

第2章 クリーンエネルギー資源の賦存量、利用可能量等の調査と計画策定

2.1 クリーンエネルギー賦存量調査

2.1.1 調査目的

高崎市内全域を対象として、クリーンエネルギーに関する調査を実施し、地域特性を明らかにした上で、具体的な利用可能量等を調査する。対象とするエネルギーは、太陽光、太陽熱、小水力、風力、バイオマス、温度差(河川水、下水、温泉熱)等であり、広義の新エネルギーである。

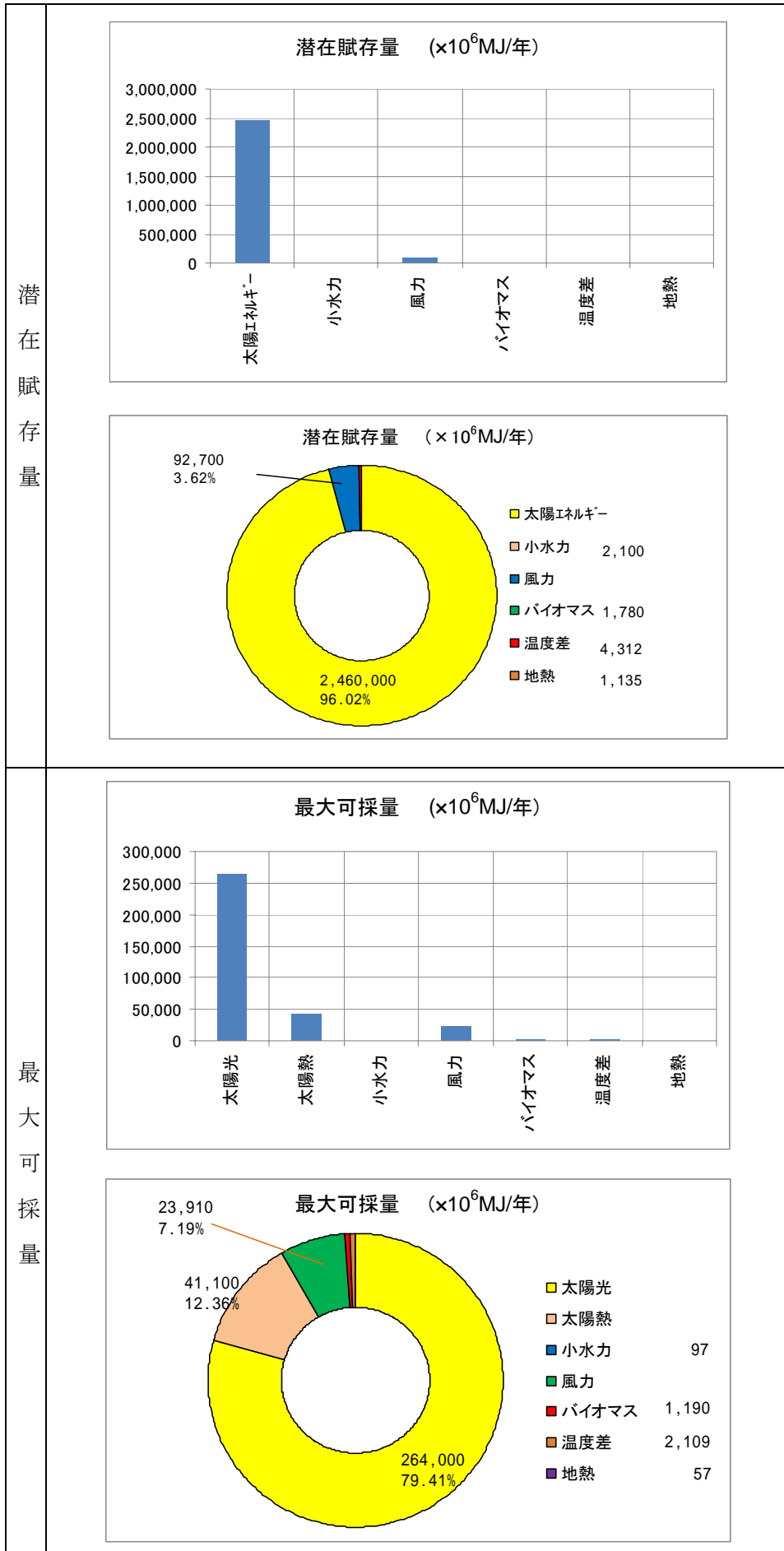
2.1.2 潜在賦存量と最大可採量の調査結果

(1) 総括表

クリーンエネルギーの潜在賦存量及び最大可採量の総括を次に示す。

種別		潜在賦存量 ($\times 10^6$ MJ/年)	最大可採量 ($\times 10^6$ MJ/年)	摘要
太陽エネルギー	太陽光	2,460,000	264,000	p7~p11
	太陽熱		41,100	p12~p13
小水力	河川水	2,080	89.8	p14~p18
	上水道	15.6	5.85	P19~p21
	下水道	1.01	0.346	p22
	工業用水	1.02	0.604	p23
	農業用水	0.902	0.537	p24~p25
	合計	2,100	97.1	
風力		92,700	23,900	p27~p35
バイオマス	農業	296	237	p36~p38
	林業	1,200	720	P39~p40
	畜産	205	164	p41
	生ゴミ	52.0	41.6	p42
	下水汚泥	9.50	7.60	p43~p46
	廃食用油	21.4	15.0	p47
合計	1,780	1,190		
温度差	河川水	2,590	977	p49~p53
	湧水	422	374	p54~p55
	下水道放流水	1,300	758	p56~p60
	合計	4,310	2,110	
地熱		1,140	57	P62~p63

(2) 潜在賦存量と最大可採量の集計



クリーンエネルギー賦存量の集計(1/2)

種別		潜在賦存量 (×10 ⁶ MJ/年)	最大可採量 (×10 ⁶ MJ/年)	
太陽エネルギー	太陽光	2,460,000	264,000	
	太陽熱	市内全面積を対象に算出 単位発電量 4.08kWh/m ²	戸建住宅、共用住宅、公共系建築物、産業系建築物、未利用地を対象に算出	
			戸建住宅 4kW/戸、共用住宅 30kW/棟、公共・産業系建築物 0.0667kW/m ² 、未利用地 0.2kW/m ²	
	小水力	河川水	2,080	89.8
			市内全面積における包蔵水力を算出	河川の指定区域以外の流域を対象に算出
			年降雨量 1260mm	低水流量と個別箇所別の落差で算定
上水道		15.6	5.85	
	計画給水能力全量を対象に算出 落差は 33.5m と設定 (環境省)	潜在賦存量に対して、設備利用率および発電効率を考慮		
下水道	1.01	0.346		
	下水道全量 (平均処理量) を対象 落差は 4.6m と設定 (環境省)	潜在賦存量に対して、設備利用率および発電効率を考慮		
工業用水	1.02	0.604		
	市内の全量 (渋川工水) を対象 落差は 16.2m と設定 (環境省)	潜在賦存量に対して、設備利用率および発電効率を考慮		
農業用水	0.902	0.537		
	主要農業用水の非かんがい期の流量を対象。落差は 1m と設定	潜在賦存量に対して、設備利用率および発電効率を考慮		
	合計	2,100	97.1	
風力		92,700	23,900	
		市内全面積に風車を設置	畑と山林に風車を設置	
		1km ² 当たり設備容量 1 万 kW/km ² に低減率考慮	1km ² 当たり設備容量 1 万 kW/km ² に低減率考慮	

クリーンエネルギー賦存量の集計(2/2)

