LCS

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

木質バイオマスエネルギーのポテンシャルの分布と考察

平成 30 年 1 月

Consideration and Distribution of Energy Potential of Wood 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-FY2017-PP-07

概要

木質バイオマスエネルギーは賦存量が多いにもかかわらず利用程度が低い。このことは、安価な外材の輸入と国内の人工林資源を得るコストが高いことなどに起因する。現在、拡大造林期の植林木は収穫時期を迎えつつある。コストを低減してこれらの木々を伐採し、林業を持続していくためには、集約化と事業単位の大面積化が必須である。そのためには、人工林の資源分布の把握ができるような空間分布情報を整え、それに基づいて適切かつ効率的に作業を行うことが必要であろう。

GIS（地理情報システム）と公開データを利用して人工林地図を作成したところ、人工林の分布パターンや人工林と地形の関係が視覚的に捕捉できた。空間情報の導入は林業経営上の様々な判断を支援する。林業経営が持続的に展開されるようになれば、木質バイオマスエネルギーの普及が進む。空間情報の利用は、将来的には木質バイオマスエネルギーとそのほかの再生可能エネルギーとの相互補完的な利用にも役立つ。

Summary

Usage of wood biomass energy in Japan is low irrespective of its high availability. This is due to the import of inexpensive timber from abroad and the higher cost of obtaining domestic plantation forest resources. It will soon come time to harvest the trees planted from 1950s to early 1980s. In order to reduce costs, cut down these trees and sustain the forestry industry, it is essential both to intensify forestry and increase the area of plantation per business unit. Therefore, it is necessary to prepare information on spatial distributions so that the resource distribution of plantation forests can be ascertained, and to use this information as a basis for appropriate and efficient forestry operations.

Using the Geographical Information System (GIS) and public data to create a plantation forest map allowed the distribution pattern of plantation forests to be visualized, along with the relationship between plantation forests and topography. The introduction of spatial information can aid a variety of important decisions in forestry management. Along with establishment of sustainable forestry management, the diffusion of wood biomass energy is set to see further progress. Utilization of spatial information will also be useful for the mutually complementary use of wood biomass energy and other forms of renewable energy in the future.

目次

概要

1. 緒言 1
2. 木質バイオマスエネルギーの生産の背景 1
3. 人工林分布の把握 1
   3.1 人工林分布の解明の意義 1
   3.2 人工林分布図の作成 2
4. 人工林の分布パターン 3
   4.1 分布パターン 3
   4.2 標高と傾斜 4
5. まとめ 5
6. 政策立案のための提案 6

参考文献 6

1. 緒言

エネルギーの安定供給を図り、持続可能な社会を築いていくために再生可能エネルギーの利用、および利用の拡大は喫緊の課題である。再生可能エネルギーのひとつ、木質バイオマスエネルギーの日本における利用割合はエネルギー全体の1%に満たない。日本の人工林蓄積量はおよそ30億 m^3 に達し[1]、エネルギー供給源としての可能性を秘めているにもかかわらず、現状では人工林の資源を得るためのコストが非常に高いため、その利用程度は著しく低い。持続可能な林業を行うためには、集約化と事業面積の拡大が必要である[2]。低炭素社会戦略センターは、これまでに現状の木材生産のコストを分析し、主伐を機械化し、運営事業面積単位を $100km^2$ 以上とすることがコスト低減に有効であり、持続的な経営が可能であることを示した[3]。今後、林業の集約化を図りコスト低減を行う具体的かつ定量的な方策のさらなる提案を行うために、人工林の空間的な分布を把握することが必須である。これは、木質バイオマスのエネルギーのポテンシャルを掌握することにほかならない。

全国の人工林については、都道府県ごとの面積に関する情報はあるが、詳細な分布状況についての情報は乏しい。そこで、日本全国標準土地利用メッシュデータ[4][5]から市町村ごとの人工林面積を推定した。本提案書では、GIS（地理情報システム）を用いることによって、人工林の分布パターンを標高や斜度とともに図示することで、持続可能な林業経営を行うための基礎情報を提供する。

