

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術開発編

木質バイオマス燃料のコスト低減 (Vol.2)
—木質バイオマスの生産総コストとその低減策—

平成29年3月

“Cost Reduction of Woody Biomass Fuels (vol.2):
Total Production Cost and Cost Reduction Scenario of Woody Biomass in Japan”
Strategy for Technology Development
Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

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

LCS-FY2016-PP-05

概要

本稿は、「木質バイオマス燃料のコスト低減－林業素材生産コストの機械化推進による低減効果－」(LCS 提案書 (FY2015-PP-06)、2016 年 3 月)の続編である。

国土の約 70%を森林が占める我が国において、木質バイオマスの賦存量は大きい、そのエネルギー利用は進んでいない。木質バイオマス生産総コストが高いことや、エネルギー利用のための需給システムが未確立であることが、その理由としてあげられる。木質バイオマスを燃料として使うためには、木質バイオマス生産総コストを大幅に低減することが必要である。本稿では、植栽から伐出まで一連の生産プロセスを対象としたコスト評価に基づき、木質バイオマスの生産プロセスに焦点をあて、人工林を対象として、地方別、地形別、森林機械別にプロセス毎の詳細な積み上げ法により生産総コストを算出した。その結果、森林の単位面積あたりの材積や傾斜が、木質バイオマスの生産総コストに大きな影響を及ぼすことを定量的に示した。それらを基に、個々のコスト低減方法を適用した場合のコストを評価した。その結果、地方別、地形別の木質バイオマス生産総コストの概要が明らかになった。既存の対策の組み合わせにより、緩斜面については現状の約 1/3 にコスト低減できる可能性を示した。

Summary

This paper is a follow-up to “Cost Reduction of Woody Biomass Fuels: Cost Reduction Effect by Mechanization of Wood Production” (published in March 2008).

Since ca. 70% of the land in Japan is covered in forest, Japan has an abundance of woody biomass. However, the utilization of woody biomass for energy has not progressed that much. The reason for this is that the total cost of woody biomass production is relatively high, and also the supply and demand systems for energy use are not fully established. It is thus necessary to considerably reduce the total cost of woody biomass production. In this report, we have described a detailed bottom-up approach for evaluation of woody biomass production costs; we assessed the cost by considering a series of production processes from site preparation to tree trimming. Focusing on planted forests, we analyzed the costs in terms of region, slope angle and forestry machinery. The quantitative evaluation showed that the volume and slope angle of forest significantly influences the total production cost of woody biomass. Based on these results, the total production cost of woody biomass by region and topography was clarified by the application of various cost reduction methods. For forests on a gentle slope, it appears that it is possible to reduce by about one third the current costs through adoption of a combination of existing measures.

目次

概要

1. 緒言	1
2. 木質バイオマス生産総コストの現状	1
2.1 国内地方別木質バイオマス生産総コスト	1
2.2 海外（スウェーデン）の木質バイオマス生産総コスト	3
3. 木質バイオマス生産総コスト低減の方法	4
3.1 造林	4
3.2 伐採	4
4. 結果と考察	7
4.1 国内地方別木質バイオマス生産総コストの低減計算結果	7
4.2 都道府県別木質バイオマス生産総コストの低減計算結果	8
5. まとめ	11
6. 政策立案のための提案	11
参考文献	12

1. 緒言

木は燃焼により CO₂を発生するが、森林が持続的に成長することにより、大気中の CO₂を吸収して再び固定する。この循環が続く限り、木質バイオマスエネルギーを使用しても CO₂の排出量は原理的にはゼロであるため、木質バイオマス燃料は代表的な再生可能エネルギーの一つである。

世界の主要国の再生可能エネルギーに占める木質バイオマスの割合は 40%前後と、主要な再生可能エネルギー源となっているが、日本では 16%と木質バイオマスの燃料利用は非常に低い状況である[1]。一方森林蓄積を見ると、日本は約 50 億 m³であるのに対し、ドイツは 34 億 m³、スウェーデンは 30 億 m³などと、EU 諸国よりも木質バイオマスエネルギーの賦存量は大きい[2],[3]。このように、日本は再生可能エネルギーである木質バイオマスエネルギーの賦存量を豊富に持つが、その導入は進んでいない。その理由として、木質バイオマス生産総コストが高いことや、エネルギー利用のための需給システムが確立されていないことなどがあげられる。木質バイオマス燃料として使うためには、木質バイオマス生産総コストを大幅に低減することが重要である。

木質バイオマス生産総コストは、造林（地拵え、植栽、下刈、除伐など）と伐採（主伐、間伐）の工程に大別される。各工程の個別コストや、特定地域に絞ったコスト低減に関する研究は報告されているが[4],[5]、全国の木質バイオマス生産総コストの網羅的な把握や、それらに関する地域的な比較、さらには利用拡大に向けたコスト低減策まで検討している例は見られない。

本稿では、植栽から伐出まで一連のプロセスを対象としたコスト評価に基づき、高コストとされる木質バイオマスの生産プロセスに焦点を当て、人工林を対象として、公的な統計を基に、プロセス別、地方別、地形（傾斜）別にプロセス毎の詳細な積み上げ法により、木質バイオマスの現状の生産コストを算出し、生産コストが低いとされるスウェーデンと比較してコスト構造の現状分析を行った。それらの結果に基づいて、生産コスト低減のため、造林、伐採両面で、既存の方法を組み合わせることで地方別、傾斜別の感度解析を行い、生産コストに影響する因子を明らかにした。また、木質バイオマスの利用拡大に向けて、コスト低減が容易な緩斜面における都道府県別の生産総コストを計算し、コスト低減に有利な都道府県を示した。さらに、各都道府県の材積と傾斜分布を考慮した平均的な（加重平均）生産総コストを計算し、各都道府県の総合的なコスト低減可能性を示した。これらにより、各都道府県の課題を明確にし、今後の木質バイオマスの利用拡大に向けた提言を行う。なお、ここでは、概要をつかむ場合には、広範囲に地方別（東北地方、北陸地方、近畿地方など）に分けて計算し、より詳細に見る場合には、都道府県別に分けて、それぞれ計算している。

