

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

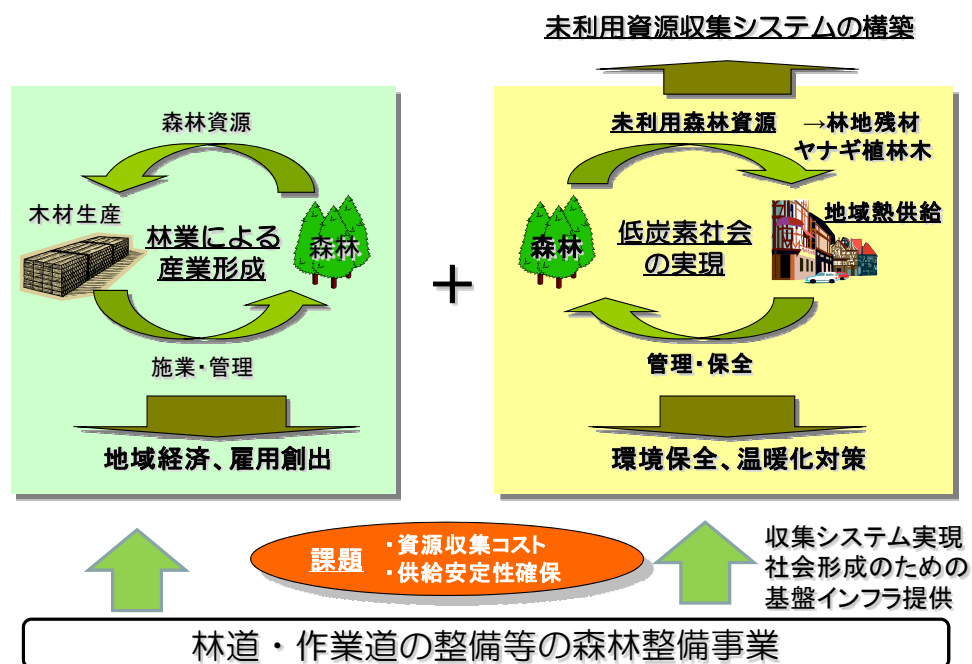
2009 年 3 月

はじめに

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、木質バイオマスエネルギー利用として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、低炭素社会に向けてわが国の森林・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ていく上で、先導的な事例として大きな期待がされる。このため、本事業においては、同地域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。

現在国内で整備されている林道・作業道は、木材の生産を前提とした森林施業を目的として整備・管理が行われている。このため、未利用森林資源の収集を加味し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のためには、林地残材、ヤナギ植林木等の未利用森林資源を林地から需要地あるいは加工・利用施設まで効率的に供給することも視野に入れた路網整備計画を策定する必要がある。ただし、林道・作業道等の目的は森林施業における作業であり、従来の林道・作業道の基準に加えて未利用森林資源の収集を新たな機能として適切に組み入れるための手法および考え方が業務の実施において求められる。

以下に、業務の考え方を示す。



平成 20 年度 未利用森林資源の収集システム調査事業 目次

第 1 章 業務の概要	1
1.1 下川町の概況	1
1.2 業務の実施方法	2
1.3 木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルの利用	3
1.4 委員会の開催	5
第 2 章 未利用森林資源の賦存量の調査	6
2.1 モデル地域における森林施業状況	6
2.1.1 人工林の森林施業状況	6
2.1.2 ヤナギの導入状況	10
2.1.3 その他バイオマス資源	11
2.2 未利用森林資源の賦存量の推計方式の検討	12
2.2.1 未利用残材	12
2.2.2 ヤナギ	13
2.2.3 製材工場残材	14
2.3 未利用森林資源の賦存量の推計	14
2.3.1 未利用残材	14
2.3.2 ヤナギ	17
2.3.3 その他バイオマス資源	17
2.3.4 まとめ	18
第 3 章 未利用森林資源の収集システムの検討	20
3.1 林業用機械の導入状況	20
3.2 未利用森林資源に対する需要量、価格等の推計	21
3.2.1 モデル地域の木質バイオマス熱供給計画の概要	22
3.2.2 事業性評価	23
3.2.3 事業性評価結果まとめ	26
3.3 対象地域の区分の検討	27
3.3.1 利用データ整備及びパラメータ設定	27
3.3.2 コスト計算結果	32
3.3.3 対象地域の区分	39
3.4 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	49
第 4 章 路網整備計画の作成	52
4.1 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	52
4.1.1 下川町における道路施設の名称	52

4.1.2 林道の整備	54
4.1.3 作業路の整備	56
4.1.4 集材路の整備	57
4.2 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	57
4.3 路網整備計画の作成	60
第5章 ガイドライン作成	67
5.1 ガイドラインの考え方	67
5.2 ガイドラインの構成	67
5.2.1 低炭素社会における森林資源活用のあり方（第1章）	68
5.2.2 未利用森林資源の賦存量の推計手法（第2章）	68
5.2.3 木質バイオマス需要量・コストの推計手法（第3章）	68
5.2.4 未利用森林資源の収集システムの考え方（第4章）	68
5.2.5 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）	68
5.2.6 未利用森林資源の活用における課題（第6章）	69
第6章 まとめ	70

付属資料 低炭素社会に向けた森林整備事業に関するガイドライン

図表一覧

[図]

図 1-1	下川町の位置	1
図 1-2	業務の流れ	3
図 1-3	木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルの概要	4
図 2-1	人工林針葉樹の主要樹種の分布	7
図 2-2	人工林針葉樹の主要樹種の林齢別面積	8
図 2-3	トドマツとカラマツの林齢分布	9
図 2-4	下川町で用いられているトドマツ及びカラマツの施業体系図	9
図 2-5	年間土場残材発生量	15
図 2-6	土場残材の小班別 60 年間累積量	15
図 2-7	年間林地残材発生量	16
図 2-8	林地残材の小班別 60 年間累積量	16
図 3-1	地域熱供給システム計画の概要	22
図 3-2	熱販売価格別・原料価格別の投資回収年数	25
図 3-3	原料価格別の投資回収年数	26
図 3-4	小班及び路網データ	28
図 3-5	路網延長データ	29
図 3-6	下川町周辺の傾斜度	30
図 3-7	小班における平均傾斜度	31
図 3-8	収集コストの考え方	33
図 3-9	土場残材収集コスト（運搬コスト+チップ化コスト）	34
図 3-10	収集コスト別土場残材収集可能量（60 年間）	34
図 3-11	集材コスト	35
図 3-12	集材距離	35
図 3-13	ヤナギ収集コスト	36
図 3-14	収集コスト別ヤナギ収集可能量（1 年間：町内全道路長を対象）	37
図 3-15	収集コスト 3500 円以下の場合の土場残材収集可能量	38
図 3-16	収集コスト 3000 円以下の場合の土場残材収集可能量	38
図 3-17	収集コスト 2000 円以下の場合の土場残材収集可能量	39
図 3-18	地域区分の考え方	40
図 3-19	集材コスト及び土場残材賦存量による地域区分	40
図 3-20	カテゴリ 1 の分布	41
図 3-21	カテゴリ 2 の分布	41
図 3-22	カテゴリ 3 の分布	42

図 3-23	カテゴリ 4 の分布	42
図 3-24	未利用森林資源収集を想定した地域区分	43
図 3-25	地区 A.....	44
図 3-26	地区 B.....	45
図 3-27	地区 C.....	46
図 3-28	地区 D.....	47
図 3-29	地区 E.....	48
図 3-30	地区 F.....	49
図 4-1	下川町における路網分布	53
図 4-2	未利用森林資源の運搬コスト	54
図 4-3	未利用森林資源の集材コスト	55
図 4-4	林道・作業路の整備対象地域区分と林齢	56
図 4-5	未利用森林資源収集を想定した地域区分	59
図 4-6	地区 A におけるカテゴリ別小班の分布と地形	61
図 4-7	地区 B におけるカテゴリ別小班の分布と地形	62
図 4-8	地区 C におけるカテゴリ別小班の分布と地形	63
図 4-9	地区 D におけるカテゴリ別小班の分布と地形	64
図 4-10	地区 E におけるカテゴリ別小班の分布と地形	65
図 4-11	地区 F におけるカテゴリ別小班の分布と地形	66

[表]

表 1-1	業務の実施項目	2
表 2-1	下川町の森林面積	6
表 2-2	人工林針葉樹林の樹種別面積	7
表 2-3	下川町の既存ヤナギ植栽地	11
表 2-4	地域のバイオマス賦存量及び現在の利用状況	12
表 2-5	トドマツの除間伐材及び主伐材の材積	12
表 2-6	カラマツの除間伐材及び主伐材の材積	13
表 2-7	マツにおける部位別残材率	13
表 2-8	異なる施肥操作の下での成長速度	14
表 2-9	ヤナギ植栽地における成長量	17
表 2-10	町内製材端材工場等で発生する資源量と用途	17
表 2-11	下川町における木質バイオマス資源賦存量	18
表 3-1	下川町における林業用機械の現状と導入目標	20
表 3-2	ヤナギ収穫用機械	21

表 3-3	対象施設の熱需要・チップ需要（地域熱供給システム）	22
表 3-4	対象施設の熱需要・チップ需要（個別熱源システム）	23
表 3-5	事業性評価に用いた各種前提条件	23
表 3-6	地域熱供給システムのコスト設定	24
表 3-7	個別熱源システムのコスト設定	24
表 3-8	熱販売価格別の需要端限界価格	25
表 3-9	施設別の需要端限界価格	26
表 3-10	施業工程の定義	27
表 3-11	未利用森林資源収集コスト計算における使用データ一覧	27
表 3-12	使用機械	31
表 3-13	未利用森林資源収集システム	49
表 3-14	集材機械の整理	50
表 3-15	各集材機械の適正な最大集材距離	50
表 3-16	地区別収集システムの検討	51
表 4-1	道路施設の一般的区分と下川町における区分の対比	52
表 4-2	林道、作業路、及び集材路の整備対象区域と整備に際しての留意点	58
表 4-3	地域区分毎の路網整備の方針	60
表 4-4	下川町において平成 20 年度に作設された林道、作業路	66

第1章 業務の概要

1.1 下川町の概況

モデル地域である下川町は、上川管区の北部に位置し面積 64,420ha の約 90%を森林とする林業を基盤とした人口約 4,000 人の自治体である(図 1-1)。同町では、昭和 28 年に国有林から 1,221ha を取得して以来、継続的に国有財産を取得し基本財産の形成に努めながら植林を継続しており、わが国では数少ない循環型森林経営システムを長期間にわたり実践・構築してきている。なお、同町は平成 15 年には北海道初となる FSC（森林管理協議会）森林認証を取得している。

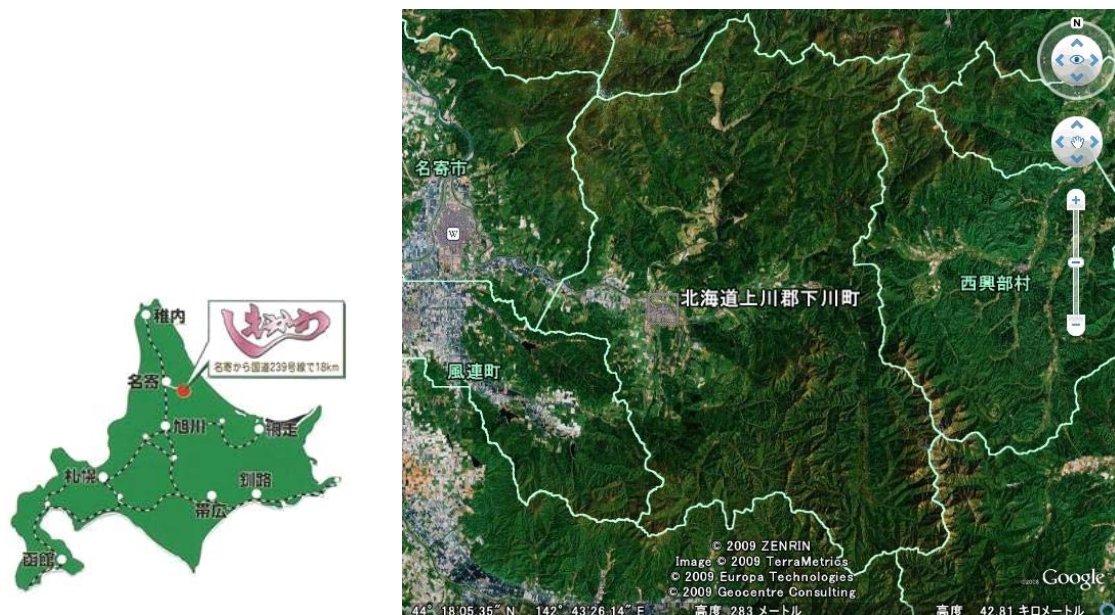


図 1-1 下川町の位置

下川町における町有林経営は、昭和 28 年の「国有林野整備臨時措置法」により、1,221ha の国有林を取得したことを契機に本格的な林業経営が開始されている。現在では、毎年 50ha の造林×60 年伐期＝3,000ha で一つのサイクルが形成されており循環型の林業（法正林思想）を町有林経営の基本としている。同町における町有林整備の目的は以下の通りである。

- 伐採と植栽が永久に繰り返しの利く持続可能な保続生産体制（循環型の齢級配置）を築く。
- 林業・林産業・土木従事者の雇用の場の確保を図る。
- 生産される素材全量を地元へ供給できることにより林産業界の安定化を図る。

一方、同町は平成 17 年に北海道初となる木質バイオマスボイラーを導入、平成 19 年にはバイオマス利用を目的とした「ヤナギ」の栽培試験にわが国で初めて着手しており、特に木質バイオマスを中心としたバイオマスの総合的な利活用のための先導的な取り組みを実践している。また、ソフト面においても、ウッドマイレージの導入、カーボンオフセット事業の検討などにより、地域住民と行政の協働、都市・企業との協働・連携を推進している。これらの実績により平成 20 年 3 月にはバイオマスタウン構想を制定し、平成 20 年 7 月には、『次世代型「北の森林共生低炭素モデル社会」創造』を目指した環境モデル都市として政府より認定されている。同町にて今後の導入が検討されているバイオマス利活用促進のためのハード面、ソフト面での取り組みを以下に示す。

地域熱供給システム（地域暖房）の導入

- 役場を中心とした半径 1km 以内の公共施設、公営住宅において導入を計画

バイオエタノール実証プラントの導入

- ヤナギや林地残材等を原料とした実証プラントの導入を計画

カーボンオフセットの運用実施

- 企業・都市との連携により森林・ヤナギ・木質バイオマスを活用した制度設計・実施

本業務においては、特に地域熱供給システムの導入を想定し、既設および計画中的の木質バイオマスボイラーに加えて地域熱供給システムにて必要となる森林バイオマス資源を安定的に供給可能とするための方策の検討を行った。

1.2 業務の実施方法

本業務では、表 1-1 に示す各作業を実施した。

表 1-1 業務の実施項目

(1) 未利用森林資源の賦存量の調査	① モデル地域の森林施業実績や森林施業計画等の現状把握 ② 林地残材等の未利用森林資源の賦存量の推計方式の検討 ③ 未利用森林資源の賦存量の推計
(2) 未利用森林資源の収集システムの検討	① 林業用機械の導入状況と把握 ② 未利用森林資源に対する需要量、価格等の推計 ③ 地形、未利用森林資源の賦存量等による対象地域の区分 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
(3) 収集システムを稼働させるために	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

必要な林道と作業道等とを組み合わせた路網整備計画の作成	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 ③ ①及び②を踏まえた路網整備計画の作成
(4) 他地域へ適用するためのガイドライン作成	① 他地域へ適用するためのガイドライン作成
(5) 委員会の開催	① 調査・検討内容および成果に関する討議

作業の実施にあたっては、下川町役場の各担当課から多くの情報・データを提供いただくとともに多大なる支援をいただいた。また、後述する委員会において作業方針および業務の取りまとめ結果に関して適時指導をいただいた。

図 1-2 に本業務における作業の流れを示す。

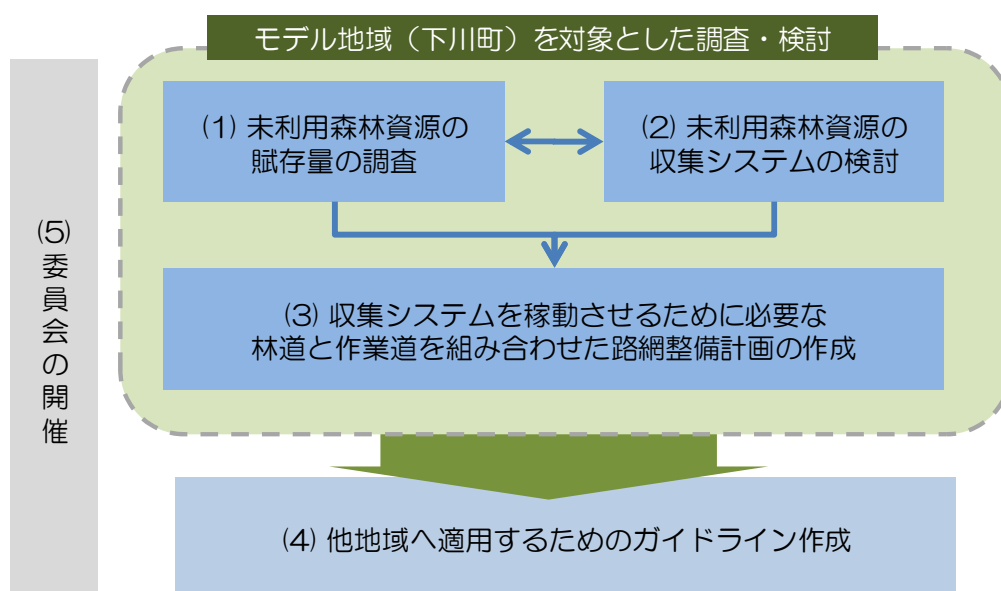


図 1-2 業務の流れ

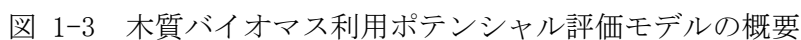
1.3 木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルの利用

本業務では、未利用森林資源の賦存量及び収集コストの地理的分布の分析において、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利用した。

木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルは、林業における除間伐や主伐等の施業によって発生する木質バイオマスと、施業を含めた木質バイオマス収集にかかるコストを推定するモデルである。本モデルは、大きく資源量推定モデルと、バイオマス収集コ

資源量推定モデルにおいては、単位面積における材積の初期値に対して、森林成長式を用いて将来における毎年の材積を推定する。これに対して、伐期、除間伐実施時期、除間伐割合といった施業方法に関する情報を基に、発生する木質バイオマスの量を推定する。なお、樹種や地域に関するパラメータを設定することで、日本全国どこでも適用可能である。

図 1-3 に本業務にて利用した、木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルの概要を示す。



本業務においては、同モデルを下川町の森林資源および森林施業の現状および計画に合わせて改修することにより用いた。

1.4 委員会の開催

本業務を実施するにあたり、下川町関係者、林野庁および有識者より構成される委員会において、本業務における検討結果を評価するとともに同町の木質バイオマス利用事業における成果の妥当性を討議した。なお、委員会は下記の通り開催した。

日時：平成 21 年 2 月 27 日（金） 10：30～12：10
場所：三菱総合研究所 大会議室 C （東京 大手町）

■ 出席者（順不同 敬称略）：

● 委員

小林 紀之 （日本大学大学院法務研究科）
山形 与志樹 （独立行政法人国立環境研究所）
立花 敏 （独立行政法人森林総合研究所）
丸山 温 （独立行政法人森林総合研究所）
高橋 祐二 （下川町地域振興課）
斉藤 丈寛 （下川町建設林務課）

● オブザーバー

田之島 博明 （林野庁森林整備部整備課）
武田 浩善 （財団法人下川町ふるさと開発振興公社）

● 事務局

株式会社三菱総合研究所

関根 秀真 （科学・安全政策研究本部）
早稲田 聡 （環境・エネルギー研究本部）
浦口 あや （科学・安全政策研究本部）
大木 孝 （科学・安全政策研究本部）
福原 弘太郎 （科学・安全政策研究本部）
寺澤 千尋 （環境・エネルギー研究本部）

第2章 未利用森林資源の賦存量の調査

本章では、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針の検討、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を目的としたヤナギの栽培試験にわ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、将来的に地域で利用される木質バイオマスとして期待されているヤナギ資源も調査の対象とした。

また、下川町では既にバイオマス資源の利活用が進められており、木質バイオマスを含む様々なバイオマス資源が利用されている。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。

2.1 モデル地域における森林施業状況

未利用森林資源の供給源である、人工林、既存のヤナギ植栽地及びその他バイオマス資源の現状を調査した。

2.1.1 人工林の森林施業状況

(1) 現状

下川町内の森林面積を表 2-1 に示す。下川町は、毎年伐採造林を繰り返す循環型林業を町有林経営の基本としており、50 ha 単位の 60 年サイクルが可能な約 3,000 ha の人工林を有している。

表 2-1 下川町の森林面積

区分	人工林 (ha)	天然林 (ha)	合計 (ha)
国有林	11,629	35,372	48,455
町有林	2,768	1,652	4,465
民有林	2,424	1,744	4,253

(森林調査簿)

国有林の 70%以上が天然林であるのに対し、町有林及び民有林においてはその 60%ほどが人工林である。町有林及び民有林人工林の約 99%は針葉樹林であり、その 80%以上をトドマツとカラマツが占める(表 2-2)。

表 2-2 人工林針葉樹林の樹種別面積

樹種	面積 (ha)	割合
トドマツ	2,432	50.8%
カラマツ	1,471	30.7%
アカエゾマツ	696	14.5%
ドイツトウヒ	97	2.0%
グイマツ雑種 F1	75	1.6%
グイマツ	12	0.3%
エゾマツ	8	0.2%

(森林調査簿)

人工林に植林されている針葉樹の上位 5 種の分布を図 2-1 に示す。トドマツとアカエゾマツが町の北部に比較的多く分布するのに対して、カラマツは町の南部の道路網の発達した地域の付近に比較的多いことが分かる。

