

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

林業の活性化を通じた地域における
低炭素社会の実現

ー木材チップ等の製造コスト検討ー

平成27年3月

**Establishing Low Carbon Society in Rural Districts
with the Activation of Forestry:
Manufacturing Cost Structure of Woody Chips and Wood Pellets**

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-FY2014-PP-09
(平成27年4月印刷版)

概要

国土の約 66% が森林を占める我が国において、木質バイオマスは豊富かつ地域的偏在の少ないカーボンニュートラルなエネルギー資源として、高いポテンシャルを有している。また近年の原油価格の高止まり傾向や再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度をはじめとした政策的な後押しもあり、燃料用木材チップや木質ペレットなどの木質バイオマスのエネルギーとしての需要が増加している。しかし、製材工場廃材や建築廃材等の木質廃棄物を原料とする燃料用木材チップや木質ペレットは既にその大半がエネルギー利用されており、原料が不足している。一方、それらよりも賦存量が多い林地残材は、そのほとんどが経済合理性の問題から利用されておらず、その活用に向けたシステム作りが大きな課題になっている。LCS では、木質バイオマスが豊富にある農山村地域を対象に林業を活性化させ、その資源を十分に活用するため、森林の造林からエネルギー利用まで一貫した経済合理性のある自律分散型の木質バイオマスのエネルギー利用プロセス設計を行っている。本提案書では、木質ペレット及び木材チップのコスト構造について検証を行った。本分析地における木材チップの製造にかかる単位熱量当たりのコストは 1.6 円 /MJ であった。この値は、木質ペレット (1.9 ～ 2.5 円 /MJ) や、化石燃料 (1.9 ～ 2.8 円 /MJ) と比較して、ほぼ同等から半分程度であった。但し、本検証に用いた木質原料費には補助金によるコスト低減効果が含まれており、更に将来的な国際競争までを考慮すると、単位熱量当たりの製造コストは現在の半分から最大で 5 分の 1 程度まで下げる必要がある。木質バイオマスの更なる利用拡大に向けて、原料収集コストや製造コストの大幅低減が必須である。加えて木質バイオマス利用機器等の初期コスト低減や、木材チップ固有の課題として含水率低減による発熱量の増加が必要である。

Summary

Woody biomass possesses a high potential as carbon neutral energy resources that are abundant and distributed in almost all the regions in our country of which approximately 66% is occupied by the forest. It is also increasing in the demand of woody biomass such as fuel wood chips and wood pellets etc. for energy use, because of recent high oil price and/or political support - Feed-in Tariff for renewable energy. As for the fuel wood chips and wood pellets made from wood scrap, most of them have been already used, and they are lacking in raw materials. On the other hand, although forest residues can play a role in alternative raw materials of the fuel wood chips and wood pellets and the useful quantity of forest residues are much more abundant than that of waste wood, they are not utilized due to the high cost. LCS has been designing the seamless and cost-competitive decentralized autonomous woody biomass energy-use process - from afforestation to energy use - to activate the rural district area through the realization of the economically independent forestry and the more utilization of the rich woody resources. In this proposal, we report the verification results of the manufacturing cost of wood chips and wood pellets. The costs per unit of energy are estimated to be 1.6 yen/MJ and 1.9 - 2.5 yen/MJ, respectively, while those of fossil fuels are 1.9 - 2.8 yen/MJ. It was found that the manufacturing cost of woody biomass per unit of energy was in between the same and the half of them. For the obtained values, however, since the cost-reductive effect by the subsidy is included, it is necessary to reduce the direct manufacturing cost of woody biomass from current half to around a one-fifth to make ends meet in the international market of wood chips and wood pellets. To make more use of woody biomass in the society, it is indispensable to decrease the costs of collecting raw materials and manufacturing as well as the initial costs of biomass-utilization equipment. Moreover, to improve the wood chips-manufacturing processes, the reduction process of moisture content in wood chips is one of the most important factors.

