

## 日本全国における森林の団地化を考慮した未利用材利用可能量推計

有賀一広<sup>1</sup>・松岡佑典<sup>1</sup>・林宇一<sup>1</sup>・白澤紘明<sup>2</sup>

1 宇都宮大学農学部

2 森林総合研究所林業工学研究領域

**要旨**：本研究では、FITで未利用木質バイオマス発電設備に認定され、2020年6月時点で稼働している日本全国の発電所を対象に、経済的に利益が得られる団地からの供給ポテンシャルを利用可能量として推計した。その結果、供給ポテンシャルは用材 65,413,601 m<sup>3</sup>/年、未利用材 13,082,720 m<sup>3</sup>/年と推計された。利用可能量は用材 54,202,304 m<sup>3</sup>/年、未利用材 10,840,481 m<sup>3</sup>/年と推計され、供給ポテンシャルの 82.9%との結果を得た。また、未利用材利用可能量と需要量を比較した結果、需要量に対する利用可能量の割合は 124.8%であった。さらに、2020年6月時点でFIT認定されている発電所を対象に推計したところ、需要量に対する利用可能量の割合は 98.5%であった。ただし、主伐後の確実な更新を担保するため造林補助金を 100%補助で試算したところ、全国での需要量を満たす未利用材供給が可能になると推計された。

**キーワード**：FIT, 作業システム, 補助金, 団地化, 供給ポテンシャル

## Estimating the availability of unused woody materials from aggregated forests in Japan

Kazuhiro ARUGA<sup>1</sup>, Yusuke MATSUOKA<sup>1</sup>, Uichi HAYASHI<sup>1</sup>, Hiroaki SHIRASAWA<sup>2</sup>

1 Faculty of Agriculture, Utsunomiya University

2 Department of Forest Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute

**Abstract**: This study estimated the availability of unused materials for woody biomass power generation plants under operation with FIT at the end of June 2020 as the supply potential from the profitable aggregated forests. As a result, supply potentials of used and unused materials were estimated at 65,413,601 m<sup>3</sup>/year and 13,082,720 m<sup>3</sup>/year, respectively whereas those availabilities were estimated at 54,202,304 m<sup>3</sup>/year and 10,840,481 m<sup>3</sup>/year respectively. Therefore, the rate of the availabilities to the supply potentials was 82.9%. Furthermore, the rate of the availabilities to the demands was 124.8%. With woody biomass power generation plants registered in FIT at the end of June 2020, the rate of the availabilities to the demands was 98.5%. Considering the subsidy rate of 100% to secure the reforestations, the availabilities met the current demands in Japan as a whole.

**Key-word**: Feed-in Tariff, Harvesting system, Subsidy, Aggregation, Supply potential

## I はじめに

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、木質バイオマス発電、特に買取価格が高値に設定された未利用材を燃料とする発電施設が、2021年6月時点で、全国で192ヵ所新規認定され、すでに92ヵ所で稼働している(8)。未利用材を燃料として利用することは、林業振興や山村の雇用創出などに貢献すると期待されているが、一方で発電容量5MWで年間10万m<sup>3</sup>程度(6)が必要とされる未利用材を買取期間20年間、安定して調達できるか、さらにはFIT終了後の木質バイオマス発電の採算性が懸念されている。

山本ら(10)は栃木県の民有林を対象に、また、

Yamamotoら(11)は栃木県の国有林も含めて全域を対象に、既存の発電施設への聞き取りと地理情報システムGISを用いた解析により、栃木県における森林の更新費用も考慮した未利用材の利用可能量を推計し、既存の発電施設における燃料調達の可能性について検証した。

近年、大型製材工場や木質バイオマス発電施設の設置進展に伴い、木材の流通は都道府県域を超えて広域化しており、より現実的な未利用材の利用可能量を推計するためには、木材の交流を考慮して試算する必要がある。そこで Battuvshinら(2)は栃木県と木材交流がある福島県、茨城県、群馬県を対象に加え、松岡ら(4)は新たに青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県を対象に試算し

た。さらに、松岡ら(5)は日本全国を対象に試算した。

これらの研究では小班を単位として試算を行っているが、実際は流域等で森林経営計画が樹立され、団地化して施業を行うことがある(1)。本研究では松岡ら(5)の日本全国を対象に試算した結果を基に、小班を流域で団地化した場合の試算した結果を報告する。なお、団地化により効率的な路網整備や作業効率向上による低コスト化が期待されるが、この効果を定量的に明らかにした研究は筆者らの知る限りないため、本研究では団地化により、補助金支給対象地の増加による収支向上、ひいては利用可能量増加について分析している。