2. 木質バイオマス生産総コストの現状

2.1 国内地方別木質バイオマス生産総コスト

公的統計データ、および各自治体の公表資料を基に、各資料間の条件の整合性をとった上で、工程別、地方別の木質バイオマス生産総コストを比較できるようにして、国内の現状把握を行った。

使用した資料と計算上の仮定を表 1 に示す[6]-[9]。各地方の統計データ等は、造林コストについては、各工程（地拵え、植え付け、下刈、除伐、地域により雪起こしなど）の単位面積あたりの単価（円/ha）として纏められており、造林コスト計算もこの範囲とした。伐採コスト（主伐、間伐）については、各地方の単位体積あたりのコスト（円/m³）で纏められているが、伐採コスト計算範囲は山土場への搬出までとする（図 1 参照）。本稿では、後者の単位（円/m³）に合わせて比較を行うため、造林、伐採とも単位面積あたりに要した費用を、伐採された主伐量と間伐量の和で除した値を、木質バイオマス生産総コスト（円/m³）として評価する。各地方の単位面積あた

りの主伐量として 10～12 齢級 (50～60 年) の材積を用い、間伐材は利用するものとしその量は主伐量の 30%とした[10]。

表 1 引用資料と計算上の仮定

データ名	史料	仮定等	単位
都道府県別 森林面積・蓄積	「森林林業統計要覧」2015 林野庁[7]	人工林データを使用	(ha)、(m ³)
都道府県別10-12齢級 材積		都道府県別に材積＝蓄積/面積を計算 10-12齢級平均材積を抽出	(m ³ /ha)
森林傾斜分布	「都道府県別傾斜分布集計ファイル」高知大学 にて作成[6]	各傾斜とも材積は均一に分布していると仮定	(°)、(%)
現状造林コスト	各都道府県造林事業標準単価表[9]	植栽密度2500本/ha、下刈6回、除伐1回 枝打ち無し、雪起こしなど追加項目 公表のない地域は近隣のデータを代用 必要により内挿、外挿。税抜き値	(円/m ³)
現状伐採コスト	「素材生産費等調査報告書」2012 林野庁[8]	スギの主伐、間伐の都道府県別 素材生産費(伐採コスト)を採用(運賃別) 北海道は自治体データ採用	(円/m ³)

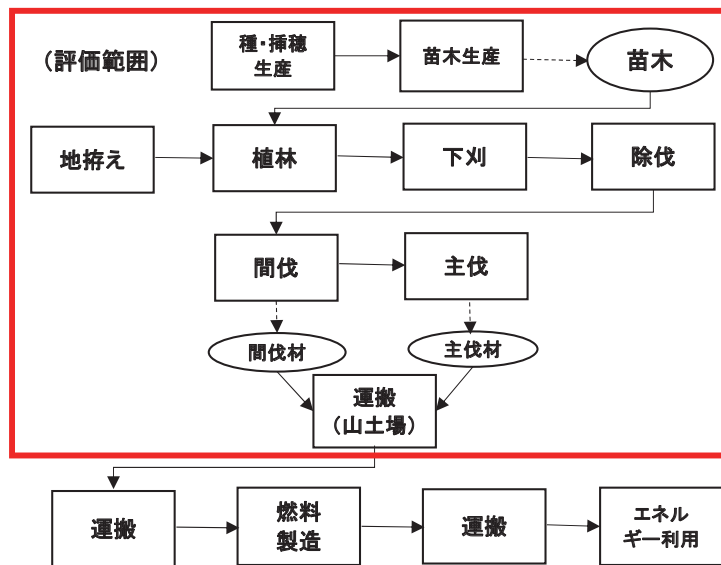


図 1 木質バイオマスの生産総コスト産出における評価範囲 (枠内)

造林コストについては、各都道府県公表の標準事業造林単価表[9] (平成 27 年度現在) を用い、従来の標準的な造林の条件[11]である、植栽 2,500 本/ha (地拵え、植付け、苗費込)、下刈 6 回、除伐 1 回、枝打ち無し、および地方により雪起こしの各コストを合算し、単位面積あたりの造林コスト (円/ha) を算出した。この造林コストを当該都道府県の主伐量と間伐量の和で除した値を造林工程のコスト (円/m³) とした。

伐採については素材生産費等調査報告書[8]より、各都道府県の主伐、間伐コスト (円/m³) が公表されている。図 2 にこれらの地方別造林コストと伐採コストを合算した地方別木質バイオマス生産総コストの現状を示す。ただし、全ての都道府県のデータが揃っていないため、東北、北陸、関東など地方別に平均してまとめた。また、一部データに欠損がある都道府県については、近隣もしくは条件に近い値で代用した。この伐採コストは、各地方における傾斜や材積の差を含んだ実績値である。工程全体としては主伐コストの割合が最も高く、30%から 40%を占めた。その次

に占めるコストは、地方によって植栽、下刈、間伐と別れる結果となった。木質バイオマスの生産総コストが最も高い地方は東海地方で約 1 万 4 千円/m³、最も低い九州地方で約 9 千円/m³となった。

