

# 栃木県における森林施業履歴を用いた林地残材収穫可能量の推定

## Estimating available amounts of logging residues using forest management records in Tochigi prefecture

星野 裕哉, 松岡 佑典, 有賀 一広

Yuya HOSHINO, Yusuke MATSUOKA, Kazuhiro ARUGA

宇都宮大学農学部森林科学科 〒 321-8505 宇都宮市峰町 350

Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, Utsunomiya 321-8505, Japan

### 1. はじめに

栃木県は県土のうち 54.3%である 348,173ha を森林が占めている。そのうち人工林は 154,373ha で、県内の全森林面積の 44.3% を占め、蓄積では 48,216,000 m<sup>3</sup>で、県内の全森林蓄積の 64.0% を占める（栃木県 2020a）。栃木県では、これら人工林で深刻になった間伐遅れに対応するため、平成 20 年 4 月より導入した「とちぎの元気な森づくり県民税」の実施事業の中で、スギ・ヒノキの人工林で公益的機能の発揮が求められているものの、過去 15 年以上手入れがされず、採算がとれない森林を対象に間伐を行う「奥山林整備事業」を開始した。2008～2017 年の実績は 5,225,720,000 円で、総事業費 8,569,390,000 円の 61.0% を投入し、全体計画 30,900ha のうち 92.7%である 28,640ha の間伐を実施した。しかし、採算性の問題から切捨間伐も多く、県内の間伐実施面積が増加する一方で、多量の林地残材が発生しており、間伐材の有効活用が課題として残っている（栃木県 2018）。また、2009 年 12 月に、10 年後の木材自給率 50% 以上を目指すべき姿として掲げた「森林・林業再生プラン」が農林水産省より策定され、これを考慮し、2011 年 7 月には「森林・林業基本計画」が改定されたが、間伐材の年間発生量に対する利用量の割合は上昇傾向にあるものの、全体としては依然と低く、林地残材の発生量は増え続けている（林野庁 2020a）。

このように森林内に活用可能な木質資源が残される一方で、2012 年 7 月に再生可能エネルギー固定価格買取制度 FIT (Feed-in Tariff) が開始された。FIT とは、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスといった再生可能エネルギーによって発電された電気を、電力会社が一定価格で買い取ることを義務付ける制度である。これにより、発電設備の導入コスト回収の見通しが立ちやすくなり、再生可能エネルギーによる発電の普及拡大に寄与している（経済産業省資源エネルギー庁 2020）。佐野市、那珂川町、壬生町などでは、木質

バイオマスを主燃料とする発電所が建設され、稼働している。佐野市のバイオマス発電設備は、大手セメント会社が業界に先駆けて、環境対策や地域貢献など企業の社会的責任（CSR）の一環として導入し、2009 年 4 月より稼働を始め、25,000kW のうち、燃料の 65% を占める年間 10 万トンの木質バイオマスを使用している。さらに、同グループ内の工業会社に、建築廃材、間伐材等をチップ化する木質バイオマス燃料化設備を導入し、同設備へ木質チップの供給をしている（住友大阪セメント会社 2009）。那珂川町では、製材会社が工場に 2,500kW、耐用年数 20 年の木質専焼のバイオマス発電所を導入し、燃料の 3 割を製材残査、7 割を林地残材で賄っている（Battuvshin et al. 2020）。壬生町の発電所では、発電出力 18,000kW の、栃木県内を中心とする未利用木材、一般材、リサイクル木材の木質チップを 100% 燃料とした蒸気タービン発電方式により発電した電気を供給している（株式会社エフオン壬生 2020；下野新聞 2019）。

現在、大部分の木質バイオマスは製材所廃材や建築廃材で賄われているが、2012 年 7 月に再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始され、木質バイオマス発電、特に主伐、間伐由来の木質バイオマスは買取価格が 32 円 /kWh と高値で買い取られるようになり、林地残材の利用量は年々増加しているため、需要は今後も増加していく可能性がある（林野庁 2020a）。木質バイオマス発電の計画が全国的に進行している現在、林地残材の長期的な収穫可能量の把握と、その収穫可能量に見合った適切な規模での発電施設の計画が重視される。発電による大規模な木材需要が毎年発生するのに対し、地域の林業はそれに応えられる生産力と生産性を持ち合わせているかを予測することは、今後、木質バイオマス発電を行うにあたり重要だと考えられる。また、林地残材の搬出による収支が、作業システムや運搬方法の違いによってどのような影響をもたらすのかを明らかにする必要がある。山口ら（2013）に

より栃木県内における林地残材の発生場所、発生量および、経済性の成り立つ林地からの収穫可能性が推定され、収支に影響する木材価格、傾斜、運搬・搬出距離、補助金などの各要因と収穫可能性の関係が示された。ただし、山口ら（2013）の推定では 2008 年の施業履歴を使用して単年度で試算していたため、有賀ら（2021）では、2005～2010 年度を対象として推定された。

本研究では、奥山林整備事業開始年 2008 年（平成 20 年 4 月）前後、12 年間となる 2005～2016 年を対象年度とし、伐採量や施業区分による林地残材発生量、収穫可能性の変化を試算・分析し、木質バイオマスの安定供給の一助とすることを目的とした。

## 2. 調査概要

### 2.1 調査地概要

本研究で対象とした栃木県は中央部に広大な平野が広がり、北西部の山地には豊かな自然が残されており、市町によって様々な地勢を持っている。東部には標高 600m から 1,000m のなだらかな丘陵地である八溝山地、北部から西部にかけては那須連山、帝釈山地、足尾山地の山岳地帯と中央部の那珂川、鬼奴山渡良瀬川の沿岸平野部の 3 地域に大別される。北部から西部にかけての山岳地帯は日光国立公園に指定されており、日光、鬼怒川、川治、栗山塩原、那須などの観光地も多数存在している（栃木県 2020b）。解析の対象とするのは、民有林のスギ、ヒノキ人工林と、施業履歴に記載のあったマツ（アカマツ、クロマツ）、カラマツ、その他針葉樹、その他広葉樹である。それぞれについて 2015 年度森林簿からその面積を集計すると、スギ 68,726.48ha（森林簿記載の全森林面積に対する割合 31.11%）、ヒノキ 44,880.32ha（20.31%）、マツ（アカマツ、クロマツ）13,870.45ha（6.28%）、カラマツ 2,810.68ha（1.27%）、その他針葉樹 2,668.17ha（1.21%）、その他広葉樹 82,302.32 ha（37.25%）、記載なし 5,669.73ha（2.57%）であった。図 2-1 に樹種分布とその割合を示す。

### 2.2 データ概要

栃木県庁より、2015 年度の森林簿（市町村コード、旧市町村コード、林班、準林班、小班、枝番、面積（ha）、林齢、材積（ $m^3$ ）、成長量（ $m^3/年$ ）、Keycode、

MapKeycode）、2005～2017 年度の施業履歴（Keycode、施業年度、市町村コード、旧市町村コード、林班、準林班、小班、枝番、主伐・間伐実績、植え付け実績、伐採率、搬出有無、事業区分）、2011 年適用の林道・作業道位置、図形情報と属性情報（樹種や林齢、地番によって分けられた区域、座標の情報と小班的形）を合わせた小班界（森林計画図）の shape データ（MapKeycode、市町村コード、旧市町村コード、林班、準林班、小班、枝番）、国土地理院発行の数値地図より、10m メッシュの数値標高モデル（DEM）、道路データを入手した。また、本研究では、技術開発ソフトウェアである MATLAB を使用し、データの解析を行う。なお、栃木県より提供された施業履歴は 2019 年まで記載があったが、確実に更新されていたのが 2017 年までのため、間伐は施業履歴の 2005～2016 年度を、主伐は県有林の施業等一部の履歴しか無かったため、2006～2017 年度の植え付け実施履歴を前年度の主伐として使用した。

## 3. データ整備

栃木県庁より提供されたデータには、解析に使用する面積、樹種、材積の情報以外に、市町村コード、旧市町村コード、林班、準林班、小班、枝番で構成された、Keycode、MapKeycode が存在する。Keycode がこれらをそのまま並べたコードであるのに対し、MapKeycode はカタカナ表記である準林班、アルファベット表記である枝番を、それぞれ数字に変換し作成されたコードで、小班界の shape データと森林簿をリンク付けする際に使用できる。

解析を行うために、入手したデータは下記のような手順で整備を行う。なお、解析に使用する森林簿、小班界（森林計画図）、施業履歴がそれぞれ持っているコードの有無は表 3-1 の通りである。

### 3.1 解析に使用するデータの絞り込みと規格の統一

リンク付けを行う際に、規格の画一化のため、各々の要素の規格統一を行う。さらに、誤記情報の修正、また、混成樹種の表記を、例えば ABC → A のように第一樹種の表記に変更した。なお、樹種に関しては平成 28 年木材需給報告書から推計している木材の売上

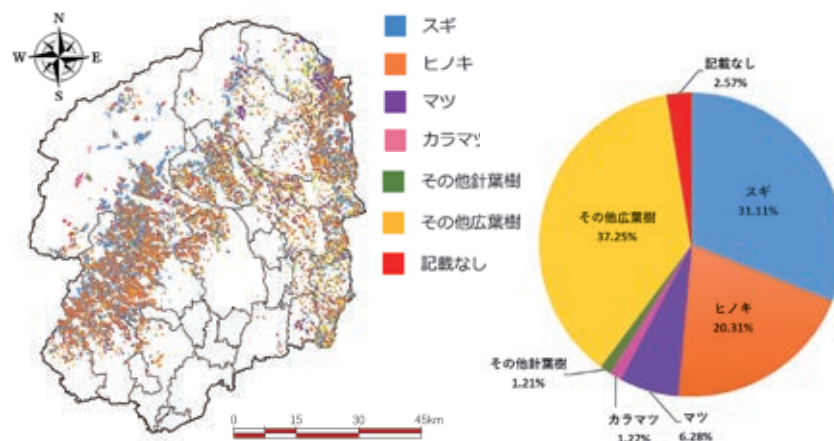


図 2-1 栃木県民有林における樹種分布

額や、山元立木価格等本研究で使用している統計データがアカマツ、クロマツをマツとして集計しているため、アカマツ、クロマツ林分はマツとして集計している。

### 3.2 MapKeycode をキーとして、小班界を施業履歴にリンク付け

Keycode は林小班が正しく並べられたコードであっても、MapKeycode は全く別の番号で作成されたコードに置き換わっている小班が存在した。この状態のままリンクすると、正しい情報が付加されず、全く違う

表 3-1 コードの有無

	森林簿	小班界（森林計画図）	施業履歴
Keycode	○	×	○
MapKeycode	○	○	×

表 3-2 年度別施業履歴データ損失率（小班界・施業履歴リンク時）

年度	元データ数	一致数	減少数	損失率(%)
2005	8,019	6,028	1,991	24.83
2006	8,999	6,664	2,335	25.95
2007	9,963	7,413	2,550	25.59
2008	9,506	7,190	2,316	24.36
2009	11,829	9,035	2,794	23.62
2010	15,524	11,674	3,850	24.80
2011	8,793	6,769	2,024	23.02
2012	6,624	5,252	1,372	20.71
2013	5,856	4,652	1,204	20.56
2014	7,214	5,584	1,630	22.59
2015	7,329	5,787	1,542	21.04
2016	8,031	6,244	1,787	22.25
2017	7,830	6,266	1,564	19.97
合計	115,517	88,558	26,959	23.34

表 3-3 市町別施業履歴データ損失率（小班界・施業履歴リンク時）

市町村	元データ数	一致数	減少数	損失率(%)	森林計画区
宇都宮市	5,551	4,027	1,524	27.45	鬼怒川森林計画区
足利市	2,181	1,535	646	29.62	渡良瀬川森林計画区
栃木市	3,021	2,038	983	32.54	渡良瀬川森林計画区
佐野市	10,172	7,733	2,439	23.98	渡良瀬川森林計画区
鹿沼市	23,720	17,171	6,549	27.61	渡良瀬川森林計画区
日光市	18,118	13,659	4,459	24.61	鬼怒川森林計画区
真岡市	102	73	29	28.43	鬼怒川森林計画区
大田原市	9,215	7,405	1,810	19.64	那珂川森林計画区
矢板市	8,632	6,866	1,766	20.46	那珂川森林計画区
那須塩原市	3,021	2,419	602	19.93	那珂川森林計画区
さくら市	2,766	1,928	838	30.30	那珂川森林計画区
那須烏山市	3,494	2,868	626	17.92	那珂川森林計画区
益子町	952	741	211	22.16	鬼怒川森林計画区
茂木町	4,216	3,638	578	13.71	那珂川森林計画区
市貝町	467	385	82	17.56	鬼怒川森林計画区
芳賀町	54	39	15	27.78	鬼怒川森林計画区
塩谷町	6,122	4,891	1,231	20.11	那珂川森林計画区
高根沢町	109	84	25	22.94	鬼怒川森林計画区
那須町	8,113	6,531	1,582	19.50	那珂川森林計画区
那珂川町	5,491	4,527	964	17.56	那珂川森林計画区
合計	115,517	88,558	26,959	23.34	-
	39,094	28,477	10,617	27.16	渡良瀬川森林計画区
小計	25,353	19,008	6,345	25.03	鬼怒川森林計画区
	51,070	41,073	9,997	19.58	那珂川森林計画区

表 3-4 年度別小班界・施業履歴統合データ損失率

年度	元データ数	一致数	減少数	損失率(%)
2005	6,028	5,899	129	2.14
2006	6,664	6,608	56	0.84
2007	7,413	7,352	61	0.82
2008	7,190	7,126	64	0.89
2009	9,035	8,942	91	1.01
2010	11,674	11,573	101	0.90
2011	6,769	6,716	53	0.78
2012	5,252	5,235	18	0.34
2013	4,652	4,628	24	0.52
2014	5,584	5,566	18	0.32
2015	5,787	5,776	11	0.19
2016	6,244	6,226	18	0.29
2017	6,266	6,244	22	0.35
合計	88,558	87,891	666	0.75

表 3-5 市町別小班界・施業履歴統合データ損失率

市町村	元データ数	一致数	減少数	損失率(%)	森林計画区
宇都宮市	4,027	4,013	14	0.35	鬼怒川森林計画区
足利市	1,535	1,517	18	1.17	渡良瀬川森林計画区
栃木市	2,038	2,034	4	0.20	渡良瀬川森林計画区
佐野市	7,733	7,680	53	0.69	渡良瀬川森林計画区
鹿沼市	17,171	16,938	233	1.36	渡良瀬川森林計画区
日光市	13,659	13,553	106	0.78	鬼怒川森林計画区
真岡市	73	73	0	0.00	鬼怒川森林計画区
大田原市	7,405	7,352	53	0.72	那珂川森林計画区
矢板市	6,866	6,823	43	0.63	那珂川森林計画区
那須塩原市	2,419	2,410	9	0.37	那珂川森林計画区
さくら市	1,928	1,892	36	1.87	那珂川森林計画区
那須烏山市	2,868	2,844	24	0.84	那珂川森林計画区
益子町	741	740	1	0.13	鬼怒川森林計画区
茂木町	3,638	3,630	8	0.22	那珂川森林計画区
市貝町	385	384	1	0.26	鬼怒川森林計画区
芳賀町	39	39	0	0.00	鬼怒川森林計画区
塩谷町	4,891	4,891	0	0.00	那珂川森林計画区
高根沢町	84	84	0	0.00	鬼怒川森林計画区
那須町	6,531	6,507	24	0.37	那珂川森林計画区
那珂川町	4,527	4,488	39	0.86	那珂川森林計画区
合計	88,558	87,892	666	0.75	-
	28,477	28,169	308	1.08	渡良瀬川森林計画区
小計	19,008	18,886	122	0.64	鬼怒川森林計画区
	41,073	40,837	236	0.57	那珂川森林計画区

表 3-6 年度別施業履歴データ損失率

年度	元データ数	一致数	減少数	損失率(%)
2005	8,019	5,899	2,120	26.44
2006	8,999	6,608	2,391	26.57
2007	9,963	7,352	2,611	26.21
2008	9,506	7,126	2,380	25.04
2009	11,829	8,944	2,885	24.39
2010	15,524	11,573	3,951	25.45
2011	8,793	6,716	2,077	23.62
2012	6,624	5,234	1,390	20.98
2013	5,856	4,628	1,228	20.97
2014	7,214	5,566	1,648	22.84
2015	7,329	5,776	1,553	21.19
2016	8,031	6,226	1,805	22.48
2017	7,830	6,244	1,586	20.26
合計	115,517	87,892	27,625	23.91



小班の情報がリンクする可能性があるため、このような小班は、それぞれのファイルに存在する市町村コードや林小班番号といった共通かつ固有のデータを用いて、MapKeycode と同様の物を作成し、リンク付けを行った。

リンク付けの結果、施業履歴のデータ数の減少が確認された。表 3-2 に小班と施業履歴のリンク時年度別の施業履歴の元データ数と一致数、損失割合、表 3-3 に市町別の施業履歴の元データ数と一致数、損失割合を示す。なお、施業履歴は 2019 年時の更新データが使用されており、過去の施業記録の市町村コード、旧市町村コード、林班、準林班、小班、枝番でも更新後のものが使用されている。

表 3-7 市町別施業履歴データ損失率

市町村	元データ数	一致数	減少数	損失率(%)	森林計画区
宇都宮市	5,551	4,013	1,538	27.71	鬼怒川森林計画区
足利市	2,181	1,517	664	30.44	渡良瀬川森林計画区
栃木市	3,021	2,034	987	32.67	渡良瀬川森林計画区
佐野市	10,172	7,680	2,492	24.50	渡良瀬川森林計画区
鹿沼市	23,720	16,938	6,782	28.59	渡良瀬川森林計画区
日光市	18,118	13,553	4,565	25.20	鬼怒川森林計画区
真岡市	102	73	29	28.43	鬼怒川森林計画区
大田原市	9,215	7,352	1,863	20.22	那珂川森林計画区
矢板市	8,632	6,823	1,809	20.96	那珂川森林計画区
那須塩原市	3,021	2,410	611	20.23	那珂川森林計画区
さくら市	2,766	1,892	874	31.60	那珂川森林計画区
那須烏山市	3,494	2,844	650	18.60	那珂川森林計画区
益子町	952	740	212	22.27	鬼怒川森林計画区
茂木町	4,216	3,630	586	13.90	那珂川森林計画区
市貝町	467	384	831	7.77	鬼怒川森林計画区
芳賀町	54	39	15	27.78	鬼怒川森林計画区
塩谷町	6,122	4,891	1,231	20.11	那珂川森林計画区
高根沢町	109	84	25	22.94	鬼怒川森林計画区
那須町	8,113	6,507	1,606	19.80	那珂川森林計画区
那珂川町	5,491	4,488	1,003	18.27	那珂川森林計画区
合計	115,517	87,892	27,625	23.91	-
	39,094	28,169	10,925	27.95	渡良瀬川森林計画区
小計	25,353	18,886	6,467	25.51	鬼怒川森林計画区
	51,070	40,837	10,233	20.04	那珂川森林計画区

### 3.3 小班界・施業履歴の統合データを、Keycode をキーとして森林簿にリンク付け

Keycode を作成し、小班界・施業履歴の統合データを森林簿にリンク付けを行う。表 3-4、5 に統合データ(小班界・施業履歴)と森林簿のリンク時、年度別の統合データの元データ数と一致数、損失割合を、また、表 3-6、7 にリンク前の施業履歴と小班界、森林簿、施業履歴をリンクした後を比較した、年度別の施業履歴の元データ数と一致数、損失割合を示す。

全体として平均 23.91% の減少が見られた。元データ数が少なく、少数のデータ消失でも高い割合となる真岡市や芳賀町、高根沢町を除き、損失率は、渡良瀬川森林計画区に属する 4 市町が平均 27.95%、鬼怒川森林計画区に属する 7 市町が 25.51%、那珂川森林計画区に属する 9 市町が 20.04% となった。しかし、那珂川森林計画区に属するさくら市では 31.60% と全市町で 2 番目の損失率となった。年度によるデータの損失率に大きな違いや規則性は見られなかった。小班界適用の 2011 年前後には、栃木市で市町合併が行われた(栃木県 2016c)。また、小班界の shape データは県が毎年枝番と一部地域ごとに地図データの更新を行っており、単年度のデータとリンク付を行ったため、データの損失が