種別		潜在賦存量 (×10 ⁶ MJ/年)	最大可採量 (×10 ⁶ MJ/年)
バイオマス	農業	296	237
		市内で生産される収穫量 10t 以上の普通作物・工芸農作物の残さを対象	潜在賦存量を全量焼却したばあいに得られるエネルギー
		単位発熱量を2分類に設定	燃焼効率 80%として算定
	林業	1,200	720
		市内の全森林の年間成長量に相当する発熱量	保安林を除外した森林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	樹木種別の単位発熱量を設定
	畜産	205	164
		市内の全ての家畜排せつ物から発生するメタンガス量に相当する熱量	潜在賦存量を電熱利用した場合の発電量・熱利用量として算定
		動物別にガス発生量原単位を設定	変換効率を 70%として算定
	生ゴミ	52.0	41.6
		市内で発生する生ゴミすべてから発生するメタンガスの熱量	潜在賦存量を電熱利用した場合の発電量・熱利用量として算定
		生ゴミ 1t 当りメタンガス発生量=60 m ³ /t	変換効率を 70%として算定
	下水汚泥	9.50	7.60
		流域下水道以外の下水道汚泥及びし尿、浄化槽汚泥から発生するメタンガスを対象	潜在賦存量を全量焼却したばあいに得られるエネルギー
下水汚泥メタン発生量 4,700(kcal/m ³)		燃焼効率 80%として算定	
廃食用油	21.4	15.0	
	市内の全量を BDF 化した場合の熱量	潜在賦存量の 70%を回収	
	BDF 発熱量=38.2MJ/L	BDF 発熱量=38.2MJ/L	
合計	1,780	1,190	
温度差	河川水	2,590	977
		市内を流下する河川の総水量を対象	河川の指定区域以外の流域を対象に算出
		月ごとの気温と河川水温の差を利用	月ごとの気温と河川水温の差を利用
	湧水	422	374
		榛名トンネルからの全量を対象	上水道利用量を除く全量を対象
		月ごとの気温と湧水温の差を利用	月ごとの気温と湧水温の差を利用
	下水道放流水	1,300	758
市内の全放流水量を対象 月ごとの気温と放流水温の差を利用		流域下水道を除く全量を対象 月ごとの気温と放流水温の差を利用	
合計	4,312	2,109	
地熱	県内の賦存量から推計	県内の賦存量から推計	
	1,140	57	