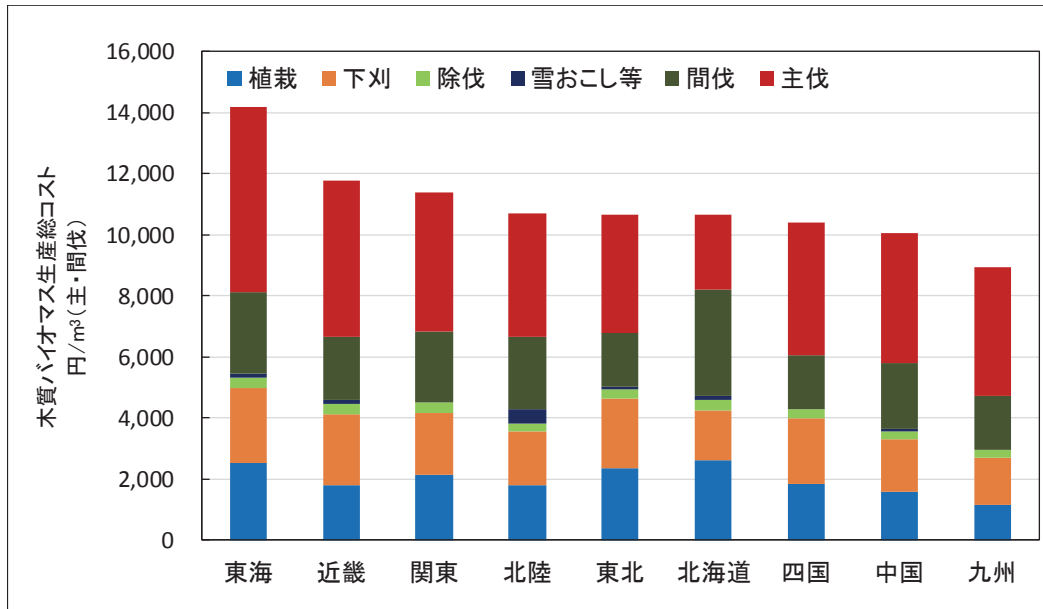


図2 国内地方別木質バイオマス生産総コストの現状

2.2 海外（スウェーデン）の木質バイオマス生産総コスト

表 2 にスウェーデンの現地調査（2014 年伐採現場での観察および Sveaskog 社でのコスト関連のヒヤリング）を基にした、前項と同様の各工程別の生産コスト計算結果を示す。比較のため、図 2 に示した日本の現状の平均値も示す。スウェーデンでは、コンテナ苗の普及による苗費の低減、機械、器具の発達、気候による下刈の軽減、森林機械の普及による伐採コストの低減などで、木質バイオマス生産総コストは日本の平均の 1/4 以下の約 2,600（円/m³）である。スウェーデンの森林地形はほとんどが緩斜面で、下草の繁茂も少なく、林業に有利な環境が整っている。一方、気候が寒冷であり樹木の生長が遅いため、伐期は 70-80 年と長く材積（森林単位面積当たりの幹体積 m³/ha）も日本平均の 1/2 程度であること、地面は岩石が多く植栽には不利であること、人件費単価は日本の 2 倍程度と、すべてが有利ではない。しかし、機械化推進と路網の充実（路網密度は 300m/ha）、施業の集約化や木材の需給システムの工夫などが進んでおり、低コスト化を実現している。

表 2 スウェーデンの木質バイオマス各工程別生産総コスト

工程	造林コスト			伐採コスト		合計
	地拵え	植栽	下刈・除伐	間伐	主伐	
スウェーデン	150	400	320	700	1,040	2,610
日本(平均)	1,970		2,410	2,260	4,330	10,970

(円/m³)
 スウェーデン: 現地調査による(2014年現場観察およびSveaskog社 1クローネ15円)
 日本平均: 図2の各工程平均値を記載

3. 木質バイオマス生産総コスト低減の方法

3.1 造林

造林のコスト低減に関する研究は、個別には種々の方法や結果が報告されているが、これまで総括的に論じられた研究は見られない[4]。しかし、最近では主伐直後の地拵えの機械化、低密度植栽、適切な苗の選定などと下刈の回数や方法の軽減策などを有機的に結びつけて、造林作業全体でのコスト低減の可能性を論じる研究が見られるようになった[11]。本稿では、左記の研究[11]を基に、地方毎の造林事業標準単価、地形（傾斜）の影響、材積の影響を加えて、地方別のコスト低減効果を計算する。具体的には低密度植栽として、1,500本/ha、下刈回数2回、除伐と雪起こしについては30%減が可能として計算する。左記を、緩斜面（斜度40%：22°以下）の標準コストとして、中斜面（斜度40～60%：22～31°）は10%増し、急斜面および超急斜面（斜度60%：31°以上）は20%増しのコストとして、傾斜の影響を加えた[12],[13]。またこれら造林コストを当該地方の材積（主伐と間伐の和）で除した地方別造林コスト（円/m³）を計算した。

3.2 伐採

伐採のコスト低減に関する研究は、造林と同じく個別には種々の方法や結果が報告されているが、伐採について総括的に論じられた研究は見られない[5]。前年度のLCS提案書¹⁾[14]では高性能林業機械導入の影響について、伐採コストと年間稼働日数との関係、あるいは労働生産性との関係、必要な集約化面積との関係など、機械化の条件と伐採コストの関係を計算し、高額な森林機械を効果的に使用するには、年間3,200時間程度の稼働時間（2交替：2×8時間/日×200日/年）と、年間200～400haの伐採すべき森林が必要であることを示した。本稿ではこれを基に、地方毎の地形（傾斜）や材積の影響を加え、さらに詳細にコストを計算した。森林機械の各作業システムによる労働生産性と傾斜の関係、および導入費などについては、林業機械メーカーへのヒヤリングに基づき、表3のように仮定した。基本となる労働生産性については、高性能森林機械を導入し、日本の人工林の平均的な10-12齢級の材積（350m³/ha）の森林において、緩斜面では75m³/人日（スウェーデンの実績）が可能とした。ただし、この労働生産性は森林の材積に比例して増減するものとする（ここでの材積は幹の直径により増減するものとしている[15]）。また、路網は適正に開設されているものとし、路網開設費はコストに含めないものとする。造林・伐採ともに、各地方の森林傾斜分布については「都道府県別傾斜分布集計ファイル」[6]、材積については「森林林業統計要覧」[7]によった。図3に本稿で用いた日本の各都道府県の傾斜（平均）と人工林の10-12齢級の材積（平均）を示す。表4に伐採コストの計算方法を示す。本計算では、森林機械の

¹⁾ 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書、科学技術振興機構低炭素社会戦略センター（以下、LCS提案書）。

