

北海道を対象とした木質バイオマスエネルギー供給曲線の推計

Estimation of Woody Biomass Energy Supply Curve for Hokkaido

森本 壮一^{*}・尾羽 秀晃^{*}・柴田 善朗^{*}・大槻 貴司^{**,*}

Soichi Morimoto

Hideaki Obane

Yoshiaki Shibata

Takashi Otsuki

Abstract

In this study, a supply curve of woody biomass energy (fuel log) for Hokkaido was developed. An annual supply potential of fuel log in Hokkaido is estimated to be 2.7 million m³, which is about three times of current supply. However, the regional supply potential varies greatly from -20% to +30% per year compared to the period average since the amount of thinning would decrease in the mid-term. As for supply costs, the proportion of log volume with total revenue exceeding total cost is 71% for Hokkaido as a whole. The profitability of woody biomass energy could be greatly influenced by transportation distance, indicating the importance of local production for local consumption. The annual variation of regional unit supply costs of fuel log was relatively small in the analyzed forests. However, it should be noted that unit supply costs also generally vary from year to year, which is natural, given that only a small portion of the forest is harvested in each year and the cutting age is several decades or longer.

Key words : Woody biomass energy, Hokkaido, Supply potential, Supply cost, Supply curve

1. 序論

森林は日本の国土面積の約 3 分の 2 を占め、山地災害防止機能、土壌保全機能、水源涵養機能、地球環境保全機能、木材等生産機能、文化機能、生物多様性機能、保健・レクリエーション機能といった多面的な機能を有する¹⁾。

木質系バイオマス発電所の増加等により燃料材の需要は堅調に増加しているが、2022 年における輸入依存度は 41% と高い。国内林地残材の発生量に対する利用率も増加しているものの、2021 年時点で約 35%にとどまる²⁾。

全国及び本研究対象の北海道について、2022 年の需給実績^{3),4)}、森林・林業基本計画⁵⁾の 2030 年目標、第 6 次エネルギー基本計画⁶⁾の木質系バイオマス発電容量導入見込み(政策強化ケース)、及び先行研究による燃料材供給可能量を比較した(表 1)。

まず、森林・林業基本計画についてみると、需要見通し及び供給目標ともに、既に 2022 年の実績が 2030 年想定を上回っている。続いて、供給可能量の推計値についてみると、ここで整理した 3 つの先行研究の中では、環境省⁷⁾の供給可能量が最大で、供給実績と比較すると全国では約 8 倍、北海道では約 11 倍の量である。発電設備容量相当では全国で 3,910MW と推計しており、第 6 次エネルギー基本計画の導入見込み量に近い。科学技術振興機構低炭素社会戦略センター(JST)⁸⁾の供給可能量も概ね環境省調査に近い水準である。一方、松岡ら⁹⁾の推計結果は前二者と比較して小さい水準である。また、松岡らは事業性を考慮し

た供給可能量も推計しており、その値は事業性を考慮しない供給可能量の半分程度となっている。事業性を考慮した供給可能量は、北海道では実績と同程度で、全国では実績を下回っている。

表 1 先行研究による燃料材供給可能量及び需給実績等

項目		全国	北海道
供給	実績, 2022 年	10 百万 m ³	963 千 m ³
	森林・林業基本計画 2030 年	9 百万 m ³	-
	環境省 (発電設備容量相当)	78 百万 m ³ (3,910 MW)	11,070 千 m ³ (598 MW)
	JST	60 百万 m ³	-
	松岡ら (事業性考慮)	13 百万 m ³ (6.2 百万 m ³)	1,999 千 m ³ (1,068 千 m ³)
需要	実績, 2022 年	17 百万 m ³	1,085 千 m ³
	森林・林業基本計画 2030 年	16 百万 m ³	-
	第 6 次エネ基, 発電 2030 年	4,340 MW	-

