森林バイオマス利用によるエネルギー自給ポテンシャルの推定 —北海道下川町を事例として—

竹内 奈穂¹・齊藤 修²

¹非会員 株式会社エックス都市研究所 (〒171-0033 東京都豊島区高田2-17-22)

E-mail: nao_takeuchi610@hotmail.co.jp

²正会員 国際連合大学 サステナビリティと平和研究所 (〒150-8925 東京都渋谷区神宮前5-53-70)

E-mail: saito@unu.edu

持続可能な社会形成への要請が高まる中、化石燃料からのCO₂排出を抑制するバイオマスエネルギー利用はその必要性を益々増してきている。北海道下川町は、町内に豊富に存在する森林バイオマスを活用したエネルギー供給の取組みを行い、CO₂排出量及び燃料経費削減に成功してきた。バイオマス利用に関しては、「再生産力を超えない利用」が持続可能性を担保するうえでは基本となる。本稿では、下川町を対象として森林の年成長量を推定し、年成長量から得られるエネルギー利用可能量を求め、森林が有するエネルギー自給ポテンシャルを明らかにした。この結果、森林の年成長量をベースにした理論上の利用可能量が、下川町の電力を除くエネルギー需要の80~131%になることがわかった。

Key Words : forest biomass, self-sufficient renewable energy, net primary production rate, GIS

1. はじめに

2007年、21世紀環境立国戦略が閣議決定され、低炭素・循環型・自然共生型の3つのアプローチから、持続可能な社会を実現するために様々な取組みが進められている。このような持続可能な社会実現のためのベストプラクティスを形成・知見を共有するために、2008年には環境モデル都市構想、2010年には環境未来都市構想が立ち上げられ、選出された自治体では、経済・環境・社会的価値のバランスの取れた持続可能性を高める取組みがなされている。北海道下川町は、環境モデル都市及び環境未来都市の両者に選出され、特に町内に豊富に存在する森林バイオマスを活用したエネルギー供給を行うなど先進的な取組みから注目を集めている自治体である。

バイオマスエネルギーは、カーボンニュートラルであり、その活用によって化石燃料消費からの二酸化炭素排出を抑えることができる。町の90%にあたる56,936haの森林面積を有する下川町で、豊富に存在する森林バイオマスから得られる熱エネルギーを町内施設で活用するなどの取組みを行い、公共施設からの二酸化炭素排出量を50%削減するとともに、経費削減にも成功している。町はこの取組みを将来的に拡大させ、自給自足的なエネルギーシステムの確立を目指している。

森林バイオマスのエネルギー利用にあたっては、バイ

オマス賦存量及び利用可能量の推定が不可欠であり、この分野では様々な研究蓄積がある。例えば、NEDOは市町村レベルでの各種バイオマスエネルギーの賦存量及び利用可能量の計算法をウェブサイトにて公開している¹⁾。この計算法は、林地残材、切捨間伐材、果樹剪定枝、タケといった個別バイオマス種ごとに利用可能量を推定するものである。また電力中央研究所では、木質系・農業系・畜産系・食品系・污泥系バイオマス系統から全15種類のバイオマス賦存量を推計、GISを用いた賦存量データベースの構築及びその収集コスト評価モデルの開発を行っている²⁾。さらに、下川町の新エネルギービジョンでは、実績ベースでの木質バイオマス利用可能量の試算を行っている³⁾。

また、木質バイオマスの二酸化炭素削減効果の評価については、複数の政策シナリオによる2050年までの木質資源フローの変化及びライフサイクル的なCO₂排出削減効果を評価した研究⁴⁾、森林や住宅における炭素ストック変化を考慮した木質バイオマスエネルギーの利活用による実質のCO₂削減効果を予測した研究⁵⁾等がある。

