

第2章 新エネルギー賦存量及び利用可能量調査

富良野市における新エネルギーの賦存量を把握するとともに、技術的な制約等を加味した利用可能量を明らかにします。賦存量及び利用可能量の定義は以下のとおりです。

賦存量：理論的に算出する潜在的なエネルギー量

利用可能量：システムの設置可能量等を考慮した利用可能なエネルギー量

(利用上の社会的条件等は考慮していません)

2.1 調査対象とした新エネルギーの種類

新エネルギーとして定義されているエネルギーの種類は、表 2-1-1 のとおりです。

わが国における新エネルギーは、再生可能エネルギーのうち特に導入を促進すべきエネルギー源として整理されています(平成 20 年 4 月に施行された「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法施行令の一部を改正する政令」より)。また、新エネルギーは「供給サイドのエネルギー」と「革新的なエネルギー高度利用技術」に分類され、さらに供給サイドのエネルギーは「熱利用分野」と「発電分野」に大別されています。

表 2-1-1 新エネルギーの種類

供給サイドのエネルギー		革新的なエネルギーの 高度利用技術
熱利用分野	発電分野	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒートポンプ ・天然ガスコージェネレーション ・燃料電池 ・クリーンエネルギー自動車 ・廃棄物エネルギー <p style="text-align: right;">など</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・太陽熱利用 ・バイオマス熱利用 ・温度差熱利用 ・雪氷熱利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電 ・風力発電 ・バイオマス発電 ・中小規模水力発電 ・地熱発電 	
バイオマス燃料製造		

出典：新エネルギーガイドブック 2008 (NEDO、2008 年 3 月)

なお、富良野市(ハイランドふらの)の温泉は冷泉(水温：9.7℃、湧出量：30ℓ/分)であるため、温度差熱利用と地熱発電のエネルギーは、調査対象外としました。また、エネルギー種類別の発熱量及び二酸化炭素発生量は、表 2-1-2 のとおりです(表 1-3-2 の再掲)。

表 2-1-2 エネルギー種類別の発熱量及び二酸化炭素発生量

エネルギー種類	単位	発熱量 (kcal)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	CO ₂ 排出量 (10 ⁻⁶ kg/kcal)	
電力	kWh	860	0.52	604.7	
石油製品	灯油	ℓ	8,800	2.49	283.0
	重油	ℓ	9,400	2.71	288.3
	軽油	ℓ	9,100	2.62	287.9
	ガソリン	ℓ	8,300	2.32	279.5
LPG	kg	12,000	3.00	250.0	

出典：地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第三条(環境省、平成 18 年 3 月 一部改正)

2.2 賦存量及び利用可能量のまとめ

富良野市の新エネルギーの賦存量の推計及び利用可能量の推計方法は、表 2-2-1 及び表 2-2-2 のとおりです。

表 2-2-1 新エネルギーの賦存量の推計方法一覧

種類		推計方法	
供給サイドのエネルギー	太陽エネルギー	太陽光	日射量データを用いて、年間日射量から推計 賦存量 = 年間日射量×富良野市面積
		太陽熱	太陽光と同様
	風力エネルギー	風力	風力発電システムの規模により出力が大きく異なるため、賦存量の推定は困難
	バイオマスエネルギー	森林系	賦存量 = 資源発生量×発熱量 1) パルプ・チップ材、針葉樹・広葉樹の除間伐時に発生する林地残材 2) 生木（自然乾燥）の低位発熱量（4,443Mcal/m ³ ）
		農業系	賦存量 = 資源発生量×発熱量 1) 野菜残渣（乾物収量） 2) 直接燃焼による発熱量 3,600kcal/kg を採用
		畜産系	賦存量 = 家畜頭数×家畜糞尿量×ガス発生係数×メタン発熱量 1) 糞尿量：乳用牛 45kg/日・肉用牛 20kg/日 2) ガス発生係数：乳用牛 0.025 m ³ /kg、肉用牛 0.030 m ³ /kg 3) メタン発酵による発生ガスの発熱量（8,874kcal/m ³ ）
		生活系	賦存量 = 資源発生量×バイオガス発生量×バイオガス発熱量 1) 発生量：下水汚泥 4.9 m ³ /人・年、し尿 0.59kl/人・年、生ごみ（ごみ排出量の3割）、廃食油 1.354kg/人・年 2) ガス発生量：下水汚泥 10.5N m ³ /m ³ 、し尿 8N m ³ /kl、生ごみ 114 m ³ /t 3) メタン発酵による発生ガスの発熱量：下水汚泥 4,719kcal/m ³ 、し尿 4,290kcal/kg、生ごみ 5,834kcal/m ³ 、廃食油 9,000kcal/kg
	雪氷熱エネルギー	賦存量 = 最大積雪深×富良野市面積×雪の密度×雪の融解熱量	
	中小規模水力発電	麓郷に設置していた水力発電を参考	
	革新的なエネルギー高度利用	ヒートポンプ	ヒートポンプの利用個所及び規模により出力が大きく異なるため、賦存量の推定は困難
天然ガスコージェネレーション		天然ガスコージェネレーションの利用個所及び規模により出力が大きく異なるため、賦存量の推定は困難	
燃料電池		燃料電池システムの利用個所及び規模により出力が大きく異なるため、賦存量の推定は困難	
クリーンエネルギー自動車		既存自動車の各種クリーンエネルギー自動車への変更計画によりエネルギー削減量が大きく異なるため、エネルギー削減量の推計は困難	
廃棄物エネルギー（廃棄物燃料製造）		賦存量 = 固形燃料処理量×固形燃料発熱量	

出典：「新エネルギー等導入促進基礎調査 バイオマスエネルギーの実態等基礎調査」（NEDO、平成 12 年 3 月）

表 2-2-2 新エネルギーの利用可能量の推計方法一覧

種類		推計方法
供給サイドのエネルギー	太陽エネルギー	太陽光 日射量データを用いて、結晶系太陽電池を各家庭と公共施設に設置した場合の発電量を推計 利用可能発電量 = 年間日射量×補正係数×パネル面積×設置数
		太陽熱 日射量データを用いて、実際のメーカーの集熱器（ソーラーコレクター）を各家庭と公共施設に設置した場合の集熱量を推計 利用可能集熱量 = 年間日射量×集熱面積×集熱効率×設置数
	風力エネルギー	風力 大型風車：1,000kW を 2 基導入した場合で推計 小型風車：小型風車の運転特性例から、公共施設に設置した場合で推計
	バイオマスエネルギー	森林系 利用可能熱量 = 資源発生量×発熱量×ボイラ効率 1) パルプ・チップ材、針葉樹・広葉樹の除間伐時に発生する林地残材 2) 生木（自然乾燥）の低位発熱量（4,443Mcal/m ³ ）
		農業系 利用可能熱量 = 資源発生量×発熱量×ボイラ効率 1) 野菜残渣（乾物収量） 2) 直接燃焼による発熱量 3,600kcal/kg を採用
		畜産系 利用可能熱量 = 家畜頭数×家畜糞尿量×ガス発生係数×メタン発熱量×ボイラ効率 1) 糞尿量：乳用牛 45kg/日・肉用牛 20kg/日 2) ガス発生係数：乳用牛 0.025 m ³ /kg、肉用牛 0.030 m ³ /kg 3) メタン発酵による発生ガスの発熱量（8,874kcal/m ³ ）
		生活系 利用可能熱量 = 資源発生量×バイオガス発生量×バイオガス発熱量×ボイラ効率 1) 発生量：下水汚泥 4.9 m ³ /人・年、し尿 0.59kl/人・年、生ごみ（ごみ排出量の3割）、廃食油 1.354kg/人・年 2) ガス発生量：下水汚泥 10.5N m ³ /m ³ 、し尿 8N m ³ /kl、生ごみ 114 m ³ /t 3) メタン発酵による発生ガスの発熱量：下水汚泥 4,719kcal/m ³ 、し尿 4,290kcal/kg、生ごみ 5,834kcal/m ³ 、廃食油 9,000kcal/kg
	雪氷熱エネルギー	利用可能熱量 = 最大積雪深×宅地面積×雪の密度×雪の融解熱量×システム効率
	中小規模水力発電	利用可能発電量 = 流量×有効落差×水車効率×発電機効率
	革新的なエネルギー高度利用	ヒートポンプ
天然ガスコージェネレーション		種類及び特徴を提示
燃料電池		種類及び特徴を提示
クリーンエネルギー自動車		各種クリーンエネルギー自動車の省エネ率を用いて、乗用車をハイブリッド車、トラックをメタノール車、バスを天然ガス車に置き換えた場合のエネルギー削減量を推計
廃棄物エネルギー（廃棄物燃料製造）		賦存量 = 固形燃料処理量×固形燃料発熱量×ボイラ効率

出典：「新エネルギー等導入促進基礎調査 バイオマスエネルギーの実態等基礎調査」（NEDO 平成 12 年 3 月）

新エネルギーの賦存量及び利用可能量のまとめは、表 2-2-3 のとおりです。

富良野市の新エネルギーの合計の利用可能量は、247,919×10⁶kcal/年であり、CO₂削減量は 75,634t/年となります。

表 2-2-3 新エネルギーの賦存量及び利用可能量のまとめ

種類		賦存量 (10 ⁶ kcal)	利用可能量 (10 ⁶ kcal)	利用可能量の推計条件	利用可能量 に対する CO ₂ 削減量 (t)	
供給サイドのエネルギー	太陽エネルギー	太陽光	702,000,000	13,897	・持ち家住宅全て(5,874戸)に太陽光発電システムを設置 ・公共施設(68ヶ所)に太陽光発電システムを設置	8,403
		太陽熱		19,646	・持ち家住宅全て(5,874戸)にソーラーシステムを設置 ・公共施設(68ヶ所)にソーラーシステムを設置	5,560
	風力エネルギー	風力：大型	-	3,301	・1,000kWを2基導入した場合で推計	1,996
		風力：小型	-	11	・小型風車の運転特性例から、公共施設に設置した場合で推計	7
	バイオマスエネルギー	森林系	45,037	38,282	・パルプ・チップ材、針葉樹・広葉樹の林地残材を直接燃焼	10,834
		農業系	65,491	55,667	・野菜残渣を直接燃焼	15,754
		畜産系	11,572	10,415	・家畜ふん尿をエネルギーに変換	2,947
		生活系	6,690	6,006	・下水汚泥、し尿、廃食用油、生ごみを利用	1,700
		観光系	435	392	・下水汚泥、生ごみを利用	111
	雪氷熱エネルギー	6,897,212	38,624	・宅地の積雪を利用	10,931	
中小規模水力発電	-	391	・麓郷に設置していた水力発電を参考	223		
革新的なエネルギー高度利用技術	ヒートポンプ	種類及び特徴を提示				
	クリーンエネルギー自動車	-	50,423	・利用自動車を全てクリーンエネルギー車に変更	14,093	
	天然ガスコージェネレーション	種類及び特徴を提示				
	燃料電池	種類及び特徴を提示				
	廃棄物エネルギー(廃棄物燃料製造)	13,580	10,864	・H20年度の処理計画量から算出	3,075	
合計	風力・中小水力エネルギーを含まない	709,040,017	244,216	-	73,408	
	風力・中小水力エネルギーを含む	709,040,017	247,919	-	75,634	