2.1.3 太陽光

(1) 算定条件

太陽光発電における賦存量の算定は、「全国日射関連マップ (NEDO)」を利用して太陽光エネルギーについて行う。

1) 太陽発電エネルギーの潜在賦存量を算出する日射量

NEDO 資料より、年間の最適な太陽光仰角は 35.1 度で、1 日の日射量は 1 平方メートル当たり 4.08kWh である。

方位 傾斜角	観測点												年間 平均	四季別					
	経緯													冬	春	夏	秋		
	標高																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	3.8	3.26	4.6	4.21	3.13		
0	3.23	3.67	4.28	4.43	5.09	4.1	4.08	4.44	4.44	3.17	3.22	2.88	3	2.88	3.8	3.26	4.6	4.21	3.13
0	3.76	4.06	4.52	4.48	5.01	4.01	4	4.43	3.23	3.44	3.44	3.4	3.4	3.37	3.98	3.73	4.67	4.15	3.36
0	4.2	4.35	4.65	4.43	4.83	3.84	3.85	4.33	3.23	3.6	3.72	3.77	3.77	3.77	4.07	4.11	4.84	4.01	3.52
0	4.52	4.53	4.68	4.29	4.56	3.61	3.63	4.14	3.17	3.66	3.95	4.07	4.07	4.07	4.07	4.38	4.51	3.79	3.59
0	4.73	4.6	4.59	4.05	4.2	3.32	3.34	3.87	3.04	3.85	4.08	4.27	4.27	4.27	3.98	4.53	4.28	3.51	3.59
0	4.81	4.55	4.39	3.73	3.76	2.98	3.01	3.52	2.85	3.55	4.1	4.36	4.36	4.36	3.8	4.57	3.96	3.17	3.5
0	4.76	4.39	4.09	3.34	3.25	2.6	2.63	3.11	2.61	3.36	4.02	4.33	4.33	4.33	3.54	4.49	3.56	2.78	3.33
0	4.59	4.13	3.7	2.89	2.71	2.2	2.23	2.65	2.33	3.11	3.84	4.18	4.18	4.18	3.21	4.3	3.1	2.36	3.09
0	4.29	3.76	3.23	2.39	2.14	1.8	1.82	2.16	2	2.78	3.56	3.93	3.93	3.93	2.82	3.99	2.59	1.93	2.78
30	3.15	3.61	4.23	4.41	5.08	4.1	4.07	4.43	3.15	3.17	2.93	2.79	2.79	2.79	3.76	3.18	4.57	4.2	3.08
30	3.6	3.93	4.43	4.44	5.01	4.01	4	4.41	3.2	3.36	3.27	3.2	3.2	3.2	3.91	3.58	4.63	4.14	3.28
30	3.96	4.16	4.54	4.38	4.84	3.85	3.85	4.31	3.18	3.47	3.54	3.53	3.53	3.53	3.97	3.88	4.59	4	3.4
30	4.22	4.28	4.54	4.25	4.59	3.63	3.64	4.13	3.11	3.51	3.71	3.71	3.71	3.71	3.95	4.09	4.46	3.8	3.44
30	4.37	4.31	4.43	4.02	4.25	3.35	3.37	3.87	2.98	3.47	3.8	3.9	3.84	3.84	4.19	4.23	3.53	3.41	3.41
30	4.4	4.22	4.23	3.72	3.86	3.04	3.07	3.56	2.79	3.35	3.78	3.94	3.94	3.94	3.66	4.19	3.94	3.22	3.31
30	4.32	4.04	3.94	3.36	3.4	2.69	2.72	3.18	2.56	3.16	3.68	3.88	3.88	3.88	3.41	4.08	3.37	2.86	3.13
30	4.13	3.77	3.57	2.95	2.93	2.33	2.35	2.78	2.28	2.89	3.48	3.71	3.71	3.71	3.1	3.87	3.15	2.49	2.89