目次

概要

1. 諸言	1
2. コスト評価結果	2
2.1 分析地概要及び設備規模	2
2.2 木材チップ製造工程及び製造コスト試算	2
2.3 木材チップ製造にかかるエネルギー収支について	4
3. 木材バイオマス利用拡大に向けた技術シナリオ	5
4. 政策立案のための提言	6
参考文献	7

1. 諸言

我が国では国土の約 3 分の 2¹⁾ を森林が占めており、バイオマスの中でも特に木質バイオマスは地域的偏在が少なく豊富に賦存している。その一方で林業の衰退に伴い、伐期を迎えた森林の多くが利用されずに放置されているほか、手入れのされた森林においても経済性の問題から多くの林地残材が発生している。図 1 に示すように、政府は、「2020 年に約 800 万トンの林地残材の利用率 30% 以上」²⁾ の目標を掲げ、賦存量の豊富な林地残材のエネルギー資源としての活用に向けた取り組みを推進している。

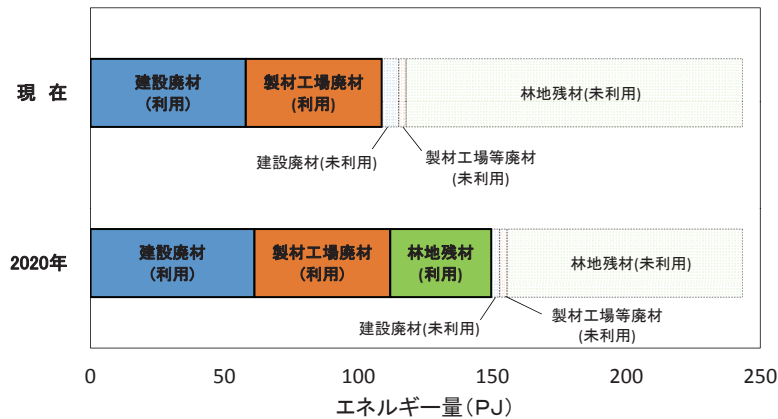


図 1 我が国における木質バイオマスの利用状況（現在及び 2020 年目標）注 1)

我が国における林業の現状を例にとると、2013 年における木材生産額は約 1,933 億円³⁾であった。それに対して、林野庁における 2013 年度の木材生産関連予算は合計約 2,161 億円と木材生産額とほぼ同等の税金が投入されている^{注 2)}。林業の活性化による経済的な自立は我が国において特に重要な課題である。

木質バイオマスからのエネルギー・燃料生産という観点からみれば、原料を安価に調達し、化石燃料に代替可能なシステムを構築することが求められている。その手段としては、(A)従来のようにエネルギー変換設備やバイオマス輸送に対して補助金や税制優遇措置を導入する方法と、(B)林業の経済性を改善して木材生産コストを削減することによって副次的に発生するバイオマス価格を低減させる方法が考えられる。特に後者による林業の経済性の改善は主力製品である木材の自律的な価格競争力向上にも貢献し、林業を主軸とする地域の活性化に結び付く可能性を有する。

LCS では、木質バイオマスが豊富にある農山村地域を対象に林業を活性化させ、その資源を十分に活用するために、森林の造林からエネルギー利用まで、一貫した経済合理性のある自律分散型の木質バイオマスのエネルギー利用プロセス設計を行うことを目的としている。

木質バイオマスが豊富にある農山村地域を対象に林業を活性化させ、その資源を十分に活用するためには、木質バイオマスのエネルギー利用に関し、図 2 に示すような木質バイオマス利活用地域全体概要に基づいて、(1)森林生産から利用までの各プロセスにおける経済性と環境性を把握すること、(2)高効率・低コスト化の鍵となる技術的課題を抽出すること、(3)森林の造林から利用まで一貫した経済合理性のある自律分散型の木質バイオマスのエネルギー利用プロセス設計を行うことが必要である。木質バイオマスのエネルギー利用の主な方法として、木質ペレットと木材チップがある。両者を比較して前者は、含水率等の品質が安定し、貯蔵性に優れ、エネルギー密度が高い一方で、加工工程が多く加工コストがかかり、水気に弱い。後者は、廉価になる可能性が高い一方で、含水率によって発熱量が低くなる。本稿では、廉価になる可能性が高い木材チップを対象に、北海道中部の農山村地域を具体的な事例として、その製造コストに関する検討を行った。