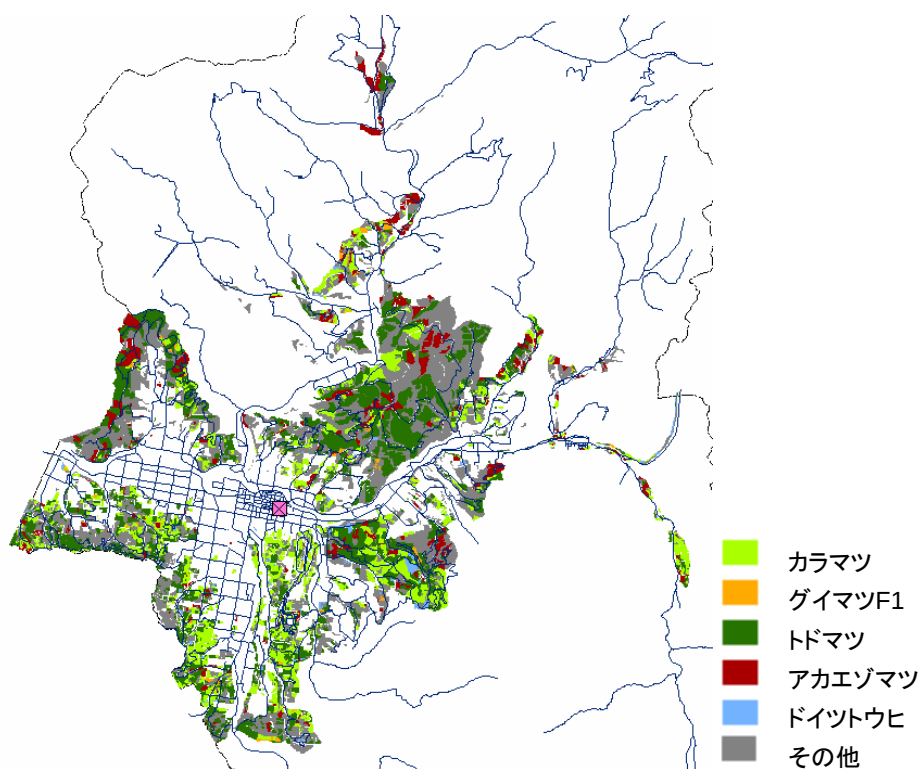


図 2-1 人工林針葉樹の主要樹種の分布

人工林の針葉樹の上位 5 種の林齢別面積を図 2-2 に示す。トドマツでは 30-40 年生、カラマツでは 40-50 年生の林分面積の割合が大きい。その他の樹種では、面積率で第 3 位のアカエゾマツで 50 年生以上の面積が小さいという傾向はあるが、大きな特徴は見られない。

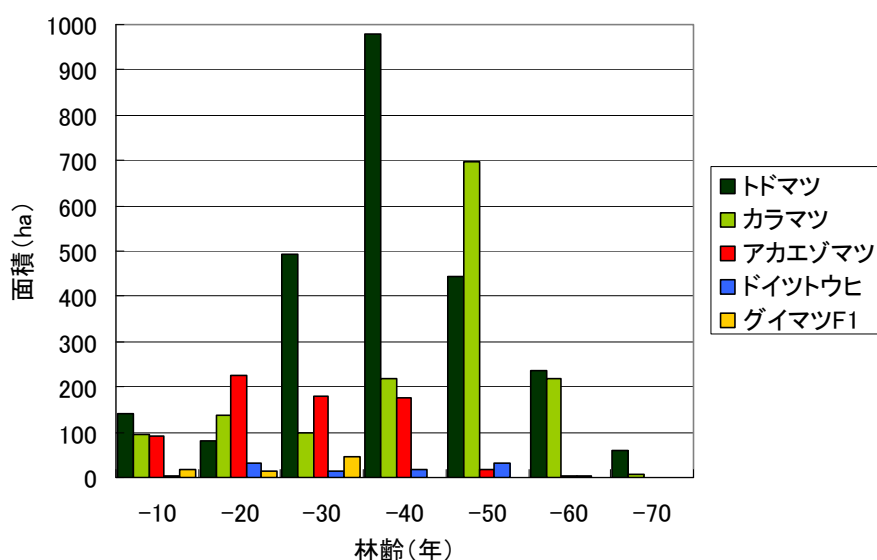


図 2-2 人工林針葉樹の主要樹種の林齢別面積

以上より、下川町における森林資源の供給源としては、トドマツとカラマツが最も重要であることがわかる。このため、以降では、トドマツとカラマツを検討の対象とする。

図 2-3 にトドマツとカラマツについて、林齢分布を示す。

(2) 施業計画と施業状況

トドマツとカラマツの除間伐は、それぞれ「I 等級 B 地位指数 16 中庸仕立」と「II 等級地位指数 20 中庸仕立 II 型」の施業体系図に従って計画・実施されている。ただし、主伐に関しては、トドマツでは 60 林齢、カラマツでは 50 林齢で実施されている。図 2-4 にトドマツ及びカラマツの施業体系図と主伐期を示す。

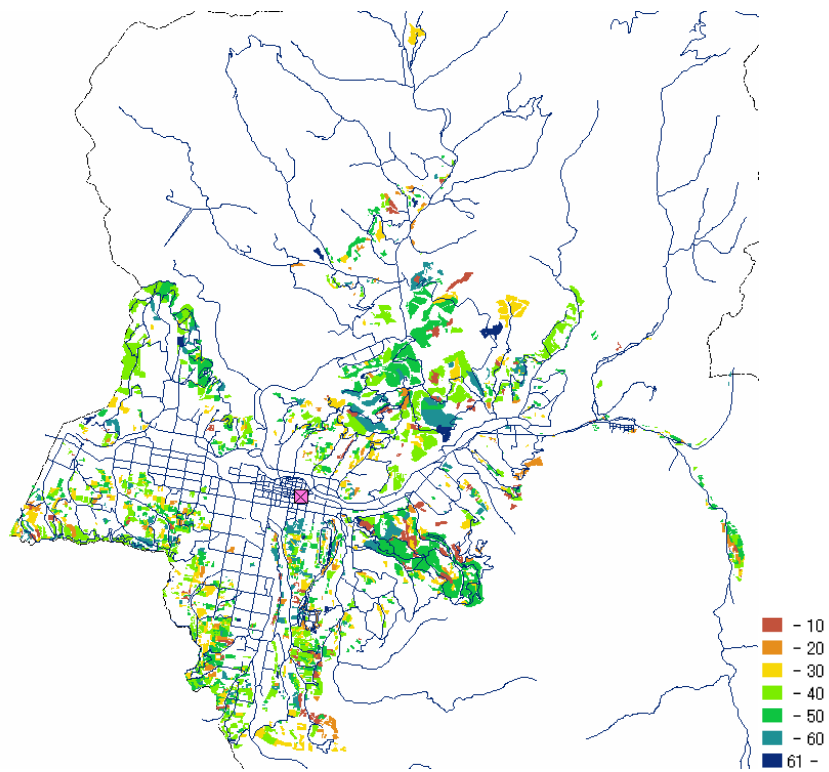


図 2-3 トドマツとカラマツの林齢分布

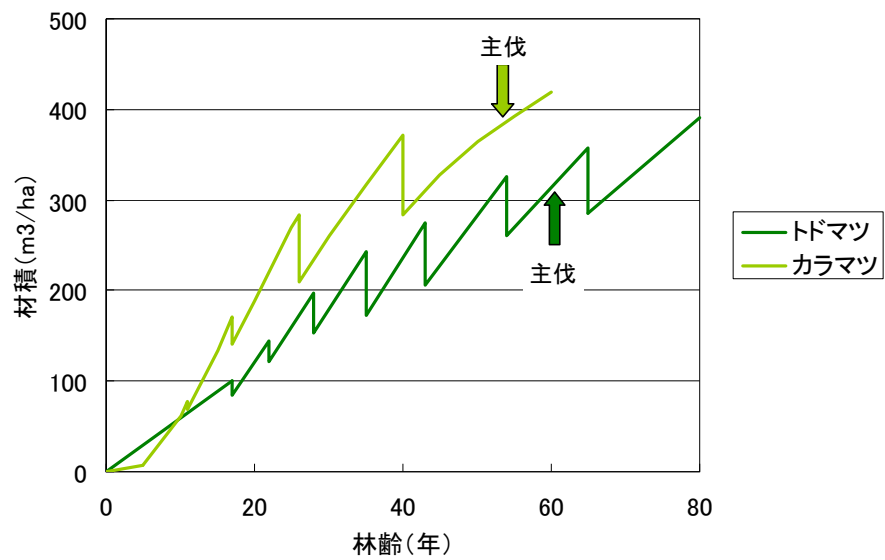


図 2-4 下川町で用いられているトドマツ及びカラマツの施業体系図

(3) 発生する木質バイオマス

トドマツでは、17 林齢で除伐、22 林齢、28 林齢、35 林齢、43 林齢、54 林齢で間伐が実施される。17 林齢、22 林齢、28 林齢の低林齢の森林における除間伐については、除間伐材の収集のための高性能林業機械の林地持ち込みが他の立木を傷める危険があり、また、除間伐材の林地外への持出しが長期的にみて土壌栄養の持続性という面から問題となりうることが下川町では危惧されている。このため、「切捨間伐」となり、「林地残材」として林地に残る。一方、35 林齢以降の間伐材は、林地外に搬出される「搬出間伐」となる。

カラマツの場合、11 林齢で除伐、17 林齢、26 林齢、40 林齢で間伐が実施される。11 林齢の除伐材は、トドマツの場合と同じ理由で「林地残材」となり、17 林齢以降の間伐材は、「搬出間伐」となる。

切捨間伐材である林地残材は、前述の理由により利用されることはない。一方、搬出間伐材と主伐材は、一旦土場に移され、処理の後に幹の一部が工場に輸送されることになる。搬出間伐材と主伐材の集材方法としては、林地で枝葉を落とし、幹のみを搬出する「全幹集材」と、伐倒木をそのまま土場まで運び、土場で枝葉及び幹部先端部分を落とす「全木集材」がある。全幹集材とした場合、枝葉は林地残材となり、利用することが困難となる。一方で、全木集材の場合、枝葉及び先端部分は「土場残材」となり、回収してバイオマス燃料等に利用することが出来るが、集材コストは全幹集材に比較して高い。下川町ではこれまで、全幹集材を行ってきた。しかし、本調査では、未利用資源の利用率を高める効果のある全木集材の適用を想定することとした。

土場残材として残るのは、搬出間伐材及び主伐材のうち、利用できない部分として切り落とされる部分である。下川町における全幹集材では、炭作り等の様々な用途に材を用いるため、通常よりも土場に残される材の割合が少なく、幹部全体に対して、トドマツで約 85%、カラマツで約 90%が工場に運ばれている。残りの 15%及び 10%のうち、約 2%は切株として林地に残るため、土場に残される幹先端部は、幹部全体に対してトドマツで約 13%、カラマツで約 8%である。

2.1.2 ヤナギの導入状況

(1) 植栽状況

下川町において既に植栽されているヤナギの状況を、表 2-3 に示す。

表 2-3 下川町の既存ヤナギ植栽地

名称等	植栽日／着手日	面積 (m ²)	本数
下川町ヤナギ見本園	H19 年 11 月 27 日	545	875
下川町ヤナギ等早生樹見本園	H20 年 11 月 28 日	1,540	704
北海道開発局	H20 年 5 月 13 日	7,500	9,720
北海道開発局	H20 年 10 月 21 日	5,620	4,960

(2) 関連動向

現在の植栽地は、効果的なヤナギ栽培に向けた試験地であり、特に北海道開発局の植栽地では、詳細な調査が実施されている。北海道開発局は、「北海道に適した新たなバイオマス資源の導入促進事業」として、1) ヤナギ優良系統選抜、最適生育条件検討調査、2) ヤナギ栽培・収穫システム等調査、3) 木質系バイオマスからのエタノール等生産実証調査を平成 20 年度より実施している。同栽培地ではエゾノキヌヤナギとオノエヤナギの異なるクローンが植えられ、その調査が土壌環境等との関係から調べられている。

既存の研究としては、森林総合研究所の札幌支所の苗畑において、施肥がヤナギの成長に与える影響が調べられており¹、施肥が成長に与える影響が大きいことが示されている。

(3) 計画

下川町では、前述の北海道開発局の調査結果をうけ、本格的にヤナギ植栽地を拡大していく計画である。また、一定面積に対する面的な植栽の他、林道脇への植栽の可能性も検討している。本調査においては、既存のヤナギ植栽地に加え、林道脇への新たなヤナギ植栽も賦存量推定の対象とする。

2.1.3 その他バイオマス資源

下川町に存在するバイオマス資源の全体像は、表 2-4 にまとめられる。この中で、本調査で想定している地域熱供給システムへの供給の可能性があるバイオマス資源は、製材工場残材、木製廃棄物及び街路樹剪定枝である。特に製材工場残材は、既に利用率 99% であり未利用バイオマスではないが、賦存量は多い。町内には、5 つの製材工場があり、製材過程で出たバーク、オガコ、カンナコ、端材の大部分が酪農家での敷き藁等に利用され、一部が五味温泉等の施設で利用されている²。

¹ 丸山ら (2002) 施肥がヤナギの光合成特性と成長に与える影響. 森林立地 44: 71-75

² 下川町木質バイオマス資源活用調査報告書 (平成18年3月)

表 2-4 地域のバイオマス賦存量及び現在の利用状況

バイオマス	賦存量 (ton/年)	変換・処理方法	利用率
(廃棄物系バイオマス)			
家畜排泄物	54,000	堆肥化	100%
食品廃棄物	211	堆肥化	100%
廃食油	4	堆肥化	16%
製材工場残材	12,795	堆肥化・燃料	99%
下水汚泥	280	堆肥化	100%
木製廃棄物	37	未利用	0%
(未利用バイオマス)			
林地残材	8,252	未処理	0%
街路樹剪定枝	11	未処理	0%
稲わら	432	未処理	0%
もみがら	103	未処理	0%
小麦わら	476	堆肥化	0%

(下川町バイオマスタウン構想より)

2.2 未利用森林資源の賦存量の推計方式の検討

未利用残材及びヤナギについて、賦存量の推計方法を検討した。その他バイオマス資源については、2.1.3 に示した通り、実績値を用いることとした。

2.2.1 未利用残材

木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルを用いて未利用残材量を推計するための方法と必要なパラメータの整備を行った。

基盤となる森林情報を、地理情報システム(GIS)上で管理されている森林調査簿から得た。用いたのは、樹種、林齢、林分の位置と面積の情報である。これらと施業体系図を用いることで、下川町内の人工林で発生が予想される除間伐材及び主伐材の材積を計算することが可能となる。トドマツとカラマツについて施業体系図に基づいた場合の除間伐材及び主伐材の材積を表 2-5 と表 2-6 に示す。

表 2-5 トドマツの除間伐材及び主伐材の材積

種類	切捨除間伐			搬出間伐			主伐
林齢	17	22	28	35	43	54	60
材積 (m ³ /ha)	16	23	44	70	69	65	313

表 2-6 カラマツの除間伐材及び主伐材の材積

種類	切捨除伐	搬出間伐			主伐
林齢	11	17	26	40	50
材積 (m ³ /ha)	8	31	74	86	364

切捨除間伐材は、その全量が林地残材として林地に残る。一方、搬出間伐材及び主伐材については、製材等に利用される部分を除いた不良材や枝葉等が残材として林地や土場に残る。特に、集材方法を全木集材とした場合、全ての残材が土場残材として土場に集積する。立木に占める残材の割合（残材率）については各種検討が行われているが、下川町においては材の利用率が高いため、一般的に用いられている残材率を用いることが出来ない。そこで、以下の考え方により、土場に発生する残材の量を仮定した。

■ 不良材

ヒアリング結果より、全幹部に対する不良材の割合をトドマツ 13%、カラマツ 8%とする。

■ 枝葉

農林水産省が 1991 年に策定したバイオマス変換計画の中で示されたマツにおける部位別残材率（表 2-7）より、残材に占める不良材と枝葉の割合を 8:11 とし、森林材積（幹部）から得られる不良材の量を基に、この比率に基づき枝葉の量を推定する。

表 2-7 マツにおける部位別残材率

部位	末木	枝葉	その他
全木に対する割合	3%	11%	5%

（1991 年 農林省 バイオマス変換計画）

以上の考え方により、利用の可能性のある未利用残材である土場残材について、搬出間伐及び主伐年の材積により残材量を算出した。また、林地残材についても、同様の方法を用い、除間伐材の材積から算出した。

2.2.2 ヤナギ

ヤナギについては、既存の植栽地と同様の一定面積に対する面的な植栽と、林道脇への植栽について、賦存量の推定方法と推定に必要なパラメータの整備を行った。ヤナギの成長量は土壌栄養の影響を大きく受けることから、施肥が期待される面的な植栽と期待できない林道脇の植栽では、その成長速度が大きく異なる可能性があることが指摘さ

れている³。80 cm 間隔で植えられた場合における、異なる施肥操作下での成長速度の既存の調査結果を表に示す。

表 2-8 異なる施肥操作の下での成長速度

施肥操作	トン/ha/年
無施肥	2.4
速効性肥料	5.1
緩効性肥料	9.3

(丸山他 2002 より)

既存のヤナギ植栽地におけるバイオマス発生量については、その面積(表 2-3)と成長速度(表 2-8)を乗じることで推計することが出来る。

林道脇への植栽については、土壌環境が劣悪であり、ヤナギの成長も遅いと予想されるが、そのような環境でヤナギを計測した例は未だない。本調査では、表 2-8 の無施肥区の値を 2 割減して用いることとした。80 cm 間隔で植栽した場合、100 m 当たり、年間 15.36 kg の成長が見込まれる。また、植栽する長さは、最大で町内の全道路長 728km となるが、現実的には市街区及び畑地付近を除いた 636 km が想定される。

2.2.3 製材工場残材

製材工場残材に関しては、過去の実績を調査した結果を用いる。

2.3 未利用森林資源の賦存量の推計

2.3.1 未利用残材

(1) 土場残材

2.2.1 に示した方法を用いて、今後 60 年間に発生する年間の土場残材量と林地残材量の予測値を計算した。図 2-5 に年間土場残材量、図 2-6 に小班ごとに 60 年間の土場残材量を積算しその分布を示した地図を示す。

(2) 林地残材

土場残材と同様に、2.2.1 に示した方法を用いて、今後 60 年間に発生する年間の土場残材量と林地残材量の予測値を計算した。図 2-7 に年間土場残材量、図 2-8 に小班ごとに 60 年間の土場残材量を積算しその分布を示した地図を示す。

³丸山他(2002) 施肥がヤナギの光合成特性と成長に与える影響. 森林立地 44: 71-75

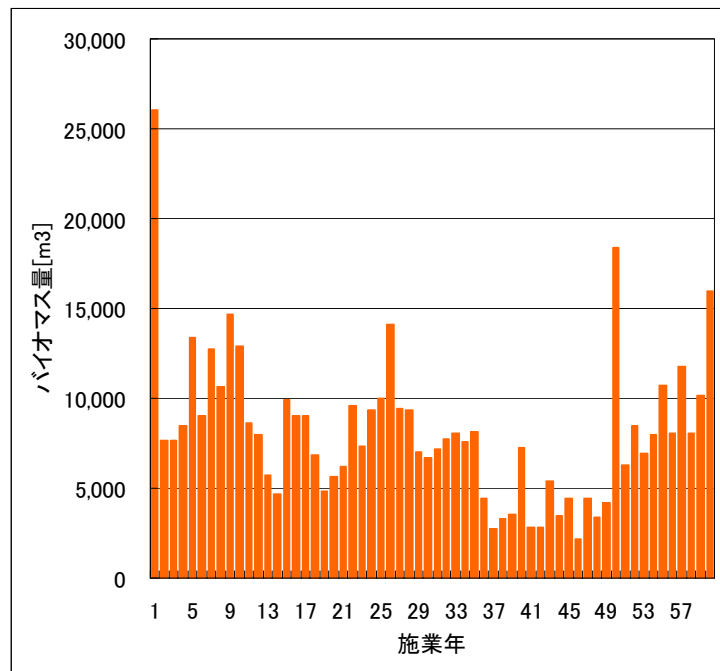


図 2-5 年間土場残材発生量

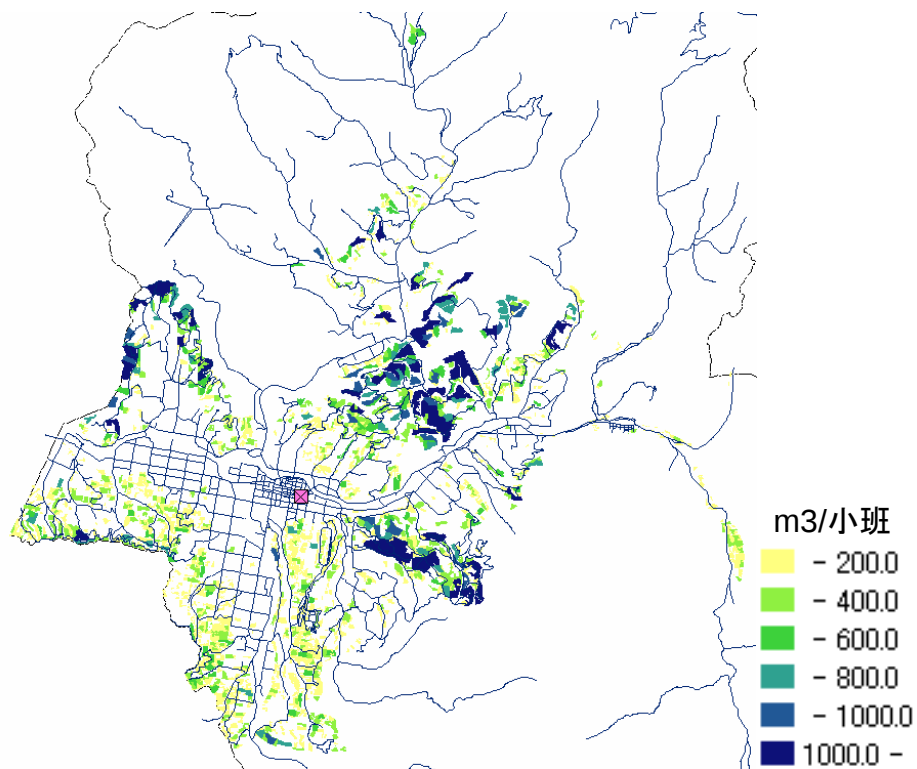


図 2-6 土場残材の小班別 60 年間累積量

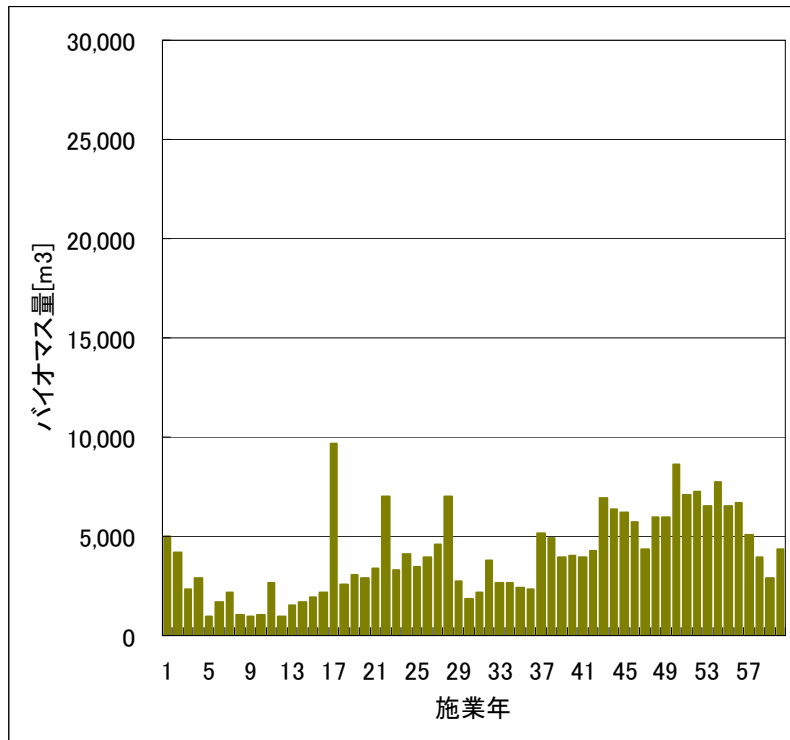


図 2-7 年間林地残材発生量

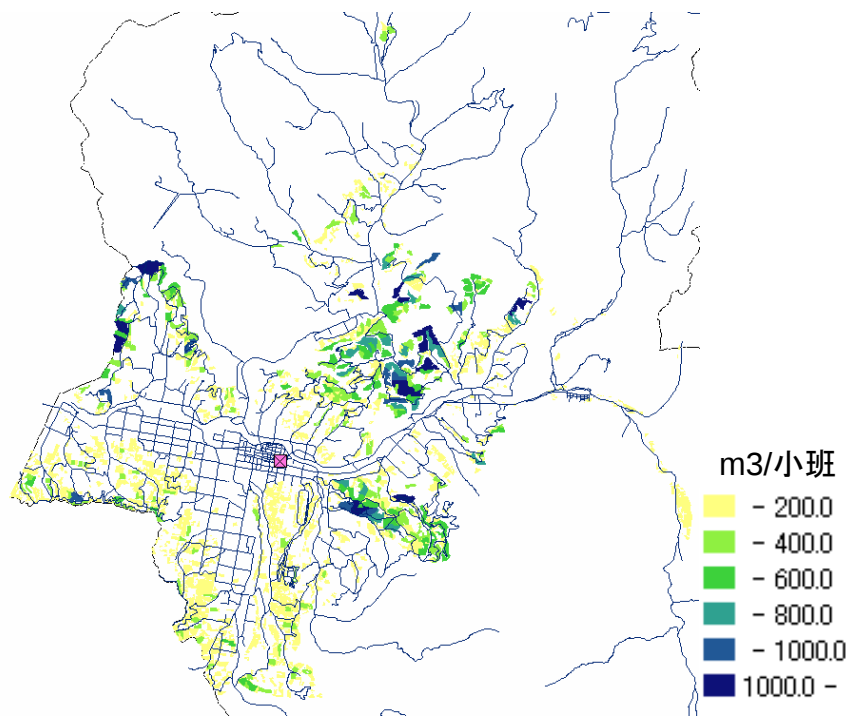


図 2-8 林地残材の小班別 60 年間累積量

なお、下川町では、平成 16 年の台風 18 号による風倒木被害の後に再植林を行ったため、これに関しては、補正を行っている。

2.3.2 ヤナギ

既存のヤナギ植栽地について、2.2.2 に示した方法と緩効肥料を与えた場合の成長速度から、年間のバイオマス発生量を計算した。

表 2-9 ヤナギ植栽地における成長量

名称等	kg/年
下川町ヤナギ見本園	521
下川町ヤナギ等早生樹見本園	419
北海道開発局	5,785
北海道開発局	2,952

また、道路脇に植えることを計画しているヤナギについて、下川町の市街地以外の道路脇に植えた際のバイオマス発生量を 2.2.2 に示した方法を用いて計算した。町内の全ての道路に一行ヤナギを植えた場合の年間成長量は、112 トン、市街地及び田畑を除いた場合は 98 トンとなる。

