

平成 20 年度
未利用森林資源の収集システム調査事業

成果報告書 概要版

2009 年 3 月

業務の目的

環境モデル都市に選定された北海道下川町は町の面積の 90%が森林であり、森林資源を活用した様々な施策・事業を実施している。同町では、複数の施設に木質バイオマスボイラーを導入するほか、将来的に木質バイオマスエネルギーによる地域熱供給システムの導入を目指している。同町の環境モデル都市構想の具体化は、我が国の森林・林業地域において間伐等の森林施業によって発生している林地残材等の未利用森林資源を木質バイオマスとして活用し、低炭素社会を実現するための先導的な事例として大きな期待がされる。このため、本調査においては、同町をモデル地域として各調査を実施することにより、他地域への適用も視野に入れた、低炭素社会に向けた林道や作業道等の整備等、森林整備事業の推進を図ることを目的として実施した。

第1章 未利用森林資源の賦存量の調査

モデル地域である下川町の森林施業状況の把握、未利用森林資源量の賦存量の推計方法の検討、未利用森林資源の賦存量の推計を行った。下川町では、平成 19 年よりバイオマス原料としての利用を目的としたヤナギの栽培試験に我が国で初めて着手しており、ヤナギ資源の本格導入に向けた検討を進めている。このため、本調査では、人工林由来の未利用森林資源に加え、将来的に木質バイオマスとしての利用が期待されているヤナギ資源も調査の対象とした。また、下川町では既に木質バイオマスを含む様々なバイオマス資源の利活用が進められている。これらは未利用資源とは区分されないが、下川町全体のバイオマス資源の把握のため、賦存量調査の対象とした。検討したバイオマス資源について、賦存量を表 1-1 にまとめる。なお、賦存量を比較するために値は体積に換算した。また、ヤナギの容積密度としては、0.5 を用いている。

表 1-1 下川町における木質バイオマス資源賦存量

期間(年)	賦存量 (m3/年)				
	土場残材	林地残材	ヤナギ 既存植栽地	ヤナギ 道路脇	製材工場 端材
1-10	12,329	2,233	19	195	76,921
11-20	7,240	2,921	19	195	76,921
21-30	8,911	4,153	19	195	76,921
31-40	6,004	3,419	19	195	76,921
41-50	5,146	5,833	19	195	76,921
61-70	9,443	5,827	19	195	76,921

表においては製材工場端材の量が突出して多いが、これらは既に他の用途に使用されている点に留意が必要である。ヤナギは、今後植栽地を拡大する場合には、植栽地由来の賦存量は大きく増加する。一方で、道路脇のヤナギについては、植栽列数を増やすこ

とができれば賦存量が増加するが、実際は法面の形状や土壌条件など様々な要因から植栽できないことが多いと考えられる。なお、残材とヤナギ資源の賦存量は、コストを無視した場合の下川町内での最大供給量を示したものである。実際の利用可能量は、利用する場合の経済性に依存する。

第2章 未利用森林資源の収集システムの検討

林業機械の導入状況、未利用森林資源に対する需要量及び価格、未利用森林資源賦存量の分布、地形や林道・作業道等の整備状況に応じた未利用森林資源収集コストの地理的分布に関する調査分析を実施すると共に、これらの調査結果を基に下川町における未利用森林資源の収集システムを検討した。

2.1 林業用機械の導入状況

下川町においては、伐倒機械としてハーベスタを整備しており、今後フェラーバンチャーの導入を目標としている。造材機械としてはハーベスタ、グラップルソー等を整備している。集材機械としてはスキッダを整備しており、今後フォワーダの導入を目標としている。この他、運搬用機械として11tトラックを整備している。林地残材を対象とした未利用資源の収集システムにおいては、これらの林業機械の利用を想定した。

一方、新たな資源であるヤナギについては、農業用機械の転用等を含めた独特のシステムが必要となる。「新たなバイオマス資源に関わる調査検討委員会」においては、ヤナギの収穫用機械として、サトウキビ、デントコーンの収穫機械の転用が検討されている。今後ヤナギ栽培を実施する上では、これらの機械の整備を検討する必要がある。一方、運搬用機械としては、既存のグラップル付トラック等が利用可能である。

