1 あえりあ遠野地区4施設の建物概要と熱源機器

	あえりあ遠野	遠野市民センター	市民体育館	市立図書館 市立博物館
竣工	2001年6月	1971年11月	1971年11月	1980年6月
建設規模	鉄筋コンクリート 地上7階 地下1階	鉄筋コンクリート 地上2階	鉄筋コンクリート 地上2階 地下1階	鉄筋コンクリート 地上3階
延床面積(m ²)	8,178	3,938.3	2,155	3,189.3
施設概要	客室 62室 収容人数 187人 レストラン、宴会場 会議室	大ホール(941人) 会議室	プール 体育館	閲覧室 展示室
熱源機器	ボイラー(A重油) 吸収式冷温水器	ボイラー(A重油) 吸収式冷温水器	市民センターと 共用	ボイラー(灯油) 吸収式冷温水器
その他設備	貯湯槽			

(4) 年間エネルギー消費量

表2に、2001年度におけるあえりあ遠野地区全体の年間エネルギー消費量を、また図1に、あえりあ遠野地区全体の年間エネルギー消費実態を示す。

全エネルギー消費量は3.3万GJであり、電気が1万GJ(31%)、A重油2万GJ(62%)、灯油1,100GJ(3%)、LPG1,300GJ(4%)となっている。エネルギー源別に見ると、A重油が最も多く利用されており、用途が暖房用であるため、夏季の消費量は少なく、冬季には急増する。

施設別に見ると、あえりあ遠野が1.6万GJで地区のエネルギー消費量の50%を占め、市民センターが1.1万GJ(33%)、市民体育館3,700GJ(11%)、市立図書館・博物館1,800GJ(6%)である。

エネルギー消費実態の特徴は、遠野市が寒冷地であるため、12月～3月の冬季4ヶ月間にピークが存在する。夏季は消費量が減少するが、8月に若干増加するのは冷房のためであり、あえりあ遠野、遠野市民センター、市立図書館・博物館の3施設が冷房設備を有する。

エネルギー消費量が最大となるのが1月で4,845GJ/月であり、反対に最小は6月で1,578GJ/月である。最大月と最小月とを比較すると、その格差は3.07倍となる。1月はエネルギー消費量の75%をA重油が占めている。一方、夏季は電気の割合が49%、A重油が44%となっている。A重油は冷房用エネルギー源としても使用されている。

表2 あえりあ遠野地区全体の年間エネルギー消費量(2001年度)

エネルギー種別	単位	あえりあ遠野	遠野市民センター	市民体育館	図書館博物館	合計	割合%
電力	kWh/年	1,662,060	707,186	215,991	215,820	2,801,057	31
	GJ/年	5,984	2,546	778	777	10,085	
A重油	GJ/年	9,290	8,404	2,953	0	20,647	62
LPG	GJ/年	1,231	70	0	6	1,307	4
灯油	GJ/年	0	28	0	1,070	1,098	3
合計	GJ/年	16,505	11,048	3,731	1,853	33,137	—
割合	%	50	33	11	6	—	100

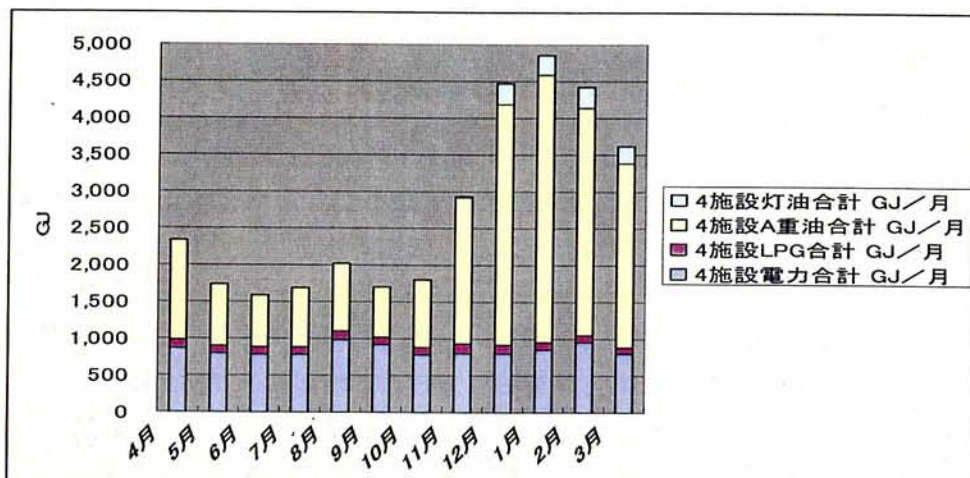


図1 あえりあ遠野地区全体のエネルギー消費実態 (2001年度)

(ウ) あえりあ遠野地区のエネルギー需要の特徴

4施設に木質バイオマス発電プラントからエネルギー供給する場合、供給形態としては熱（温水または蒸気）と電気であり、熱の用途としては空調用（暖房・冷房）と給湯用がある。一方、電気はエネルギー消費実態調査から使用電力量（需要量）が明らかとなったが、所要電力（発電設備容量）は各施設の開館日数・時間、空調機の稼働時間等から推計する。

(a) あえりあ遠野地区の特徴

- ・熱需要が大きい。
- ・あえりあ遠野がエネルギー消費量の50%を占め、変動はあるものの24時間エネルギー需要が存在する。隣接する市民体育館では、温水プールの保温や水の浄化のために常時エネルギーを使用している。
- ・夏季にも冷房用熱需要が存在する。
- ・あえりあ遠野には、急激な熱需要の変化に対して対応可能な設備（貯湯槽）を有する。
- ・あえりあ遠野の機械室、ボイラー室、配電室等は利用可能である。市民センター、市立図書館・博物館にも同様の既存設備が存在する。
- ・あえりあ遠野地区では4施設間の距離が短い（50m位）ため、エネルギー搬送が容易である。

(b) あえりあ遠野地区のエネルギー需要量

表3に、推算したエネルギー需要量を示す。LPGは厨房用エネルギーであるため、熱需要量から除外する。

表3 あえりあ遠野地区のエネルギー需要量

項目		あえりあ遠野地区
エネルギー総需要量		31,810GJ/年
総需要量	電気	280万kWh/年
	熱	21,770GJ/年
ピーク月 需要量	電気	27万kWh/月
	熱	3,890GJ/月
オフピーク月 需要量	電気	22万kWh/月
	熱	690GJ/月
ピーク/ オフピーク	電気	1.23
	熱	5.63
所要電力	契約値	1,425kW
	ピーク	1,100 kW
	オフピーク	490 kW
	中間期	700~740 kW