2.3.3 その他バイオマス資源

町内製材工場等で発生する資源量と用途を表 2-10 に示す。

表 2-10 町内製材端材工場等で発生する資源量と用途

発生場所	種別	発生量		用途
		(m3)	(ton)	
A工場	バーク（未粉碎）	500	120	酪農家
	バーク（粉碎）			
	オガコ	2,000	282	合板工場
	カンナコ			
	端材			
B工場	バーク（未粉碎）	84	20	燃料材（自家消費）
	バーク（粉碎）			
	オガコ	144	20	燃料材（自家消費）
	カンナコ			
	端材	39	8	燃料材（自家消費）
C工場	バーク（未粉碎）			
	バーク（粉碎）	4,927	1,138	酪農家、町堆肥施設等

	オガコ	5,789	816	酪農家
	カンナコ			
	端材	260	55	地域内消費
D工場	バーク（未粉碎）	6,900	1,649	燃料材
	バーク（粉碎）	5,474	1,264	地域内消費
	オガコ	20,736	2,924	酪農家、燃料材
	カンナコ	2,808	162	酪農家、燃料材
	端材チップ	960	202	地域内消費
F工場	バーク（未粉碎）	8,200	1,960	酪農家
	バーク（粉碎）			
	オガコ	1,060	149	茸栽培、酪農家
	カンナコ			
	端材			
H工場	バーク（未粉碎）			
	バーク（粉碎）			
	オガコ	11,500	1,622	素灰原料
	カンナコ	5,000	291	燃料材他
	端材	540	113	燃料材他
合計	バーク（未粉碎）	15,684	3,749	
	バーク（粉碎）	10,401	2,402	
	オガコ	41,229	5,813	
	カンナコ	7,808	453	
	端材	1,799	378	
	計	76,921	12,795	

出所：下川町木質バイオマス資源活用調査報告書（平成18年3月）

2.3.4 まとめ

検討したバイオマス資源について、賦存量を表 2-11 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を用いた。

表 2-11 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

製材工場端材の量が突出して高いが、これらは既に他の用途に使われているものである点に留意が必要である。

ヤナギについては、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変化する。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でバイオマス量が増加すると考えられるが、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。道路脇への植栽は、量としては、それほど大きくなりえないであろう。

ここに示した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。次章から、経済性に関する検討結果を示す。

第3章 未利用森林資源の収集システムの検討

本章では、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。

3.1 林業用機械の導入状況

下川町における林業用機械の整備の現状と将来の導入目標を表 3-1 に示す。伐倒機械については、現状で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する。

表 3-1 下川町における林業用機械の現状と導入目標

区 分		現 状	将 来
伐 倒		チェーンソー ハーベスタ	チェーンソー ハーベスタ フェラーバンチャー
造 材		チェーンソー ハーベスタ グラップルソー グラップル付トラック	チェーンソー ハーベスタ グラップルソー グラップル付トラック
集 材		スキッダ	スキッダ フォワーダ
造 林 保育等	地拵	チェーンソー スキッダ ブラッシュカッター	チェーンソー スキッダ ブラッシュカッター
	枝打	人力	人力 自動枝打機

(出所：下川町森林整備計画)

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表 3-2 に示すような、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。ヤナギ栽培を実施する上では、今後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。

表 3-2 ヤナギ収穫用機械

種類	写真	スペック	特徴
A.コーンハーベスタ		- 機種名：魚谷鉄工（株）UT-120K - サイズ：L×W×H＝5950×1860×4150 - 収穫能力：6t/h - エンジン出力：78kW（107ps）／2200rpm	- コンパクト、カッター強度高い（ヤナギ、鋼管） - 定価 UT-120K 2,400万円 UT-70K 1,800万円 - 収納袋 UT-120K用 45,000円／個 UT-70K用 35,000円／個 いずれも税抜き （参考 運搬費奈良発送 苫小牧港渡し約20万円）
B.デントコーンハーベスタ（コンバイン型）		- Claas Jaguar 900 - サイズ：L×W×H＝6431×2990×3728 - 収穫能力：不明 - エンジン出力：458kW（627hp）／1800rpm	- 欧米のSRCで多用されている - 日本の総代理店：国際農機（株）／札幌 - 右写真：コーンハーベスタアタッチメント - 価格は調査中。 
C.デントコーンハーベスタ（牽引型）		・調査中	- 試験刈り向き？ - 参考：中古2条刈りコーンハーベスタ価格：60万円

（出所：新たなバイオマス資源に関わる調査検討委員会中間報告資料）

3.2 未利用森林資源に対する需要量、価格等の推計

現在、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ならびに個別熱源システムの導入を検討している。以下に各システムの考え方を示す。

■ 地域熱供給システム

まとまって存在する複数の建物群に、一つの熱供給設備から配管を通して温水・蒸気・冷水などの熱媒を供給し、給湯・暖房・冷房・融雪などを行うシステム。下川町は夏期の冷房需要が小さいため、温熱供給のみ行うこととする。

■ 個別熱源システム

1つの建物に1つの熱供給設備を置き、各部屋の暖房・冷房を行うシステム。地域熱

供給システム同様、下川町においては温熱供給のみ行うこととする。

本節では上記 2 つのシステムについて、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）を算出する。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する。

なお本検討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する。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、ここでは考慮しないものとする。

3.2.1 モデル地域の木質バイオマス熱供給計画の概要

(1) 地域熱供給システム

図 3-1、表 3-3 に下川町における地域熱供給システム計画の概要、対象施設の熱需要ならびにチップ需要試算値を示す。本地域熱供給システムでは、半径 500m 以内に位置する公民館、役場、消防署、総合福祉センターの 4 施設に温熱を供給する。4 施設の熱需要は合計約 750 万 MJ、チップ需要は合計約 470 トンが見込まれる。



図 3-1 地域熱供給システム計画の概要

表 3-3 対象施設の熱需要・チップ需要（地域熱供給システム）

施設	熱需要(MJ)	チップ需要(t)	備考
4 施設合計	7,488,700	832	ボイラー効率 85%、チップ含水率 45%（発熱量 9.0MJ/kg）として試算。

(2) 個別熱源システム

表 3-4 に、個別熱源システム導入予定施設の概要を示す。特に高齢者複合施設である「あけぼの園」は熱需要が大きく、年間約 21 万ℓの重油を消費している。これは町内公共施設から排出される CO₂（電気使用分を除く）の約 20%を占めており、当該施設への木質チップボイラー導入による CO₂ 削減効果は大きい。

なお下川町内では、すでに「五味温泉」と「幼児センター」に木質チップボイラーが導入されており、年間約 325 トンの CO₂ 削減に寄与している。事業性評価については、これから導入を検討する「あけぼの園」ならびに「やまびこ学園」について行うこととする。

表 3-4 対象施設の熱需要・チップ需要（個別熱源システム）

	熱需要(MJ)	チップ需要(t)	備考
あけぼの園	8,367,400	930	ボイラー効率 85%、チップ含水率 45% (発熱量 9.0MJ/kg) として試算。 チップボイラー導入済
やまびこ学園	2,825,900	314	
五味温泉	742,900	825	
幼児センター	602,663	67	

3.2.2 事業性評価

(1) 各種前提条件

表 3-5 に、事業性評価に用いた各種前提条件を示す。チップ発熱量については、平均的なチップ含水率として 45%（ウェットベース）を採用した。重油価格については、近年の不安定なエネルギー情勢により苦慮するところであるが、ここでは OPEC の主張する適正原油価格 75 ドル/バレルを採用し、過去の実績から原油価格 75 ドル/バレル時の重油価格を読み取り、75 円/ℓとした。

表 3-5 事業性評価に用いた各種前提条件

項目	設定値	備考
重油発熱量 (MJ/ℓ)	39.1	出所：総合エネルギー統計 2007
チップ発熱量 (MJ/kg)	9.0	含水率 45%に設定 ^{*1}
ボイラー効率	85%	一般的なボイラー効率を採用
重油価格 (円/ℓ)	75	原油価格 75 ドル/バレル時の実績重油価格 ※OPEC の主張する適正価格に準拠
イニシャル設備コスト補助率	50%	各種補助政策の一般的補助率を採用
投資回収年数	15 年	一般的な機器耐用年数を採用

出所) *1: 岩手・木質バイオマス研究会 (<http://wbi.main.jp/web/7/7.htm>)

(2) イニシャル・ランニングコスト

表 3-6、表 3-7 に、各システムのイニシャルコストならびにランニングコストを示す。過去の事例を参考に、地域熱供給システムについては総事業費 2 億 5000 万円（うちボイラー・配管等の設備費は 1 億円）、個別熱源システムについては総事業費 7000 万～1 億円（うちボイラー等設備費は 3200～4200 万円）に設定した。両システムとも、熱需要の 20%をバックアップボイラーで賄うこととし、またメンテナンス費は設備費の 2%に設定した。システムの運用は現場職員が兼務することとし、新たな人件費は計上していない。

表 3-6 地域熱供給システムのコスト設定

項目	設定値		備考
イニシャルコスト (千円)	ボイラ等設備費	100,000	各種事例を参考に設定
	工事費	150,000	
ランニングコスト (千円)	バックアップボイラー 用燃料費（重油）	3,380	熱需要の 20%をバックアップ重油ボイラーでまかなうと想定 ※20%は「下川町環境モデル都市提案書」を参考に設定
	メンテナンス費	3,000	設備費の 2%に設定
	人件費	0	現場職員が運用すると想定

表 3-7 個別熱源システムのコスト設定

項目	設定値			備考
イニシャルコスト (千円)	ボイラ等 設備費	やまびこ学園	32,000	下川町地域新エネルギービジョン策定等事業による試算値を参考に設定。
		あけぼの園	42,000	
	工事費	やまびこ学園	38,000	
		あけぼの園	58,000	
ランニングコスト (千円)	バックアップボイラー 用燃料費（重油）		やまびこ学園 1,275 あけぼの園 3,776	熱需要の 20%をバックアップ重油ボイラーでまかなうと想定 ※20%は「下川町環境モデル都市提案書」を参考に設定
	メンテナンス費		やまびこ学園 640 あけぼの園 840	設備費の 2%に設定
	人件費		0	現場職員が運用すると想定

(3) 事業性評価結果（地域熱供給）

図 3-2、表 3-8 に地域熱供給システムにおける、熱販売価格別・原料価格別の投資回収年数を示す。熱販売価格については、15 年で投資回収するためには 2.0 円以上に設定することが一つの目安となるという結果を得た。需要端限界価格（事業成立に必要なチップ価格）については、熱販売価格 2.0 円/MJ の場合は 1,000 円/m³、2.5 円/MJ の場合は 4,000 円/m³となり、熱販売価格がその値に大きく影響する。

なお、滋賀県高島市で実稼動している木質チップボイラーによる地域熱供給事業では、基本料金 12 万円/月、従量料金約 2.3 円/MJ で熱を販売しており、本検討結果と近い熱販売価格を設定している。

また、(社)日本熱供給事業協会により発表されている、北海道地域の熱平均単価は、温水で供給した場合 3.96 円/MJ、蒸気で供給した場合 4.23 円/MJ となっており、本結果で示した 2 円前後の価格は十分この条件を満たしている。しかしながら、この熱平均単価は比較的大規模な地域熱供給事業者を対象に算出されたものであり、参考値として使用する際には注意が必要である。

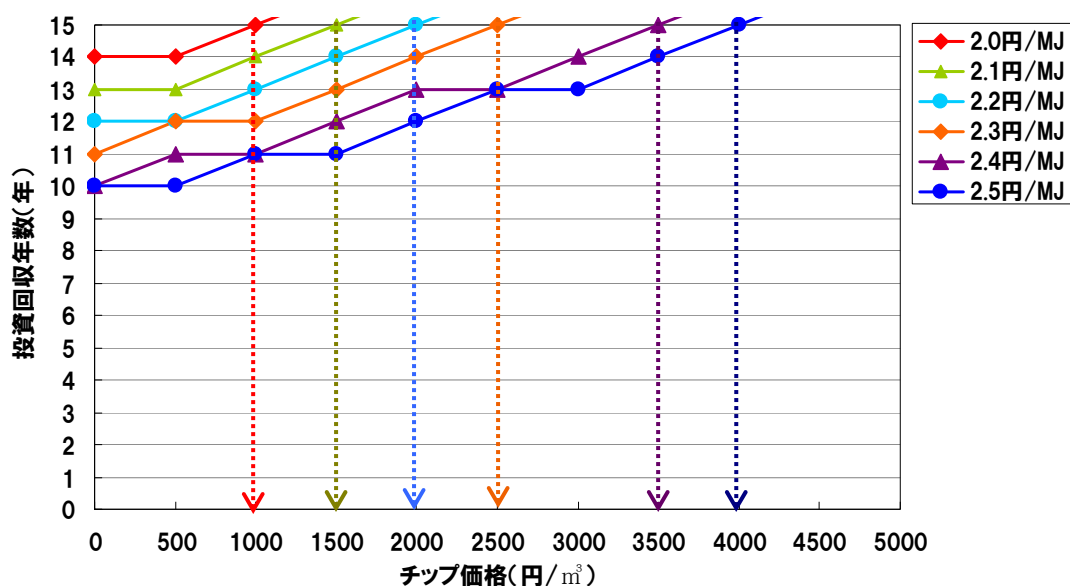


図 3-2 熱販売価格別・原料価格別の投資回収年数

表 3-8 熱販売価格別の需要端限界価格

熱販売価格	需要端限界価格
2.0 円/MJ	1,000 円/m ³
2.1 円/MJ	1,500 円/m ³
2.2 円/MJ	2,000 円/m ³
2.3 円/MJ	2,500 円/m ³
2.4 円/MJ	3,500 円/m ³
2.5 円/MJ	4,000 円/m ³

(4) 事業性評価結果（個別熱源）

図 3-3、表 3-9 に個別熱源システム（あけぼの園、やまびこ学園）における、原料価格別の投資回収年数を示す。原料価格が高くなるほど投資回収年数が長くなる。

需要端限界価格について、やまびこ学園の場合 3,000 円/m³、あけぼの園の場合 4,500 円/m³という結果を得た。

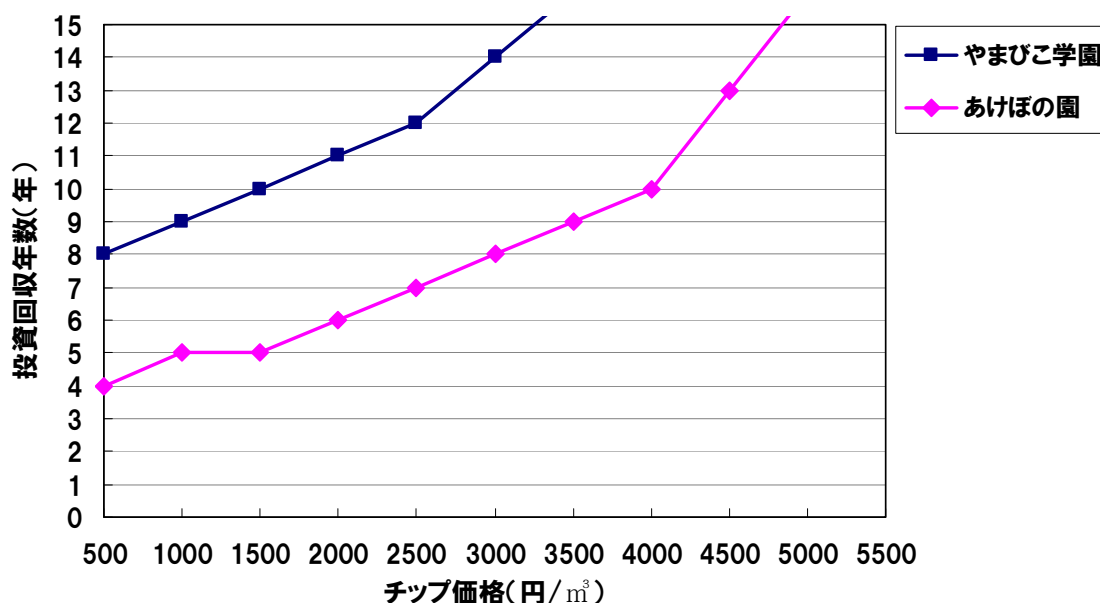


図 3-3 原料価格別の投資回収年数

表 3-9 施設別の需要端限界価格

施設	需要端限界価格
やまびこ学園	3,000 円/m ³
あけぼの園	4,500 円/m ³

3.2.3 事業性評価結果まとめ

本節の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 2.0 円以上に設定することが一つの目安となるという結果を得た。
- 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という結果を得た。
- 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という結果を得た。

3.3 対象地域の区分の検討

ここでは、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う。なお、検討は小班単位にて実施する。

3.3.1 利用データ整備及びパラメータ設定

木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルでは、路網データ、地形データ（傾斜度）、使用機械のコストパラメータを設定することにより、伐倒、造材、集材、運搬、チップ化の各工程におけるコストを算出する。本検討では、未利用森林資源の収集コストの算出を目的とすることから、集材、運搬、チップ化の各コストを検討対象とする。表 3-10 に各施業工程の定義を示す。また、表 3-11 に本検討で使用したデータ及びパラメータの一覧を示す。

表 3-10 施業工程の定義

工程	定義
伐倒	林地で立木を切り倒す作業。
造材	伐倒した木の枝等を払う「枝払い」、決められた長さの丸太に切断する「玉切り」作業。伐倒時に林地で実施する場合と、集材後に土場で実施する場合とがある。
集材	伐倒された材、造材された丸太等を林道脇等の 1 箇所に集める作業。集積された場所を「土場」と呼ぶ。
運搬	土場に集積された丸太、未利用残材等を収集地点に運ぶ作業。土場における集積、運搬機械への積み込みも含む。
チップ化	チップパー等により残材等をチップに加工する作業。

表 3-11 未利用森林資源収集コスト計算における使用データ一覧

使用データ	入手元
森林簿データ	下川町
路網データ	数値地図 25000（空間基盤） 下川町（国道、町道、道道、林道）
路網延長	路網データより作成
地形データ	数値地図 25000（空間基盤）より作成
使用機械及びコストパラメータ	下川町及び各種文献

以下に、各データ及びパラメータの具体的な内容を示す。

(1) 森林簿データ

森林資源量及び収集コストの検討単位として、下川町より提供された小班ごとの GIS データを使用した。図 3-4 に対象とする小班を示す。

(2) 路網データ

国土地理院発行の数値地図 25000（空間基盤）に含まれる道路データを基本とし、下川町より提供された国道、町道、道道、林道データを接続した。なお、数値地図 25000 の道路データのうち、幅員 1.5m 未満の道路については、運搬用トラック等の通行が困難と思われるため除外した。図 3-4 に対象とする路網を示す。