## II 材料と方法

オープンデータである北海道と静岡県を除いて、日本全国の都府県にデータ取得を依頼したが、本解析開始時に香川県と沖縄県からはデータが取得できず、千葉県と福井県は準林班までのデータであったため、これら4県を除いた43都道府県で本解析は行った。したがって、結果は過小推計になっていることに注意を要する。

本研究では、国土地理院の国土基盤情報から10mメッシュの数値標高モデルDEM、道路データ、各都道府県より民有林の森林GISデータ、林野庁より国有林の森林GISデータを取得し、スギ、ヒノキ、マツ、カラマツを対象として推計を行った。対象面積は全国人工林10,203,842haとほぼ同等の10,080,046haである。また、小班の平均面積は0.7haであったが、流域で団地化した場合の団地平均面積は41.9haであった。森林経営計画の区域計画は30ha以上の面積であることから、妥当な値と判断し、これを用いて試算した。

解析方法は1)供給ポテンシャルの算出、2)収入の算出、3)支出の算出、4)利用可能量の推計からなる(5)。供給ポテンシャルを算出するために、各都道府県の地域森林計画を参考として伐期、間伐回数及び間伐林齢、間伐率を設定した。次に、地位、樹種ごとに収穫表作成システムLYCS3.3を用いてこれらの施業を行った場合の収穫量( $m^3/ha$ )を推計し、各小班の面積を乗じて伐期全体の収穫量を推計した。ただし、地位の記載が無い都道府県もあったことから、本研究では地位は2で統一して試算した。そして、伐期全体の収穫量を伐期で除すことにより、1年間あたりの収穫量を推計し、これを本研究では供給ポテンシャルとした。このため、年齢別面積が一定、全林分の成長傾向が一定、主伐後は必ず植栽されるという法正林を想定して本研究の推計は行われており、単年度ごとの需要を賄うことを担保するものではないことに注意を要する。なお、本研究では法正林を想定して年

利率による利子を考慮していない(9)。

収入に関しては、利用率を75%、未利用材のうち15%を燃料材として利用することと想定し、平成30年木材需給報告書(7)における製材用(A材)、合板用(B材)、木材チップ用(C材)素材価格にそれぞれの全素材に対する比率を掛け合わせ、それらを足し合わせることで、用材の平均素材価格( $円/m^3$ )を求めた。未利用材は現状、枝葉などの林地残材ではなく、C材と競合する小径材や曲がり材が燃料材として利用されていることから、未利用材価格はC材価格とした。

支出の内、造林費用については、各都道府県の地域森林計画と造林事業標準単価を参考に地拵・植付、下刈り、除伐で発生する費用を計上した。なお、造林費用には補助率40%、査定係数1.7として68%の補助金を適用した。一方、除伐以降の間伐と主伐で発生する収穫費用(図-1)については、林分ごとに地形条件に合わせた作業システム(図-2)を設定したうえで算出した。作業システムの設定には、後藤(3)が提示した傾斜と起伏量による作業システム区分を用いた(図-3)。なお、ここでの収穫費用とは収穫林分内での森林作業道作設と材の搬出・輸送における各種作業で発生する費用の合計であり、収穫林分までの到達路網の作設費用は公的資金で賄うものとして、含まないものとした。利用間伐においても、造林補助金同様、森林作業道作設を含めた標準単価の68%の補助金を適用した。なお、現状の間伐、それに付随する森林作業道作設に対する補助金は、作業地5ha以上、出材量 $10m^3/ha$ に対して支出される。なお、本研究では森林経営計画樹立の有無に関わらず、本条件を満たしている作業地を間伐、それに付随する森林作業道作設に対する補助金支給対象地として分析しており、森林経営計画樹立の有無を考慮した分析は今後の課題である。材の輸送には10tトラックを用いると想定した。出荷先は、用材は原木市場、未利用材はFIT制度で稼働または認定されている発電所とした(図-4)。

上記で算出する伐期全体の収入と支出を比較し、収支が、山元立木価格を上回る団地の供給ポテンシャルを利用可能量として推計した。また、近年は主伐後の確実な更新を担保するため、各都道府県や市町村による追加の造林補助金により造林費用の100%補助が行われる場合があり、本研究でも100%造林補助金についても試算を行った(5)。なお、松岡ら(5)は2020年6月時点で、FITで稼働している74ヵ所の発電施設を対象に、発電容量5MWで年間10万 $m^3$ 程度(6)として需要量8,685,784 $m^3$ /年を算出して、利用可能量と比較したが、本研究ではこれに加えて、将来的な需要量と比較するため、2020年

6月時点で、FIT で新規認定されている 148 ヲ所の発電施設も対象として需要量 11,018,104 m<sup>3</sup>/年を算出し、利用可能量と比較した。