注：CO₂削減量は、太陽光・風力は電力(0.52kg/kWh)、その他は灯油(2.49kg/ℓ)を使用。

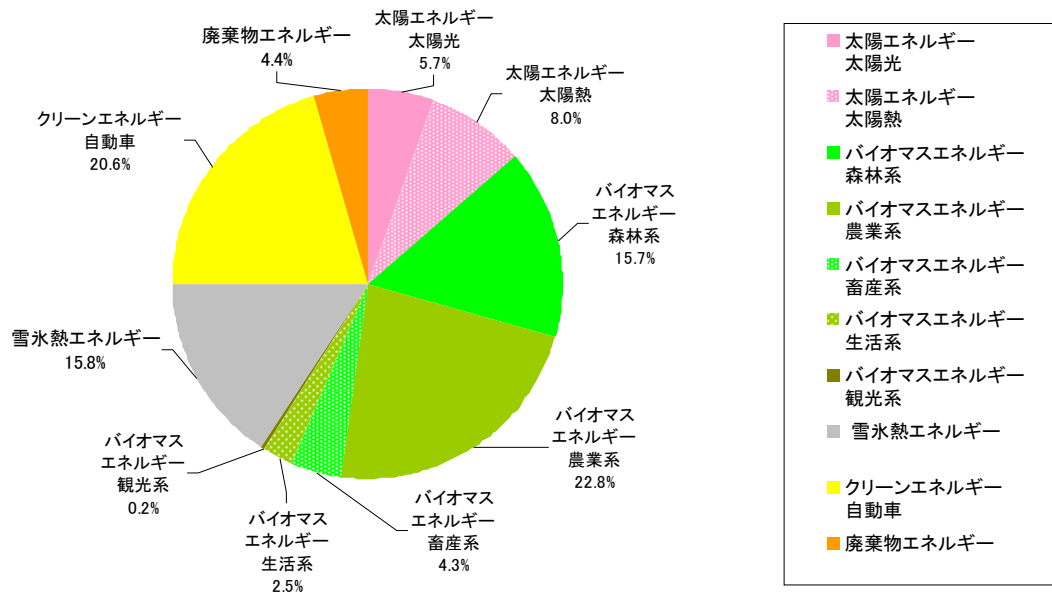


図 2-2-1 富良野市における新エネルギー利用可能量の比率

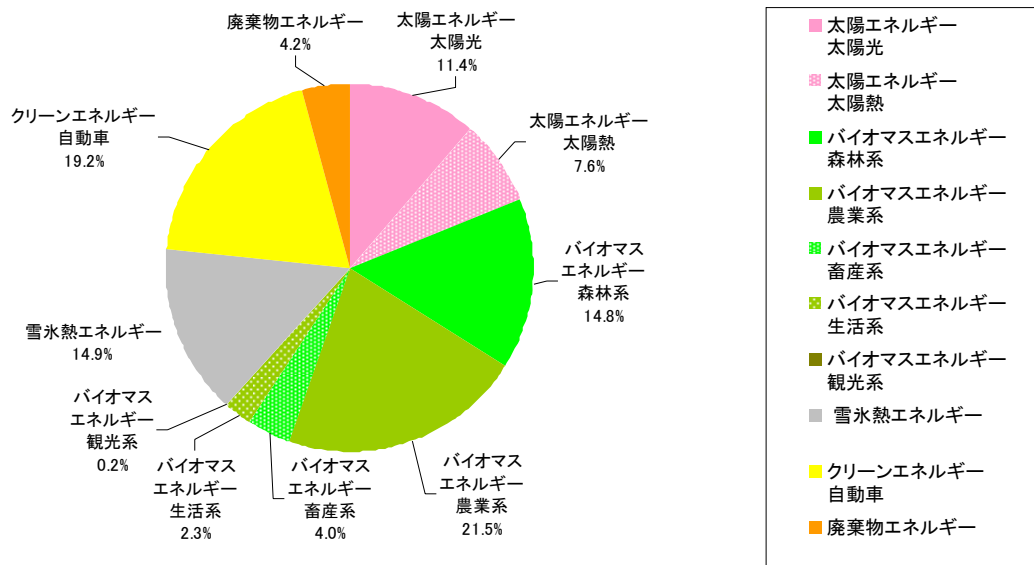


図 2-2-2 富良野市における CO₂ 削減量の比率

2.3 新エネルギーの賦存量及び利用可能量の推計

2.3.1 太陽光発電

(1) 賦存量

太陽光発電に利用可能なエネルギーである太陽エネルギーの賦存量は、以下の式から算定しました。

$$\begin{aligned} & \text{太陽エネルギーの賦存量 (kWh/m}^2 \cdot \text{年)} \\ & = \Sigma \text{〔月平均斜面日射量 (kWh/m}^2 \cdot \text{日)} \times \text{日数 (日)} \text{]} \times \text{富良野市面積 (m}^2 \text{)} \end{aligned}$$

なお、富良野市の月平均斜面日射量データについては、NEDOのホームページに掲載されている全国日射量平均値データマップ MONSOLA05 (801) から、富良野市内にある富良野アメダスのデータを抽出して用いています。

北海道内の年平均全天日射量の平年値は、図 2-3-1 のとおりです。

道内の日射量は、道東及び石狩地方で多く、日本海沿岸の宗谷北部及び後志・檜山地方が少ない傾向にあります。

富良野市の日射量は、道内の平均的な量 (11.5~12.0MJ/m²・日) であり、太陽エネルギーを利用できる状況にあります。

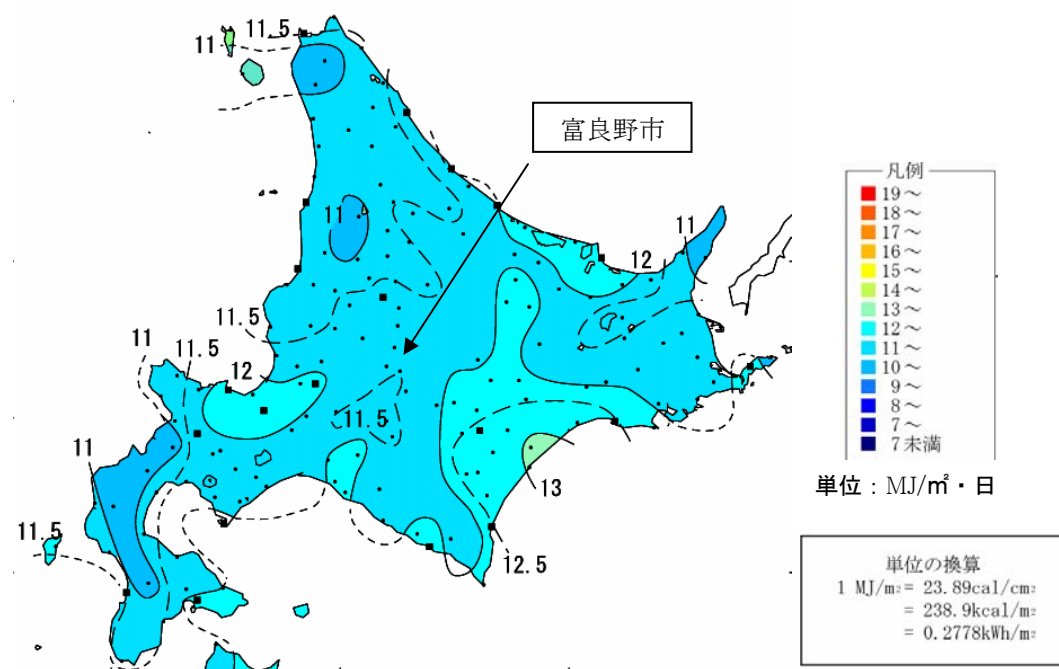


図 2-3-1 北海道の年平均全天日射量の平年値 (1961-1990 年)

出典：全国日射関連データマップ<MONSOLA05 (801)>：NEDO

また、太陽光発電システムを設置する場合には、可能な限り多くの太陽光を利用するために、太陽電池パネルを傾けるのが一般的になっています。その場合には、MONSOLA05 (801) に収録されている各地の「最適傾斜角」と呼ばれる傾斜角が利用されています。

この「最適傾斜角」は、年間を通じて最も多くの日射量が得られる角度を 30 年平均の日射データから推定したものであり、富良野市では約 33 度となります。

ただし、北海道のような積雪地域に太陽光発電システムを設置する場合には、雪の滑落傾斜角（勾配 5/10～6/10 以上、傾斜角に直すと 26 度～31 度以上）も考慮する必要があります。

図 2-3-2 は、南向き斜面において、傾斜角を変化させた場合の斜面日射量を比較したものです。太陽高度の低い冬期間は傾斜角による差は小さいですが、太陽高度の高い暖候期は傾斜角の違いによる受光面日射量が大きく異なるため、システムの導入時には事前の検討が必要となります。

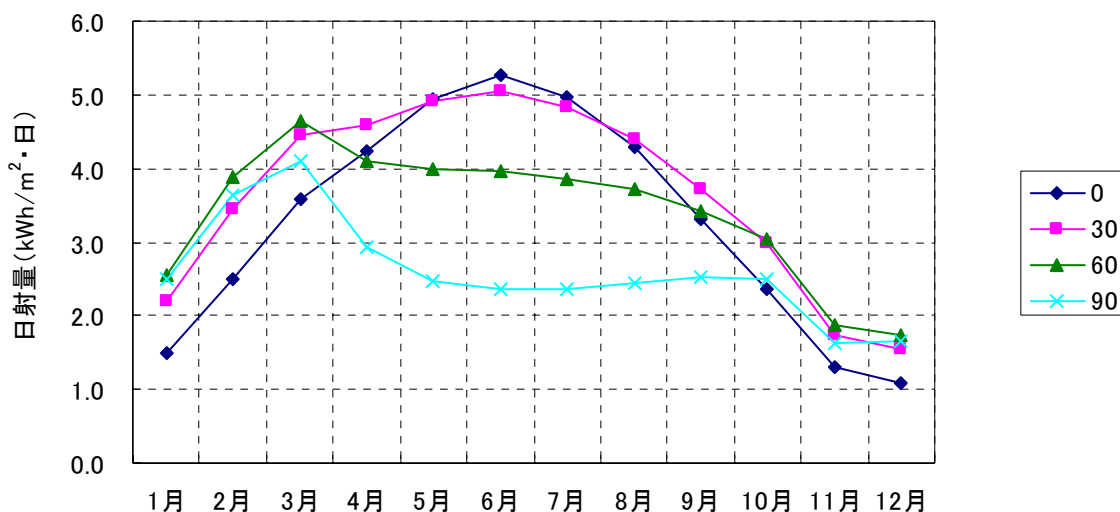


図 2-3-2 富良野アメダスにおける月平均斜面日射量（南向き斜面）
出典：全国日射関連データマップ<MONSOLA05 (801)>；NEDO

上記のように、太陽光発電に利用可能なエネルギーである太陽エネルギーの賦存量は、設置するパネルの傾斜角によって異なります。ここでは、水平面及び南向き斜面の代表的な傾斜角における年積算日射量を太陽エネルギーの賦存量とし、その結果は表 2-3-1 のとおりです。

表 2-3-1 太陽エネルギーの賦存量

傾斜角	年間日射量 (kWh/m ²)	富良野市面積 (k m ²)	賦存量 (10 ⁶ kWh)	賦存量 (10 ¹² cal)
水平面	1,219	600.97	732,534	630
南向き 30 度	1,358		816,370	702
南向き 40 度	1,353		813,016	699
南向き 50 度	1,321		793,927	683

(2) 利用可能量

利用可能量は以下の方法により算出しました。

a. 想定した条件

- ・ 持ち家住宅全て（5,874 戸）に面積 30m² の太陽光発電システムを設置
- ・ 公共施設（68 ヶ所）に面積 100m² の太陽光発電システムを設置

b. 推定式

$$\begin{aligned} & \text{利用可能量 (kWh/年)} \\ & = \text{年間日射量 (kWh/m}^2 \cdot \text{年)} \times \text{補正係数} \times \text{パネル面積 (m}^2\text{)} \times \text{設置数} \end{aligned}$$

年間傾斜面日射量としては、表 2-3-1 に示した南向き 30 度の値（1,358kWh/m²）を、単位出力当たりの必要面積及び、補正係数（機器効率や日射変動などの補正值）については、「新エネルギーガイドブック 2008（NEDO、2008 年 3 月）」から引用しました。

① 一般家庭

持ち家住宅の戸数の全て（5,874 戸）に、太陽光発電を導入した場合、発電量は 1,556 万 kWh/年、また、利用可能量に対応する CO₂ 削減量は 8,091t となります。