注) 北海道の供給実績は統計⁴⁾に基づく筆者推定値

先行研究の推計方法についてみると、環境省及び JST は全国又は都道府県統計データの按分によるトップダウン方式を採用している一方、松岡らは森林 GIS 及び森林簿を用いて、小班と呼ばれる森林区画の最小単位ごとに供給可能量及び供給費用を推計するボトムアップ方式を採用している。森林は木材供給以外にも多様な機能を担っており、自然保護区や保安林など伐採制限が設けられている林分も多

^{*} 日本エネルギー経済研究所

〒104-0054 東京都中央区勝どき 1-13-1

E-mail: soichi.morimoto@tky.ieej.or.jp

^{**} 横浜国立大学

〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

い。また、供給費用については、傾斜や起伏に応じた作業システムの選定や近傍道路までの搬出距離、利用地点までの運搬距離などに依存する。これらの地理的条件を正確に考慮するためにはボトムアップ方式が適当である。一方、松岡らは、長期において伐採量と成長量が均衡した状態を想定して供給可能量を推計している。このような理想状態を法正林と呼ぶが、後述するように現況林は法正林とは乖離しており、現況林から法正林に至る過程での供給可能量が検討されていない。さらに、他のエネルギーとの競合の観点からみると、供給可能量と供給費用の関係を点で推計するのではなく、縦軸に単位供給費用、横軸に供給可能量を取った供給曲線を構築する必要があるが、紹介した先行研究はいずれもこれを実施していない。

以上を踏まえ、本研究では国内最大の森林面積を有する北海道を対象として、森林 GIS 及び森林簿を用いたボトムアップ方式により、木質バイオマスエネルギーの供給曲線の構築を試みた。

2. データ及び手法

2.1 共通で用いるデータ及び分析対象林

森林 GIS 及び森林簿について、民有林（一般民有林及び道有林）は北海道による公開データ^{10),11)}を用い、国有林は国土数値情報¹²⁾から入手した。入手した森林 GIS と森林簿（民有林のみ）を結合し、小班ごとに面積、林齢、林種（人工林・天然林など）、森林種類（保安林等の指定状況）、複層区分（単層林・複層林）及び樹種といった情報を整備した。

分析対象林は道内の民有林及び国有林のうち、人工林の単層林に限定し、さらにその中でも木材生産を目的とした施業が可能と考えられる林分を想定し、地域森林計画を参考に、木材等生産林と水源涵養林（雨水を貯え、土砂流出を防ぎ、水質を浄化する働きを持つ森林）の 2 種類のゾーンを設定した。具体的には、民有林については、人工林かつ単層林のうち、普通林を木材等生産林、水源かん養保安林及び干害防備保安林を水源涵養林とした。国有林については、人工林かつ単層林のうち、水源涵養タイプに区分される林分の中で、普通林、水源かん養保安林及び干害防備保安林を水源涵養林とした。樹種については、道内の主要な針葉樹であるスギ、トド類（トドマツ、トウヒ、エゾマツ、ヒバ、ヤチダモ）及びカラ類（トド類以外のマツ）を対象とした。森林 GIS 及び森林簿に基づき整理した北海道の森林面積は表 2 の通りで、分析対象林の面積は 1,096 千 ha で道内の全人工林の 76% を占める。なお、松岡らは民有林及び国有林のすべてのスギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ及びカラマツ林分を対象としているため、北海道の分析対象林の面積は 1,363 千 ha と本研究より 24% 大きい。

植栽本数、伐期、間伐率及び間伐実施年といった施業パターンは、地域森林計画に基づき 13 の計画区別・ゾーン別・樹種別に設定した。水源涵養林の伐期は木材等生産林に対して 10 年加算した値を用いた。施業パターンに対応した林齢ごとの単位面積あたり収穫量（収穫表）は、松本ら¹³⁾による収穫表作成システム LYCS3.3 を用いた。樹種について、トド類はトドマツ、カラ類はカラマツの収穫表を参照した。また、LYCS3.3 では地位の入力も必要であるが、情報がないため中間値である 2 と設定した。