2.2 未利用森林資源に対する需要量、価格等の推計

下川町では、木質バイオマスによるエネルギー供給事業として、木質チップボイラーを用いた地域熱供給システムならびに個別熱源システムの導入を検討している。本調査では、両システムについて、需要側が事業を成立させるために必要となる原料（チップ）の最低価格（以下「需要端限界価格」とする）を算出した。また、地域熱供給システムについては熱販売価格別に需要端限界価格を算出した。なお、本調査における事業性評価は、上記システムを新規に導入する場合と、既存ボイラーを引き続き使用する場合との比較において、目標年数以内の投資回収の可否を評価するものとした。また、実際には耐用年数に合わせて既存ボイラーの機器更新が行われるものと想定されるが、本調査では考慮しないこととした。

検討結果を以下にまとめる。

- 地域熱供給システムにおいて15年で投資回収するためには、熱販売価格を2.0

円以上に設定することが一つの目安となる。

- 地域熱供給システムにおける需要端限界価格は、熱販売価格別に、2.0 円/MJ の場合 1,500 円/m³、2.1 円/MJ の場合 2,000 円/m³、2.2 円/MJ の場合 2,500 円/m³、2.3 円/MJ の場合 3,500 円/m³、2.4 円/MJ の場合 4,000 円/m³、2.5 円/MJ の場合 4,500 円/m³となる。
- 個別熱源システムにおける許容原料価格は、やまびこ園は 3,000 円/m³、あけぼの園は 4,500 円/m³となる。

2.3 対象地域の区分の検討

国立環境研究所にて開発された木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルを用いて、森林施業方法、使用林業機械、地形、路網整備状況、未利用森林資源の賦存分布に基づく資源収集コスト分布を算出し、その結果を基に地域区分を行った。なお、検討は小班単位にて実施した。

(1) 未利用森林資源収集シナリオの検討

本調査においては、搬出間伐及び主伐においては全木集材を想定した。土場残材は、高林齢時の搬出間伐及び主伐時の全木集材により、土場に発生する残材を想定していることから、その収集コストは、土場から資源収集地点までの運搬コスト及びチップ化コストの合計となる。本調査においては、各小班につき 1 箇所の土場を想定し、小班の中心から最寄りの道路地点から、収集地点までの道路上の距離を運搬距離とした。運搬機械としてはグラップル付 11t トラックを想定して、土場における残材の集積はグラップルにて行うこととし、それに要するコストについても運搬コストの中で考慮した。

また、林地から土場までの集材コストについては、林業の施業において行われることから、未利用資源の収集コストとしては考慮していない。しかしながら、施業において全木集材を行うインセンティブとして、集材コストが低いことが重要であることから、地域区分の検討においては集材コストを考慮することとした。このため、本調査においては、集材機械としてスキッドを用いると仮定し集材コストを算出した。

林地残材については、除伐（搬出なし）及び低林齢時の搬出なし間伐により林内に発生する。低林齢の林分においては、立木の密度が高いことから、スキッド等の高性能林業機械の使用は困難であり、林地残材の収集方法としては人手による収集か、林道からワイヤで届く範囲（30m 程度）のみの収集となる。従って、林地残材の積極的な利活用はコスト及び収集可能量の観点から困難であり、検討から除外した。しかしながら、地域によっては、林齢や林分の状況等により、小型の作業車等を用いた残材搬出の可能性も想定される。また、ヤナギについては、一定面積の植栽地及び道路脇への植栽が想定される。本調査では、道路両脇に植栽したヤナギについて、チェーンソー等による伐倒及び 10t トラックによる運搬コスト、チップ化コストを試算した。

(2) 収集コスト計算結果

各小班における土場残材の収集コストと収集コスト別の土場残材収集可能量を図 2-1 示す。土場残材収集コストは運搬コスト及びチップ化コストを含んでいる。チップ化コストはおよそ 1,000 円/m³ で一定であることから、運搬コスト、つまり道路上の距離に依存した分布となる。

