

2.3 クリーンエネルギーの利用可能量調査

2.3.1 内容

(1)利用可能量

利用可能量は、次の定義に従って算出する。

項 目	説 明
利用可能量 (期待可採量)	エネルギー利用技術等の制約要因を考慮した上で、開発利用の可能性が期待される量。

(2) 算出法等

クリーンエネルギー賦存量調査に準じて算出する。

2.3.2 利用可能量の調査結果

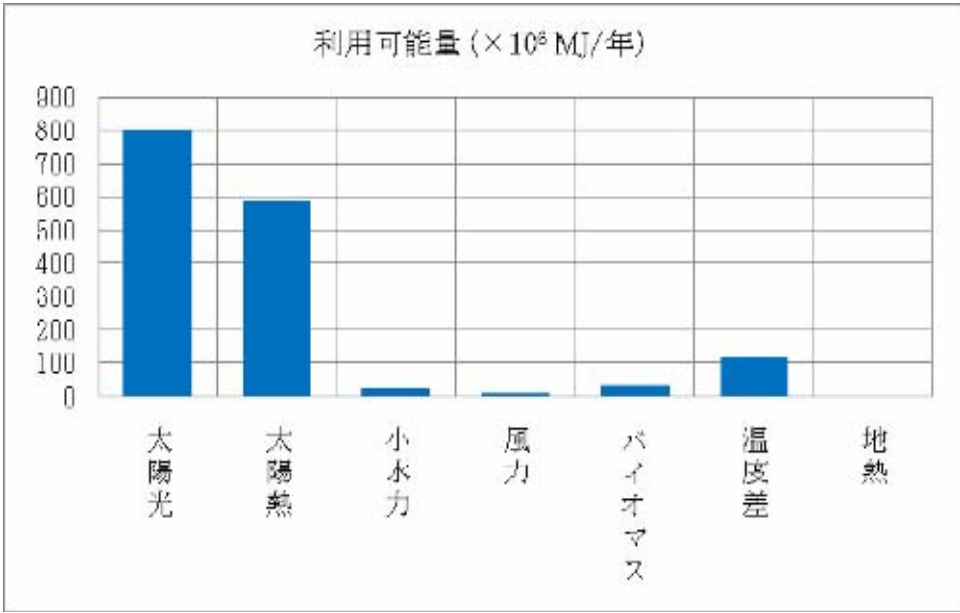
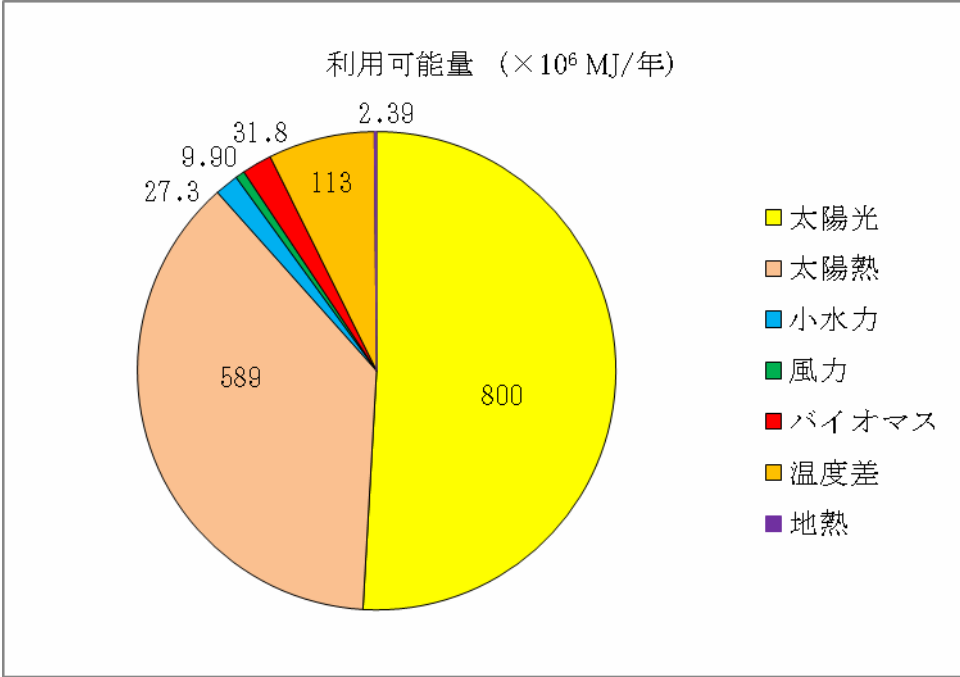
(1) 総括表

利用可能量の総括を次に示す。

種別	利用可能量 × 10 ⁶ (MJ/年)	電力量換算		頁	
		MWh ¹	世帯換算 ²		
太陽光	800	222,000	61,700	p76	
太陽熱	589	164,000	45,600	p77	
小水力	河川水	25.1	6,970	1,940	p78
	上水道	1.79	497	138	p78～p79
	下水道	0.15	42	12	P79
	工業用水	-	-	-	P79
	農業用水	0.27	75	21	p80
	合計	27.3	7,580	2,110	
風力	9.90	2,750	764	p81～p87	
バイオマス	農業	-	-	-	p88
	林業	27.6	7,670	2,130	p89～p90
	畜産	1.64	456	127	P91～p92
	生ゴミ	-	-	-	p90
	下水汚泥	1.51	419	116	p90
	廃食用油	1.04	289	80	p91～p92
	合計	31.8	8,830	2,450	
温度差	河川水	-	-	-	p92
	湧水	37.4	10,400	2,890	p92～p93
	下水道放流水	75.2	20,900	5,810	p93～p94
	合計	113	31,400	8,720	
地熱	2.39	664	184	p95～p96	
総合計	1,570	436,000	121,100		

*1 3.6MJ=1 kWh

*2 日本の一世帯当たりの年間電力消費量およそ 3,600kWh 「電気事業連合会 HP より」



(2) 利用可能量の集計

クリーンエネルギー利用可能量の集計(1/2)

種別	利用可能量 (×10 ⁶ MJ/年)	
太陽光	800	
	戸建住宅・共用住宅の 1/3 に設置、公共系建築物の 2/3、産業系建築物 1/3 を対象に算出	
	戸建住宅 3kW/戸、共用住宅 20kW/棟、公共・産業系建築物 0.0667kW/m ²	
太陽熱	589	
	戸建住宅・共用住宅の 1/3、公共系建築物の 2/3、産業系建築物の 1/3 を対象に算出	
	単位集熱面積(m ²)、戸建・共用住宅 5.0m ² /戸、公共・産業系建築物 0.1m ² /m ²	
小水力	河川水	25.1
		指定区間以外の流域で公共的な電気需要が見込める位置
	上水道	1.79
		若田・白川浄水場・小規模施設を除く、計画給水能力の 1/2 を対象とする。
		落差は若田発電所と同程度の 20m を落差とする。
	下水道	0.15
		高崎処理区を対象とする。
		落差は 1.0m と設定
	工業用水	—
管理が群馬県企業局であるので除外する		
農業用水	0.27	
	通年の水量が見込まれる位置の 1/2 を対象として、落差を 1.0m とする。	
合計	27.3	
風力	9.90	
	大型風車を計画する場合、道路に面する山林で、自然公園以外の位置に設置。風車間隔はローター直径の 10 倍とする。	
	小型風車は、公共系建築物 1000m ² 当り 1 基設置する。	

クリーンエネルギー利用可能量の集計(2/2)