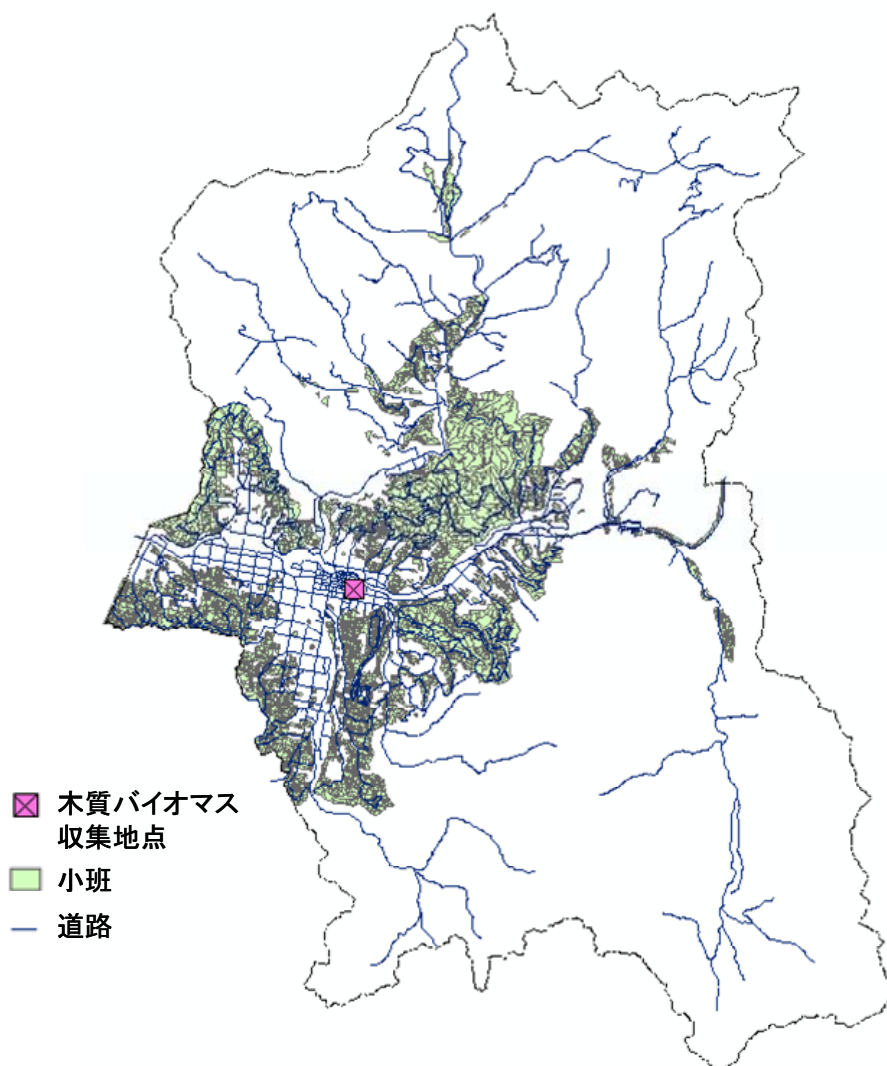


図 3-4 小班及び路網データ

(3) 路網延長データ

道路脇への植栽を想定するヤナギの収集コスト算定においては、50m メッシュ路網延長データを使用した。路網延長は、下川町を含む 50m 四方の格子データ（メッシュ）を作成し、各メッシュに含まれる路網延長を算出することで作成した。路網としては、図 3-4 に示す路網データを使用した。図 3-5 に作成した路網延長データを示す。

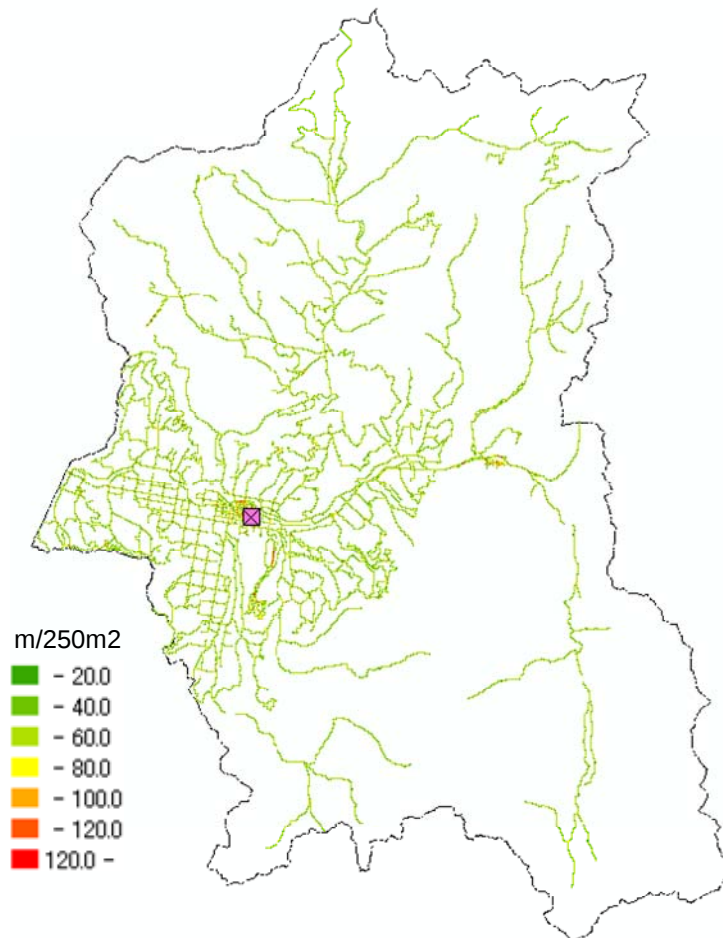


図 3-5 路網延長データ

(4) 地形データ

国土地理院発行の数値地図 25000(空間基盤)に含まれるメッシュ標高データを基に、ArcGIS9.1 を用いて 50m メッシュの傾斜度データを作成した。図 3-6 に下川町周辺の傾斜度データを示す。これを基に、各小班における平均傾斜度を算出した。図 3-7 に作成した小班の平均傾斜度データを示す。

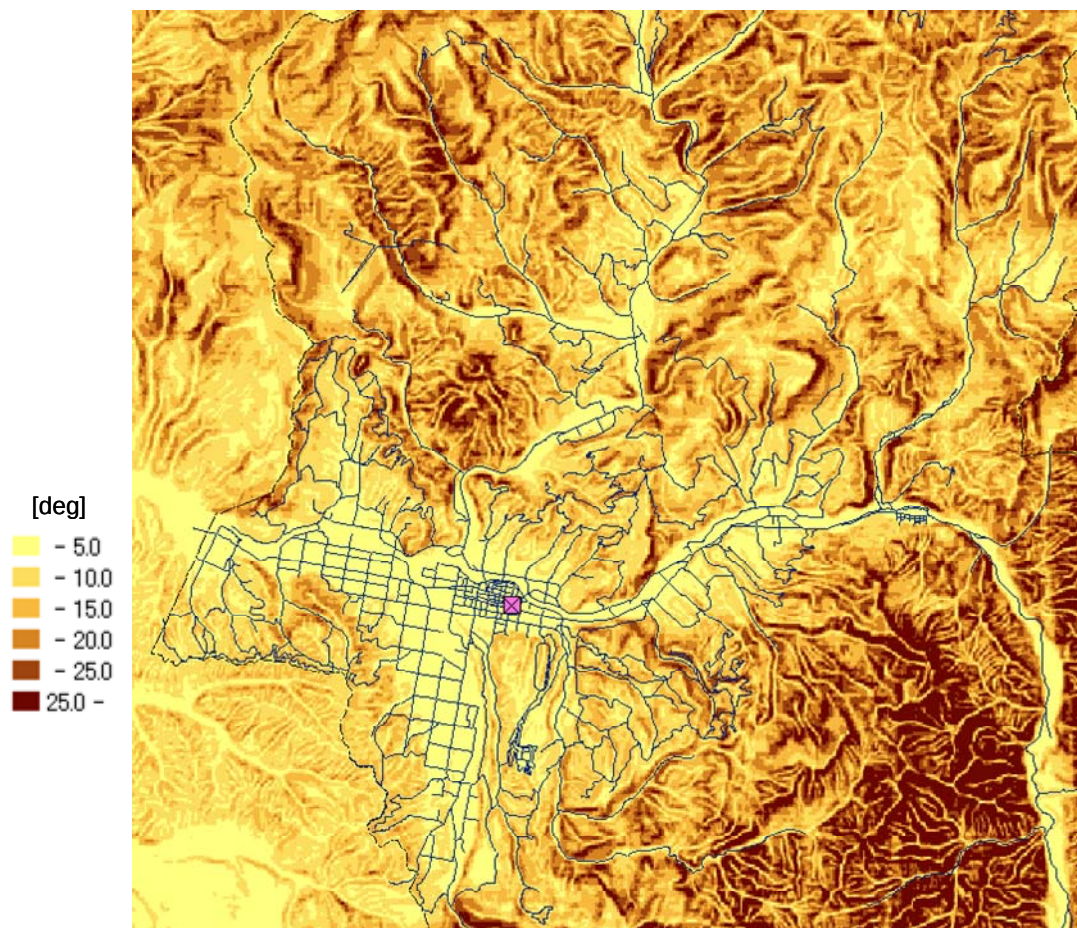


図 3-6 下川町周辺の傾斜度

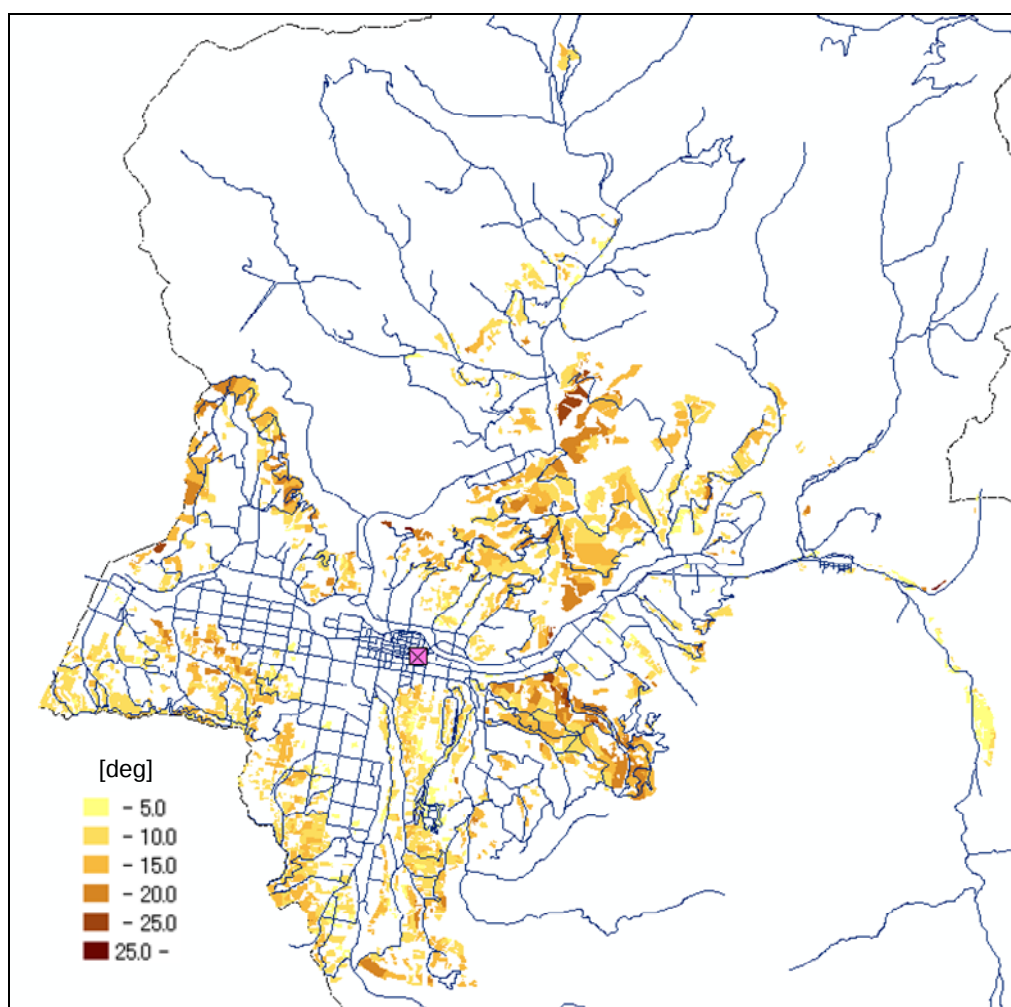


図 3-7 小班における平均傾斜度

(5) 使用機械及びコストパラメータ

本検討において想定する使用機械は以下の通りである。各機械における導入コスト、補助額、燃料費、消耗品費、性能等のコスト因子に関する情報は下川町より提供されたものを用いると共に、各種文献等より収集した。

表 3-12 使用機械

工程	機械種類
集材	スキッダ
運搬	10t トラック(グラップル付)
チップ化	中型チップパー

なお、下川町においては、運搬機械として 11t トラック（グラップル付）を導入しているが、木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルにおいては、運搬可能量及び生産性等のパラメータとして 10t トラックの値を使用し、初期導入コスト等、下川町より提供された情報についてはそれを反映することでパラメータを設定した。

3.3.2 コスト計算結果

ここでは、木質バイオマス利用ポテンシャル評価モデルを用いた、未利用森林資源の収集コストの試算結果を示す。

(1) 未利用森林資源収集シナリオの検討

未利用森林資源を利活用する場合には、搬出間伐及び主伐時に全木集材を実施し、土場にて造材を行うことで、土場に枝葉や不良材等の未利用資源を集積させることが望ましい。2 章で示したように、本検討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する。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がかかる。図 3-8 に、収集コストの考え方を示す。ここでは、各小班につき 1 箇所の土場を想定し、小班中心から最寄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おり、土場における残材の集積はグラップルにて行うことを想定し、それにかかるコストについても運搬コストの中で考慮した。

なお、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、集材コストが安価であることが重要であることから、後述する地域区分の検討において集材コストを考慮することとする。ここでは、集材機械としてスキッドを用いることを仮定し、集材コストを算出した。

林地残材については、2 章で示したとおり除伐（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、今回の検討から除外した。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はありうる。

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。本検討では、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。

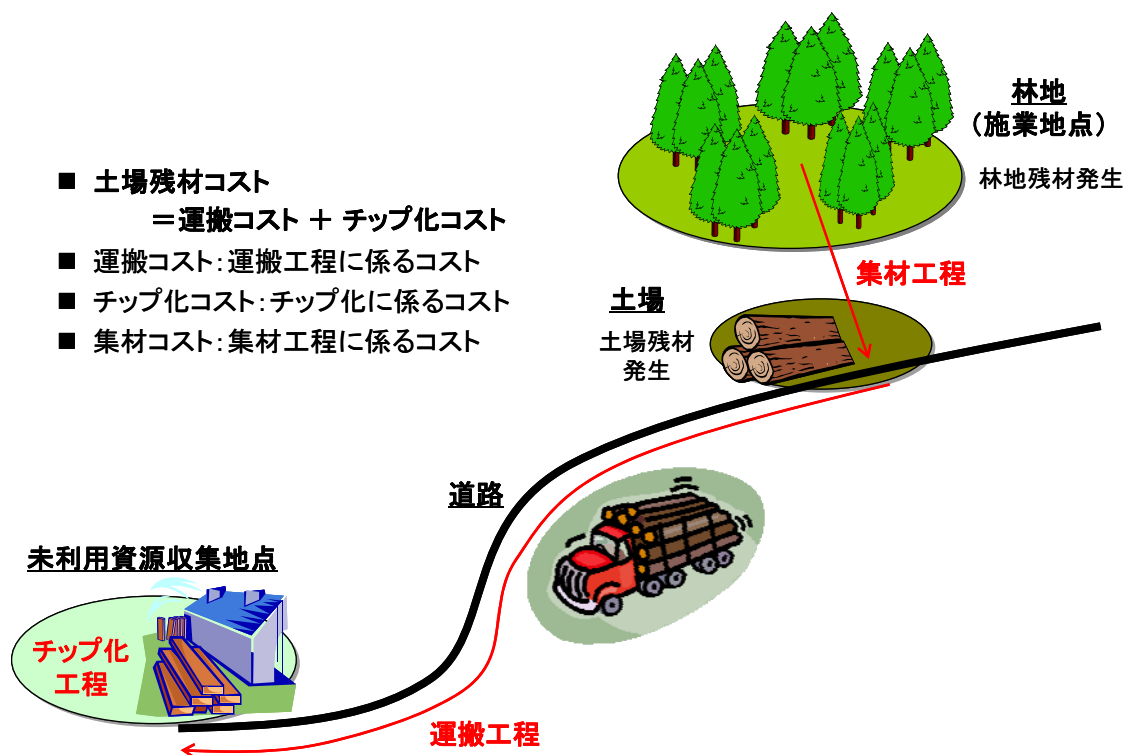


図 3-8 収集コストの考え方

(2) 収集コスト計算結果

図 3-9 に、各小班における土場残材の収集コストを示す。また、図 3-10 に収集コスト別の土場残材収集可能量を示す。これは、2 章に示した 60 年間における土場残材発生量を基に算定した。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。

また、図 3-11 に各小班における集材コストを示す。集材コストは、図 3-11 に示す集材距離（小班中心から最寄の道路までの距離）及び傾斜度に依存した分布となっている。