2. 木質バイオマスエネルギーの生産の背景

人工林の育成には約50年の長い年月がかかる。日本では戦時中に森林資源を使い尽くした。戦後の復興期の木材需要の高まりから、政策として大面積の植林（拡大造林）を行った。一方、高度経済成長期の到来で社会・経済の構造は大きく変わった。安価な外材を輸入するようになり、国内の人工林資源の利用機会は急減した。その結果、国内の林業は衰退し、新規の林業従事者は乏しく、高齢化が進行している。

現在、91万戸の林家（りんか）の9割の保有山林面積は10ha以下、14万の林業経営体の9割の保有山林面積は100ha以下と、小規模の林家・林業経営体が圧倒的多数の状況である[6]。毎年木材による収入があり、主たる家計収入が木材販売である林家はわずか5%で、林業以外で生計を立てる林家が大多数である[6]。小規模な林家は主伐を行うことに消極的であり[2]、拡大造林期に植林された木々は、収穫期を迎えつつあるが、その準備は整っていない。

3. 人工林分布の把握

3.1 人工林分布の解明の意義

現状の林業では、コストの低減を図るために、林業機械の導入や林道整備などを行って集約化することが必要である。林業機械を導入して経営を持続するために、単位事業面積として $100km^2$ 以上の人工林が必要である[3]。これらを実現するためには人工林の地理的な分布を把握することが必要である。人工林の分布情報によって以下のような効果がもたらされる。

（1）施業計画の高精度化

人工林の育成には植林から伐採までおよそ50年を要し、年次ごとに各林分[1)]で行う作業が異なる。人工林の地理的な分布情報があることによって、いつ、どの林分で、どの作業をするのか計

[1)] 林の様子がほぼ一様である樹木の集団。ここでは、森林を管理する区画の単位を意味する。

画することが容易になる。時間的空間的な要素を含む高度な判断を行うことができる。

（2）集約化を支援

現在、人工林の収穫期をひかえているが、林道の整備は不十分で、林業機械の導入もおぼつかない。人工林分布の地理的情報は、どのような林業機械の導入が適切であるか、どこに林道を整備すると効率よく作業が行えるか、集約化を進める上で合理的な判断の基準となる。

（3）コストの推定

林業の作業コストは地形に依存し、斜度が大きくなるほどコストは増大する[7]。地理的な情報があることで、コストを高い精度で推定できる。また、土場（伐出した木材の一時的な置き場）から製材所・加工場やバイオマス発電所までの距離を把握でき、搬送コストを推定できる。

（4）再生可能エネルギーの相互補完的な利用の促進

木質バイオマスとその他の再生可能エネルギーとを相互補完的に利用することは、エネルギーの安定供給を強化するものである。人工林分布の情報は、木質バイオマスとその他のエネルギーを併せて利用できる地域の抽出の基礎資料となる。複数のエネルギーの利用において、道路網や送電線などの基盤施設を共有することが全体のコストの低減につながるという効果がある[8]。

3.2 人工林分布図の作成

人工林分布に関する全国を網羅する情報は多くはない。人工林面積が大きな5つの道県（北海道、岩手県、秋田県、福島県、鹿児島県）をモデル地域として人工林の分布パターンの把握を行った。いずれの道県とも林業がさかんであると目されており、さらに秋田県と鹿児島県では地熱発電との、福島県では水力発電との相補的なエネルギー利用の可能性がある。

手始めに、持続的な林業が可能な単位事業面積100km^{2}以上の人工林を探索し、標高と地形について調べた。

（1）使用したデータセット

日本全国標準土地利用メッシュデータ[4][5]を人工林の分布を明らかにするために利用した。1973年から7回にわたる環境省の自然環境保全基礎調査では植生調査も行われている[9]。この植生調査は全国を900以上の植物群落に区分し、群落ごとに10段階の自然度スコアを与え、それらをもととして詳細な植生図を整備している。日本全国標準土地利用メッシュデータは、第4、5回の植生調査（1989年から1998年）に基づき、植生情報を集約化して土地利用の形態を把握できるように構築された。植生調査の詳細な記述を9つの大分類群落（森林、草原、湿地、水辺・海辺、特殊基質、耕作地等、住宅地、開放水域、不明）に集約し、森林についてはさらに自然林、二次林、人工林、その他の4つの中分類を行ったものである。中分類の人工林は、常緑針葉樹林、落葉針葉樹林、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林の4つのタイプの人工林を含む。