なお、持ち家住宅の戸数は、「北海道市町村勢要覧」（北海道統計協会、平成 19 年 10 月）に掲載されている 5,874 戸を用いています。

表 2-3-2 太陽光発電によるエネルギー利用可能量（一般家庭）

項目	単位	設定値・推計値	
日射量	kWh/m ² ・年	1,358	
補正係数	-	0.065	
発電量	kWh/m ² ・年	88	
パネル面積	m ²	30	
面積 30 m ² の発電量	kWh/30 m ² ・年	2,649	
全持ち家住宅に設置した場合 (5,874 戸)	発電量	万 kWh/年	1,556
	発熱量	10 ⁶ kcal/年	13,381
CO ₂ 削減量	t	8,091	

注：CO₂削減量は、電力（0.52kg/kWh）を使用。

② 公共施設

公共施設としては、一般施設の30ヶ所、学校・保育園の22ヶ所、指定管理施設16施設
 の合計68ヶ所を対象としました。

公共施設に、太陽光発電を導入した場合、発電量は60万kWh/年、また、利用可能量に
 対応するCO₂削減量は312tとなります。

表2-3-3 算定に用いた公共施設名

施設名 (一般施設 30 施設)	施設名 (学校・保育園 22 施設)	施設名 (指定管理施設 16 施設)
本庁舎	富良野小学校	富良野演劇工場
山部支所	扇山小学校	山部自然公園パークゴルフ場
東山支所	東小学校	東山公園パークゴルフ場
老人福祉センター	麓郷小学校	デイサービスセンターいちい
山部福祉センター	布部小中学校	自然休養村管理センター
麻町児童センター	鳥沼小学校	(ワインハウス)
桂木児童センター	布札別小中学校	農村環境改善センター
東部児童センター	樹海小学校	(ハイランドふらの)
緑町児童館	山部小学校	チーズ工房
北の峰児童館	山部中学校	自然環境活用センター
こども通園センター	樹海中学校	(ふれあいの家)
保健センター	東中学校	富良野物産センター
山部いきいきセンター	西中学校	女性センター
火葬場	麓郷中学校	地域福祉センター
看護専門学校	中央保育所	労働会館
富丘埋立処分場	麻町保育所	中心街活性化センター
勤労青少年ホーム	山部保育所	(ふらっと)
産業研修センター	東山保育所	スポーツセンター
リサイクルセンター	麓郷保育所	看護専門学校学生寮
車両センター	布札別保育所	寿光園
扇山地区公民館	スキー授業休憩所	(デイサービスやまべ含)
文化会館	屋外体育施設	
図書館		
生涯学習センター		
中五区水源送水場		
ワイン工場		
果汁工場		
種苗センター		
中五区水源送水場		
富良野水処理センター		



ふらのワインハウス

表 2-3-4 太陽光発電によるエネルギー利用可能量（公共施設）

項目		単位	設定値・推計値
日射量		kWh/m ² ・年	1,358
補正係数		-	0.065
発電量		kWh/m ² ・年	88
パネル面積		m ²	100
面積 100 m ² の発電量		kWh/100 m ² ・年	8,830
公共施設（68 ヶ所）に 設置した場合	発電量	万 kWh/年	60
	発熱量	10 ⁶ kcal/年	516
CO ₂ 削減量		t	312

注：CO₂削減量は、電力（0.52kg/kWh）を使用。

2.3.2 太陽熱利用

(1) 賦存量

太陽熱利用に利用可能なエネルギーである太陽エネルギーの賦存量は、太陽光発電と同様とし、以下のとおりです。

表 2-3-5 太陽エネルギーの賦存量（再掲）

傾斜角	年間日射量 (kWh/m ²)	富良野市面積 (km ²)	賦存量 (10 ⁶ kWh)	賦存量 (10 ¹² cal)
水平面	1,219	600.97	732,534	630
南向き 30 度	1,358		816,370	702
南向き 40 度	1,353		813,016	699
南向き 50 度	1,321		793,927	683

(2) 利用可能量

利用可能量は以下の方法により算出しました。

a. 想定した条件

- ・持ち家住宅全て（5,874 戸）に集熱面積 6m²のソーラーシステムを設置
- ・公共施設（68 ヶ所）に集熱面積 100m²のソーラーシステムを設置

※持ち家住宅の戸数及び公共施設の数、太陽光発電と同様としました。

b. 推定式

利用可能量 (kcal/年)

$$= \text{傾斜面日射量 (kWh/m}^2 \cdot \text{年)} \times 860 \text{ (kcal/kWh)} \times \text{集熱面積 (m}^2) \times \text{集熱効率} \times \text{設置数}$$

年間傾斜日射量としては、表 2-3-5 に示した南向き 30 度の値（1,358kWh/m²）を、集熱効率については、「新エネルギーガイドブック 2008（NEDO、2008 年 3 月）」から引用しました。

① 一般家庭

持ち家住宅の戸数の全て（5,874 戸）に、ソーラーシステムを導入した場合、集熱量は $16,469 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は 4,661t となります。

表 2-3-6 太陽熱によるエネルギーの利用可能量（一般家庭）

項目	単位	設定値・推計値
日射量	$\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{年}$	1,168
集熱面積 6 m^2 の集熱量	$\text{Mcal}/6 \text{ m}^2 \cdot \text{年}$	7,009
集熱効率	-	0.4
実質年間集熱量	$\text{Mcal}/6 \text{ m}^2 \cdot \text{年}$	2,804
全持ち家住宅に設置した場合の集熱量 (5,874 戸)	$10^6 \text{kcal}/6 \text{ m}^2 \cdot \text{年}$	16,469
CO_2 削減量	t	4,661

注： CO_2 削減量は、灯油 ($283.0 \times 10^6 \text{kg/kcal}$) を使用。

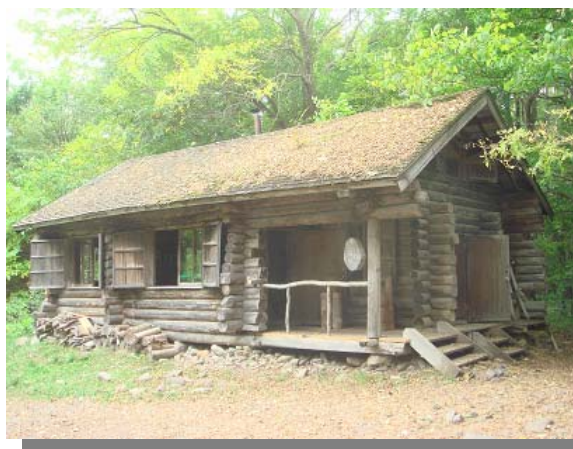
② 公共施設

公共施設 68 ヶ所に、ソーラーシステムを導入した場合、集熱量は $3,177 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は 899t となります。

表 2-3-7 太陽熱によるエネルギーの利用可能量（公共施設）

項目	単位	設定値・推計値
日射量	$\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{年}$	1,168
集熱面積 100 m^2 の集熱量	$\text{Mcal}/100 \text{ m}^2 \cdot \text{年}$	116,788
集熱効率	-	0.4
実質年間集熱量	$\text{Mcal}/100 \text{ m}^2 \cdot \text{年}$	46,715
公共施設に設置した場合の集熱量 (68 ヶ所)	$10^6 \text{kcal}/100 \text{ m}^2 \cdot \text{年}$	3,177
CO_2 削減量	t	899

注： CO_2 削減量は、灯油 ($283.0 \times 10^6 \text{kg/kcal}$) を使用。



麓郷の森

2.3.3 風力発電

太陽光発電や太陽熱利用システムについては、基礎となる日射量データがあればエネルギーの賦存量が概算できます。しかしながら、表 2-3-8 に示すように、風力発電システムからの出力はシステムの規模により大きく異なるため、賦存量を求めるのは困難です。ここでは、富良野市における風力発電の可能性を NEDO の風況マップ（平成 18 年度研究成果）から検討しました。

表 2-3-8 風車の発電電力量の目安

地上 30m での 年間平均風速	風車規模毎の参考発電電力量 (MWh/年)				
	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s
400kW クラス (35m 高)	196 (4.1 m/s)	391 (5.1 m/s)	635 (6.1 m/s)	897 (7.2 m/s)	1,150 (8.2 m/s)
600kW クラス (50m 高)	560 (4.3m/s)	1,40 (5.4 m/s)	1,565 (6.5 m/s)	2,057 (7.5 m/s)	2,471 (8.6 m/s)

注：括弧内は各風車の中心高さでの年間平均風速推定値

出典：新エネルギーガイドブック 2008 (NEDO、2008 年 3 月)

(1) 富良野市の風況

NEDO のホームページに掲載されている風況マップ（平成 18 年度研究成果）には、日本全国における地上高 30m、50m、70m の年平均風速の推算値が 1 次領域（600km×600km、解像度 5km 間隔）から 3 次領域（50km×50km、解像度 500m 間隔）まで示されています。

このデータベースから、富良野市を含む 3 次領域における地上高 30m の年平均風速分布図を抽出すると、図 2-3-3 のとおりです。「新エネルギーガイドブック 2008 (NEDO、2008 年 3 月)」によれば、大型の風力発電の採算性を確保するには地上高 30m の年平均風速が 6m/s 以上であることが一つの目安とされています。

富良野市では年平均風速が 6m/s 以下の地域が多く、風力発電システムの建設適地は少ないと考えられますが、富丘地区などは比較的風が強い地域です。ここでは、ワイン工場（地点①）がある清水山地区と、富丘地区（地点②）を対象に、NEDO の風況マップに収録されている風速データを用いて年間発電電力量を試算しました。