設備投資は、主伐、間伐、傾斜別にそれぞれ行ない、設備の併用はしないものとする。

表 3 傾斜別森林機械システムの生産性と条件

項目(単位)	森林機械システム	緩斜面	中斜面	急斜面	超急斜面
		0-40% (0-22°)	40-60% (22-31°)	60-100% (31-45°)	100%以上 (45°以上)
設備費 (M¥)	ハーベスター	100	100	—	—
	フォアワルダー	30(1台)	60(2台)	—	—
	タワーヤーダー	—	—	80	80
	プロセッサ	—	—	30	30
	設備計	130	160	110	110
労働生産性 (m ³ /人日)	ハーベスター	主伐 75	主伐 50	—	—
	フォアワルダー	間伐 37.5	間伐 25	—	—
	タワーヤーダー	—	—	主伐 40	主伐 20
	プロセッサ	—	—	間伐 20	間伐 10
作業員数(人)	ハーベスター	1	1	—	—
	フォアワルダー	1	2	—	—
	タワーヤーダー	—	—	2	2
	プロセッサ	—	—	1	1
システム生産性 (m ³ /日)	ハーベスター	主伐 150	主伐 150	—	—
	フォアワルダー	間伐 75	間伐 75	—	—
	タワーヤーダー	—	—	主伐 120	主伐 60
	プロセッサ	—	—	間伐 60	間伐 30

労働生産性：日本平均10-12齢級の材積の場合の値で各都道府県と同材積に比例
 現地調査(2014年スウェーデン：Sveaskog社、2015年オーストリア：AUSTROFOMA2015林業機械展)
 森林機械メーカーヒヤリングによる

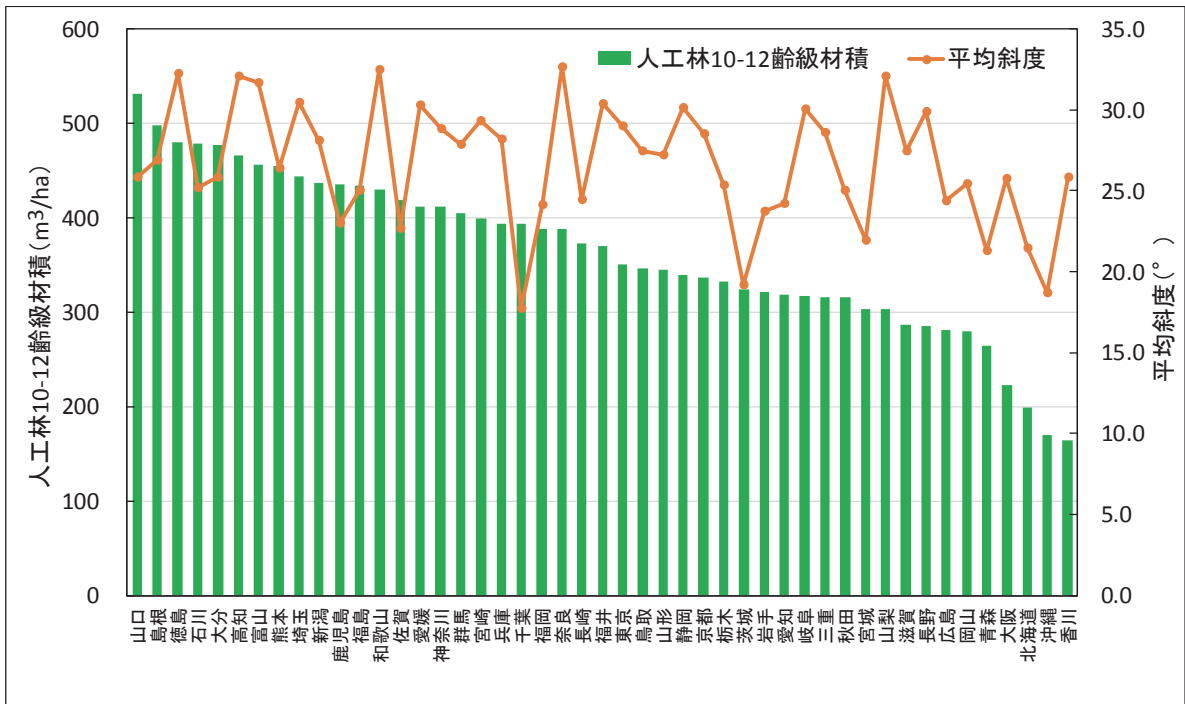


図 3 都道府県別人工林 10-12 齢級材積 (m³/ha) と平均斜度

表 4 伐採コスト計算方法

項目(単位)		計算方法
主伐	主伐林業機械費(円)	M: 機械システム設備投資 傾斜別 表3による
	年償却費(円/年)	Dm: M/(耐用年数)
	耐用年数(年)	5年
	チーム人数(人)	N: 傾斜別 表3による
	年間機械稼働日数(日/年)	Nmf: 緩・中斜面2交代400日(3200時間/年) 急・超急斜面180日(1440時間/年)
	年間労働日数(日/年)	Nwf: 緩・中斜面2交代400日(3200時間/年) 急・超急斜面257日(2056時間/年)
	県毎針葉樹10-12齢級平均材積(m ³ /ha)	Vpf: 都道府県別 表1の資料による
	県毎蓄積倍率	Kp: Vpf/(10-12齢級日本平均材積)
	県毎労働生産性(m ³ /人日)	Pwf: 都道府県 傾斜別 表1、3による
	設備システム生産性(m ³ /日)	Psf: 都道府県 傾斜別 表1、3による
	単位面積あたり主伐生産量(m ³ /ha)	県毎針葉樹10-12齢級平均材積(m ³ /ha)と同じ
	単位面積あたり日数(日/ha)	Npf: Vpf/(N・Pwf)
	年間可能伐採面積(ha/年)	Syf: Nmf/Npf
	年間伐採量(m ³ /年)	Vyf: Vpf・Syf
	単位面積あたり年償却費(円/ha)	Cdf: Dmf/Syf
	メンテナンス費(円/ha)(金利、税金等含む)	Cmf: Cdf・0.5
	燃料費(円/ha)	Cgf: M/10 ⁷ ・35・100・Nmf/Syf
	人件費(円/ha)	Cpf: Mp・N・Nwf/Syf
	人件費単価(円/日) 都道府県別	Mp: 「素材生産費等調査報告書」2012 林野庁による
単位面積あたり主伐コスト合計(円/ha)	Ctf: Cdf+Cmf+Cgf+Cpf	
間伐	間伐林業機械費(円)	主伐と同じ
	年償却費(円/年)	
	耐用年数(年)	
	チーム人数(人)	
	間伐年間機械稼働日数(日/年)	Nmt: Npt・Syt
	間伐年間労働日数(日/年)	Nwt: 主伐と同比率
	間伐労働生産性(m ³ /人日) 主伐の0.5倍(B材)	Pwt: Pwf・0.5
	設備システム生産性(m ³ /日)	Pst: Psf・0.5
	間伐生産量(m ³ /ha) 主伐の0.3倍(B材)	Vpt: Vpf・0.3
	単位面積あたり日数(日/ha)	Npt: Vpt/(N・Pwt)
	年間可能伐採面積(ha/年)	Syt: Nmt/Npt
	年間伐採量(m ³ /年)	Vyt: Vpt・Syt
	単位面積あたり年償却費(円/ha)	Cdt: Dm/Syt
	メンテナンス費(円/ha)(金利、税金等含む)	Cmt: Cdt・0.5
	燃料費(円/ha)	Cgt: M/10 ⁷ ・35・100・Nmt/Syt
	人件費(円/ha)	Cpt: Mp・N・Nwt/Syt
	人件費単価(円/日)	主伐と同じ
	単位面積あたり間伐コスト合計(円/ha)	Ctt: Cdt+Cmt+Cgt+Cpt
	単位体積あたり伐採コスト計(主・間伐コスト/主・間伐量) (円/m³)	