種別		利用可能量 (×10 ⁶ MJ/年)
バイオマス	農業	—
		まとまった残さが期待できないので除外する
	林業	27.6
		保安林を除外した森林について、林道の両側 50m 範囲にある樹木の年間成長量に相当する発熱量
		樹木種別の単位発熱量を設定、林道密度(7.9m/ha)
	畜産	1.64
		市内の全ての家畜排せつ物から発生するメタンガス量の 1%に相当する熱量
		動物別にガス発生量原単位を設定
	生ゴミ	—
		生ゴミは焼却され、発電に利用されるので見込まない
下水汚泥	1.51	
	高崎処理区の全量を対象にメタンガスとして算定とする。	
	下水汚泥メタン発生量 4,700(kcal/m ³)	
廃食用油	1.04	
	廃食用油の回収実績からの推計値を BDF 化した場合の熱量	
合計	31.8	
温度差	河川水	—
		河川の流水の利用は、分布が広範囲であり利用しにくいこと、水利権の問題があること、河川環境への影響もあることより計画しない
	湧水	37.4
		榛名トンネルからの湧水から上水道利用量を除く 10%を対象
		月ごとの気温と放流水温の差を利用
	下水道放流水	75.2
高崎処理区の 10%を計画する。 月ごとの気温と放流水温の差を利用		
合計	113	
地熱	2.39	
	温泉等の熱エネルギー利用は難しい。	
総合計	1,570	

2.3.3 太陽光

(1) 算定条件

1) 単位導入規模

太陽光発電装置の設置場所を、住宅系建築物、非住宅系建築物及び未利用空間に分けて考え、設置位置別の単位導入規模を考慮して最大可採量を算出する。なお単位導入規模は、「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)に関する見直し検討委員会」報告書2009年6月(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構に準じるものとして、以下の通りである。

分野	単体量	摘要
住宅	3kW/戸 20kW/棟	戸建住宅(現状の住宅を対象) 共同住宅
公共系建築物	0.0667 kW/m ²	
産業系建築物	0.0667 kW/m ²	

2) 設置条件

利用可能量の算定は、次の条件について算定する。

利用可能量	戸建住宅・共用住宅の1/3に設置、公共系建築物の2/3、産業系建築物の1/3を対象に設置
-------	--

NEDO「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ」のシナリオを参考に設定した。

(1) 利用可能量の算定

算定した結果を次表に示す。

種別	数量	単位設備容量(kW)	1kW当たり年間発電量	年間発電量(MWh/年)
戸建住宅	33,921戸	3.0	1000kWh/年※	101,763
共用住宅	3,199棟	20.0		63,980
公共系建築物	524,700 m ²	0.0667		34,997
産業系建築物	323,300 m ²	0.0667		21,564
利用可能量合計				222,304

※太陽光発電システム1kW当たり年間発電量は約1,000kWh

太陽光発電協会HPより (<http://www.jpea.gr.jp/11basic05.html>)

熱換算すると

$222,304(\text{MWh/年}) \times 3.6(\text{MJ/kWh}) = 800 \times 10^6 (\text{MJ/年})$ となる。

利用可能量 = $800 \times 10^6 (\text{MJ/年})$

2.3.4 太陽熱

(1) 算定条件

1) 算式

太陽熱エネルギーの算定は次式で行われる。

$$\text{熱エネルギー} = \text{集熱面積} \times \text{集熱面日射量}$$

集熱面日射量 = 1,300,000kcal/m²・年、集熱効率は40% とする。

(ソーラーシステム振興協会資料より)

2) 利用可能量算定集熱面積および単位集熱面積

導入規模は太陽光に準じて、戸建住宅・共用住宅の1/3、公共系建築物の2/3、産業系建築物の1/3を対象に算出する。

単位集熱面積(m²)は、戸建・共用住宅5.0m²/戸、公共・産業系建築物0.1m²/m²とする。

種別	数量	単位集熱面積(m ²)
戸建住宅	33,921 戸	5
共用住宅	3,199 棟	5
公共系建築物	524,700m ²	0.1
産業系建築物	323,300m ²	0.1

(注1) 単位導入規模は、総合エネルギー調査会新エネルギー部会資料(2000)を準用する。

(2) 利用可能量の算定

種別	数量	単位集熱面積(m ²)	集熱面積(m ²)
戸建住宅	33,921 戸	5	169,605
共用住宅	3,199 棟	5	15,995
公共系建築物	524,700m ²	0.1	52,470
産業系建築物	323,300m ²	0.1	32,330
合計			270,400

利用可能量は、

$$\begin{aligned} \text{熱エネルギー} &= 270,400\text{m}^2 \times 1,300,000(\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{年}) \times 40\% = 140,608 \times 10^6 (\text{kcal}/\text{年}) \\ &= 140,608 \times 10^6(\text{kcal}/\text{年}) \times 4.186\text{kJ}/\text{kcal} = 589 \times 10^6 (\text{MJ}/\text{年}) \quad \text{となる。} \end{aligned}$$

利用可能量 = 589 × 10 ⁶ (MJ/年)

2.3.5 小水力

(1) 小水力(河川)

1)利用可能量

利用可能量は、指定区間以外の流域で公共的な電気需要が見込める河川におけるエネルギーとする。

1級河川指定区間以外における、河川及び沢における発電可能量の算定詳細は、「小水力発電実現可能性調査」184頁の表を参照。

利用可能量=796(kWh)

$$=796(\text{kWh}) \times 3.6(\text{MJ/kWh}) \times 24(\text{hr}) \times 365(\text{day}) = 25.10 \times 10^6 \quad (\text{MJ})$$

利用可能量=25.1 × 10 ⁶ (MJ)

(2) 上水道

1)推計方法

若田浄水場では、すでに小水力発電が実施されていること、白川浄水場では新規に小水力発電が計画中であることより、利用可能量の算出から除外する。また、日量 1,000m³ 以下の小規模施設は、水量が少なく発電に適さないことから除外する。残った施設の計画給水能力の 1/2 を対象とする。

名称	調査年度	計画給水能力 (m ³ /日)	摘要
剣崎浄水場	平成 17 年現在	5,500	
中島浄水場	平成 18 年現在	7,695	
宿横手浄水場	平成 17 年現在	2,185	
矢原浄水場	平成 18 年現在	2,032	箕郷支所管内
唐松浄水場		1,221	
松原総合配水場		5,020	
足門浄水場	平成 18 年現在	9,444	群馬支所管内
金古浄水場		8,069	
新町浄水場	—	6,397	新町支所管内
上里見浄水場	平成 18 年現在	4,111	榛名支所管内
下村浄水場		1,176	
白岩浄水場		1,144	
高浜浄水場		1,408	
岩崎浄水場	平成 18 年現在	8,250	吉井支所管内
八束浄水場		8,000	
合計		71,652	

2) 利用可能量の算定

対象流量の50%を利用可能量の算定に用いる。落差は若田発電所に準じて20mとする。

$$71,652\text{m}^3/\text{日} \times 50\% \div (24\text{hr} \times 60\text{min} \times 60\text{sec}) = 0.415\text{m}^3/\text{s}$$

$$0.415\text{m}^3/\text{s} \times 20\text{m} \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 = 81.3\text{kW}$$

$$81.3\text{kW} \times 24\text{hr} \times 365 \text{日} = 0.71 \times 10^6\text{kWh}/\text{年}$$

$$\text{利用可能量} = 0.71 \times 10^6(\text{kWh}/\text{年})$$

発電効率は70%とする。(平成21年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書(H22.3)環境省より)

$$\text{利用可能量} = 0.71 \times 10^6(\text{kWh}) \times 3.6(\text{MJ}/\text{kWh}) \times 70\% = 1.79 \times 10^6 \text{ (MJ)}$$

利用可能量 = 1.79×10^6 (MJ)/年

(3) 下水道

1) 算定条件の整理

高崎市内の下水道の内、高崎処理区(城南処理区、阿久津処理区)を対象として、放流水を想定して落差を1.0mとして算定する。平成20年度における晴天時における平均処理量等は次のとおりである。