地点①では 30m 高さで、年平均風速 4.7m/s、8m/s 以上の強風出現率が年間 13%、

地点②では、年平均風速 5.7m/s、8m/s 以上の強風出現率が年間 14%となっています。

風況は、周辺地形や建物の影響を敏感に受けるため、風力施設の導入に当たっては、風況精査を実施する等の慎重な検討が必要です。



富丘付近の様子

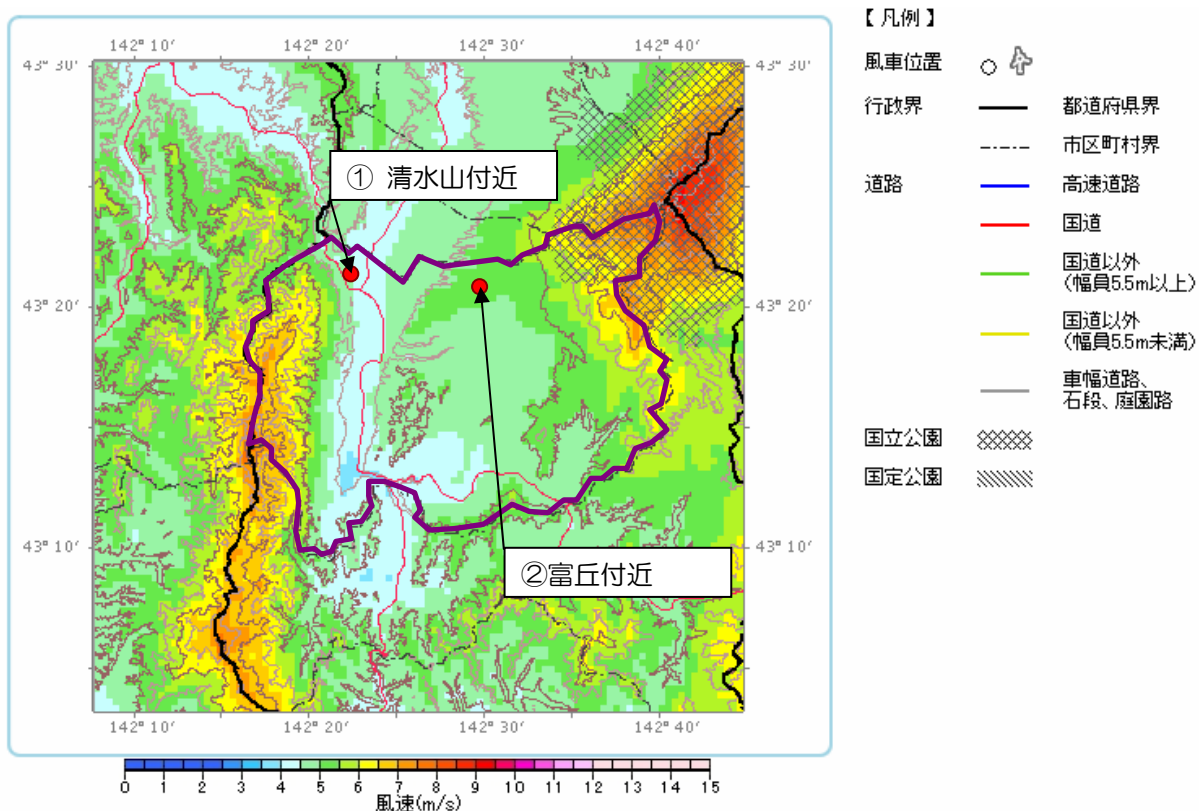


図 2-3-3 30m 高さにおける平均風速（富良野市は紫で囲んだ領域）

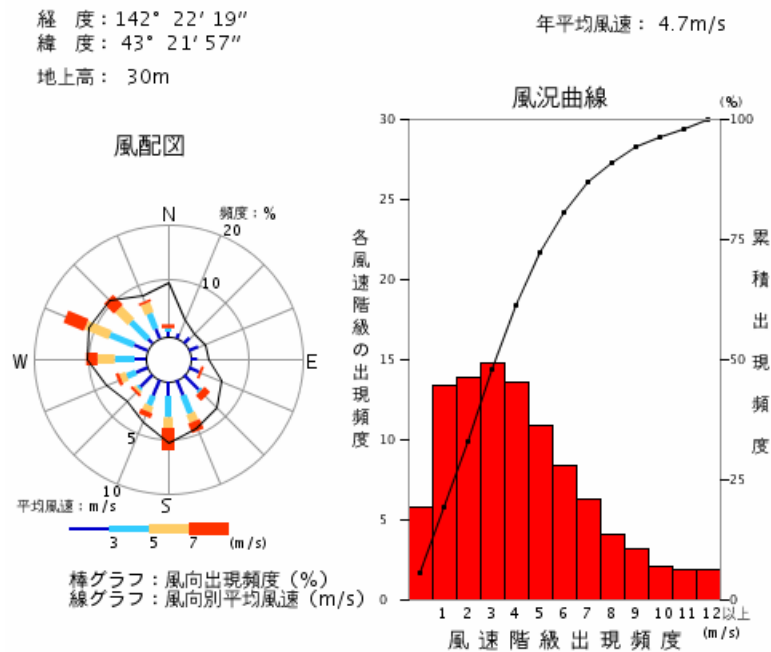


図 2-3-4 (図 2-3-3 の①地点) における風速階級別出現頻度 (地上高 30m：NEDO 風況マップより引用)

経度：142° 33' 27"
緯度：43° 21' 57"
地上高：30m

年平均風速：5.7m/s

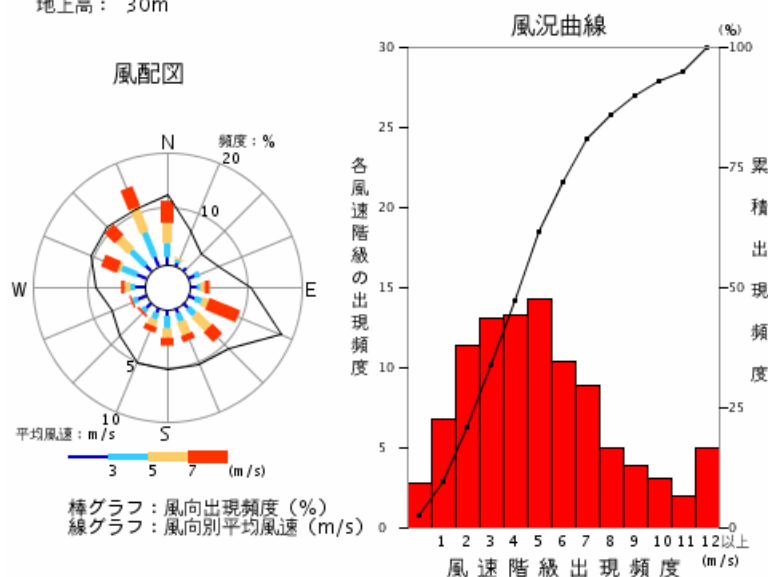


図 2-3-5 (図 2-3-3 の地点②) における風速階級別出現頻度
(地上高 30m：NEDO 風況マップより引用)

(2) 大型風力発電機導入による風力発電の利用可能量

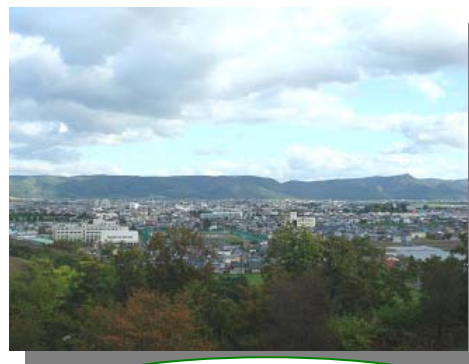
風力エネルギーは空気が移動することによる運動エネルギーで、受風面積 A (㎡) の風車を考えると、この面積を単位時間に通過する風力エネルギー P (W) は空気の密度を ρ (kg/m³) とすると、以下の式で表されます。

$$P = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} (\rho A V) V^2 = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

すなわち、現地における詳細な風速データがあれば、風車の形状や出力曲線（風速と出力の関係）、システム効率等から、発電電力量が推算できます。しかしながら、一般には、計算に必要な現地における詳細な風速データがないことから、平均風速から階級別の風速出現率を仮定し、年間発電電力量を推定します。ここでは、図 2-3-3 の選定地点近傍における風速階級別出現頻度から、風力発電電力量を見積もり、大型風車による利用可能量としました。

風力発電システムでは、一定風速以上になると発電を開始し、出力が発電機の定格出力に達すると出力制御を行い、さらに、風速が大きくなると危険防止のために風車の回転を止めて発電を中止するのが一般的です。

発電量の推計では、定格出力 1,000kW、ブレード直径 60m、ナセル高さ 50m の大型風車を選定地点①及び②にそれぞれ 1 基導入した場合を設定しました。推計結果は、表 2-3-9 及び表 2-3-10 のとおりです。



ワインハウスからの眺望

経度：142° 22' 19"
緯度：43° 21' 57"
地上高：50m

年平均風速：5.2m/s

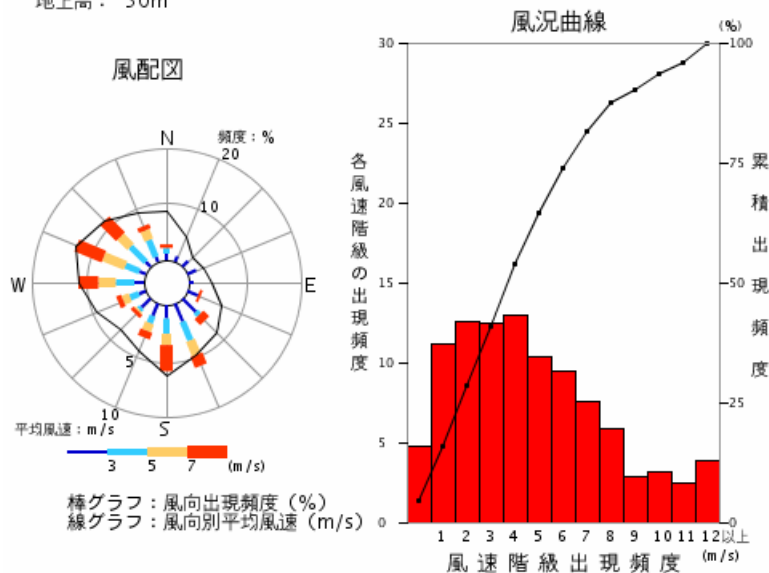


図 2-3-6 風配図及び風況曲線（地点①）

表 2-3-9 風力発電システムによる発電量の推計（地点①）

風速 (m/s)	風速出現頻度 (%)	年間出現時間 (h/年)	風車発電能力 (kW)	発電量 (kWh)
①	②	③ (=8,760×②)	④	⑤ (=③×④)
0	5	417	0	0
1	11	984	0	0
2	13	1,109	0	0
3	13	1,095	20	21,900
4	13	1,138	50	56,896
5	10	914	110	100,503
6	9	828	190	157,286
7	8	667	310	206,657
8	6	517	450	232,578
9	3	254	600	152,424
10	3	279	740	206,140
11	2	218	860	187,587
12以上	4	342	950	324,558
合計	100	—	—	1,646,530

発電開始風速 ↓

注 1)：風車発電能力（メーカーからの聞き取り）。

注 2)：カットイン風速 3m/s 未満。

注 3)：設備利用率（年間発電量 / (定格出力 × 8,760 時間)：19%）。

経度：142° 33' 27"
緯度：43° 21' 57"
地上高：50m

年平均風速：6.2m/s

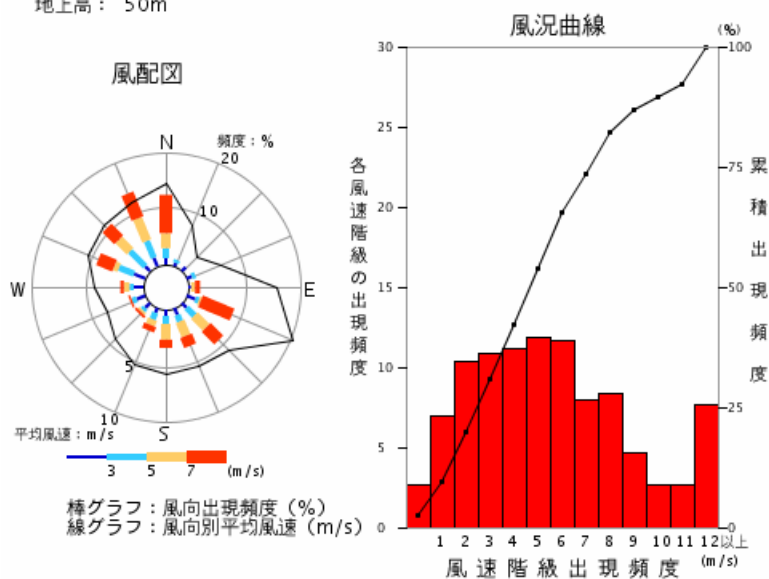


図 2-3-7 風配図及び風況曲線（地点②）

表 2-3-10 風力発電システムによる発電量の推計（地点②）

風速 (m/s)	風速出現頻度 (%)	年間出現時間 (h/年)	風車発電能力 (kW)	発電量 (kWh)
①	②	③(=8,760×②)	④	⑤(=③×④)
0	3	235	0	0
1	7	611	0	0
2	10	915	0	0
発電開始風速↓ 3	11	959	20	19,184
4	11	977	50	48,837
5	12	1,045	110	114,957
6	12	1,020	190	193,736
7	8	702	310	217,520
8	8	733	450	329,945
9	5	409	600	245,455
10	3	236	740	174,377
11	3	236	860	202,654
12以上	8	679	950	644,955
合計	100	—	—	2,191,621

注 1)：風車発電能力（メーカーからの聞き取り）。

注 2)：カットイン風速 3m/s 未満。

注 3)：設備利用率（年間発電量 / (定格出力×8,760 時間)：25%)。

(3) 小型風車による風力発電の利用可能性

近年、各メーカーにより小型風車の開発が盛んに実施されていますが、小型風車には大型風車と比較し、次のようなメリットがあります。

- ・ 低・中風速地域に対して利用が可能
- ・ 景観・騒音により利用が制限されていた地域へ利用が可能
- ・ 機材の搬入・設置が容易

ここでは、富良野アメダスの風速データと小型風車の運転特性例(図 2-3-9)から、小型風車による風力発電量を推定しました。

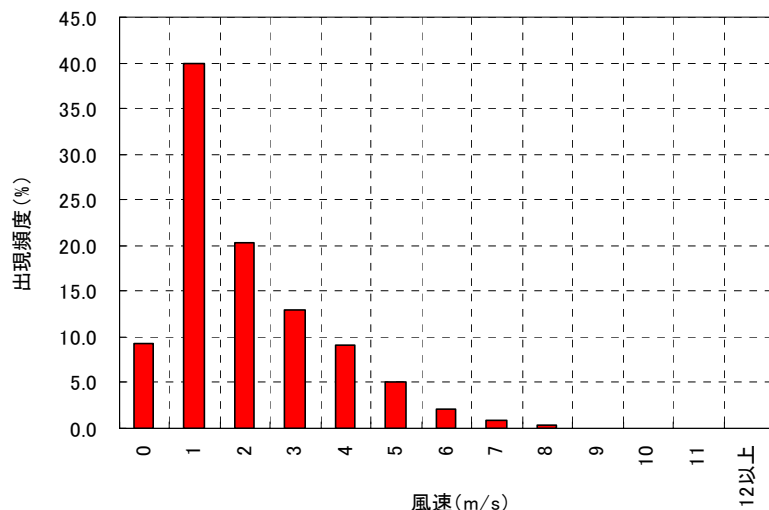


図 2-3-8 富良野アメダス地点における風速階級別出現頻度
(期間：平成 20 年 1 月～12 月、風速計設置高 6.5m)