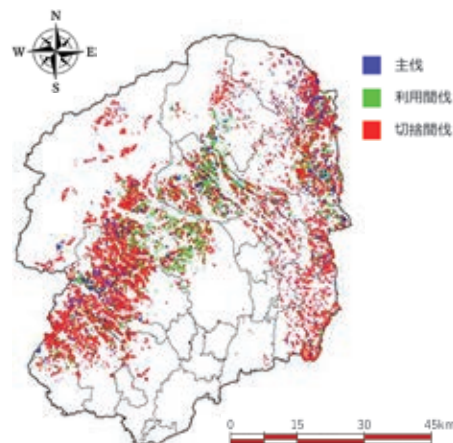


図 4-1 栃木県民有林における施業区分分布図

表 4-1 施業区分別実施面積

年度	施業履歴面積 (ha)					実績				
	植え付け	間伐		主伐	造林	間伐		主伐	民有人工針葉樹	
		総面積	切捨間伐			総面積	奥山林整備事業分	総面積		
2005	295.04	3,785.16	2,152.51	141.47	-	-	-	-	-	-
2006	204.82	4,002.30	2,354.00	7.71	344	-	-	-	-	-
2007	228.10	4,651.17	2,659.82	26.49	308	-	-	-	-	-
2008	162.79	4,573.71	2,229.61	107.01	299	-	-	-	-	-
2009	123.74	4,961.60	3,222.17	69.74	231	6,758	2,663	-	-	-
2010	239.72	6,488.14	3,394.83	17.42	255	8,571	3,302	-	-	-
2011	179.16	3,714.97	2,848.87	28.95	216	6,324	2,424	-	-	-
2012	174.19	2,948.87	2,117.46	16.93	267	4,721	2,434	-	-	-
2013	174.87	2,791.39	1,971.60	0.00	257	4,891	2,173	-	-	-
2014	315.34	3,044.18	2,416.04	55.77	234	4,702	2,599	-	-	-
2015	313.41	3,359.89	2,314.64	22.68	258	4,813	2,299	468	226	-
2016	441.68	3,176.14	1,921.29	21.55	403	4,516	2,327	445	229	-
2017	598.80	2,949.74	1,647.89	91.33	374	3,528	1,725	589	323	-
合計	2,852.86	50,447.26	31,250.74	607.05	3,446	48,824	21,946	1,502	778	-

表 4-2 事業区分別平均伐採率

事業区分	平均伐採率 (%)
造林事業	26
治山事業	32
保安林整備事業	28
県営林事業	30
税事業 (奥山 A)	30
税事業 (奥山 B)	29
税事業 (搬出)	28
再生	30
体質強化事業	30
林構事業	29
未利用間伐	27
その他	30
空白	29

発生したと考えられる。このデータ消失は、森林簿と小班界の MapKeycode が一致しないことが原因となっており、このようなデータは MATLAB 上で位置を特定できず無効となる。このように、森林情報の整備状況が計画区によって異なる可能性が示唆されたが、さくら市や、元データ数が小さく除外した真岡市や益子市と同計画に属する宇都宮市や日光市は、他と比べてもデータ数が多く損失率が高く、同計画区内でも上流区域と下流地域で違いが表れたことも指摘しておく。

#### 4. 解析方法

施業履歴の伐採実績から、主伐、利用間伐、切捨間伐による林地残材発生量を推定し、その収穫コストを試算する。さらに買取価格を設定し、林地残材および用材によって得られる収入を算出、収支比較によって収支プラスとなった林地残材発生量分を林地残材収穫可能量とする。

解析は、1) 搬出の有無による施業区分（切捨間伐、利用間伐）、2) 伐採率、搬出率、林地残材率、用材率の設定、3) 林地残材および用材の発生量推定、4) 収穫作業システム、集荷先、搬出・運搬距離の算出、5) 林地残材および用材の買取価格設定、収入の算出、6) 林地残材および用材の収穫コストの算出、7) 収支比較、林地残材収穫可能量の推定の順に行う。

##### 4.1 小班界

施業区分は、2005～2016年度施業履歴より間伐実績と搬出の有無を得て、搬出なし・不明を切捨間伐、搬出ありを利用間伐とした。2017年以降の施業履歴は面積の記載がない場合があり、他の年ではそういったことはなかったため、確実に更新されていると思われる2016年までの施業履歴を用いた。また、施業履歴は補助事業の記録を元に作成されており、補助事業がない主伐に関する施業履歴は未整備であるため、例えば2008年度に主伐（皆伐）作業がされた小班では、翌年2009年度に植え付けが実施されていると仮定し、2006～2017年度の施業履歴より植え付け実施小班を主伐実施小班とした。図4-1に主伐、利用間伐、切捨間伐の分布図を示す。25市町のうち、20市町で該当施業の実施記録を得た。表4-1に主伐・植え付け・利用間伐・切捨間伐の施業履歴による面積と実績面積を示す。施業履歴の主伐面積は実績と比べると過小となっており、施業履歴の主伐データが未整備であることが伺える。一方、施業履歴の植え付けは造林実績、また主伐の値に近く、植え付けを主伐と見なすのは適当であると考えられる。また、施業履歴の間伐については、総面積は過小であるものの、大部分が切捨間伐を行っている奥山林整備事業の間伐実績と比べると、施業履歴の切捨間伐面積は比較的近い値となっている。

##### 4.2 伐採率、搬出率、林地残材率、用材率の設定

伐採率を  $Cr$  とし、施業履歴に記録がある場合はその値を用い、ない場合は事業区分ごとの平均伐採率を伐採率  $Cr$  として用いた（表4-2）。事業区分ごと平均伐採率は、間伐実績のデータ元が各補助事業の記録であることから、各補助事業で行われた間伐について、その伐採率を平均したものである。なお、主伐（皆伐）

の伐採率は100%とする。

伐採した材のうち搬出する割合を搬出率  $Er$  として、今回は枝条も含めた100%を搬出すると設定し、「とちぎカーボンオフセット」で利用されている日本国温室効果ガスインベントリ報告書（国立環境研究所2020）から、樹種別バイオマス拡大係数  $BEF$ （蓄積（立木の幹部）に対する枝条も含めた地上部比率）を樹種、林齢別に適用し、枝条部分を林地残材の発生量に上乘せした（表4-3）。樹種別バイオマス拡大係数  $BEF$  とは、（独）森林総合研究所による主要樹種のバイオマス量データ現地調査結果と既存文献データ収集結果に基づき作成された蓄積（立木の幹部）に対する枝条も含めた地上部比率であり、若齢林と壮齢林以上とで差異が認められているため、林齢20年以下と21年以上の2区分となっている。

また、伐採、搬出した材のうち発生量として、発電所へ運搬する材の割合を林地残材率  $Lr$ 、通常用材とする材の割合を用材率  $Tr$  として、みかも森林組合の調査報告書（2008）を参考に、蓄積（立木の幹部）に対して切捨間伐で90%と10%、利用間伐で50%ずつ、主伐で25%と75%と設定した。

##### 4.3 林地残材および用材の発生量推定

林地残材発生量  $HL$  (t) および用材発生量  $HT$  (m<sup>3</sup>) の推定は、森林簿に記載された各小班の総材積量  $S$  (m<sup>3</sup>) に、前節で設定した伐採率  $Cr$ 、搬出率  $Er$  を乗じて小班からの全発生量  $H$  (m<sup>3</sup>) を求め、これに林地残材率  $Lr$  と容積比重  $Gr$  を用いて林地残材発生量  $HL$  (t) を、用材率  $Tr$  を用いて用材発生量  $HT$  (m<sup>3</sup>) を算出した。容積比重  $Gr$  はみかも森林組合が調査で算出した0.68t/m<sup>3</sup>を用いた（みかも森林組合、2008）。なお、スギ、ヒノキの一般的な全乾比重がそれぞれ0.38t/m<sup>3</sup>、0.42t/m<sup>3</sup>であるため（寺澤1994）、今回用いた0.68t/m<sup>3</sup>で含水率（乾燥重量基準）はおおよそスギで100%、ヒノキで80%程度となる。

$$H = S \times Cr \times Er$$

$$HL = H \times Lr \times Gr$$

$$HT = H \times Tr$$

表4-3 樹種別バイオマス拡大係数  $BEF$

樹種	$BEF$	
	20年以下	20年より大
スギ	1.23	1.57
ヒノキ	1.24	1.55
サワラ	1.24	1.55
アカマツ	1.23	1.63
クロマツ	1.36	1.39
カラマツ	1.15	1.20
モミ	1.40	1.40
ツガ	1.40	1.40
その他針葉樹	1.32	2.55
ブナ	1.32	1.58
クスギ	1.32	1.36
ナラ	1.26	1.40
ケヤキ	1.28	1.58
アカシア	1.37	1.37
エンジュ	1.37	1.37
ヤマザクラ	1.37	1.37
その他広葉樹	1.37	1.37

#### 4.4 収穫作業システム, 集荷先, 搬出・運搬距離の算出

##### 4.4.1 収穫作業システム

有賀ら (2021) では, 栃木県内における森林組合の聞き取り結果から, 作業システムを森林組合ごとに 1, 2 種設定していたが, 広域範囲であっても適切に作業システムを設定できるよう, 傾斜と起伏量による作業システム区分を提案している後藤 (2016) を参考に, Battuvshin et al. (2020) が用いた手法を使用した。各県の傾斜と起伏量により, 9 種類の作業システム (CTL, 9-13 t グラップル, 9-13 t ウィンチ, 9-13 t スイングヤーダ, 6-8 t ウィンチ, 6-8 t スイングヤーダ, 3-4 t ウィンチ, タワーヤーダ, 本格架線) を設定した (表 4.4)。なお, 表 4.4 中の作業システムの記載がない場所は, 収穫不可能と判断し未定義としている。対象地域の起伏量, 傾斜, 作業システムの分布を図 4-2 ~ 4 に示す。表 4-5 ~ 7 に各市町における作業システムの選択数, 選択割合を示す。

選択された作業システムの配分をみると, 渡良瀬川森林計画区に属する市町は傾斜, 起伏量が大きく足利市, 栃木市, 佐野市, 鹿沼市の 4 市町全てで大きな傾斜, 起伏量に区分される架線系のシステム (9-13 t スイングヤーダ, 6-8 t スイングヤーダ, タワーヤーダ, 本格架線) が選択され, 渡良瀬川森林計画区の約 8 割を占めている。那珂川森林計画区では, 那須塩原市, 茂木市, 塩谷市など県境である東部で, 傾斜, 起伏量が大きく, 架線系システムが選択されが, 約 1 割と低い水準となっており, さくら市や矢板市は架線系システムの割合が 0% となっている。鬼怒川森林計画区では, 北部の日光市のみ本格架線が 1,910 と, 全市町でも渡良瀬川森林計画区に次ぐ, 25.43% を本格架線が占めている。同計画区で架線系システムを選択しているのは日光市

で 57.37%, 宇都宮市が 5.70%, 益子市で 1.46% であり, 他市町は 0% となっている。CTL は全市町で選択されており, 那珂川森林計画区に属するさくら市と鬼怒川森林計画区に属する芳賀町, 高根沢市で CTL が 100% を占めている。那珂川森林計画区と鬼怒川森林計画区は, 傾斜と起伏量が小さい地形で選択される車両系システム (9-13 t スイングヤーダ, 6-8 t スイングヤーダ, タワーヤーダ, 本格架線) の方が架線系システムよりも割合が多く, 渡良瀬川森林計画区は架線系システムの割合が大きい。なお, 日光市において車両系システムが選択数 7,710 件, 架線系システムが 5,842 件に対し, 面積割合 42.63%, 57.37% となっているのは, 架線系システムに選択された林分の面積が大きいためである。

##### 4.4.2 土場の設定, 搬出の算出

土場は, 小班の重心とした。搬出距離は, 土場から道路データの最近傍点までの距離とした。詳しい算出方法を以下に示す。

DEM から土場 (p1), 土場から道路データの最近傍点 (p2), p1, p2 で結ばれる直線と小班界が交差する点 (p3) の標高値を読み取り, 傾斜を算出し, p1 から p3 (l1), p3 から p2 (l2) までの斜距離を算出し, l1, l2 に作業路迂回率  $\eta'$  を乗じて搬出距離とした。作業路迂回率  $\eta'$  は, 地形区分によって値が異なる (表 4-8)。下記の式に l1, l2 の傾斜 (%) を代入し, 森林利用学的地形指数 Y の値を求め, それに基づいて作業路迂回率を小班ごとに算出した (小林 1997)。図 4-5 に搬出距離算出の模式図を, 図 4-6 に栃木県における道路を示す。

$$Y = 1.287X - 2.844$$

表 4-4 傾斜と起伏量による作業システム区分

傾斜	起伏量				
	100m 未満	100 ~ 200 m	200 ~ 300 m	300 ~ 400 m	400 m 以上
15° 未満	CTL	CTL	CTL	-	-
15 ~ 20°	9-13 t グラップル	9-13 t グラップル	9-13 t ウィンチ	9-13 t スイングヤーダ	-
20 ~ 25°	9-13 t グラップル	9-13 t ウィンチ	9-13 t ウィンチ	9-13 t スイングヤーダ	9-13 t スイングヤーダ
25 ~ 30°	-	6-8 t ウィンチ	6-8 t スイングヤーダ	6-8 t スイングヤーダ	本格架線
30 ~ 35°	-	3-4 t ウィンチ	タワーヤーダ	本格架線	本格架線
35° 以上	-	-	本格架線	本格架線	本格架線

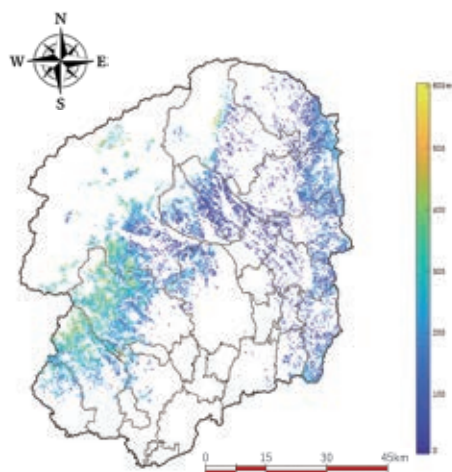


図 4-2 起伏量分布

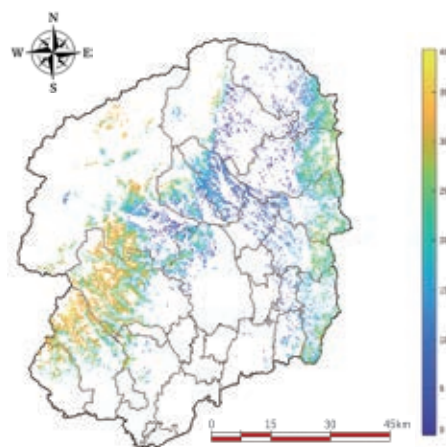


図 4-3 傾斜分布



#### 4.4.3 用材・林地残材の集荷先の設定、運搬距離の算出

発生した材の集荷先として、用材の集荷先は栃木県内の共販所とした。林地残材の集荷先は、栃木県内においてFIT認定を受けている2つバイオマス発電所を設定した(表4-9)。ただし、栃木県那珂川町、壬生町の発電施設においては、燃料の原料割合から、それぞれ、那珂川バイオマスは需要量の70%、壬生町発電施設は30,000t/年を林地残材の需要量とし、那珂川町の発電施設においては発電規模2,500kWの需要量(50,000t/年)の70%である35,000t/年、壬生町においては30,000t/年とした(Battuvshin et al. 2020)。

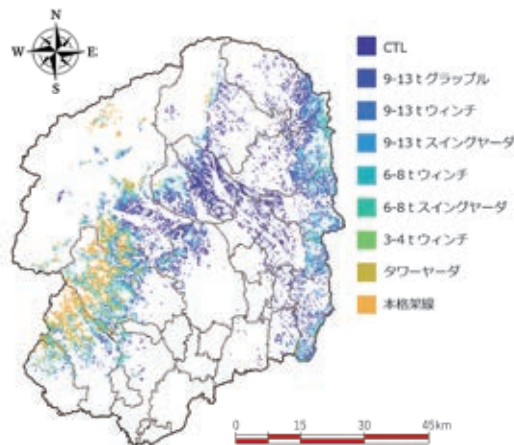


図4-4 作業システム分布

表4-5 各市町の車両系・架線系システム面積割合

市町村	選択数			面積割合(%)		
	車両系システム	架線系システム	未定義	車両系システム	架線系システム	未定義
宇都宮市	3,875	138	0	94.30	5.70	0.00
足利市	429	1,088	0	23.92	76.08	0.00
栃木市	671	1,363	0	26.70	73.30	0.00
佐野市	1,925	5,755	0	14.96	85.04	0.00
鹿沼市	6,274	10,664	0	24.66	75.34	0.00
日光市	7,710	5,842	0	42.63	57.37	0.00
真岡市	73	0	0	100.00	0.00	0.00
大田原市	6,909	437	0	84.64	15.36	0.00
矢板市	6,823	0	0	100.00	0.00	0.00
那須塩原市	2,236	174	0	83.02	16.98	0.00
さくら市	1,892	0	0	100.00	0.00	0.00
那須烏山市	2,782	47	13	98.25	1.46	0.28
益子町	735	5	0	98.54	1.46	0.00
茂木町	3,367	248	8	90.05	9.28	0.68
市貝町	384	0	0	100.00	0.00	0.00
芳賀町	39	0	0	100.00	0.00	0.00
塩谷町	4,636	255	0	85.36	14.64	0.00
高根沢町	84	0	0	100.00	0.00	0.00
那須町	6,113	394	0	87.49	12.51	0.00
那珂川町	4,416	72	0	97.41	2.59	0.00
合計	61,373	26,482	21	-	-	-
渡良瀬川森林計画区	9,299	18,870	0	21.82	78.18	0.00
鬼怒川森林計画区	22,199	24,855	0	0.35	65.41	0.00
那珂川森林計画区	39,174	1,627	21	0.91	9.40	0.07

表4-6 各市町の作業システム選択数

市町村	CTL	9-13t グラップル	9-13t ウィンチ	6-8t ウィンチ	3-4t ウィンチ	9-13t スイング ヤード	6-8t スイング ヤード	タワー ヤード	本架線	未定義	合計
宇都宮市	1,914	980	503	439	39	137	0	1	0	0	4,013
足利市	19	63	138	84	125	560	12	387	129	0	1,517
栃木市	164	139	160	119	89	1,187	6	76	94	0	2,034
佐野市	141	383	542	606	253	1,802	1	1,502	2,450	0	7,680
鹿沼市	519	1,075	1,822	1,630	1,228	4,820	127	2,104	3,613	0	16,938
日光市	2,827	1,757	1,202	1,583	341	2,789	24	1,119	1,910	0	13,552
真岡市	59	13	1	0	0	0	0	0	0	0	73
大田原市	1,837	1,488	2,576	176	832	434	0	3	0	0	7,346
矢板市	5,671	971	108	73	0	0	0	0	0	0	6,823
那須塩原市	1,669	54	192	321	0	103	0	1	70	0	2,410
さくら市	1,892	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,892
那須烏山市	1,112	224	1,008	25	413	47	0	0	0	13	2,842
益子町	394	256	80	2	3	5	0	0	0	0	740
茂木町	498	1,351	885	236	397	185	4	57	2	8	3,623
市貝町	347	20	16	0	1	0	0	0	0	0	384
芳賀町	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
塩谷町	2,279	1,173	709	239	236	227	0	20	8	0	4,891
高根沢町	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84
那須町	2,514	1,481	1,679	186	253	394	0	0	0	0	6,507
那珂川町	813	794	1,829	123	857	52	20	0	0	0	4,488
合計	24,792	12,222	13,450	5,842	5,067	12,742	194	5,270	8,276	21	87,876
渡良瀬川森林計画区	843	1,660	2,662	2,439	1,695	8,369	146	4,069	6,286	0	28,169
鬼怒川森林計画区	6,507	4,686	4,464	4,463	2,079	11,300	170	5,189	8,196	0	47,054
那珂川森林計画区	18,285	7,536	8,986	1,379	2,988	1,442	24	81	80	21	40,822

表 4-7 各市町の作業システム面積割合 (%)

市町村	CTL	9-13t グラップル	9-13t ウィンチ	6-8t ウィンチ	3-4t ウィンチ	9-13t スイングヤーダ	6-8t スイングヤーダ	タワー ヤーダ	本架線	未定義
宇都宮市	38.97	25.70	16.71	11.61	1.31	5.20	0.00	0.51	0.00	0.00
足利市	0.68	3.83	7.18	4.04	8.20	36.42	0.89	29.64	9.13	0.00
栃木市	4.66	5.18	6.47	6.20	4.19	61.65	0.19	4.23	7.22	0.00
佐野市	1.03	2.24	4.13	5.08	2.48	19.84	0.02	21.97	43.21	0.00
鹿沼市	1.71	3.51	7.16	6.87	5.40	27.59	0.64	13.85	33.27	0.00
日光市	14.05	8.43	7.90	10.25	2.00	19.81	0.15	11.97	25.43	0.00
真岡市	82.73	16.27	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
大田原市	14.58	15.21	37.13	3.39	14.33	15.36	0.00	0.01	0.00	0.00
矢板市	70.25	20.68	4.85	4.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
那須塩原市	53.47	4.22	5.59	19.74	0.00	6.90	0.00	0.41	9.67	0.00
さくら市	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
那須烏山市	34.65	7.27	37.21	1.36	17.76	1.46	0.00	0.00	0.00	0.28
益子町	42.52	41.72	12.47	0.10	1.72	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00
茂木町	8.44	31.38	25.35	5.77	19.11	7.42	0.24	1.57	0.05	0.68
市貝町	90.87	4.39	4.60	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
芳賀町	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
塩谷町	33.17	20.40	14.59	9.90	7.31	13.65	0.00	0.85	0.14	0.00
高根沢町	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
那須町	29.35	18.06	30.70	4.03	5.36	12.51	0.00	0.00	0.00	0.00
那珂川町	15.63	11.64	40.61	2.63	26.90	2.24	0.36	0.00	0.00	0.00
合計	20.76	11.37	15.19	6.73	6.60	16.31	0.19	7.43	15.38	0.03
渡良瀬川森林計画区	1.64	3.25	6.20	6.16	4.56	27.75	0.44	16.41	33.59	0.00
鬼怒川森林計画区	9.14	6.81	7.47	7.69	3.47	23.25	0.31	13.66	28.19	0.00
那珂川森林計画区	34.07	16.60	24.04	5.63	10.18	8.36	0.06	0.28	0.71	0.07