イ. あえりあ遠野地区への木質バイオマス発電導入と設備概要

(7) 発電規模と方法

(a) 中小規模の木質バイオマス発電プラントとなる。

・遠野市周辺で直ちに使用可能な木質バイオマス量（年間5,600～16,000t）から、供給可能量は60～70t/日であり、中小規模プラントとなる。

・あえりあ遠野地区の契約電力値は1,425kW、所要電力の試算ではピーク時が1,100kW、オフピーク時490kW、中間期700～740kWである。

(b) 中小規模の木質バイオマス発電プラントに対しては、ガス化法が適用可能である。

直接燃焼法は大規模プラントに適しており、中小規模にはガス化法を選定する。

(c) ガス化法では、発電効率の向上が可能

中小規模の発電プラントの場合、直接燃焼法では発電効率が平均12%と低いため、効率の高いガス化が有利である。

(d) ガス化法では、エネルギー変換方法の多様化が可能

ガス化プラントから発生する可燃性ガスは、ガス焚きボイラーをはじめ、ガスエンジン、ガスタービンに供給可能である。

(e) ガス化法では、エネルギー搬送が可能。

ガス体であれば、ガスタンクへの貯留や、離れた需要地へのガスパイプライン、ガスポンプを利用した搬送が可能である。

(イ) フィジビリティスタディ4案の比較

表4に、あえりあ遠野に対する木質バイオマス発電プラントの設置案を示す。

遠野市周辺地域の木質バイオマスを集積し、破碎・乾燥等の前処理は、遠野地域木材総合供給モデル基地内で行う。A案とB案は、同基地にガス化プラントを設置し、生成した可燃性ガスを、あえりあ遠野までの6.5kmの距離を搬送する。A案はパイプラインを敷設してガスの圧送を行い、B案ではポンプに充填してトラック輸送する。

一方、C案とD案は、共にあえりあ遠野にプラントを設置するオンサイト型であり、C案ではガス化プラントを、D案では直接燃焼プラントを設置する。A案、B案、C案はガス化法でガスエンジンを設置して発電を行う。他方、D案の直接燃焼法は、蒸気タービンを利用して発電を行う。

表4 あえりあ遠野に対する木質バイオマス発電プラント設置案

内容	エネルギー搬送型		オンサイト型	
	A案	B案	C案	D案
形式	エネルギー搬送型		オンサイト型	
木質バイオマス供給基地	遠野地域木材総合供給モデル基地	遠野地域木材総合供給モデル基地	遠野地域木材総合供給モデル基地	遠野地域木材総合供給モデル基地
プラント設置基地	遠野地域木材総合供給モデル基地	遠野地域木材総合供給モデル基地	あえりあ遠野	あえりあ遠野
木質バイオマス供給手段	基地内搬送	基地内搬送	トラック輸送	トラック輸送
エネルギー変換法	ガス化	ガス化	ガス化	直接燃焼
エネルギー搬送手段	ガスパイプライン	ガスポンプ	-	-
発電方法	ガスエンジン(ガスタービン)	ガスエンジン(ガスタービン)	ガスエンジン(ガスタービン)	蒸気タービン
需要先	あえりあ遠野	あえりあ遠野	あえりあ遠野	あえりあ遠野

次に表5には、各案の設備構成を示す。ガス化プラントに投入する木質バイオマス量は10t/日とし、480Nm³/hの可燃性ガスが発生する。この可燃性ガスは二酸化炭素や水分等を含むため、発熱量は約8MJである。そのためパイプライン圧送途中やポンプ充填時の水分凝縮を防止するため、深冷あるいは吸着装置によって水分を除去する。また可燃性ガスの発熱量を高め、ガスエンジンの燃焼性を向上させるために、二酸化炭素除去（膜式）を行う。また可燃性ガスの発生量と使用量の調整に、貯留用ガスタンクを設置する。

A案のガスパイプラインは0.1MPa以下の低圧仕様とし、ガス用ポリエチレン管を敷設する。B案では、充填圧25MPaのガスポンプ200本を使用して搬送を行う。C案では、可燃性ガスの発生量と使用量の調整のためにガス焼きボイラーを設置する。このガス焼きボイラーから発生する熱も、ガスエンジン排熱と共に供給する。D案では、蒸気タービンの発電端は300kWであるが、プラントの所内動力（ポンプ、搬送用モーター等）に200kWを使用するため、実際に利用可能な電力は約100kWとなる。

表5 あえりあ遠野に対する木質バイオマス発電プラントの設備比較

		A案	B案	C案	D案
型式		エネルギー搬送型		オンサイト型	
方式		ガス化			直接燃焼
木質バイオマス輸送		遠野地域木材総合供給モデル基地内搬送		トラック輸送	
ガス化	投入量	10t/日			90t/日
	ガス発生量	480Nm ³ /h			-
	除湿	○(深冷式)	◎(深冷式+吸着式)	○(深冷式)	-
	脱炭酸	○	○	○	-
	貯蔵	○(大型ガスタンク)	○(大型ガスタンク)	○(小型ガスタンク)	-
ガス輸送	貯蔵圧	0.5MPa	0.5MPa	0.2MPa	-
	方法	ガスパイプライン (ガス用ポリエチレン)	ガスポンプ (トラック輸送)	-	-
		減圧	昇圧	-	-
	輸送圧	0.1MPa未満	25MPa	-	-
	輸送距離	6.5km	6.5km	-	-
エネルギー変換	貯蔵	-	ポンプ保管施設:要	-	-
	供給圧	0.1MPa未満	0.2MPa	0.2MPa	-
	変換方法	300kW級ガスエンジン			300kW蒸気タービン
	補助機器	-		ガス焼きボイラー	-
	排熱回収量	1.13GJ/h			蒸気:12t/h 給湯:21GJ/h
効率	高			低	

(ウ) 設備費用の比較

表6に、各案の設備費用（項目別）を示す。ガス化プラントは現在研究段階にあり、実証プラントが存在しないため、プラント、タール除去装置等を合わせて3億円と推算した。

A、B案の場合、設備費用の約1/2がガス搬送設備と、搬送のためのガス精製・貯蔵設備の費用である。一方、オンサイト型のC案とD案とを比較すると、C案のガス化法が1億4,000万円安い。