主伐、間伐とも傾斜毎にそれぞれ同設備システムを持つものとする

燃料費: 森林総合管理士基本テキスト作成委員会(2014)森林総合管理士基本テキスト. : 139-144 より数式化

4. 結果と考察

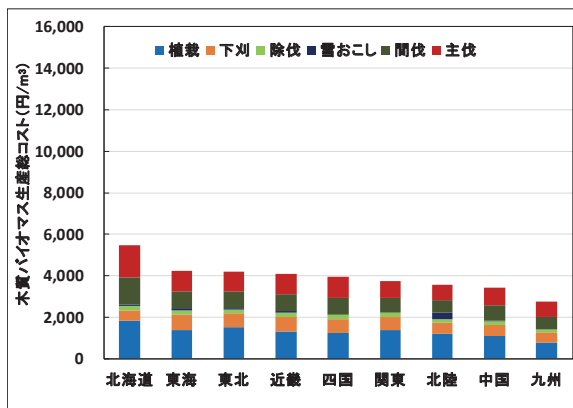
4.1 国内地方別木質バイオマス生産総コストの低減計算結果

前項のコスト低減方法に基づき、地方毎に造林コスト、伐採コストを森林の傾斜別に計算した。傾斜の影響については前項に示したように、造林コストでは中斜面では緩斜面の 10%増し、急斜面以上では 20%増しとし、伐採コストでは表 3 の労働生産性と傾斜の関係により計算した。

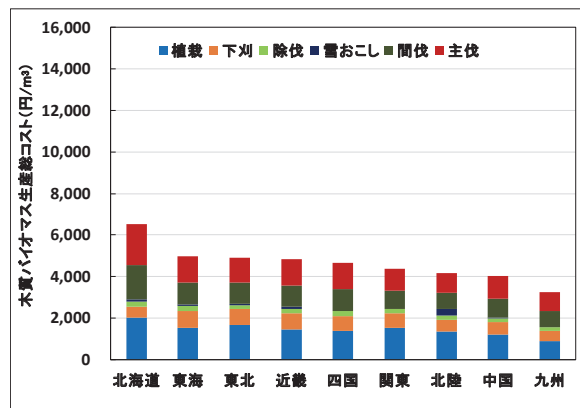
図 4 はその結果を地方別木質バイオマス生産総コストとして、傾斜別に示したものである。

- (1) 図 4(a)に緩斜面における結果を示す（ハーベスター、フォアワルダーシステム 2、2 名作業）。日本全体の平均の木質バイオマス生産総コストは、図 2 で示した現状の約 1/3 に低減でき、3,900 円/m³ 程である。スウェーデンの 2,610 円/m³ にはさらにこの 2/3 にコストダウンをする必要がある。九州地方では約 2,700 円/m³ であり、スウェーデンでのコストに近い。一方、北海道では九州地方の約 2 倍の木質バイオマス生産総コストになる。この差は主に両地方の材積の差であり、北海道の材積は約 200m³/ha に対し九州地方の材積は約 400m³/ha で、2 倍の材積の差がある。
- (2) 図 4(b)に中斜面における結果を示す（ハーベスター、フォアワルダー 2 台システム、3 人作業）。緩斜面に比べ、斜度による生産性の低下の影響で、全体的に約 1.2 倍のコストになる。傾斜が増すと、特に森林機械システムの変更が必要で、労働生産性や稼働時間の制約を受け、伐採コストは増加する。
- (3) 図 4(c)に急斜面における結果を示す（タワーヤーダー、チェーンソー、プロセッサーシステム、3 名作業）。30° 以上の急斜面の場合は、架線系のタワーヤーダー、プロセッサーシステムを使うが、現状では安全のため夜間作業はできないことと、設置、撤去の時間を除くと年間稼働日数は 1/2 以下になるため、伐採コストが増加し、緩斜面に比べ約 1.6 倍になる
- (4) 図 4(d)に超急斜面における結果を示す。作業システムは急斜面と同じであるが、斜度が 45° 以上になると、特にチェーンソーによる人力での伐倒の生産性が低下するため、緩斜面に比べ伐採コストは約 2.7 倍のコストになる。ただし、斜度 45° 以上の面積は全森林の 3%程度で、コスト全体への影響は小さい。