また、バイオマス利用に関しては、「再生産力を超えない利用」が持続可能性を担保するうえでは基本となる。市町村レベルで森林の年成長量を基にしてエネルギー賦存量を出している例は、岡山市⁶⁾、薩摩川内市⁷⁾、小国町⁸⁾があるが、市町村レベルでのエネルギー需要のデー

タ入手が難しく、森林年成長量から得られるエネルギーをエネルギー需要と比較してその自給ポテンシャルを包括的に把握することがこれまで困難であった。また、森林バイオマスの利用可能量の推定にあたって、GISによる地理的条件分析と結び付けて詳細な推定を行っている研究としては、丹沢大山地域での例⁹⁾があるが、自給ポテンシャルという観点から行った分析はまだない。さらに全国市町村バイオマス賦存量・利用可能量とエネルギー需要との関係の研究例¹⁰⁾もあるが、これは森林年成長量に基づく推定ではない。

そこで本稿では、北海道下川町を対象としての森林バイオマス利用によるエネルギー供給可能量を、森林の年成長量ベース、並びに工場廃材と林地残材発生量ベースの二通りで推定し、現状の下川町のエネルギー需要と比較することによって、森林が有するエネルギー自給ポテンシャルを明らかにすることを目的とする。

2. 方法

推計は図-1に示すように5段階で行った。まず利用可能量を森林の年間成長量からマテリアル利用分を引いたもの（トップダウンでの理論値）、工場廃材及び林地残材発生量合計（ボトムアップの実績値）の、二通りのアプローチから推計し、一方で汎用的な地理情報システム（Arc GIS）を用いて地形傾斜区分（傾斜区分なし、20度以下、40度以下）ごとの植林地面積割合を算出した。この面積割合によって利用可能量を按分、傾斜区分ごとの利用可能量を算出した。そのうえで、傾斜区分ごとの利用可能量にチップ化・ペレット化におけるエネルギー収支比（EPR：Energy Profit Ratio）を含めた最終的に得られるエネルギー量の算出を行い、最終的に下川町の年間エネルギー需要（熱エネルギーのみ）と比較、技術オプション及び傾斜区分ごとの自給ポテンシャルを提示した。なお、下川町では森林面積の85%を国有林が占めているが、そのほとんどは水土保持林及び森林と人との共生林に指定されており、資源の循環利用林は1%に満たない。そこで利用可能量推定にあたっては、同町の民有林（町有林を含む）のみを対象とした。

図-1 本稿での推計フロー

(1) 利用可能量の算出

a) 森林の年間成長量をベースとした利用可能量

下川町の民有林における年間成長量を温室効果ガスインベントリオフィスの生体バイオマス炭素ストック量算定式¹¹⁾を基にして以下のように算出した。

$$B = \sum_j \left\{ V_j \cdot D_j \cdot BEF_j \right\} \cdot (1 + R_j) \quad \dots\dots\dots(1)$$

B : 生体バイオマス量
 V : 材積 (m³)
 D : 容積密度 (t・dm/m³)
 BEF : バイオマス拡大係数 (無次元)
 R : 地上部に対する地下部の比率 (無次元)
 j : 樹種

下川町の齢級別樹林地面積¹²⁾毎に生体バイオマス量 (B) を算出した。上記の各パラメータは樹種毎に異なるため¹⁴⁾、2000年の農林業センサスから得られる樹種別面積¹²⁾を基に樹種別面積率を求め、その面積率を基に樹種毎に按分した値を用いた (表-1)。しかしながら、齢級別幹材積のデータがその他針葉樹、その他広葉樹にはないこと、またカラマツ・エゾマツ・トドマツの割合はあわせて97.4%であること等を踏まえ、エゾマツ・トドマツの面積率を80%、カラマツの面積率を20%として計算した (表-1)。