	概要	処理量(m ³ /日)
現在晴天時処理能力	浄化センターが現在有する水処理能力	89,370
現在晴天時最大処理水量	晴天時に水処理施設に入った日最大処理水量	87,935
現在晴天時平均処理水量	実績日平均処理水量(過去1年実績)	61,044

(<https://www.city.takasaki.gunma.jp/soshiki/gs-soumu/gesuigaido/documents/sihyou20.pdf>)

2) 利用可能量の算定

利用可能量は、実績日平均処理水量を対象に算定する。

$$61,044\text{m}^3/\text{日} \div (24\text{hr} \times 60\text{min} \times 60\text{sec}) = 0.707\text{m}^3/\text{s}$$

$$\text{発電量} = 0.707\text{m}^3/\text{s} \times 1.0\text{m} \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 = 6.93\text{kW}$$

システム効率を70%とする。

$$6.93\text{kW} \times 24\text{hr} \times 365 \text{日} \times 70\% = 42,495\text{kWh}/\text{年}$$

$$\text{利用可能量} = 42,495\text{kWh} \times 3.6(\text{MJ}/\text{kWh}) = 0.15 \times 10^6(\text{MJ})$$

利用可能量 = 0.15×10^6 (MJ)

(4) 工業用水道

渋川工業用水道は、群馬県企業局が管理しているので、利用可能量は見込まないものとする。

(5) 農業用水

1) 算定条件

農業用水の内、通年の水量が見込まれる位置の 1/2 を対象とする。農業用水路の終端部を想定するので、落差を 1m とする。

長野堰、高崎西部、春日松原、群馬中部土地改良区を調査対象とする。

2) 利用可能量の算定

取水期間の内、最小流量を対象に賦存量を算定する。

$$\text{流量} \quad 1.500 \text{ m}^3/\text{s} + 0.60\text{m}^3/\text{s} + 0.704 \text{ m}^3/\text{s} + 0.113 \text{ m}^3/\text{s} = 2.917\text{m}^3/\text{s}$$

農業用水の標準的な落差は特にガイドライン等に示されていないが、一般的に落差を期待できるのは 1~2m 程度と推定されることから、潜在賦存量の算定には 1.0m の落差を設定する。

$$\text{電力量} \quad 2.917\text{m}^3/\text{s} \times 50\% \times 1.0\text{m} \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 = 14.3\text{kW}$$

$$14.3\text{kW} \times 24\text{hr} \times 365 \text{ 日} = 125,268\text{kWh}/\text{年}$$

システム効率 70%、設備利用率を 85.0% とする。

$$\text{利用可能量} = 125,268\text{kWh}/\text{年} \times 70\% \times 85\% \times 3.6 \text{ (MJ/kWh)}$$

$$= 0.27 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

利用可能量 = 0.27×10^6 (MJ/年)

(6) 小水力発電のまとめ

属性別の小水力発電の検討結果を次に示す。

属性	利用可能量 $\times 10^6$ (MJ/年)
河川・沢水	25.1
上水道	1.79
下水道	0.15
工業用水道	-
農業用水	0.27
合計	27.3

以上より小水力発電における利用可能量は、 27.3×10^6 (MJ/年) である。

なお、電力に換算すると、

$$27.3 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \div 3.6 \text{ (MJ/kWh)} = 7,580 \text{ (MWh/年)} \quad \text{となる。}$$

2.3.6 風力

(1) 算定資料の整理

1) 風力発電における発電量

風力発電の出力曲線の例を次に示す。

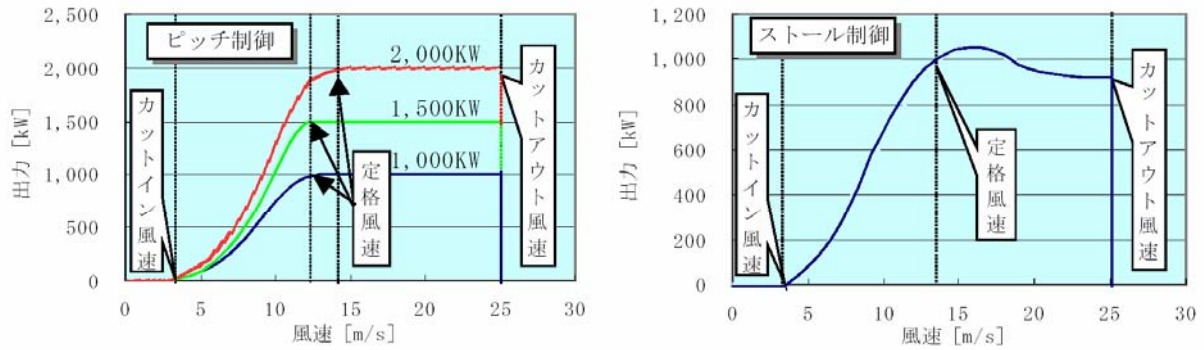
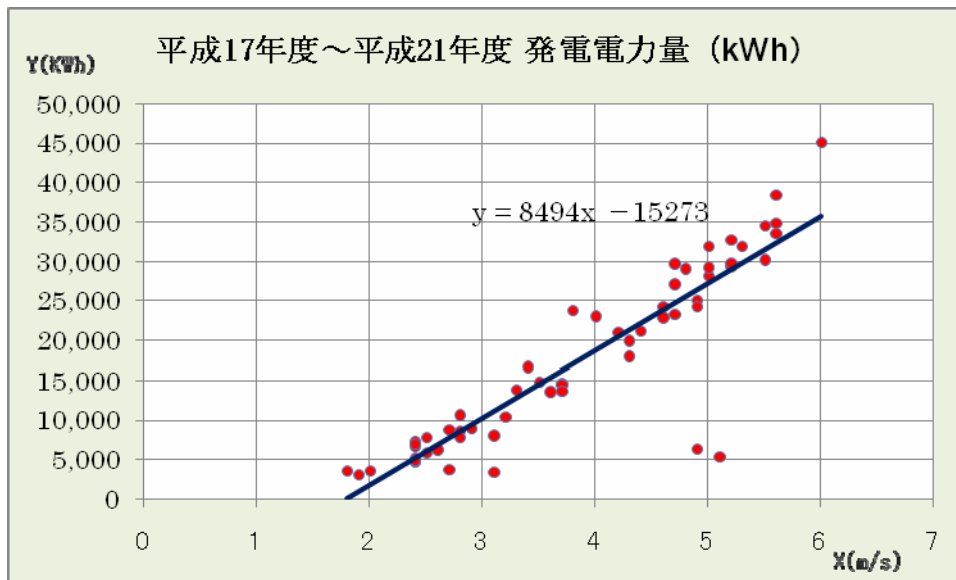