この日本全国標準土地利用メッシュデータは、標準地域メッシュ・システム[10]にしたがうもので、3つのメッシュサイズのデータが用意されている。第2次メッシュは約10km四方、第3次メッシュは約1km四方、および約5km四方メッシュのデータである。これらのうちの第3次メッシュの人工林の分布情報を用いた。データは各メッシュのそれぞれの植生が占める面積で構成されている。メッシュ内で、もっとも大きな割合を占める大分類群落をそのメッシュの土地利用形態とし、大分類が森林と判じられたメッシュのうち、人工林面積がもっとも大きなメッシュを人工林として扱い、それぞれのメッシュが人工林であるか否かの二値データとした。さらに、市町村基準メッシュコード[11]との対応から、人工林のメッシュがどの市町村に位置するかを特定した。ただし、メッシュが複数の市町村にまたがる場合は等分とした。

人工林の面積は、各地域の人工林総メッシュ数とその県の市町村ごとのメッシュ数で、林野庁統計[1]による道県の人工林面積をこの比によって分配して市町村ごとの人工林面積とした。環境省植生調査から20年ないし30年経過しているが、昭和61年から平成24年の間に人工林面積は大きな変化はないため[1]、道県人工林面積は平成24年のものを用いた。

人工林分布と標高や傾斜との関係を調べるために、国土数値情報として整備されている標高や傾斜度、および行政区域データ[12]を用いた。標高は3次メッシュの平均標高で、3次メッシュ内を10mメッシュに分け、それぞれのメッシュの左下の標高値を地図から読み取ったものに重み付け平均をしたものである。傾斜度は5次メッシュ（約250m四方）の平均傾斜角度で、5次メッシュ内を10mメッシュに分けたときの標高値と50mメッシュの標高値から計算したものである。

（2）GIS（地理情報システム）[2)]を用いた人工林分布パターンの図示

オープンソース地理情報システムソフトQGIS[13]を用いて5道県の人工林分布を図示した。さらに、標高や傾斜度[12]を人工林分布とともに色別に示した。

4. 人工林の分布パターン

4.1 分布パターン

秋田県の人工林の分布パターンを例示する（図1）。茶色のメッシュは第3次メッシュに相当し、およそ1km四方の人工林を示す。秋田県では県内全域に人工林が広がっている。100km^{2}以上の人工林を有するのは16市町村であり、持続的な林業経営の可能性がある。八郎潟周辺や県南東部に人工林が少ないが、それ以外の県域全体には人工林が比較的密に広く存在するため、市町村を超えた林業経営も考えられる。

そのほかの地域については表1に示す。

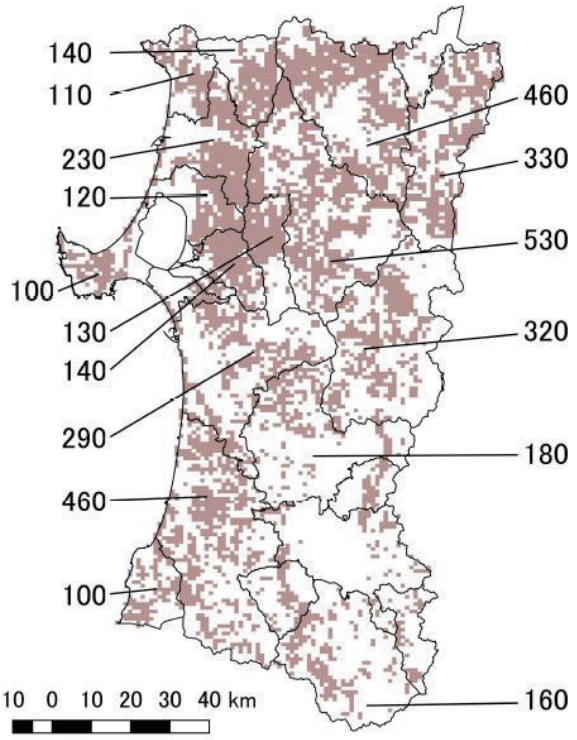

図1　秋田県の人工林分布パターン

茶色のメッシュ1つがおよそ1km四方の人工林を示す。数値は市町村ごとの人工林面積を示す（100km^{2}以上の人工林を有する市町村のみ、人工林面積は10km^{2}で括約）。