30	3.83	3.4	3.13	2.51	2.44	1.97	1.99	2.35	1.99	2.58	3.19	3.44	3.44	3.44	2.74	3.56	2.69	2.1	2.59
60	2.92	3.42	4.1	4.34	5.05	4.09	4.06	4.39	3.09	3.05	2.76	2.58	2.58	2.58	3.66	2.97	4.5	4.18	2.97
60	3.17	3.57	4.2	4.32	4.98	4	3.98	4.35	3.09	3.14	2.94	2.78	2.78	2.78	3.71	3.18	4.5	4.11	3.06
60	3.35	3.67	4.21	4.23	4.83	3.85	3.84	4.24	3.04	3.16	3.07	2.94	2.94	2.94	3.7	3.32	4.42	3.98	3.09
60	3.45	3.67	4.15	4.08	4.6	3.65	3.64	4.07	2.94	3.14	3.13	3.02	3.02	3.02	3.63	3.38	4.28	3.79	3.07
60	3.49	3.62	4.01	3.85	4.31	3.4	3.4	3.82	2.8	3.04	3.12	3.02	3.02	3.02	3.49	3.38	4.06	3.54	2.99
60	3.44	3.49	3.81	3.59	3.97	3.12	3.12	3.55	2.62	2.9	3.05	2.88	2.88	2.88	3.3	3.31	3.79	3.27	2.86
60	3.31	3.29	3.54	3.27	3.59	2.81	2.82	3.23	2.4	2.71	2.92	2.87	2.87	2.87	3.06	3.15	3.47	2.95	2.68
60	3.11	3.05	3.23	2.93	3.19	2.49	2.5	2.88	2.16	2.47	2.72	2.68	2.68	2.68	2.79	2.95	3.12	2.62	2.45
60	2.86	2.74	2.87	2.57	2.79	2.18	2.19	2.53	1.9	2.22	2.48	2.45	2.45	2.45	2.48	2.68	2.74	2.3	2.2
90	2.82	3.17	3.92	4.25	5.02	4.08	4.05	4.33	3.01	2.89	2.52	2.29	2.29	2.29	3.51	2.69	4.4	4.15	2.81
90	2.59	3.11	3.84	4.14	4.9	3.97	3.94	4.24	2.94	2.83	2.5	2.25	2.25	2.25	3.44	2.65	4.3	4.05	2.76
90	2.56	3.02	3.73	3.98	4.72	3.82	3.79	4.08	2.84	2.74	2.44	2.19	2.19	2.19	3.33	2.59	4.14	3.89	2.67
90	2.49	2.88	3.58	3.78	4.49	3.61	3.59	3.88	2.69	2.63	2.38	2.11	2.11	2.11	3.17	2.5	3.95	3.69	2.56
90	2.41	2.76	3.39	3.55	4.2	3.37	3.35	3.64	2.53	2.48	2.28	2.03	2.03	2.03	3	2.4	3.71	3.45	2.43
90	2.3	2.58	3.17	3.28	3.88	3.1	3.08	3.38	2.34	2.32	2.17	1.91	1.91	1.91	2.79	2.26	3.45	3.18	2.28
90	2.17	2.4	2.93	2.99	3.55	2.82	2.8	3.08	2.14	2.13	2.03	1.8	1.8	1.8	2.57	2.12	3.16	2.9	2.1
90	2	2.18	2.67	2.7	3.2	2.53	2.51	2.78	1.93	1.95	1.88	1.65	1.65	1.65	2.33	1.94	2.86	2.61	1.92
90	1.84	1.99	2.41	2.4	2.84	2.23	2.22	2.48	1.72	1.74	1.7	1.49	1.49	1.49	2.09	1.77	2.55	2.31	1.72
90	1.63	1.51	3.71	20.1	8.1	3	4.7	13.7	25.1	43	57.3	62.3	62.3	62.3	35.1	58.3	21.9	7.6	44.3
最適傾斜角 年間最適傾斜 の日射量	4.37	4.46	4.68	4.37	4.71	3.73	3.75	4.25	3.21	3.64	3.85	3.94	3.85	3.85	4.08	4.26	4.58	3.91	3.57