齢級別の生体バイオマス算定後、(2)の式¹³⁾を用いて、年間成長量を求めた。なお、5で除しているのは、齢級区分が5年毎であるためである。

$$G = \sum_j (B_{y+1} - B_y) / 5 \quad \dots\dots\dots(2)$$

G : 年間成長量
 B : 生体バイオマス量
 y : 齢級
 j : 樹種

表-1 生体バイオマス量(B)計算時のパラメータ

樹種	面積 (ha)	面積 比	$D^{14)}$	$BEF^{14)}$		$R^{14)}$
				20 年生 以下	21 年生 以上	
カラマツ	2,884	16.8%	404.0	1.50	1.15	0.29
エゾマツ・トドマツ	13,855	80.6%	337.5	2.03	1.43	0.22
その他針葉樹	288	1.7%	423.0	1.40	1.40	0.40
その他広葉樹	157	0.9%	646.0	1.52	1.33	0.26
カラマツ20%、エゾマツ・トドマツ80%とした時の平均値	N/A	N/A	350.8	1.92	1.37	0.23

民有林全体の年間成長量から、マテリアル利用分を差し引いて、理論上下川町全体でエネルギー利用可能なバイオマス量を算出した。このマテリアル利用分としては、町より公表されている年間素材供給量¹⁹⁾を用い、これに先述の容積密度、拡大係数、地上部・地下部比、さらに立木換算係数¹⁰⁾を考慮して求めた。

b) 工場廃材及び林地残材量合計としての利用可能性

工場廃材は2005年木質バイオマス利用実態調査、林地残材量は電力中央研究所報告²⁾の林地残材賦存量算定法を基に、以下のように求めた。

$$S = V \cdot NF_s / NF_h \cdot d \cdot (1 - w) \dots\dots\dots(3)$$

- S : 下川町の工場廃材発生量 (t/年)
 V : 北海道内製材工場・合単板工場・集成材工場・プレカット工場からの廃棄量 (m³/年)¹⁸⁾
 NF_s : 下川町内木材・木製品製造業事業所数¹⁸⁾
 NF_h : 北海道内木材・木製品製造業事業所数¹⁸⁾
 d : 木材比重
 w : 湿潤基準含水率 (0.15)

$$Bl = P / U \cdot L \cdot d \cdot (1 - w) \cdot A_s / A_h \dots\dots\dots(4)$$

- Bl : 立木伐採後の林地に放置される重量 (t)
 P : 北海道の国産材素材生産量 (m³/年)¹⁹⁾
 U : 素材利用率²⁾
 L : 林地残材率²⁾
 d : 木材比重²⁾
 w : 湿潤基準含水率 (0.15)
 A_s : 下川町の人工林面積
 A_h : 北海道の人工林面積

(2) GISでの傾斜区分ごとの植林地面積

施業をする際に、到達性と伐出作業を大きく作用する地形的要素として、森林利用学的地形分類というものがあるが確立されている(表-2)²⁰⁾。これに沿って、DEM及び環境省植生図を用いて、地形指数(傾斜区分)ごと(制限なし、20度未満、40度未満)の植林地面積を求めた。

(3) 傾斜区分ごとの利用可能性

求められた傾斜区分ごとの植林地面積と下川町全体の植林地面積から、傾斜20度未満、40度未満の全体に対す

表-2 森林利用学的地形区分

地形クラス	I 緩	II 中	III 急	IV 急峻
地形指数 I	0-19	20-39	40-69	70<
路線密度	高密度	中程度	やや疎	幹線のみ
路網形態	網目状	ほゞ網目状	樹枝状	樹枝状
集運方式	トラック	トラクタ	中距離架線	長距離架線

る面積比を求め、その比率を上記(1)で得られた利用可能量に乗ずることで、傾斜区分ごとの利用可能量を把握した。

(4) エネルギー量

前項(3)で得られた利用可能量 (t) からチップ化、ペレット化の二つの技術オプションを通じて得られるエネルギー量を以下の式から求めた。

$$E = W \cdot H \cdot Ef \cdot \eta \dots\dots\dots(5)$$

- E : 熱量 (GJ/年)
 W : バイオマス利用可能量 (t・dm/年)
 H : 単位発熱量 (GJ/t)
 Ef : エネルギー効率
 η : ボイラー効率