表 4-8 林道・作業道迂回率と地形区分

地形区分	I 緩	II 中	III 急	IV 急峻
利用学的地形区分	0 ~ 19	20 ~ 39	40 ~ 69	70 ~
迂回率 林道 ( $\eta$ )	0.1	0.3	0.4	0.6
作業道 ( $\eta'$ )	0	0.2	0.5	0.5



図 4-5 搬出距離算出模式図

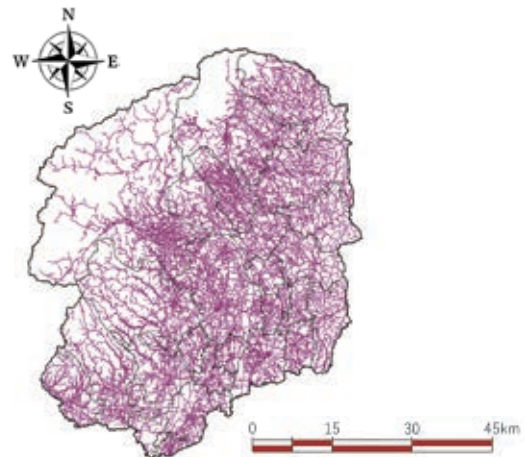


図 4-6 栃木県における道路分布

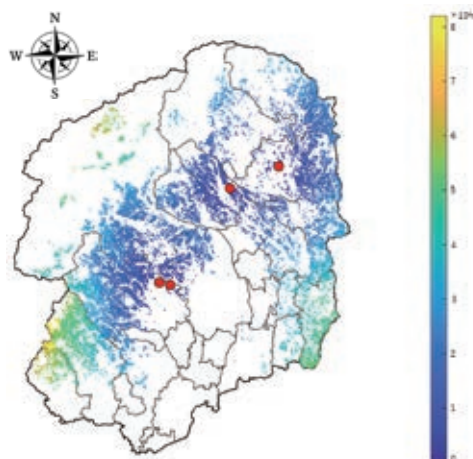


図 4-7 用材の集荷先および運搬距離

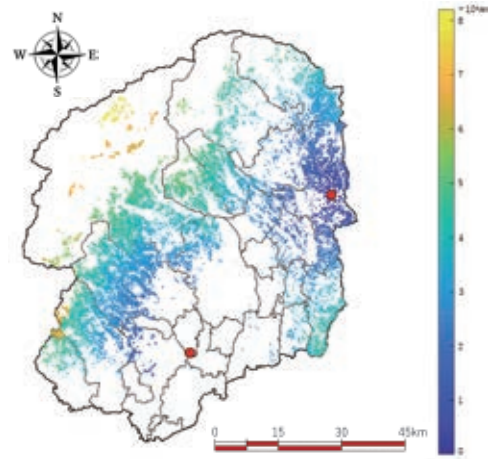


図 4-8 林地残材の集荷先および運搬距離



各小班から集荷先までの距離を dijkstra 法によって全路網を対象に算出し、収益性の最も高い集荷先までの距離を運搬距離とした。用材、林地残材の集荷先と運搬距離をそれぞれ図 4-7、8 に示す。

#### 4.5 林地残材および用材の買取価格設定、収入の算出

用材の価格は平成 28 年木材需給報告書の製材（A 材）、合板（B 材）、チップ（C 材）の素材価格に、製材、合板、チップの素材生産量の比を乗じることで  $\text{m}^3$  当たりの木材価格を樹種ごとに設定した。林地残材の価格は、チップの素材価格と同様とし、容積比重  $0.68\text{t}/\text{m}^3$  を除して  $7,353\text{円}/\text{t}$  とした（表 4-10）。なお樹種に関して、平成 28 年木材需給報告書から推計している木材の売上額や、山元立木価格等本研究で使用している統計データがアカマツ、クロマツをマツとして集計しているため、アカマツ、クロマツ林分はマツとして集計した。そのほかの樹種はその他として集計し、有賀ら（2021）と同様にスギと同じ価格設定にした。

表 4-9 バイオマス発電所の発電力、需要量

発電所	市町	発電力 (kW)	消費量 ( $\text{t}/\text{年}$ )	林地残材需要量 ( $\text{t}/\text{年}$ )
那珂川バイオマス	那珂川町	2,500	50,000	35,000
壬生町発電施設	壬生町	18,000	210,000	30,000

表 4-10 木材価格と割合

樹種	価格(円/ $\text{m}^3$ )			割合(%)		
	A 材	B 材	C 材	A 材	B 材	C 材
スギ	11,908	10,692	5,000	89.2	0.0	10.8
ヒノキ	16,475	10,692	5,000	96.8	0.0	3.2
マツ	12,783	10,692	5,000	0.0	0.0	100
カラマツ	11,750	10,692	5,000	0.0	100	0.0
その他	11,908	10,692	5,000	89.2	0.0	10.8

表 4-11 最大集材距離、路網密度と路網作設コスト

使用機械	最大 集材距離 (m)	路網密度 ( $\text{m}/\text{ha}$ )	路網作設コスト (円/ha)
本格架線	1,500	-	-
タワーヤーダ	300	$16.67 \times (1+\eta)$	$16.67 \times (1+\eta) \times 25,000$
3.4 t ウインチ	20	$250 \times (1+\eta)$	$250 \times (1+\eta) \times 108e^{0.117\theta}$
6-8 t スイングヤーダ	100	$50 \times (1+\eta)$	$50 \times (1+\eta) \times 108e^{0.117\theta}$
6-8 t ウインチ	30	$166.7 \times (1+\eta)$	$166.7 \times (1+\eta) \times 108e^{0.117\theta}$
9-13 t スイングヤーダ	100	$50 \times (1+\eta)$	$50 \times (1+\eta) \times 220.08e^{0.117\theta}$
9-13 t ウインチ	40	$125 \times (1+\eta)$	$125 \times (1+\eta) \times 220.08e^{0.117\theta}$
9-13 t グラップル	20	$250 \times (1+\eta)$	$250 \times (1+\eta) \times 220.08e^{0.117\theta}$
CTL	10	$500 \times (1+\eta)$	-

表 4-14 木寄せ集材における機械経費

使用機械	木寄せ集材量 ( $\text{m}^3/\text{回}$ )	固定費 (円/時間)	変動費 (円/時間)	人件費 (円/時間)	時間経費 (円/h)	係数 (円・回/秒・ $\text{m}^3$ )
タワーヤーダ (大)	0.8	7,158	32,269	5,300	15,727	5.46
3.4 t ウインチ	0.25	2,010	988	5,300	8,298	9.22
6-8 t スイングヤーダ	0.5	2,900	1,466	5,300	9,666	5.37
6-8 t ウインチ	0.35	2,508	1,305	5,300	9,113	7.23
9-13 t スイングヤーダ	0.5	4,452	2,245	5,300	11,997	6.67
9-13 t ウインチ	0.5	3,403	1,843	5,300	10,547	5.86
生産性 ( $\text{m}^3/\text{時間}$ )		固定費 (円/時間)	変動費 (円/時間)	人件費 (円/時間)	時間経費 (円/h)	係数 (円・回/秒・ $\text{m}^3$ )
9-13 t グラップル	20	2,936	1,560	2,650	7,147	-

#### 4.6 林地残材および用材の収穫コストの算出

収穫コストは、Battuvshin et al. (2020) を参考に、労務経費、機械経費、生産性から作業工程ごとに設定した。労務経費は森林組合調査報告書（みかも森林組合 2008）からチェーンソー作業は  $2,567\text{円}/\text{h}$ 、その他の機械作業は  $2,650\text{円}/\text{h}$ 、トラック運搬工程については澤口（1996）から  $2,400\text{円}/\text{h}$  と設定し、機械経費は機械価格、耐用年数、年間運転時間、減価償却費率、年間管理費率、減価償却費、維持修理費、管理費、燃料・油脂費を用いて算出した（表 4-11 ～ 20）。また、これらの収穫コスト算定式は間伐作業を想定しているため、主伐作業においては林野庁（2015）の素材生産費等調査報告書から全国の主伐作業費と間伐作業費の比から補正係数を算出し、主伐作業の収穫コストについては算定式に補正係数（0.596）を乗じて算出している。

#### 4.7 補助金

間伐補助金は、平成 28 年度造林補助事業標準単価総括表（栃木県 2016a）を参考にし、各小班の伐採率、造材・集材方法、搬出材積に応じた標準単価に、査定係数 1.7 と補助率 0.4 を乗じた値を用いた（表 4-21）。

表 4-12 伐倒・造材における機械規格

工程	使用機械	生産性 ( $\text{m}^3/\text{時間}$ )	固定費 (円/時間)	変動費 (円/時間)	人件費 (円/時間)	時間経費 (円/時間)
伐倒	チェーンソー	3	77	371	2,567	3,015
造材	チェーンソー	7.5	55	51	2,567	2,673
	プロセッサ(小)	6	3,607	1,969	2,650	8,227
	プロセッサ(中)	10	4,281	3,488	2,650	10,419
	プロセッサ(大)	13	5,361	4,674	2,650	12,685
伐倒・造材	ハーベスタ(小)	5	4,470	2,785	2,650	9,905
	ハーベスタ(中)	8	6,273	4,036	2,650	12,958
	ハーベスタ(大)	10	8,648	5,579	2,650	16,877

表 4-13 伐倒・造材における収穫コストと機械規格

システム	伐倒機械	造材機械	伐倒・造材 コスト(円/ $\text{m}^3$ )
本格架線	チェーンソー	プロセッサ(大)	2,008
タワーヤーダ	チェーンソー	プロセッサ(大)	2,008
3.4 t ウインチ	チェーンソー	チェーンソー	1,446
6-8 t スイングヤーダ	チェーンソー	プロセッサ(小)	2,404
6-8 t ウインチ	チェーンソー	プロセッサ(小)	2,404
9-13 t スイングヤーダ	チェーンソー	プロセッサ(中)	2,074
9-13 t ウインチ	チェーンソー	プロセッサ(中)	2,074
9-13 t グラップル	チェーンソー	プロセッサ(中)	2,074
CTL	ハーベスタ(中)		1,620

奥山林整備事業における補助額は、有賀ら（2021）より、伐倒にかかる費用全額に諸経費率（0.15）を乗じた値とし、算出した。作業路作設に対する補助金は、平成 28 年度森林作業道標準単価表（栃木県 2016b）を用い、各小班の林地傾斜、作設する路網の幅員に応じた標準単価に、査定係数 1.7 と補助率 0.4 を乗じた値を計上した（表 4-22）。なお、緩傾斜は林地傾斜が 15 以下、急傾斜は 30° 以上、その中間を中傾斜とした。

#### 4.8 収支比較、林地残材収穫可能量の推定

収穫可能量を推計するにあたり、森林所有者に対する返却金を考慮するため、樹種ごとに 2017 年の山元立木価格を返却金として設定した。なお、山元立木価格が集計されているのはスギ、ヒノキ、マツの 3 樹種のみであるため、カラマツ林分の返却金はマツの値と

表 4-15 搬出における機械経費

使用機械	搬出量 (m³/回)	固定費 (円/時間)	変動費 (円/時間)	人件費 (円/時間)	時間経費 (円/h)	係数 (円/回・秒・m)
フォワーダ(小)	2.5	2,965	1,782.2	2,650	7,397	0.82
フォワーダ(中)	3.5	3,664	2,315.3	2,650	8,629	0.68
フォワーダ(大)	4.5	5,086	3,299.0	2,650	11,035	0.68

表 4-16 搬出機械の規格

システム	搬出機械
本格架線	-
タワーヤーダ	-
3-4 t ウインチ	フォワーダ (小)
6-8 t スイングヤーダ	フォワーダ (中)
6-8 t ウインチ	フォワーダ (中)
9-13 t スイングヤーダ	フォワーダ (大)
9-13 t ウインチ	フォワーダ (大)
9-13 t グラップル	フォワーダ (大)
CTL	フォワーダ (大)

表 4-19 架線系作業システムにおける架設撤去費

使用機械	作業時間 (時間/回)	人員数	人件費 (円/人・時間)	架設撤去コスト (円/回)	平均集材距離 (m)	平均横取り距離 (m)	集材面積 (ha/回)	架設撤去コスト (円/m²)
本格架線	237	4	2,650	2,508,066	750	25	15	167,207/V
タワーヤーダ	3	3	2,650	23,850	150	10	1	19,875/V
スイングヤーダ	1	3	2,650	3,975	50	5	0	19,875/V

V：出材量 (m³/ha)

表 4-20 トラック運搬コスト

距離 (km)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
単価 (円/m³)	1,030	1,514	1,757	2,006	2,253	2,498	2,744	2,992	3,237	3,468	3,632
距離 (km)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	500	1000
単価 (円/m³)	3,782	3,934	4,090	4,246	4,400	4,556	4,711	4,866	5,022	6,898	11,602

表 4-21 間伐補助標準単価 (円/ha)

伐採率	造材方法	集材方法	搬出材積 (m³)							
			10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 60	60 ~ 70	70 ~	
20% 以上	チェーンソー	車両系	137,000	194,000	251,000	307,000	364,000	421,000	478,000	
		架線系	153,000	220,000	288,000	355,000	423,000	490,000	557,000	
	プロセッサ	車両系	131,000	184,000	237,000	289,000	342,000	395,000	448,000	
		架線系	147,000	210,000	274,000	337,000	401,000	464,000	527,000	
30% 以上	チェーンソー	車両系	163,000	220,000	276,000	333,000	390,000	447,000	504,000	
		架線系	178,000	246,000	313,000	381,000	448,000	516,000	583,000	
	プロセッサ	車両系	157,000	209,000	262,000	315,000	369,000	421,000	474,000	
		架線系	172,000	236,000	299,000	363,000	426,000	490,000	553,000	

同様とし、他の樹種はスギと同様にした（表 4-23）。用材及び林地残材の収穫コスト（収穫直接費、諸経費、作業路作設費の試算）と収入（木材売上、間伐・作業路作設補助金の試算）の収支比較を行い、返却金を上回った小班からの蓄積を積算して収穫可能量とした。なお、再造林費・再造林補助金は計上しないことに留意する。

表 4-17 木寄せ集材における収穫コスト

使用機械	木寄せ集材コスト (円/m³)	
本格架線	$1080.068/Ly^{-0.2142} + 196$	
タワーヤーダ (大)	下荷	$5.46 \{ (1/1.83e^{-0.0020 \theta} + 1/1.83e^{-0.35-0.008 \theta}) Ly + 473 \}$
	上荷	$5.46 \{ (1/1.83e^{-0.0030 \theta} + 1/1.83e^{-0.35-0.0025 \theta}) Ly + 473 \}$
3-4 t ウインチ	下荷	$9.22 \{ (1/1.55e^{-0.0057 \theta} + 1/1.55e^{-0.41-0.078 \theta}) Ly + 45 \}$
	上荷	$9.22 \{ (1/1.55e^{-0.0054 \theta} + 1/1.55e^{-0.41-0.064 \theta}) Ly + 45 \}$
6-8 t スイングヤーダ	下荷	$5.37 \{ (1/1.26e^{-0.0030 \theta} + 1/1.26e^{-0.27-0.014 \theta}) Ly + 216 \}$
	上荷	$5.37 \{ (1/1.26e^{-0.0035 \theta} + 1/1.26e^{-0.27-0.0050 \theta}) Ly + 216 \}$
6-8 t ウインチ	下荷	$7.23 \{ (1/1.25e^{-0.0035 \theta} + 1/1.25e^{-0.42-0.053 \theta}) Ly + 49 \}$
	上荷	$7.23 \{ (1/1.25e^{-0.0031 \theta} + 1/1.25e^{-0.42-0.042 \theta}) Ly + 49 \}$
9-13 t スイングヤーダ	下荷	$6.67 \{ (1/1.26e^{-0.0030 \theta} + 1/1.26e^{-0.27-0.014 \theta}) Ly + 216 \}$
	上荷	$6.67 \{ (1/1.26e^{-0.0035 \theta} + 1/1.26e^{-0.27-0.050 \theta}) Ly + 216 \}$
9-13 t ウインチ	下荷	$5.86 \{ (1/1.00e^{-0.0030 \theta} + 1/1.00e^{-0.52-0.040 \theta}) Ly + 57 \}$
	上荷	$5.86 \{ (1/1.00e^{-0.0023 \theta} + 1/1.00e^{-0.52-0.030 \theta}) Ly + 57 \}$
9-13 t グラップル	316	
CTL	-	

Ly：平均集材距離 (m)、 $\theta$ ：平均林地傾斜 (度)

表 4-18 搬出における収穫コスト

使用機械	フォワーダ搬出コスト (円/m³)	
フォワーダ (小)	下荷	$0.82 \{ (1/2.33e^{-0.112 a} + 1/2.33e^{-0.255-0.072 a}) Lf + 775 \}$
	上荷	$0.82 \{ (1/2.33e^{-0.0847 a} + 1/2.33e^{-0.255-0.130 a}) Lf + 775 \}$
フォワーダ (中)	下荷	$0.68 \{ (1/2.75e^{-0.108 a} + 1/2.75e^{-0.326-0.065 a}) Lf + 992 \}$
	上荷	$0.68 \{ (1/2.75e^{-0.079 a} + 1/2.75e^{-0.326-0.120 a}) Lf + 992 \}$
フォワーダ (大)	下荷	$0.68 \{ (1/3.50e^{-0.098 a} + 1/3.50e^{-0.3912-0.053 a}) Lf + 1178 \}$
	上荷	$0.68 \{ (1/3.50e^{-0.081 a} + 1/3.50e^{-0.3912-0.104 a}) Lf + 1178 \}$

Lf：搬出距離 (m)、 $a$ ：集材路の平均縦断勾配 (度)

表 4-22 作業路補助金標準標準単価 (円/m)

幅員	標準単価	備考
3.5m	912	緩傾斜
3.5m	1,246	中傾斜
3.5m	2,400	急傾斜
3.0m	733	緩傾斜
3.0m	985	中傾斜
3.0m	1,930	急傾斜
2.5m	638	緩傾斜
2.5m	806	中傾斜
2.5m	1,062	急傾斜

表 4-23 山元立木価格

樹種	スギ	ヒノキ	マツ	カラマツ	その他
価格 (円/m³)	3,745	7,712	1,500	1,500	3,745

## 5. 結果と考察

### 5.1 用材および林地残材の発生量

栃木県での 2005 ～ 2016 年の施業数、面積、用材発生量、林地残材発生量を施業種ごとに表 5-1、施業数、面積、用材、残材の発生量を図 5-1 ～ 4 に示す。また、林野庁（2020b）による全国の素材生産量を図 5-5 に、栃木県（2020a）による素材生産量を図 5-6 に示す。なお、全国の素材生産量は製材用材、合板用材（2017 年からは LVL 用を含んだ合板等用材）、およびチップ用材が対象であり、パルプ用材、その他用材、しいたけ原

木、燃料材、輸出は含まれていない。また、栃木県の素材生産量は対象外である国有林を含んでいることに留意する。全国の素材生産量の推移は 2002 年以降増加傾向にある。栃木県では奥山林整備事業が開始される以前の 2005 ～ 2007 年では、切捨間伐は年間施業数 2,977 件～4,427 件と徐々に増加している。事業開始後の 2010 年以降から増加傾向がみられ、2010 年には 8,660 件の切捨間伐が行われた。それに伴って残材発生量も大きく増加し、事業以前の年間 200,000t 以下から 2010 年には 361,158t の残材が発生したと推計された。利用