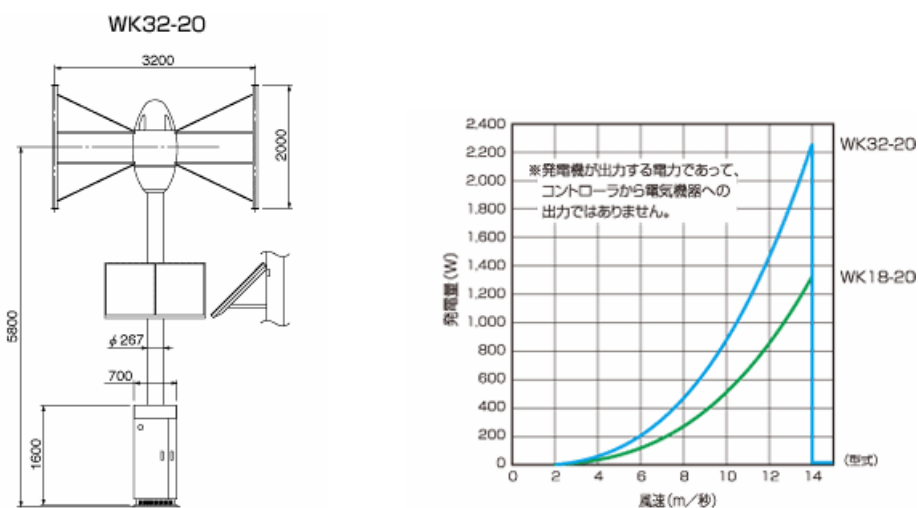


図 2-3-9 小型風車の概観図と運転特性の例

出典：シンフォニアテクノロジー（株）のHP より引用

表 2-3-11 小型風力発電システムによる発電量の推計
(富良野アメダスの風を利用)

風速 (m/s) ①	風速出現頻度 (%) ②	年間出現時間 (h/年) ③(=8,760×②)	風車発電能力 (W) ④	発電量 (kWh) ⑤(=③×④)
0	9.2	809	0	0.0
1	39.9	3,498	0	0.0
2	20.3	1,785	0	0.0
3	13.0	1,138	21	23.9
4	9.1	799	62	49.5
5	5.0	443	125	55.4
6	2.1	182	208	37.9
7	0.9	83	312	25.9
8	0.3	28	479	13.4
9	0.1	5	625	3.1
10	0.1	7	896	6.3
11	0.0	0	1,083	0.0
12以上	0.0	0	1,479	0.0
合計	100.0	8,777	-	215.4

注 1)：風力出現頻度は図 2-3-8 を使用

注 2)：発電機出力は WK32-20 型を利用

小型風車の利用可能量として、上記の風車を公共施設（68ヶ所）に設置した場合の推計値は、表 2-3-12 のとおりです。

表 2-3-12 小型風車による風力発電の利用可能量（公共施設）

項目	単位	設定値・推計値
発電量	kWh/台・年	215.4
補正係数	-	0.9
発電量	kWh/台・年	193.9
公共施設（68ヶ所）に 設置した場合の発電量	kWh/年	13,185
CO ₂ 削減量	t	6.9

注：CO₂削減量は、電力（0.52kg/kWh）を使用。

2.3.4 バイオマスエネルギー

バイオマスエネルギーは、生物体を構成する有機物から、酸化・燃焼などの化学反応を介して利用されるエネルギーです。

バイオマスは、光合成などにより C（炭素）を体内に蓄積させるのが最大の特徴であり、固定した CO₂ と排出される CO₂ のバランスを考慮しながらバイオマスエネルギー資源として利用すれば、CO₂ の増加にはつながりません。

これらのエネルギー化については、直接燃焼、ペレット・RDF 化、炭化、ガス化、アルコール化など、様々な利用形態があります。

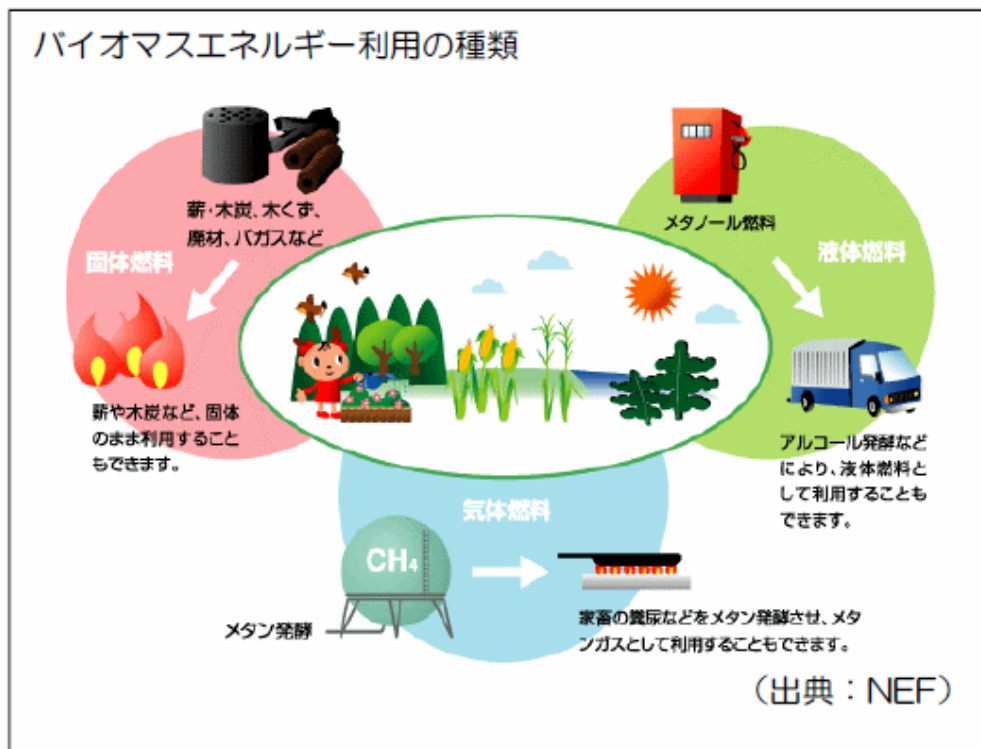


図 2-3-10 バイオマスエネルギー利用の種類

出典: 新エネルギーガイドブック 2008 (NEDO, 2008 年 3 月)



ペレットストーブ

(1) 森林系バイオマス資源

① 森林系バイオマス資源

富良野市の森林資源は、全森林面積 42,058ha のうち国有林が 34%、道有林が 0%、市有林が 2%、民有林が 64%です。天然林と人工林の面積比は 3 : 1、針葉樹と広葉樹の蓄積量は 7 : 5 となっています。

また、素材生産量では、市有林については、1,761 m³であり、針葉樹と広葉樹の比は、2 : 1 となっています。

富良野市ではパルプ・チップ材を生産・販売しているため、森林系バイオマスは利用可能な資源であると考えられます。よって、森林系バイオマスの利用可能量の算出には、パルプ・チップ材及び間伐時に発生する林地残材を用いることとしました。

表 2-3-13 森林資源構成表

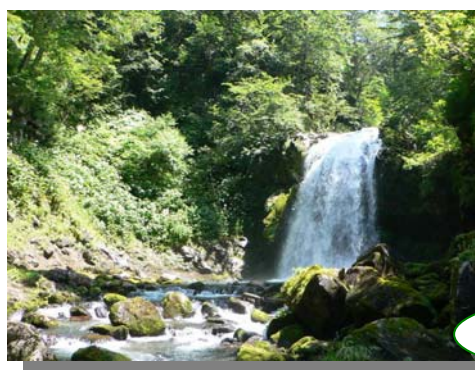
所有区分	森林面積(ha)					蓄積(千m ³)		
	計	天然林	人工林	無立木地	その他	計	針葉樹	広葉樹
国有林	14,406 (34%)	9,626	2,821	-	1,959	1,629	743	886
道有林	-	-	-	-	-	-	-	-
市有林	903 (2%)	340	550	13	-	220	159	61
民有林	26,750 (64%)	20,743	5,999	277	-	5,000	3,137	1,863
計	42,058	30,439	9,371	290	1,959	6,850	4,040	2,810

出典：平成 19 年度北海道林業統計（北海道、平成 20 年 12 月）

表 2-3-14 富良野市における素材生産量

所有区分	素材生産量(m ³)		
	計	針葉樹	広葉樹
国有林	9,417	7,695	1,722
道有林	-	-	-
市有林 (賦存量・利用可能量算出)	1,761	1,233	528
民有林	9,228	7,795	1,433
計	20,406	16,723	3,683

出典：平成 19 年度北海道林業統計（北海道、平成 20 年 12 月）



ニングルの森

② パルプ・チップ材

パルプ・チップ材の富良野市相当分の販売量は 5,931 m³（平成 20 年度）で、賦存量としてはこの値を用いるものとします。これを直接燃焼した場合、発生エネルギー量の利用可能量は 22,398×10⁶kcal/年、また、利用可能量に対応する CO₂ 削減量は 6,339t となります。

表 2-3-15 パルプ・チップ材によるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値
パルプ材（販売量）	m ³ /年	9,878
チップ材（販売量）	m ³ /年	10,883
合計 （上富良野町、中富良野町、富良野市、占冠村）	m ³ /年	20,761
富良野市相当分（市町村有林面積で按分）	m ³ /年	5,931
発熱量原単位	Mcal/m ³	4,443
発生エネルギー賦存量	10 ⁶ kcal/年	26,350
ボイラ効率	-	0.85
発生エネルギー利用可能量	10 ⁶ kcal/年	22,398
CO ₂ 削減量	t	6,339

出典：販売量（富良野地区森林組合、平成 21 年度資料）

注：CO₂削減量は、灯油（283.0×10⁻⁶kg/kcal）を使用。

③ 林地残材

林地残材の賦存量及び利用可能量は、「林地残材賦存量、利用可能量の算出方法（H18 改訂版）：NEDO」を参考に、針葉樹と広葉樹に分けて算出しました。針葉樹の代表樹木として、トドマツ・カラマツ・エゾマツを、広葉樹の代表樹木として、ドロノキ、ハンノキ、カンバを設定しました。

ア) 林地残材（主伐・利用間伐）量（t/年）＝

（都道府県別素材需要量（m³/年）÷利用率（%））×林地残材率（%）×木材比重

イ) 未利用間伐材（切捨て間伐材）量（t/年）＝

利用された間伐材積（m³）÷46%（利用間伐材率）×54%（未利用間伐材率）

÷0.8559 又は 0.7951（利用率）×0.44 又は 0.54（気乾比重平均値）

ウ) 林地残材賦存量（t/年）＝ア）＋イ）

表 2-3-16 利用率・林地残材率

項目	利用率	残材率
針葉樹	0.8599	0.15
広葉樹	0.7951	0.35

注：林地残材率：立木を伐採搬出した後に残る梢端、枝条などの丸太実材積に対する割合。

出典：廃棄物処理再資源化技術ハンドブック（建設産業調査会、2003 年 11 月）

各樹木の気乾比重は表 2-3-17 のとおりです。それぞれの値の平均値を各樹種の気乾比重としました。これにより、針葉樹の気乾比重（平均値）は 0.44、広葉樹の気乾比重（平均値）は 0.54 となります。