また、各種変数の決定にあたって、以下の点を考慮した。パラメータの引用元は表-3に示す通りである。

- ・計算された利用可能量は容積密度(全乾状態)を用いている為、含水率は0%。よって、含水率0%における単位発熱量(低位発熱量)は針葉樹木部・樹皮部の平均として19.3GJ/tを採用した。
- ・エネルギー効率(Ef)については、チップ化、ペレット化の二つのオプションについて、伐採から加工までを考慮したエネルギー収支比(EPR: Energy Profit Ratio = 社会に生み出されるエネルギー/その伐採・運搬・加工に投入するエネルギー)を基に求めた(EPR値/EPR値+1)。
- ・ボイラー効率については、チップボイラーを77.5%(70~85%の平均)、ペレットボイラーを85%として計算した。

表-3 エネルギー量換算時のパラメータ

各種変数	値	引用元
EPR (チップ化)	5.8	酒井(2011)『林地残材の利用に関わるエネルギー収支の評価』より、群馬における値を引用 ²¹⁾
EPR (ペレット)	4.9	北海道バイオマス検討会(2010)『バイオマスエネルギーの収支比分析と道内の取組事例』より、群馬県前橋市、北海道伊達市、足寄町の値の平均を引用 ²²⁾
チップボイラー効率	77.5%	森のエネルギー研究所(2012)『木質バイオマスボイラー導入指針』より、70~85%の平均値 ²³⁾
ペレットボイラー効率	85%	森のエネルギー研究所(2012)『木質バイオマスボイラー導入指針』 ²³⁾
単位発熱量	19.3GJ/t	下川町高齢者複合施設における木質バイオマスエネルギー導入具体化検討調査 ³⁾

(5) 下川町エネルギー需要との比較

前項(4)で得られたエネルギー量を、下川町エネルギー需要²⁹⁾と比較したうえで、それぞれの利用可能量の設定の仕方、地理的条件として、DEMを基にGISで算出した傾斜区分(表-2: 地形指数Ⅰ)、さらに技術オプション別に自給ポテンシャルを推定した。このような市町村レベルでのエネルギー源別の需要データは通常入手困難であるが、下川町は環境未来都市、環境モデル都市に指定され、このようなデータが整備されている。このデータを用い、比較対象のエネルギー需要としては、電気需要を差し引いた170,076GJ/年(熱のみ)を採用した。

3. 結果・考察

(1) 利用可能量

年成長量をベースとした利用可能量は16,572t-d.m./年、工場廃材及び林地残材発生量の合計は、2,901t-d.m./年となった。なお、この推計値はあくまでも理論値であり、実際の利用量を増やすためには、「伐採と植栽が永久に繰り返しの利く持続可能な保続生産体制(循環型の齢級配置)を築く」²⁴⁾とともに、林齢に応じた適切な除間伐と林地残材の徹底的な利用を図ることが望ましい。

a) 下川町民有林全体の蓄積量及び年成長量をベースとした利用可能量

2000年農林センサスにおける民有林の林齢別樹林地面積を基に、森林総合研究所北海道支所研究レポートから林齢別のカラマツ、トドマツの幹材積表を入手^{26) 27)}、

表-4 下川町民有林の森林蓄積量と年成長速度

林齢 (年生)	民有林 面積 (ha)	幹材積 (m ³ /ha) (カラマツ)	幹材積 (m ³ /ha) (トドマツ)	蓄積量 (t-d.m.)	蓄積 速度 (t-d.m./年)
>5	240	0	0	0	0
6~10	282	0	0	0	0
11~15	260	167	13	8,300	1,887
16~20	622	206	52	39,430	4,019
21~25	576	238	118	45,998	4,031
26~30	798	264	200	96,964	6,680
31~35	617	285	265	95,366	4,100
36~40	698	302	320	127,355	3,912
41~45	387	316	371	80,553	1,995
46~50	106	327	416	24,452	479
51~55	14	336	454	3,495	53
56~60	18	343	487	4,790	59
61~65	43	349	515	12,041	120
66~70	0	354	539	0	0
71~75	0	358	558	0	0
76~80	5	361	574	1,547	8
81<	-	-	-	-	-
計	4,666	-	-	540,291	27,342