表 5-1 各年度の施業数、面積、用材発生量、残材発生量

年度	施業種	施業数	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)	用材発生量 (m <sup>3</sup> )	割合 (%)	林地残材発生量 (t)	割合 (%)
2005	主伐	161	2.92	204.82	5.13	27,632.54	29.92	12,086.31	7.42
	利用間伐	2,383	43.16	1,476.71	37.01	51,877.50	56.18	51,661.53	31.71
	切捨間伐	2,977	53.92	2,308.45	57.86	12,834.00	13.90	99,162.55	60.87
	計	5,521		3,990		92,344		162,910.39	
2006	主伐	172	2.70	228.10	5.39	27,478.49	29.68	12,127.81	7.12
	利用間伐	2,381	37.40	1,537.27	36.34	51,247.04	55.34	51,022.41	29.94
	切捨間伐	3,813	59.90	2,465.03	58.27	13,870.31	14.98	107,252.38	62.94
	計	6,366		4,230		92,596		170,402.60	
2007	主伐	140	1.97	162.79	3.38	20,890.91	20.16	9,480.45	4.71
	利用間伐	3,225	45.33	1,955.43	40.62	66,508.48	64.17	66,220.08	32.91
	切捨間伐	3,750	52.71	2,695.74	56.00	16,244.82	15.67	125,509.01	62.38
	計	7,115		4,814		103,644		201,209.53	
2008	主伐	142	2.05	123.74	2.63	17,616.31	19.71	7,818.28	3.35
	利用間伐	2,356	34.02	1,422.78	30.29	48,842.94	54.64	48,657.63	20.85
	切捨間伐	4,427	63.93	3,150.93	67.08	22,931.39	25.65	176,842.97	75.79
	計	6,925		4,697		89,391		233,318.88	
2009	主伐	217	2.46	239.72	4.61	35,751.23	30.29	16,279.39	6.06
	利用間伐	2,499	28.34	1,472.37	28.31	56,906.41	48.22	56,705.72	21.12
	切捨間伐	6,102	69.20	3,489.23	67.08	25,354.71	21.48	195,542.25	72.82
	計	8,818		5,201		118,012		268,527.36	
2010	主伐	144	1.32	179.16	2.69	37,041.70	27.66	16,563.08	4.59
	利用間伐	2,104	19.29	1,466.36	21.99	60,009.49	44.81	59,771.85	16.55
	切捨間伐	8,660	79.39	5,021.78	75.32	36,863.75	27.53	284,823.19	78.86
	計	10,908		6,667		133,915		361,158.12	
2011	主伐	117	1.77	174.19	4.48	58,869.05	47.71	25,658.49	11.19
	利用間伐	1,238	18.70	882.54	22.69	43,818.89	35.51	43,687.11	19.06
	切捨間伐	5,264	79.53	2,832.43	72.83	20,709.08	16.78	159,909.08	69.75
	計	6,619		3,889		123,397		229,254.68	
2012	主伐	132	2.54	174.87	5.60	44,971.23	49.38	19,807.72	10.18
	利用間伐	726	13.99	551.89	17.67	26,913.66	29.55	26,799.23	13.78
	切捨間伐	4,331	83.47	2,396.98	76.73	19,194.97	21.07	147,889.01	76.04
	計	5,189		3,124		91,080		194,495.96	
2013	主伐	207	4.43	315.34	10.15	91,287.61	71.40	39,930.92	20.94
	利用間伐	487	10.42	388.12	12.49	19,505.33	15.26	19,427.43	10.19
	切捨間伐	3,979	85.15	2,403.27	77.36	17,053.35	13.34	131,308.29	68.87
	計	4,673		3,107		127,846		190,666.64	
2014	主伐	286	5.09	313.41	9.33	97,308.21	66.79	42,558.68	21.42
	利用間伐	760	13.53	629.49	18.75	32,271.41	22.15	32,116.30	16.17
	切捨間伐	4,570	81.37	2,414.69	71.92	16,106.89	11.06	123,994.19	62.41
	計	5,616		3,358		145,687		198,669.17	
2015	主伐	415	7.06	441.68	11.62	127,860.75	69.00	56,523.95	26.10
	利用間伐	1,265	21.53	1,046.58	27.53	42,196.74	22.77	42,433.48	19.59
	切捨間伐	4,196	71.41	2,313.31	60.85	15,256.16	8.23	117,615.61	54.31
	計	5,876		3,802		185,314		216,573.04	
2016	主伐	669	10.43	598.80	15.86	165,233.82	69.25	72,480.87	31.24
	利用間伐	2,256	35.18	1,263.66	33.48	60,485.80	25.35	60,253.17	25.97
	切捨間伐	3,487	54.38	1,912.48	50.66	12,902.35	5.41	99,278.53	42.79
	計	6,412		3,775		238,622		232,012.57	



間伐は 2008 年に前年から 27% の減少が見られるが、奥山林整備事業に比重が置かれたため、減少したものだと考えられる。

2010 年から 2011 年にかけて施業数に 4,289 件、39% の大きな減少が見られるが、これは、東日本大震災による国庫支出金の減少と、国庫支出金を災害復旧事業にあてたことによる「とちぎの元気な森づくり県民税事業」の財源の減少が原因だと考えられる。農林水産省（2020）による実績値によると、2010 年から 2011 年の素材生産量が約 0.5% 減少しているが、全国の素材生産量は増加していた（農林水産省 2020）。そのため、栃木県のみ大きく関与していることが原因だと考えた。次に、栃木県の 2010 年、2011 年に制定された制度や事業では、森林整備加速化・林業再生基金事業などの間伐を促すような政策などは存在したが、生産量が減少するような理由は見当たらなかった。そこで、奥山林整備事業の実績金額を調べたところ、2011 年の奥山林整備事業が含まれるとちぎの元気な森づく

り県民税事業の決算額が前年より 3 割ほど減少しており、財源を確認したところ県の基金額に他の年度と比べて大きな変化はないが、国庫補助金が 58.69% と、半分以上減少していた。表 5-2 に奥山林整備事業の財源、実績額、実施面積を示す。これは、2011 年 3 月に発生した東日本大震災の影響で、総務省（2014）によると、地方財政の歳入は東日本大震災分を差し引いた国庫支出金が減少しており、栃木県の国庫補助金も減少が見られた。0.3% の減少と全体としての減少は大きくないが、栃木県（2012）によると災害復旧費用が 2010 年は 271,445 千円で、2011 年が 6,798,820 千円で、前年比 2,500% と、災害復旧にあてる割合が多く、とちぎの元気な森づくり県民税事業にあてる費用は結果的に前年の半分になったものだと考えられる。全国の素材生産量が増えて栃木県のみ減少したのは、2008 年以降「奥山林整備事業」が施業のほとんどを占めているためだと考えられる。図 5-7 に施業種ごとの事業区分数を、図 5-8 に施業種ごとの事業面積を表 5-3 にそ

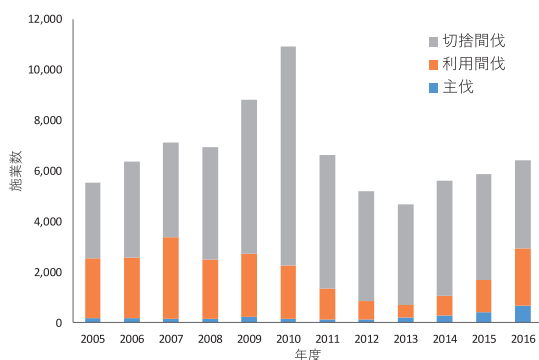


図 5-1 年度別施業数

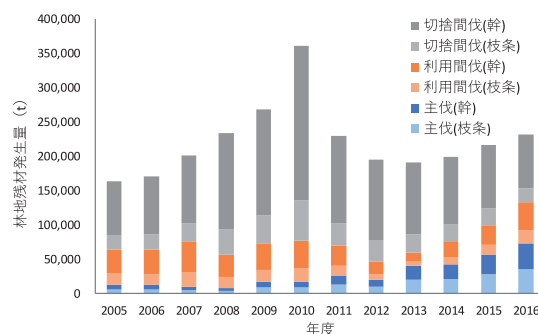


図 5-4 年度別林地残材発生量

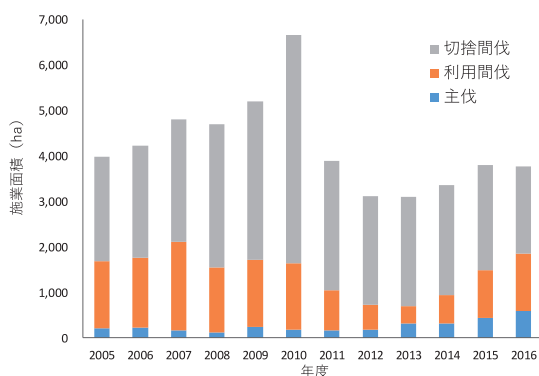


図 5-2 年度別施業面積

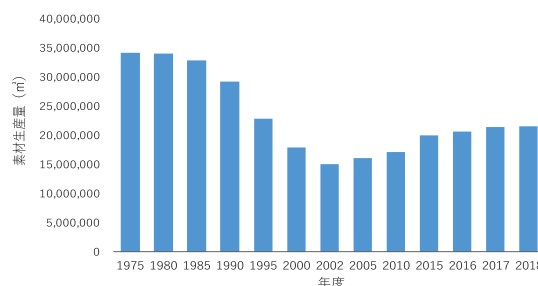


図 5-5 年度別素材生産量 (全国)

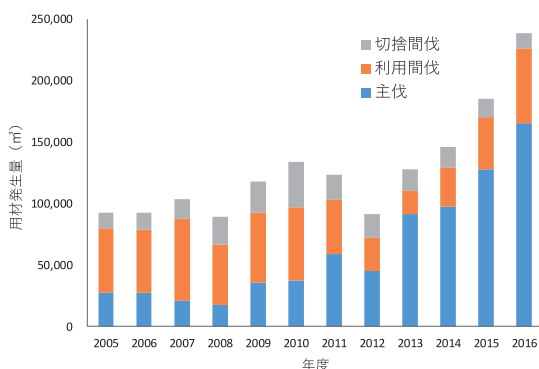


図 5-3 年度別用材発生量

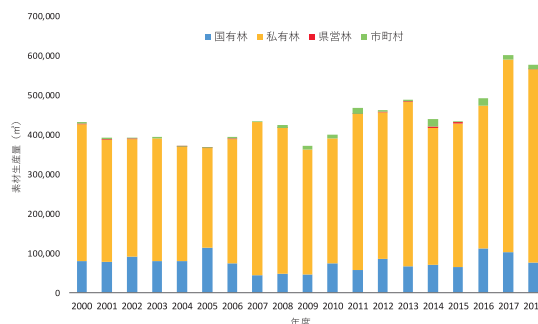


図 5-6 年度別素材生産量 (栃木県)

れらをまとめたものを示す。税事業(奥山A)、税事業(奥山B)が奥山林整備事業にあたり、2008年開始時は2,370件、818.92haで全事業数の34.23%を占め、2010年は4,204件、2,383.03haで38.54%、2014年には4,476件、2,306.32haで79.70%となっている。

2013年から利用間伐、主伐が上昇している。これは、2009年に策定された森林・林業再生プランに従い創設された、森林法に基づく森林経営計画とそれに従って行われる間伐等の施業に対する助成措置の影響が大きいと考えられる。切捨て間伐については、2013年以降、徐々に減少しており、奥山林整備事業で行う間伐が減少したのが大きく影響していると考えられる。栃木県

表 5-2 奥山林整備事業実績

年度	とちぎの元気な森づくり基金			奥山林整備事業	
	基金 (千円)	国庫補助金 (千円)	実績額 (千円)	実績額 (千円)	間伐面積 (ha)
2008	652,533	-	561,168	294,654	2,078
2009	958,971	185,500	1,013,339	652,978	2,663
2010	933,780	203,700	1,115,368	729,680	3,302
2011	900,420	10,580	848,153	484,219	2,424
2012	907,302	4,371	831,148	459,608	2,434
2013	933,199	-	804,297	465,554	2,173
2014	987,693	-	899,642	555,550	2,599
2015	902,839	-	805,103	486,230	2,299
2016	970,511	-	857,831	563,559	2,327
2017	1,003,614	-	752,362	452,705	1,725

\*2008年は積立金を使用

表 5-3 年度別事業区分数、面積

年度	施業種	造林事業		治山事業		保安林整備事業		県営林事業		税事業(奥山A)		税事業(奥山B)		税事業(搬出)		再生	体質強化事業		林構事業		未利用間伐		その他	
		事業数	面積(ha)	事業数	面積(ha)	事業数	面積(ha)	事業数	面積(ha)	事業数	面積(ha)	事業数	面積(ha)	事業数	面積(ha)		事業数	面積(ha)	事業数	面積(ha)	事業数	面積(ha)	事業数	面積(ha)
2005	主伐	127	194	2	10	32	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	利用間伐	2,374	1,471	0	0	2	14	7	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	切捨て間伐	1,922	1,142	259	153	595	684	194	170	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	
	計	4,423	2,806	261	163	629	790	201	183	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	
2006	主伐	132	328	18	13	22	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	利用間伐	2,381	1,543	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	切捨て間伐	3,153	1,744	107	91	375	340	169	171	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	
	計	5,666	3,615	125	105	397	389	169	171	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	
2007	主伐	113	206	24	27	3	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	利用間伐	3,225	1,972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	切捨て間伐	2,290	1,156	241	193	1,044	1,109	173	200	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	計	5,628	3,333	265	220	1,047	1,235	173	200	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
2008	主伐	94	213	48	40	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	利用間伐	2,353	1,417	0	0	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	切捨て間伐	1,306	719	598	485	1	5	151	202	1,317	0	1,053	819	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	計	3,753	2,349	646	525	4	22	151	202	1,317	0	1,053	819	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2009	主伐	201	145	15	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	利用間伐	2,262	1,291	0	0	0	0	6	9	1	1	0	0	0	0	230	177	0	0	0	0	0	0	
	切捨て間伐	942	464	309	297	0	0	123	118	3,394	1,945	623	279	0	0	711	119	0	0	0	0	0	0	
	計	3,405	1,900	324	345	0	0	129	128	3,395	1,946	623	279	0	0	941	296	0	0	0	0	0	0	
2010	主伐	135	239	9	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	利用間伐	1,890	1,320	0	0	0	0	7	17	0	0	0	0	0	0	207	131	0	0	0	0	0	0	
	切捨て間伐	989	576	116	157	0	0	78	114	3,685	2,111	519	272	0	0	3,266	153	0	0	0	0	7	12	
	計	3,014	2,134	125	188	0	0	85	131	3,685	2,111	519	272	0	0	3,473	284	0	0	0	0	8	12	
2011	主伐	116	196	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	利用間伐	108	99	0	0	0	0	14	37	0	0	28	28	24	44	1,046	661	0	0	0	0	2	5	
	切捨て間伐	89	51	73	149	0	0	22	47	0	0	3,832	1,991	0	0	1,207	584	0	0	0	0	13	14	
	計	313	346	73	181	0	0	36	84	0	0	3,860	2,019	24	44	2,253	1,245	0	0	0	0	15	19	
2012	主伐	124	192	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	利用間伐	0	0	10	12	0	0	28	48	50	30	0	0	33	31	601	431	0	0	0	0	2	1	
	切捨て間伐	356	0	0	0	0	0	47	65	0	0	3,914	2,046	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7	
	計	480	192	18	12	0	0	75	113	50	30	3,914	2,046	33	31	601	431	0	0	0	0	9	8	
2013	主伐	174	186	28	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	利用間伐	0	0	0	0	0	0	14	22	0	0	0	0	36	43	437	324	0	0	0	0	0	0	
	切捨て間伐	431	1	12	16	0	0	100	91	0	0	3,430	1,860	0	0	1	0	0	0	0	0	5	3	
	計	605	186	40	20	0	0	119	113	0	0	3,430	1,860	36	43	438	324	0	0	0	0	5	3	
2014	主伐	214	245	32	16	40	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	利用間伐	282	226	0	0	0	0	9	76	0	0	0	0	25	21	444	308	0	0	0	0	0	0	
	切捨て間伐	18	9	6	8	0	0	68	92	0	0	4,476	2,306	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	計	514	480	38	24	40	0	77	224	0	0	4,476	2,306	25	21	445	308	0	0	0	0	1	0	
2015	主伐	369	257	46	31	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	利用間伐	403	310	0	0	0	0	33	56	0	0	10	9	0	0	0	0	0	0	0	821	673	0	
	切捨て間伐	1	0	0	0	0	0	200	181	0	0	3,988	2,127	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6	
	計	773	567	46	31	0	28	233	237	0	0	3,998	2,137	0	0	0	0	0	0	0	821	673	7	
2016	主伐	642	407	27	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	利用間伐	320	208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	11	0	0	1,619	818	209	172	102	56	
	切捨て間伐	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3,483	1,917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	計	966	620	27	37	0	0	0	0	0	0	3,483	1,917	9	11	0	0	1,619	818	209	172	102	56	

(2018) によると 2017 年には計画区の 9 割以上が整備されていたため、それに合わせ事業を縮小したのが原因だと考えられる。なお、用材発生量の主伐に大きな増加が見られるが(図 5-3)、主伐を皆伐とみなし伐採率を 100%に設定した影響が表れていると考えられる。

## 5.1 収穫可能量の推定

### 5.2.1 市町ごとの収穫可能量

市町ごとに年度別の収穫可能量や作業システム別の収穫可能量を推定する。収支分布を図 5-9 に、収穫可能林分の分布図を図 5-10 に、栃木県全体の林地残材の収穫可能量の推移および発生量に対する収穫量の割合を図 5-11、表 5-4 に、図 5-12 に市町別の林地残材収穫可能量、図 5-13 に市町ごとの林地残材発生量、表 5-5 に市町ごとの林地残材に対する収穫可能量の割合を示す。全体を見ると、那珂川森林計画区に属する、矢板市や塩谷町、さくら市、大田原市が林地残材に対して約 50%の収穫が可能となっている。渡良瀬川森林計画

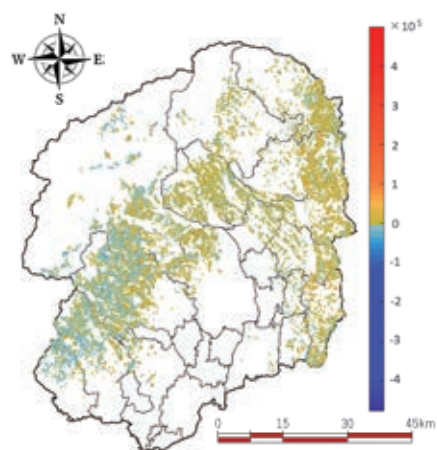


図 5-9 収支分布 (円/㎡)

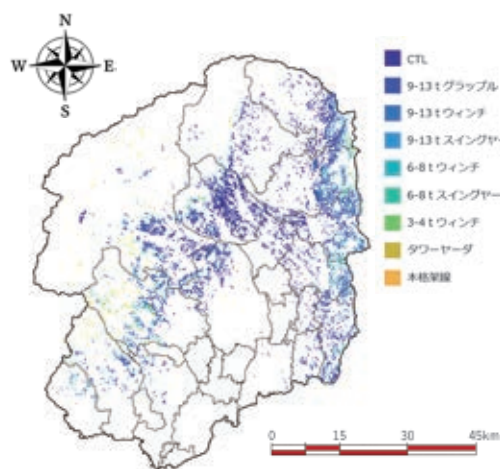


図 5-10 収穫可能小班

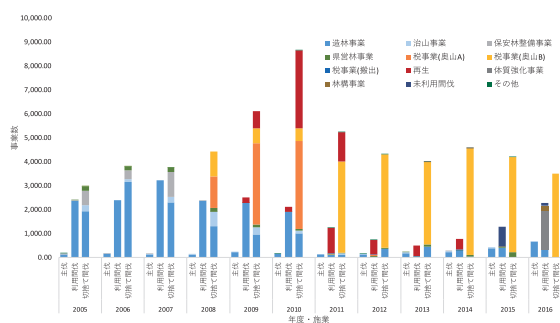


図 5-7 年度・施業種別事業数

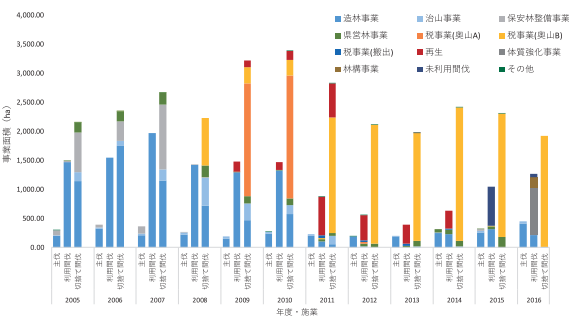


図 5-8 年度・施業種別事業面積

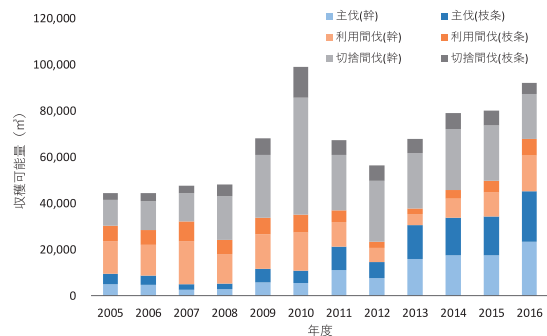


図 5-11 年度別林地残材収穫可能量

表 5-4 年度別林地残材発生量および収穫可能量割合

年度	林地残材発生量 (㎡)				収穫可能量 (㎡)				収穫可能割合 (%)			
	主伐	利用間伐	切捨間伐	計	主伐	利用間伐	切捨間伐	計	主伐	利用間伐	切捨間伐	計
2005	12,086.31	51,661.53	99,162.55	162,910.39	9,470.78	20,768.14	14,111.97	44,350.89	78.36	40.20	14.23	44.26
2006	12,127.81	51,022.41	107,252.38	170,402.60	8,739.20	19,605.49	16,069.22	44,413.91	72.06	38.43	14.98	41.82
2007	9,480.45	66,220.08	125,509.01	201,209.53	4,961.32	27,143.76	15,407.68	47,512.76	52.33	40.99	12.28	35.20
2008	7,818.28	48,657.63	176,842.97	233,318.88	5,277.67	18,743.49	24,124.02	48,145.18	67.50	38.52	13.64	39.89
2009	16,279.39	56,705.72	195,542.25	268,527.36	11,603.71	22,040.20	34,455.50	68,099.41	71.28	38.87	17.62	42.59
2010	16,563.08	59,771.85	284,823.19	361,158.12	10,804.69	24,267.53	64,011.72	99,083.94	65.23	40.60	22.47	42.77
2011	25,658.49	43,687.11	159,909.08	229,254.68	21,099.18	15,719.26	30,554.14	67,372.57	82.23	35.98	19.11	45.77
2012	19,807.72	26,799.23	147,889.01	194,495.96	14,616.40	8,808.95	32,973.03	56,398.37	73.79	32.87	22.30	42.99
2013	39,930.92	19,427.43	131,308.29	190,666.64	30,413.76	7,284.96	30,275.28	67,974.00	76.17	37.50	23.06	45.57
2014	42,558.68	32,116.30	123,994.19	198,669.17	33,709.43	12,153.41	33,099.37	78,962.20	79.21	37.84	26.69	47.91
2015	56,523.95	42,433.48	117,615.61	216,573.04	34,402.72	15,223.94	30,427.81	80,054.46	60.86	35.88	25.87	40.87
2016	72,480.87	60,253.17	99,278.53	232,012.57	45,220.69	22,565.01	24,369.61	92,155.31	62.39	37.45	24.55	41.46
合計	331,315.95	558,755.94	1,769,127.06	2,659,198.94	230,319.55	214,324.14	349,879.35	794,523.00	841.41	455.13	236.80	511.10