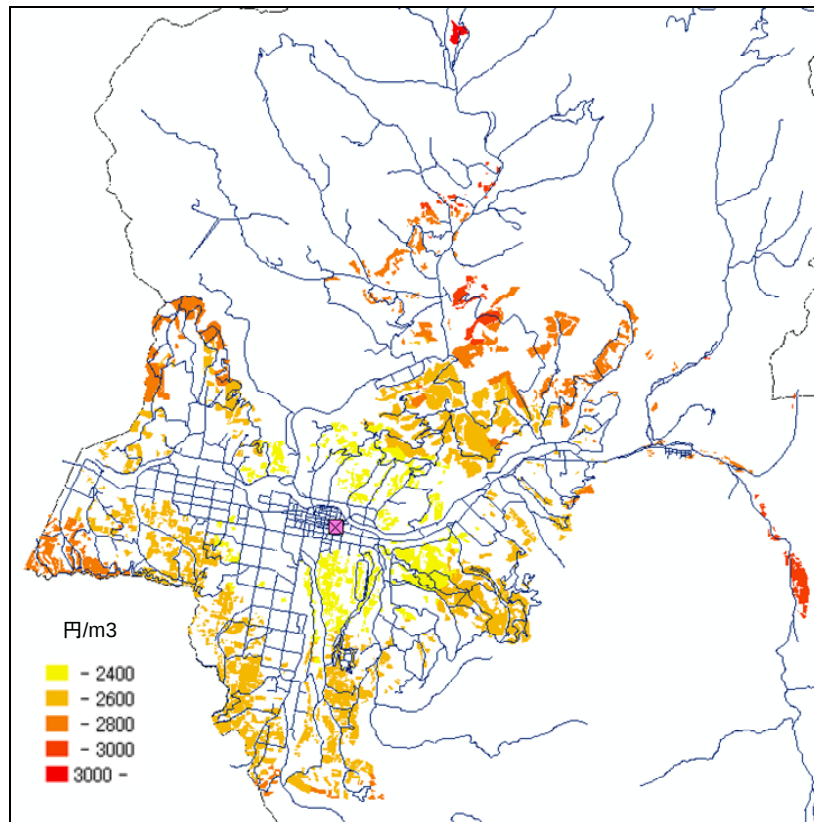


図 3-9 土場残材収集コスト（運搬コスト+チップ化コスト）

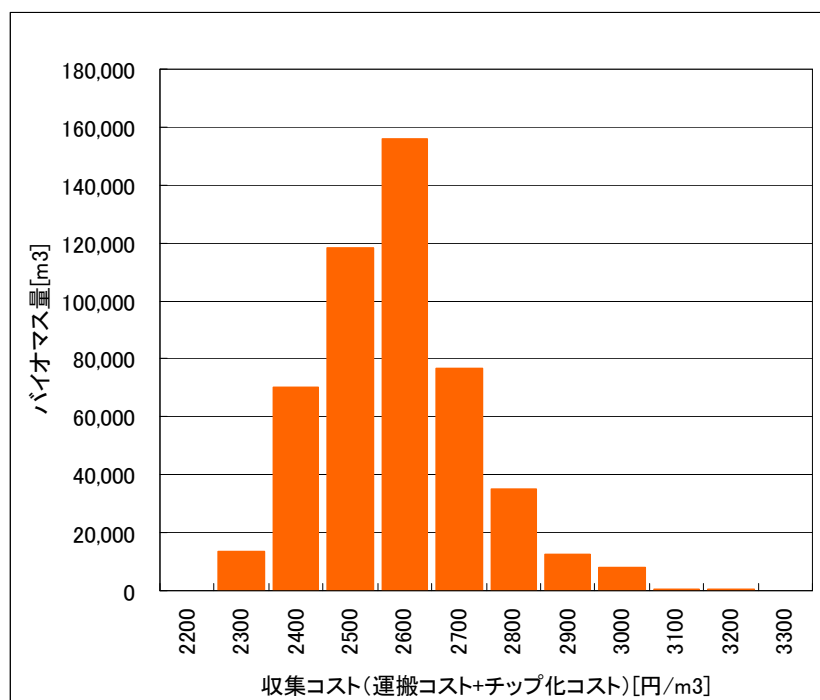


図 3-10 収集コスト別土場残材収集可能量（60 年間）

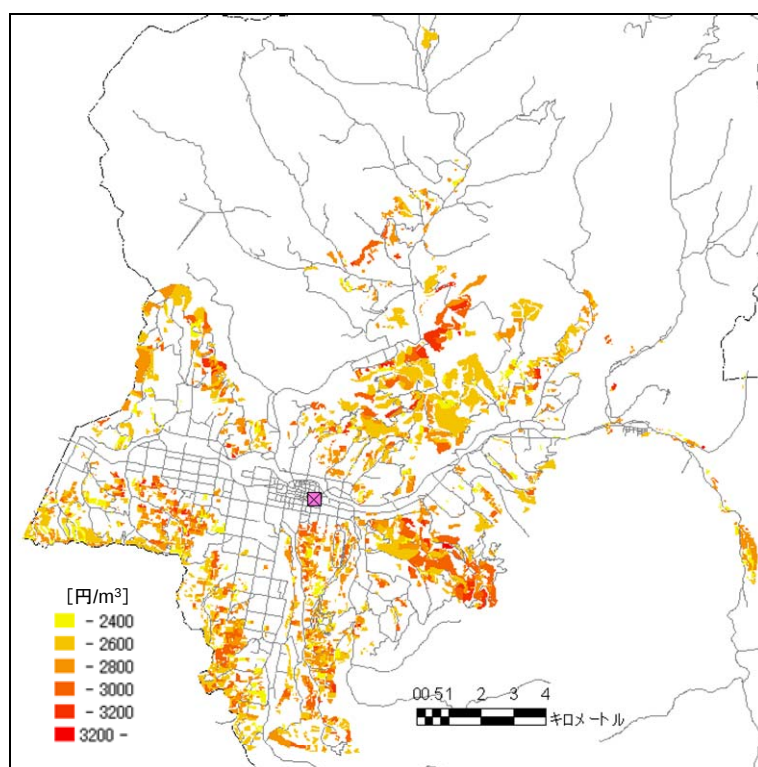


図 3-11 集材コスト

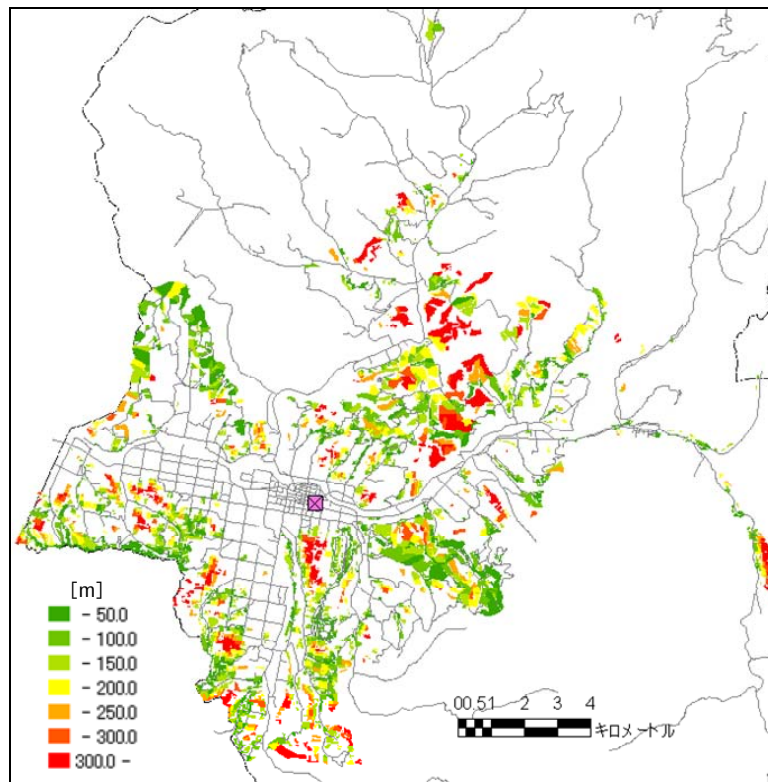


図 3-12 集材距離

また、図 3-13 にヤナギ収集コスト分布、図 3-14 に収集コスト別のヤナギ収集量（1 年間）を示す。

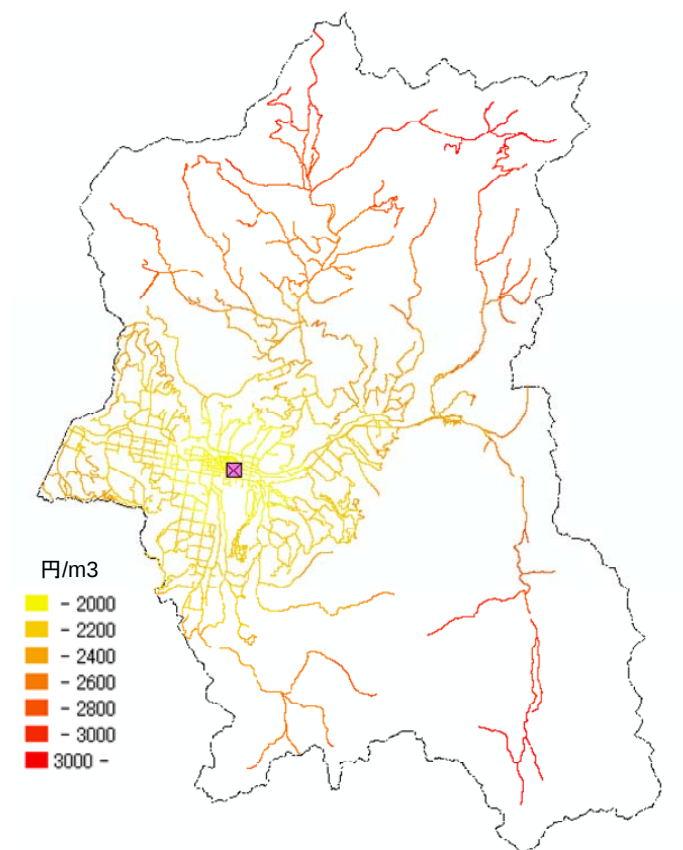


図 3-13 ヤナギ収集コスト

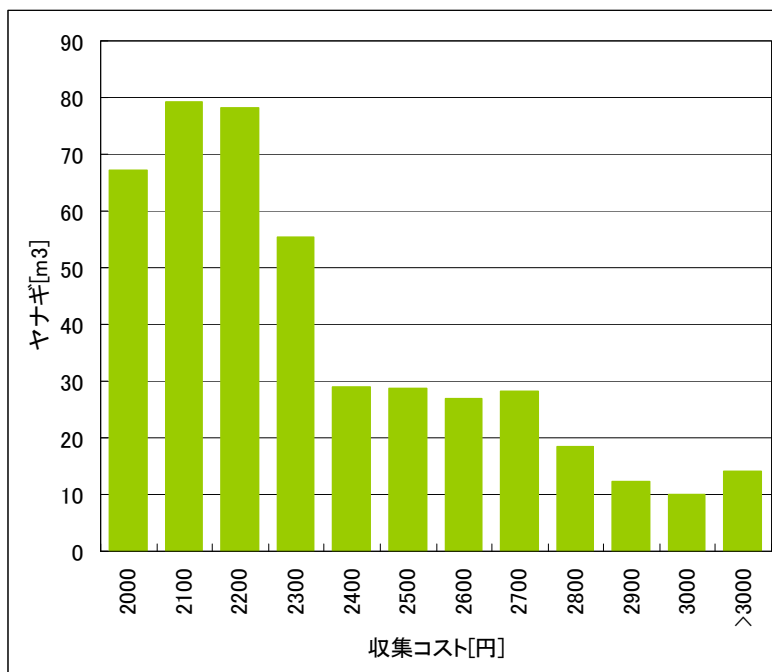


図 3-14 収集コスト別ヤナギ収集可能量（1 年間：町内全道路長を対象）

（3）需給マッチング分析

3.2 にて検討した地域熱供給システム及び個別熱源システムにおける需要、事業性評価結果と、未利用森林資源収集可能量及び収集コストから、需給バランスの評価を行う。

3.2 の検討結果より、原料コストとして、地域別供給システムについては、熱販売価格の設定により 1000～4000 円/m³、個別熱源システムについては、3000 円/m³ 及び 4500 円/m³ と試算された。ここで、原料コストは、（未利用資源）収集コストと同義である。また、チップ需要としては、地域熱供給システムについては 832t（約 2,200m³）、個別熱源システム（あけぼの園及びやまびこ学園）については合わせて 1,244t（約 3,300m³）と試算された。

一方、土場残材の収集可能量については、収集コスト 3,500 円以下であれば全小班で発生する土場残材を収集可能であり、3,000 円以下とした場合においても 99%以上の土場残材を収集可能である。図 3-15～図 3-17 に収集コスト別の土場残材収集可能量の 60 年間の推移を示す。これより、現状の林齢構成の影響により、収集可能量の年毎の差が大きいことがわかる。

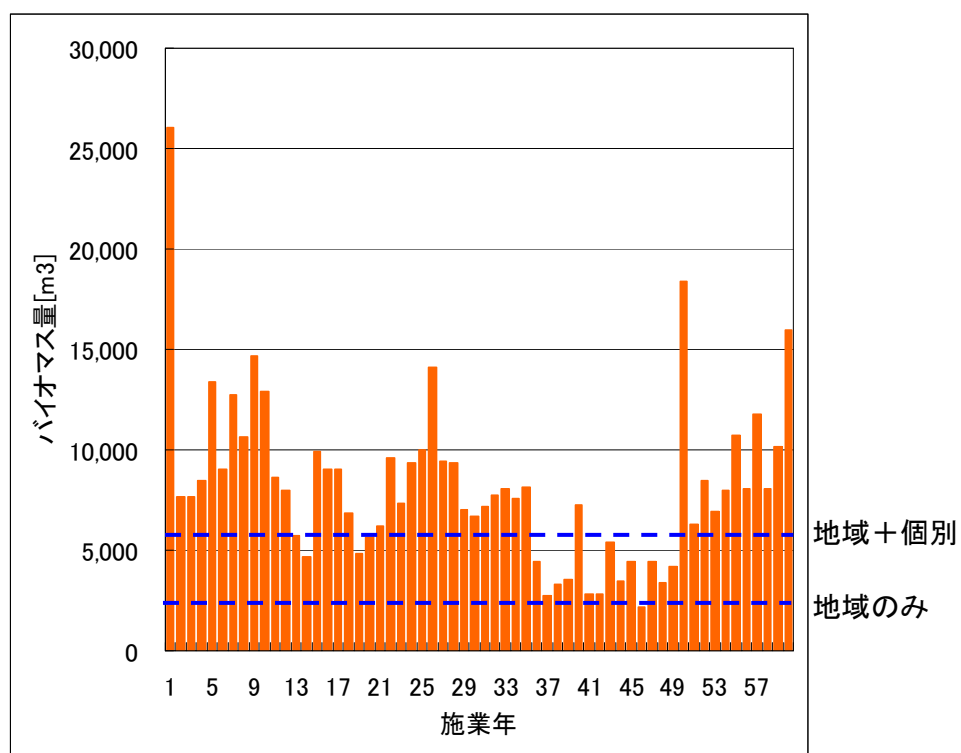


図 3-15 収集コスト 3500 円以下の場合の土場残材収集可能量

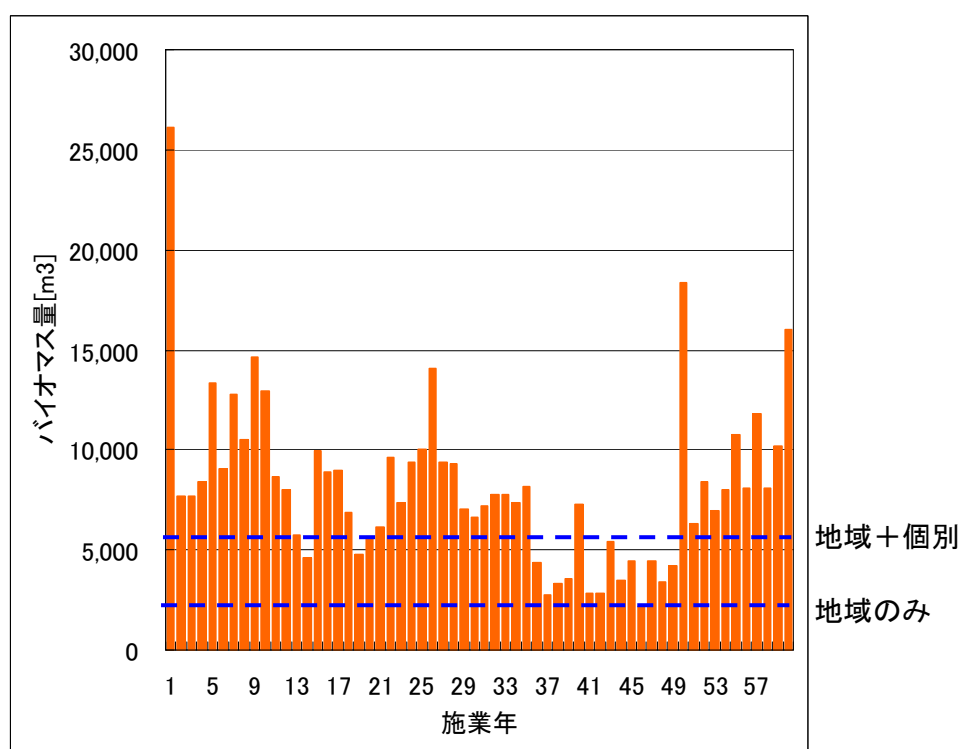


図 3-16 収集コスト 3000 円以下の場合の土場残材収集可能量

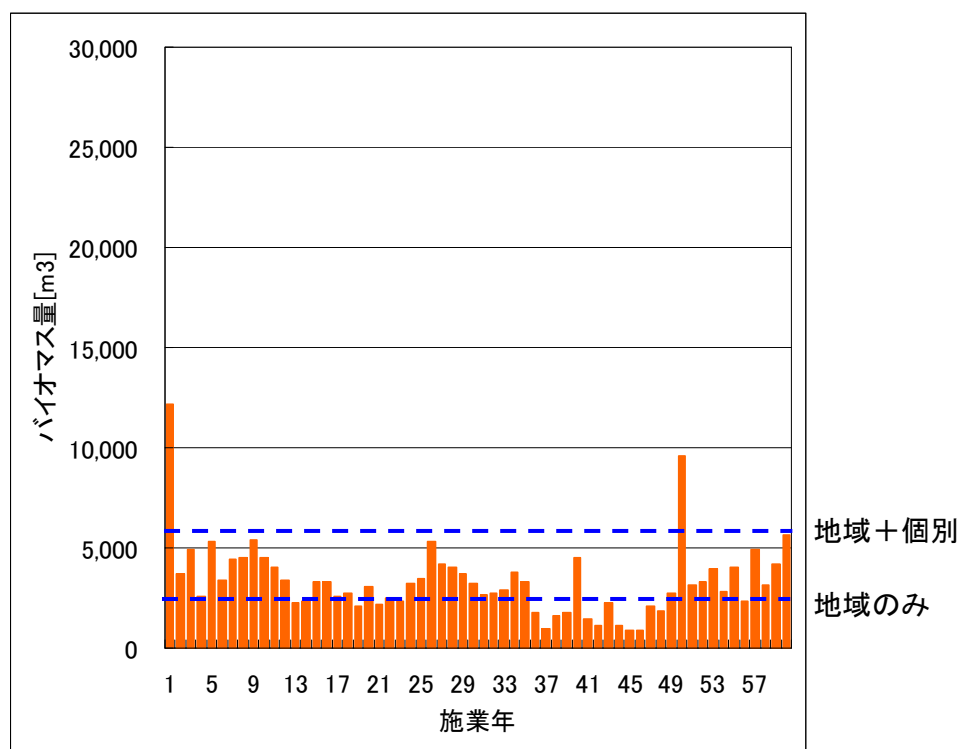


図 3-17 収集コスト 2000 円以下の場合の土場残材収集可能量

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。しかしながら、供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言い難い。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年発生することから、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。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、道路脇の植栽列の増加、一定規模のヤナギ用植栽地の確保が必要である。

3.3.3 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する。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、集材コストの低コスト化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 3-18 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 3-18 地域区分の考え方

森林資源量及び集材コストの区分の閾値としては、全小班の平均値を用いた。図 3-19 に地域区分の考え方に基づく、小班の分類を示す。また、図 3-20～図 3-23 に各カテゴリの小班の分布を示す。