図 2.4-1 風力発電システムの運転特性（定格出力 1,000 ～2,000kW 機）

（出典：風力発電導入ガイドブック H17.5 NEDO）

風力発電では、一般的にカットイン風速以上で発電を開始し、カットアウト風速以上では発電が一定に保つように設定される。

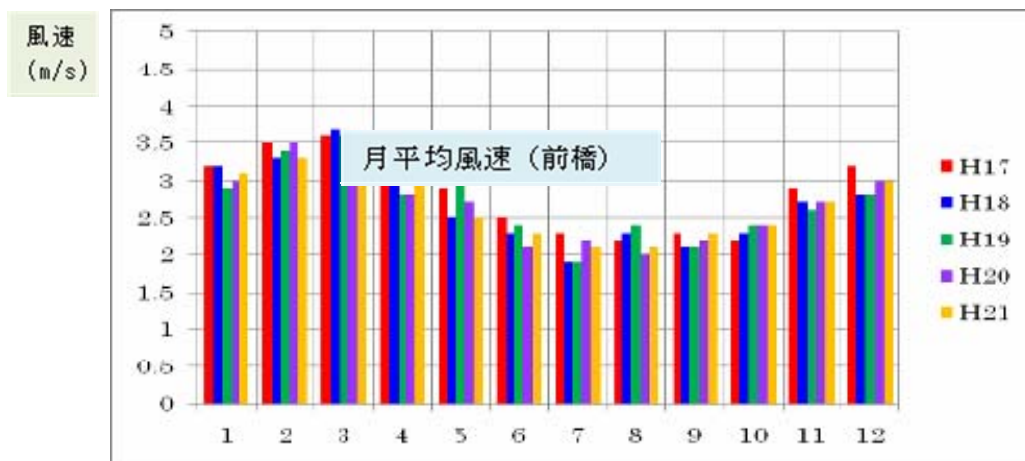
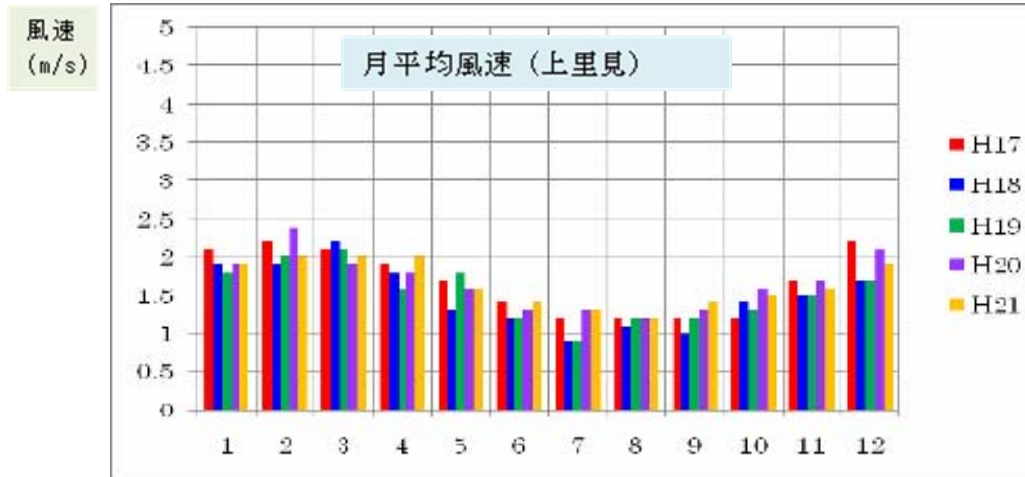
このため、概ね風速と発電量がカットイン風速とカットアウト風速の間では比例する。吉岡風力発電所の実績例を整理した結果を次に示す。



吉岡風力発電所における月別の供給電力量と平均風速を整理すると、概ね比例している。このため、高崎市内における発電量の推定は、風速条件を整理することにより行う。

2)市内の風速

市内の気象観測所は、上里見の1箇所であるので、この地点の観測データを整理する。なお、吉岡風力発電所に比較的近い前橋地点の観測所も合わせてデータ整理する。上里見地点と前橋地点における直近5年間における月別の平均風速を整理した結果を次に示す。

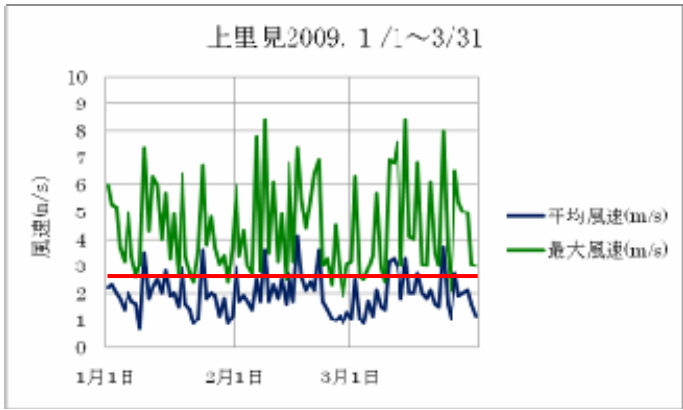


整理した結果は次のとおりである。

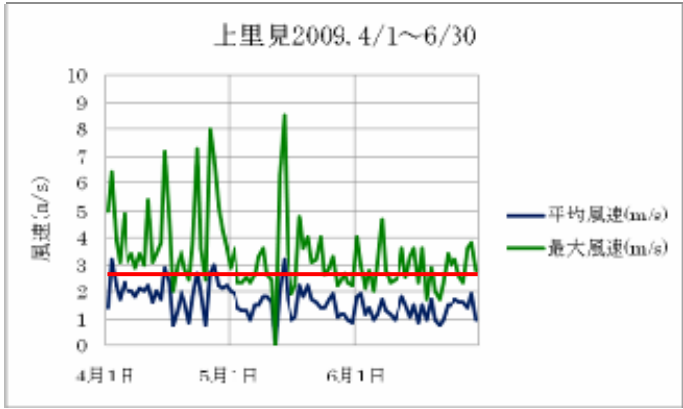
- 上里見地点と前橋地点の月別の風速の分布傾向は概ね同様であり、冬に強く夏に弱い傾向となっている。
- 上里見地点の月平均風速は、7月が最小で約1.0m/s、2月が最大で約2.0m/sである。
- 前橋地点の月平均風速は、7月が最小で約2.0m/s、2月が最大で約3.5m/sである。
- 上里見の年平均風速は1.6m/s、前橋の年平均風速は2.7m/sである。上里見の風速は前橋の約60%であり、風速が低くなっている。

次に、2009年について一日ごとに平均風速と最大風速を整理する。カットイン風速を2.5m/sと仮定し、赤線で表示した。

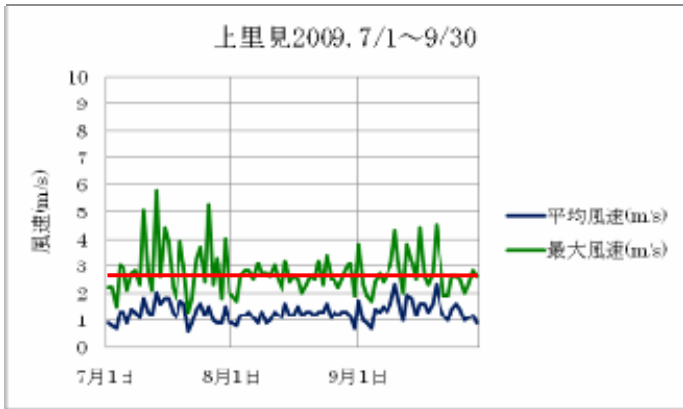
1月から3月末までは、比較的風速に恵まれている。



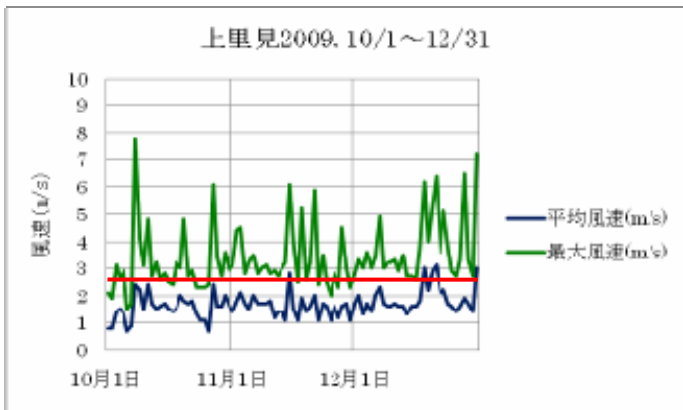
4月から5月中旬までの前半は、比較的風速に恵まれているが、後半の風速は低い。



7月は、比較的風速に恵まれているが、8~9月の風速は低い。



11月中旬までは、比較的風速が低いですが以降の風速は比較的恵まれている。



以上より、市内で風力発電を行う場合、低い風力を前提に計画する必要がある。

3) 風車施設計画

風車規模

代表的な商業風車の出力と大きさは、概ね次のとおりである。

風車定格出力(kW)	風車ロータ直径(m)	ハブ高さ(m)	規模分類
40	15	21	小型
100	21	24	中型
600	45	40	中型
1,000	60	60	大型
2,000	90	80	
4,500	114	124	