2) 潜在賦存量の算定

潜在賦存量の算定は、市内全域の太陽光エネルギーについて算定する。

項目	市内全域面積	年間最適傾斜角日射量(kWh/m ² /日)
数値	459,410,000 m ²	4.08

$$459,410,000 \text{ m}^2 \times 4.08 (\text{kWh/m}^2) = 1,874,000 (\text{MWh/日})$$

年あたりは $1,874,000 (\text{MWh/日}) \times 365 \text{ 日} = 684,000,000 (\text{MWh/年})$ となる。

熱換算すると

$$\begin{aligned} & 684,000,000 (\text{MWh/年}) \times 3.6 (\text{MJ/kWh}) \\ & = 2,460,000 \times 10^6 (\text{MJ/年}) \end{aligned}$$

潜在賦存量 = $2,460,000 \times 10^6 (\text{MJ/年})$

(2) 太陽光発電の最大可採量の算定

太陽光発電における最大可採量の算定は、「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の算定方法に準じて行うものとする。

1)最大可採量を算出する条件

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地に分けて考え、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。なお単位量は、同報告書に準じるものとして、以下の通りである。

分野	単位量	摘要
住宅	4kW/戸	戸建住宅(現状の住宅を対象)
	30kW/棟	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	
未利用地	0.20kW/m ²	池沼、山林、原野、雑種、その他

2)現状の住宅戸数(戸建・共用住宅)

合併後の住宅戸数データが無いので、現状の住宅戸数を推計する。

合併前(H15)の高崎市における、世帯数と住宅戸数の比率を算出し、現時点における世帯数より住宅戸数等を推計する。

項目	数値	摘要
H15 世帯数(A)	97,889	
H13 戸建住宅戸数(B)	65,384	
H13 共用住宅数(C)	6,160	
H15 1世帯当り住宅戸数(D)	0.668	(B/A)
H15 1世帯当り共用户数(E)	0.063	(C/A)
H22.8 世帯数(F)	152,342	
H22 推定戸建住宅戸数	101,764	(F×D)
H22 推定共用住宅数	9,598	(F×E)

(参考資料) 高崎市における建築物の概要

種別	専用住宅	併用住宅	農家住宅	共同住宅・寄宿舍
木造	54,633	4,270	1,708	1,387
非木造	4,773			4,773
合計	65,384			6,160

H13,15 世帯、住宅戸数

(<http://www.city.takasaki.gunma.jp/soshiki/shomu/tokeisho/toukeihyo.htm>)