表 2-3-17 樹種別気乾比重

項目	樹種	比重
針葉樹	トドマツ	0.40
	カラマツ	0.50
	エゾマツ	0.43
	平均値	0.44
広葉樹	ドロノキ	0.42
	ハンノキ	0.53
	カンバ	0.67
	平均値	0.54

注：気乾比重：木材が通常の大気の温・湿度と平衡した水分（15%程度）を含有する状態。
出典：（財）日本木材総合情報センターHP より引用

林地残材量は、ア）式に従って算出しました。この結果、林地残材（主伐・利用間伐）量は、針葉樹で 95（t/年）、広葉樹で 126（t/年）と推計されます。

表 2-3-18 林地残材（主伐・利用間伐）賦存量

項目	単位	針葉樹	広葉樹	合計
間伐材積	(m ³ /年)	1,233	528	1,761
利用率	-	0.8599	0.7951	-
林地残材率	-	0.15	0.35	-
木材比重	-	0.44	0.54	-
林地残材（主伐・利用間伐）量	(t/年)	95	126	221

注：間伐材積は表 2-3-14 の市有林の欄を参照

出典：廃棄物処理再資源化技術ハンドブック（建設産業調査会、2003年11月）

未利用間伐材量は、イ）式に従って算出しました。この結果、未利用間伐材（切捨て間伐材）量は、針葉樹で 746（t/年）、広葉樹で 421（t/年）と推計されます。

表 2-3-19 未利用間伐材（切捨て間伐材）賦存量

項目	単位	針葉樹	広葉樹	合計
間伐材積	(m ³ /年)	1,233	528	1,761
利用間伐材率	-	0.46	0.46	-
未利用間伐材率	-	0.54	0.54	-
利用率	-	0.860	0.795	-
木材比重	-	0.44	0.54	-
未利用間伐材（切捨て間伐材）量	(t/年)	746	421	1,167

注：間伐材積は表 2-3-14 の市有林の欄を参照

ア) 及びイ) の計算結果の合計が林地残材賦存量となり、針葉樹で841 (t/年)、広葉樹で547 (t/年) と推計されます。

表 2-3-20 林地残材賦存量

項目	単位	針葉樹	広葉樹	合計
林地残材（主伐・利用間伐）量	(t/年)	95	126	221
未利用間伐材（切捨て間伐材）量	(t/年)	746	421	1,167
林地残材賦存量	(t/年)	841	547	1,388

富良野市の林地残材の発生量は 1,388t/年となり、これを直接燃焼した場合、発生エネルギー利用可能量は $15,884 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は 4,495t となります。

表 2-3-21 林地残材によるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値
林地残材賦存量	t/年	1,388
林地残材をチップ化した場合（比重 0.33）	$\text{m}^3/\text{年}$	4,206
発熱量原単位	Mcal/m^3	4,443
発生エネルギー賦存量	$10^6 \text{kcal}/\text{年}$	18,687
ボイラ効率	-	0.85
発生エネルギー利用可能量	$10^6 \text{kcal}/\text{年}$	15,884
CO_2 削減量	t	4,495

注： CO_2 削減量は、灯油（ $283.0 \times 10^6 \text{kg/kcal}$ ）を使用。

以上のことから、森林バイオマスを燃焼させることによって得られる発生エネルギー賦存量、発生エネルギー利用可能量及び CO_2 削減量は以下ようになります。

表 2-3-22 森林バイオマスによるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値		
		パルプ・チップ材	林地残材	合計
発生エネルギー賦存量	$10^6 \text{kcal}/\text{年}$	26,350	18,687	45,037
発生エネルギー利用可能量	$10^6 \text{kcal}/\text{年}$	22,398	15,884	38,282
CO_2 削減量	t	6,339	4,495	10,834



ペレット

(2) 農業系バイオマス資源

富良野市の主要農作物の野菜残渣による発熱エネルギーを推計しました。

野菜残渣を直接燃焼した場合、発生エネルギー利用可能量は $55,667 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は $15,754 \text{t}$ となります。

表 2-3-23 主要農作物の野菜残渣量

作物名	生産量(t)	残渣発生率 (%)	残渣発生量(t)
水稻	4,190	111	4,651
小麦	7,230	164	11,857
ばれいしょ	9,800	45	4,410
大豆	348	83	289
小豆	150	67	101
たまねぎ	77,300	22	17,006
スイートコーン	6,340	167	10,588
てんさい	46,100	65	29,965
にんじん	15,100	44	6,644
かぼちゃ	4,930	35	1,726
すいか	6,660	35	2,331
メロン	3,970	35	1,390
合計			90,958

出典：・生産量：北海道市町村勢要覧（北海道統計協会、平成 19 年 10 月）
 ・残渣発生率：北海道緑肥作物等栽培利用指針（北海道、平成 16 年 3 月）
 すいか、メロンには、かぼちゃの残渣発生率を設定

表 2-3-24 野菜残渣によるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値
残渣発生量	t/年	90,958
乾物発生量原単位	-	0.2
乾物収量	t/年	18,192
発熱量原単位	kcal/kg	3,600
発生エネルギー賦存量	10^6kcal/年	65,491
ポイラ効率	-	0.85
発生エネルギー利用可能量	10^6kcal/年	55,667
CO_2 削減量	t	15,754

注： CO_2 削減量は、灯油 ($283.0 \times 10^6 \text{kg/kcal}$) を使用。
 出典：北海道市町村勢要覧（北海道統計協会、平成 19 年 10 月）



ぶどう果汁工場

(3) 畜産系バイオマス

畜産系バイオマスとしては、家畜ふん尿が対象となりますが、平成 11 年に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が改正され、平成 13 年に「水質汚濁防止法」の排水基準に硝酸態窒素が追加され、取り扱いがより厳しくなっています。

① 畜産農家の状況

富良野市の畜産農家の内訳をみると、事業体数、頭羽数は乳用牛が多く、豚については事業体あたりの頭数が多くなっています。

表 2-3-25 家畜飼養事業体数及び頭羽数

区分	事業体数	頭羽数
乳用牛	34	4,408
肉用牛	8	187
農用馬	2	x
軽種馬	-	-
豚	3	2,919
採卵鶏	1	x

出典：北海道市町村勢要覧（北海道統計協会、平成 19 年 10 月）

② バイオガスシステムを想定した場合の利用可能量

バイオガスシステムとは、家畜ふん尿をある一定の温度帯で活動するメタン菌を利用して嫌気発酵させ、メタンガスを主成分としたバイオガスを発生させるシステムです。

ここでは、富良野市の家畜ふん尿をバイオガスプラントで全てをエネルギーに変えた場合の試算を行ないました。

その結果、発生エネルギー利用可能量は $10,415 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は $2,947 \text{t}$ となっています。

表 2-3-26 畜産系バイオマスによるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	乳用牛	肉用牛	豚	合計
頭数	頭	4,408	187	2,919	-
ふん尿排出量	kg/頭・日	45	20	6	-
ガス発生係数	m^3/kg	0.025	0.030	0.050	-
メタン含有率	-	0.6		-	-
メタン発熱量	kcal/m^3	8,886		-	-
発生エネルギー賦存量	10^6kcal/年	9,650	218	1,704	11,572
ポイラ効率	-	0.9		-	-
発生エネルギー利用可能量	10^6kcal/年	8,685	196	1,534	10,415
CO_2 削減量	t	2,458	55	434	2,947

注： CO_2 削減量は、灯油 ($283.0 \times 10^6 \text{kg/kcal}$) を使用。

出典：新エネルギーガイドブック 2008 (NEDO、2008 年 3 月)

北海道市町村勢要覧（北海道統計協会、平成 19 年 10 月）

(4) 生活系バイオマス

① 下水汚泥

下水汚泥をバイオガス化した場合、発生エネルギー利用可能量は $4,043 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は $1,144 \text{t}$ となっています。

表 2-3-27 下水汚泥によるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値
人口(平成17年10月)	人	25,076
下水道普及率(平成18年3月)	%	73.8
下水処理人口	人	18,506
下水汚泥発生量単位	$\text{m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$	4.9
下水汚泥発生量	$\text{m}^3/\text{年}$	90,679
バイオガス発生量単位	m^3 (バイオガス) / m^3 (汚泥)	10.5
バイオガス発生量	$\text{千m}^3/\text{年}$	952
発熱量原単位	kcal/m^3	4,719
発生エネルギー賦存量	$10^6 \text{kcal}/\text{年}$	4,492
ボイラ効率	-	0.9
発生エネルギー利用可能量	$10^6 \text{kcal}/\text{年}$	4,043
CO_2 削減量	t	1,144

注： CO_2 削減量は、灯油 ($283.0 \times 10^6 \text{kg}/\text{kcal}$) を使用。

出典：新エネルギーガイドブック2008 (NEDO、2008年3月)

北海道市町村勢要覧 (北海道統計協会、平成19年10月)

② し尿

し尿をバイオガス化した場合、発生エネルギー利用可能量は $138 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は 39t となっています。

表 2-3-28 し尿によるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値
し尿処理量 (t/年=kl/年とした)	kl/年	4,450
バイオガス発生量単位	m^3/kl	8
バイオガス発生量	$\text{m}^3/\text{年}$	35,600
発熱量原単位	kcal/m^3	4,290
発生エネルギー賦存量	$10^6 \text{kcal}/\text{年}$	153
ボイラ効率	-	0.9
発生エネルギー利用可能量	$10^6 \text{kcal}/\text{年}$	138
CO_2 削減量	t	39

注： CO_2 削減量は、灯油 ($283.0 \times 10^6 \text{kg}/\text{kcal}$) を使用。

出典：新エネルギーガイドブック2008 (NEDO、2008年3月)

富良野市統計書 (平成19年版)

③ 廃食用油

廃食用油を直接燃焼した場合、発生エネルギー利用可能量は $260 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は 74t となります。

表 2-3-29 廃食用油によるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値
人口（平成 17 年 10 月）	人	25,076
廃食用油発生量単位	g/人・年	1,354
廃食用油発生量	kg/年	33,953
発熱量原単位	kcal/kg	9,000
発生エネルギー賦存量	10^6kcal/年	306
ボイラ効率	-	0.85
発生エネルギー利用可能量	10^6kcal/年	260
CO_2 削減量	t	74

注： CO_2 削減量は、灯油（ $283.0 \times 10^{-6} \text{kg/kcal}$ ）を使用。

出典：新エネルギーガイドブック 2008（NEDO、2008 年 3 月）

北海道市町村勢要覧（北海道統計協会、平成 19 年 10 月）

④ 生ごみ

現在、富良野市では環境衛生センターにおいて生ごみの資源化が行なわれていますが、ここでは富良野市から排出される生ごみをすべてエネルギー化できると仮定し、発生エネルギーの利用可能量及びそれに対応する CO_2 削減量を算出しました。その結果、発生エネルギー利用可能量は $1,565 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は 443t となります。

表 2-3-30 生ごみによるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値
生ごみ量（平成 20 年度）	t/年	2,613
バイオガス発生量原単位	m^3/t	114
バイオガス発生量	$\text{千 m}^3/\text{年}$	298
発熱量原単位	kcal/m^3	5,834
発生エネルギー賦存量	10^6kcal/年	1,739
ボイラ効率	-	0.9
発生エネルギー量	10^6kcal/年	1,565
CO_2 削減量	t	443

注： CO_2 削減量は、灯油（ $283.0 \times 10^{-6} \text{kg/kcal}$ ）を使用。

出典：生ごみ量：「廃棄物の処理及びリサイクル事業概要（富良野市総務部）」から引用

メタン化施設のごみ処理量（北海道ごみ処理の概要 平成 18 年度実績）

新エネルギーガイドブック 2008（NEDO、2008 年 3 月）



環境衛生センター

(5) 観光系バイオマス

観光系バイオマスとして、観光客から発生する下水汚泥をバイオガス化した場合を対象とします。

平成19年度実績の観光客宿泊延数は653,314人(1,790人/日)であり、観光客から発生する下水汚泥をバイオガス化した場合、発生エネルギー利用可能量は 392×10^6 kcal/年、また、利用可能量に対応するCO₂削減量は111tとなります。