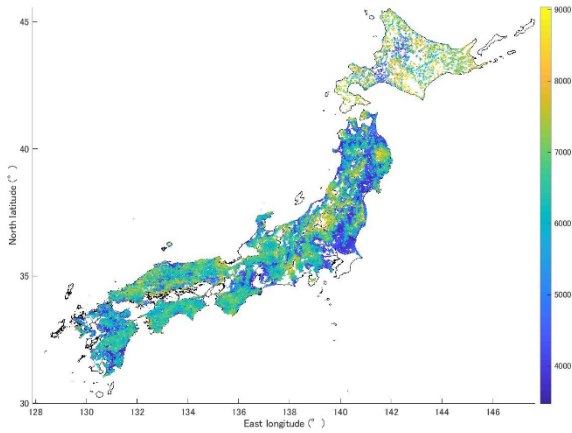


図-1. 収穫コスト(円/m<sup>3</sup>)  
Fig. 1 Harvesting cost (JPY/m<sup>3</sup>)

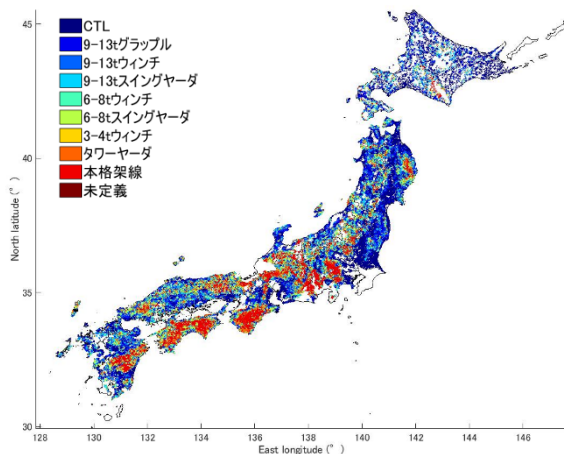


図-2. 作業システム  
Fig. 2 Harvesting system

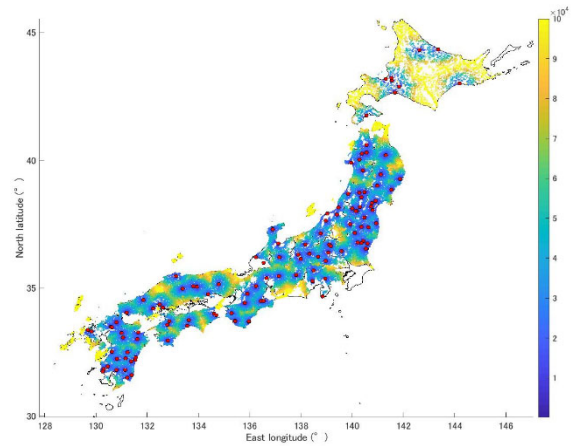


図-4. FIT 認定発電所と運搬距離(m)

Fig. 4 Power generation plants registered in FIT and transportation distances (m)

III 結果と考察

松岡ら(5) による 74 ヲ所の発電施設を対象とした結果、小班単位での供給ポテンシャルは用材 65,490,336 m<sup>3</sup>/年、未利用材 13,098,067 m<sup>3</sup>/年と推計され、利用可能量は用材 31,080,672 m<sup>3</sup>/年、未利用材 6,216,134 m<sup>3</sup>/年と、供給ポテンシャルの 47.5%との結果を得た。また、未利用材利用可能量と需要量と比較した結果、需要量 8,685,784 m<sup>3</sup>/年に対する利用可能量の割合は 71.6%であった。一方、本研究の団地単位では供給ポテンシャルは用材 65,413,601 m<sup>3</sup>/年、未利用材 13,082,720 m<sup>3</sup>/年と推計され、利用可能量は用材 54,202,403 m<sup>3</sup>/年、未利用材 10,840,481 m<sup>3</sup>/年と、供給ポテンシャルの 82.9%との結果を得た(表-1)。また、未利用材利用可能量と需要量と比較した結果、需要量に対する利用可能量の割合は 124.8%であった(表-2)。なお、表-2 の需要量と比較した利用可能量は発電所における利用可能量であるため、表-1 の供給元における利用可能量とは異なる。

次に、2020 年 6 月時点で FIT で新規認定されている 148 ヲ所の発電施設を対象とした結果、未利用材利用可能量は 10,847,354 m<sup>3</sup>/年と推計された。需要量 11,018,104 m<sup>3</sup>/年と比較すると、需要量に対する利用可能量の割合は 98.5%となり、将来的には需要量を満たせなくなることに危惧された。そこで造林補助金を 100%補助で試算したところ、利用可能量は 12,803,872 m<sup>3</sup>/年と試算され、需要量に対する利用可能量の割合は 116.2%となった(表-3)。持続可能な森林経営や森林資源の安定供給のためには、集約化した団地への継続的な財政的支援が必要である。