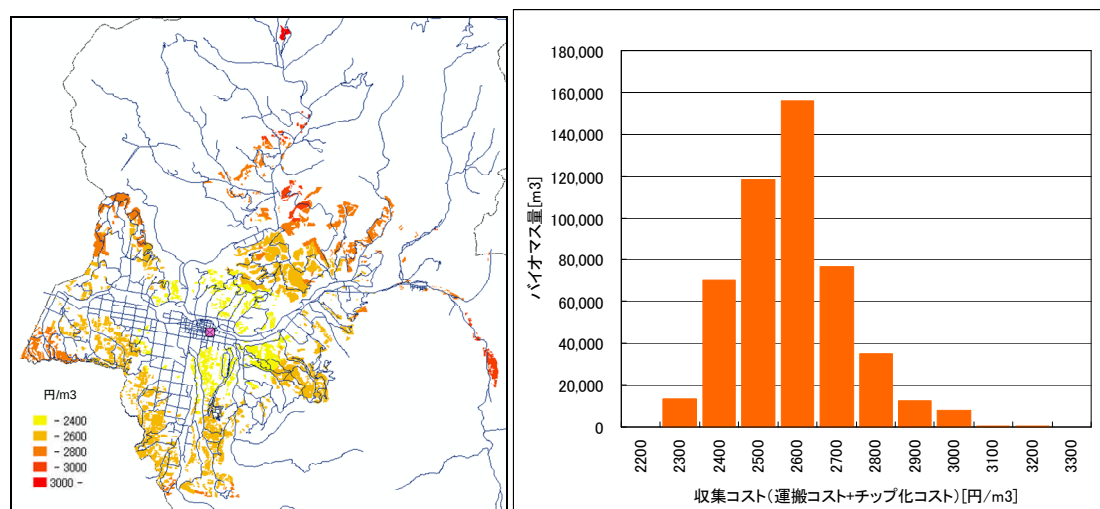


図 2-1 土場残材収集コストと収集コスト別土場残材収集可能量 (60 年間)

(3) 需給マッチング分析

地域熱供給システムについては、原料コスト 3,000 円程度であれば、土場残材により概ね需要を満たす原料供給が可能であることが判明した。しかしながら、需給が逼迫あるいは若干足りない年も存在し、また全ての森林の未利用資源を想定どおりに収集することは現実的でないことから、安定的な原料供給が可能とはいえない。また、個別熱源システムの需要を加えた場合は原料供給が不足する年も複数発生することから、土場残材のみにより現在想定される需要を満たすことは困難であると推測される。

一方、ヤナギは、道路脇への植栽について下川町のほぼ全域について収集可能であることが判明した。しかしながら、道路脇だけでは年間 450m³ 程度の収穫量しか見込めず、資源量として少ないことから、一定規模のヤナギ用植栽地の確保や、可能であれば道路脇の植栽列の増加が必要となる。

(4) 対象地域の区分

未利用森林資源収集コスト分布と 2 章で検討した賦存量分布を基に、対象地域の区分を検討した。上述の通り、事業性から求められる原料価格の観点から、対象地域の土場

残材は全て収集可能である。一方、林地から土場までの集材コストは林業の施業コストに含めていることから、想定したとおりの全木集材を推進するためには、集材コストの低減がインセンティブとなる。そのため、地域区分は集材コストと資源賦存量の観点から、図 2-2 に示す考え方により実施した。

カテゴリ 2 森林資源量 多 集材コスト 低	カテゴリ 4 森林資源量 多 集材コスト 高
カテゴリ 1 森林資源量 少 集材コスト 低	カテゴリ 3 森林資源量 少 集材コスト 高

図 2-2 地域区分の考え方

図 2-2 に基づく小班の分類を実施したのちに、未利用森林資源収集を想定した地域区分を行った。なお、下川町は、小班の地理的な分布状況から 6 つの地区に区分することができる。6 区分の位置を図 2-3 に示す。