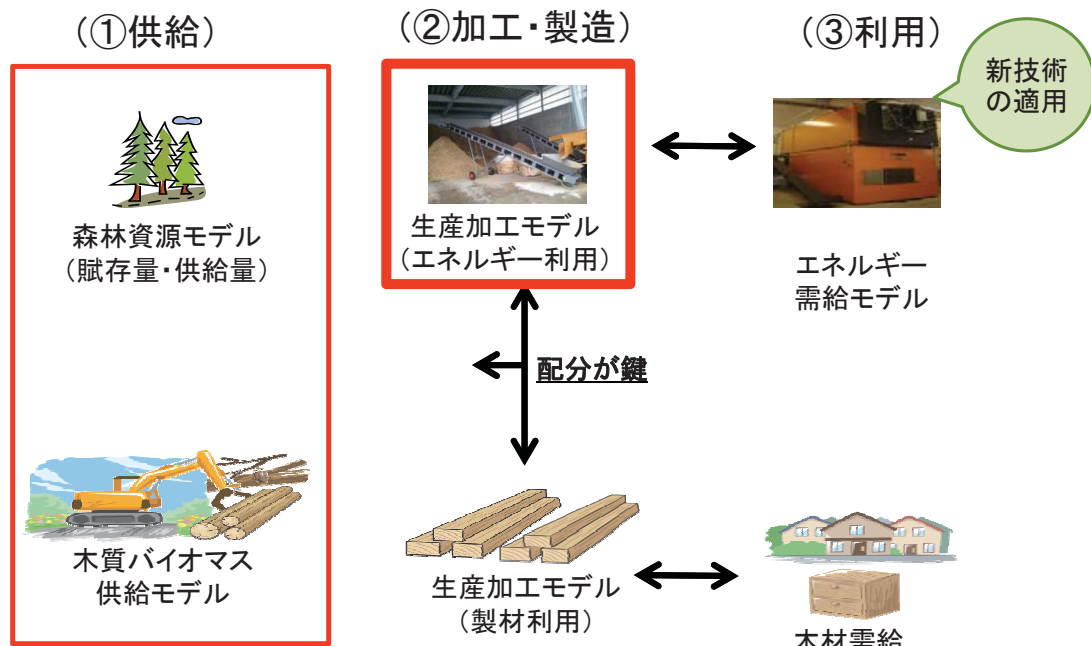


図2 木質バイオマス利活用地域モデル全体概要

2. コスト評価結果

2.1 分析地概要及び設備規模

一般的にコストにおける設備費相応の負担額は、設備規模が小さいときは大きく影響を受けるが、一定規模以上の設備では影響は小さくなる。本検討において前提とした分析対象地の概要及び木材チップの製造規模を表1に示す。

表1 分析対象地の概要及び木材チップ製造規模

人口	面積	原料	チップー動力源	木材チップ 製造規模
約 3,500 人	約 600km ²	道路支障木 / 林地残材等	軽油	1,600t/ 年

2.2 木材チップ製造工程及び製造コスト試算

木材チップ製造にかかる製造コストを算出する際には、原料価格及び製品含水率、各機器の燃費及び導入費用は事業者ヒアリングを行った結果を採用し、燃料価格は政府統計⁴⁾を用いた。また、機器の維持管理にかかる費用や消耗品費は、機器自体のコストには含めず、修繕費・維持管理費として別途計上した。

図3に示すように、木材チップ製造プロセスは、大きく (1)搬入原料処理、(2)破碎、(3)製品搬出処理の3つに分かれる。製造コスト算出にあたっては、各プロセス毎にコストを積上げた。また、本稿では、木材チップの製造規模や原料含水率等の諸条件を変更し、様々なケーススタディも試みた。

本分析地における木材チップの単位重量あたり製造コストは、製造量が1,600 t/年の条件の下では22 円/kgであった。そのコスト構造を図4に示す。各プロセスに区分できないコストは共

通コストとした。この製造コストは、平成 25 年度の木材チップの市場価格⁵⁾ 12 ～ 15 円 / kg よりも 5 ～ 9 割ほど高い結果となった。この要因として、市場価格は導入機器等に措置される補助金によって減価償却費が低減されていること、本分析地では林業振興の一環として原料を高く買い上げていること、及び将来的な製造規模拡大（具体的には、最大製造能力 2.7 万トン / 年）を見込み、現在の木材チップの製造量と比較して大きな装置を採用したことなどが考えられる。