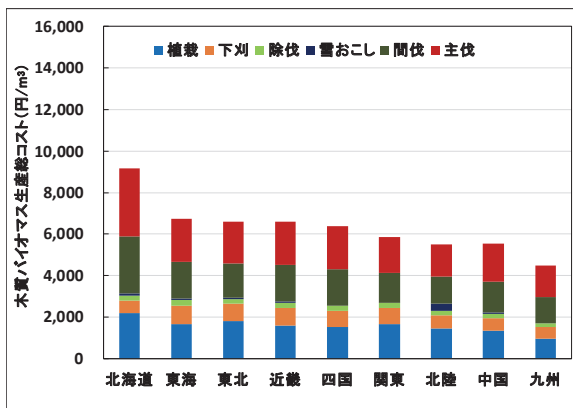
以上のように、傾斜によるコストへの影響はあるが、九州地方のように材積が多い地方ではその影響は軽減される。また、各斜面のコストと森林面積の割合との加重平均で見るなど、コスト全体での評価が必要である。



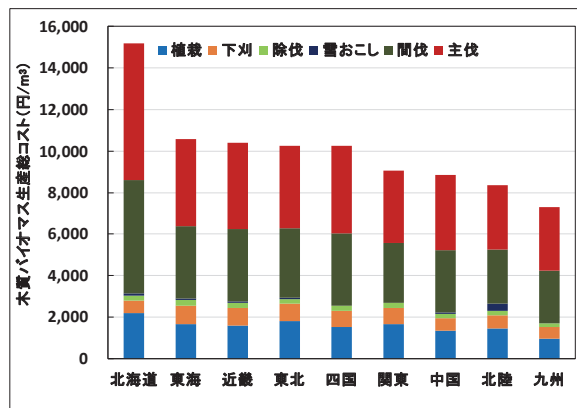
(a) 緩斜面（斜度 40%以下：22° 以下）



(b) 中斜面（斜度 40-60%：22-31°）



(c) 急斜面（斜度 60-100%：31-45°）



(d) 超急斜面（斜度 100%以上：45° 以上）

図 4 コスト低減計算による地方別木質バイオマス生産総コストに対する斜度の影響

4.2 都道府県別木質バイオマス生産総コストの低減計算結果

- (1) 前項のコスト低減の状況を詳しく考察するため、各都道府県別の緩斜面におけるコスト低減結果を図 5 に示す。緩斜面に限ると、木質バイオマス生産総コストは山口県、徳島県、九州各県、福島県などが 2,000~3,000 円/m³ であり、スウェーデンのコストと同程度に低減可能である。これらの都道府県に共通するのは、材積が多く、造林標準単価が比較的低いことである。香川県と沖縄県のコストが高いが、両県とも材積が少ないためである。造林コストと、伐採コストの比率で見ると、長野県、新潟県、富山県、石川県、福井県、岐阜県などの造林コストの比率が高く、造林事業標準単価における雪かきコストの加算など雪国の環境の影響が現れている。

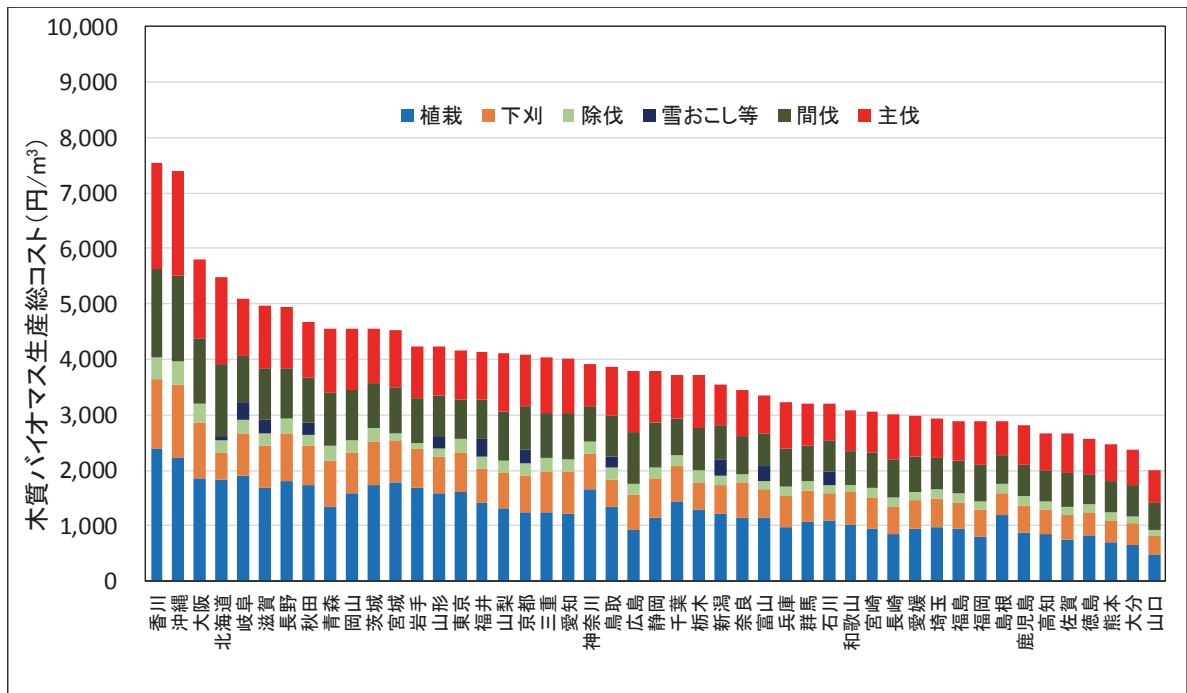


図5 都道府県別木質バイオマス生産総コストに対する斜度の影響（緩斜面）

- (2) また、各都道府県別の傾斜の影響を考察するため中、急、超急斜面の都道府県別木質バイオマス生産総コストを計算し、さらにそれぞれの森林面積における傾斜分布と各傾斜の木質バイオマス生産総コストの加重平均を計算した結果を、図6に示す。また、各都道府県における、傾斜区分毎の森林蓄積を、図7に示す。図6は、コスト低減が難しい急斜面やコスト低減可能な緩斜面を含めて、県や地域全体の単位で評価した場合の、平均的なコストを示している。山口県、島根県、九州全般、福島県などの木質バイオマス生産総コストは、3,000 円/m³ 程度であり、急斜面を含めてもスウェーデンに近いコスト実現の可能性がある。
- (3) これらの計算結果によると、コスト低減に共通する要因は、材積が多いこと、平均斜度が緩やかであること、造林コストが低いことなどである。北海道は、傾斜は緩やかだが、材積が約 200 m³/ha と少ないため、木質バイオマス生産総コストは高い。和歌山県、徳島県、高知県は、地形が急峻で平均斜度が大きい割には、材積が約 400 m³/ha と多いため、木質バイオマス生産総コストは平均程度に収まっている。以上は、一定の仮定の下、県単位における木質バイオマス生産総コスト低減効果の傾向を表した計算結果であり、個別の森林に当てはまるものではないが、傾斜や材積が複雑に分布する日本の森林においては、森林の集約化と面積の拡大による設備利用効率向上でコスト低減を図る必要性を示している。
- (4) その他、今後検討すべき事項は以下である。
- ① 材積を増すための伐期の長期化。
 - ② 各地域間、傾斜間で設備を併用し、償却費を分担低減。
 - ③ シカ、イノシシなどの鳥獣害の対策、路網の充実などの影響評価。