表6 各案の設備費用の比較（項目別）

項目	A案		B案		C案		D案	
	設備	費用	設備	費用	設備	費用	設備	費用
前処理設備	破碎・貯留・搬送	170	破碎・貯留・搬送	170	破碎・貯留	80	破碎・貯留	80
バイオマス輸送					トラック輸送・貯蔵	100	トラック輸送・貯蔵	110
ガス化設備	ガス化プラント タール除去	300	ガス化プラント タール除去	300	ガス化プラント タール除去	300	直接燃焼・蒸気 タービン・環境設備	705
ガス貯蔵設備	除湿 炭酸ガス除去 昇圧 ガスタンク	335	除湿(2段) 炭酸ガス除去 昇圧 ガスタンク	380	除湿 炭酸ガス除去 昇圧 ガスタンク	192		
ガス輸送設備 ガス供給設備	ガスパイプライン 敷設	282	ガスポンペ 充填・輸送・保管	290				
あえりあ遠野 エネルギー変 換・供給	ガスエンジン 電気計装 給湯分岐	80 45	ガスエンジン 電気計装 給湯分岐	80 45	ガスエンジン 電気計装 給湯分岐他	80 55	電気計装 給湯分岐	45
合計		1,212		1,265		807		940

(エ) あえりあ遠野地区へのエネルギー供給量

表7に、あえりあ遠野地区のエネルギー需要量に対するエネルギー供給量を示す。

電気は年間需要280万kWhに対し、A・B・C案は87%に相当する237万kWhを供給でき、D案では28%に相当する79万kWhが供給可能である。熱は年間需要21,770GJに対して、A・B案では41%の8,916GJ、C案ではガスエンジン+ガス焚きボイラーの組み合わせで21,770GJ（100%）、そしてD案では供給可能量は165,770GJとなり余剰が生じる。

表7 あえりあ遠野地区のエネルギー需要量に対するエネルギー供給量

	あえりあ遠野地区 需要量	A案	B案	C案	D案
		ガスエンジン		ガスエンジン +ガス焚ボイラ	直接燃焼法
電気	280万kWh/年	237万kWh/年			79万kWh/年
	100	87			28
熱	21,770GJ/年	8,916GJ/年		21,770GJ/年	165,770GJ/年
	100	41		100	762

年間稼働時間：7,920時間
常時 100%負荷

ウ. 経済性計算

(7) 経済性計算の考え方

- (a) 24h稼働、100%負荷
- (b) 年間稼働時間は、メンテナンスを年間30日として、7,920h（330日×24h）とする。
- (c) 設備費用に対する補助金が存在する。
- (d) 需要先に、発電した電気、生成した熱（蒸気、温水）を有料で販売する。
- (e) 電気と熱の販売額－年間必要経費＝利益とする。

(イ) 試算条件

- (a) 補助金比率：設備費用の50%
- (b) 木質バイオマス価格：2,500円/t
- (c) ユーティリティ価格 上水：150円/t、灰処理費：15,000円/t
- (d) 人件費：600万円/人（4組3直3交代制）

エ.まとめ

(7)設備費用

(a)可燃性ガスの搬送のために、タール分除去、除湿、二酸化炭素除去等を行う必要があり、そのための精製設備や貯留設備費用が大きい。

(b)搬送方法をガスパイプラインとガスボンベで比較したが、いずれも設備費用は極めて大きい。

(c)ガス貯蔵設備と輸送設備に係わる設備費は、全設備費用の約1/2を占める。

(d)オンサイト型プラントの方が、設備費では有利である。

(4)経済性計算

経済性計算の結果から、木質バイオマス発電が成立するためには以下の条件達成が必要である。

(a)設備費用の圧縮

(b)補助金率の向上

(c)木質バイオマス原料価格の低減

- ・効率の悪い直接燃焼型では燃料消費量が多い分、価格低減の必要性が大きい。
- ・製材工場の廃材活用や、持込料金を徴収するような場合は、収支改善が期待できる。

(d)熱供給価格（蒸気、温水）、売電価格の上昇

供給されるエネルギー単価は、市場価格よりもはるかに高い。熱、電気の販売価格を上昇させれば収支は改善される。

(e)人件費の圧縮

(f)プラントで消費するエネルギー評価

ガス精製（除湿や二酸化炭素除去）や、貯留、パイプライン圧送やガスボンベ充填等の昇圧には、多くの電力を消費する。従って中小規模発電の場合、生成するエネルギーに占める所要エネルギーの割合が高くなり、利点が無くなる可能性がある。

(g)石油燃料との比較

木質バイオマス特有の前処理等が不必要であるため、規模が同じ場合、石油系液体燃料用設備は1億7,000万円と推算され、木質バイオマス用設備費用と比較して安価である。

(8)遠野地域における木質バイオマス発電の成立条件

(a)木質バイオマス収集量の限界：60～70t/日

発電効率の向上には大規模化が必要であるが、燃料となる木質バイオマスの収集・前処理・貯蔵という問題がある。遠野市周辺の集荷可能範囲（30km）内の木質バイオマス量は、年間5,600～16,000t（20～60t/日、300日）であり、大規模な木質バイオマス発電の導入は難しい。

(b)木質バイオマス発電規模の限界：300kW以下

木質バイオマス70t/日の発電規模は、直接燃焼法の場合（D案）300kWとなる。しかし発電効率が低いため、実際に利用可能な電力は100kWである。一方、ガス化法の場合は、直接燃焼法よりも発電規模拡大が容易であるが、設備費用も上昇する。

(c)木質バイオマス燃料のコスト削減

遠野地域の剪定枝条や製材工場廃材等の利用や持込料金の徴収が可能な場合には、燃料コストを削減でき、収支を改善できる可能性がある。

(d)エネルギー搬送は不利

遠野地域木材総合供給モデル基地からあえりあ遠野までの6.5kmを、エネルギー搬送するための

設備費用が極めて大きい。パイプラインもガスボンベも、エネルギー搬送のための設備費用は増大する。

(e) 遠野市街地への発電プラント設置は困難

エネルギー需要先のあえりあ遠野地区に、発電プラントをオンサイト設置した場合、設備費用は低減するが、騒音、廃熱等の問題や木質バイオマス貯留槽等の大型設備の建設、環境アセスメント評価等があり、実際にはオンサイト設置は実現困難である。