市内の山地を中心に設置するので、資材運搬等の施工性を考慮して中型風車（600kW 級）を選定する。

(2) 発電量

1) 1 基当り発電量

期待される発電量は、吉岡発電所の実績発電量を参考に試算する。算定条件は次のとおりとする。

- 市内の平均風速は 1.6m/s、前橋の平均風速は、2.7m/s であり、吉岡発電所位置の約 60%である。
- 風力エネルギーは風速の 3 乗に比例する。
- 風車設置位置の高さは、吉岡発電所が 41.5m であるため、今回計画するものと概ね同等であるので、設置高さの風速補正を行わない。
- 発電出力は定格出力に比例する。
- 吉岡発電所の年間供給電力量は、約 210,000kWh である。

以上より、市内に 600kW 級の中型風力発電機を設置した場合の 1 基当り年間発電量は、概ね次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{1 基当り年間発電量} &= 210,000\text{kWh} \times (1.6^3/2.7^3) \times (600\text{kW}/300\text{kW}) \\ &= 87,000\text{kWh} \end{aligned}$$

600kW 級中型風力発電機 1 基当り年間発電量 ≒ 87,000kWh

(3) 小型風車の検討

1) 基本条件

小型風車を利用した発生電力の実績データが少ない状況にあるが、平均風速が 1.1m/s と小さい例での発電実績もあるので、小型風力発電も市内で可能であると考えられる。ただし、平均風速が 1.1m/s であっても、最大風速は 5~6m/s 程度以上ないとカットイン風速の条件から発電は困難である。

上里見観測所と同程度の高さで小型風車を設置する場合、年間の風速データ及び 2009 年 1 月の時間別風速データから判断すると、発電は可能であるが発生電力量は少ないことが想定される。

上里見観測所の風速データ(2009/1)例

2009年1月		風速が2.5m/s以上の時間																													
時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0.8	1.2	1.2	1.4	1.5	0.5	0.5	1.9	1.8	1.6	2.5	2.1	1.7	2.3	2.7	1.9	2.2	2.4	2.1	0.7	2.5	0	0.3	2.4	1.2	2.4	2.2	1	2.1	1.4	0.6
2	1	1.4	1.3	0.8	1.5	1.8	1.7	1.4	1.3	2.3	2.7	2.6	2	1.5	3.7	2	3.2	2.2	1.5	1.4	1.7	1	0.2	3.6	1.4	2.6	2.9	1	1.7	2.2	0.7
3	1	1.6	0.7	1.9	1.8	2.1	1.9	1.7	1.2	2.6	2.2	2.1	1.5	1.4	3.4	2.1	2.1	1.6	0.6	1.4	1.6	0.9	0.3	1.9	1.7	2.2	2.5	1.4	2.7	2.1	0.8
4	2.4	1.5	1	1.4	1.4	1.4	2.2	1.5	2.4	3.2	2.7	2.5	0.6	1.8	4.5	2	2.2	2.1	1.1	0.7	1.8	1	0.2	3.8	2.6	2.1	2.4	0.4	2	1.6	0.8
5	2.1	2.3	2.1	1.2	1.3	2	0.9	1.6	0.5	3	2.3	1.9	2	1.6	2.7	2.2	2.1	1.8	1.1	1.6	1.4	0.6	0.1	5.1	2.1	1.2	2.3	0.7	1.5	1.9	0.9
6	0.6	3.6	1.3	2.2	1.7	1.3	1.2	1	0.1	1.1	1.6	2.3	1.1	2.1	1.5	2.1	1.7	1.6	1.6	1.4	1.3	1.2	0.6	4.5	1.8	1.5	2.5	1.5	2.4	0.7	1
7	1.2	1.8	1.2	2.9	1.6	1.6	2.4	0.9	0	3.1	0.8	2.6	3	2.6	0.7	2	2.1	1.9	2	0.6	1.3	1.1	0.3	2.9	1.3	1.1	0.6	0.7	2	1.4	1.4
8	0.8	1.7	1.5	1.4	0.9	1.2	2.2	0.9	0	3	0.8	2.6	0.7	1.6	0.5	2.1	2	1.3	2.9	0.7	0.8	1	0.4	5.6	2.2	2	1.6	0.2	1.9	0.5	1.4
9	1.2	3.3	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	0.7	0	4.1	1.4	2.5	1.4	2.2	3	1.7	0.9	0.3	2	1.4	1	1.6	0	5	0.7	1.4	2.7	0.3	2.4	1.2	0.5
10	3.2	2.8	4.4	3	0.9	3.7	2.5	1.6	0	5.5	1.5	2.1	3.9	0.6	4.2	0.4	1.6	1.8	2.3	3.1	0.9	1.5	0.7	4.4	1.5	2	2.6	0.8	1.3	1.4	1.4
11	2.4	4.2	3.7	2.2	1	3.5	1.9	2	0.8	4.8	3.6	0.9	3.4	1.4	5.7	1.6	1.8	1.6	3.5	3.1	1	0.7	0.9	3.5	2.2	3	2.2	1	1.2	0.5	1.2
12	5	4.5	3.1	2.3	2.2	2.2	1.8	1.5	0.3	6.4	3	1.1	4.3	1.6	5.4	1.2	1.7	1.8	2.5	2.6	1.7	2.4	1.5	5	1.4	2.4	1.8	1	1.9	1	0.9
13	4.8	3.9	3.2	2.2	2.4	4	1.3	1.9	0.9	5.4	1.6	1.7	5.8	1.9	4.5	1.2	3.6	1.6	5.7	2.1	1.3	1.4	1.7	6	1.6	4.4	1.1	1.1	1.8	0.7	2.6
14	5.1	3.7	3.6	2.8	1.6	3.9	1.4	1.8	1.3	5.5	2.1	4.3	4.7	2.3	5.1	2	4.2	1.7	5.2	1.8	2.1	1.1	1.4	6.7	2.2	4	1.8	1.4	2.4	0.3	1.3
15	4.3	3.3	2.3	2.3	2.1	3.4	1.2	1.4	0.6	5.5	1.4	3	3.6	1.8	4.7	2.1	3.6	1.1	4.6	1.6	2.2	1	2.1	4.2	2.9	2.7	2.2	1.4	1.8	0.7	0.7
16	2.9	4.5	2.7	2.2	1.4	4.1	1.3	1.2	0.5	4.7	1	2.4	4.2	1.8	4.3	1.3	2.9	1.5	4.4	1.8	1.6	0.8	0.6	4.1	1.8	1.8	2.3	1.6	1	0.4	3.2
17	1.2	1.9	1.2	3.3	0.7	2.6	1.4	1.7	0.4	3.8	0.4	2.5	1.8	1.4	3.3	1.6	1.5	0.6	3.9	0.7	1	0.3	0.7	3.9	1.2	2.7	1.1	1.3	0.7	0.3	3.1
18	1.6	0.7	0.9	0.9	0.7	2.1	1.7	1.6	0.7	3.9	1	2.5	2.4	1.8	2.5	1.6	1	1.5	5.6	0.8	0.7	0.3	0.8	3.5	1.6	0.4	1.4	2	1.9	0.8	0.8
19	1.6	1.9	1.1	1.5	1.3	1.9	1.5	1.6	0.4	2.3	1.6	2.1	1.3	2.6	0.8	1.9	0.9	1.3	2.9	0.9	1.2	0.7	1.9	3.8	1.9	0.6	1.4	2.3	2.7	0.7	1.6
20	1.2	1.6	1.5	2	1.3	1.5	2.6	2.2	0.7	3.5	1.5	1.1	2.2	3.8	0.6	1.8	1	2.6	3.2	1.2	0.9	0.2	2	2.9	2.8	1.1	1.2	2.5	2.2	0.8	1.5
21	1.3	0.9	1.6	1.1	1	1.1	2.6	2.1	0.3	3.1	1.6	1.6	2.5	3	0.8	2.3	1	1.2	2.4	2	1.4	0.3	1.6	2.8	2.5	0.7	1.5	2.3	1.8	0.2	1.1
22	1.4	1.3	1.2	1.5	1.2	1.2	1.9	0.7	0.7	2.6	1.2	2.3	2.6	2.7	1	2.4	1.9	0.7	2.5	1.7	0.7	1	1.7	1	1.6	1.5	1.4	1.7	2	0.2	1.3
23	1.8	1.3	1.8	1.8	0.4	1.6	2.3	1.9	0.2	1.3	1.4	1.9	2.4	2.6	1	3.1	1.1	1	2.9	1.6	1.2	0	1.5	1.2	1.6	0.9	1.9	1.4	1.3	0.5	1.1
24	1.3	1.1	0.9	2	1	1.5	2.1	1.8	1.7	2.1	2.1	1.9	2.4	2.3	1.2	2	2.2	1	2.9	2.3	0.5	0.2	2.7	0.6	1.7	2	0.6	1.6	1.2	0.6	1.5