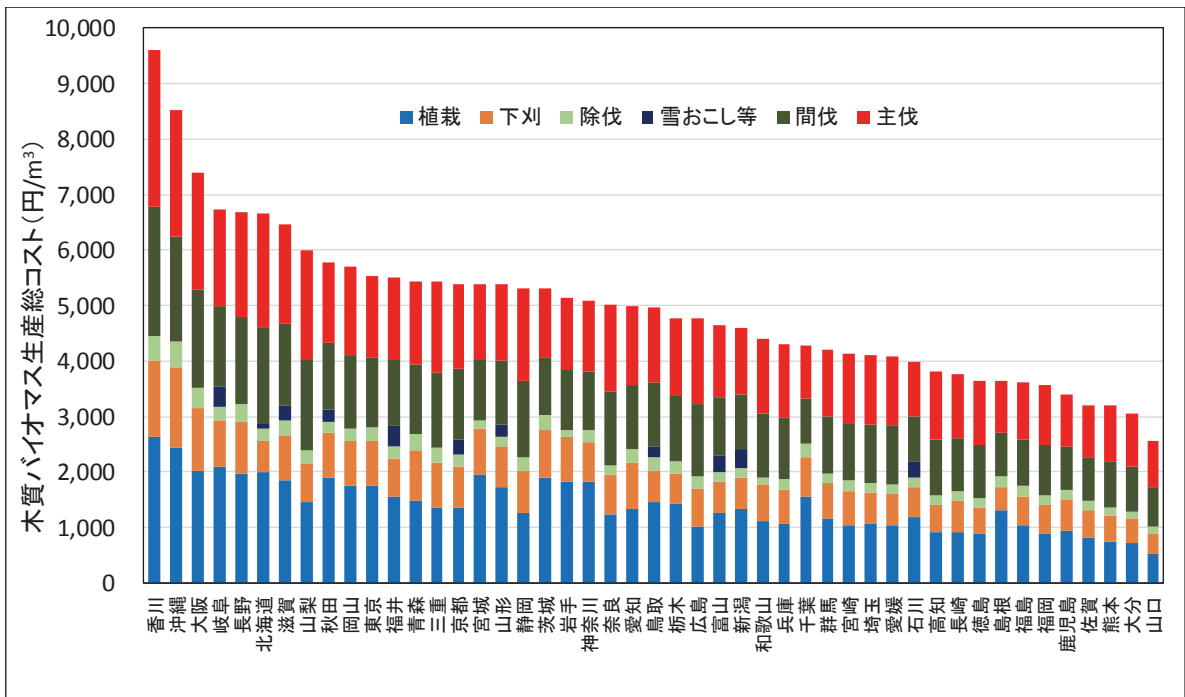


図 6 都道府県別木質バイオマス生産総コストに対する斜度の影響（全斜面加重平均）

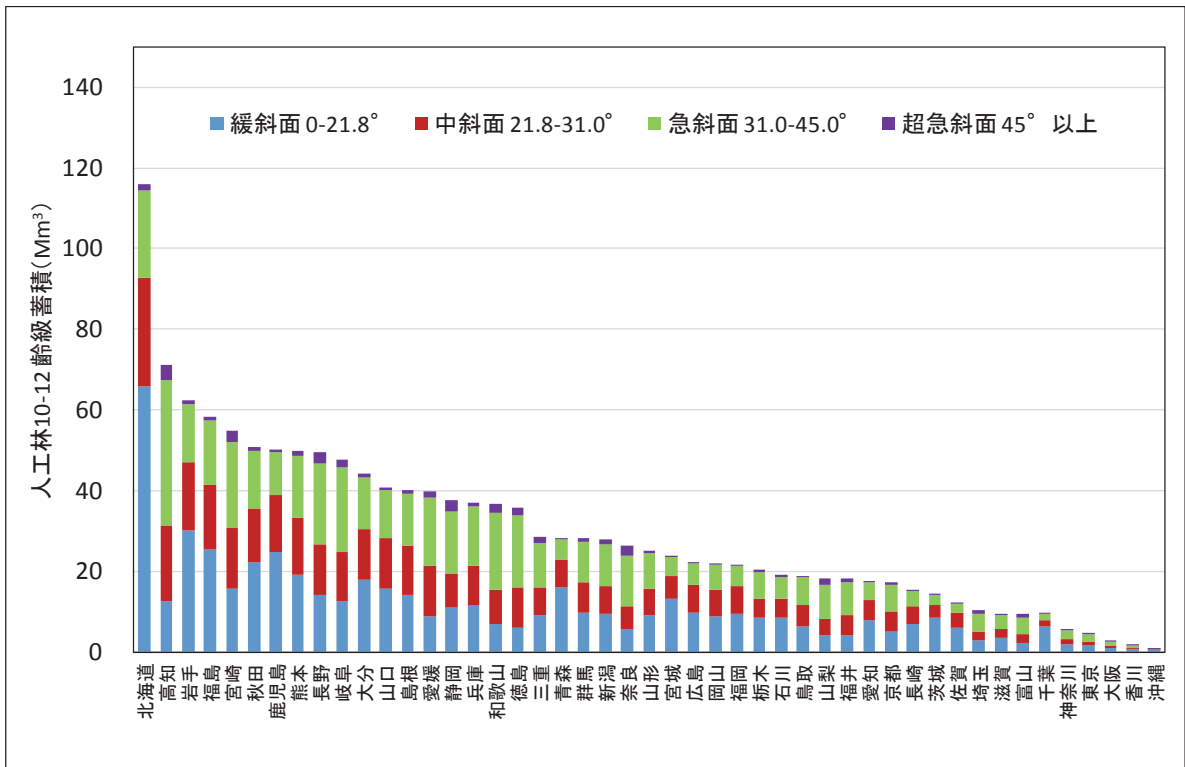


図 7 人工林 10-12 齢級都道府県別傾斜角度分布と蓄積（傾斜毎に一樣に分布と仮定）

5. まとめ

地拵えから伐採まで一連のプロセスを対象として、プロセス毎に詳細な積み上げ法に基づいて木質バイオマス生産総コストの評価を試みた結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 日本の現在の木質バイオマス生産総コストは全国平均で約 11,000 円/m³ であり、目標とするスウェーデンと比較して単位体積あたりで 4 倍以上高い。
- (2) 造林コストの低減策として、低密度植林や下刈回数の削減策が有効である。また、伐採コストの低減策として、欧州で実績のある高性能森林機械の導入と運用体制を適用した場合の効果を、地方別、傾斜別に算出した結果、緩斜面では現状の 3 分の 1 程度まで低減できる。
- (3) 地形が急峻になると造林コスト、伐採コストいずれも上昇するが、急斜面および超急斜面の面積は 40% 程度であり、各傾斜におけるコストを森林面積及び蓄積する材積で加重平均すると、日本全体としての木質バイオマスの生産コストに与える影響は限定的である。今回のモデル計算に基づいて算出したところ、九州地方の全傾斜を含む木質バイオマス生産総コストは、3,000 円/m³ 程度まで低減できる。

6. 政策立案のための提案

- (1) 現状の日本の木質バイオマス生産総コストは、全国平均では目標とするスウェーデンに比べ 4 倍以上高く、燃料として使うためには以下のような大幅なコスト低減が必要である。
- (2) 造林コスト低減策として、低密度植林、下刈回数削減策の導入効果、伐採コスト低減策として、欧州で実績のある高性能森林機械の導入効果を、地方別、傾斜別に計算した結果、緩斜面では日本平均では現状の約 1/3 に低減可能である。材積が多いほどコスト低減効果が大きい。実現の条件としては、年間 200~400ha の施業すべき森林が必要で、さらに持続性を実証するためには 1~2 万 ha 程度 (50 年分) の森林が必要である。また森林機械の償却費の適正化のためには、緩斜面の場合、年間 3,200 時間程度の稼働時間が必要である。また、主伐の生産性向上のためには、材積が 350m³/ha の森林において、75 m³/人日程度 (材積、傾斜により変わる) が必要である。
- (3) 地形が急峻になると造林、伐採コストとも上昇するが、都道府県単位の森林傾斜分布を考慮し、各傾斜におけるコストの加重平均をとれば、その影響は軽減され、九州地方では全傾斜を含む木質バイオマス生産総コストは 3,000 円/m³ 程度となる。急斜面の影響は軽減できるため、集約化を前提として対象範囲を広げて評価する必要がある。
- (4) これらの実証には、適切なモデル地区の選定と、数年程度で実証できる計画が必要である。まず、緩斜面や中斜面など容易なところから順次部分的に開始し、実績を積み上げ、本格的な実証試験につなげていくことが重要である。

参考文献

- [1] 資源エネルギー庁総合政策課, “2013 年度におけるエネルギー需給実績 (確報) ”, 2015.
- [2] 林野庁, “平成 27 年版 森林・林業白書”, 2015.
- [3] (社)日本経済調査協議会, “欧州における林業経営の実態把握報告書”, 2012.
- [4] 林野庁, “平成 27 年度低コスト造林技術実証・導入促進事業事例集”, 2016.
- [5] 林野庁, “平成 27 年度低コスト造林技術実証・導入促進事業報告書”, 2016.