(f) 遠野地域において、熱、電気の安定的な需要先の確保が必要

(4) 地域における木質系バイオマス・エネルギー資源の推計モデルの開発

① 日田地域の木質系廃棄物資源の利活用実態

ア. 森林資源の現状

同地域は総面積66,619haで日田市、大山町、天瀬町、前津江村、中津江村、上津江村の1市2町3村からなる。総面積の83%が森林で、その96%が民有林で占められている。民有林の多くが人工林(民有林面積の77%)で用材生産用のスギ人工林だけで61%を占めている(ヒノキ人工林13%)。民有林の天然林は17%に過ぎない。民有林の総蓄積は18,348千m³、成長量は46万m³でスギ人工林が蓄積量の83%を占める。このように日田地域の森林資源は民有林主体でしかも用材生産のためのスギはほとんどである。日田地域や大分県における森林の齢級構成は全国平均よりも2齢級高い8齢級がピークで、成熟度が高く間伐対象林分(4~7齢級)の割合が多い(図-1)。資源的には、今後ともある一定量以上の間伐対象林分が見込まれるほか、成熟度が増すにつれ主伐対象林分が増大してくることが分かる。

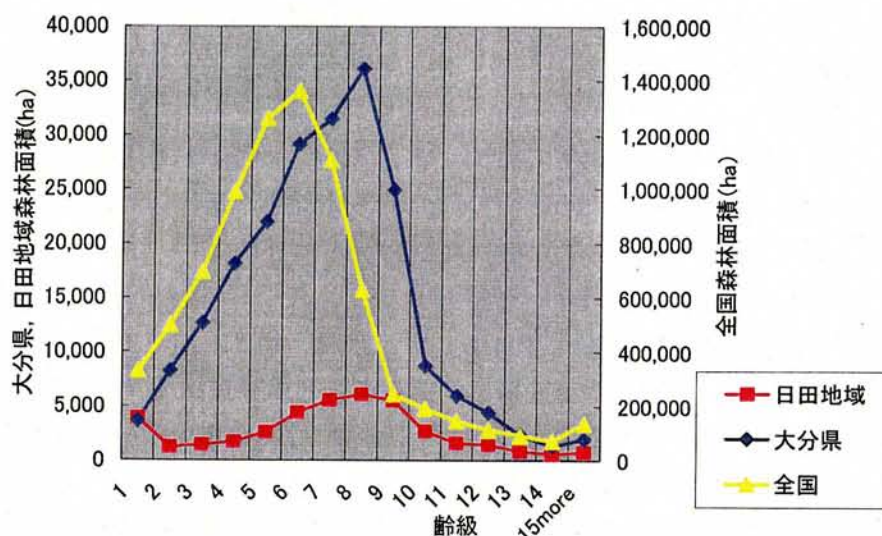


図-1. 日田地域森林の齢級別森林面積
(出所：平成10年度日田地域の林業・林産業の概要)

イ. 木質系廃棄物資源の利活用実態

日田市、大分県日田地方振興局林業課での資料・聞き取り結果によって以下のとおりとなった。木質系バイオマス資源が廃材として排出されている過程として育林、木材加工、建築解体を取り上げた。育林過程では、施業のうち下刈り、枝打ち、除伐については、低木類、枝葉、幹、根が

排出されるがいずれも林地還元されている。林道開設に伴う伐採は27haがなされておりそれにと
もない9,000m³、6,300トンの木質系廃材が生じていると推定されている（林道・作業開設延長平
成10年度50.515kmをもとに単位面積あたりの平均蓄積等を使用）。廃材は搬出後に破砕され堆肥
原料に売却されている。

木材加工における製材業では、平成10年度原木消費量と製品出荷量がそれぞれ435,000m³、
337,000m³とされ利用率77%である。平成11年度の日田木材協同組合が製材工場に行ったアンケ
ートをもとに算出した木屑類（端材、鋸屑、樹皮、その他清掃屑）の平成10年度排出量は52,000ト
ンと推定されている。木屑類の処理状況は、端材が日田市内にあるチップ業者とカマボコ板業者、
樹皮はパーク堆肥業者、鋸屑は畜産業者に有料あるいは無料で消費され、焼却される割合はわず
か10%、5,100トンと推定される。建築家屋解体に伴う廃棄物は4,000トンが木質系廃材として排
出されると推定され、そのほとんどが金属類混入のため焼却処分されているとみられる（図-2）。

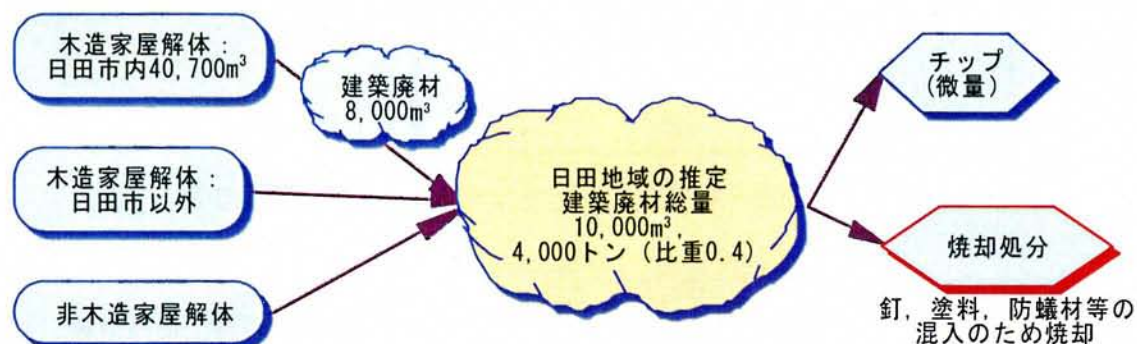


図-2 建築家屋解体における廃棄物の流れ
資料：日田市林政課調べ。日田市内家屋解体に伴う廃材
量算出には木造家屋の木材平均使用量0.2m³/m²を使用。

以上の主要部門について日田地域における木質系廃棄物の利活用状況を整理すると、供給され
る平成10年の廃棄物量は供給62,300トン（林道開設由来6,300トン、製材過程由来52,000トン、家
屋解体由来4,000トン）、再利用53,200トン、焼却処分9,100トンで再利用率85%と見積もられ予
想外に高い水準であった。この水準は、木質系廃棄物供給の80%以上を占める製材過程での実態
に大きく左右されるが、日田市役所が市内の製材工場95社（日田地域内製材工場の80%を占める）
を対象に平成12年に実施したアンケート調査によっても再利用率の高いことが確認されている。
それによると製材工場における平成12年の排出木屑別の処分状況は重量ベースで総排出量89,073
トンのうち販売70%、無料提供24%、有料処分4%、焼却2%で、少なくとも販売と無料提供分を
合わせた94%は再利用されている結果が示されている。排出量89,073トンの主要な再利用先とそ
の割合は市内牧場34%（販売；鋸屑）、市内チップ工場24%（販売；端材）、市内パーク堆肥工
場20%（無料；パーク）で、これだけでも78%を占めている。しかし、牧場を除いてチップ工場、
パーク堆肥工場が1業者ずつであるためこの高い再利用率が安定的とはいいがたく、その維持のた
めには再利用先・用途の拡充などの検討が課題となろう。