森林蓄積量及び蓄積速度(年成長量)を推定した(表-4)。その結果、森林蓄積量は540,291t-d.m./年、蓄積速度(年成長量)は27,342t-d.m./年となった(表-4)。

ここから、下川町の年間素材供給量13,704m³/年に立木換算係数(0.86)を除し、容積密度、拡大係数、地上部・地下部比を乗じて現状のマテリアル利用量を推定すると、10,771t-d.m./年となった。これを年間成長量から差し引くと、16,572t-d.m./年が理論上の利用可能量として算定された。

b) 工場廃材と林地残材発生量

下川町における工場からの廃材発生量は、201t-d.m./年(表-5)、林地残材発生量は2,699t-d.m./年(表-6)という結果となり、合わせて2,901t-d.m./年となった。

(2) 傾斜区分ごとの植林地面積と面積比

Arc GIS(ver. 10)を使用して、下川町における傾斜をDEMを基に算出し、傾斜区分(表-2: 地形指数Ⅰ)ごとの植林地面積の全体の植林地面積に対する割合を求め、その割合を前項(1)で得られたバイオマス利用可能量に乗ずることで、地理的条件を考慮した森林バイオマス利用可能量を求めた(表-7)。

また、傾斜度20度及び40度未満の範囲を地図化すると(図-2、図-3)、傾斜度40度未満の場合は下川町の植林地全体の98.9%で、ほとんどの植林地が含まれる。植林地は主に傾斜の緩い北側に多く分布しているが、傾斜20度未満を対象とすると植林地面積全体の約6割になる。

表-5 下川町の工場廃材発生量

H17年北海道内木質バイオマスの製材工場・合板工場・集成材工場・プレカット工場からの廃棄量(m ³ /年)	22,000
北海道内木材・木製品製造業事業所数	418
下川町内木材・木製品製造業事業所数	9
下川町内木材・木製品製造業事業所数の北海道全体に対する割合	2.2%
木材比重	0.5
含水率	0.15
工場廃材発生量(t-d.m./年)	201.3

表-6 下川町林地残材発生量

項目	針葉樹	広葉樹
H12年北海道内素材生産量(m ³ /年)	2,492,000	1,004,000
素材利用率	0.86	0.8
林地残材率	0.15	0.35
木材比重	0.45	0.6
含水率	0.15	0.15
下川町人工林面積の北海道人工林面積に対する比率 ³²⁾	1.163%	0.342%
林地残材賦存量(t-d.m./年)	1,933	7,66
計	2,699	

表-7 傾斜度区分を考慮した利用可能量

傾斜度	面積 (ha)	面積比	年成長量を ベースとし た利用可能 量(t/年)	工場廃材と 林地残材 合計 (t/年)
下川町内全 植林地面積	15,433	N/A	16,572	2,901
20度未満	9,906	64.2%	10,637	1,862
40度未満	15,264	98.9%	16,391	2,869

(3) エネルギー自給ポテンシャル

(4)で得られた利用可能量算定手法及び傾斜区分ごとのバイオマス利用可能量から、得られるエネルギー量と下川町のエネルギー需要（電気への需要は除く）を基に自給ポテンシャルを推定した。また、参考として、2009年下川町新エネルギービジョン策定等事業報告書³⁾において推定されている未利用バイオマス利用可能量についてもエネルギー自給の観点から計算を行った（表-8）。