- [6] 高知大学, “都道府県別傾斜分布集計ファイル”,
<http://www.fe.fs.kochi-u.ac.jp/dem/> (アクセス日 2016 年 11 月 22 日).
- [7] 林野庁, “森林林業統計要覧 2012”, 2012.
- [8] 林野庁, “2012 年次素材生産費等調査報告書”, 2012.
- [9] 造林事業標準単価(各都道府県ホームページ), 2016.
- [10] 八坂ら, “カラマツ人工林の間伐コスト削減における強度間伐の有効性—間伐試験とシミュレーションによる検証—”, 日林北支論 57, p.89-91, 2009.
- [11] 森林総合研究所東北支所, “ここまでやれる再生林の低コスト化 (東北地方の多雪環境に適した低コスト再生林システムの実用化に向けた研究成果集) ”, 2016.
- [12] 北海道水産林務部森林整備課, “平成 27 年度造林事業標準単価”,
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/st/srs/zourin/tanka.htm> (アクセス日 2016 年 11 月 30 日).
- [13] 岩手県農林水産部森林整備課, “岩手県低コスト再生林事例集”, 2014,
https://www.pref.iwate.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/031/499/2612_low_cost.pdf
(2016 年 11 月 30 日現在アクセス可能).
- [14] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, “木質バイオマス燃料のコスト低減—林業素材生産コストの機械化推進による低減効果—”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2016 年 3 月.
- [15] 梶山恵司, “21 世紀日本の森林林業をどう再構築するか”, 研究レポート No.182, 富士通総研経済研究所, 2004.

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術開発編

木質バイオマス燃料のコスト低減 (Vol.2)
ー木質バイオマスの生産総コストとその低減策ー

平成 29 年 3 月

“Cost Reduction of Woody Biomass Fuels (vol.2):
Total Production Cost and Cost Reduction Scenario of Woody Biomass in Japan”
Strategy for Technology Development,
Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2017.3

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

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 主任研究員 浅田 龍造 (Ryuzo ASADA)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ4階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273 E-mail : lcs@jst.go.jp
<http://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2017 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