次に、本分析地における製造量の増加によるコスト変化を試算した。製造量を現在の 2 ～ 4 倍程度に増加させると、製造コストは概ね市場価格程度になり、現設備の最大製造能力となる 10 倍程度に増加させると市場価格を下回った。この試算にあたって原料単価は据え置いた。調達量の増加単価の減少がある一方、調達量確保のため調達先が多様化し、輸送距離が増加することを考慮したためである。

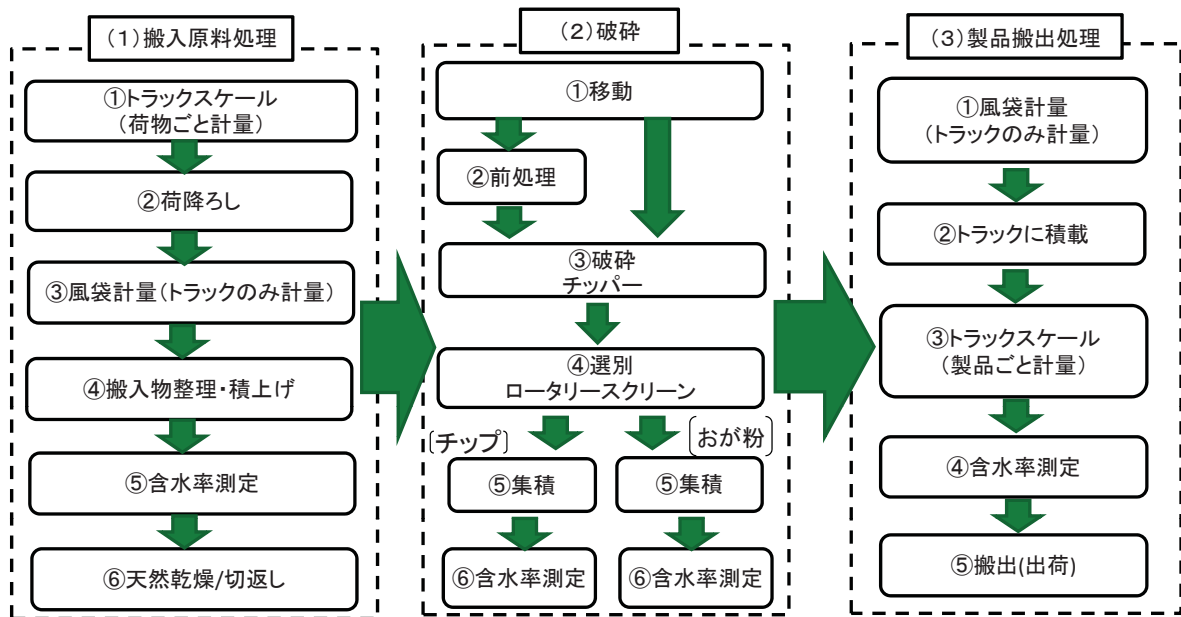


図3 木材チップの製造プロセス

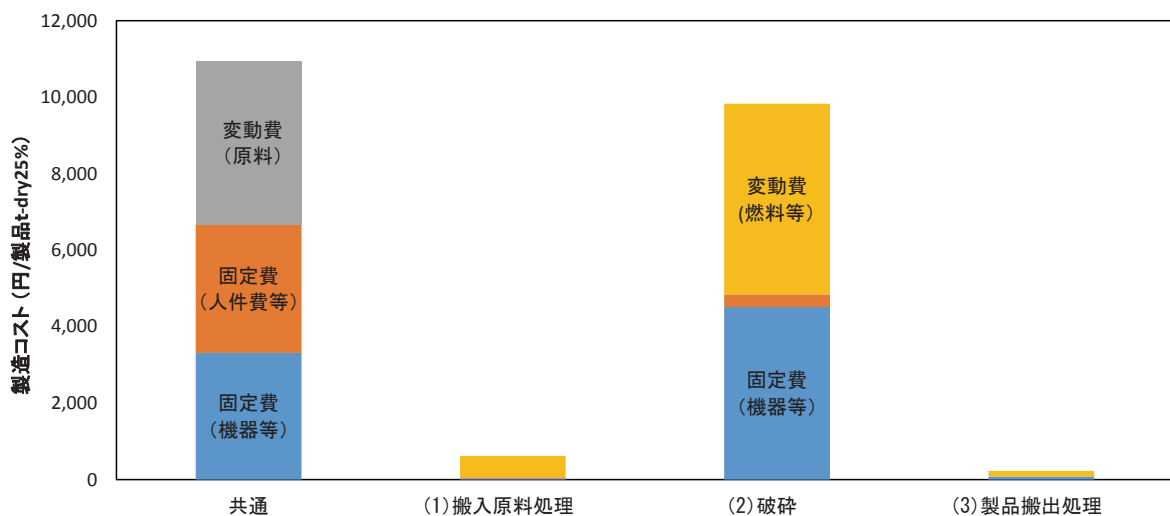


図4 木材チップ製造におけるプロセス毎のコスト構造（製造規模 1600 t/年）

また木材チップの熱量を基準としたコスト競争力を算出した結果を表 2 に示した。木材チップの単位重量当たり単価として、木質ペレットと製造条件を揃えて算出した 19 円/kg を用いると、単位熱量当たり単価は 1.6 円/MJ であった。また木質ペレットの製造コストは様々な試算⁶⁾⁹⁾がされており、本分析地と条件を揃えた上でそれらを比較したところ、単位重量当たり単価は 31 円/kg ～ 41 円/kg、単位熱量当たり単価は 1.9 円/MJ ～ 2.5 円/MJ であった。

表 2 単位熱量当たりの単価について

原料・燃料種	原単位	単位重量当たり単価		単位熱量当たり単価	
木材チップ	12 MJ/kg	19 円/kg		1.6 円/MJ	
木質ペレット	16 MJ/kg	31 ～ 41 円/kg		1.9 ～ 2.5 円/MJ	
		課税後	課税前	課税後	課税前