2) ある地点・地域についての位置情報と様々なデータ（標高、植生、行政区域、交通インフラ、人口など）を統合して管理し、任意の分析や加工を施してコンピューター上に地図として表示させるシステム(GIS, geographic information system)。

表１　モデルとした５道県の人工林面積が 100km^2 以上の市町村とその数

道県	人工林面積 (km^2)	人工林面積が100 (km^2)以上の市町村	人工林面積100 (km^2)以上の町村数/全市町村数
北海道*	**14,944**		
道東	7,230	北見市、網走市、紋別市、美幌町、津別町、清里町、小清水町、置戸町、佐呂間町、遠軽町、湧別町、滝上町、興部町、西興部村、雄武町、大空町、幕別町、池田町、豊頃町、本別町、足寄町、陸別町、浦幌町、釧路市、厚岸町、標茶町、弟子屈町、鶴居村、別海町、中標津町、士別町	31/50
道北	3,110	旭川市、士別市、名寄市、上川町、美瑛町、南富良野町、占冠村、下川町、美深町、小平町、枝幸町、豊富町	12/41
道央	3,072	札幌市、夕張市、岩見沢市、芦別市、深川市、苫小牧市、伊達市、白老町、厚真町、むかわ町、日高町、平取町	12/70
道南	1,532	函館市、北斗市、木古内町、森町、八雲町、厚沢部町、今金町、せたな町	8/18
岩手県	**4,952**	盛岡市、宮古市、大船渡市、花巻市、久慈市、遠野市、一関市、陸前高田市、釜石市、二戸市、八幡平市、奥州市、雫石町、葛巻町、岩手町、西和賀町、住田町、山田町、岩泉町	**19/33**
秋田県	**4,116**	秋田市、能代市、大館市、男鹿市、湯沢市、鹿角市、由利本荘市、大仙市、北秋田市、にかほ市、仙北市、上小阿仁村、藤里町、三種町、八峰町、五城目町	**16/25**
福島県	**3,426**	福島市、郡山市、いわき市、田村市、南会津町、猪苗代町、棚倉町、矢祭町、塙町、古殿町	**10/59**
鹿児島県	**2,943**	鹿児島市、鹿屋市、出水市、薩摩川内市、日置市、曽於市、霧島市、志布志市、南九州市、伊佐市、姶良市、薩摩町、肝付町	**13/43**

*北海道は４つの地域に分けて解析した。北方６村のデータは用いず、面積・村数も含まれない

4.2 標高と傾斜

秋田県の人工林分布と地形との関係を例示する（図 2）。人工林は標高 500m 以下の平野部から丘陵地にかけて多く（85%）、ほとんどが標高 1,000m 以下にある。県域全体に人工林は広く分布しており、岩手県との県境を南北に走る奥羽山脈から西に伸びる森吉山や太平山地を境に県を南北に分けると、(A)県北部に 2,300km^2、(B)県南部に 1,700km^2、(C)男鹿半島のみで約 100km^2 の人工林がある。

人工林地のおよそ 8 割が斜度 40%未満の緩斜面に、2 割が斜度 40-60%の中斜面にあり作業効率がよく、低コストで作業が行える立地である。斜度 60-100%の急斜面に位置する人工林はわずかに 2%で、斜度 100%以上の立地には人工林は皆無であった。