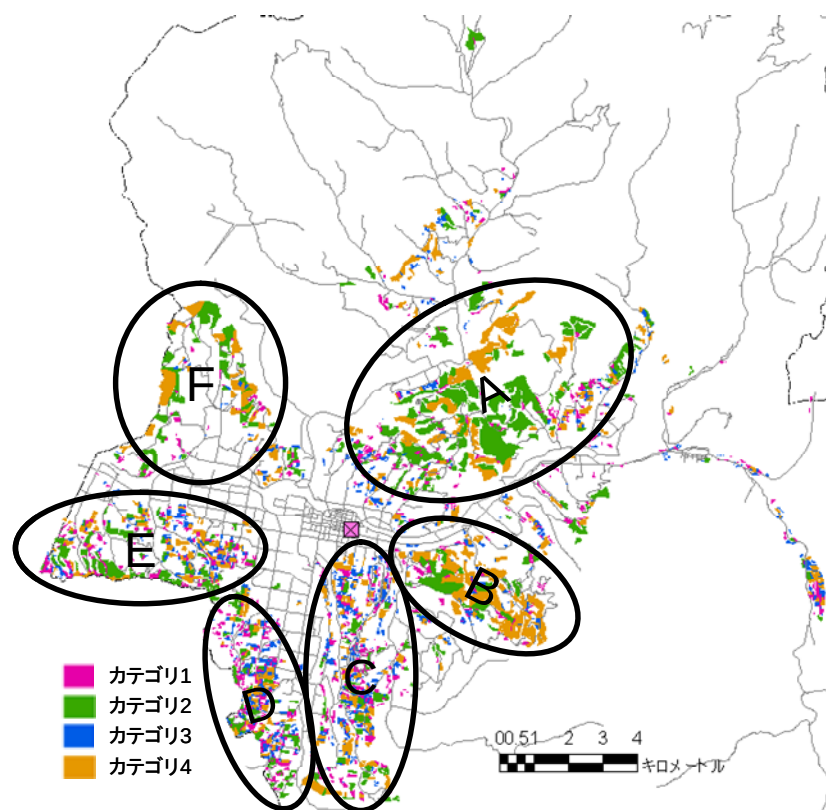


図 2-3 未利用森林資源収集を想定した地域区分

2.4 地域区分に応じた未利用森林資源の収集システムの検討

下川町において整備されている施業機械を踏まえた未利用森林資源収集システムとして、表 2-1 に示す機械構成を検討した。

表 2-1 未利用森林資源収集システム

伐倒	ハーベスタ・チェーンソー
集材（全木集材）	スキッド
造材（土場にて実施）	ハーベスタ
土場における集積	グラップル(11t トラック付属)
運搬	11t トラック

また、表 2-1 の収集システムを基本としながら、6 つの地区における特徴を踏まえた収集システムの検討結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 地区別収集システムの検討

地区	地域の特徴	収集システムの検討
地区 A	・地形は比較的緩やか（一部急峻） ・集材距離は長い ・資源量多い	・基本システムが適している
地区 B	・地形は急峻 ・集材距離短い ・資源量多い	・架線系集材機械の導入が有効
地区 C	・資源量少ない ・地形は緩やか ・一部地域は集材距離が長い	・基本システムが適している ・資源量確保のため団地化等の実施が有効
地区 D	・資源量少ない ・地形は緩やか ・一部地域は集材距離が長い	・基本システムが適している ・資源量確保のため団地化等の実施が有効
地区 E	（市街地側） ・地形急峻、集材距離長、資源多（町境付近） ・地形緩、集材距離短、資源やや多	・町境付近は基本システムが適している
地区 F	・地形は急峻 ・集材距離短い ・資源量多い	・架線系集材機械の導入が有効

第3章 路網整備計画の作成

3.1 収集システムに応じた林道と作業道等との組み合わせの検討

前章にて検討した収集システムに応じて、下川町における道路施設ごとの整備対象区域や整備を行う際に考慮すべき要素を考察した上で、それらの組合せの検討を行った。

■ 林道の整備

運搬コストは各小班から収集地点までの運搬距離にほぼ比例して増大するため、更なるコスト低減を図る場合、収集地点に向けて直行するような路網の新規整備を行う必要がある。だが、これは地形の制約があるために非常に困難であると考えられる。そこで、本調査においては集材コストの低減のみを目的として、整備計画を策定することとした。この場合、図 2-2 のカテゴリ 4 の区域を中心として、林道の整備を進めることとなる。

下川町においては、林道は基本的に循環型に設置することとなっている。このため、規模の大小を問わず小班が集中している区域を循環するように林道を設置し、それらの小班からの効率的な未利用森林資源収集が可能となる整備計画が有効であると考えられる。また、林道は勾配が 10%未満となるように、ほぼ等高線に沿って設計する必要があるため、新規作設を行う場合はこの地形条件を満たす場所が対象となる。