軽油	38 MJ/L	151	107 ^{注 3)}	3.9	2.8 ^{注 3)}
ガソリン	35 MJ/L	169	67 ^{注 3)}	4.9	1.9 ^{注 3)}

なお、化石燃料である軽油及びガソリンの課税前の単位熱量当たり単価は、それぞれ 2.8 円/MJ 及び 1.9 円/MJ であった。木材チップは他の燃料と比較して単位発熱量当たりのコストがほぼ同等から半分程度であることがわかった。一方、木質バイオマスの利用に関する検討は今回の報告の対象外であるが、その利用機器等の初期コスト等を考慮すると、今後、木質バイオマスの利用を更に拡大させるためには、現在の木材チップの製造コストを半減させる必要があると考えている。

2.3 木材チップ製造にかかるエネルギー収支について

木材チップ製造コストに加え、その製造にかかるエネルギー収支についても検討を行った。計算の範囲は木材の伐採から木材チップの流通までとし、製造コストと同様にプロセス毎に積み上げて試算した結果を図 5 に示す。本分析地における湿量基準含水率 25%（天然乾燥により最も乾燥した状態）の木材チップの製造を前提とした。木材チップ製造に要したエネルギーは年間合計で 4.5×10^3 GJ に対し、得られたエネルギーは年間合計で 22×10^3 GJ となり、木材チップの単位製造量当たりのエネルギー収支（実質利用可能エネルギー）は 11 GJ/t であった。また製造のみにかかるエネルギー収支は 12 GJ/t であった。本結果は、木質ペレットのエネルギー収支に関する既報の報告¹⁰⁾よりも劣る結果となった。これらのエネルギー収支については報告によって結果が異なることから今後、更に詳細に検討を行う必要がある。