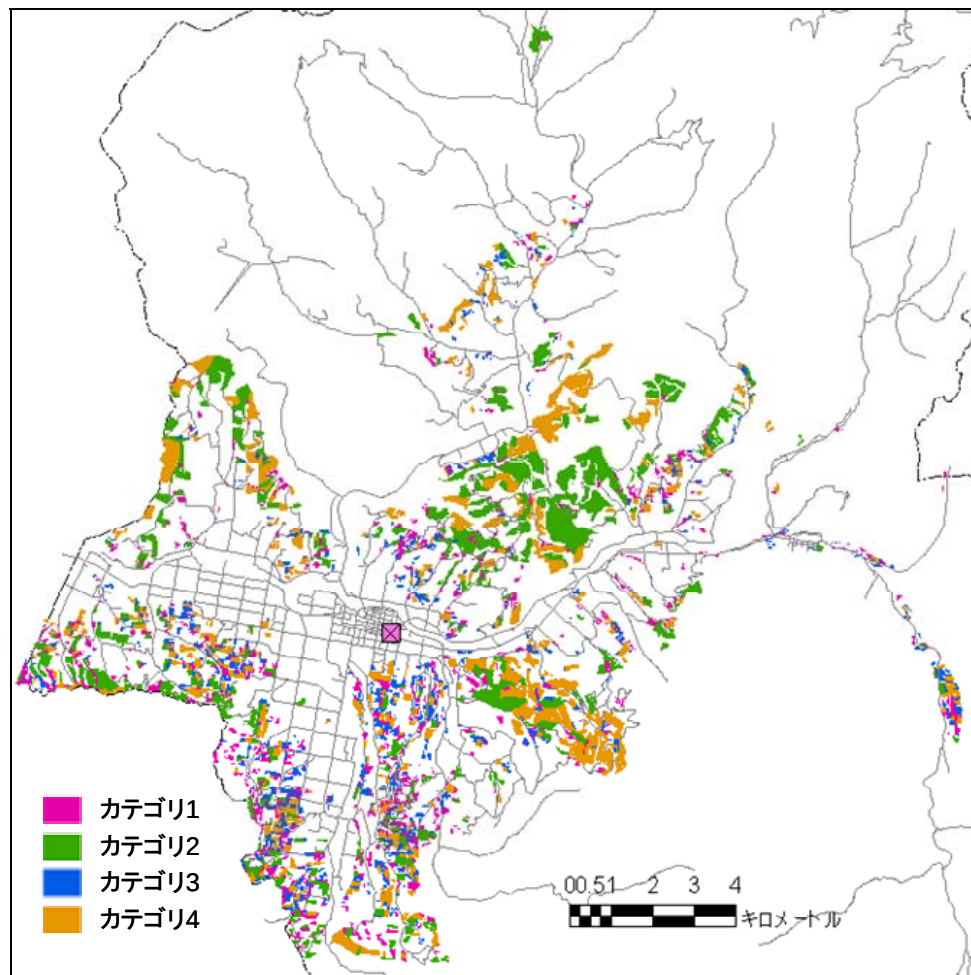


図 3-19 集材コスト及び土場残材賦存量による地域区分

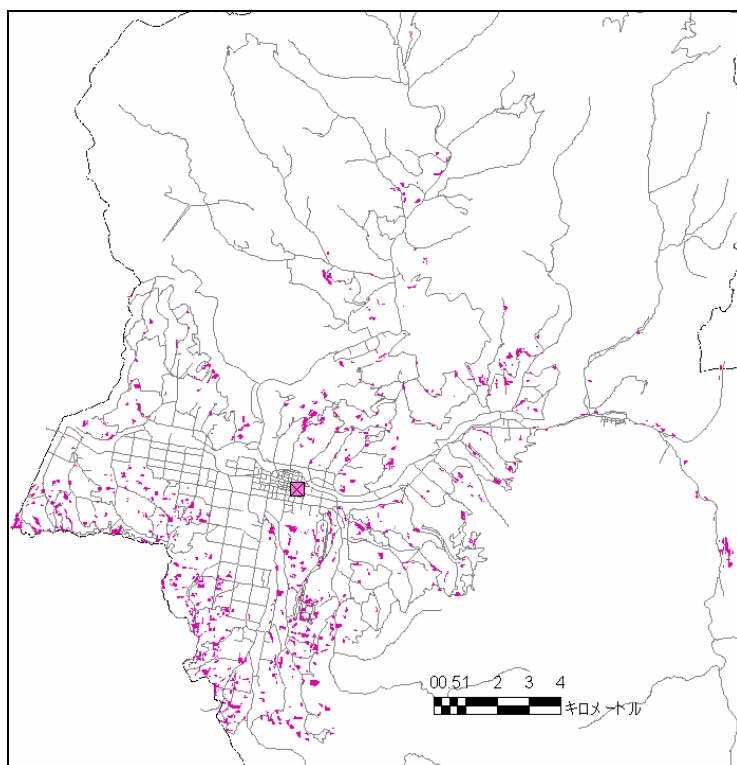


図 3-20 カテゴリ 1 の分布

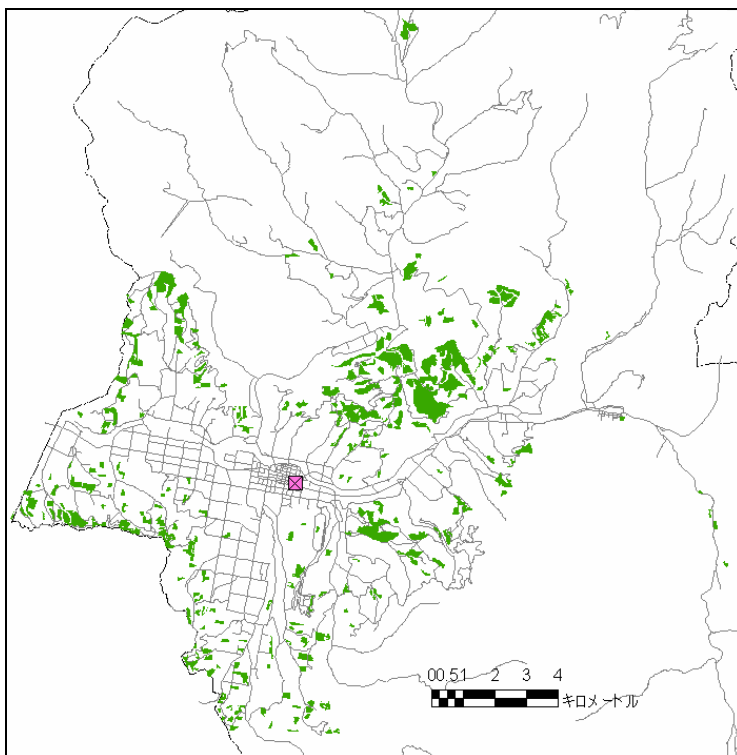


図 3-21 カテゴリ 2 の分布

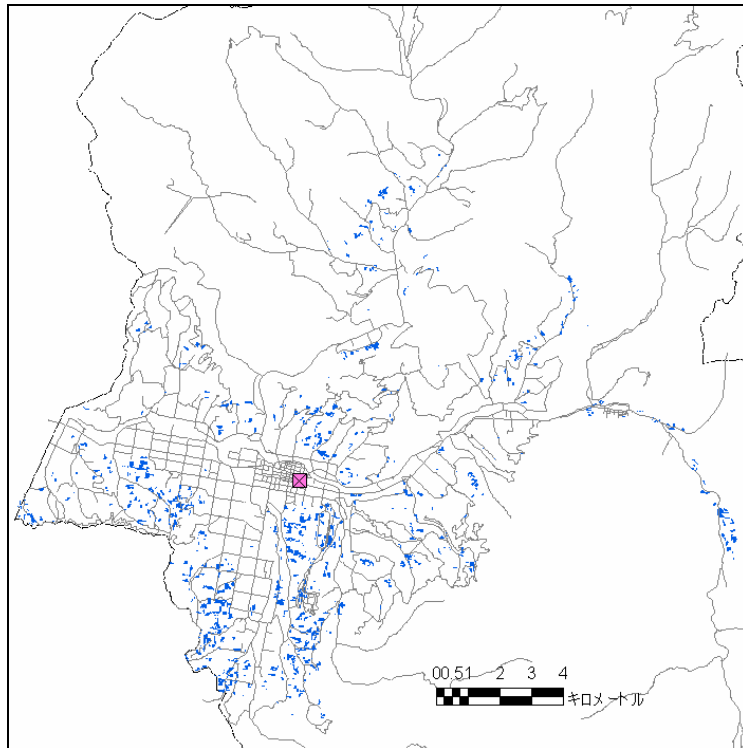


図 3-22 カテゴリ 3 の分布

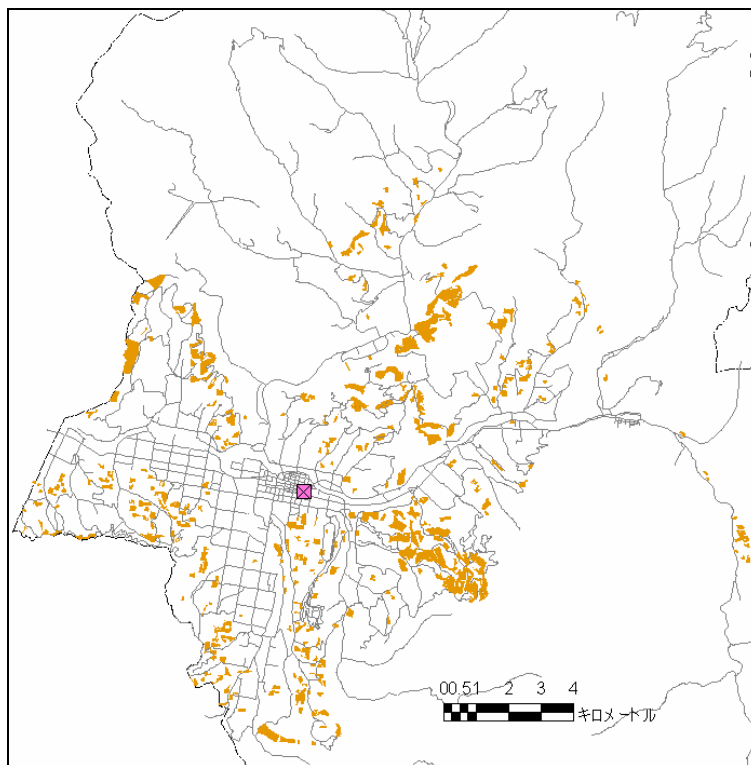


図 3-23 カテゴリ 4 の分布

以上の小班の分類を基に、未利用森林資源収集を想定した地域区分を行った。

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3-24に示す。

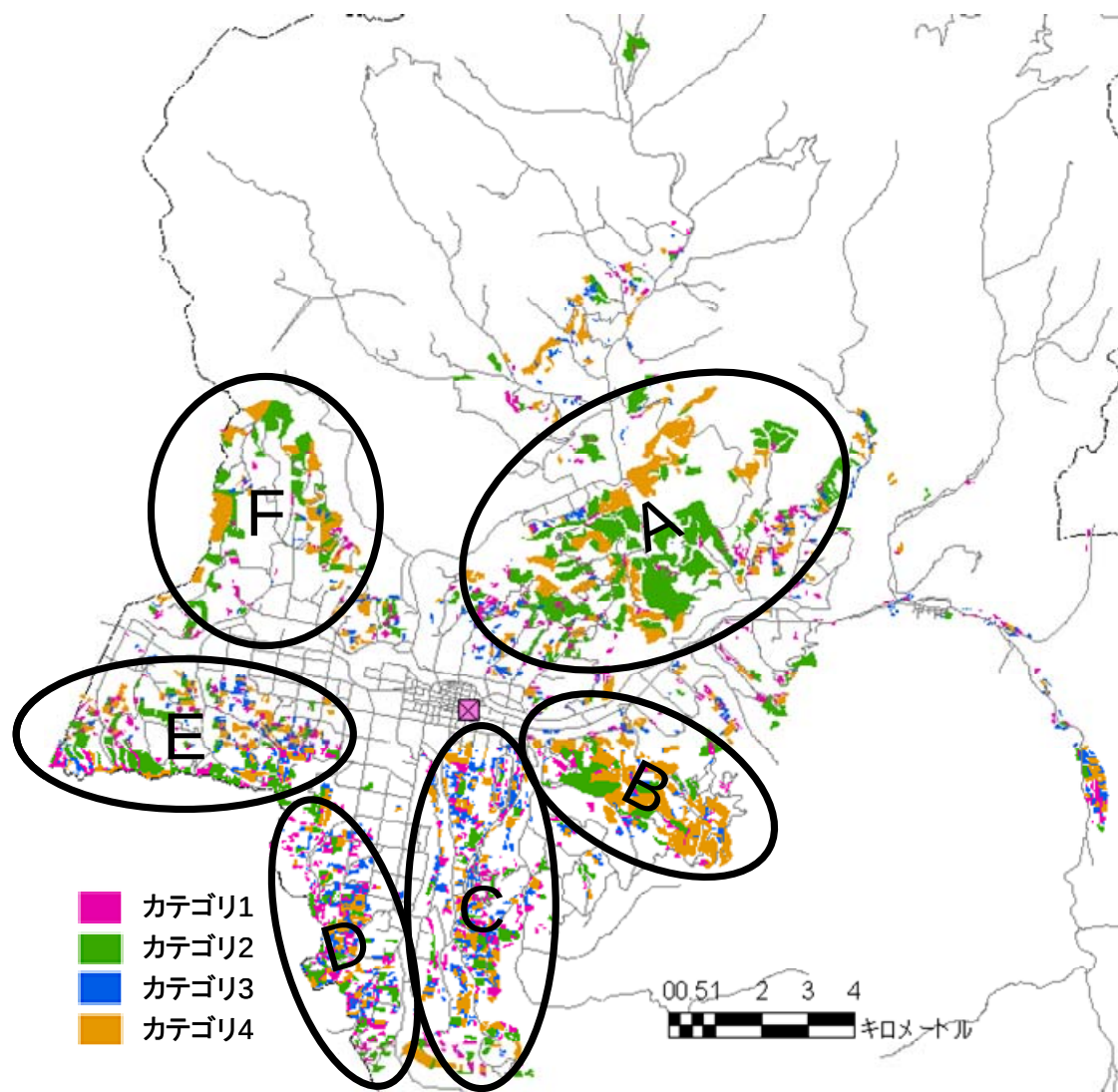


図 3-24 未利用森林資源収集を想定した地域区分

以下に、各地区の特徴を示す。

■ 地区 A

資源量が多くかつ集材コストが安価なカテゴリ 2 に分類される小班が多く分布している。資源量については、小班規模が大きいことから、1 回の施業における残材の発生量が多くなる。他の地区と比較しても残材発生量の多い地区であり、今後優先的に残材の収集を実施すべき地域と言える。また、集材距離が長い小班が多く分布しているものの、一部地域を除き地形がそれほど急峻でないことから、集材コストが比較的安価に抑えられている。

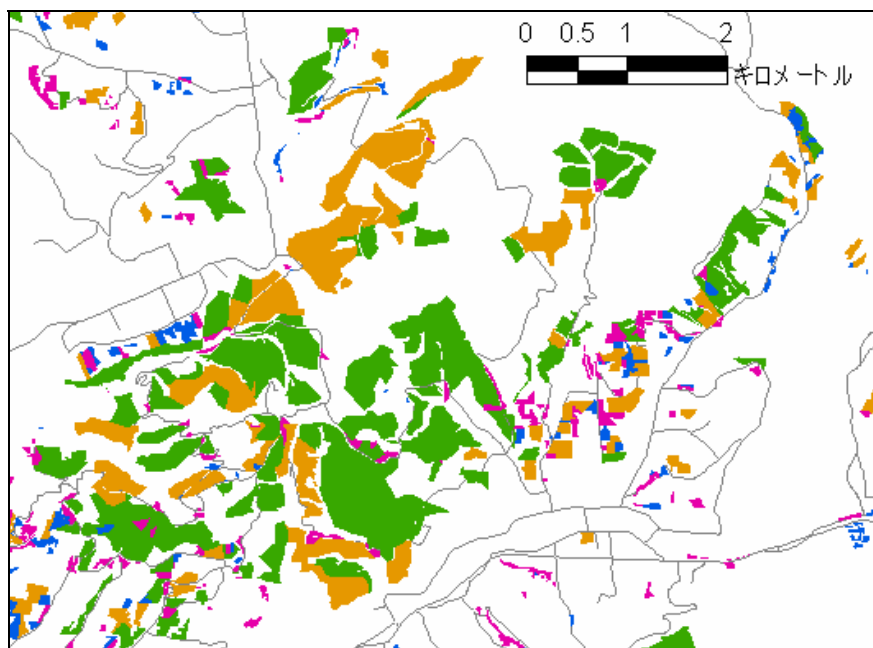


図 3-25 地区 A

■ 地区 B

資源量が多くかつ集材コストも高価なカテゴリ 4 に分類される小班が多く分布している。地区 A と同様、小班規模が大きいことから、1 回の施業における残材発生量が多くなる。一方、本地域は集材距離が短い小班が多いものの、地形が急峻であることから、集材コストが高価になっている。

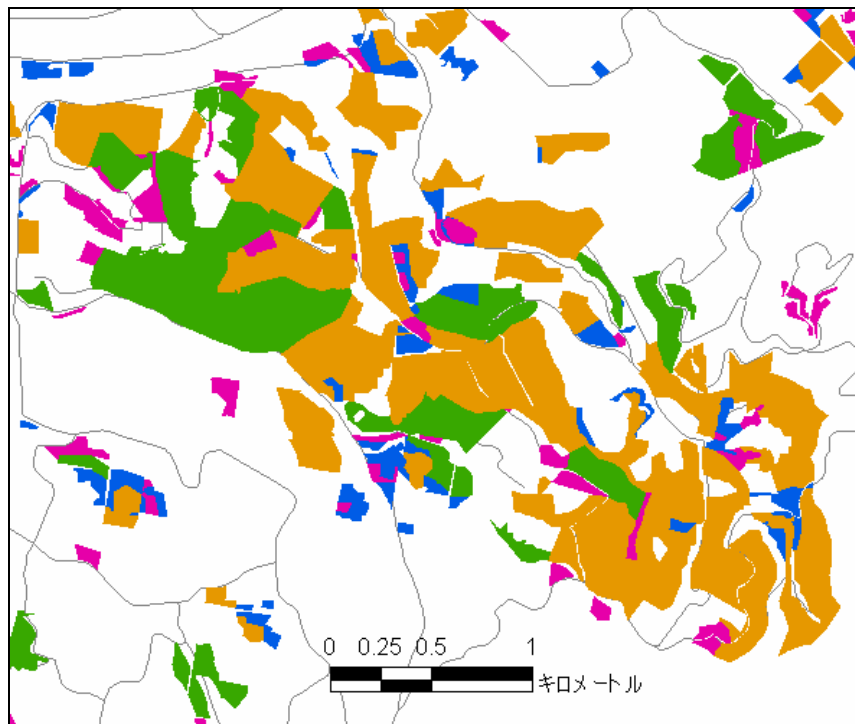


図 3-26 地区 B

■ 地区 C

資源量が少ないカテゴリ 1、3 に分類される小班が多く分布している。小班規模が小さく、1 回の施業により発生する残材が少なくなる。地形は全般的に緩やかであるが、一部の急傾斜地や集材距離が長い地域において集材コストが高価になっている。

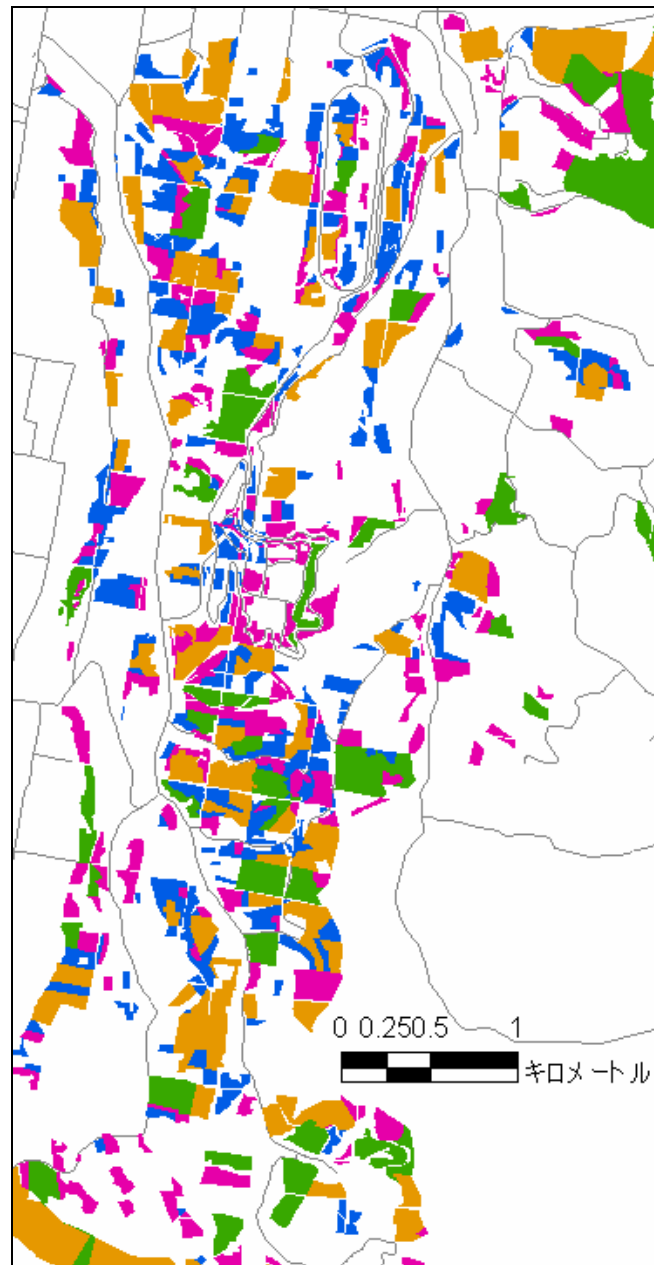


図 3-27 地区 C

■ 地区 D

地区 C と同様、資源量が少ないカテゴリ 1、3 に分類される小班が多く分布している。地形は全般的に緩やかであるが、集材距離が長い地域において集材コストが高価になっている。

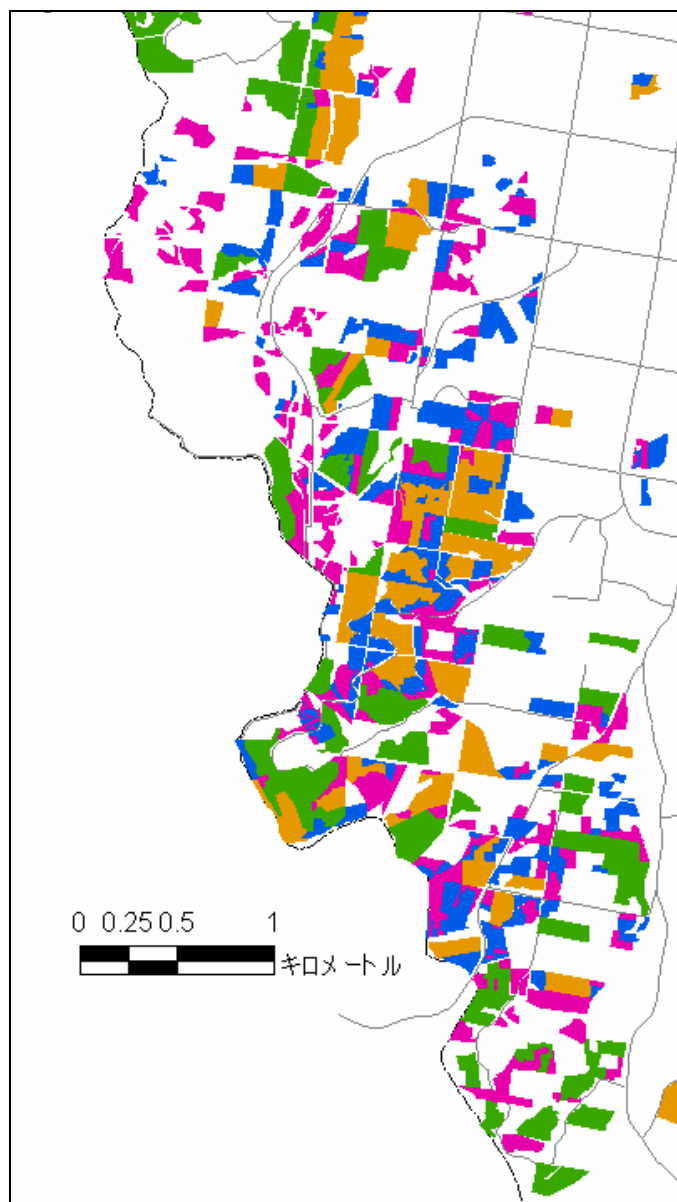


図 3-28 地区 D

■ 地区 E

市街地に近い地域は、集材コストが高いカテゴリ 3、4 に分類される小班が多く分布している。これは、地形が比較的急峻であることと、集材距離が長いことによる。一方、町境に近い地域では、カテゴリ 2 に分類される小班が集まっており、残材収集の優先度が高いと言える。

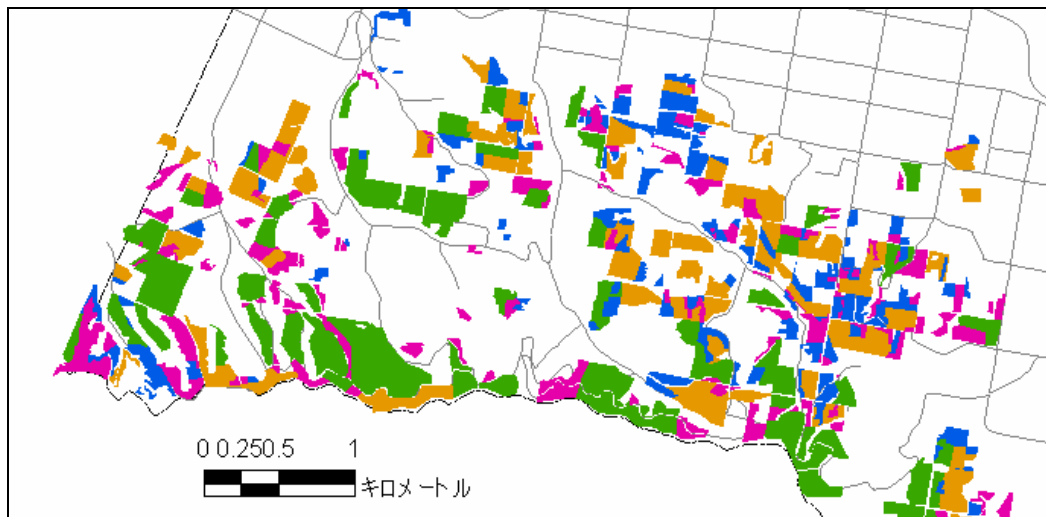


図 3-29 地区 E

■ 地区 F

資源量が多いカテゴリ 2、4 に分類される小班が多く分布している。全般的に集材距離は安価であるが、カテゴリ 4 に分類される小班では地形が急峻であるために集材コストが高価になっている。

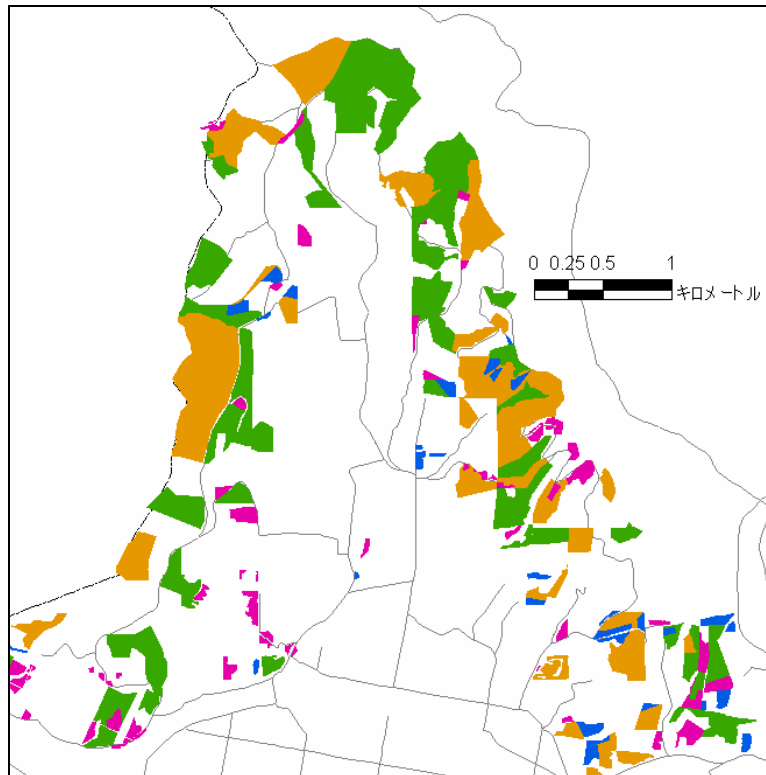


図 3-30 地区 F

3.4 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は、表 3-13 に示す機械構成が想定される。

表 3-13 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）	スキッダ
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

高性能林業機械の一つであるハーベスタまたはチェーンソーを用いて伐倒を実施、同じく高性能林業機械のスキッダにて枝葉を含めて土場まで全木集材を行い、土場にてハーベスタにより造材する。これにより、高い効率で最大量の残材を土場に集積させる。この土場残材を、11t トラックにて保管施設まで運搬する。

しかしながら、路網の整備状況や地形といった地域特性によって最適な資源収集システムは異なる。伐倒、造材については、傾斜度が 20° を超える急峻な地形においては稼働できないことから、チェーンソーの使用が主体となる。集材機械は、一般に走行車系の機械と架線系の機械に分類され、急傾斜地では架線集材、緩傾斜地では走行車集材が行われる。架線集材においては、安全面の観点から集材距離は比較的短く設定される。走行車集材においては、集材距離を長く設定ことができるが、機械が走行する集材路まで材を寄せる「木寄せ」作業が作業効率に大きく影響するため、木寄せ距離を短くするようにできるだけ集材路密度を高める必要がある。表 3-14 に各集材方法の特徴を整理する。

表 3-14 集材機械の整理

集材種類	主な機械	集材距離の適正	地形の適正
走行車集材	林内作業車 スキッド フォワーダ	長い (集材路の整備が必要)	緩やか
架線集材	集材機 タワーヤーダ スイングヤーダ	短い	急峻

表 3-15 各集材機械の適正な最大集材距離

集材機械	最大集材距離
スキッド（大規模）	200～300m
フォワーダ（大規模）	150～250m
スキッド（小規模）	150m 程度
自走式伐倒集材機（小規模）	150m 程度
タワーヤーダ（大規模）	350m 程度
タワーヤーダ（小規模）	150m 程度

（出所：機械化のデザイン）

以上を踏まえ、表 3-13 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を検討する。

表 3-16 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

地区 C、地区 D においては、小班規模が小さく 1 回の施業あたりの残材発生量が小さいことから、残材の収集効率を高める方策として、団地化等により施業の大規模化を図ることが有効である。また、各地区は小班がまとまって分布していることから、各地区において運搬経路を周回にすることにより、効果的な残材収集が可能と考えられる。特に小班規模の小さい地区 D、E については有効と考えられる。

第4章 路網整備計画の作成

本章では、前章までの作業結果を踏まえ、収集システムを稼働させるために必要な林道と作業道等とを組み合わせた路網整備計画の作成を行った。

4.1 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、下川町におけるそれぞれの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。

4.1.1 下川町における道路施設の名称

一般に、林内の道路施設は「林道」「作業道」「作業路」に大別される。一方で、下川町においては「普通林道」「森林管理道」「経営林道」「基幹作業道」「基幹作業路」「作業路」「集材路」といった、多様な名称の道路が存在する。現地調査によると、これらのうち「作業路」は一般的な区分の「作業道」、「集材路」は一般的な区分の「作業路」、他はすべて一般的な区分の「林道」に該当する。これらの対比表を、表 4-1 に示す。

表 4-1 道路施設の一般的区分と下川町における区分の対比

一般的な区分	下川町における区分	概要
林道	普通林道	大型車両が走行可能な、恒久的に使用される舗装された道路
	森林管理道	
	経営林道	
	基幹作業道	
	基幹作業路	
作業道	作業路	林業用車両が走行可能な、一時的に使用される砂利敷等の簡易な道路
作業路	集材路	作業機械のみ走行可能な、一時的に利用される未舗装の道路

なお、下川町では一定期間が過ぎた林道は町道に移管し、財政措置を得ている。厳密には、国道・県道・市町村道は林道には該当しないが、本調査ではこれらも「林道」に含めることとした。