(注) カットイン風速を 2.5m/s とした場合、着色部が発電する時間である。

2.5m/s 以上の時間は、T=164 時間であり風車稼働率は、約 22%と低くなる。

【参考資料】(風力エネルギー)

風は空気の流れであり、風の持つエネルギーは運動エネルギーである。質量 m 、速度 V の物質の運動エネルギーは $(1/2) \cdot m \cdot V^2$ で表される。受風面積 $A(m^2)$ の風車を考えると、この面積を単位面積あたりに通過する風速 $V(m/s)$ の風のエネルギー (風力パワー) $P(W)$ は、空気密度を (kg/m^3) とすると次式で表される。

$$P = (1/2) \cdot m \cdot V^2 = (1/2) \cdot (\rho \cdot AV) \cdot V^2 = (1/2) \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

風力エネルギーは、受風面積に比例し、風速の 3 乗に比例する。

2) 小型風力発電による発電量

実現可能性を考慮して、公共系の建築物 1000m² 当りに、1 基の小型風力発電施設を設置する。発電規模は、汎用規模として 1kW 級とする。

$$1 \text{ 基当り年間発電量} = 1\text{kW} \times 24\text{hr} \times 365 \text{ 日} \times \text{稼働率 } 22\% = 1927 \text{ kWh}$$

公共系の建築物面積は、524,700m² であるので、設置可能台数は次のとおりである。

$$N = 524,700\text{m}^2 \div 1000\text{m}^2/\text{基} = 525 \text{ 基}$$

よって小型風力発電機による発電量は、

$$525 \text{ 基} \times 1,927\text{kWh} = 1,010,000\text{kWh} \quad \text{となる。}$$

熱量に換算すると

$$1,010,000(\text{kWh}/\text{年}) \times 3.6(\text{MJ}/\text{kWh}) = 3.64 \times 10^6(\text{MJ}/\text{年}) \quad \text{となる。}$$

利用可能量 (小型) = $3.64 \times 10^6(\text{MJ}/\text{年})$

3) 合計発電量

中型発電機を山間部に、小型発電機を公共施設に設置した場合の、利用可能量は次のとおりである。

$$\text{利用可能量合計} = (6.26 + 3.64) \times 10^6(\text{MJ}/\text{年}) = 9.90 \times 10^6(\text{MJ}/\text{年})$$

利用可能量 (合計) = $9.90 \times 10^6(\text{MJ}/\text{年})$

2.3.7 バイオマス

(1) 農業バイオマス

市内の主要作物からの収穫量に対する非食用部（残さ）は、次のとおりである。

種 別	収穫量(t)
水稲	9,410
小麦	3,057

(<http://www.machimura.maff.go.jp/machi/map2/10/202/agriculture.html>)

その他では、果樹として梅や梨の生産が多いが、非食用部（残さ）は少ない傾向にある。稲や麦は収穫時において、集穫物以外の部位は農地に還元されるため、残さの利用は難しい。またモミ殻は、収集して土壌改良材等に用いられているため、農業バイオマスの利用可能量は、ほとんど見込めないため、利用可能量の算定は行わない。

(2) 林業バイオマス

1) 算定条件

市内の森林面積は次の通りである。

【林野面積合計】単位 ha	21,219
国有林	3,839
林野庁	3,385
その他官庁	454
民有林	17,380
緑資源公団	783
公有林	2,778
私有林	13,819
現況森林面積	20,851
森林以外の草生地	368

農水省統計 (<http://www.machimura.maff.go.jp/machi/map2/10/202/forestry.html>) より。市内の森林面積における人工林率は55%であり（群馬県西部環境森林事務所資料）、人工林は針葉樹が主体である。よって、針葉樹林と広葉樹林の推定面積及び保安林を除く森林面積は、次のとおりである。

区 分	森林面積(ha)	保安林を除く森林面積(ha)
針葉樹	11,468	6,881
広葉樹	9,383	5,630
合計	20,851	12,511

なお、高崎市内の保安林率は、次のとおりである。

保安林面積（単位 林野面積：ha 率：％ 平成21年6月1日現在）

区分	民有林面積	国有林面積	合計	保安林率
高崎市	6,724	1,816	8,540	40
安中市	4,214	5,807	10,021	59.4
合計	10,938	7,623	18,561	48.5

出典：平成20年度版群馬県森林林業統計書

次に、群馬県西部環境森林事務所で所管する森林における、林道密度は7.9m/haであるので、市内における林道延長は、次の様に推定される。

$$\text{林道総延長} = 12,511(\text{ha}) \times 7.9(\text{m/ha}) = 98,800\text{m}$$

利用可能量の算定は、林道の片側50m（両側で100m）の範囲が利用しやすい範囲として計画する。以上より、利用可能範囲における森林面積は次のとおりに推定され、得られるエネルギー量は次のとおりである。

$$A = 98,800\text{m} \times 100\text{m} = 988\text{ha}$$

区分	面積(ha)	年間森林成長量(t/ha・年)	年間成長量(t/年)	単位発熱量(MJ/t)	賦存量(MJ/年)
針葉樹	543	3.1	1,683	19,780	33,290,000
広葉樹	445	2.6	1,157	18,880	21,844,000
合計	988	-	-	-	55,134,000

(注1) 単位発熱量は、NEDO「新エネルギーガイドブック」による。

(注2) 年間成長量は、2000年世界農林業センサス（林業編）による。

(注3) 年間成長量の50%がバイオマスエネルギーに利用可能とした。

以上より、利用可能量は、 55.1×10^6 (MJ/年) \times 50% = 27.55×10^6 (MJ/年) である。

利用可能量 = 27.6×10^6 (MJ/年)

(3) 畜産系バイオマス

1) 算定条件

家畜の排せつ物は肥料化され流通していること、畜産施設は点在するのでまとまった利用がしにくい状況にある。このため、利用可能量は市内の全家畜の排せつ物から発生するメタンガス量の1%として算定する。

$$\text{潜在賦存量} = 205.425 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

2) 利用可能量の算定

利用可能量は、排せつ物をメタン発酵して電熱利用した場合の発電量・熱利用量として算定するものとして、変換効率を70%とする。

$$\begin{aligned} \text{利用可能量(MJ/年)} &= \text{賦存量(MJ/年)} \times \text{利用率(1\%)} \times \text{変換効率(80\%)} \\ &= 205,425,000(\text{MJ/年}) \times 1\% \times 80\% \\ &= 1,643,400(\text{MJ/年}) \end{aligned}$$