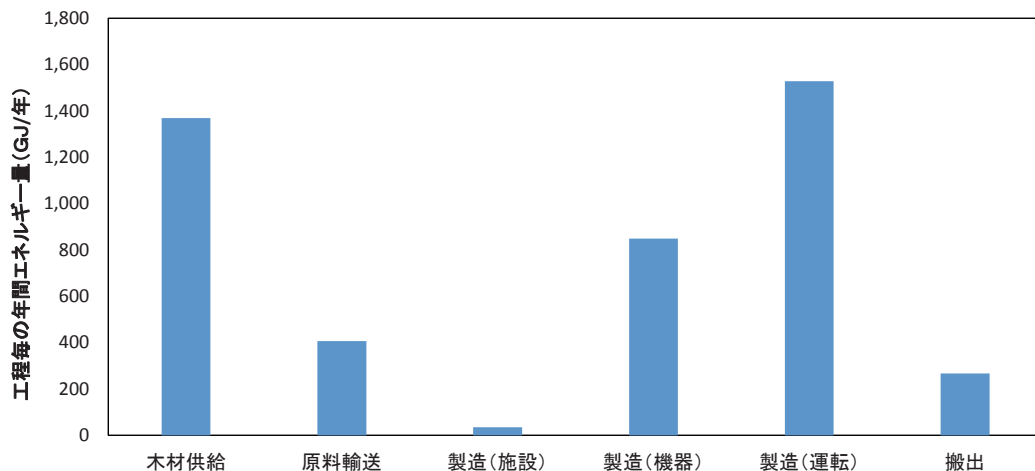


図 5 木材チップ製造にかかるエネルギー収支

3. 木材バイオマス利用拡大に向けた技術シナリオ

表 2 に示した様に、木材チップ及び木質ペレットの単位熱量当たりの製造コストは化石燃料と比較してほぼ同等から半分程度であるにも関わらず、まだ十分に利用が拡大していない。木質バイオマスの利用に関する検討は今回の報告の対象外であるが、今後、化石燃料の代替品として今回の主な検討の対象とした木材チップを例に、その利用を更に拡大させるために必要な木材チップ製造コスト低減目標を図 6 に示す。木質バイオマス利用機器等の初期コストや国際競争等を考慮すると現在の木材チップ単位熱量当たりの製造コストを半分（0.8 円 /MJ）から最大で 5 分の 1 程度（0.3 円 /MJ）まで下げる必要がある。

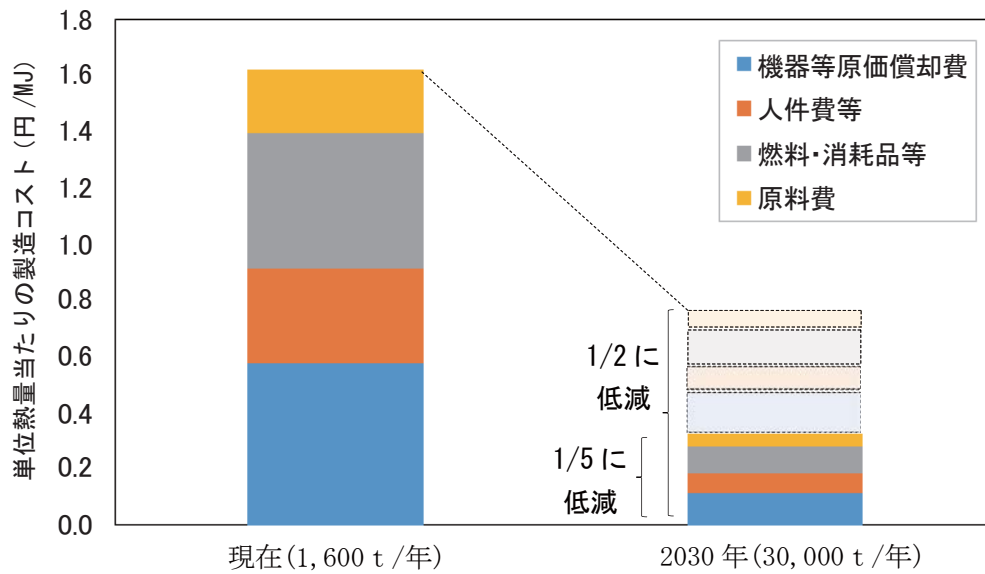


図 6 木材チップ製造コスト低減目標

4. 政策立案のための提言

製造コストの目標に到達するために、技術的観点から以下の提言をまとめる。

(1) 原料費の低減

現在、林業が抱える大きな問題は、立木販売収入だけで育林費用がまかなえないことである^{1),11)}。育林コストは、造林・下刈り・除伐・枝打ち等に要する労務費と、苗木費用が大きな割合を占めている。ちなみに、北欧等における原料費は日本の 5 分の 1 程度であるとされている。木質バイオマスの利用拡大に向けて、林業の機械化による作業効率化や苗木生産コストの低減、林地残材の収集システム改善等により原料費の大幅削減が必須であり、今後、詳細な検討を行う。