②推計モデルの開発

木材供給予測モデルと木材需給均衡予測モデル（野田、1999）は確率論をベースにしたもので

基本的には対象地域の主伐、間伐の伐採傾向と森林資源構造とから主間伐別の木材生産量を年齢別に推定するものである。特に後者の木材需給均衡予測モデルは木材供給モデルに木材需要モデルが連動して需要と供給による市場均衡が図ることで木材の生産量だけでなく需要量が同時決定される。木材供給予測モデル/木材需給均衡予測モデルが育林部門で生産される木材供給量を予測するものであることから、木質系バイオマス・エネルギーの利用可能な資源量の推計モデル開発の開発には、両者のいずれかを組み込むことが有効といえるが、推計モデルは需要モデルを必要と

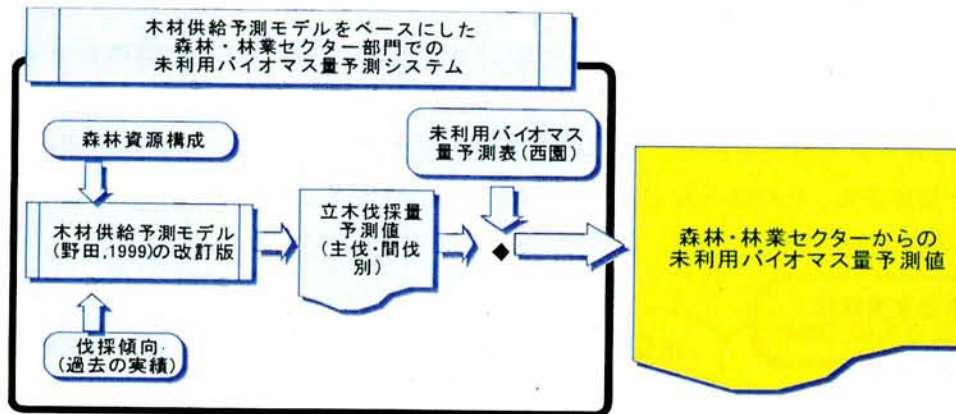


図-3. 開発した森林・林業セクターでの未利用バイオマス量予測システムの概要

しない前者を組み込むこととした(図-3)。

そこでは、サブテーマ1で得られた未利用バイオマス量予測表(樹幹形、樹高曲線、幹枝葉配分比、直径分布、採材の諸情報から調整された表)を組み込んでおり、森林・林業セクターからの未利用バイオマス量の推定値を直接得ることができる。一方、炭素税の導入など今後、素材生産活動に与える影響を反映できるように構造的カスタマイズを施し、伐採活動水準モデルを組み込んだ。今回は具体的な式の誘導までは至らなかったが、構造の単純化を第一に考え式(1)で示す3変数までの線形構造として組み込むこととした。

$$f_i(x_1, x_2, x_3) = a_1 \cdot x_1(t) + a_2 \cdot x_2(t) + a_3 \cdot x_3(t) + b \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで f_i = 伐採活動水準、 t = 分期、 b = 定数項

③遠野市への適用事例

ア. 予測のためのデータ解析

遠野市管内における伐採傾向を国有・民有別に分析したところ、伐採傾向を示す平均伐期齢、伐期齢分散は両者の主間伐別に大きく異なることが分かった(図-4)。樹種区分については主要樹種5区分(スギ、カラマツ、マツ類、その他N、広葉樹)を検討したが、次の理由から針葉樹広葉樹別(以下、NL別)方式とした。ア)伐採傾向を特定するための伐採実績データ入手が困難であること、入手できてもサンプル数が少なく誤差変動が

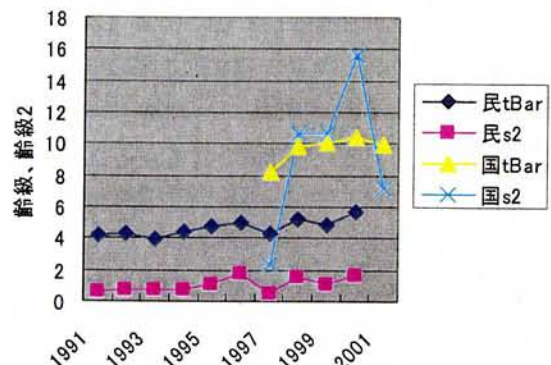


図-4. 国有林と民有林の伐採傾向の相違
注) tBar、s2はそれぞれ平均伐期齢、伐期齢分散を示す。

大きい。イ) 木材供給予測システム用パラメータのチューニングに必要な生産量実績の公表値がNL別なので予測計算の単位もNL別が望ましい。ウ) 樹種別に将来の素材生産量が必要であれば、NL別予測値から樹種別構成比を用いて推定可能である。

予測のための前提として、これまでの実績値の傾向（伐期齢の高齢化、分散化）が進展する「趨勢ケース」、予測期首時点の活動水準が横ばいで推移する「横ばいケース」を設定した。伐採傾向の趨勢は民有林間伐で回帰推定可能であった

（平均伐期齢 $R^2=0.646^{**}$ 、伐期齢分散 $R^2=0.429^*$ ）。それ以外は、過去の実績値から明確な傾向を確定することはできなかったため、今回のアンケート結果等を参考に予測用パラメータを設定した。国有林の林分収穫表を成長モデルの一つであるボルツマン関数で30齢級まで推定した（いずれの樹種も $R^2>0.98$ ；図-5）。

イ. 適用結果

遠野市管内における森林・林業セクターからの未利用バイオマス量を予測したところ、「趨勢ケース」の方が若干緩やかであるが、いずれも減少傾向を示した（図-6）。現在の伐採傾向の水準が持続するとした