その結果、年成長量から現状マテリアル利用分を差し

図-2 傾斜20度以下の範囲における植生区分図

図-3 傾斜40度以下の範囲における植生区分図

表-8 様々なオプションにおける森林バイオマス利用によるエネルギー自給ポテンシャル

利用可能量算定手法	傾斜度	利用 可能量 (t/年)	チップ化		ペレット化	
			エネルギー量 (GJ)	エネルギー自 給率(熱のみ)	エネルギー量	エネルギー自 給率(熱のみ)
年成長量からマテリアル利用 分を差し引いた、理論上の利 用可能量をベースとして算出	制限なし	16,572	211,417	124%	226,038	133%
	20度未満	10,637	135,710	80%	145,094	85%
	40度未満	16,391	209,114	123%	223,575	131%
現状での未利用バイオマスで ある工場廃材及び 林地残材発生量の合計	制限なし	2,901	37,006	22%	39,566	23%
	20度未満	1,862	23,755	14%	25,397	15%
	40度未満	2,869	36,603	22%	39,135	23%
下川町新エネビジョンにおけ る実績ベースの利用可能量	N/A	1,050	13,396	8%	14,322	8%

引いた理論上の利用可能量は、80~131%のエネルギー自給ポテンシャル（熱のみ）に相当することがわかった。言い換えれば、下川町の民有林の年成長量だけで、下川町の木材マテリアル利用及び熱エネルギー利用（現在の灯油、重油及びLPGの需要を全て）は、理論上は供給しうることが明らかとなった。現在の森林の持続可能性を損なわず、つまり森林の年間成長量の範囲内で、下川町には森林資源をさらに利用する余地があることが示唆された。

また、下川町は環境未来都市計画¹⁵⁾において、素材供給量を現在の13,704m³から、2015年までに40,000m³に上げることを目標としている。本研究結果から、現在の民有林の年成長量を材積に換算すると約35,000m³であり、環境未来都市計画の目標を達成するには民有林だけでは不足する可能性がある。そのため町では、民有林の過剰な（持続不可能な）利用を避けるには、さらに国有林を取得して町有林化するなど、植林地を増やす必要があると考えられる。次に、現況未利用バイオマスとしての工場廃材及び林地残材の合計では、14~23%のエネルギー自給ポテンシャル（熱のみ）があることが分かった。算定において、北海道全体の素材生産量を森林面積比で按分しているため、実績ベースで未利用バイオマス利用可能量を算定している下川町新エネルギービジョンの値の約2倍近くとなっている。これは、実績ベースと面積比から割り出される素材供給量との差に原因があること、下川町新エネルギービジョン³⁾での、林地残材利用可能量推定の前提条件に起因していると考えられる。後者に関して具体的には、比較的収集し易いと考えられる土場や林地周辺の場所において発生するもののうち、機械の導入や造材・運材方法の工夫によって林地残材発生量の20%が搬出可能と想定されている。

最後に、チップ化、ペレット化といったエネルギー変換技術オプションの違いから最終的に得られるエネルギー量については、大きな差は見られなかったが、ややペレット化の方が効率が良いという結果になった。これは、ペレット化の方がエネルギー収支比は低い（ペレット製造にかかるエネルギーが大きい、ペレット生産工程のエネルギー効率は悪い）が、燃料の燃焼効率を含めたボイラーの効率が良いため、最終的に得られるエネルギー量はやや大きくなるためである。

4. おわりに

本稿では、北海道下川町を対象として市町村レベルでの森林バイオマスの利用可能量を、森林の年成長量ベース並びに工場廃材と林地残材発生量ベースの二通りで両面から推定し、同町の森林立地特性等も考慮してエネルギー自給ポテンシャルについて比較検討を行った。これ

により、従来の実績や統計ベースを基にした木質バイオマス利用可能量との比較が可能となり、バイオマス利用の大原則である「再生産力を超えない利用」のための利用上限値とのギャップを把握することができた。また、GISによる地理的分析を加味させることにより、施業強度とエネルギー自給ポテンシャルの関係も明らかにすることができた。さらに本推定にあたっては比較的容易に入手可能な統計及び地理情報データを使用しており、他の市町村レベルでも同様の分析手法が適用可能である。