一般に、路網整備は森林経営を効率的に行うための生産手段、管理施設として、地域

ごとに柔軟な裁量のもとで行われるものとされている。そのため、下川町における森林施業形態や、地形、気象、樹種、及び行政の取り組みに応じて、柔軟に整備計画を策定する必要がある。

未利用森林資源利用においては、その収集に要するコストの低減と安定した資源の供給体制の確立が重要となる。本調査では、収集コストの低減に焦点を当て、前章までで検討した収集システムにおいて利用を想定している車両や収集機械の走行が可能となるように、林道、作業路、及び集材路（一般的な区分における林道、作業道、及び作業路）の組合せを検討した。

前章の図 3-4 にも示した下川町から提供された GIS データを元に作成した路網図を、以下の図 4-1 に再掲する。この路網図においては、林道、町道、道道、及び国道のみが示されている。作業路、集材路については、利用可能な GIS データが存在しないため、図 4-1 には示されていない。

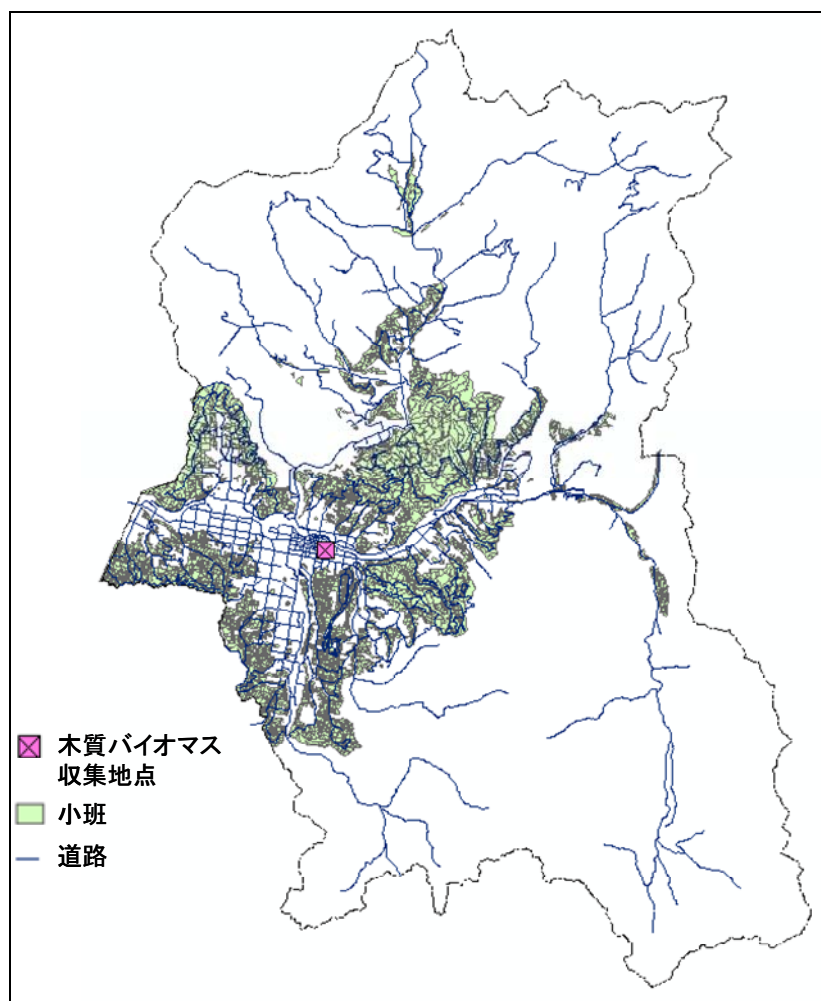


図 4-1 下川町における路網分布

以下、林道、作業路、及び集材路ごとに、整備の対象となる区域と、整備を行う際に考慮すべき要素について述べる。

4.1.2 林道の整備

図 4-2 に運搬コストを、図 4-3 に前章の図 3-11 にも示した集材コストの分布を示す。図 4-2 が示しているように、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。

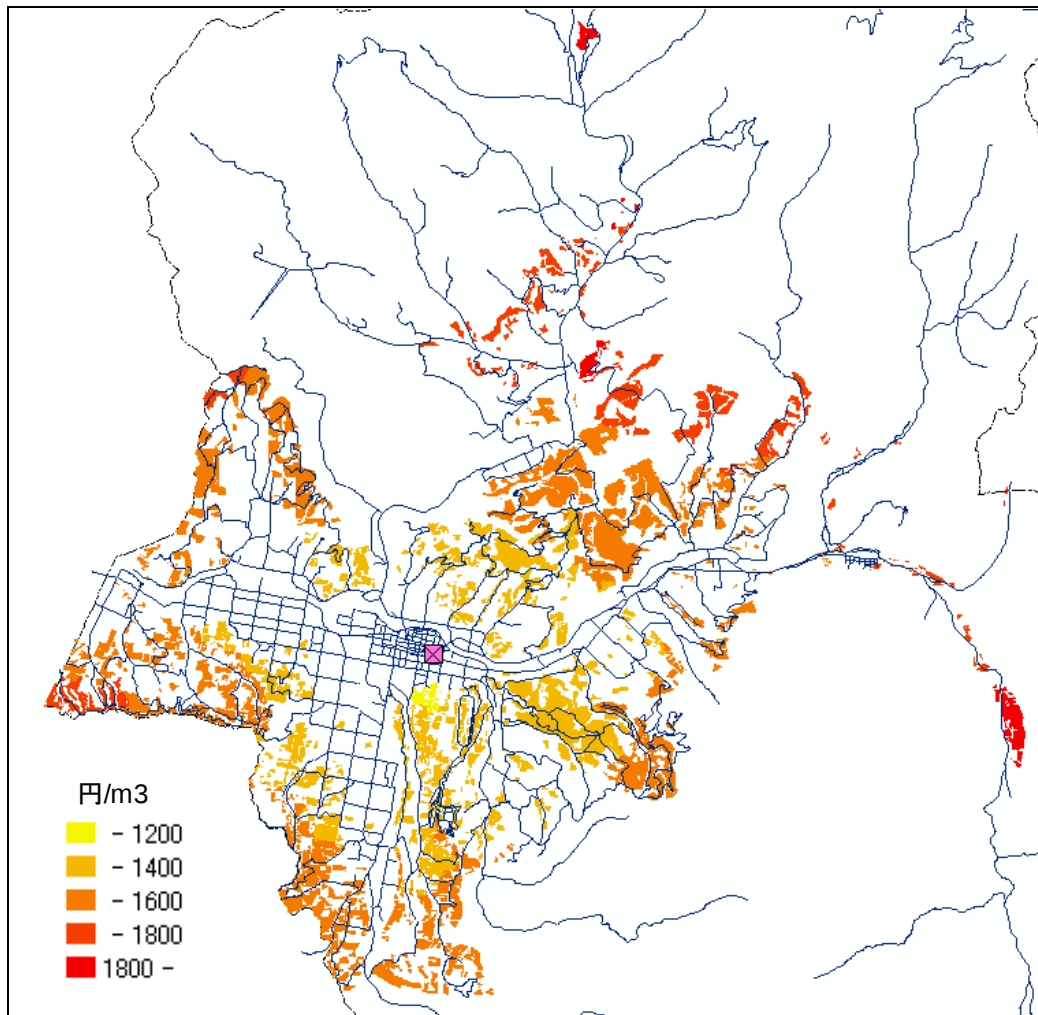


図 4-2 未利用森林資源の運搬コスト

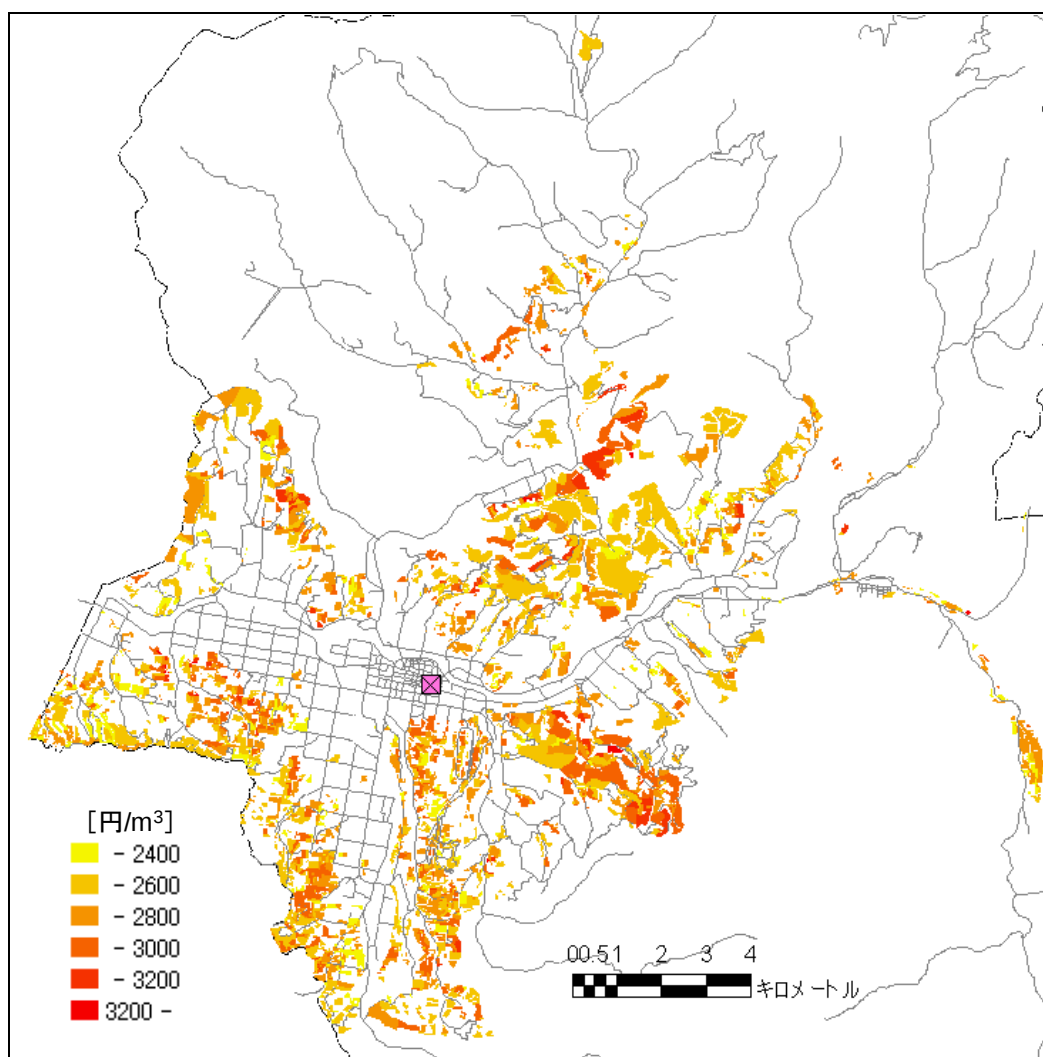


図 4-3 未利用森林資源の集材コスト

前章の図 3-24 におけるカテゴリ 4（未利用森林資源の賦存量は多いが集材コストが相対的に高い区域）を中心として、林道の整備を進めることとなる。

林道は恒久的に利用する道路であり、作業路に比べて新規に整備を行うイニシャルコストが高い。そのため、現段階で未利用森林資源の賦存量が少なくとも、将来的に賦存量の増大が見込まれる地域であれば林道の整備を行う対象となりうる。図 4-4 に、カテゴリ 4 における、高林齢（トドマツ：55 林齢以上、カラマツ：45 林齢以上）の小班とその他の小班の分布図を示す。この図におけるオレンジ色の区域は林齢が相対的に低いため、将来的な賦存量が多い区域と評価できる。

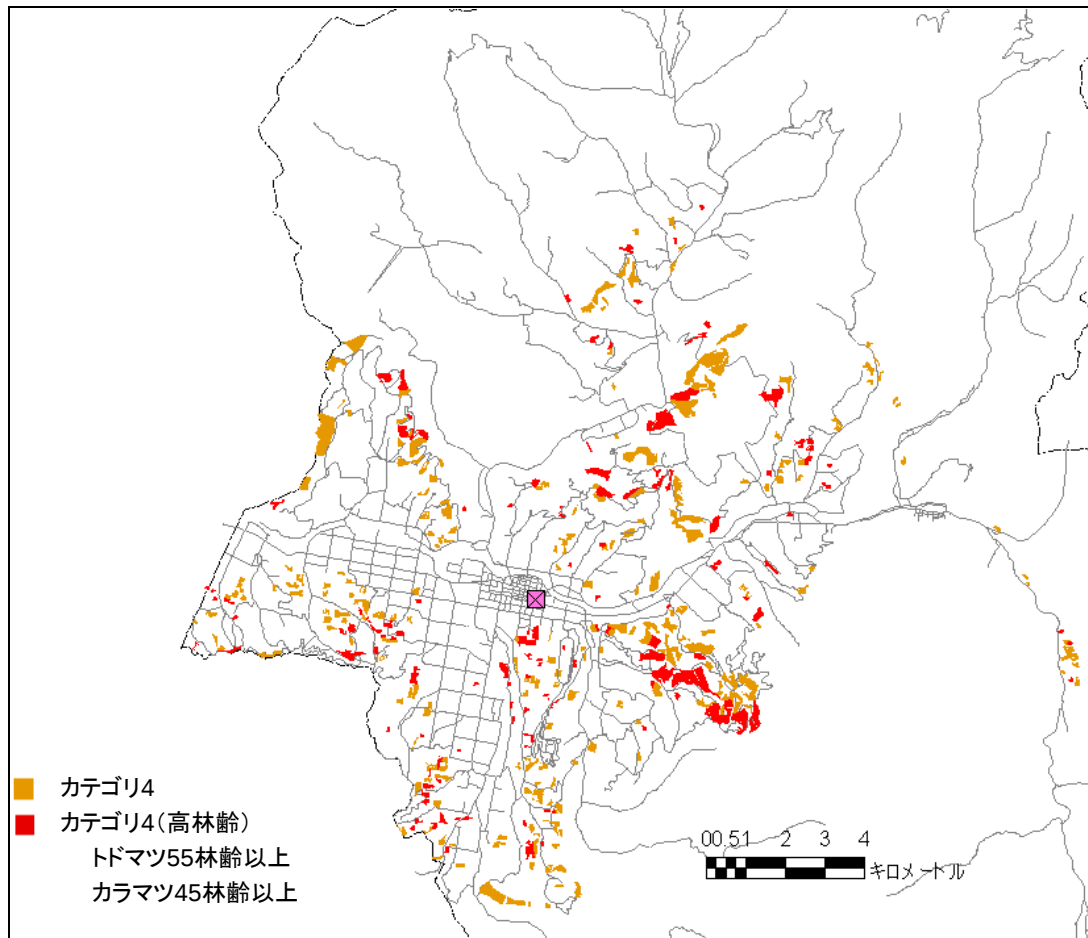


図 4-4 林道・作業路の整備対象地域区分と林齢

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。以上より、林道整備は図 4-2 のオレンジ色の区域のうち小班が集中している区域において、等高線に沿うように実施することとなる。

また、前章で検討した収集システムでは、ヤナギと林地残材の運搬に 11t トラックを利用することとしているため、この走行が可能となるように林道の整備を行う必要がある。

4.1.3 作業路の整備

林道端と林地とを繋ぐ役割を担う作業路についても、集材コストの低減が整備の主な

る目的であり、林道と同じく未利用森林資源の賦存量は多いが集材コストが相対的に高い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。そのため、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。具体的には、図 4-4 の赤色の高林齢の区域が、主な整備対象区域となる。なお、この図におけるトドマツ、カラマツについて、それぞれ林齢が 55 以上、45 以上の小班を、主伐が近いために現段階で未利用森林資源量が多い区域であると見做した。

下川町においては、集材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。

作業路においても 11t トラックの走行を想定しているため、未利用森林資源の効率的な収集が可能となるような作設、構造改良等の整備が必要となる。

4.1.4 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。具体的には、作業路と同じく図 4-4 の赤色の高林齢の区域における大規模な小班内部が主な整備対象となる。

また、前章にて検討した収集システムにおいて、新たにフォワーダを導入することを想定しているため、この走行が可能となるように整備を行う必要がある。

以上に示したような対象区域において、林道、作業路、及び集材路の整備計画を検討し、組合せを決定することとなる。

4.2 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

前節にて検討した内容を踏まえ、表 4-2 に林道、作業路、及び集材路の整備対象区域とその際の留意点を示す。

表 4-2 林道、作業路、及び集材路の整備対象区域と整備に際しての留意点

		林道 (恒久的に利用)	作業路 (一時的に利用)	集材路 (一時的に利用)
整備 対象 区域	収集コスト	集材コストが高い 区域	集材コストが高い 区域	集材コストが高い 区域
	資源量	未利用森林資源の賦 存量の将来的なポテ ンシャルが多い区域	現段階で未利用森林 資源の賦存量が多い 区域	現段階で未利用森林 資源の賦存量が多い 区域
	小班の規模 ・ 分布	小班が集中している 区域	規模の大きな小班の 付近	規模の大きな小班の 付近及び内部
留意 点	地形	新規に作設する場 合、勾配 10%未満と なるようにする (勾配 7%以上では 舗装が必要となる)	林道より勾配が急な 区域においても作設 が可能である。最大 で 18%前後を目途と する。	林道、作業路より勾 配が急な区域におい ても作設が可能であ る。
	車両・ 作業機械の 走行	11t トラックの走行 が可能となるように 整備を行う	11t トラックの走行 が可能となるように 整備を行う	使用する作業機械の 走行が可能となるよ うに整備を行う

以上の検討結果を元として、前章において定義した地域区分毎の林道、作業路、及び集材路の整備の方針の検討を行った。

現状の林道、作業路は、木材の生産を目的として整備されたものであり、低炭素社会の実現に向けた未利用森林資源の収集を念頭に置いたものではない。そこで、既存の路網をベースとした上で、前章にて検討した収集システムを導入するにあたって、整備が必要とされる要素を検討していくこととする。

前節において述べたように、路網の整備は、将来ないし現状において未利用森林資源の賦存量が多く、収集コストが相対的に高い区域（カテゴリ 4）を中心に行うこととなる。

図 4-5 に、前節において示した地域区分を再掲する、

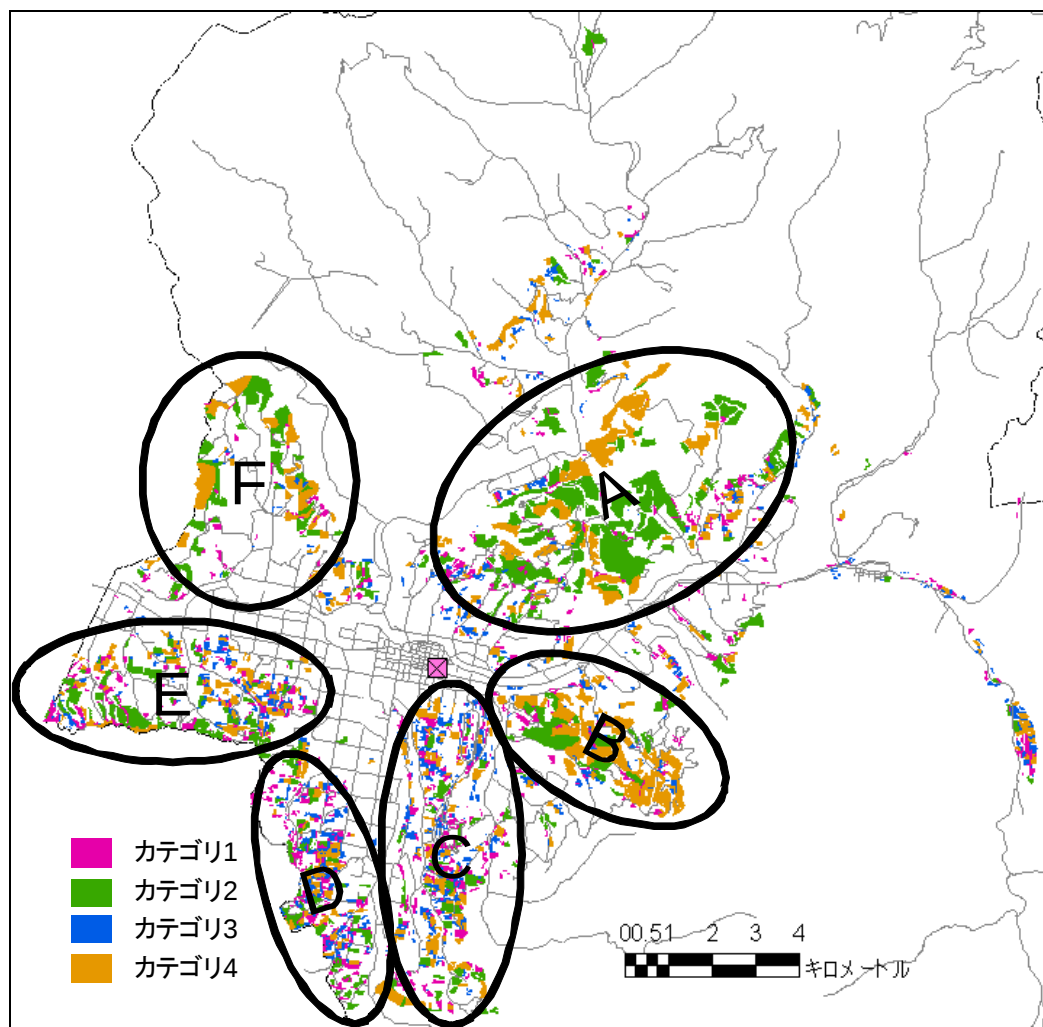


図 4-5 未利用森林資源収集を想定した地域区分

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。図 4-4 で示した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、前章の

表 3-16 にて示したように、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 3-13 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。

以上の方針を、以下の表 4-3 に整理する。

表 4-3 地域区分毎の路網整備の方針

地区名	林道	作業路	集材路
地区 A	○ 新規作設、構造改良	△ 新規作設、構造改良	△ 新規作設、構造改良
地区 B	× 優先度は低い	△ 構造改良	○ 新規作設、構造改良
地区 C	△ 新規作設、構造改良	△ 新規作設、構造改良	△ 新規作設、構造改良
地区 D	× 優先度は低い	× 優先度は低い	△ 新規作設、構造改良
地区 E	× 優先度は低い	× 優先度は低い	△ 新規作設、構造改良
地区 F	△ 構造改良	× 優先度は低い	○ 新規作設、構造改良

4.3 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。

(1) 地区 A

地区 A においては、林道の整備を主体的に進めていく区域である。林道は、等高線に沿って循環型に設置することとなっており、図 4-6 において黄色の枠で囲った区域の林道が循環型となるように新規作設、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。