利用可能量 = 1.64×10^6 (MJ/年)

なお、県内の農地は窒素分が過剰の傾向にあり、家畜の排せつ物を農地に還元する方法は限界を迎えている状況となっている。このため、エネルギー利用や肥料化して地区外へ流通されることが望まれている。

【参考】 農林水産省統計資料（市内の畜産統計）

(<http://www.machimura.maff.go.jp/machi/map2/10/202/agriculture.html>)

【畜産・養蚕】

畜産	飼養戸数	飼養頭（羽）数
乳用牛	78 戸	4,040 頭
肉用牛	68 戸	2,880 頭
豚	48 戸	46,130 頭
採卵鶏	8 戸	731 千羽
ブロイラー	... 戸	... 千羽

	養蚕農家数	収繭量
養蚕	... 戸	... kg

注：1 「採卵鶏」の飼養戸数は種鶏のみの飼養者を除いています。

また、飼養羽数は種鶏を除く成鶏めす（6か月以上）羽数です。

2 一部市町村で下一桁を四捨五入しているため、5戸未満は「0」の場合があります。

(4) 生ゴミバイオマス

市内の生ゴミは、高浜クリーンセンター及び吉井クリーンセンターで焼却処分されている。高浜クリーンセンターでは発電や熱の供給に寄与し、吉井クリーンセンターでは廃熱利用が行われている。これらの状況から、利用可能量の算定の対象から除外する。

なお、市内の給食の残飯の一部は肥料化され、再利用が行われているがその規模は小さい状況にある。

(5) 下水汚泥等

1) 算定条件

利用可能量の算定は、下水道（高崎処理区）の汚泥から発生するメタンガスを検討の対象とする。なお現状では、阿久津処理場で脱水ケーキは焼却処分されている。

高崎処理区の汚泥量は、平成 19 年度の阿久津処理場の脱水ケーキ量から、12,806.6t とする。

(出典：平成 19 年度高崎市公共下水道事業報告書)

2) 利用可能量の算定

$$\begin{aligned} \text{下水道汚泥賦存量} &= \text{下水道汚泥量(t/年)} \times \text{下水汚泥 1t 当りメタン発生量} \\ &\quad \times \text{発生ガス発熱量} \times 4.186(\text{kJ/kcal}) \\ &= 12,806.6\text{t} \times 6\text{m}^3/\text{t} \times 4,700(\text{kcal/m}^3) \times 4.186(\text{kJ/kcal}) \\ &= 1.51 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \end{aligned}$$

以上より、発生する熱エネルギーは 1.51×10^6 (MJ/年) である。

利用可能量 = 1.51×10^6 (MJ/年)

(6) 廃食用油

1) 算定条件

家庭用の廃食用油の回収量を、BDF 化した場合の熱量を対象に算定する。

(注) BDF 化：バイオディーゼルフューエルの略で、生物由来油から作られるディーゼルエンジン用燃料の総称(Bio Diesel Fuel)を B D F といわれる。

2) 廃食用油の回収実績

市内の一部地区等では、平成 20 年度から市民団体により廃食用油の回収が実施されている。回収実績を次に示す。

回収実績（単位：リットル）

年 度	20 年度	21 年度
豊 岡 公 民 館	103.0	336.5
城 址 公 民 館	142.5	114.5
城 東 公 民 館	146.0	222.0
中 居 公 民 館	164.0	276.0
倉賀野公民館	249.6	403.5
南八幡公民館	39.8	41.2
塚沢公民館	-	367.5
堤ヶ岡公民館（群馬）	-	480.0
計	844.9	2,241.2

また、シルバー人材センター環境基金が実施している廃食用油回収実績値を次に示す。

設置場所	19年度	20年度	21年度
シルバー人材本部駐車場	100.0	717.0	1,336.0
大類中学校	-	86.0	385.0
万寿屋山名店	-	632.0	1,674.0
シルバー人材新町連絡所	-	100.0	599.0
高崎市くらしの会	-	672.2	2,183.2
高崎遊技場組合(パチンコ店)	-	-	759.0
合計	100.0	2,207.2	6,936.2

以上に示した結果、平成22年度の回収量は、 $2,241.2+6,936.2=9,177.4$ リットルとなっている。油の比重を0.9とすると、 $9,177.4 \times 0.9=8,200\text{kg}$ となる。

3) 利用可能量の算定

市内の回収は、概ね人口の30%程度の地区で実施されているので、回収見込み量は、次のとおりである。

$$\text{廃食用油熱量利用可能量} = 8,200(\text{kg/年}) \times 38.2(\text{MJ/L}) \div 0.3 = 1.04 \times 10^6 (\text{MJ/年})$$

以上より、廃食用油の利用可能量は、熱量で 1.04×10^6 (MJ/年) である。

利用可能量 = 1.04×10^6 (MJ/年)

(7) バイオマスエネルギーのまとめ

利用可能量をまとめると次のとおりである。

種別	利用可能量($\times 10^6$ MJ/年)
農業	—
林業	27.6
畜産	1.64
生ゴミ	—
下水道汚泥等	1.51
廃食用油	1.04
合計	31.8

バイオマスエネルギーを集計すると、次のとおりである。

利用可能量 = 31.8×10^6 (MJ/年)

2.3.8 温度差

(1) 河川水の検討

河川水の利用は多岐にわたって利用されており、熱利用する場合には水利権等をはじめとして、様々な利害関係者との調整が見込まれる。また、河川環境上の問題も有することから、利用可能量として検討を行わないものとする。なお、市内における主な河川は烏川であり、流量的にも多くない事から、水温と気温の差は少なく、温度差利用の観点からやや不利な条件となっている。

(2) 湧水の検討

市内にまとまって賦存する湧水は、榛名トンネルからの湧水であるので、本検討の対象とする。本湧水は、三ツ寺公園等に導水されている外、唐沢川に落水している。

1) 計画条件

利用可能量は、現状における湧水量の10%を利用するものとする。

年平均湧水量=65,000m³/日

2) 温度差

気温データは、河川水と同様に前橋気象台のデータを利用する。湧水の水温は年間を通じて変動が少ないと思われるが、データが不足しているため夏には15℃、冬には10℃程度と推定されるので、推定値を利用する。

3) 全エネルギー量

湧水の全量から得られるエネルギーを次に示す。

月	気温	水温	温度差	水量 (m ³)	比重 (kg/m ³)	低圧比熱 (MJ/kg)	エネルギー (MJ/月)
1	3.1	10	6.9	2,015,000	1,000	0.004186	58,200,100
2	3.8	10	6.2	1,820,000	1,000	0.004186	47,234,800
3	6.4	10	3.6	2,015,000	1,000	0.004186	30,365,200
4	11.3	10	1.3	1,950,000	1,000	0.004186	10,611,500
5	15.2	10	5.2	2,015,000	1,000	0.004186	43,860,900
6	18.5	15	3.5	1,950,000	1,000	0.004186	28,569,500
7	21.4	15	6.4	2,015,000	1,000	0.004186	53,982,700
8	22.0	15	7.0	2,015,000	1,000	0.004186	59,043,500
9	19.0	15	4.0	1,950,000	1,000	0.004186	32,650,800
10	14.0	15	1.0	2,015,000	1,000	0.004186	8,434,800
11	9.3	10	0.7	1,950,000	1,000	0.004186	5,713,900
12	4.9	10	5.1	2,015,000	1,000	0.004186	43,017,400
			合計	24,736,050		合計	421,690,000