H22.8 世帯数 (<http://www.city.takasaki.gunma.jp/gaiyou/jinkou.htm>)

(注1) 木造建築物では、旅館・料亭・ホテル、事務所・銀行・店舗、劇場・映画館・病院、公衆浴場、工場・倉庫、土蔵、付属家を除く。

(注2) 非木造での集計は、住宅・アパートが一体となった数値であるので、50%の比率と設定する。

3) 公共系建築物

「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」を参考にすると、人口 20 万人以上の「人口と公共系建築面積の関係」が整理されている。本報告書では、この関係式を利用して、公共系建築物の面積を推計する。

$$\begin{aligned} \text{公共系建築面積} &= 2.0985 \times \text{人口 (人)} \\ &= 2.0985 \times 375,119 = 787,000\text{m}^2 \end{aligned}$$

(注) 人口は、H22.8 時点での数値である。

公共系建築面積 = 787,000m ²

4) 産業系建築物

「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」を参考にすると、人口 20 万人以上の「工業出荷額と産業系建築面積の関係」が整理されている。本報告書では、この関係式を利用して、産業系建築物の面積を推計する。

$$\begin{aligned} \text{産業系建築面積} &= 1.1757 \times \text{工業出荷額 (百万円)} \\ &= 1.1757 \times 825,684 = 970,000\text{m}^2 \end{aligned}$$

(注) 工業出荷額は、H20 時点での製造品出荷額等の数値である。

産業系建築面積 = 970,000m ²

5)未利用地

高崎市の地目別面積を次に示す。

地目別面積(平成19年) (単位:km²、構成比%)

	総面積	宅地	田	畑	池沼	山林	原野	雑種	その他
	459.41	61.45	35.49	58.07	0.13	100.66	4.21	25.08	174.32
構成比	100.0	13.4	7.7	12.6	0.0	21.9	0.9	5.5	37.9

参考資料:総面積 国土交通省国土地理院、地目別 固定資産関係資料

(注)総面積は、平成22年4月1日現在のものであり、平成19年の構成比から地目別面積を算出した。

宅地・田は、開発が出来ない条件とする。

上表より未利用地は、(459.41-61.45-35.49)=362.47km² とする。

(2) 最大可採量の算定

最大可採量の算定は、戸建住宅、共用住宅、公共系建築物、産業系建築物、未利用地の全てに発電施設を設置する場合について算定する。

種別	数量	単位設備容量	1kW 当たり 年間発電量	発電量(MWh/年)
戸建住宅	101,764 戸	4.0 /戸	1000kWh/年※	407,000
共用住宅	9,598 棟	30.0kW/棟		288,000
公共系建築物	787,000m ²	0.0667kW/ m ²		52,500
産業系建築物	970,000m ²	0.0667kW/ m ²		64,700
未利用地	362,470,000m ²	0.2kW/ m ²		72,500,000
発電量合計				73,300,000

※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>)

最大可採量=73,300,000 (MWh/年) × 3.6 (MJ/kWh)

=264,000 × 10⁶ (MJ/年)

最大可採量=264,000 × 10 ⁶ (MJ/年)
--

2.1.4 太陽熱

(1) 算定条件

1)はじめに

太陽熱エネルギーの利用は、温水等の熱利用や発電が挙げられるが、国内では温水等の熱利用が一般的であるため、熱利用に関する賦存量の算定を行う。

太陽熱エネルギーの算定は次式で行う。

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

集熱面日射量=1,300,000 (kcal/m²・年) とする。(ソーラーシステム振興協会資料)

集熱効率=40%とする。(ソーラーシステム振興協会資料)

2)最大可採量算定集熱面積および単位集熱面積

太陽熱の集熱は、一般的に建築物の屋根等で行われる。

このため、市内の建築物の屋根を対象として集熱面積を整理する。太陽光発電の賦存量の試算においても屋根面積を整理しているため、太陽熱でも同様の屋根面積を試算の対象とする。