「横ばいケース」であっても2000-2004年の第1予測分期中で7.3万-8.1万トン/5年となった後、減少率は小さくなるもの図-6のように減少傾向が認められた。なお、図-6で示した総量の内訳を針葉樹と広葉樹のそれぞれの項目で大まかに示したのが図-7で、次第に針葉樹未利用バイオマス量の割合が増え、約20年後には未利用バイオマス量約9,000トン/年でそのうち3分の2が土場・林地等の工場以外で得られる針葉樹材と予測された。

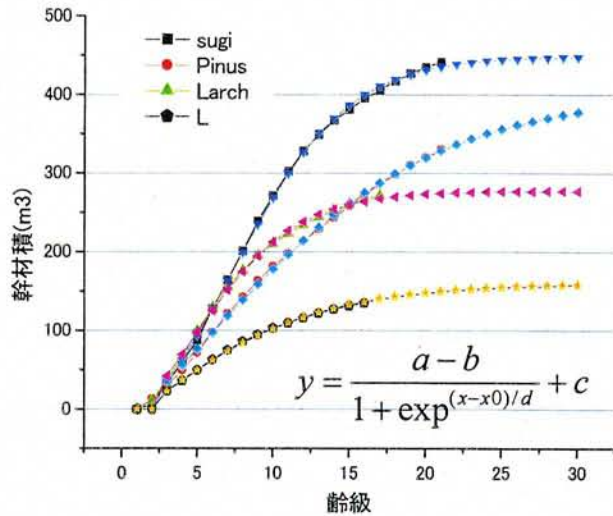


図-5. 国有林林分収穫表の高齢級部分の調整

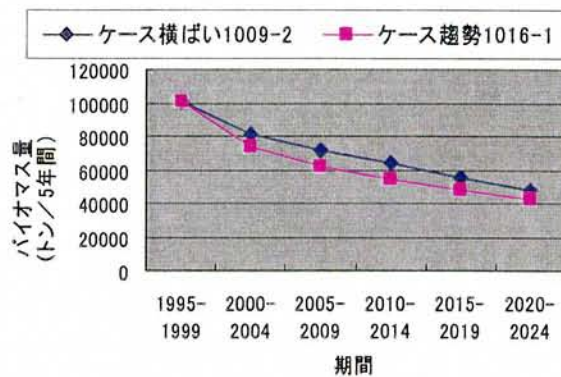


図-6. 予測された未利用バイオマス総量のケース別推移

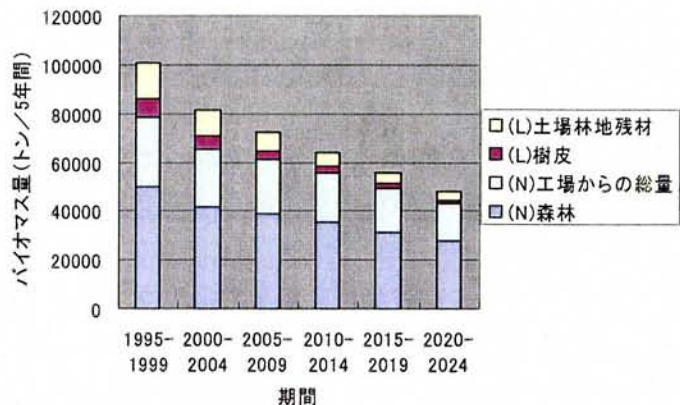


図-7. 森林・林業セクターからの未利用バイオマス量の予測値（予測ケース名：横ばい1009-2の結果）

注) N, Lはそれぞれ針葉樹、広葉樹を示す。「(N)森林」は土場・林地の工場以外で得られる針葉樹未利用バイオマス量を示す。「(N)森林」は根株、根曲部など9区分に、「(N)工場からの総量」は端材、おが粉に区分されている。

こうした予測結果を検討するために1980年以後20年間の立木伐採量について実績値の推移とあわせて予測値をみると、ある程度妥当な結果であるといえよう(図-8)。つまり、林業の不振から1980年以後20年間の遠野市における立木伐採量は約15%/5年の割合で急減しており、減少傾向は続くが徐々に減少量は小さくなっていく。これは、予測時点で12齢級以上の主伐対象林分が非常に少なく7~8齢級中心の齢級構成であったが、予測分期の後半から第5分期にかけてこうした林分が主伐対象齢級に成長するにつれて、伐採量の減少が抑えられていくからであると、今回の予測結果を解釈できる。

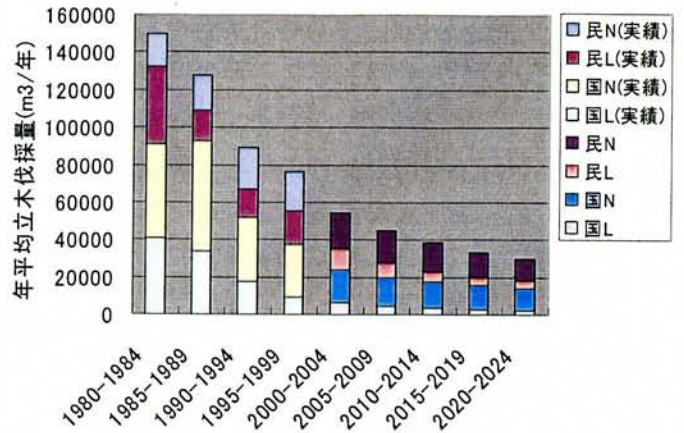


図-8. 分期別年平均立木伐採量の実績値と予測値 (予測値は「横ばい1009-2」のケース)

5. 本研究により得られた成果

(1) エネルギー原料としての木質系バイオマスの利用可能性評価及び利用推進条件

①わが国での木質系バイオマスの再利用状況をみると、エネルギー原料としては林地残材と建築廃材が量的に有望である。しかし、現状では原木価格が最も安いチップ用材価格が電気やA重油価格よりも割高であり、林地残材については集荷コストをいかに引き下げられるかが大きな課題である。

②バイオマス・エネルギー供給には、大型電熱供給プラントを中心とする集中型システムのほか、ペレットストーブなど個別分散型熱供給システムが考えられる。集中型システムは様々な規模が想定されるが、スウェーデンのように町全体にエネルギーを供給する大規模なプラントは施設やパイプライン建設費が莫大であり、また様々な法的規制があるため、わが国での普及は困難と思われる。ただし、札幌市にあるような市街地のビジネス地区や公共機関集中地区、住宅地区など限定的な範囲にエネルギーを供給する小規模プラントは普及の可能性はある。また、わが国でもペレットを利用したストーブやボイラーなど個別暖房システムの試験的な導入が既に始まっており、手始めに公共施設や事務所などでの普及が期待できる。