表 2 森林面積（千 ha）

種別		一般民 有林	道有 林	国有 林	合計
全 域	人工林	652	133	655	1,441
	天然林	1,111	460	2,212	3,783
	無立木地等	70	15	200	286
	合計	1,833	608	3,068	5,509
分析対象人工林		543	76	477	1,096
人工林カバー率		83%	57%	73%	76%

2.2 供給可能量の推計

木質バイオマスエネルギーの供給可能量を推計するためには、森林の持続的な伐採可能量を評価する必要がある。森林が理想状態にあるとき、伐採可能量の推計は単純である。すなわち、伐期（例えば 50 年）に至るまでの各林齢の林分が等面積ずつ存在する森林（法正林）では、伐期に達した林分を皆伐し、ただちに植栽することで毎年一定量の木材を永久に収穫でき、この時の年間の伐採可能量は当該森林の伐期全体の収穫量を伐期で除した値となる。しかし、日本の人工林は 1960～70 年頃の拡大造林期に集中的に植林されたため、収穫期にある 50～60 年生前後の面積割合が突出した山なりの林齢分布となっており、これは北海道も同様の傾向である。よって、足元の状況を踏まえれば、現況林を法正林に導く過程における伐採可能量を評価する必要がある。本報告では、田中ら¹⁴⁾を参考にこれを以下に示すシンプルな線形計画法により求めた。ここでは、1 伐期後に法正林を達成することを制約としており、また、主伐後は直ちに再植林する前提を置いている。

$$V_{i,j} = X_{i,j} \cdot g_j \quad (1)$$

$$A_{i,j} = A_{i-1,j-1} - X_{i-1,j} \quad (2)$$

$$A_{i,1} = \sum_j X_{i-1,j} \quad (3)$$

$$\sum_j V_{i,j} = \sum_j V_{i-1,j} \quad (4)$$

$$A_{n+1,j} = \sum_{j'} A_{1,j'} / n \quad (1 \leq j \leq n) \quad (5)$$

$$A_{n+1,j} = 0 \quad (j > n)$$

$$\max \sum_{i,j} V_{i,j} \quad (6)$$

ここで、添え字 $i, (1 \sim n+1), j$ はそれぞれ分期及び齢級、 n は計画期間であり、分期及び齢級は 5 年間隔、 n は伐期とした。決定変数は、期首森林面積 $A_{i,j}$ (ha)、伐採面積 $X_{i,j}$ (ha)、主伐 (皆伐) 量 $V_{i,j}$ (m³) であり、足元の森林面積は 2.1 で整備した小班ごとの面積を集約して与えた。パラメータは、収穫表から得た、単位面積あたりの主伐対象となる木 (主林木) の材積 g_j (m³/ha) であり、すべての小班で同一とした。式(1)で、収穫表に基づき主伐量を計算する。式(2)は森林面積の遷移式である。式(3)は伐採後ただちに再生林を実施することを示し、式(4)は毎期の主伐量を一定にすることを示す。式(5)は、1 伐期後に法正林を達成することを示す。これらの制約の下で、式(6)で期間中の総主伐量を最大化する。最適化計算は、2.1 で設定した施業ケース (一般民有林・道有林・国有林×計画区×ゾーン×樹種、全 130 ケース) ごとに実施した。すなわち、各施業ケースごとに現況林を法正林に導く前提で計算を行った。なお、間伐は設定したスケジュール通りに実施するものとして最適化計算には含めていないが、最終的な収穫量には間伐量も含めた。なお、主伐及び間伐ともに、幹部分の材積のみを考慮しており、枝条部分は含んでいない。