また、農地、林地等の未利用地の活用可能性は小さいが、設置対象として太陽光発電と同様の面積とする。

種別	数量	単位集熱面積(m ²)	摘要
戸建住宅	101,764 戸	5	
共用住宅	9,598 棟	5	
公共系建築物	787,000 m ²	0.1	
産業系建築物	970,000 m ²	0.1	
未利用地	362,470,000 m ²	0.1	単位集熱面積(m ²)を建築物と同値とした

(注1) 単位集熱面積は、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) 最大可採量の算定

それぞれの建築物にすべて(100%)と、未利用地の半分(50%)に設置された場合を最大可採量とする。

種別	数量	単位集熱面積(m ²)	導入率(%)	集熱面積(m ²)
戸建住宅	101,764 戸	5	100	508,820
共用住宅	9,598 棟	5	100	47,990
公共系建築物	787,000 m ²	0.1	100	78,700
産業系建築物	970,000 m ²	0.1	100	97,000
未利用地	362,470,000 m ²	0.1	50	18,123,500
合計				18,856,010

最大可採量は、

$$\begin{aligned} \text{熱エネルギー} &= 18,856,010\text{m}^2 \times 1,300,000(\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{年}) \times 40\% = 9,810,000 \times 10^6 (\text{kcal}/\text{年}) \\ &= 9,810,000 \times 10^6 (\text{kcal}/\text{年}) \times 4.186(\text{kJ}/\text{kcal}) \\ &= 41,100 \times 10^6 (\text{MJ}/\text{年}) \end{aligned}$$

最大可採量 = 41,100 × 10 ⁶ (MJ/年)

2.1.5 小水力

(1) 小水力(河川)

1)算定条件

はじめに

1,000kW 以下の水力発電は、新エネルギー法の施行令改正（2008 年 4 月施行）により、「新エネルギー」に認定されている。このため、今回は 1,000kW 以下を対象とした検討を行う。

なお、高崎市内の烏川にある水力発電所の規模は次のとおりであり、概ね小水力と言える規模より若干大きな規模である。

	室田発電所	里見発電所
発電所出力[kW]	1300	1200
有効落差[m]	41.99	45.78
最大使用水量[m ³ /s]	4.000	3.339
水車発電機台数	1	1
発電所形式	水路式	水路式
運用分類	自流式	自流式
水車種類	フランシス	フランシス
水系名（河川名）	利根川（烏川）	利根川（烏川）
使用開始年月	1904. 12	1918. 12

東京電力 HP より (http://www.tepco.co.jp/gunma/hydro/zukan/z_39-j.html)

包蔵水力

包蔵水力とは、ある地域に賦存する水力エネルギー量をいう。（通常 kWh 単位で示すが、便宜的に出力(kW)で示すこともある）

地表に降った雨や雪が、蒸発・浸透などで失われることなく、全て海に注ぐものとした時、海面に対して持っている位置エネルギーの総和を『理論包蔵水力』という。

このうち、技術的・経済的に開発可能なものが一般に言われる『包蔵水力』で、具体的な個別地点を積上げて求めるものであるから、その値は技術の進歩、経済尺度の変化に応じて変動するものである。

「中小水力発電ガイドブック（新訂5版）新エネルギー財団 水力本部」

2) 潜在賦存量（理論包蔵水力）の算定

理論包蔵水力を次式（野口研究所の方法）により試算する。なお、試算に当たっての設定条件は次のとおりである。

a) 流出係数を1と仮定する

b) 降雨量が時間的に変化する事を考慮せず、年間総降雨量が最高点標高から零点標高まで落下するものとする。ただし、高崎市内での賦存量とする場合には、零点標高を最も標高の低い、新町支所の平均標高 64.5m と読み替える。