そのほかの地域については表 2 を参照。

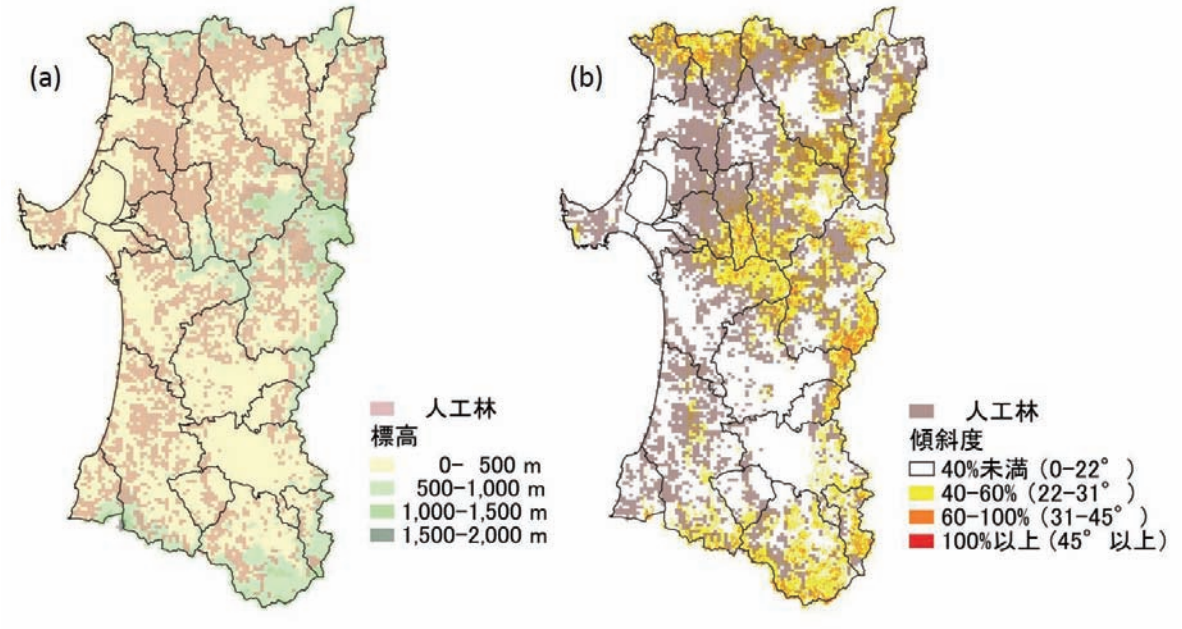

図２　秋田県の人工林の分布と標高(a)、傾斜(b)

表２　モデルとした５道県の人工林における標高と傾斜度の割合

	標高（m）				
	0-500	500-1,000	1,000-1,500	1,500-2,000	2,000-2,500
北海道 *					
道東	93.4	6.6	0.0	0.0	0.0
道北	88.2	12.9	0.1	0.0	0.0
道央	90.2	9.8	0.0	0.0	0.0
道南	97.4	2.6	0.0	0.0	0.0
岩手県	55.7	43.8	0.5	0.0	0.0
秋田県	85.4	14.6	0.0	0.0	0.0
福島県	42.9	52.8	4.2	0.0	0.0
鹿児島県 **	91.8	8.1	0.1	0.0	0.0

	斜度（%）			
	40以下（0-22°）	40-60（22-31°）	60-100（31-45°）	100以上（45°以上）
北海道 *				
道東	94.6	5.2	0.1	0.0
道北	95.7	4.2	0.0	0.0
道央	95.0	4.9	0.1	0.0
道南	89.6	10.1	0.3	0.0
岩手県	72.0	25.7	0.0	0.0
秋田県	79.0	19.0	2.0	0.0
福島県	85.8	13.3	0.9	0.0
鹿児島県 **	84.2	15.1	0.8	0.0

*北海道は４つの地域に分けて解析した。北方６村のデータは用いなかった。

**鹿児島県は県本土と長島、獅子島のデータを用いた。それ以外の島嶼部の人工林はわずかであった。

5. まとめ

国内には小規模な林家や林業経営体が多数存在する。コストを低減して持続的に林業を行うには、集約化と事業単位の大面積化が必要である。低炭素社会戦略センターでは、主伐を行う機械の導入と機械を使い回せる事業単位 100km^2 以上とすることがコスト低減に有効であることを提案した[3]。本提案書では、林業のコスト低減をより具体的に把握できるように地理空間情報の導入を行った。

その結果、GIS（地理情報システム）に日本全国標準土地利用メッシュデータ[4][5]や国土数値情報[12]などの公開データを適用し、5 道県（北海道、岩手県、秋田県、福島県、鹿児島県）の人工林の分布図を作成したところ 100km^2 以上の人工林を多数確認できた。また、5 道県において、ほとんどの人工林の標高は 1,000m 以下かつ斜度 40%以下の立地であった。このような人工林の空間分布の把握は、これからの林業経営の資料となり、経営計画の立案や集約化の推進、コストの低減に役立つ。林業が持続的な産業となることの意味は大きく、中山間地域の基盤産業となり、木材と木質バイオマスエネルギーの国内の生産を増加させ、利用の促進につながるであろう。