(2) 木材チップ製造の自動化/機械化による人件費削減

現在の木材チップ製造プロセスは原料搬入、乾燥、破碎、出荷がそれぞれ独立した工程となっている。これらの製造プロセスを連動する一連のシステムとして原料投入から製品搬出まで機械化・自動化することによる製造の効率化が必要である。例えば、現在は原料保管場所からチップパーに人がホイールローダ等を運転して移動させている工程を、ベルトコンベア等を用いて自動的に移動させるなど、が考えられる。それらの取組みは、結果として人件費の低減にもつながるが、人件費の削減は、地域の雇用創出等の政策と連動するので慎重な対応が必要であることも補記する。

自動化に伴い機器等の償却費用の増加があるものの、将来的には機器性能の向上による効率化や、製造規模拡大によるスケールメリットを享受できるシステム設計による単位熱量当たりのコストを大幅に削減する必要がある。

(3) 木質バイオマスの利用拡大

木質バイオマスの利用、特に熱利用に関しては、地域の気候特性を十分に踏まえる必要がある。一方、熱利用拡大を阻害する要因として、貯蔵に大きな設備を要することや、ボイラーをはじめとした利用機器(燃焼機器)が化石燃料のそれと比較して非常に高価であることがあげられる。これらの課題解決のためには、個別(各戸)で木質バイオマスの利用を考えるのではなく、地域熱供給システムや集合型の貯蔵サイロをはじめ、ある程度まとまった集合体で熱利用するシステムを構築することが必要である。

また木材チップの利用に関して、エネルギー収支の観点から含水率の低減は重要な課題である。木材チップの燃焼利用時に発生する余熱・排熱を利用することによって含水率を低減させる木材チップ保管システムが構築できると、より効率的に木材チップを活用することが期待できる。

林業自体の合理化/コスト低減は、木質バイオマスの更なる利用拡大に向けて最も重要な要素の 1 つである。LCS では、現在、林業のコスト構造解析及び合理化に向けた検討を行っており、今後、公表していく予定である。

【注記】

- 注 1) ペタジュール (PJ) : ジュールは熱量を表す単位で、1 ペタジュールは 10 の 15 乗ジュール。
- 注 2) 平成 25 年度森林・林業白書に記載されている予算のうち、「森林整備事業の推進」、「森林計画」、「森林の整備・保全」、「林業振興対策」、「森林整備・林業等振興対策」に対する予算の合計値として。
- 注 3) 課税前の額は、軽油は軽油取引税 32.1 円 / L, 石油税 2.54 円 / L, 消費税 (本体 + 石油税)*8% をそれぞれ差し引いた。

参考文献

- 1) 林野庁, 平成 25 年度森林・林業白書, 2014.
- 2) 農林水産省, 2010, バイオマス活用推進基本計画.
- 3) 農林水産省, 平成 24 年度生産林業所得統計報告書, 2012.
- 4) 経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査, 2014 年 7 月, http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html#headline1 (北海道).
- 5) 全国木材チップ工業連合会ホームページ, <http://zmchip.com/chippricemokuji.html>, 2012 年 3 月.
- 6) 青森県, 2009, 木質バイオマス燃料ビジネスモデル形成事業木質ペレット委託調査報告書, 20-55.
- 7) 株式会社森のエネルギー研究所 <http://www.mori-energy.jp/ryu-tu/seika22/07%20neruko.pdf>.
- 8) 公益財団法人東京都農林水産振興財団, 2001, 木質バイオマスエネルギー事業化調査報告書資料 7, 10-13, 96-99.
- 9) 北海道経済部資源エネルギー課, 2005, 新燃料の現状と課題, 32-33.
- 10) 土屋陽子, 唐沢邦彦, 佐藤寿樹, 辻宣行, 2010, 木材学会誌, 56 (6), 427-436.
- 11) 林野庁, 平成 20 年度森林・林業統計要覧, 2008.

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

林業の活性化を通じた地域における低炭素社会の実現
ー木材チップ等の製造コスト検討ー

平成 27 年 3 月

Establishing Low Carbon Society in Rural Districts with the Activation of Forestry:

Manufacturing Cost Structure of Woody Chips and Wood Pellets

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,
2015.3

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

(平成 27 年 4 月印刷版)

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 特任研究員 大友 順一郎(Junichiro OTOMO)
海邊 健二(Kenji KAIBE)
- 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
<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2015 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。