4)利用可能量

湧水量の内、高崎市の上水道で利用している水量（約 $2.77 \times 10^6 \text{ m}^3$ ）を除く水量から得られるエネルギーの10%を利用可能量とする。

$$\begin{aligned} \text{利用可能量} &= (24.74 - 2.77) / 24.74 \times 421,690,000 (\text{MJ}/\text{年}) \times 10\% \\ &= 37.4 \times 10^6 (\text{MJ}/\text{年}) \end{aligned}$$

利用可能量 = 37.4×10^6 (MJ/年)

(3) 下水道

1)算定条件

高崎処理区（城南処理場、阿久津処理場）における処理量の10%を対象として、利用可能量を算定する。（高崎市下水道事業H19より）

(9) 月別・水処理センター別下水処理量

処理場名 項目	阿久津					城南					南		榛名湖	
	処理水量 m ³	沈砂量 t	スクリーン かす量 t	脱 水 ケーキ量 t	焼却灰 t	処理水量 m ³	沈砂量 t	スクリーン かす量 t	処理水量 m ³	スクリーン かす量 t	脱 水 ケーキ量 t	処理水量 m ³	スクリーン かす量 t	脱 水 ケーキ量 t
19年 4	1,041,913	0.376	0.740	1,141.4	33.8	562,530	0	3.735	13,638	0	1.92			
5	1,124,342	0.594	0.696	1,117.6	38.8	612,773	0	3.735	16,134	0.220	2.08			
6	1,298,939	0.792	0.798	1,020.6	39.5	708,870	1.860	1.010	16,902	0.070	2.52			
7	1,879,776	3.036	1.542	1,102.2	34.2	1,081,107	0	2.790	16,123	0.150	1.28			
8	1,817,886	2.830	1.200	919.7	38.7	847,573	19.180	1.495	17,433	0.115	3.64			
9	2,100,825	3.138	1.126	889.5	40.6	1,195,793	6.680	1.605	24,331	0.100	0.96			
10	1,486,414	1.802	1.236	986.5	16.7	770,212	2.340	2.915	17,118	0.115	3.32			
11	1,236,935	0.868	1.338	990.7	25.8	593,500	3.210	4.220	15,137	0.190	1.18			
12	1,043,480	0.840	1.282	1,182.3	26.1	564,983	1.660	2.015	15,412	0.125	1.76			
20年 1	1,025,026	0.728	1.180	1,140.6	26.8	482,047	0	2.180	14,368	0.115	0.00			
2	989,552	0.882	1.066	1,106.7	25.0	471,135	2.530	1.575	15,955	0.085	0.00			
3	1,097,841	0.386	1.230	1,208.8	25.2	505,349	0.290	2.345	14,856	0.240	0.00			
計	16,142,929	16.272	13.434	12,806.6	371.2	8,395,872	37.750	29.620	197,407	1.525	18.66			

$$\text{阿久津処理量} = 16,142,929 (\text{m}^3/\text{年}) + \text{城南処理量} = 8,395,872 (\text{m}^3/\text{年})$$

$$= 24,538,801 (\text{m}^3/\text{年})$$

$$10\% \text{流量} = 24,538,801 (\text{m}^3/\text{年}) \times 10\% = 2,453,880 (\text{m}^3/\text{年})$$

放流水の水温は、賦存量調査と同様に、6月から10月において25℃、11月から5月において16℃と設定する。

2)利用可能量の算定

気温は前橋気象台の月平均気温として温度差を算出し、エネルギーを試算する。

月	気温	水温	温度差	水量	比重	低圧比熱	エネルギー
				(m ³)	(kg/m ³)	(MJ/kg)	(MJ/月)
1	3.1	16	12.9	208,412	1,000	0.004186	11,254,100
2	3.8	16	12.2	188,243	1,000	0.004186	9,613,400
3	6.4	16	9.6	208,412	1,000	0.004186	8,375,200
4	11.3	16	4.7	201,689	1,000	0.004186	3,968,100
5	15.2	16	0.8	208,412	1,000	0.004186	697,900
6	18.5	25	6.5	201,689	1,000	0.004186	5,487,700
7	21.4	25	3.6	208,412	1,000	0.004186	3,140,700
8	22.0	25	3.0	208,412	1,000	0.004186	2,617,200
9	19.0	25	6.0	201,689	1,000	0.004186	5,065,600
10	14.0	25	11.0	208,412	1,000	0.004186	9,596,500
11	9.3	16	6.7	201,689	1,000	0.004186	5,656,600
12	4.9	16	11.1	208,412	1,000	0.004186	9,683,800
				2,453,880		合計	75,160,000

$$\text{利用可能量} = 75.2 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

(4) 温度差エネルギーのまとめ

利用可能量を試算した結果を次に示す。

	利用可能量 (MJ/年)
河川水	—
湧水	37.4×10^6
下水道放流水	75.1×10^6
合計	113×10^6

2.3.9 地熱

(1) 地熱エネルギーの検討

地熱エネルギーは発電の外、熱利用が考えられる。地熱発電は市内の熱水資源資料が無いことから検討は困難なので、利用可能量として市内の温泉施設等における熱利用を対象とする。

市内の温泉等の施設を次の表に示す。

(高崎市内の温泉等一覧表)

番号	施設名称	所在地	分類	泉温 ()	湯量 (L/min)
1	亀沢温泉	倉渕町川浦 2294	旅館	42.0	80
2	倉渕温泉 長寿の湯	倉渕町権田 2236	旅館	31.0	90+217
3	高崎観音山鉱泉 錦山荘	石原町 2892	旅館	-	-
4	榛名湖温泉ゆうすげ元湯	榛名湖町 846-3	旅館	37.2	-
5	坂口温泉 小三荘	吉井町坂口 7 2 3	旅館	17.0	-
6	アパホテル 高崎駅前	八島町 232-8	ホテル	-	-
7	ふれあい館 せせらぎの湯	倉渕町水沼 27	日帰り	62.0	-
8	倉渕福祉センター	倉渕町岩氷 19-1	日帰り	61.8	-
9	はまゆう山荘	倉渕町三ノ倉 303	保養施設	45.0	-
10	京ヶ島天然温泉 湯都里	島野町 890-3	日帰り	55.5	468
11	高崎中尾温泉 天神の湯	中尾町 329-1	日帰り	56.3	700
12	さくらの湯	下和田町 1-10-3	日帰り	-	-
13	三福温泉 TESLA	八千代町 2-3-6	日帰り	-	-
14	群馬温泉 やすらぎの湯	金古町 1767	日帰り	58.0	-
15	ハルナ温泉スパハウス悠遊湯	榛名山町八本松 8-4	日帰り	40.0	-
16	サンエイの湯 (閉鎖中)	箕郷町上芝 853	日帰り	45.3	170
17	梅香温泉	中室田町 5983	保養施設	-	-
18	湯端温泉 (休業中)	吉井町多比良 3309	日帰り	-	-
19	吉井温泉 (廃業)	吉井町多比良 2483-1	日帰り	-	-

(注) 泉温及び湯量は、それぞれの施設のホームページ等からの引用である。

(2) 利用可能量

利用可能量の推計は、次の仮定条件に基づいて行う。各施設の水温を 50℃、湯量を 200L、19 箇所がエネルギーとして、総熱エネルギーを試算すると次のとおりである。

$$\text{熱エネルギー} = 19 \text{ 箇所} \times 50 \text{ } \times 200\text{L/min} \times 60 \times 24 \times 365 / 4.186 = 23.9 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

温泉等の利用が優先されるので、利用可能量として熱エネルギーの 10%を見込む。

$$23.9 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \times 10\% = 2.39 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

利用可能量 = 2.39×10^6 (MJ/年)