2.3 供給費用の推計

供給費用の推計は、先行研究^{9),15)}の手法を踏襲し、路網作設、間伐及び主伐 (伐倒造材、集材及び近傍道路までの搬出)、木材利用地点までの運搬、再生林及び森林所有者への返却金を対象とした。再生林費用 (下刈、除伐及び保育間伐を含む) は、2022 年度の造林事業実績¹⁶⁾から標準経費を求め、スギ 180 万円/ha、カラ類 (カラマツ) 137 万円/ha、トド類 (トドマツ) 182 万円/ha とした。ただし、再生林の実施にあたり造林補助金 (=標準経費×査定係数 1.7×補助率 0.4) が適用されているため、本研究でもこれを考慮した。路網作設、伐倒造材、集材及び近傍道路までの搬出コストは、先行研究に従い、小班ごとの地形因子 (傾斜及び起伏) に応じて作業システムを設定し、各作業の単位費用 (円/ha 又は円/m³) も地形因子 (傾斜、起伏及び搬出距離) の関数¹⁵⁾として推計した。ここで、間伐も補助金の適用対象であるため、本研究でも面積 5ha 以上かつ収穫材積 10m³/ha 以上の小班を対象に、間伐補助金 (=推計費用×査定係数 1.7

×補助率 0.4) を適用した。また、搬出距離は小班の重心から近傍道路までの最短直線距離とした。木材利用地点までの運搬費用について、単位費用 (円/m³) は白澤ら¹⁷⁾による 15t トラックの推計値 (輸送距離の関数) を参照した。木材利用地点は、用材は近傍の製材所¹⁸⁾とした。将来における燃料材の利用地点は特定できないが、地産地消が望ましいことから、近傍の市区町村役場¹⁹⁾に設定した。運搬距離は、本来道路上での距離を設定すべきであるが、本報告では簡易的に平面上の直線距離を 1.5 倍した値とした。森林所有者への返却金は、山元立木価格 (2023 年 3 月末)²⁰⁾を参照し、スギ 3,878 千円/m³ (東北平均)、カラ類及びトド類 5,446 円/m³ (北海道・松) とした。

小班及び作業項目ごとに設定・推計した単位費用 (円/ha 又は円/m³) に、各小班の面積又は収穫材積を乗じて総費用を算出し、伐期全体の収穫材積で割り戻して材積あたりの単位供給費用 (円/m³) とした。また、事業性を検討するため、小班ごとに収穫した木材の販売による収入も推計した。木材価格及び用途ごとの生産割合は、統計²¹⁾に基づき 2022 年の北海道 (一部青森) における値を設定した (表 3)。

表 3 主伐材の生産割合及び価格

項目	生産割合 (%)			価格 (千円/m ³)			
	スギ [△]	カラ	トド [△]	スギ [△]	カラ	トド [△]	
用材	製材	70	48	42	15.5	14.9	14.9
	合板等	5	17	20	13.8	13.8	13.8
	木質チップ [△]	0	10	13	7.2	7.2	7.2
	計	75	75	75	-	-	-
燃料材	15	15	15	7.2	7.2	7.2	
歩留まり	10	10	10	-	-	-	
合計	100	100	100	-	-	-	

ここで、松岡らは、主伐材・間伐材ともに、幹材積に占める用材の割合を 75%、未利用材 (燃料材) の割合を 15%、歩留まりを 10% と設定している。間伐材については燃料材向けの割合が大きいと考えられるが、直接の統計は存在しない。そこで、本報告では、主伐材については松岡らと同様の割合を想定しつつ、北海道の木材需給統計^{4),22)}と整合する水準として、間伐材については、用材の割合を 40%、燃料材の割合を 50% と推計した。燃料材の価格は、松岡らと同様に木質チップの値を参照した。

2.4 供給曲線の構築

2.2 の供給可能量と 2.3 の供給費用を統合し、燃料材供給曲線を構築した。このために、2.2 で構築した材積最大化モデルの各変数に小班を示す添え字 k を追加し、目的関数を

期間内の材積最大化から利潤最大化（売上-費用）に変更したモデルを作成した。式(7)において、 $Reve_k$ 及び $Cost_k$ はそれぞれ単位材積あたりの収入及び費用、 r は割引率、 dt は時間刻み（5 年）である。各種制約条件は 2.2 のモデルと同様である。ただし、 $Cost_k$ は、2.3 で推計した小班ごとの伐期全体での単位供給費用を与えた一方、 $Reve_k$ は単位供給費用と比べて十分大きい値を設定し r もゼロとした。この設定により、このモデルでも結局材積最大化が図られるので、各期の収穫量の結果は 2.2 と一致する。

$$\max \sum_{i,j,k} \frac{(Reve_k - Cost_k) \cdot V_{i,j,k}}{(1+r)^{i \cdot dt}} \quad (7)$$