区では収穫可能割合が4市町とも3割以下となっており、最も高い鹿沼市で21%である。鬼怒川森林計画区は平均34%程となっているが、割合の幅が大きく最小0%、最大100%とどちらも渡良瀬川森林計画区、那珂川森林計画区に次ぐ値となっている。これは、市町ごとに設定された作業システムと相関性が見られるため、作業システムによる影響が考えられる。図5-14に市町、作業システム別の林地残材収穫可能量を、図5-15に市町、作業システム別の林地残材量を、表5-6に作業システムごとの市町における林地残材発生量、

収穫可能量、収穫割合を示す。収穫可能となった作業システムの割合は、大部分を車両系が架線系を上回り、車両系は比較的高い割合を示している。しかし、大田原市のみ車両系システムの収穫割合が48.44%と、架線系システム63.01%を下回っている。大田原市の作業システムの特徴として、他の市町よりもCTLや9-13t グラップルよりも傾斜、起伏量が大きい地形で行われる、9-13t ウィンチや6-8t ウィンチが全体の5割近くを占めるため、収穫可能割合に影響したのだと考えられる。

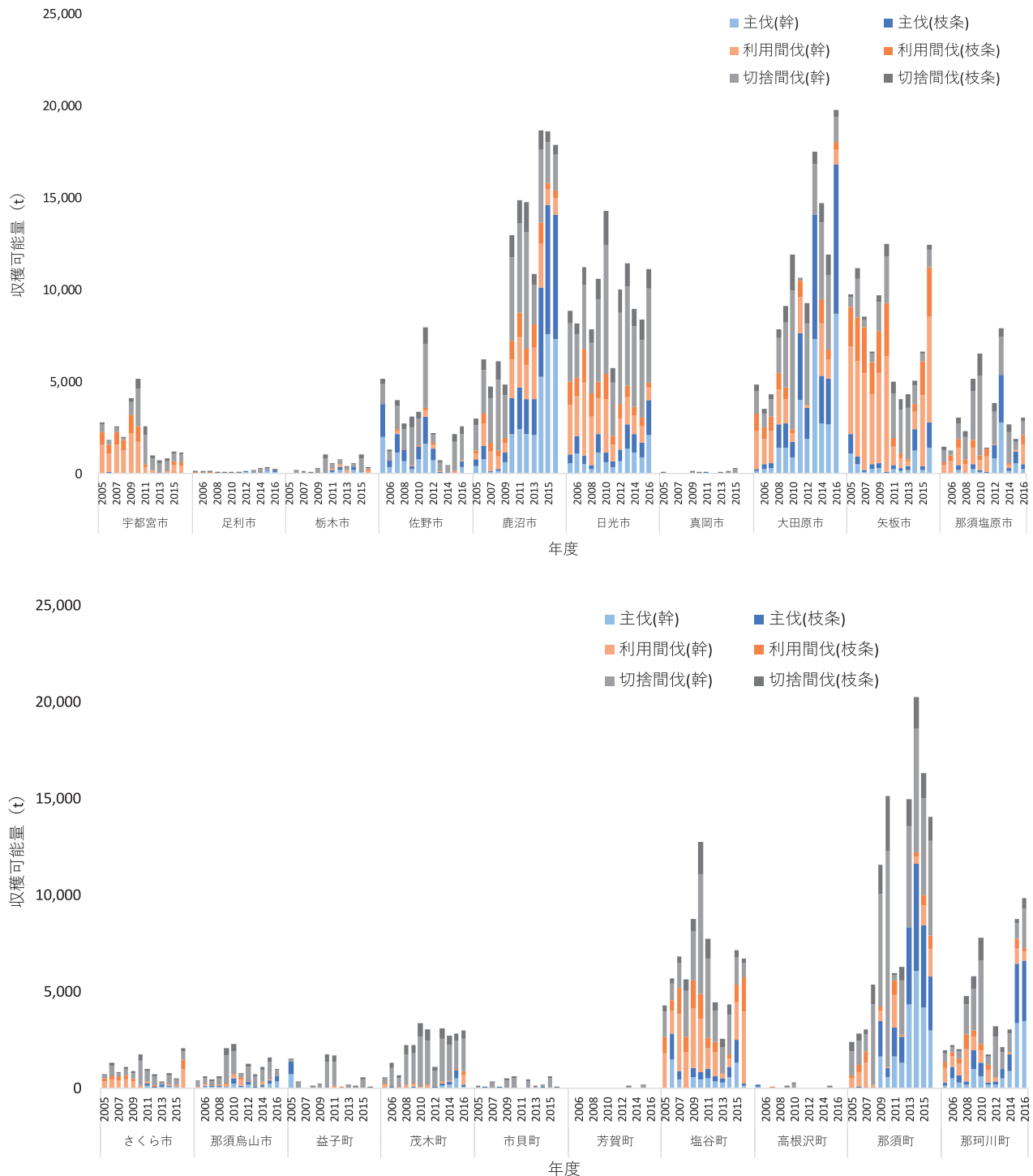


図 5-12 市町別林地残材収穫可能量

### 5.2.2 集荷先ごとの収穫可能性

収穫可能性を出荷先ごとに集計した結果を表 5-7 に示す。また、図 5-16 に集荷先ごとの収穫可能性の年間推移を示す。各集荷先の需要は 2008 年、奥山林整備事業開始以降、収穫可能性は増加し、需要量を満たす結果となったが、2011 年には東日本大震災の影響と思われる財源の低下により、収穫可能性が大幅に減少、需要量を満たせない推定値となった。2012 年以降は緩やかな上昇傾向にあるが、上昇率は奥山林整備事業の終了に合わせ低下している。切捨間伐は減少傾向にあ

り、主伐、利用間伐は上昇傾向にある。全体としては、需要量は満たしているものの、収穫可能性は横ばいに推移する結果となった。

また、林地残材の収穫で枝条などにより嵩張ることを考慮した結果を、表 5-8、図 5-17 に示す。森林組合調査報告書（みかも森林組合 2008）を参考に、林地残材収穫費用算定式の際、用材収穫費用算定式に対し、48%の生産性で設定した。林地残材の嵩張りによる生産性の低下を考慮した収穫可能性は、2つの発電所の需要量を満たす年は見られなかった。多い年で那珂川

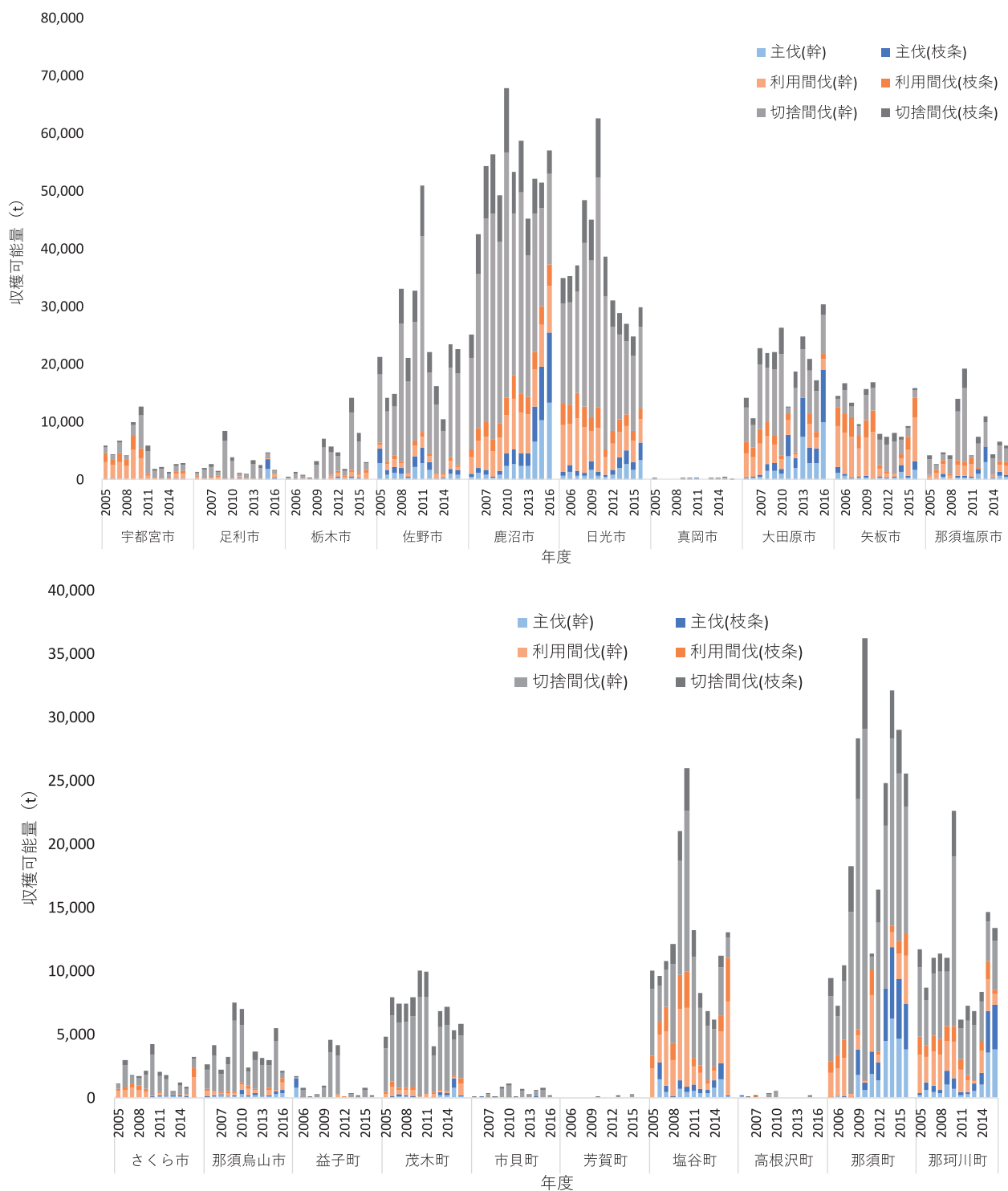


図 5-13 市町別林地残材発生量

表 5-5 市町、年度別林地残材発生量および収獲可能量割合

年度		2005			2006			2007			2008			2009		
市町村	施業種	林地残材発生量(t)	収獲可能量(t)	収獲可能割合(%)	林地残材発生量(t)	収獲可能量(t)	収獲可能割合(%)	林地残材発生量(t)	収獲可能量(t)	収獲可能割合(%)	林地残材発生量(t)	収獲可能量(t)	収獲可能割合(%)	林地残材発生量(t)	収獲可能量(t)	収獲可能割合(%)
宇都宮市	主伐	24.79	24.79	100.00	85.60	85.60	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	4,417.06	2,226.65	50.41	3,426.70	1,451.24	42.35	4,413.34	2,254.02	51.07	3,429.07	1,824.86	53.22	7,609.94	3,176.51	41.74
	切捨て間伐	1,433.03	521.93	36.42	804.29	301.93	37.54	2,324.48	303.51	13.06	670.62	140.45	20.94	2,253.19	909.35	40.36
	計	5,874.89	2,773.37	47.21	4,316.60	1,838.77	42.60	6,737.81	2,557.53	37.96	4,099.68	1,965.31	47.94	9,863.13	4,085.86	41.43
足利市	主伐	128.10	0.00	0.00	44.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.44	0.00	0.00
	利用間伐	512.35	50.52	9.86	206.61	10.41	5.04	483.43	48.39	10.01	553.29	18.40	3.32	38.31	0.00	0.00
	切捨て間伐	570.48	4.41	0.77	1,765.76	75.46	4.27	2,138.02	39.35	1.84	921.21	13.30	1.44	8,300.37	15.11	0.18
	計	1,210.93	54.93	4.54	2,016.94	85.87	4.26	2,621.46	87.74	3.35	1,474.50	31.69	2.15	8,370.13	15.11	0.18
栃木市	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.05	29.87	85.23	29.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	切捨て間伐	263.71	0.00	0.00	1,255.86	144.59	11.51	787.97	65.24	8.28	170.35	7.15	4.20	3,123.06	306.10	9.80
	計	263.71	0.00	0.00	1,255.86	144.59	11.51	823.02	95.11	11.56	200.31	7.15	3.57	3,123.06	306.10	9.80
佐野市	主伐	5,324.28	3,774.35	70.89	1,590.58	708.29	44.53	2,141.51	2,141.51	100.00	1,937.52	1,306.96	67.46	461.20	413.19	89.59
	利用間伐	1,061.32	1.10	0.10	1,584.50	10.78	0.68	2,035.41	259.57	12.75	1,235.75	4.44	0.36	711.59	34.46	4.84
	切捨て間伐	14,791.63	1,380.89	9.34	10,907.39	566.67	5.20	10,683.62	1,589.81	14.88	29,908.11	1,403.17	4.69	19,866.36	2,610.96	13.14
	計	21,177.23	5,156.34	24.35	14,082.47	1,285.74	9.13	14,860.54	3,990.89	26.86	33,081.39	2,714.57	8.21	21,039.14	3,058.62	14.54
鹿沼市	主伐	954.93	740.39	77.53	2,013.90	1,495.09	74.24	1,569.02	140.91	8.98	467.74	211.72	45.26	1,373.89	1,123.57	81.78
	利用間伐	4,171.77	521.44	12.50	6,817.75	1,761.31	25.83	8,367.21	1,511.78	18.07	6,383.05	1,027.79	16.10	8,399.05	782.08	9.31
	切捨て間伐	20,061.53	1,698.22	8.47	33,627.20	2,945.69	8.76	44,340.53	3,089.15	6.97	49,451.86	4,859.24	9.83	39,537.26	2,932.38	7.42
	計	25,188.23	2,960.05	11.75	42,458.85	6,202.09	14.61	54,276.76	4,741.85	8.74	56,302.65	6,098.75	10.83	49,310.20	4,838.03	9.81
日光市	主伐	1,198.94	1,020.29	85.10	2,441.35	2,002.44	82.02	1,394.04	979.17	70.24	1,181.56	423.42	35.84	3,081.68	2,153.47	69.88
	利用間伐	11,932.55	3,953.18	33.13	10,464.48	3,215.65	30.73	13,497.09	5,816.48	43.09	11,424.75	3,923.36	34.34	7,642.24	2,808.73	36.75
	切捨て間伐	21,834.61	3,872.97	17.74	22,287.23	2,931.03	13.15	22,226.98	4,399.15	19.79	35,764.65	3,517.90	9.84	34,258.45	5,648.67	16.49
	計	34,966.10	8,846.43	25.30	35,193.06	8,149.12	23.16	37,118.11	11,194.79	30.16	48,370.95	7,864.68	16.26	44,982.38	10,610.87	23.59
真岡市	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	切捨て間伐	25.45	8.23	32.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	162.33	92.24	56.82
	計	25.45	8.23	32.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	162.33	92.24	56.82
大田原市	主伐	248.83	240.53	96.67	500.66	472.42	94.36	714.47	532.14	74.48	2,687.18	2,666.19	99.22	2,754.48	2,700.83	98.05
	利用間伐	6,196.15	2,986.49	48.20	4,924.28	2,053.72	41.71	8,071.71	2,558.01	31.69	7,183.94	2,799.56	38.97	4,717.97	1,992.24	42.23
	切捨て間伐	7,642.18	1,622.01	21.22	5,070.98	980.40	19.33	13,940.90	1,228.28	8.81	11,950.08	2,390.10	20.00	14,649.25	4,410.09	30.10
	計	14,087.17	4,849.03	34.42	10,495.92	3,506.54	33.41	22,727.09	4,318.43	19.00	21,821.19	7,855.85	36.00	22,121.71	9,103.16	41.15
矢板市	主伐	2,172.82	2,125.25	97.81	1,016.47	909.76	89.50	326.79	184.94	56.59	489.86	489.86	100.00	580.22	574.53	99.02
	利用間伐	10,230.81	6,946.12	67.89	10,373.08	7,553.52	72.82	10,381.12	7,738.35	74.54	7,066.45	5,554.05	78.60	9,644.31	7,184.45	74.49
	切捨て間伐	1,995.19	676.52	33.91	5,217.77	2,703.92	51.82	24,090.61	580.19	23.30	2,046.73	591.85	28.92	5,500.03	1,952.23	35.49
	計	14,398.82	9,747.88	67.70	16,607.32	11,167.20	67.24	13,198.53	8,503.49	64.43	9,603.04	6,635.76	69.10	15,724.57	9,711.21	61.76
那須塩原市	主伐	2.69	2.69	100.00	0.00	0.00	0.00	909.54	440.49	48.43	0.00	0.00	0.00	524.03	486.28	92.80
	利用間伐	818.78	613.96	74.98	1,639.31	949.15	57.90	2,429.23	1,427.80	58.78	952.81	760.12	79.78	2,808.01	1,352.69	48.17
	切捨て間伐	3,381.47	819.59	24.24	1,056.87	307.83	29.13	1,397.68	1,181.68	84.55	3,246.96	1,556.59	47.94	10,553.10	3,311.01	31.37
	計	4,202.93	1,436.24	34.17	2,696.17	1,256.99	46.62	4,736.46	3,049.97	64.39	4,199.76	2,316.71	55.16	13,885.13	5,149.98	37.09
さくら市	主伐	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	693.64	504.31	72.71	846.16	604.59	0.00	1,096.54	598.39	54.57	910.66	640.39	70.32	664.01	468.39	70.54
	切捨て間伐	409.15	173.85	42.49	2,105.23	676.46	32.13	700.06	188.10	26.87	736.49	428.39	58.17	1,434.10	403.68	28.15
	計	1,103.55	678.16	61.45	2,951.39	1,281.05	43.40	1,796.59	786.49	43.78	1,647.15	1,068.78	64.89	2,098.11	872.07	41.56
那須烏山市	主伐	74.29	0.00	0.00	167.50	101.51	60.60	289.52	93.16	32.18	108.96	106.86	98.08	144.35	76.78	53.19
	利用間伐	582.29	54.28	9.32	362.29	99.22	27.39	103.07	10.37	10.06	395.59	36.89	9.32	306.27	118.30	38.63
	切捨て間伐	1,981.83	334.57	16.88	3,557.21	372.62	10.48	1,835.79	314.62	17.14	2,695.21	469.74	17.43	7,015.73	1,865.70	26.59
	計	2,638.41	388.85	14.74	4,087.00	573.35	14.03	2,228.38	418.15	18.76	3,199.77	613.49	19.17	7,466.35	2,060.78	27.60
益子町	主伐	1,483.15	1,379.09	92.98	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	切捨て間伐	110.78	97.49	88.01	749.04	339.47	45.32	3.54	0.00	0.00	203.12	55.53	27.34	936.78	211.82	22.61
	計	1,593.93	1,476.58	92.64	749.71	339.47	45.32	3.54	0.00	0.00	203.12	55.53	27.34	936.78	211.82	22.61
茂木町	主伐	0.00	0.00	0.00	77.42	31.81	41.09	237.88	2.34	0.99	182.60	18.57	10.17	99.82	32.94	32.99
	利用間伐	409.79	239.93	58.55	1,163.44	4.44	0.38	495.88	65.43	13.20	546.10	140.69	25.76	782.55	183.79	23.49
	切捨て間伐	4,389.74	321.36	7.32	6,688.63	1,283.13	19.18	6,660.25	558.27	8.38	6,641.04	2,035.55	30.65	7,033.63	2,008.26	28.55
	計	4,799.53	561.29	11.69	7,929.50	1,319.39	16.64	7,394.01	626.04	8.47	7,369.74	2,194.81	29.78	7,916.01	2,224.99	28.11
市貝町	主伐	0.00	0.00	0.00	38.97	38.97	100.00	0.00	0.00	0.00	22.37	22.37	100.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.57	11.57	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	切捨て間伐	49.76														