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

図-3. 作業システム設定(3)  
Fig. 3 Harvesting system classification

IV おわりに

表-1. 供給ポテンシャル・利用可能量(m<sup>3</sup>/年)と割合(%)

Table 1 Supply potential/availability (m<sup>3</sup>/year) and rates (%)

	供給ポテンシャル		利用可能量		割合
	用材	未利用材	用材	未利用材	
北海道	9,994,055	1,998,811	9,833,083	1,966,617	98.4
東北	13,280,871	2,656,174	9,318,595	1,863,719	70.2
関東	3,848,733	769,747	2,947,393	589,479	76.6
中部	10,257,698	2,051,540	8,133,218	1,626,644	79.3
近畿	8,236,305	1,647,261	5,962,994	1,192,599	72.4
中国	7,524,156	1,504,831	6,682,732	1,336,546	88.8
四国	4,128,926	825,785	4,004,383	800,877	97.0
九州	8,142,856	1,628,571	7,320,005	1,464,001	89.9
全国	65,413,601	13,082,720	54,202,403	10,840,481	82.9

割合：供給ポテンシャルに対する利用可能量の割合

表-2. 未利用材需要量・利用可能量(m<sup>3</sup>/年)と割合(%)

Table 2 Demand/availability (m<sup>3</sup>/year) and rates (%) of unused material availability

	material availability		
	需要量	利用可能量	割合
北海道	1,770,810	1,966,617	111.1
東北	1,037,980	1,989,572	191.7
関東	198,512	425,274	214.2
中部	1,548,730	1,648,455	106.4
近畿	824,600	847,790	102.8
中国	542,199	1,697,911	313.2
四国	407,700	800,877	196.4
九州	2,355,253	1,463,985	62.2
合計	8,685,784	10,840,481	124.8

割合：需要量(m<sup>3</sup>/年)に対する利用可能量の割合

表-3. 100%造林補助とした場合の認定発電所未利用材需要量・利用可能量(m<sup>3</sup>/年)と割合(%)

Table 3 Demand/availability (m<sup>3</sup>/year) and rates (%) of unused material availability with 100% subsidy rate for plants registered in FIT

	registered in FIT		
	需要量	利用可能量	割合
北海道	1,871,390	1,976,639	105.6
東北	1,354,320	2,742,260	202.5
関東	468,492	601,164	128.3
中部	2,107,310	1,998,431	94.8
近畿	1,320,880	1,209,369	91.6
中国	630,879	1,918,388	304.1
四国	483,500	823,764	170.4
九州	2,781,333	1,533,857	55.1
合計	11,018,104	12,803,872	116.2

割合：需要量(m<sup>3</sup>/年)に対する利用可能量の割合

本研究では43都道府県で解析を行ったが、その後、香川県、沖縄県からもデータが取得できたため、今後は準林班を単位として全都道府県を対象に推計を行う予定である。

謝辞：森林GISデータを提供いただいた各都道府県及び林野庁に感謝いたします。

#### 引用文献

(1) Aruga K, Murakami A, Yamaguchi R, Nakahata C, Saito M, Tasaka T (2013) Development of a model to estimate the annual available amount of forest biomass resources under profitable forest management-case study of Nasushiobara city and Kanuma area in Tochigi prefecture, Japan. Formath 12: 103-132

(2) 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

(3) 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

(4) 松岡佑典・有賀一広・林宇一・白澤紘明(2021)東北地域における木質バイオマス発電のための未利用木材利用可能量推計. 関東森林研究 72(1): 113-116

(5) 松岡佑典・林宇一・有賀一広・白澤紘明・當山啓介・守口海(2021)森林GISを用いた木質バイオマス発電のための未利用材利用可能量推計. 日林誌 103(6): 印刷中

(6) 農林水産省：小規模な木質バイオマス発電の推進について. オンライン [https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/018\\_02\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/018_02_00.pdf). (2020年12月25日参照)

(7) 林野庁：木材需給報告書. オンライン <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai/index.html#y>. (2020年8月1日参照)

(8) 資源エネルギー庁：再生可能エネルギーオンライン [http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/kaitori/index.html](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/index.html). (2022年1月3日参照)

(9) 田中和博(2020) 森林計画学入門. 朝倉書店. 134

(10) 山本嵩久・有賀一広・古澤毅・當山啓介・鈴木保志・白澤紘明(2017)栃木県における木質バイオマス発電のための長期的な未利用材利用可能量推計. 日林誌 99(6): 266-271

(11) Yamamoto T, Aruga K, Shirasawa H (2019) Availability for small-scale woody biomass power generation from the view of forest resources in Tochigi prefecture, Japan. International Journal of Forest Engineering 30: 210-217