3. 結果

3.1 供給可能量

北海道全体での木材（用材及び燃料材）供給可能量は、2025 年において年間 10.5 百万 m^3 であり、うち燃料材は 26%にあたる 2.7 百万 m^3 と推計された（図 1）。ただし、間伐量が一定ではないため、供給可能量は年によって変動する。間伐量は 2040 年にかけて減少し、その後増加しているが、これは現況林の林齢分布を反映している。すなわち、足元で若齢林の割合が少ないために、中期的に間伐対象となる林分が減少する。長期で間伐量が回復するのは、主伐・再造林した林分が成長し間伐対象となるためである。燃料材は間伐材由来の割合が大きいと想定しているため、用材よりも経年的な変動が大きくなる。また、後述するが特定の地域単位では変動はさらに大きくなる場合がある。

2025 年と法正林達成後の木材供給可能量を比べると（図 2）、主伐による供給可能量は 20%増加している。既に述べた通り、現況林は既に伐期に達している林分の割合が大きいので、主伐後の造林を前提とすれば、法正林達成後よりも主伐量を増やすことが可能である。一方、間伐による供給可能量は若干減少している。

本研究の供給可能量は、伐採・生産実績及び地域森林計画における伐採計画の積み上げ（伐採実績は人工林の針葉樹、それ以外は針葉樹の値）と比較すると大幅に大きい。先行研究との比較では、法正林達成後の供給可能量である松岡らの推計値より小さい理由は、2.1 で述べた分析対象林の違いによるものと考えられる。一方、環境省による供給可能量は、燃料材単独で本研究における木材全体の量に匹敵している。主な要因は 2 点ある。環境省の推計では伐採量に対する未利用資源発生量と森林の年間蓄積増加量に対する未利用資源発生量を合計して木質バイオマスエネルギー賦存量としている。ここで、年間蓄積増加量に由来する未利用資源発生量は、年間蓄積増加量に、足元の伐採量と用材生産量から求めた未利用資源発生割合 53.8%（全国値）

を乗じて求めている。しかし、図 2 に示すように少なくとも足元の北海道では伐採量に占める間伐材の割合が大きいため、この方法で推計した年間蓄積増加量に対する未利用資源発生量は、本来用材として利用できる木材を多く含んだ量になっていると考えられる。また、環境省の推計では広葉樹も対象としているほか、枝条部分も未利用資源として含めているが、本研究では幹部分のみ（かつ歩留まり 90%）を対象としている。松岡らと同様に、枝条部分は価格が不明であるため本研究から除いているが、バイオマス拡大係数を 1.3 とした場合、2025 年における燃料材の供給可能量は 2.7 百万 m^3 から 5.9 百万 m^3 へ大きく増加する。