本研究で求めた森林バイオマスの理論上の利用可能量にまで実際の利用量を増やしていくためには、持続可能な保続生産体制（循環型の年齢配置）の構築、林地残材の効率的な搬出体制の整備が必要である。その他、対象自治体からより信頼性の高い一次データを入手し、それに基づいて推定の精度を向上させること、また技術オプションとして、ガス化コージェネやバイオエタノール化等を含めた分析を行うことが今後の課題である。

参考文献

- 1) NEDO（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）：バイオマス賦存量・利用可能量の推計，<http://app1.infoc.nedo.go.jp/biomass/> [2013年2月アクセス]
- 2) 井内正直：バイオマスエネルギー利用計画支援システムの開発—賦存量データベース及び収集コスト評価モデル—，電力中央研究所報告 Y03023，2004。
- 3) 北海道下川町：平成20年度下川町地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業 高齢者複合施設における木質バイオマスエネルギー導入具体化検討調査報告書，2008。
- 4) 加用千裕，荒巻俊也，花木啓祐：木質資源フローに着目した温室効果ガス排出削減政策シナリオ評価フレームの構築，土木学会論文集 G，Vol. 64 No.3，pp.207-220，2008。
- 5) 加用千裕，荒巻俊也，花木啓祐：炭素ストック変化を考慮した森林資源のエネルギー活用による実質CO₂削減効果の長期予測，土木学会論文集 G，Vol.64 No.4，pp.336-346，2008。
- 6) 岡山市：木質バイオマス利用可能量推計，岡山市クリーンエネルギー資源賦存量及び実態調査報告書，2011。 <http://www.city.okayama.jp/contents/000093392.pdf> [2013年6月アクセス]
- 7) 薩摩川内市：バイオマス・エネルギー(5-5)，薩摩川内市新エネルギービジョン（基礎調査編）報告書，2012。 <http://jisecai-energy-satsumasendai.jp/wp-content/uploads/downloads/2013/03/4e14f4ae03c3f8dc397d4e9d380eac5.pdf> [2013年6月23日アクセス]
- 8) 小国町：町内における木質バイオマス資源量（4.1），小国町木質バイオマスエネルギー利用計画策定事業調査報告書，<http://www.town.oguni.yamagata.jp/data/plan/biomass/chapter04.pdf> [2013年6月アクセス]
- 9) 前野真吾：丹沢大山地域の利用可能な森林木質バイオマス賦存量の推計，丹沢大山総合調査学術報告書，2007。 <http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/10264.pdf> [2013年7月アクセス]