年度		2010			2011			2012			2013			2014		
市町村	施業種	林地残材 発生量(t)	収穫可能 量(t)	収穫可能 割合(%)	林地残材 発生量(t)	収穫可能 量(t)	収穫可能 割合(%)	林地残材 発生量(t)	収穫可能 量(t)	収穫可能 割合(%)	林地残材 発生量(t)	収穫可能 量(t)	収穫可能 割合(%)	林地残材 発生量(t)	収穫可能 量(t)	収穫可能 割合(%)
宇都宮市	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.75	0.00	0.00	91.76	42.30	46.10
	利用間伐	5,410.23	2,552.29	47.18	880.82	497.98	56.54	220.00	165.65	75.30	177.87	3.57	2.01	89.34	89.34	100.00
	切捨て間伐	7,220.97	2,590.55	35.88	4,953.05	2,033.56	41.06	1,504.61	830.19	55.18	1,937.18	704.67	36.38	1,012.38	676.43	66.82
	計	12,631.20	5,142.84	40.72	5,833.87	2,531.54	43.39	1,724.60	995.84	57.74	2,177.80	708.24	32.52	1,193.48	808.07	67.71
足利市	主伐	137.53	0.00	0.00	234.47	0.00	0.00	107.72	107.72	100.00	46.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	70.30	0.00	0.00	408.99	13.11	3.21	164.62	0.00	0.00	84.80	0.00	0.00	64.79	0.00	0.00
	切捨て間伐	3,674.53	19.45	0.53	455.93	12.87	2.82	694.31	0.00	0.00	3,156.00	151.46	4.80	2,400.51	290.51	12.10
	計	3,882.36	19.45	0.50	1,099.39	25.98	2.36	966.65	107.72	11.14	3,287.03	151.46	4.61	2,465.30	290.51	11.78
栃木市	主伐	0.00	0.00	0.00	156.32	156.32	100.00	503.75	337.99	67.10	127.13	0.00	0.00	471.31	357.44	75.84
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	575.06	143.75	25.00	993.74	153.72	15.47	431.64	191.26	44.31	1,184.39	0.00	0.00
	切捨て間伐	6,958.39	1,044.49	15.01	4,898.42	227.40	4.64	3,213.65	255.5	47.95	1,186.85	155.42	13.09	12,398.98	173.39	1.40
	計	6,958.39	1,044.49	15.01	5,629.80	527.48	9.37	4,711.14	747.25	15.86	1,745.62	346.67	19.86	14,054.68	530.83	3.78
佐野市	主伐	3,981.44	1,427.25	35.85	5,486.44	3,094.01	56.39	3,034.62	1,339.57	44.14	87.25	70.78	81.13	235.09	0.00	0.00
	利用間伐	2,747.71	51.32	1.87	2,633.81	464.92	17.65	1,425.31	328.80	23.07	922.77	76.06	8.24	850.80	0.00	0.00
	切捨て間伐	25,916.02	1,885.95	7.28	42,898.43	4,363.68	10.17	17,662.52	525.09	2.97	15,083.87	577.20	3.83	9,250.19	465.26	5.03
	計	32,645.17	3,364.52	10.31	51,018.68	7,922.61	15.53	22,122.45	2,193.46	9.92	16,093.89	724.04	4.50	10,336.08	465.26	4.50
鹿沼市	主伐	4,555.95	4,099.48	89.98	5,109.44	4,649.01	90.99	4,540.36	4,049.21	89.18	4,493.56	4,034.68	89.79	12,568.34	10,090.44	80.28
	利用間伐	9,512.84	3,106.26	32.65	12,850.87	4,083.10	31.77	10,214.41	2,726.43	26.69	9,803.19	4,091.63	41.74	9,447.93	3,546.49	37.54
	切捨て間伐	53,731.92	5,758.59	10.72	35,394.71	6,118.97	17.29	43,998.04	7,994.97	18.17	30,923.61	2,716.55	8.78	30,198.13	5,037.48	16.68
	計	67,800.70	12,964.32	19.12	53,355.02	14,851.07	27.83	58,752.81	14,770.61	25.14	45,220.36	10,842.86	23.98	52,214.40	18,674.41	35.76
日光市	主伐	1,277.98	1,124.47	87.99	806.91	632.97	78.44	1,543.64	1,277.22	82.74	3,891.22	2,671.07	68.64	5,045.04	2,143.50	42.49
	利用間伐	11,091.85	4,294.67	38.72	4,365.48	1,372.14	31.43	6,894.24	2,499.47	36.25	6,441.05	2,129.96	33.07	6,132.73	1,471.62	24.00
	切捨て間伐	50,303.60	8,877.71	17.65	33,455.23	3,701.07	11.06	22,626.55	6,252.58	27.63	18,517.16	6,608.26	35.69	15,814.42	5,338.09	33.75
	計	62,673.42	14,296.86	22.81	38,627.62	5,706.17	14.77	31,064.43	10,029.27	32.29	28,849.44	11,409.29	39.55	26,992.20	8,953.20	33.17
真岡市	主伐	0.00	0.00	0.00	30.91	30.91	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	切捨て間伐	104.72	34.69	33.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.53	39.50	72.45	165.19	65.10	39.41
	計	104.72	34.69	33.13	30.91	30.91	100.00	0.00	0.00	0.00	54.53	39.50	72.45	165.19	65.10	39.41
大田原市	主伐	1,834.14	1,698.33	92.60	7,640.59	7,626.68	99.82	3,712.25	3,585.49	96.59	14,161.51	14,054.73	99.25	5,418.40	5,281.71	97.48
	利用間伐	2,382.14	678.52	28.48	3,828.31	2,853.37	74.53	889.51	121.76	13.69	0.00	0.00	0.00	6,070.60	4,192.50	69.06
	切捨て間伐	22,063.26	9,520.17	43.15	1,115.46	157.79	14.15	14,062.82	5,577.57	39.66	10,607.99	3,473.76	32.75	9,334.01	5,243.37	56.17
	計	26,279.54	11,897.01	45.27	12,584.36	10,637.85	84.53	18,664.57	9,284.82	49.75	24,769.50	17,528.49	70.77	20,823.02	14,717.58	70.68
矢板市	主伐	75.46	72.86	96.55	435.76	423.59	97.21	266.09	262.99	98.83	428.63	381.83	89.08	2,414.05	2,401.56	99.48
	利用間伐	11,814.09	9,170.28	77.62	1,957.85	1,476.25	75.40	980.75	819.36	83.54	423.68	370.96	87.56	1,826.41	1,375.38	75.30
	切捨て間伐	4,973.33	3,252.58	65.40	5,548.93	3,096.03	55.80	6,033.88	2,963.51	49.11	7,139.40	3,523.63	49.35	3,190.20	1,281.90	40.18
	計	16,862.87	12,495.71	74.10	7,942.54	4,995.87	62.90	7,280.72	4,045.85	55.57	7,991.71	4,276.42	53.51	7,430.66	5,058.85	68.08
那須塩原市	主伐	537.07	156.37	29.11	361.88	50.99	14.09	1,733.56	1,546.83	89.23	5,641.91	5,335.26	94.56	329.19	259.59	78.86
	利用間伐	2,449.90	800.94	32.69	3,316.06	1,280.35	38.61	162.75	64.59	39.69	0.00	0.00	0.00	385.50	273.34	70.91
	切捨て間伐	16,161.09	5,545.32	34.31	332.57	24.70	7.43	5,394.40	2,201.45	40.81	5,264.01	2,548.17	48.41	3,663.81	2,152.92	58.76
	計	19,148.07	6,502.62	33.96	4,010.51	1,356.04	33.81	7,290.71	3,812.87	52.30	10,905.92	7,883.43	72.29	4,378.50	2,685.86	61.34
さくら市	主伐	54.03	20.56	38.05	210.53	207.04	98.34	95.41	60.41	63.32	176.11	155.82	88.48	139.23	139.23	100.00
	利用間伐	135.91	81.85	60.22	249.33	99.39	39.86	26.60	26.60	100.00	0.00	0.00	0.00	96.71	44.06	45.56
	切捨て間伐	4,009.91	1,633.26	40.73	1,592.66	690.80	43.37	1,614.55	615.71	38.14	337.65	138.12	40.91	910.88	577.50	63.40
	計	4,199.85	1,735.67	41.33	2,052.52	997.23	48.59	1,736.55	702.72	40.47	513.76	293.94	57.21	1,146.82	760.80	66.34
那須烏山市	主伐	587.55	478.68	81.47	133.48	129.75	97.21	345.39	319.65	92.55	105.79	36.91	34.89	194.46	152.41	78.37
	利用間伐	623.93	222.78	35.71	816.83	414.69	50.77	330.63	21.43	6.48	0.00	0.00	0.00	608.41	168.54	27.70
	切捨て間伐	5,763.12	1,562.41	27.11	1,387.73	231.92	16.71	2,913.76	931.44	31.97	3,006.06	678.66	22.58	2,164.95	761.60	35.18
	計	6,974.60	2,263.87	32.46	2,338.03	776.35	33.21	3,589.78	1,272.53	35.45	3,111.85	715.57	22.99	2,967.82	1,082.55	36.48
益子町	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	254.65	91.52	35.94	31.79	17.33	54.51	0.00	0.00	0.00	11.12	11.12	100.00
	切捨て間伐	4,524.08	1,730.86	38.26	3,862.22	1,569.43	40.64	6,095.02	0.00	0.00	356.05	165.91	46.60	81.87	81.87	100.00
	計	4,524.08	1,730.86	38.26	4,116.87	1,660.95	40.35	31.79	17.33	54.51	356.05	165.91	46.60	92.99	92.99	100.00
茂木町	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.94	34.94	100.00	424.77	193.64	45.59	338.84	338.84	100.00
	利用間伐	106.08	56.57	53.33	360.91	190.81	52.87	358.72	0.00	0.00	133.13	133.13	100.00	189.22	58.81	31.08
	切捨て間伐	9,882.82	3,272.40	33.11	9,582.12	2,840.66	29.65	3,619.91	1,056.86	29.20	6,251.50	2,769.41	44.30	6,626.01	2,310.98	34.88
	計	9,988.90	3,328.97	33.33	9,943.03	3,031.47	30.49	4,013.57	1,091.80	27.20	6,809.40	3,096.19	45.47	7,154.07	2,708.63	37.86
市貝町	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58		

年度		2015			2016			合計		
市町村	施業種	林地残材 発生量(t)	収穫可能 量(t)	収穫可能 割合(%)	林地残材 発生量(t)	収穫可能 量(t)	収穫可能 割合(%)	林地残材 発生量(t)	収穫可能 量(t)	収穫可能 割合(%)
宇都宮市	主伐	159.38	20.66	12.96	28.64	22.68	79.18	452.92	196.03	43.28
	利用間伐	1,120.32	616.55	55.03	1,415.23	568.38	40.16	32,609.91	15,427.03	47.31
	切捨て間伐	1,362.52	557.81	40.94	1,379.18	536.08	38.87	26,855.49	10,106.47	37.63
	計	2,642.21	1,195.02	45.23	2,823.05	1,127.14	39.93	59,918.31	25,729.53	42.94
足利市	主伐	3,488.59	203.25	5.83	229.12	176.90	77.21	4,447.79	487.87	10.97
	利用間伐	176.43	0.00	0.00	678.82	11.08	1.63	3,442.74	151.91	4.41
	切捨て間伐	996.80	72.60	7.28	617.28	7.69	1.25	25,691.20	702.22	2.73
	計	4,661.82	275.86	5.92	1,525.22	195.67	12.83	33,581.73	1,342.01	4.00
栃木市	主伐	244.52	98.29	40.20	0.00	0.00	0.00	1,503.03	950.05	63.21
	利用間伐	787.23	0.00	0.00	1,666.24	206.24	12.38	5,703.30	724.85	12.71
	切捨て間伐	6,944.76	914.48	13.17	1,355.01	117.99	8.71	42,557.01	3,411.77	8.02
	計	7,976.51	1,012.77	12.70	3,021.25	324.23	10.73	49,763.35	5,086.66	10.22
佐野市	主伐	1,829.26	0.00	0.00	1,531.40	630.79	41.19	27,640.60	14,906.70	53.93
	利用間伐	2,024.01	117.75	5.82	879.55	88.38	10.05	18,112.52	1,437.58	7.94
	切捨て間伐	19,532.56	2,017.67	10.33	20,084.19	1,818.98	9.06	236,584.90	19,205.33	8.12
	計	23,385.83	2,135.42	9.13	22,495.15	2,538.16	11.28	282,338.02	35,549.62	12.59
鹿沼市	主伐	19,580.23	14,614.84	74.64	25,477.02	14,068.82	55.22	82,704.38	59,318.16	71.72
	利用間伐	10,512.23	1,200.49	11.42	11,732.23	1,318.83	11.24	108,212.52	25,677.63	23.73
	切捨て間伐	21,345.57	2,797.69	13.11	19,784.28	2,463.51	12.45	422,394.64	48,412.44	11.46
	計	51,438.02	18,613.02	36.19	56,993.54	17,851.16	31.32	613,311.54	133,408.23	21.75
日光市	主伐	2,949.39	1,661.05	56.32	6,416.75	4,008.26	62.47	31,228.50	20,097.32	64.36
	利用間伐	5,340.52	1,345.51	25.19	5,880.00	940.49	15.99	101,106.99	33,771.25	33.40
	切捨て間伐	16,450.73	5,359.49	32.58	17,463.04	6,147.84	35.20	311,002.65	62,654.75	20.15
	計	24,740.64	8,366.04	33.81	29,759.79	11,096.60	37.29	443,338.14	116,523.33	26.28
真岡市	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.91	30.91	100.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	切捨て間伐	350.22	266.19	76.01	5.60	0.00	0.00	868.05	505.95	58.29
	計	350.22	266.19	76.01	5.60	0.00	0.00	898.96	536.86	59.72
大田原市	主伐	5,322.48	5,153.65	96.83	19,091.67	16,816.78	88.08	64,086.66	60,829.48	94.92
	利用間伐	2,896.41	1,580.70	54.57	2,676.54	1,193.19	44.58	49,837.57	23,010.05	46.17
	切捨て間伐	9,007.60	5,162.86	57.32	8,552.40	1,749.80	20.46	127,996.93	41,516.20	32.44
	計	17,226.49	11,897.20	69.06	30,320.61	19,759.77	65.17	241,921.16	125,355.73	51.82
矢板市	主伐	629.71	405.39	64.38	3,187.16	2,752.26	86.35	12,023.04	10,984.81	91.36
	利用間伐	6,681.14	5,704.54	85.38	11,007.46	8,492.21	77.15	82,387.14	62,385.47	75.72
	切捨て間伐	1,920.30	509.22	26.52	1,688.90	1,186.39	70.25	47,745.26	22,317.97	46.74
	計	9,231.15	6,619.15	71.70	15,883.52	12,430.86	78.26	142,155.45	95,688.25	67.31
那須塩原市	主伐	1,325.39	1,199.39	90.49	784.98	497.72	63.41	12,150.23	9,975.61	82.10
	利用間伐	1,784.39	75.43	4.23	2,220.69	1,570.79	70.73	18,967.44	9,169.16	48.34
	切捨て間伐	3,455.11	573.07	16.59	2,836.56	938.15	33.07	56,743.62	21,160.49	37.29
	計	6,564.89	1,847.89	28.15	5,842.23	3,006.66	51.46	87,861.29	40,305.26	45.87
さくら市	主伐	90.35	63.97	70.80	26.77	0.00	0.00	793.20	647.03	81.57
	利用間伐	135.00	79.75	59.07	2,337.16	1,447.91	61.95	7,191.72	4,595.62	63.90
	切捨て間伐	594.81	348.03	58.51	858.76	594.24	69.20	15,304.23	6,468.12	42.26
	計	820.17	491.74	59.96	3,222.69	2,042.14	63.37	23,289.15	11,710.77	50.28
那須烏山市	主伐	506.50	406.82	80.32	618.35	598.01	96.71	3,276.14	2,500.54	76.33
	利用間伐	84.68	14.54	17.17	866.70	15.90	1.83	5,080.68	1,176.93	23.16
	切捨て間伐	4,862.07	1,159.93	23.86	596.03	383.80	64.39	37,779.49	9,067.00	24.00
	計	5,453.25	1,581.28	29.00	2,081.08	997.70	47.94	46,136.31	12,744.47	27.62
益子町	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,483.82	1,379.09	92.94
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	297.56	119.97	40.32
	切捨て間伐	763.27	561.25	73.53	64.36	17.37	26.98	11,655.11	4,830.99	41.45
	計	763.27	561.25	73.53	64.36	17.37	26.98	13,436.49	6,330.05	47.11
茂木町	主伐	1,541.40	900.03	58.39	182.89	182.89	100.00	3,120.57	1,736.00	55.63
	利用間伐	125.25	55.56	44.36	1,302.98	661.93	50.80	5,974.04	1,791.09	29.98
	切捨て間伐	3,594.69	1,837.52	51.12	4,352.07	2,134.29	49.04	75,322.42	22,428.71	29.78
	計	5,261.35	2,793.11	53.09	5,837.94	2,979.11	51.03	84,417.03	25,955.79	30.75
市貝町	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	119.90	119.90	100.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.19	13.00	58.57
	切捨て間伐	791.10	593.33	75.00	92.85	29.02	31.25	4,612.71	2,692.53	58.37
	計	791.10	593.33	75.00	92.85	29.02	31.25	4,754.80	2,825.42	59.42
芳賀町	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	切捨て間伐	255.84	119.29	46.63	0.00	0.00	0.00	421.82	198.31	47.01
	計	255.84	119.29	46.63	0.00	0.00	0.00	421.82	198.31	47.01
塩谷町	主伐	2,687.17	2,468.16	91.85	205.45	195.94	95.37	12,624.67	11,405.69	90.34
	利用間伐	3,766.44	2,906.20	77.16	10,780.91	5,510.74	51.12	54,533.41	32,654.86	59.88
	切捨て間伐	4,769.55	1,734.58	36.37	2,083.87	992.82	47.64	81,033.76	32,703.84	40.36
	計	11,223.16	7,108.93	63.34	13,070.24	6,699.50	51.26	148,191.83	76,764.39	51.80
高根沢町	主伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.06	147.06	100.00
	利用間伐	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.47	29.68	55.51
	切捨て間伐	142.98	84.19	58.88	0.00	0.00	0.00	1,050.11	441.61	42.05
	計	142.98	84.19	58.88	0.00	0.00	0.00	1,250.65	618.36	49.44
那須町	主伐	9,381.96	8,406.62	89.60	7,373.30	5,767.37	78.22	48,833.69	44,582.90	91.30
	利用間伐	2,992.06	1,602.38	53.55	5,616.24	2,109.72	37.56	30,239.73	11,357.21	37.56
	切捨て間伐	16,620.36	6,331.66	38.10	12,570.26	6,189.78	49.24	170,157.24	62,215.12	36.56
	計	28,994.38	16,340.66	56.36	25,559.81	14,066.87	55.04	249,230.66	118,155.23	47.41
那珂川町	主伐	6,787.60	6,457.94	95.14	7,327.36	6,615.90	90.29	24,648.84	21,965.19	89.11
	利用間伐	4,007.39	1,250.38	31.20	1,192.41	648.72	54.40	34,983.01	10,246.82	29.29
	切捨て間伐	3,854.77	1,045.30	27.12	4,893.88	2,552.14	52.15	73,350.40	20,788.50	28.34
	計	14,649.77	8,753.62	59.75	13,413.66	9,816.76	73.18	132,982.25	53,000.51	39.86
合計	主伐	56,523.95	42,060.05	74.41	72,480.87	52,334.31	72.20	331,315.95	262,260.33	79.16
	利用間伐	42,433.48	16,549.75	39.00	60,253.17	24,784.51	41.13	558,755.93	233,740.12	41.83
	切捨て間伐	117,615.61	32,046.18	27.25	99,278.53	27,859.91	28.06	1,769,127.06	391,828.33	22.15
	計	216,573.04	90,655.97	41.86	232,012.57	104,978.73	45.25	2,659,198.94	887,828.78	33.39
渡良瀬川 森林 計画区	主伐	25,142.60	14,916.38	59.33	27,237.54	14,876.51	54.62	116,295.80	75,662.78	65.06
	利用間伐	13,499.89	1,318.24	9.76	14,956.84	1,624.54	10.86	135,471.08	27,991.97	20.66
	切捨て間伐	48,819.69	5,802.44	11.89	41,840.77	4,408.18	10.54	727,227.76	71,731.77	9.86
	計	87,462.18	22,037.07	25.20	84,035.16	20,909.22	24.88	978,994.64	175,386.52	17.91
鬼怒川 森林 計画区	主伐	3,108.77	1,681.71	54.10	6,445.39	4,030.94	62.54	33,463.11	21,970.32	65.66
	利用間伐	6,460.83	1,962.05	30.37	7,295.23	1,508.87	20.68	134,090.11	49,360.94	36.81
	切捨て間伐	20,116.66	7,541.56	37.49	19,005.03	6,730.31	35.41	356,465.94	81,430.60	22.84
	計	29,686.26	11,185.32	37.68	32,745.65	12,270.13	37.47	524,019.17	152,761.85	29.15
那珂川 森林 計画区	主伐	28,272.58	25,461.95	90.06	38,797.94	33,426.86	86.16	181,557.04	164,627.24	90.68
	利用間伐	22,472.75	13,269.45	59.05	38,001.10	21,651.10	56.97	289,194.74	156,387.21	54.08
	切捨て間伐	48,679.27	18,702.17	38.42	38,432.72	16,721.42	43.51	685,433.66	238,665	