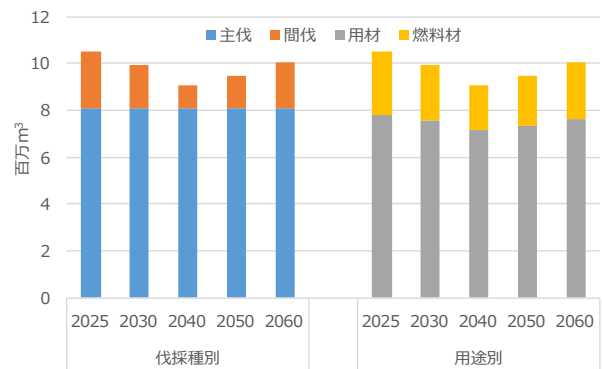


図 1 木材供給可能量の推計結果

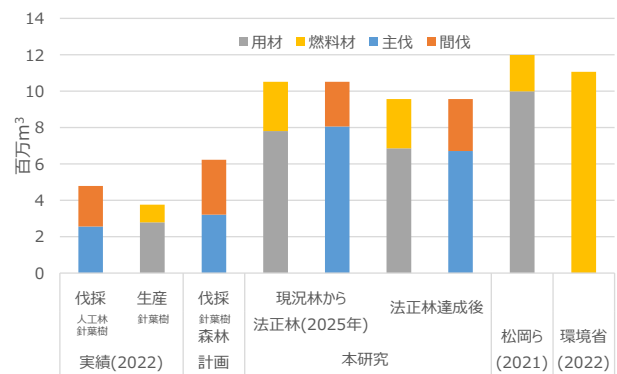


図 2 木材供給可能量の比較

3.2 供給費用

北海道全体における木材の単位供給費用は 10.6 千円/ m^3 と推計された。寄与が大きい項目として、森林所有者への返却金が全体の 36%、主伐費用が 25%、運搬費用が 17%を占める。また、収入が費用を上回る小班の材積割合は 71%となった。これは、松岡らの推定値 53%と比べて大きいですが、運搬費用が要因の一つと考えられる。松岡らは、用材の集荷先は共販所、燃料材は FIT 認定を受け 2020 年 6 月時点で稼働している未利用木質を燃料とする発電所としており、多くの小班で運搬距離が 100km を超えている。一方、本研

究では用材の集荷先は製材所、燃料材は市区町村役場と設定しており、材積加重平均の運搬距離は用材で 45km、燃料材で 17km と短くなっている。仮に燃料材の運搬距離を 3 倍（平均 52km）にして計算した場合、収入が費用を上回る小班の材積割合は 66%に減少するため、採算性の面で運搬距離は重要な要素と言える。ただし、採算率の数值は森林所有者への返却金（山元立木価格）及び木材の販売単価の想定にも大きく依存していることに注意が必要である。実際にはこれらの価格は木材の需給バランスなどにより変動する。また、本推計では造林補助金や間伐補助金に関して上限を考慮していないが、現実には資金源には限りがある。

地域（森林計画区）ごとにみると、木材の単位供給費用は 9.6~11.5 千円/m³、採算率は 52~89%の間にある（図 3）。網走西部、石狩空知及び渡島檜山など、地形条件（傾斜・起伏）が相対的に厳しい地域では伐採に係る費用（路網作設、間伐及び主伐）がやや大きくなるが、分析対象となった小班の 46%は傾斜が 15 度未満、98%は 30 度未満であり、北海道は全体として林業に適した地形条件である。

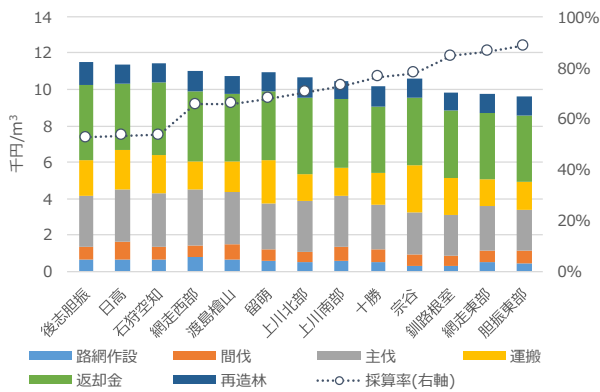


図 3 森林計画区別の木材単位供給費用

3.3 供給曲線

北海道における燃料材（木質バイオマスエネルギー）の供給曲線を図 4 に示す。横軸について、年毎の供給曲線の右端は図 1 で示した現況林から法正林に至る過程の供給可能量に対応する（主伐量は一定であるが、間伐量が年毎に変動するため、各時点での総供給可能量は一致しない）。縦軸について、燃料材としての単位供給費用は、共通する費用項目は用材と燃料材の収入で按分することで求め、運搬費用は燃料材の費用のみ計上した。北海道全体では燃料材の供給曲線は大部分で水平に近い形でなだらかに推移しており、かつ年によって異なるが供給可能量の約 70%が足元の燃料材の価格 7.2 千円/m³ を下回っている。地域別の燃料材の供給可能量及び単位供給費用について、2025~2060 年の平均値に対する各年変化率の幅（最小値~最大値）をみ