③木質系バイオマス・エネルギーの原料供給に当たっては、需用者への安定供給体制の実現が不可欠である。そのため、原料の質や量の詳細な調査が必要となる。また、欧米と比べて原料コストが高いのが課題である。スウェーデン、オーストリア、ドイツなどでは、化石燃料に環境税を課すことによって木質燃料の価格競争力を高める政策を採っている。このような施策の導入がわが国でも必要であるが、そのためにはこれまで林業、環境、エネルギーというように部門ごとにバラバラに行われてきた諸施策を包括的に行うことが必要となる。他方、北海道での自治体アンケート調査から明らかなように、木質系バイオマス・エネルギーに関する行政担当者や一般市民への情報提供が十分でないため、彼らの木質系バイオマス・エネルギーに対する認識も低いことから、木質燃料利用のメリットについての啓蒙普及活動が重要となっている。

(2) 国産材製材工場における残廃材のエネルギー利用システム化の検討

国産材製材工場における残廃材（木質系バイオマス）のエネルギー利用システムを検討した結果、①木材乾燥のための木屑焚きボイラーによる残廃材利用のエネルギー供給システムは、運用コスト面で重油利用の乾燥システムと差がないこと、また②製材加工システムに残廃材利用システムを組み込むことは、環境諸規制が強まる中で、既存方式での残廃材焼却処理のコストアップ要因を回避できる利点があること、さらに③化石燃料の使用削減を通して、企業経営での環境負荷軽減が図られ、製材経営での「環境経営」推進の上でも大きな意義を持つことを明らかにした。なお、④残廃材による蒸気熱供給割合をより高め、化石燃料代替を図るためには、樹皮の活用度を高めることが効果的で、その場合、季節変動によるエネルギー需給ギャップ解消を図るため、大型木屑サイロの設置等が必要なことが明らかになった。

(3) 岩手県遠野市における木質系バイオマスのエネルギー利用実行可能性に関する研究

①林業バイオマスの発生量は、林産バイオマスのその2倍以上となっており、木質系バイオマスの量的な確保のためには、現在利用の行われていないそれらの収集システム整備が不可欠であることが明らかとなった。なお、林業・林産バイオマスの利用可能量を増加させるには、林業・林産業の活性化が重要であるといえる。

②林業・林産バイオマスの熱単価の推計から、熱（蒸気や温水）利用を想定した場合、チップを除く林産バイオマスの利用可能性が高く、切り捨て間伐木を除く林業バイオマスの利用可能性もあることが分かった。また、変換効率の低い蒸気式発電を想定した場合では実現可能性が低い、ガス化等の新技術が確立すれば、その実現性は十分あることも明らかとなった。

遠野市における、経済的な林産バイオマスの利用可能量は2.7t/h（年間6500t）と推計され、中規模以下のプラントが妥当と判断された。ただし、周辺市町村からの原料収集を行えば、大規模プラント設置も可能となるが、その場合、他地域のプラントとの適正配置が要件となることを指摘した。

③民生用施設の熱需要調査結果から、遠野市中心部のあえりあ遠野地区（ホテル、市民センター、体育館、図書館の4施設）では、年間3.3万GJ（電気280万kWh、熱はA重油2万GJ）のエネルギーを消費し、所要電力はピーク期1,100kW、オフピーク期490kW、中間期で700～740kWと推算した。この結果と、林業・林産バイオマスの利用可能量（60～70t/日）から、この地区には中小規模の発電設備（発電規模300kW級）が適用可能であると判断した。また、高い発電効率、エネルギー変換方法の多様性、エネルギー搬送が可能という条件から、ガス化法を採用し、ガスエンジンで発電する方法を想定した。プラントの設置場所、エネルギー搬送方法から、6.5km離れた木材総合供給モデル基地内でガス化し、A案（ガスパイプライン搬送—ガスエンジン発電）、B案（ガスポンプ輸送—ガスエンジン発電）、地区内にプラントを設置し、C案（ガス化—ガスエンジン発電）、D案（直接燃焼—蒸気タービン発電）で経済性評価を行った。その結果、A案は設備費用が12.1億円で年間3,200万円の赤字、同様に、B案は12.6億円と4,600万円の赤字、C案は8億円と450万円の黒字、D案は9.4億円と5,100万円の赤字となった。このことから、木質系バイオマス発電の導入には、電気・熱の安定的な需要先の確保が重要であり、加えて設備費用圧縮のための簡素化やオンサイト化、木質系バイオマス価格の低減等が重要な課題であることが明らかとなった。

(4) 地域における木質系バイオマス・エネルギー資源の推計モデルの開発

木質系バイオマス・エネルギー資源の利活用状況の調査を日田地域について行った結果、加工・製材部門での排出量が最も大きく、木質系廃棄物の種類別再利用率が明らかになった。木質系バイオマス・エネルギー資源の推計モデルの構造を検討した結果、既存の木材供給予測モデル(野田、1999)をベースに組み込んだ構成で、森林・林業セクターでの未利用木質系バイオマス量予測システムを構築することができた。

6. 引用文献

- (1) Swedish National Energy Administration, Energy in Sweden, 37pp, 1999
- (2) 財団法人日本木材総合情報センター・全国木材チップ工業連合会, 木質系残廃材を原料とするチップ製造業(その1), 42pp, 平成10年
- (3) 林野庁木材課, 木質バイオマス・エネルギーを取り巻く状況と今後の課題, 林野時報, 2001. 12, 4-10, 財団法人林野弘済会, 平成13年
- (4) 八巻一成・駒木貴彰・天野智将・広原哲史・大野百恵, 北海道における木質系バイオマス・エネルギー導入の現状, 140, 第112回日本林学会大会学術講演集, 平成13年
- (5) 野田英志: 国産材製材工場における残廃材利用のシステム化とその課題—工場内でのエネルギー利用システム化を中心に—, 林業経済, 55, 6, 10-21(2002)
- (6) 経済産業省(2001) 産業構造審議会環境部会地球環境小委員会「中間取りまとめ」
- (7) 日本エネルギー学会(2002) バイオマスハンドブック、オーム社、87p
- (8) 吉岡拓如、平田悟史、松村幸彦、坂西欣也 木質バイオマス資源のポテンシャルとエネルギー利用の可能性、日本エネルギー学会誌Vol. 81 No. 900、p241~248
- (9) 岩手県企業局 木質燃料の燃焼特性等調査報告書、1999年
- (10) 深沢光 移動式チップによる土場残材のチップ化処理コストの試算、第113回日本林学会大会学術講演集 p 371
- (11) 野田巖(1999) 民有林の地域森林計画における収穫予測に関する研究(第2報)—新しい収穫予測モデルの開発—、森林総合研究所研究報告376号: 101-163.