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。

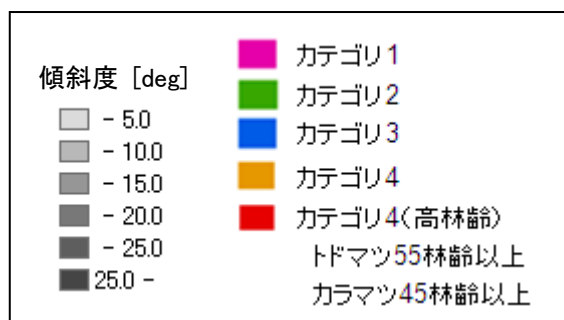
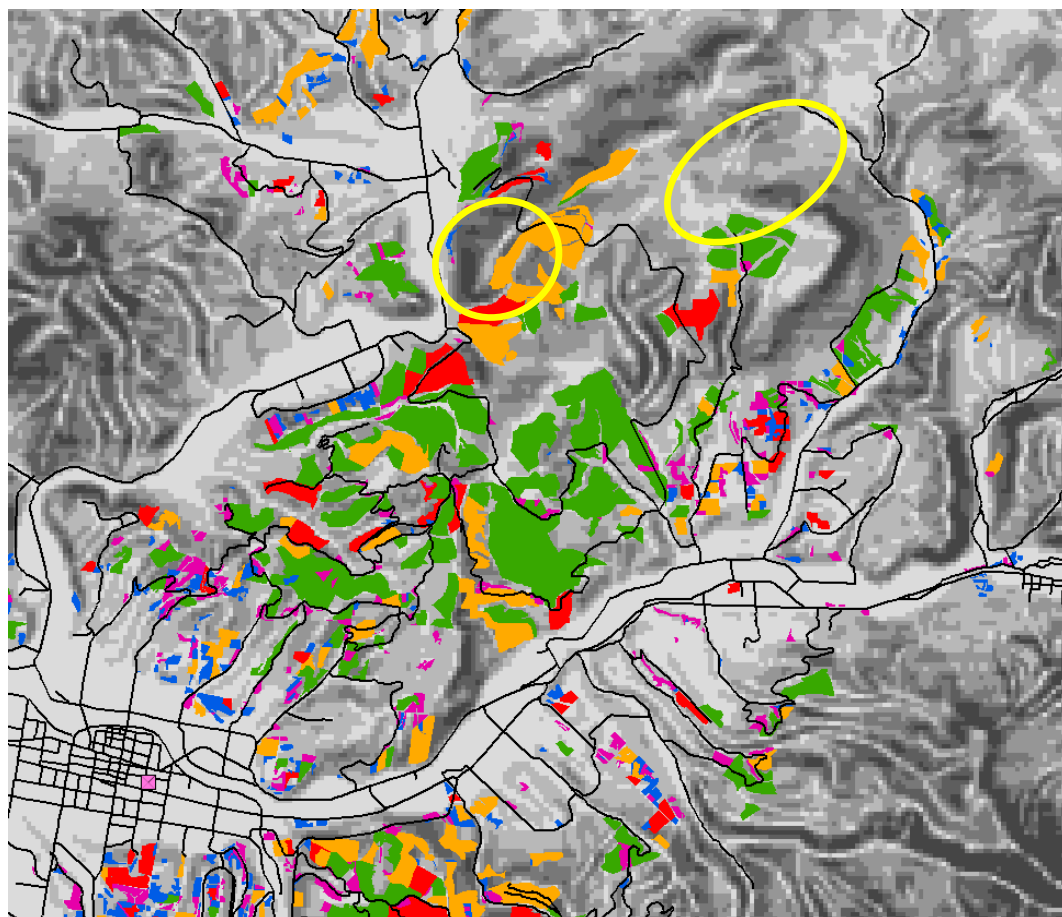


図 4-6 地区 A におけるカテゴリ別小班の分布と地形

(2) 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（図 4-7 参照）。また、同図で示されているように、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。特に、高林齢で資源量が多い赤い小班において、集材路の整備を重点的に行うのが有効である。

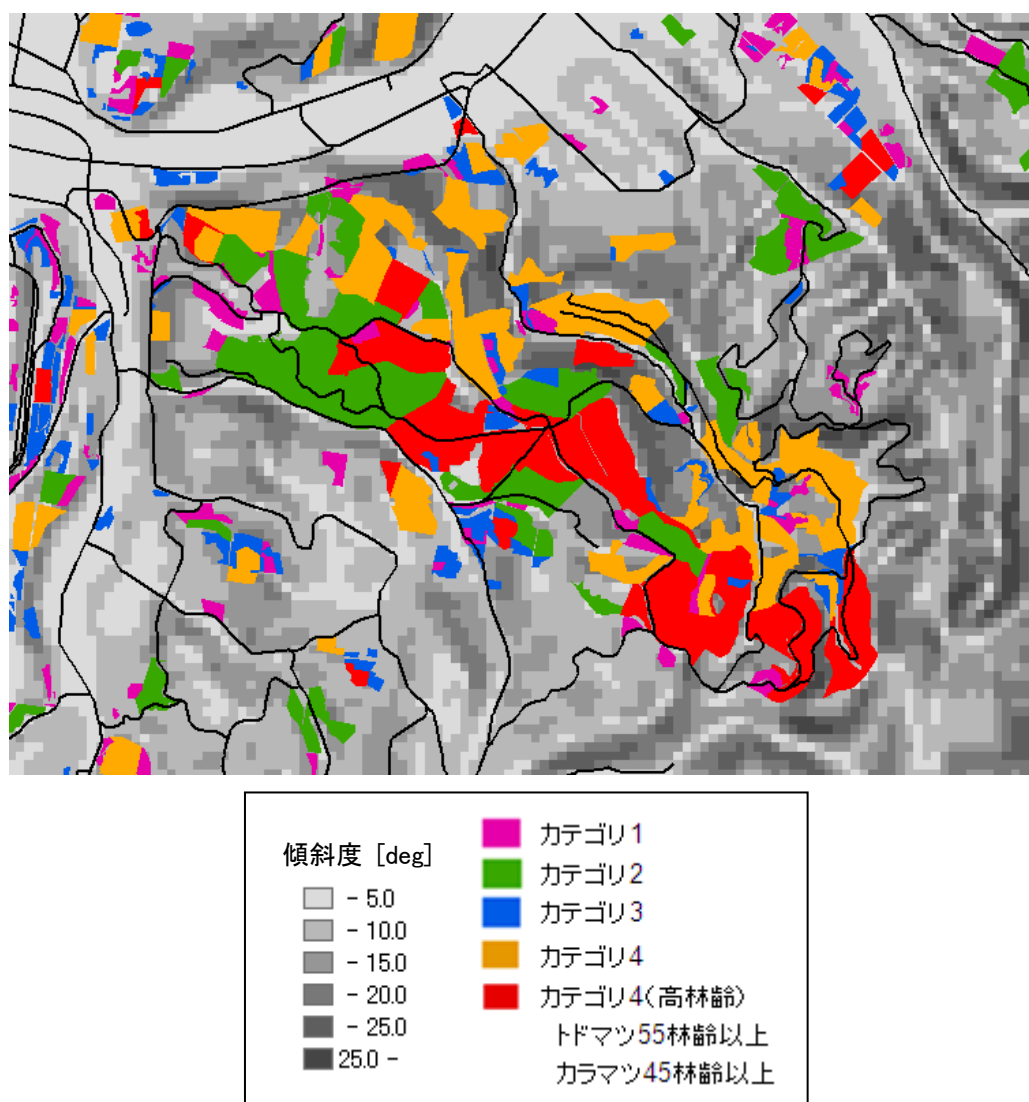


図 4-7 地区 B におけるカテゴリ別小班の分布と地形

(3) 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（図 4-8 参照）。ただし、下方の黄色の枠で囲った区域においては、林道もしくは作業路を作設して循環型の路網を整備することが有効であると考えられる。また、同区域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も有効である。

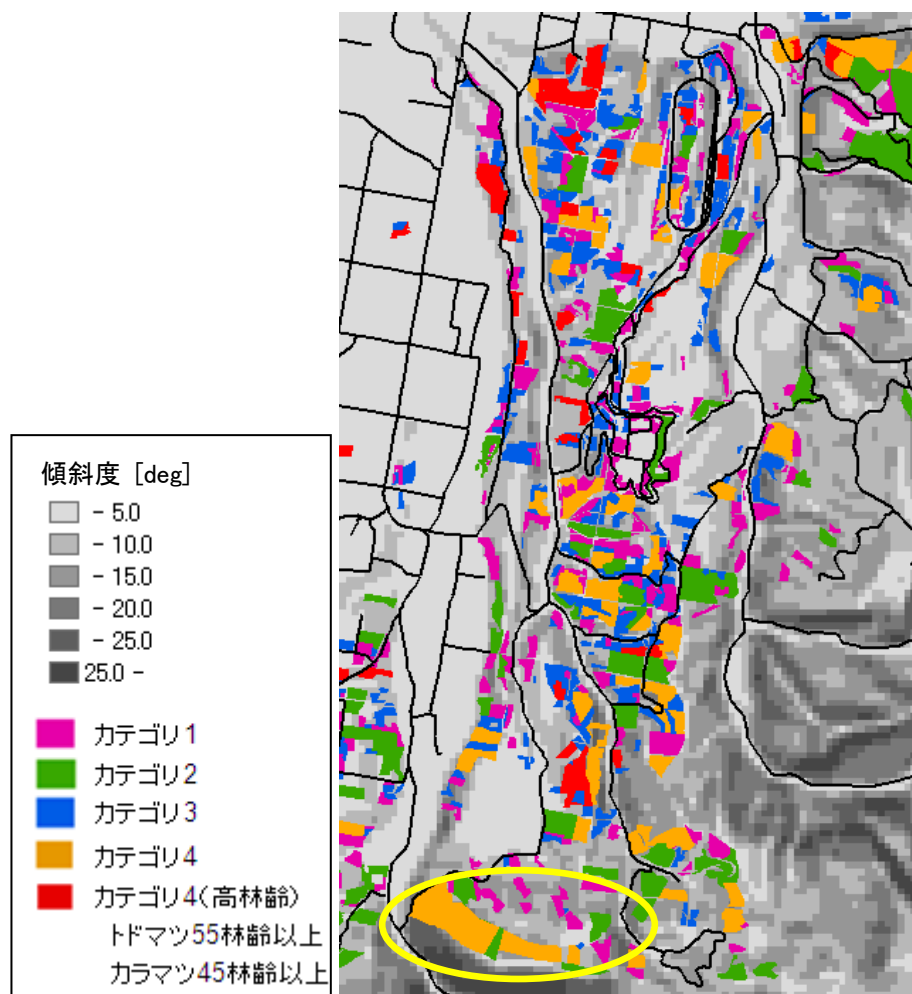


図 4-8 地区 C におけるカテゴリ別小班の分布と地形

(4) 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（図 4-9 参照）。唯一、黄色の枠で囲った区域、特に資源量が多いカテゴリ 4 の小班において、集材路の整備を行うことが考えられる。ただし、これらの小班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。

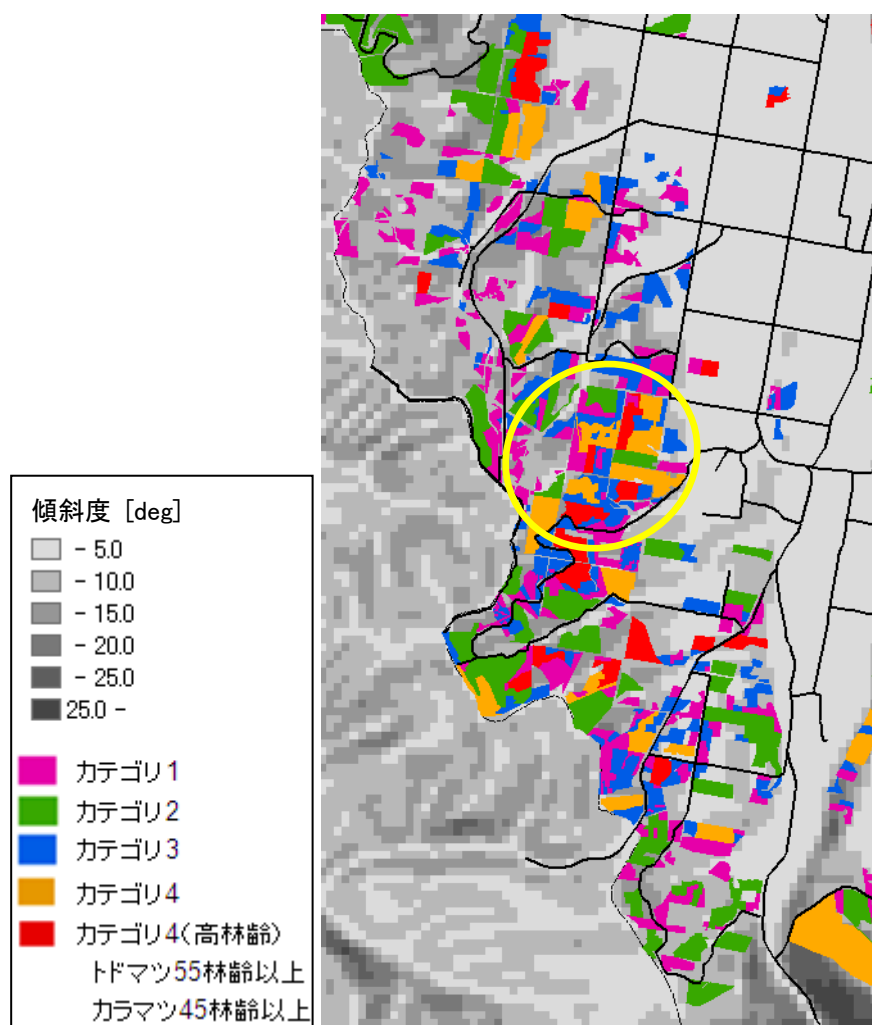


図 4-9 地区Dにおけるカテゴリ別小班の分布と地形

(5) 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（図 4-10 参照）。市街地付近の黄色の枠で示した、資源量の多いカテゴリ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。ただし、これらは比較的若林齢であるため、あくまで将来的な計画となる。

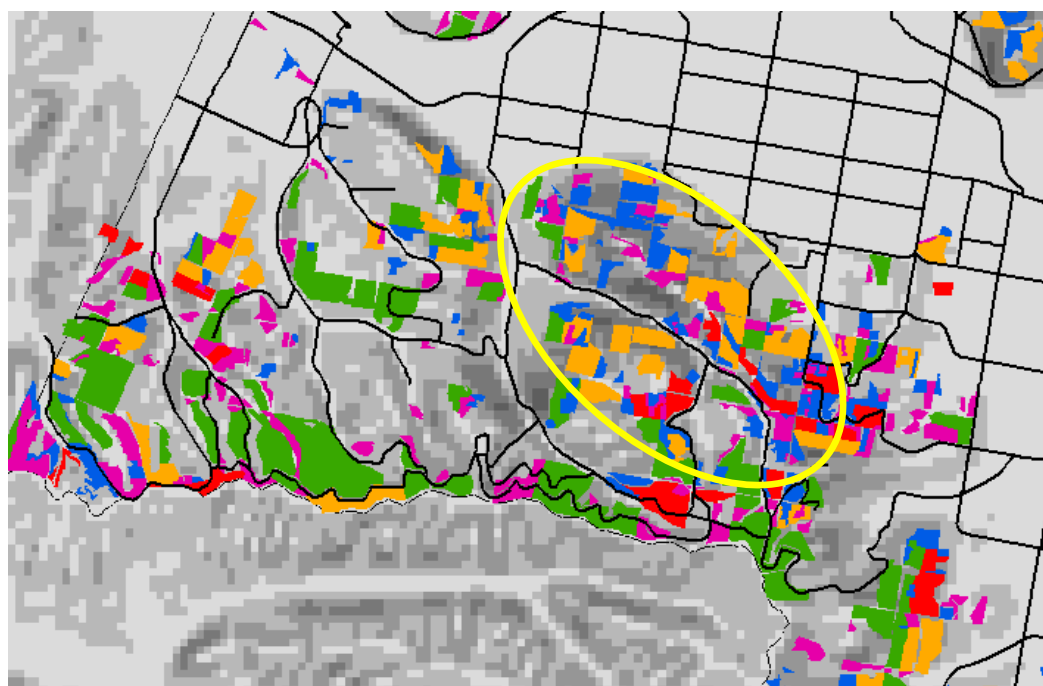


図 4-10 地区Eにおけるカテゴリ別小班の分布と地形

(6) 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(図4-11 参照)。黄色の枠で囲った小班における集材路の整備が主体となるが、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。

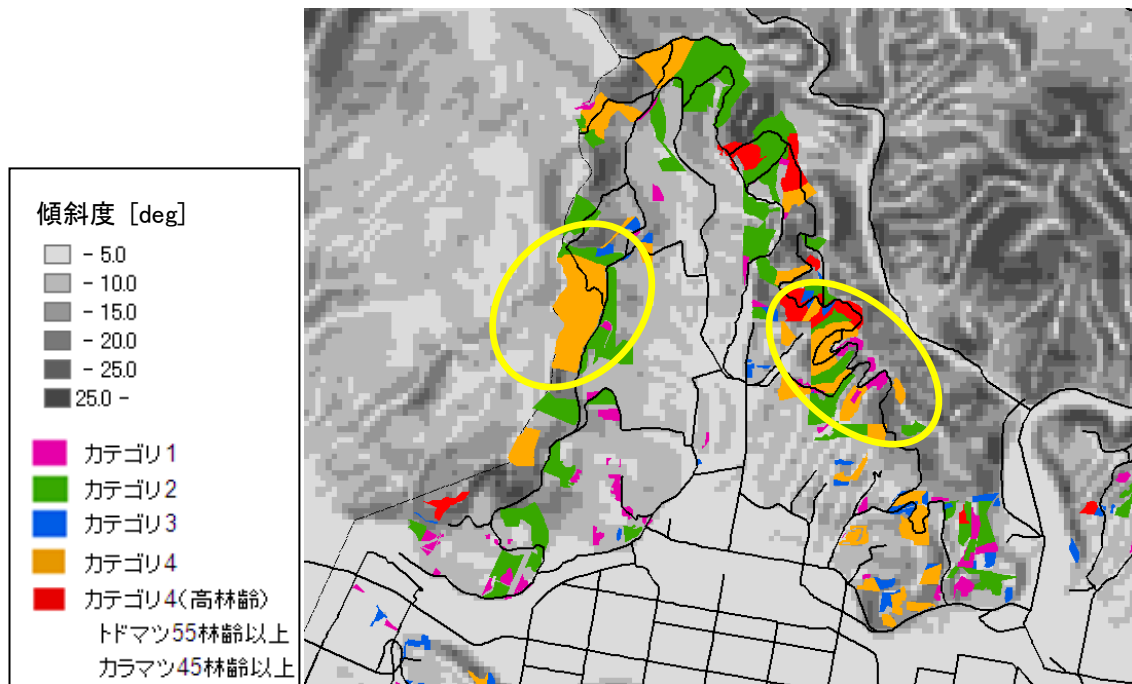


図 4-11 地区Fにおけるカテゴリ別小班の分布と地形

以上、地域区分毎に路網の整備計画を取りまとめた。

なお、林道、作業路等の新規作設は、当該区域における森林面積の減少に繋がるという指摘がある。どの程度の面積減少をもたらすかを検討するため、以下の表 4-4 に平成 20 年度の下川町の林道、作業路の整備実績を示す。

表 4-4 下川町において平成 20 年度に作設された林道、作業路

名称	区分	延長	幅員
2 1 世紀幹線	林道	540m	5. 0m
森林管理道上名寄幹線	林道	1000m	4. 0m
2 1 世紀幹線第 2 作業路	作業路	1000m	4. 0m

以上の延長と幅員の積を合計すると、10,700 m² (約 1ha) となる。これは下川町の森林面積 (町有林 4,500ha、民有林 4,300ha) の比べるとわずかであり、路網の新規整備によって森林資源量が大きく損なわれることはないと考えられる。だが、優先度が同程度の整備計画が複数存在する場合、たとえ少量であっても森林面積の減少が小さい計画を採用することが、通常の林業に加え未利用森林資源収集の観点からも有効である。

第5章 ガイドライン作成

本章では、本業務の成果を他地域への適用するためのガイドラインの作成を行った。

5.1 ガイドラインの考え方

現在国内で整備されている林道・作業道等は、木材の生産を前提とした森林施業を目的として整備・管理が行われている。このため、未利用森林資源の収集を加味した低炭素社会に向けた林道や作業道の整備等、森林整備事業の推進のためには、林地残材、ヤナギ等の未利用森林資源を林地から需要地あるいは加工・利用施設まで効率的に供給することも視野に入れた路網整備計画を策定する必要がある。これらの新たな機能を適切に組み入れるための手法および考え方が、ガイドラインには求められる。

一方、モデル地域である下川町は、国内において先進的な森林資源の利活用を行っている自治体である。このため、全国の森林資源を保有する自治体に本事業成果を適用・普及させるためには、地域ごとの森林資源の状況、管理体制およびエネルギー需要側の特性等を考慮することが必要となる。

5.2 ガイドラインの構成

ガイドラインは以下の構成とする。

第1章	：低炭素社会における森林資源活用のあり方
第2章	：未利用森林資源の賦存量の推計手法
第3章	：木質バイオマス需要量・コストの推計手法
第4章	：未利用森林資源の収集システムの考え方
第5章	：収集システムを実現するための林業・作業道の路網整備計画
第6章	：未利用森林資源の活用における課題
付属資料	
➤	下川町におけるケーススタディ結果
➤	木質バイオマスエネルギー利用設備の導入事例

以下に、ガイドラインの各項目の概要を示す。

5.2.1 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割を森林が占めるわが国において、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わ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。

5.2.2 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。わ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。

5.2.3 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。

5.2.4 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。ここでは、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。

5.2.5 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い

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、林道及び作業道の整備の考え方、整備計画の検討方法、考慮すべき条件等を示す。

5.2.6 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、わ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。

第6章 まとめ

本業務においては、同地域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章においては、「業務の概要」としてモデル地域である下川町の概況とともに、本業務における作業方針および検討内容を取りまとめた。

第2章においては、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針の検討、未利用森林資源の賦存量の推計を行った。この結果、同町においては製材工場端材の量が突出して高いが、これらは既に他の用途に使われているものである点に留意が必要であることが判明した。また、ヤナギについては、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変化する。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でバイオマス量が増加することは考えられるが、さまざまな要因から植栽できないことが多いと結論づけられた。

第3章においては、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。この結果、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ことが判明した。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、4つのカテゴリに分け今後の方策を検討することを提言した。

第4章においては、前章までの作業結果を踏まえ、収集システムを稼働させるために必要な林道、作業道等を組み合わせた路網整備計画の作成を行った。下川町における道路施設区分である林道、作業路、集材路ごとに、それぞれ収集コスト、資源量、小班規模、地形、車両・作業機械の走行等の要素を考慮して、整備対象区域と整備を行う際の留意点を取りまとめた。なお、本調査では、資源量が多く収集コストが高いカテゴリ4の区域を主な対象として路網整備を行うこととした。さらに、前章にて検討した地域区分毎に、上述した要素を踏まえて具体的な整備計画を策定し、それぞれの優先度と共に提言した。

第5章においては、本業務の成果を他地域への適用するためのガイドラインの作成を行った。ガイドラインの作成においては、全国の森林資源を保有する自治体に本事業成果を適用・普及させるために、地域ごとの森林資源の状況、管理体制およびエネルギー

需要側の特性等を考慮することとした。

本成果が、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に資することを期待する。