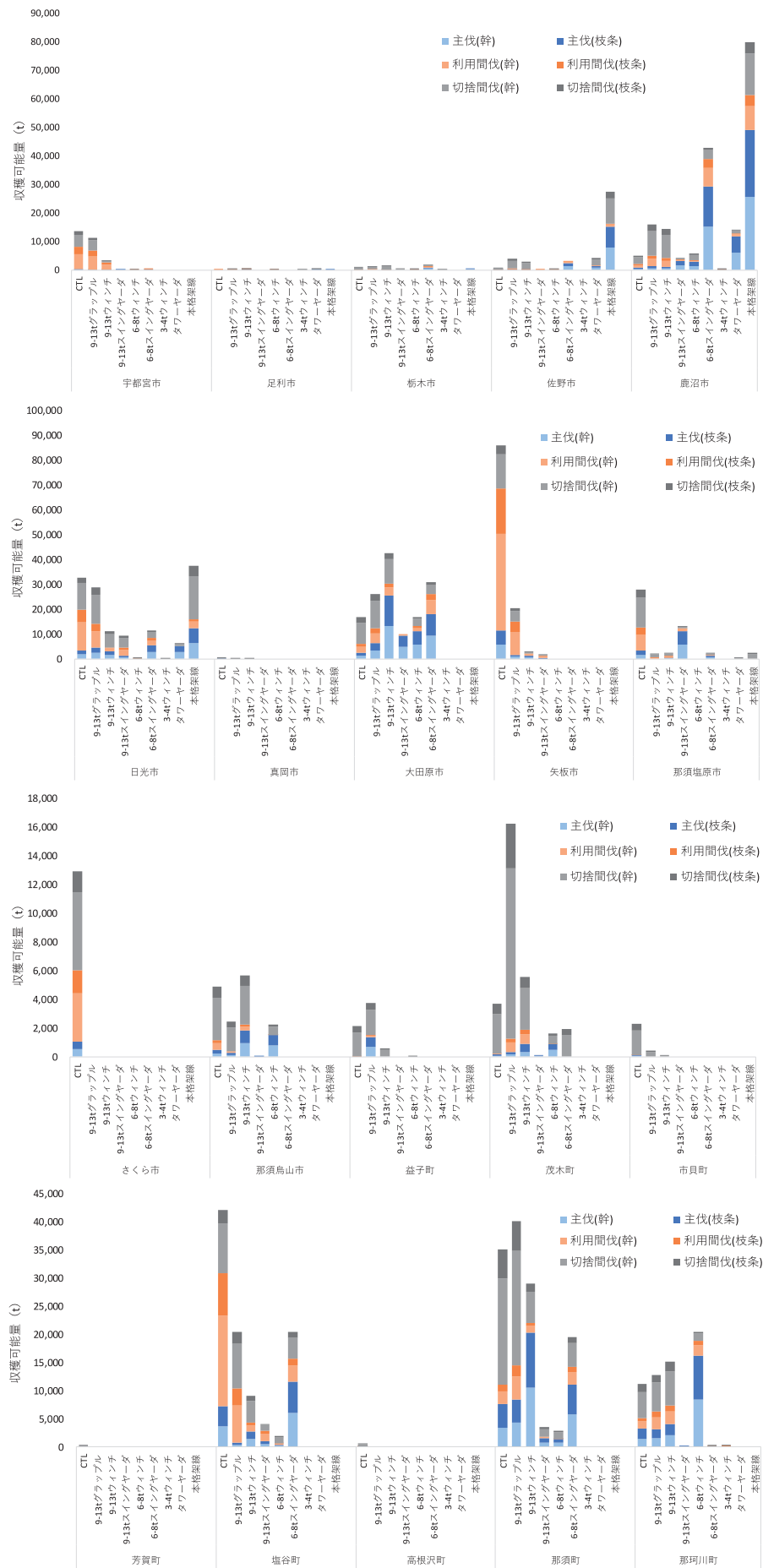


図 5-14 各市町における作業システム別の林地残材収穫可能量

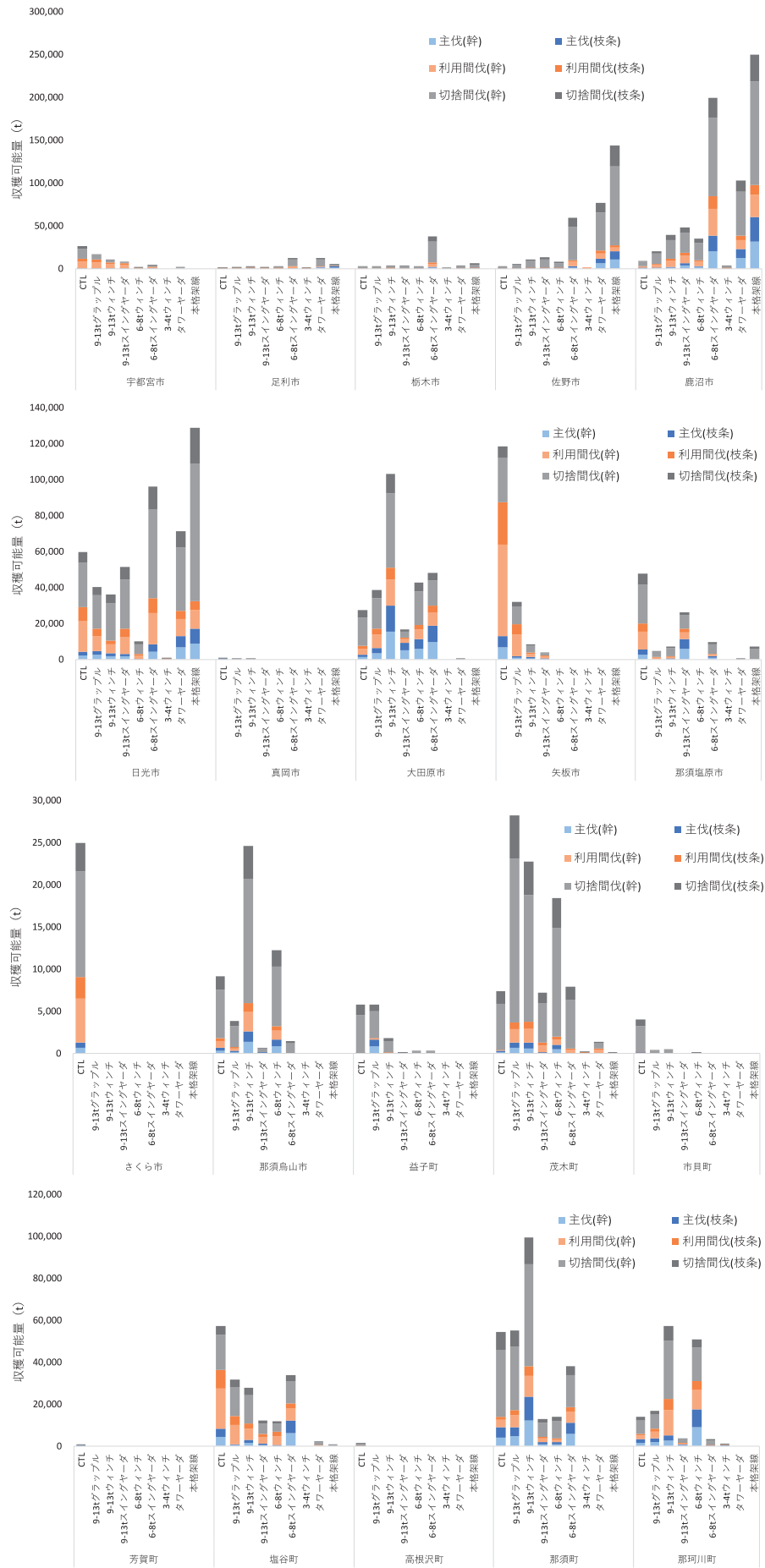


図 5-15 各市町における作業システム別の林地残材発生量



表 5-6 各市町における作業システム別の林地残材発生量、収穫可能量、収穫割合

市町村	作業システム	林地残材発生量 (t)	収穫可能量 (t)	収穫可能割合
宇都宮市	CTL	25,921.97	13,600.48	52.47
	9-13t グラップル	16,697.91	11,310.99	67.74
	9-13t ウィンチ	9,972.94	3,158.41	31.67
	9-13t スイングヤーダ	7,786.79	85.60	1.10
	6-8t ウィンチ	749.06	42.70	5.70
	6-8t スイングヤーダ	3,592.60	168.67	4.69
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	891.32	0.00	0.00
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	65,612.59	28,366.85	43.23
	車両系システム	53,341.87	28,112.58	52.70
	架線系システム	12,270.71	254.28	2.07
足利市	CTL	153.30	4.00	2.61
	9-13t グラップル	1,233.85	346.71	28.10
	9-13t ウィンチ	2,341.97	441.20	18.84
	9-13t スイングヤーダ	1,250.40	0.00	0.00
	6-8t ウィンチ	2,630.81	98.45	3.74
	6-8t スイングヤーダ	12,618.38	0.00	0.00
	3-4t ウィンチ	522.11	25.30	4.85
	タワーヤーダ	12,706.20	411.62	3.24
	本格架線	4,865.96	209.88	4.31
	計	38,322.98	1,537.16	4.01
	車両系システム	6,882.05	915.66	13.30
	架線系システム	31,440.93	621.51	1.98
栃木市	CTL	1,773.75	961.00	54.18
	9-13t グラップル	2,094.28	1,328.52	63.44
	9-13t ウィンチ	3,135.99	1,603.14	51.12
	9-13t スイングヤーダ	3,127.22	331.76	10.61
	6-8t ウィンチ	2,096.53	251.10	11.98
	6-8t スイングヤーダ	37,656.61	1,751.40	4.65
	3-4t ウィンチ	94.09	9.56	10.16
	タワーヤーダ	3,269.51	0.00	0.00
	本格架線	5,885.96	337.99	5.74
	計	59,133.94	6,574.48	11.12
	車両系システム	9,194.64	4,153.33	45.17
	架線系システム	49,939.30	2,421.15	4.85
佐野市	CTL	2,017.86	838.78	41.57
	9-13t グラップル	5,307.89	3,940.11	74.23
	9-13t ウィンチ	10,681.92	2,997.09	28.06
	9-13t スイングヤーダ	12,971.58	87.42	0.67
	6-8t ウィンチ	7,852.54	293.32	3.74
	6-8t スイングヤーダ	58,939.68	2,977.91	5.05
	3-4t ウィンチ	116.59	0.00	0.00
	タワーヤーダ	76,594.03	4,087.09	5.34
	本格架線	143,664.82	27,510.09	19.15
	計	318,146.91	42,731.80	13.43
	車両系システム	25,976.80	8,069.30	31.06
	架線系システム	292,170.11	34,662.51	11.86
鹿沼市	CTL	9,043.64	5,041.25	55.74
	9-13t グラップル	20,147.13	15,958.09	79.21
	9-13t ウィンチ	38,862.23	14,293.66	36.78
	9-13t スイングヤーダ	47,625.07	3,969.47	8.33
	6-8t ウィンチ	34,544.61	5,707.50	16.52
	6-8t スイングヤーダ	199,389.56	42,955.10	21.54
	3-4t ウィンチ	3,739.11	358.64	9.59
	タワーヤーダ	103,073.70	13,950.58	13.53
	本格架線	249,642.26	79,895.46	32.00
	計	706,067.32	182,129.74	25.79
	車両系システム	106,336.73	41,359.14	38.89
	架線系システム	599,730.59	140,770.60	23.47
日光市	CTL	59,581.74	32,702.03	54.89
	9-13t グラップル	40,258.47	28,763.73	71.45
	9-13t ウィンチ	36,279.04	11,098.30	30.59
	9-13t スイングヤーダ	51,639.86	9,403.58	18.21
	6-8t ウィンチ	9,884.93	254.89	2.58
	6-8t スイングヤーダ	96,028.71	11,306.73	11.77
	3-4t ウィンチ	583.82	26.08	4.47
	タワーヤーダ	71,503.60	6,411.18	8.97
	本格架線	128,718.13	37,535.41	29.16
	計	494,478.29	137,501.94	27.81
	車両系システム	146,587.99	72,845.03	49.69
	架線系システム	347,890.30	64,656.91	18.59
真岡市	CTL	790.55	456.67	57.77
	9-13t グラップル	116.83	88.60	75.84
	9-13t ウィンチ	7.15	7.15	100.00
	9-13t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	6-8t ウィンチ	0.00	0.00	-
	6-8t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	914.52	552.42	60.41
	車両系システム	914.52	552.42	60.41
	架線系システム	0.00	0.00	-
大田原市	CTL	27,235.96	16,741.26	61.47
	9-13t グラップル	38,511.29	26,186.62	68.00
	9-13t ウィンチ	103,364.46	42,701.41	41.31
	9-13t スイングヤーダ	16,447.95	9,801.49	59.59
	6-8t ウィンチ	42,536.09	16,894.79	39.72
	6-8t スイングヤーダ	47,923.18	30,775.44	64.22
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	26.73	0.00	0.00
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	276,045.65	143,101.02	51.84
	車両系システム	211,647.80	102,524.08	48.44
	架線系システム	64,397.86	40,576.94	63.01

市町村	作業システム	林地残材発生量(t)	収獲可能量(t)	収獲可能割合
矢板市	CTL	118,748.54	85,927.49	72.36
	9-13t グラップル	32,130.67	20,264.56	63.07
	9-13t ウィンチ	8,449.93	2,790.86	33.03
	9-13t スイングヤーダ	3,539.91	1,648.64	46.57
	6-8t ウィンチ	0.00	0.00	-
	6-8t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	162,869.04	110,631.54	67.93
那須塩原市	車両系システム	159,329.14	108,982.91	68.40
	架線系システム	3,539.91	1,648.64	46.57
	CTL	47,561.98	27,990.78	58.85
	9-13t グラップル	4,791.75	1,988.70	41.50
さくら市	9-13t ウィンチ	7,304.37	2,554.42	34.97
	9-13t スイングヤーダ	26,341.70	12,975.85	49.26
	6-8t ウィンチ	0.00	0.00	-
	6-8t スイングヤーダ	9,645.01	2,449.06	25.39
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	319.87	319.87	100.00
	本格架線	7,297.60	2,315.44	31.73
	計	103,262.29	50,594.12	49.00
	車両系システム	59,658.11	32,533.89	54.53
	架線系システム	43,604.18	18,060.22	41.42
那須烏山市	CTL	24,940.11	11,466.46	45.98
	9-13t グラップル	0.00	0.00	-
	9-13t ウィンチ	0.00	0.00	-
	9-13t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	6-8t ウィンチ	0.00	0.00	-
	6-8t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	24,940.11	11,466.46	45.98
那須烏山市	車両系システム	24,940.11	11,466.46	45.98
	架線系システム	0.00	0.00	-
	CTL	9,126.42	4,101.11	44.94
	9-13t グラップル	3,856.43	2,034.28	52.75
那須烏山市	9-13t ウィンチ	24,642.35	4,957.75	20.12
	9-13t スイングヤーダ	651.37	72.58	11.14
	6-8t ウィンチ	12,200.98	2,111.19	17.30
	6-8t スイングヤーダ	1,474.99	0.00	0.00
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	51,952.53	13,276.91	25.56
	車両系システム	49,826.18	13,204.33	26.50
	架線系システム	2,126.36	72.58	3.41

市町村	作業システム	林地残材発生量(t)	収獲可能量(t)	収獲可能割合
益子町	CTL	5,751.02	1,681.54	29.24
	9-13t グラップル	5,817.61	3,264.94	56.12
	9-13t ウィンチ	1,770.47	487.22	27.52
	9-13t スイングヤーダ	16.68	0.00	0.00
	6-8t ウィンチ	220.75	3.22	1.46
	6-8t スイングヤーダ	311.41	0.00	0.00
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	13,887.94	5,436.92	39.15
茂木町	車両系システム	13,559.85	5,436.92	40.10
	架線系システム	328.09	0.00	0.00
	CTL	7,363.79	2,961.09	40.21
	9-13t グラップル	28,273.74	13,112.84	46.38
市貝町	9-13t ウィンチ	22,789.89	4,806.01	21.09
	9-13t スイングヤーダ	7,188.91	119.14	1.66
	6-8t ウィンチ	18,391.67	1,466.50	7.97
	6-8t スイングヤーダ	7,938.69	1,509.23	19.01
	3-4t ウィンチ	140.98	0.00	0.00
	タワーヤーダ	1,331.78	0.00	0.00
	本格架線	60.54	0.00	0.00
	計	93,480.00	23,974.81	25.65
	車両系システム	76,960.08	22,346.45	29.04
	架線系システム	16,519.92	1,628.37	9.86
芳賀町	CTL	4,046.22	1,840.90	45.50
	9-13t グラップル	427.18	336.73	78.83
	9-13t ウィンチ	441.86	84.69	19.17
	9-13t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	6-8t ウィンチ	19.57	0.00	0.00
	6-8t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	4,934.83	2,262.32	45.84
芳賀町	車両系システム	4,934.83	2,262.32	45.84
	架線系システム	0.00	0.00	-
	CTL	477.55	205.99	43.14
	9-13t グラップル	0.00	0.00	-
芳賀町	9-13t ウィンチ	0.00	0.00	-
	9-13t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	6-8t ウィンチ	0.00	0.00	-
	6-8t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	477.55	205.99	43.14
	車両系システム	477.55	205.99	43.14
	架線系システム	0.00	0.00	-

市町村	作業システム	林地残材発生量(t)	収穫可能量(t)	収穫可能割合
塩谷町	CTL	57,162.31	39,811.84	69.65
	9-13t グラップル	31,810.80	18,375.76	57.77
	9-13t ウィンチ	27,704.34	8,120.85	29.31
	9-13t スイングヤーダ	12,139.92	3,904.88	32.17
	6-8t ウィンチ	11,951.13	1,683.54	14.09
	6-8t スイングヤーダ	33,893.82	19,417.11	57.29
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	2,175.23	0.00	0.00
	本格架線	447.70	0.00	0.00
	計	177,285.26	91,313.99	51.51
高根沢町	車両系システム	128,628.58	67,991.99	52.86
	架線系システム	48,656.68	23,322.00	47.93
	CTL	1,276.44	524.97	41.13
	9-13t グラップル	0.00	0.00	-
	9-13t ウィンチ	0.00	0.00	-
	9-13t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	6-8t ウィンチ	0.00	0.00	-
	6-8t スイングヤーダ	0.00	0.00	-
	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
那須町	本格架線	0.00	0.00	-
	計	1,276.44	524.97	41.13
	車両系システム	1,276.44	524.97	41.13
	架線系システム	0.00	0.00	-
	CTL	54,442.30	29,964.37	55.04
	9-13t グラップル	55,103.87	34,874.43	63.29
	9-13t ウィンチ	99,449.32	27,583.88	27.74
	9-13t スイングヤーダ	12,983.52	3,165.70	24.38
	6-8t ウィンチ	13,813.07	2,658.49	19.25
	6-8t スイングヤーダ	37,927.40	18,511.42	48.81
那珂川町	3-4t ウィンチ	0.00	0.00	-
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	273,719.48	116,758.31	42.66
	車両系システム	222,808.56	95,081.18	42.67
	架線系システム	50,910.91	21,677.13	42.58
	CTL	14,114.16	9,820.47	69.58
	9-13t グラップル	16,829.96	11,423.13	67.87
	9-13t ウィンチ	57,212.96	13,531.59	23.65
	9-13t スイングヤーダ	3,730.56	269.55	7.23
	6-8t ウィンチ	51,024.87	20,199.02	39.59
	6-8t スイングヤーダ	3,127.80	315.51	10.09
	3-4t ウィンチ	712.74	194.22	27.25
	タワーヤーダ	0.00	0.00	-
	本格架線	0.00	0.00	-
	計	146,753.06	55,753.50	37.99
	車両系システム	139,894.69	55,168.44	39.44
	架線系システム	6,858.36	585.06	8.53