表3-6-31 下水汚泥によるエネルギーの賦存量及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値
下水処理人口	人	1,790
下水汚泥発生量単位	m ³ /人・年	4.9
下水汚泥発生量	m ³ /年	8,771
バイオガス発生量単位	m ³ (バイオガス) / m ³ (汚泥)	10.5
バイオガス発生量	千m ³ /年	92.1
発熱量原単位	kcal/m ³	4,719
発生エネルギー賦存量	10 ⁶ kcal/年	435
ボイラ効率	-	0.9
発生エネルギー利用可能量	10 ⁶ kcal/年	392
CO ₂ 削減量	t	111

注：CO₂削減量は、灯油(283.0×10⁶kg/kcal)を使用。

出典：富良野市統計書(平成19年版)

新エネルギーガイドブック2008(NEDO、2008年3月)



麓郷の森

2.3.5 雪氷熱利用

雪氷熱エネルギーの利用は北海道・東北地方を中心に、農作物の貯蔵や建物の冷房用の熱源としての利用がみられます。雪氷熱エネルギーを利用したシステムは図 2-3-11 のように分類されます。

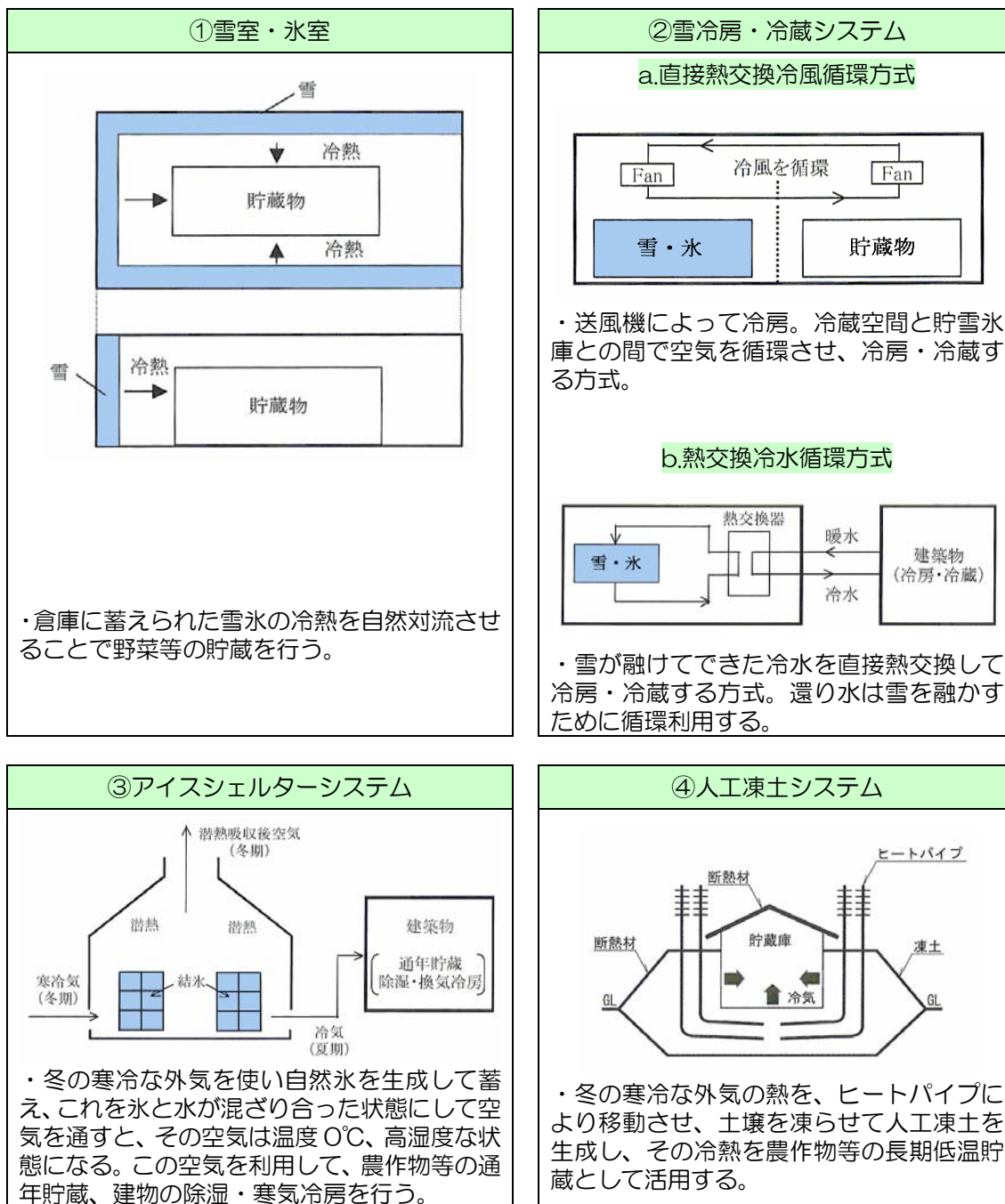


図 2-3-11 雪氷熱エネルギー利用システムの分類

出典：雪氷冷熱エネルギー導入ガイドブック（NEDO、平成 14 年 3 月）

(1) 賦存量

雪氷熱エネルギー利用システムでは、雪もしくは氷が融けるときに周囲から奪う熱（1gあたり79.7cal＝融解熱量）を利用しています。雪氷熱エネルギーの賦存量としては、雪の量（重さ）に融解熱量を乗じることで算出し、具体的には以下の式を用いています。

$$\text{雪氷熱エネルギー賦存量 (kcal/年)} = \text{最大積雪深 (m)} \times \text{市の総面積 (m}^2\text{)} \times \text{雪の密度 (kg/m}^3\text{)} \times \text{雪の融解熱量 (cal/kg)}$$

賦存量の算出にあたっては、市内全域の積雪を利用するものとし、最大積雪深のデータとしては、富良野アメダスの最大積雪深の平年値を使用しました。その結果は、表2-3-32のとおりです。

表2-3-32 雪氷熱エネルギーの賦存量

項目	単位	設定値・推計値
最大積雪深	m	0.72
雪の密度	kg/m ³	200
雪の融解熱量	kcal/kg	79.7
市の総面積	k m ²	600.97
発生エネルギー賦存量	10 ⁶ kcal/年	6,897,212

出典：北海道アメダスデータ（気象庁）

北海道市町村勢要覧（北海道統計協会、平成19年10月）

(2) 利用可能量

利用可能量については、市内全域の総積雪のうち、宅地の積雪のみを利用すると仮定し、以下の式で算出しました。

$$\text{利用可能量 (kcal/年)} = \text{賦存量 (kcal/年)} \times \text{宅地面積率 (1.6\%)} \times \text{システム効率}$$

宅地面積率は、総面積600.97k m²のうち宅地面積が9.54k m²であることから1.6%とし、システム効率としては、類似システムでの運点実績を踏まえ、0.35を用いました。

算出結果は、表2-3-33のとおりです。

発生エネルギー利用可能量は38,624×10⁶kcal/年、また、利用可能量に対応するCO₂削減量は10,931tとなっています。

表2-3-33 雪氷熱エネルギーの利用可能量

項目	単位	設定値・推計値
発生エネルギー賦存量	10 ⁶ kcal/年	6,897,212
宅地の面積率	%	1.6
システム効率	-	0.35
発生エネルギー利用可能量	10 ⁶ kcal/年	38,624
CO ₂ 削減量	t	10,931

注：CO₂削減量は、灯油（283.0×10⁻⁶kg/kcal）を使用。

出典：北海道市町村勢要覧（北海道統計協会、平成19年10月）

2.3.6 中小規模水力発電

中小規模水力エネルギーでは、水の位置・運動エネルギーを電力エネルギーに変換するもので、出力は落差と水量の積によって決まります。また、小水力エネルギーは、発電時にCO₂を排出しないクリーンなエネルギーで、再生可能な純国産エネルギーであるため、石油消費量の低減やエネルギー資源の輸入依存度の低減に貢献します。

水力発電施設はその出力規模により表 2-3-34 のように分類され、出力 1,000kW 以下が新エネルギーと定義されています。

表 2-3-34 水力発電の分類

名称	出力
大水力	100,000kW 以上
中水力	10,000kW ~ 100,000kW
小水力	1,000kW ~ 10,000kW
ミニ水力	100kW ~ 1,000kW
マイクロ水力	100kW 以下

出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック（NEDO、平成 15 年 3 月）

小水力エネルギーの理論水力及び利用可能量として、次式より推定しました。

$$\text{理論水力 (kW)} = 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)} \times \text{流量 (m}^3\text{/s)} \times \text{有効落差 (m)}$$

$$\text{利用可能量 (kWh)} = \text{理論水力 (kW)} \times \text{運転時間 (8,760h)} \times \text{水車効率} \times \text{発電機効率}$$

ここでは、かつて麓郷で実際に用いられていた水力発電施設（横軸フランシス水車 最大出力 50kW、常時 40kW）のデータを参考に利用可能量を推計しました。

なお、運用当時（昭和 23 年）、300 戸余りの家庭に送電可能となったという記録が残っています

水力発電から得られる発生エネルギー利用可能量は 391×10⁶kcal/年、また、利用可能量に対応するCO₂削減量は 223t となります。



水力発電遺構(麓郷)

表 2-3-35 水力発電の理論水力及び利用可能量

項目	単位	設定値・推計値	
流量	m ³ /s	1.0	
(有効) 落差	m	7.3	
理論水力	kW	72	
運転時間	h	8,760	
水車効率	-	0.8	
発電機効率	-	0.9	
利用可能量	電力	kWh/年	454,118
	発熱量	10 ⁶ kcal/年	391
CO ₂ 削減量	t	223	

注：発熱量は電力（860 kcal/ kWh）、CO₂削減量は電力（0.49kg/kWh）を使用。
出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック（NEDO、平成 15 年 3 月）

2.3.7 ヒートポンプ

大気中の熱エネルギーをわずかな力で汲み上げ、使えない熱エネルギーを使える熱エネルギーに品質を向上させて、空調や給湯に利用する技術が「ヒートポンプ」といえます。

一般的にヒートポンプは冷暖房・給湯など 100℃以下の熱需要に用いることができ、中でも給湯部門でのヒートポンプは 2001 年に日本が世界に先駆けて開発したエコキュートの登場によって市場が確立されました。ヒートポンプの特徴は、表 2-3-36 のとおりです。

表 2-3-36 ヒートポンプの特徴

項目	内容
原理	気体は圧力がかかると温度が上がり、圧力を緩めると温度が下がるというボイル・シャルルの法則を利用している。
特徴	ヒートポンプでは、投入する電気エネルギーの 3～6 倍の熱エネルギーを得ることができる。
仕組み	低温側から高温側に熱エネルギーを汲み上げており、エネルギーの量としては増減がないため、「エネルギー保存則（熱力学第 1 法則）」が成り立つ。また、「熱力学第 2 法則（熱は自然な状態では高温側から低温側に流れる）」に基づき、ヒートポンプの中で圧縮され高温になった気体から熱を水に移動させるとお湯が、空気に移動させると暖房が可能になる。一方、熱を奪われた圧縮気体から圧力を解き放つと、気体が膨張することで温度が低下し、このとき部屋や庫内から熱を奪い取るため冷却ができる。
効果	電気エネルギーを電気ストーブやハロゲンヒーターによって、熱エネルギーを得ようとする、電気エネルギーの最大 100%までしか得られないが、ヒートポンプでなら、300%～600%の熱エネルギーを得ることができる。従って、同じ熱量を得ようとする場合、60～85%の省エネ効果が得られることになる。
課題	<ul style="list-style-type: none"> • コスト削減 • 小型化、瞬間型の開発 • 寒冷地対応（暖房・給湯・融雪用途） • 高効率化 • 静穏化
コスト	エコキュートの場合、 設置コスト：50～70 万円（設置工事費含む） 運転コスト：年間 10,000 円／戸 光熱費削減：年間 45,000 円削減