今後、より現実的な精度において林業経営の検討ができるよう、林齢や蓄積量、再造林率や不成績造林地などの人工林の属性、路網や送電線などの設備の情報などを追加し、全国的な人工林分布情報を整える予定である。木質バイオマスエネルギー利用の促進、およびそれ以外の再生可能エネルギーとの相互補完的な供給の検討にも役立つ情報となりうる。

6. 政策立案のための提案

国内林業の衰退と担い手不足が進行する中で、拡大造林期の収穫期が目前となり、林業経営の体制を整えることは急務である。近年、空間情報の利用は様々な分野に浸透している。広い面積の山野で行う林業は空間情報の利用に適している。林業経営の改善を図り、拡大造林期の収穫を行い、さらにその後も持続できる産業とするための検討手法として地理空間情報の利用を提案する。

(1) 地理情報システム（GIS）の利用により、公開されている空間データから人工林の地理的分布を図示できる。本書ではモデルとして5つの道県の人工林の地理的な情報を提供した。その結果、持続可能な林業の事業単位面積として100km^{2}が必要であり、これを満たす人工林の林分を見い出すことができた。人工林の分布図は、空間情報を視覚的に捉えることができ、林業経営において施業計画の立案、集約化の推進、コストの推定など重要な判断を行う場面において有益である。

(2) 今後、人工林を図示する地域を拡大し、人工林の属性などの情報を追加することで、日本の林業経営の改善を図りうる情報を提供する予定である。

(3) 持続的な林業経営を行うことが、木質バイオマスエネルギーの利用促進につながる。木質バイオマスエネルギーとその他の再生可能エネルギーを相互補完的に利用することで再生可能エネルギーの普及を促すことが必要である。

参考文献

[1] 林野庁, “森林・林業統計要覧 2017”.

[2] 林野庁, “平成27年版　森林・林業白書”.

[3] 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－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.

[4] 小川みふゆ, 竹中明夫, 角谷拓, 石濱史子, 山野博哉, 赤坂宗光, “植生図情報を用いた全国スケールでの土地利用図の作成―生物の分布推定を行うユーザーのために―”, 保全生態学研究 18,p.69-76, 2013.

[5] M. Akasaka, A. Takenaka, F. Ishihama, T. Kadoya, M. Ogawa, T. Osawa, T. Yamakita, S. Tagane, R. Ishii, S. Nagai, H. Taki, T. Akasaka, H. Oguma, T. Suzuki and H. Yamano, “Development of a national land-use/cover dataset to estimate biodiversity and ecosystem services,” in S. Nakano, T. Yahara and T. Nakashizuka (Eds.), “The biodiversity observation network in the Asia-Pacific region: Integrative observations and assessments of Asian biodiversity,” Springer, 2014.

[6] 農林水産省, “2010年世界農林業センサス”.

[7] 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－」, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2017年3月.

[8] 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「主要再生可能エネルギーの都道府県別ポテンシャル分布と発電所建設コスト低減」, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2018年1月.

[9] 環境省生物多様性センター, “第4,5回自然環境保全基礎調査植生調査報告書”, https://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html（アクセス日 2017年10月5日）.
[10] 行政管理庁, “昭48.7.12行政管理庁告示第143号 統計に用いる標準地域メッシュ及び標準地域メッシュコード”.
[11] 総務省統計局,“市区町村別メッシュコード”, http://www.stat.go.jp/data/mesh/m_itiran.htm（アクセス日 2017年10月5日）.
[12] 国土地理院,“国土数値情報標高・傾斜度3次メッシュデータ、5次メッシュデータおよび行政区域データ”, http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html（アクセス日 2017年10月5日）.
[13] QGIS ver.2.18.11（http://qgis.org/）（アクセス日 2017年8月1日）.

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

木質バイオマスエネルギーのポテンシャルの分布と考察

平成 30 年 1 月

Consideration and Distribution of Energy Potential of Wood 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,
2018.1

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 研究員　河原崎 里子（Satoko KAWARASAKI）
●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/
© 2018　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。