ると（図 5）、供給可能量は期間平均値に対して-20%~+30%程度の幅で変動する一方、単位供給費用は地域別にみても比較的安定している。各年で伐採する小班は全体のごく一部であり、伐期が数十年以上であることを考慮すれば、単位供給費用も年ごとに変動して自然であるが、今回の分析対象林においては、地域別にみても小班の単位供給費用のばらつきは小さくなった。

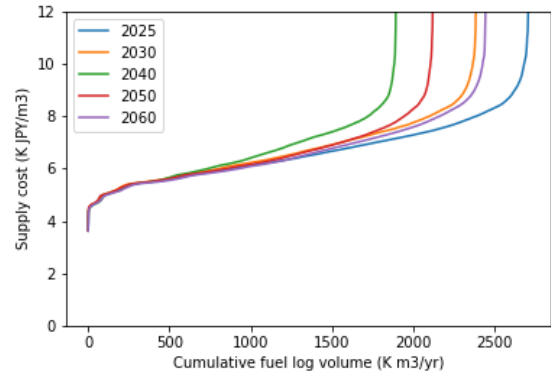


図 4 燃料材供給曲線

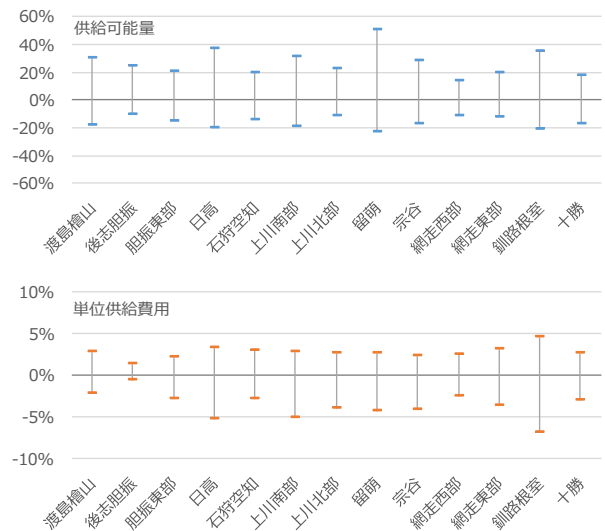


図 5 燃料材供給可能量及び単位供給費用の各年変動幅（2025~2060 年の平均値に対する変化率の最小値~最大値）

4. 結論

本研究では北海道を対象とした木質バイオマスエネルギー（燃料材）の供給曲線を構築した。主な結論は 3 点である。1 点目に、北海道全体での燃料材供給可能量（枝条含まず）は、最大で足元の供給量の約 3 倍に相当する 2.7 百万 m³ と推計されるものの、年毎に大きく変動しうる。この要因は、現況林の林齢分布を考慮すると、現況林から法正林へ至る過程においては、主伐量は法正林達成後よりも増やすことが可能である一方、間伐量は中期的には減少するためである。燃料材は用材と比べ間伐材由来の割合が大き

いと想定されるため、用材よりも経年的な供給可能量の変動が大きい。

2 点目に、地産地消は木質バイオマスエネルギーの競争力に大きな影響を与えると考えられる。北海道全体では、木材生産に係る総収入が総費用を上回る小班の材積割合（採算率）は 71%となった。本研究では燃料材の集荷先を市区町村役場と設定しており、平均運搬距離は 17km と短めの想定となっているが、仮に燃料材の運搬距離を想定値の 3 倍（平均 52km）に設定した場合、収入が費用を上回る供給量の割合は 66%に減少する。ただし、バイオマスの消費段階まで考慮した場合、発電設備の大型化による効率改善など、規模の経済の効果で長距離輸送が正当化される可能性はある²³⁾。

3 点目に、燃料材の供給可能量だけでなく単位供給費用も年ごとに変動しうる。各年で伐採する小班は全体のごく一部であり、伐期が数十年以上であることを考慮すれば、単位供給費用も年ごとに変動して自然である。ただし、今回の分析対象林においては、森林計画区別にみても、単位供給費用のばらつきは-5%~+5%程度に収まった。