■ 作業路の整備

林道端と林地とを繋ぐ作業路についても、集材コストの低減が整備の主たる目的であり、林道と同じくカテゴリ 4 の区域が主な整備対象となる。作業路は一時的な利用を想定した道路施設であるため、現段階で既に未利用森林資源の賦存量が多い区域において、優先的に整備を検討することとなる。

下川町においては、作業路は基本的に林道端から小班に向けて突っ込み型に設置することとなっている。そのため、大規模な小班と林道とを結び、集材距離を縮小できるような整備を行うことが有効である。また、作業路は林道よりも勾配の制約が緩く、林道の作設が不可能な場所においても作設が可能である。

■ 集材路の整備

主に小班の内部に設置される集材路は、下川町のように架線集材を行わない地域では、あらゆる区域において整備を行い、作業機械による集材を円滑化する必要がある。集材路も一時的な利用を想定した道路施設であるため、とりわけ現段階の未利用森林資源の賦存量が多く、集材コストが相対的に高い小班において優先的に整備を行うこととなる。

3.2 地域区分毎に必要な林道、作業道及び作業路の延長・構造等の検討

地区 A においては、資源量が多くコストが高いカテゴリ 4 の小班が多く分布している。

同地区では、特に 11t トラックを利用した集材が主体となり、路網の整備を積極的に進める区域となる。林齢の区分を踏まえると、地区 A は全体的に若林齢であり、林道の整備を主として実施することが有効である。地区 B、地区 F においてもカテゴリ 4 の小班が多く分布しているが、集材距離は全体的に短く、集材コストの高さは主に傾斜が急であることによるものである。そのため、導入する架線系集材機械に応じた集材路の整備が主となる。一方で、地区 C、地区 D、地区 E については、全体的に未利用森林資源の賦存量が少ないため、新たに林道、作業路等を作設するメリットは相対的に小さい。すなわち、これらの地区においては、前章の表 2-1 にて示した基本システムが適用できるように、既存の路網の構造改良等を行うことが主体となる。

3.3 路網整備計画の作成

前節にて検討した地域区分毎の路網整備の方針を総括して、下川町における路網整備計画を作成した。以下、地域区分毎に考えられる具体的な整備計画を示す。

■ 地区 A

地区 A は、林道の整備を主体的に進めていく区域である。循環型となるように林道の新規作設、延長を行うことで、11t トラックによる未利用森林資源の収集をいっそう効率的とすることが考えられる。また、勾配の制約のために林道の作設が不可能な場合、代替として作業路を作設することも考えられる。また、特に大規模な小班近辺において、林道端と小班とを繋ぐように集材路を充実させることも有効である。

■ 地区 B

地区 B は勾配が急な区域が多く、全体的に大規模かつ高林齢な小班が多く分布している。また、既存の林道は既に循環型に設置されており、新たに路網を作設する必要性は低いと判断される。そのため林道と小班とを繋ぐ集材路の整備が、この地区で考えられる主な整備計画となる。

■ 地区 C

地区 C においては全体的に資源量が少ないため、新規の路網整備を行う優先度は低い。ただし、区域内に存在する大規模かつ資源量の多い小班において、集材路の整備を行うことは有効である。

■ 地区 D

地区 D も全体的に資源量が少なく、路網整備を行う優先度は低い。資源量が多いカテゴリ 4 の小班が複数存在するため、集材路の整備を行うことが考えられるが、これら

は比較的若林齢であるため、現段階での優先度は低く、将来的な計画となる。

■ 地区 E

地区 E も、地区 C や地区 D と同じく全体的に資源量が少なく、路網整備を行う優先度は低い。カテゴリ 4 の小班において集材路の整備を行うことが主体となるが、これらも比較的若林齢であり、あくまで将来的な計画となる。

■ 地区 F

地区 F は勾配が急な区域が多く、全体的に大規模な小班が多く分布している。集材路の整備が主体となるが、対象となる小班は若林齢であるため、将来的に整備を行えばよいと考えられる。また、既に循環型に設置されている林道において、11t トラックの走行が可能となるように整備を行い、効率的な未利用森林資源の収集を図ることも有効であると考えられる。