- 10) 三浦真一, 井内正直, 栗原雅博: バイオマス賦存量及び利用可能量の推計とエネルギー需要量との関係からみた考察, 日本エネルギー学会大会講演要旨集 (15), pp. 263-264, 2006. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110006796370> [2013 年 7 月アクセス]
- 11) 温室効果ガスインベントリオフィス (GIO) 編, 環境省地球環境局総務課低炭素社会推進室 監修, 日本国温室効果ガスインベントリ報告書, 独立行政法人 国立環境研究所, 地球環境研究センター, 2012.
- 12) 農林水産省: 2000 年世界農林業センサス第 1 巻 都道府県別統計書 林業編 北海道. <http://www.e-stat.go.jp/SGL/estat/List.do?bid=000001013256&cycode=0> [2013 年 6 月アクセス]
- 13) 森林総合研究所: 1 年当たりの森林の林木 (幹・枝葉・根) による炭素吸収の平均的な量. <http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuryou/documents/page1-4-per-year.pdf> [2013 年 1 月 15 日アクセス]
- 14) 森林総合研究所: 木一本に固定されている炭素の量. <http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuryou/documents/page1-2-per-a-tree.pdf> [2013 年 2 月アクセス]
- 15) 下川町: 下川町環境未来都市計画「人が輝く森林都市しもかわ」, 2011. <http://www.town.shimokawa.hokkaido.jp/section/kankyomirai/shimokawa-futurecity.pdf> [2013 年 3 月アクセス]
- 16) NEDO: バイオマス種と推計方法 (市町村単位), 森林バイオマス 林地残材. <http://app1.infoc.nedo.go.jp/biomass/about/COOutRZ.pdf> [2013 年 2 月アクセス]
- 17) 農林水産省: バイオマス利用実態調査, 2005. <http://www.e-stat.go.jp/SGL/estat/List.do?lid=000001065580> [2013 年 3 月アクセス]
- 18) 経済産業省: 工業統計, 市区町村別編, 2010. <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2/h22/kakuho/sichoson/index.html> [2013 年 3 月アクセス]
- 19) 農林水産省: 木材需給報告書, 2000. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai/index.html> [2013 年 2 月アクセス]
- 20) 森林保全管理技術研究会: 路網整備と森林施業 (特に間伐) 技術体系に関する調査研究, 2010. <http://www.hozen-ken.jp/menu/2012-02-20-romou-houkousyo-syuusei.pdf> [2013 年 3 月アクセス]
- 21) 酒井明香: 林地残材の利用に関わるエネルギー収支の評価, 道総研林業試験場, 2011. http://www.rinya.maff.go.jp/hokkaido/kikaku/pdf/22happyo_36.pdf [2013 年 7 月アクセス]
- 22) 北海道バイオマス検討会: バイオマスエネルギーの収支比分析と道内の取組事例, 2010. <http://www.census.hokudai.ac.jp/pdf/download/baiomass.pdf> [2013 年 7 月アクセス]
- 23) 森のエネルギー研究所: 木質バイオマスボイラー導入指針, 2010. http://www.mori-energy.jp/pdf/lca_boilershishin.pdf [2013 年 7 月アクセス]
- 24) 下川町: 循環型森林経営について, 下川町 HP. <http://www.town.shimokawa.hokkaido.jp/sangyou/ringyo/jyunkangata.html> [2013 年 7 月アクセス]
- 25) 下川町より聞き取り
- 26) 石橋聡, 鷹尾元, 高橋正義, 猪瀬光雄: 長伐期化に対応したカラマツ人工林収穫予想表, 森林総合研究所北海道支所 研究レポート, No.82, 2005. (カラマツ材積データ: 地位指数 22 (中庸) を採用)
- 27) 猪瀬光雄, 佐野真, 石橋聡: 新しい密度管理図を用いたトドマツの収穫予想表, 森林総合研究所北海道支所研究レポート, No.29, 1993. (トドマツ材積データ: 地位指数 21, 収穫比数 0.7 (ともに中庸) を採用)

(2013. 7. 30 受付)

ESTIMATION OF FOREST BIOMASS POTENTIAL FOR SELF-SUFFICIENT RENEWABLE ENERGY SYSTEM - CASE STUDY OF SIMOKAWA TOWN, JAPAN -

Nao TAKEUCHI, Osamu SAITO

Biomass energy utilization for reducing CO₂ emission from fossil fuels has increasingly become important for the establishment of a sustainable society. Shimokawa, a town in Hokkaido, north Japan, has succeeded in reducing CO₂ emissions and saving on fuel costs through an initiative to utilize its abundant forest biomass. Sustainable biomass utilization can be achieved as long as the harvest does not exceed reproduction rate. In order to clarify the potential for a self-sufficient renewable energy system, this study estimated the utilizable amount of forest biomass in Shimokawa, calculated the utilizable energy amount obtained from forest biomass, and compared it with Shimokawa's heating energy demand. As a result, it was found that the theoretically utilizable amount of energy, calculated based on the annual growth of forest biomass, was able to cover 80-131% of heating energy demands.