市町村	作業システム	林地残材発生量(t)	収穫可能量(t)	収穫可能割合
合計	CTL	471,529.61	286,642.49	60.79
	9-13t グラップル	303,409.65	193,598.74	63.81
	9-13t ウィンチ	454,411.20	141,217.64	31.08
	9-13t スイングヤーダ	207,441.45	45,835.67	22.10
	6-8t ウィンチ	207,916.61	51,664.72	24.85
	6-8t スイングヤーダ	550,467.82	132,137.60	24.00
	3-4t ウィンチ	5,909.44	613.80	10.39
	タワーヤーダ	271,891.96	25,180.34	9.26
	本格架線	540,582.97	147,804.27	27.34
	計	3,013,560.72	1,024,695.26	34.00
渡良瀬川 森林計画	車両系システム	1,443,176.51	673,737.38	46.68
	架線系システム	1,570,384.21	350,957.88	22.35
	CTL	12,988.55	6,845.03	52.70
	9-13t グラップル	28,783.15	21,573.43	74.95
	9-13t ウィンチ	55,022.11	19,335.09	35.14
	9-13t スイングヤーダ	64,974.27	4,388.65	6.75
	6-8t ウィンチ	47,124.51	6,350.38	13.48
	6-8t スイングヤーダ	308,604.23	47,684.41	15.45
	3-4t ウィンチ	4,471.90	393.50	8.80
	タワーヤーダ	195,643.43	18,449.29	9.43
鬼怒川 森林計画	本格架線	404,058.99	107,953.42	26.72
	計	1,121,671.15	232,973.19	20.77
	車両系システム	148,390.22	54,497.42	36.73
	架線系システム	973,280.93	178,475.77	18.34
	CTL	97,845.48	51,012.58	52.14
	9-13t グラップル	63,317.99	43,764.99	69.12
	9-13t ウィンチ	48,471.46	14,835.77	30.61
	9-13t スイングヤーダ	59,443.34	9,489.19	15.96
	6-8t ウィンチ	10,874.31	300.81	2.77
	6-8t スイングヤーダ	99,932.71	11,475.40	11.48
那珂川 森林計画	3-4t ウィンチ	583.82	26.08	4.47
	タワーヤーダ	72,394.92	6,411.18	8.86
	本格架線	128,718.13	37,535.41	29.16
	計	581,582.16	174,851.41	30.06
	車両系システム	221,093.05	109,940.23	49.73
	架線系システム	360,489.11	64,911.18	18.01
	CTL	360,695.58	228,784.88	63.43
	9-13t グラップル	211,308.51	128,260.32	60.70
	9-13t ウィンチ	350,917.63	107,046.78	30.50
	9-13t スイングヤーダ	83,023.84	31,957.84	38.49
	6-8t ウィンチ	149,917.80	45,013.53	30.03
	6-8t スイングヤーダ	141,930.88	72,977.78	51.42
	3-4t ウィンチ	853.72	194.22	22.75
	タワーヤーダ	3,853.61	319.87	8.30
	本格架線	7,805.84	2,315.44	29.66
	計	1,310,307.41	616,870.66	47.08
	車両系システム	1,073,693.24	509,299.73	47.43
	架線系システム	236,614.18	107,570.93	45.46

バイオマスの需要量 35,000t に対し、2013 年が 32,578t で需要量に対する比率 93.08%，2016 年が 31,515t で需要量に対する比率 90.04%と 9 割を占めているが、需要量は満たさなかった。低い年では、那珂川バイオマスの 2007 年の収獲可能量が 11,584t で 33.10%，壬生町発電施設の 2006 年の収獲可能量が 10,157.42t で 33.86%と、各集荷先の半分にも満たなかった。

## 6. おわりに

本研究では、栃木県における民有林スギ・ヒノキ・マツ・カラマツ林分の林地残材量、発生場所の把握を行った。作業システムは各県における傾斜や起伏量といった地形情報から設定し、地形条件を考慮した収獲費用を算出した。林地残材の集荷先について、FIT 制

度の認定済みの集荷先で試算を行い、今後の木質バイオマス発電への安定供給について考察した。林地残材の発生量は、奥山林整備事業開始以前は 15 万 t 程度だった残材発生量が 2008 年から増加し、2010 年には 35 万 t まで増加した。この林地残材から収獲費用と収入を試算し各年ごとに収支比較を行ったところ、現状で、集荷先の需要量を満たすことが示唆された。収獲可能量は 2013 年以降上昇傾向にあるが、栃木県では間伐を目的にした「奥山林整備事業」が終了した 2017 年以降、その事業で使用される事業費を同県民税事業であるとちぎの元気な森づくり県民税事業内の「未来の森林整備事業」にあてている。この事業の目的は針葉樹林の皆伐後の再造林や広葉樹への樹種転換等、森林の若返りの支援であり、2019 年度には計画 395ha に対

表 5-7 集荷先、施業区分別収獲可能量の推移

集荷先	年度	収獲可能量 (m <sup>3</sup> )						合計	需要量に 対する比率
		主伐(幹)	主伐(枝条)	利用間伐(幹)	利用間伐(枝条)	切捨間伐(幹)	切捨間伐(枝条)		
那珂川バイオマス 年間需要量：35,000t	2005	1,426.58	1,384.50	10,639.47	4,953.62	5,600.03	1,690.99	25,695.19	73.41
	2006	2,793.33	2,750.36	9,988.88	4,644.87	7,117.94	2,002.16	29,297.54	83.71
	2007	1,354.15	1,434.73	13,029.54	6,072.26	5,513.83	1,605.52	29,010.04	82.89
	2008	1,882.61	1,782.91	9,756.63	4,551.37	12,760.51	3,349.91	34,083.95	97.38
	2009	5,075.72	5,273.31	10,401.64	4,852.78	20,823.69	5,517.38	51,944.53	148.41
	2010	2,729.59	2,869.38	10,568.03	4,928.66	39,377.80	10,508.05	70,981.51	202.80
	2011	6,687.57	6,179.20	7,528.42	3,530.19	7,721.63	2,060.38	33,707.38	96.31
	2012	4,763.63	4,554.24	2,034.36	941.60	17,257.89	4,484.16	34,035.87	97.25
	2013	15,527.53	14,405.67	539.19	253.30	17,503.78	4,614.64	52,844.10	150.98
	2014	11,801.94	10,990.98	4,905.95	2,276.09	18,295.07	4,754.06	53,024.10	151.50
壬生町発電施設 年間需要量：30,000t	2005	3,631.47	3,307.44	4,691.62	2,196.31	6,577.53	1,611.47	22,015.84	73.39
	2006	2,286.19	2,005.23	4,550.33	2,119.95	6,072.81	1,543.20	18,577.71	61.93
	2007	1,668.42	1,595.51	7,048.29	3,282.69	7,868.90	2,074.32	23,538.14	78.46
	2008	1,013.00	947.68	5,191.94	2,421.67	9,114.93	2,436.81	21,126.03	70.42
	2009	1,919.74	1,791.55	6,211.34	2,910.60	11,297.70	2,932.24	27,063.17	90.21
	2010	3,457.05	3,194.15	7,187.86	3,345.73	19,913.10	5,300.34	42,398.23	141.33
	2011	4,455.07	4,108.14	4,679.07	2,190.14	16,866.79	4,428.66	36,727.88	122.43
	2012	3,717.30	3,434.59	4,175.35	1,957.40	12,772.93	3,289.47	29,347.05	97.82
	2013	3,494.78	3,281.75	4,431.25	2,061.22	9,533.09	2,302.60	25,104.69	83.68
	2014	6,707.54	6,181.44	3,656.60	1,699.64	10,757.62	2,668.29	31,671.13	105.57
	2015	8,691.59	8,056.42	2,325.69	1,087.13	10,785.67	2,826.49	33,772.99	112.58
	2016	9,890.96	9,199.38	2,821.48	1,323.48	9,516.84	2,190.69	34,942.83	116.48

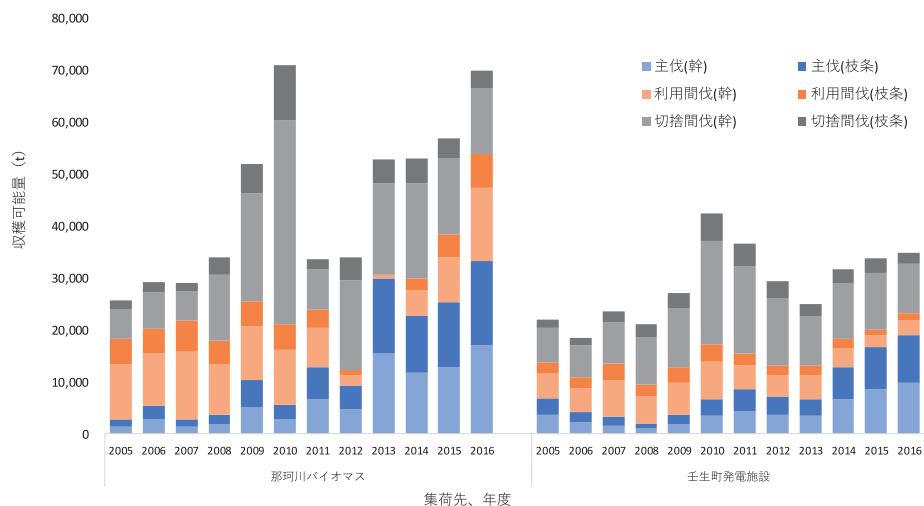


図 5-16 集荷先ごとの林地残材収獲可能量の年間推移



して 374ha(実施率 94.6%)の該当する森林に支援を行っている(栃木県 2020 c)。

一方、2019 年から森林環境譲与税で取り行う事業として間伐等森林整備が位置された。これは県民税から移行した事業であるが、現状、内容は意向調査や境界調査とその事前調査等である。これは、平成 29 年度森林・林業白書(林野庁 2018)より「森林環境譲与税(仮称)の譲与は、農林水産省が検討している新たな森林管理システムの構築と合わせ」(新たな森林管理とは森林所有者における経営管理の責務を明確化である)とあり、栃木県の間伐等森林整備事業はこの内容に即して行っていると思われる。現在、森林環境譲与税の使途は基金に積み立てられており、明確な使途を持たないのが栃木県の現状となっている。

施業履歴からは、利用間伐、特に主伐の割合が増加しており、切捨間伐は減少していることが読み取れたが、これにより、これからの栃木県が造林や広葉樹への樹種転換を目的とした主伐が主体となることが示唆された。この施業形態の移行により、収穫可能量に影響を与えることが予想される。

木質バイオマスエネルギーの安定供給を図るうえで、大きな要素である林地残材の把握は重要であり、今後も県の社会情勢を加味するなど、より現実に即した林地残材の実態把握、予想が望まれる。

最後に、本研究を進めるにあたり、ご協力頂いた栃木県庁の方々に謝意を表します。なお、本研究は JSPS 科研費 16KK0168, 22H03800 の助成を受けたものである。

表 5-8 枝条を考慮した集荷先、施業区分別収穫可能量の推移

集荷先	年度	収穫可能量 (m <sup>3</sup> )						需要量に	
		主伐(幹)	主伐(枝条)	利用間伐(幹)	利用間伐(枝条)	切捨間伐(幹)	切捨間伐(枝条)	合計	対する比率
那珂川バイオマス 年間需要量：35,000t	2005	881.61	836.20	4,654.88	2,167.78	2,505.83	794.98	11,841.27	33.83
	2006	1,636.96	1,618.96	4,080.22	1,896.83	2,391.77	713.21	12,337.95	35.25
	2007	613.51	715.61	5,214.27	2,441.57	2,043.10	556.12	11,584.18	33.10
	2008	915.92	889.71	4,436.64	2,072.78	4,460.97	1,172.71	13,948.72	39.85
	2009	2,919.51	3,108.08	3,864.70	1,807.19	5,227.71	1,436.83	18,364.03	52.47
	2010	1,501.17	1,633.89	3,748.87	1,760.10	13,462.41	3,609.66	25,716.12	73.47
	2011	2,787.68	2,574.32	3,658.26	1,717.60	1,425.48	388.56	12,551.89	35.86
	2012	1,857.68	1,820.90	1,475.23	681.57	6,702.16	1,742.23	14,279.76	40.80
	2013	11,731.86	10,805.94	459.23	216.37	7,398.86	1,966.04	32,578.30	93.08
	2014	7,069.41	6,547.21	3,112.37	1,434.05	6,119.02	1,576.55	25,858.61	73.88
	2015	5,708.26	5,959.00	4,889.72	2,497.18	3,497.68	934.81	23,486.64	67.10
	2016	9,646.57	9,119.92	6,155.89	2,856.00	2,946.07	790.95	31,515.41	90.04
壬生町発電施設 年間需要量：30,000t	2005	1,751.10	1,559.05	1,813.77	846.83	3,993.71	999.67	10,964.13	36.55
	2006	1,145.80	955.99	2,110.60	981.63	3,971.01	992.39	10,157.42	33.86
	2007	789.10	780.10	3,204.30	1,489.78	5,752.44	1,515.41	13,531.14	45.10
	2008	606.47	558.34	2,253.46	1,047.95	6,239.53	1,657.24	12,362.99	41.21
	2009	1,038.53	967.47	1,542.54	725.26	4,678.27	1,216.26	10,168.32	33.89
	2010	2,037.67	1,887.70	4,256.84	1,975.00	8,735.77	2,360.30	21,253.28	70.84
	2011	3,214.27	2,957.76	2,009.42	941.71	7,517.30	1,993.85	18,634.31	62.11
	2012	2,903.86	2,680.87	1,997.58	941.36	6,055.11	1,547.02	16,125.79	53.75
	2013	1,695.40	1,574.13	2,572.65	1,186.17	3,687.16	840.96	11,556.47	38.52
	2014	3,471.86	3,203.68	2,568.63	1,189.38	5,744.83	1,405.53	17,583.90	58.61
	2015	4,899.23	4,541.52	1,332.92	618.29	6,330.90	1,664.95	19,387.81	64.63
	2016	3,431.75	3,228.69	579.27	272.58	6,125.16	1,308.42	14,945.88	49.82

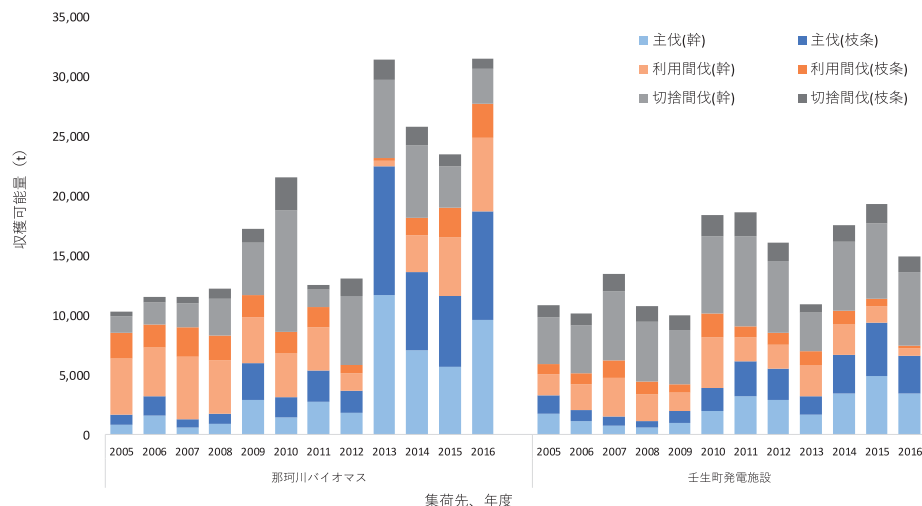


図 5-17 枝条を考慮した集荷先ごとの林地残材収穫可能量の年間推移

## 引用文献

- 有賀一広・上村僚・小野新 (2021) 栃木県における森林施業履歴を用いた用材と林地残材の発生量と収獲可能量推定. 宇都宮大学演習林報告 57: 29-34.
- Battuvshin B, Matsuoka Y, Shirasawa H, Toyama K, Hayashi U, Aruga K (2020) Supply potential and annual availability of timber and forest biomass resources for energy considering inter-prefectural trade in Japan. Land Use Policy 97: 104780.
- 後藤純一 (2016) 平成 27 年度林業機械化推進シンポジウム 林業の成長産業化と求められる作業システム. 機械化林業 752: 1-8.
- 株式会社エフオン壬生 (2020) 会社概要. [http://www.ef-on.co.jp/business/download/efon\\_mib.pdf](http://www.ef-on.co.jp/business/download/efon_mib.pdf) (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 経済産業省資源エネルギー庁 (2020) 固定買取価格制度の概要. [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/kaitori/surcharge.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/surcharge.html) (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 小林洋司 (1997) 森林整備基盤計画論－林道網計画の実際－. 日本林道協会, 東京, 1-197.
- 国立環境研究所 (2020). 日本国温室効果ガスインベントリ報告書. 温室効果ガスインベントリオフィス (編). [https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm1000000pcibe-att/NIR-JPN-2020-v3.0\\_J\\_GIOweb.pdf](https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm1000000pcibe-att/NIR-JPN-2020-v3.0_J_GIOweb.pdf) (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- みかも森林組合 (2008) 住友大阪セメント「木質バイオマス資源」調達に関する調査報告. 非公開: 11.
- 農林水産省 (2020) 木材需給報告書. <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai/> (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 林野庁 (2015) 素材生産費等調査報告書.
- 林野庁 (2018) 平成 29 年度 森林・林業白書, 1-5.
- 林野庁 (2020b) 令和元年度 森林・林業白書, 108-111.
- 林野庁 (2020a) 令和元年度 森林・林業白書, 189-194.
- 澤口勇雄 (1996) 山岳林における林道路線評価と林道規格に関する研究 (第 1 報) 林道路線評価パラメータの特性. 森林総合研究所研究報告 372: 1-110.
- 下野新聞 (2019) 12 月 4 日, バイオマス発電所完成. <https://www.shimotsuke.co.jp/articles/-/251736> (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 総務省 (2014) 平成 25 年版地方財政白書. [https://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/hakusyo/chihou/25data/2013data/25czb01-02.html](https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/hakusyo/chihou/25data/2013data/25czb01-02.html) (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 住友大阪セメント株式会社 (2009) 栃木工場木質バイオマス発電およびバイオマス燃料化への取り組みについて. [https://www.soc.co.jp/sys/wp-content/uploads/2020/01/20091203\\_News\\_Release.pdf](https://www.soc.co.jp/sys/wp-content/uploads/2020/01/20091203_News_Release.pdf) (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 寺澤眞 (1994) 木材乾燥のすべて. 海青社, 大津, 1-624.
- 栃木県 (2012) 平成 23 年度普通会計決算. <http://www.pref.tochigi.lg.jp/b01/pref/zaiseijinji/kessan/documents/0303saisyutumokuteki.pdf> (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 栃木県 (2016a) 平成 28 年度造林補助事業標準単価表.
- 栃木県 (2016b) 平成 28 年度森林作業道標準単価表.
- 栃木県 (2016c) 市町合併について. <http://www.pref.tochigi.lg.jp/a02/pref/shichouson/gappei/1174633899527.html> (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 栃木県 (2018) 平成 20～29 年度とちぎの元気な森づくり県民税事業評価報告書. <http://www.pref.tochigi.lg.jp/d01/documents/h20-29hyouka.pdf> (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 栃木県 (2020a) 令和 2 (2020) 年版栃木県森林・林業統計書. <http://www.pref.tochigi.lg.jp/d01/sinrintoukei.html> (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 栃木県 (2020b) とちぎのあらまし. <http://www.pref.tochigi.lg.jp/c05/kensei/aramashi/sugata/chisei.html> (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 栃木県 (2020c) 令和元年度とちぎの元気な森づくり県民税事業評価報告書. <http://www.pref.tochigi.lg.jp/d01/documents/r1houkokusyo.pdf> (2021 年 2 月 11 日アクセス).
- 山口鈴子・有賀一広・長崎真由 (2013) 栃木県における森林施業履歴を用いた用材および林地残材の発生量と収獲可能量推定モデルの構築. 宇都宮大学農学部演習林報告 49: 21-44.