第4章 ガイドライン作成

以下に、ガイドラインの各項目の概要を示す。

■ 低炭素社会における森林資源活用のあり方（第 1 章）

国土の 7 割を森林が占める我が国において、低炭素社会を実現する中で森林資源が果たすべき役割は大きい。低炭素社会の形成には、持続的な森林経営が必要であり、その意味でも、森林の適切な管理を可能にする森林資源の活用は重要である。近年導入が進められつつある森林資源の利用設備及び我が国に特徴的な複雑な地形を考慮した上で、経済的に成り立つ森林資源の利活用を検討する必要がある。そのためには、地域における森林資源の需要と供給を適切に把握し、現状で利用されていない未利用森林資源を利用するための方策を検討する必要があることを示す。

■ 未利用森林資源の賦存量の推計手法（第 2 章）

地域の未利用森林資源の賦存量の推定には、地域の森林の状況と森林整備方法の把握・反映が重要である。我が国の森林整備事業においては、森林 GIS の整備や森林施業計画とそれに沿った施業の実施といった、全国の多くの地域で利用可能な基盤が存在する。これらを適切に利用し、さらに未利用森林資源の推定に新たに必要な情報を追加する方法の提示が求められる。ここでは、森林整備に関わる基盤情報と関連付けながら、地域の特性を適切に反映できる賦存量の推定方法を示す。

■ 木質バイオマス需要量・コストの推計手法（第 3 章）

バイオマスエネルギーを利用するにあたり、森林資源の必要量及び資源収集にかけられるコストを決定する上で、地域における木質バイオマスエネルギー需要とそのエネルギー供給システムにおける事業性が重要となる。ここでは、木質バイオマス需要と森林資源供給量のコストマッチングの考え方を示すと共に、木質バイオマス需要及び供給コストを決定する概念である「需要端限界価格」の推計方法を示す。

■ 未利用森林資源の収集システムの考え方（第4章）

林地残材等の未利用森林資源の利用を困難なものとする要因として、その収集コストが高価である点が挙げられる。従って、収集システムを考える上では収集コストをいかに安価にできるかが焦点となる。未利用森林資源の収集コストを決定する因子としては、資源の賦存状況や地形、路網整備状況、使用機械の生産性や関連コスト等が挙げられる。本章では、未利用森林資源の収集コストの推計方法を示すと共に、収集コストと資源賦存状況を基にした地域区分の考え方とそれに基づく収集システムの検討方法について示す。

■ 収集システムを実現するための林業・作業道等の路網整備計画（第5章）

未利用森林資源の収集システムを運用する上で重要なインフラとなるのが、林道、作業道等である。路網整備状況は未利用森林資源の収集コストに大きく影響するだけでなく、収集システムにおいて使用可能な機械の種類を決定する。例えば、大型トラックや高性能林業機械を導入するためには、それらが林地まで運行可能な路網を整備する必要がある。ここでは、上述の収集システム、及び収集コスト等から得られた地域区分に基づき、林道、作業道等の整備の考え方、整備計画の検討方法、考慮すべき条件等を示す。

■ 未利用森林資源の活用における課題（第6章）

未利用森林資源の有効活用のためには、持続的な森林経営による適切な森林管理が不可欠である。具体的には、除伐・間伐および主伐を必要な林齢にて実施することにより、長期間にわたり安定的かつ低コストにて未利用森林資源を供給する体制を整える必要がある。下川町は、我が国でも数少ない持続可能な保続生産体制が確立しており、同町の森林経営から学ぶべき事項は多い。一方、需要の開拓も未利用森林資源の活用における大きな課題である。一般に森林資源を保有する山間地域ではエネルギー需要が限られており、大規模な利用設備の導入は難しい。バイオマスエネルギーは一般に地産地消に適したエネルギー源であり、遠隔地への輸送は経済的にも低炭素社会の実現においても適切とは言えない。このため、地域内において、未利用森林資源を活用するための方策が必要となる。このため、ここでは、需要面と供給面から未利用森林資源の活用における課題を示すとともに、想定される方策を示す。