出典：新エネルギーガイドブック 2008（NEDO、2008 年 3 月）から作成



東部児童センター

2.3.8 天然ガスコージェネレーション

天然ガスコージェネレーションとは、発電機で電気を作るときに使用する冷却水や排気ガスなどの「熱」を、「温水」や「蒸気」のかたちで同時に利用するシステムです。

温水は給湯・暖房、蒸気は冷暖房・工場の熱源などに利用できます。このように「電気」と「熱」を無駄なく有効に利用できるため、燃料が本来持っているエネルギーの利用効率は約70～80%に達しています。

各種コージェネレーションシステムの特徴は、表2-3-37のとおりです。

表2-3-37 各種コージェネレーションシステムの特徴

項目		ディーゼルエンジン	ガスエンジン	ガスタービン	(参考) りん酸型燃料電池
単機容量		15～10,000kW	8～5,000kW	30～100,000kW	50～10,000kW
発電効率 (LHV)		30～42%	28～42%	20～35%	36～45%
総合効率		60～75%	65～80%	70～80%	60～80%
燃料		A 重油・軽油・灯油	都市ガス・LPG・消化ガス	都市ガス・LPG・灯油・軽油・A 重油・LNG	都市ガス・灯油・メタノール・消化ガス
排熱温度		排ガス 450℃前後 冷却水 70～75℃	排ガス 450℃前後 冷却水 70～75℃ 冷却水 85℃前後	排ガス 450～550℃	作動温度 250℃以下 温水 70℃、120℃
NOx 対策	燃焼改善	噴射時期遅延	希薄燃焼	予混合希薄燃焼 水噴射・蒸気噴射	必要なし
	排ガス処理	選択還元脱硝	三元触媒	選択還元脱硝	必要なし
技術の現状		商用機	商用機 セラミックの利用 やミラーサイクル 化等、高発電効率 機を開発中	商用機 数十 kW クラスの マイクロガスター ビンは実用化開発 中 (一部商用機と して稼働)	実用機レベルの試験 的導入
特徴		<ul style="list-style-type: none"> ● 発電効率が高い ● 導入実績が豊富 ● 排ガス温度が比較的低い 	<ul style="list-style-type: none"> ● 排ガスがクリーンで熱回収が容易 ● 排熱が高温で利用効率が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ● 小型・軽量 ● 排ガス温度が高温で蒸気回収が容易 ● 冷却水不要 	<ul style="list-style-type: none"> ● 発電効率が高い ● 騒音・振動が小さい ● 排ガスがクリーン

出典：新エネルギーガイドブック2008 (NEDO、2008年3月) から作成



演劇工場

2.3.9 燃料電池

燃料電池とは「水素」と「酸素」を化学反応させて、直接「電気」を発生する装置であり、「水素」は天然ガスやメタノールから、「酸素」は大気中から取り入れます。

また、発電と同時に熱を発生するので、その熱を活かすことでエネルギーの利用効率を高められます。

各種燃料電池の種類と特徴は、表 2-3-38 のとおりです。

表 2-3-38 各種燃料電池の種類と特徴

項目	低温型		高温型	
	固体高分子形 (PEFC)	りん酸形 (PAFC)	熔融炭酸塩形 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)
電解質	イオン交換膜	りん酸	炭酸カリウム/ 炭酸リチウム	安定化ジルコニア
伝道イカ	水素イオン (H ⁺)	水素イオン (H ⁺)	炭酸イオン (CO ₃ ²⁻)	酸素イオン (O ²⁻)
運転温度	常温～100℃	200℃	650℃	1,000℃
燃料 (反応)	H ₂	H ₂	H ₂ 、CO	H ₂ 、CO
原燃料	天然ガス、LPG、 メタノール、 ナフサ	天然ガス、LPG、 メタノール、 ナフサ、軽質油	天然ガス、LPG、 メタノール、 ナフサ、軽質油、 石灰ガス化ガス	天然ガス、LPG、 メタノール、 ナフサ、軽質油、 石灰ガス化ガス
発電効率	36～45%	36～45%	45～60%	50～60%
出力規模	1～250kW	50～1万 kW	数千～数十万 kW	～数十万 kW
用途分野	家庭用、自動車、 オンサイト	オンサイト、 分散電源	分散電源、 大容量発電	小型～大容量発電 までの可能性

出典：新エネルギーガイドブック 2008 (NEDO、2008年3月) から作成



寿光園

2.3.10 クリーンエネルギー自動車

クリーンエネルギー自動車としては、動力源として電気、天然ガス、メタノールを使用する自動車及びこれら同士やガソリンなどを組み合わせたハイブリッドカーがありますが、各種クリーンエネルギー自動車の特徴等を表 2-3-39 に整理しました。

表 2-3-39 各種クリーンエネルギー自動車の特徴等

項目	電気自動車	ハイブリッド自動車	天然ガス自動車	メタノール自動車	ディーゼル代替LPガス車
用途	業務用車、観光地乗用車（都市型・自然型）、配送車等	個人利用、法人自家用保有、路線バス等	塵芥車、配送車、公用車、営業用車、路線バス等	配送車等	塵芥車、配送車等
長所	<ul style="list-style-type: none"> 走行中に排気ガスがでない 騒音が小さく、振動が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 燃費向上に効果がある 排気ガスを削減できる 既存のインフラを利用できる 航続距離が既存車と同等以上 	<ul style="list-style-type: none"> 窒素酸化物をディーゼル車の10～30%に抑制できる 粒子状物質が排出されない 温室効果ガスを削減できる 	<ul style="list-style-type: none"> 粒子状物質が排出されない 窒素酸化物をディーゼル車の約50%に抑制できる 	<ul style="list-style-type: none"> 窒素酸化物をディーゼル車の10～30%に抑制できる 粒子状物質が排出されない
短所	<ul style="list-style-type: none"> 交換バッテリーの価格が高い 一充電あたりの航続距離が短い 車体価格が既存車の2～3.5倍程度 	<ul style="list-style-type: none"> 車体価格が既存車の1.1～1.5倍程度 	<ul style="list-style-type: none"> 一充填あたりの航続距離が短い タンクの容積が大きく重い 燃料供給施設が少ない 車体価格が既存車の1.3～2倍程度 	<ul style="list-style-type: none"> 低温時のスタート性能に問題 燃料に毒性がある 起動時にホルムアルデヒドを排出 車体価格が既存車の2倍程度 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料供給施設が少ない 石油代替の効果はない 車体価格が既存車の1.1～2倍程度
1999年までの普及台数	2,600	37,400	5,200	200	19,200
2000年までの普及台数	3,800	50,400	7,800	200	19,200
2010年までの導入目標	2,330,000				

出典：新エネルギーガイドブック2008（NEDO、2008年3月）から作成

富良野市における利用自動車をクリーンエネルギー自動車に変更した場合のエネルギー消費量の削減量推計のために、全国の輸送機関別エネルギー消費量と車両台数から一台当りの消費エネルギーの平均値を算出しました。

表 2-3-40 全国の輸送機関別エネルギー消費量と使用燃料別自動車保有車両数

車両	燃料種	消費エネルギー	消費エネルギー	車両台数	一台当り消費エネルギーの平均値
		千リットル	10 ⁹ kcal		
乗用車	ガソリン	50,372	4,397,031	61,233,477	7.2
	軽油	2,369			
	LPG	2,315			
トラック	ガソリン	9,669	3,176,262	17,967,349	17.7
	軽油	26,085			
バス	ガソリン	11	160,709	230,877	69.6
	軽油	1,756			

注：ガソリン：8,300kcal/ℓ、軽油：9,100kcal/ℓ、LPG：25kcal/ℓ

出典：交通関連統計資料集、自動車保有車両数（国土交通省 HP、平成 19 年度）

表 2-3-41 に基づき、富良野市の輸送機関別エネルギー消費量及びエネルギーの削減効果を推計しました。なお、富良野市のエネルギーの削減量の推計では、全ての車両の内、乗用車をハイブリッド自動車に、トラックをメタノール自動車に、バスを天然ガス自動車に置き換えています。クリーンエネルギー自動車の利用による CO₂ 削減量は 14,093t となっています。

表 2-3-41 クリーンエネルギー自動車の導入によるエネルギー消費削減量

項目	単位	乗用車	トラック	バス	計
車両台数	台	15,603	3,720	126	19,449
一台当り消費エネルギーの平均値	10 ⁶ kcal/台	7.2	17.7	69.6	-
消費エネルギー量	10 ⁶ kcal/年	112,342	65,844	8,770	186,956
省エネ率	%	40	7	10	-
エネルギー削減量（利用可能量）	10 ⁶ kcal/年	44,937	4,609	877	50,423
CO ₂ 削減量	T	12,560	1,288	245	14,093

注：・乗用車：乗用・小型二輪車・軽自動車、トラック：貨物用・特殊車・大型特殊車、バス：乗合用

・CO₂削減量は、ガソリン（279.5×10⁻⁶kg/kcal）を使用。

出典：北海道市町村勢要覧（北海道統計協会、平成 19 年 10 月）

2.3.11 廃棄物エネルギー

廃棄物エネルギーを利用する方法は、廃棄物発電・廃棄物熱利用・廃棄物燃料製造（RDF：Refuse Derived Fuel）の3つに分けられます。富良野市では、固形燃料化（廃棄物燃料製造）を実施しており、固形燃料の生産量は平成15年度以降、約2,000～2,500tで推移しています（図2-3-12）。平成20年度の処理計画量としては、2,469t（生活系固形燃料ゴミ1,526t、事務系固形燃料ゴミ943t）を設定しています。

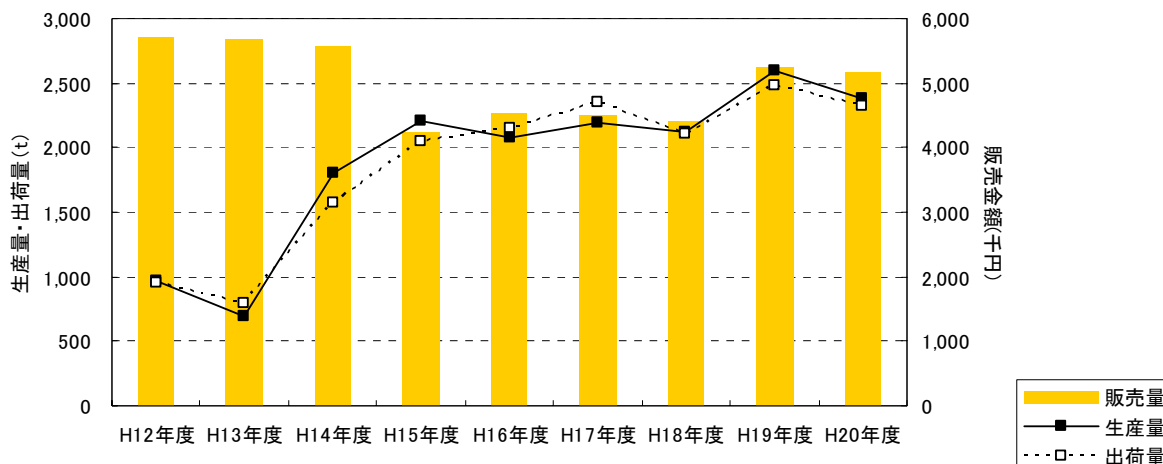


図2-3-12 固形燃料（RDF）の生産量、出荷量、販売金額の推移
出典：廃棄物の処理及びリサイクル事業概要（富良野市総務部、平成21年度）

固形燃料製造による発生エネルギーの利用可能量は $10,864 \times 10^6 \text{kcal/年}$ 、また、利用可能量に対応する CO_2 削減量は $3,075 \text{t}$ となっています。

表2-3-42 固形燃料によるエネルギー消費削減量

項目	単位	平成20年度
処理計画量	t	2,469
固形燃料の発熱量	kcal/kg	5,500
発生エネルギー賦存量	10^6kcal/年	13,580
ボイラ効率	-	0.8
発生エネルギー利用可能量	10^6kcal/年	10,864
CO_2 削減量	t/年	3,075

注： CO_2 削減量は、灯油（ $283.0 \times 10^6 \text{kg/kcal}$ ）を使用。
出典：固形燃料の発熱量は、富良野市リサイクルセンターの実績から設定。