7. 国際共同研究等の状況

本課題推進のため、スウェーデン農科大学のラース・レンシュテット教授、ポー・ヘクター教授に研究協力を要請した。両氏と共同でスウェーデンのバイオマス・エネルギー利用状況の聞き取り調査と資料収集を行った。また、ヘクター教授を遠野市に招聘し、セミナーを開催するとともに、日本における利用実現に関する助言および指導を得た。

8. 研究成果の発表状況

- (1) 誌上発表(学術誌・書籍)

<学術誌(査読あり)>

- ① 石井 寛(北大), 八巻一成, トビアス・ツォルン(ロッテンブルク林業): 日本林学会北海道支部論文集50, 119-121(2002)
「ドイツにおける木質エネルギー利用の現状」

② 八巻一成、駒木貴彰・石井 寛：日本林学会北海道支部論文集，51，132-134(2003)
「ドイツにおける木質バイオエネルギー利用の動向と特徴」

③ 野田英志：林業経済、55,6,10-21(2002)

「国産材製材工場における残廃材利用のシステム化とその課題－工場内でのエネルギー利用システム化を中心に－」

<学術誌（査読なし）>

① 八巻一成、駒木貴彰、天野智将、広原哲史、大野百恵：第112回日本林学会大会学術講演集、140(2001)

「北海道における木質系バイオマス・エネルギー導入の現状」

② 駒木貴彰：第112回日本林学会大会学術講演集、143(2001)

「スウェーデンにおける木質系バイオマス・エネルギーの利用状況」

③ K.Yamaki, T.Komaki, T.Amano, T.Hirohara and M.Ohno：Proceedings of International Symposium on Economic Sustainability of Small-scale Forestry, 66(2001)

“The present state of introducing woody bioenergy in Hokkaido, Japan”

④ 駒木貴彰、八巻一成、天野智将：第113回日本林学会大会学術講演集、361(2002)

「北海道における木材加工施設での廃材処理の現状とバイオマス・エネルギーとしての利用可能性」

⑤ 八巻一成、神沼公三郎、香坂 玲：第114回日本林学会大会学術講演集、253(2003)

「ドイツ、バーデン・ビュルテンベルク州における木質バイオエネルギー原料供給」

⑥ 久保山裕史、奥田裕規、横田康裕：第113回日本林学会大会学術講演集 p 362(2002)

「木質バイオマス・エネルギーの供給可能性について」

⑦ 久保山裕史、西園朋広、奥田裕規、家原敏郎、福田未来：第114回日本林学会大会学術講演集 p 250(2003)「木質バイオマスの発生量と収集コストの推定に関する研究」

<書籍>

なし

<報告書類等>

① 白夜（北海道スウェーデン協会機関誌）、22、12-15(2001)

「スウェーデンの木質バイオマス・エネルギーの利用（駒木貴彰）」

② 日本農業気象学会北海道支部、北海道における自然エネルギー利用技術－農業への利用を考える－、143-151(2002)、「木質バイオマス・エネルギー利用の動向と将来展望（駒木貴彰）」

③ 森林総合研究所北海道支所年報、76-79(2003)

「北海道での木質系バイオマス・エネルギー利用の可能性（八巻一成、駒木貴彰）」

④ 木材情報、140：6-10(2003)

「製材工場における残廃材のエネルギー利用の展望（野田英志）」

⑤ 久保山裕史：WIDE No.165、p 9

「海外情報カプセル/スウェーデンのバイオマス利用」

⑥ 森林総合研究所九州支所年報、36-37(2002)

「日田地域における木質系バイオマス・エネルギー資源利活用実態（野田巖）」

(2) 口頭発表

- ① 野田英志：日本林学会関西支部第52回大会(2001)、「研究発表要旨集」、67
「国産材製材工場における残廃材利用のシステム化とその課題」
- ② 野田英志：林業経済学会2002年度秋季大会(2002)、「報告資料集」、91-98
「製材加工経営における残廃材のエネルギー利用システム化の検討－SDモデルによる残廃材利用の動態的評価－」
- ③ 久保山裕史、奥田裕規、横田康裕：第113回日本林学会大会(2002)
「木質バイオマス・エネルギーの供給可能性について－岩手県遠野地域を対象として」
- ④ 久保山裕史、西園朋広、奥田裕規、家原敏郎、福田未来：第114回日本林学会大会(2003)
「木質バイオマスの発生量と収集コストの推定に関する研究－岩手県遠野地域を対象として」

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

- ① 北海道林材新聞(14年10月16日、森林講座での木質バイオマス・エネルギーに関する講演内容の要旨が掲載された。)
- ② 森林総研北海道支所が主催する一般市民向けの森林講座(50名参加)及び北海道森林管理局主催の一般市民向け公開講座(30名参加)で、木質系バイオマス・エネルギー利用に関する研究成果の一端を講演した。
- ③ つくば市環境課主催のつくば市民環境会議公開講座「木質バイオマス・エネルギー、石油の代わりに木を燃やそう！－地球温暖化防止と地域の森林保全に向けた木の新たなエネルギー利用－」において、当成果を講演した。なお、講演内容はケーブルテレビICCSにて放映された。
- ④ 青森県農林水産部林政課主催の「木質バイオマス利用推進シンポジウム」において、当成果を講演した。
- ⑤ 北上川中流域森林・林業活性化遠野地区協議会主催の「平成14年度第3回遠野地域林業振興セミナー」において、当成果を講演した。

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

- ① 木質系バイオマスのエネルギー利用を考えている民間企業に対して情報提供を行った。
- ② 木材に関する情報普及誌である「木材情報」に、本研究成果の一部を情報提供した(8.(1)の誌上発表<報告書類等>参照)。
- ③ 遠野市において、平成15年度から開始される木質バイオマス・エネルギー利用実施事業の基礎資料として用いられる予定である。なお、本課題で提案された、バイオマス発生量の推計方法は、全国の都道府県並びに市町村において容易に適応可能である。
- ④ 今後、広報活動等を通じ、本研究成果である未利用木質系バイオマス量予測システムの普及に努めたい。