今後の課題としては、対象を日本全国に拡大するとともに、本研究で推計対象としなかった枝条の考慮、補助金総額に上限を課した場合の費用推計、将来の需給を踏まえた用材価格想定などが挙げられる。

謝辞

本研究は JST 低炭素社会実現のための社会シナリオ研究事業 JPMJCN2302 の支援を受けて実施された。

参考文献

- 1). 林野庁; 令和 4 年度 森林・林業白書(令和 5 年 5 月 30 日公表), (2023).
- 2). 農林水産省; バイオマス種類別の利用率等の推移.
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/index-53.pdf> (アクセス日 2024.6.3)
- 3). 林野庁; 木材需給表.
- 4). 北海道; 令和 4 年度 北海道木材需給実績.
- 5). 林野庁; 森林・林業基本計画(令和 3 年 6 月 15 日閣議決定), (2021).
- 6). 資源エネルギー庁; 2030 年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料), (2021).
- 7). 株式会社エックス都市研究所, アジア航測株式会社, デロイトトーマツコンサルティング合同会社; 令和 3 年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方針策検討等調査委託業務報告書, 令和 3 年度環境省委託業務, (2022).

- 8). 国立研究開発法人科学技術振興機構低炭素社会戦略センター; 日本の木質バイオマスの持続可能なポテンシャル—木質バイオマスの今後の需要と供給可能性—, (2023).
- 9). 松岡 佑典, 林 宇一, 有賀 一広, 白澤 紘明, 當山 啓介, 守口 海; 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, 日本森林学会誌, 103-6 (2021), pp.416-423.
- 10). 北海道; 森林計画関係資料オープンデータ(令和元年).
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srk/98818.html> (アクセス日 2024.6.3)
- 11). 北海道; 道有林管理区・林小班区画及び森林資源データ(令和 3 年度末).
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/dyr/DOP.html> (アクセス日 2024.6.3)
- 12). 国土数値情報; 国有林野データ 2019 年度版.
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A45.html> (アクセス日 2024.6.3)
- 13). 松本 光朗, 中島 徹; 収穫表作成システム LYCS Ver 3.3 使用マニュアル, (2011).
<https://www2.ffi.go.jp/labs/LYCS/> (アクセス日 2024.6.3)
- 14). 田中 和博, 吉田 茂二郎, 白石 則彦, 松村 直人(編); 森林計画学入門, (2020), 朝倉書店.
- 15). Biligt Battuvshin, Yusuke Matsuoka, Hiroaki Shirasawa, Keisuke Toyama, Uichi Hayashi, Kazuhiro Aruga; Supply potential and annual availability of timber and forest biomass resources for energy considering inter-prefectural trade in Japan, Land Use Policy, 97 (2020), pp.104780.
- 16). 北海道; 令和 4 年度 造林事業実績, (2023).
- 17). 白澤 紘明, 長谷川 尚史, 梅垣 博之; 原木流通における輸送車両選択によるコスト低減効果: 兵庫県を事例として, 森林利用学会誌, 28-1 (2013), pp.7-15.
- 18). 株式会社森未来; 木材情報プラットフォーム eTREE 北海道の製材所一覧. <https://www. etree.jp/processing-unit/lumbermill/prefecture/hokkaido> (アクセス日 2024.6.3)
- 19). 国土数値情報; 市区町村役場データ 2014 年度版.
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P34.html> (アクセス日 2024.6.3)
- 20). 一般財団法人日本不動産研究所; 第 82 回「山林素地及び山元立木価格調」(2023 年 3 月末現在), (2023).
- 21). 農林水産省; 令和 4 年 木材需給報告書.
- 22). 北海道; 令和 4 年度 北海道林業統計.
- 23). 山本 博巳, 福田 桂, 井上 貴至, 山地 憲治; 中四国の木質バイオマス残さの収集・発電利用のシステム分析, エネルギー・資源, 28-4 (2007), pp.257-262.

お問い合わせ: report@tky.ieej.or.jp