項 目	数 値
年間雨量	1.26 (m)
落差(高崎市の平均標高-海水面標高)	366.5 (m)
高崎市面積	459,410,000 (m ²)
重力加速度	9.8 (m/s ²)

$$\begin{aligned}\text{流量(m}^3\text{/s)} &= \text{年間雨量(m)} \times \text{高崎市面積(m}^2\text{)} / \text{時間(s)} \\ &= 1.260(\text{m}) \times 459,410,000(\text{m}^2) / (365 \times 24 \times 60 \times 60) (\text{s}) \\ &= 18.355(\text{m}^3\text{/s})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{理論包蔵水力(kWh)} &= \text{流量(m}^3\text{/s)} \times \text{落差(m)} \times \text{重力加速度(m/ s}^2\text{)} \\ &= 18.355(\text{m}^3\text{/s}) \times 366.5(\text{m}) \times 9.8(\text{m/ s}^2) \\ &= 65,925 (\text{kWh})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{潜在賦存量(MJ)} &= 65,925(\text{kWh}) \times 3.6(\text{MJ/kWh}) \times 24(\text{hr}) \times 365(\text{日}) \\ &= 2,080 \times 10^6 (\text{MJ/年})\end{aligned}$$

潜在賦存量=2,080 × 10 ⁶ (MJ/年)

3)最大可採量

1級河川指定区間以外における、河川及び沢における最大可採量（発電可能量）の算定詳細は、「小水力発電実現可能性調査」173頁を参照。

$$\begin{aligned}\text{最大可採量} &= 2,846 \text{ kWh} \\ &= 2,846 \text{ kWh} \times 3.6(\text{MJ/kWh}) \times 24(\text{hr}) \times 365(\text{日}) \\ &= 89.8 \times 10^6 (\text{MJ/年})\end{aligned}$$

最大可採量=89.8 × 10 ⁶ (MJ/年)

【資料】 高崎市の概略平均標高

	非居住地の平均標高(m)	居住地の平均標高(m)	平均標高(A) m	行政区面積 (B) km ²	(A) × (B)
高崎地域	229.4	103.4	166.4	110.72	18424
榛名地域	703.1	353.8	528.5	93.59	49462
倉渕地域	870.2	570.4	720.3	127.26	91665
箕郷地域	723.0	275.7	499.4	43.76	21854
群馬地域	—	149.6	149.6	21.94	3282
新町地域	—	64.5	64.5	3.79	244
吉井地域	270.9	169.4	220.2	58.35	12849
合計				459.41	197780

平均 高崎市平均標高 431

(注1) 居住地、非居住地の平均標高は、東京大学空間情報科学技術センターの資料による。

http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/dp/dp68/68_1.pdf

http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/dp/dp68/68_2.pdf

【資料】 気象庁資料（年降雨資料）

年	上里見観測所(mm)	前橋観測所(mm)	平均年雨量(mm)
1976	1006.0	986.0	996.0
1977	1192.0	1186.0	1189.0
1978	768.0	847.5	807.75
1979	919.0	1100.0	1009.5
1980	1074.0	1060.0	1067.0
1981	1469.0	1283.0	1376.0
1982	1626.0	1275.0	1450.5
1983	1415.0	1163.0	1289.0
1984	939.0	816.5	877.75
1985	1345.0	1140.5	1242.75
1986	1162.0	1240.5	1201.25
1987	1243.0	1191.5	1217.25
1988	1760.0	1356.5	1558.25
1989	1999.0	1657.5	1828.25
1990	1193.0	1201.0	1197.0
1991	1615.0	1438.5	1526.75
1992	1052.0	1174.0	1113.0
1993	1382.0	1346.5	1364.25
1994	1075.0	970.5	1022.75
1995	1227.0	1075.5	1151.25
1996	946.0	815.5	880.75
1997	1017.0	1078.5	1047.75
1998	1681.0	1649.5	1665.25
1999	1727.0	1495.0	1611.0
2000	1376.0	1163.0	1269.5
2001	1382.0	1316.0	1349.0
2002	1350.0	1503.0	1426.5
2003	1373.0	1104.5	1238.75
2004	1415.0	1196.0	1305.5
2005	1118.0	1114.0	1116.0
2006	1562.0	1479.0	1520.5
2007	1479.0	1310.5	1394.75
2008	1563.0	1425.0	1494.0
2009	1132.0	986.0	1059.0
平均	1311.2	1210.1	1260.7

(参考資料)

導入ポテンシャルの都道府県別の推計資料を次に示す。群馬県では、岐阜県、北海道、新潟県に次いで第4位の設備容量となっている。（「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」平成22年3月環境省より）

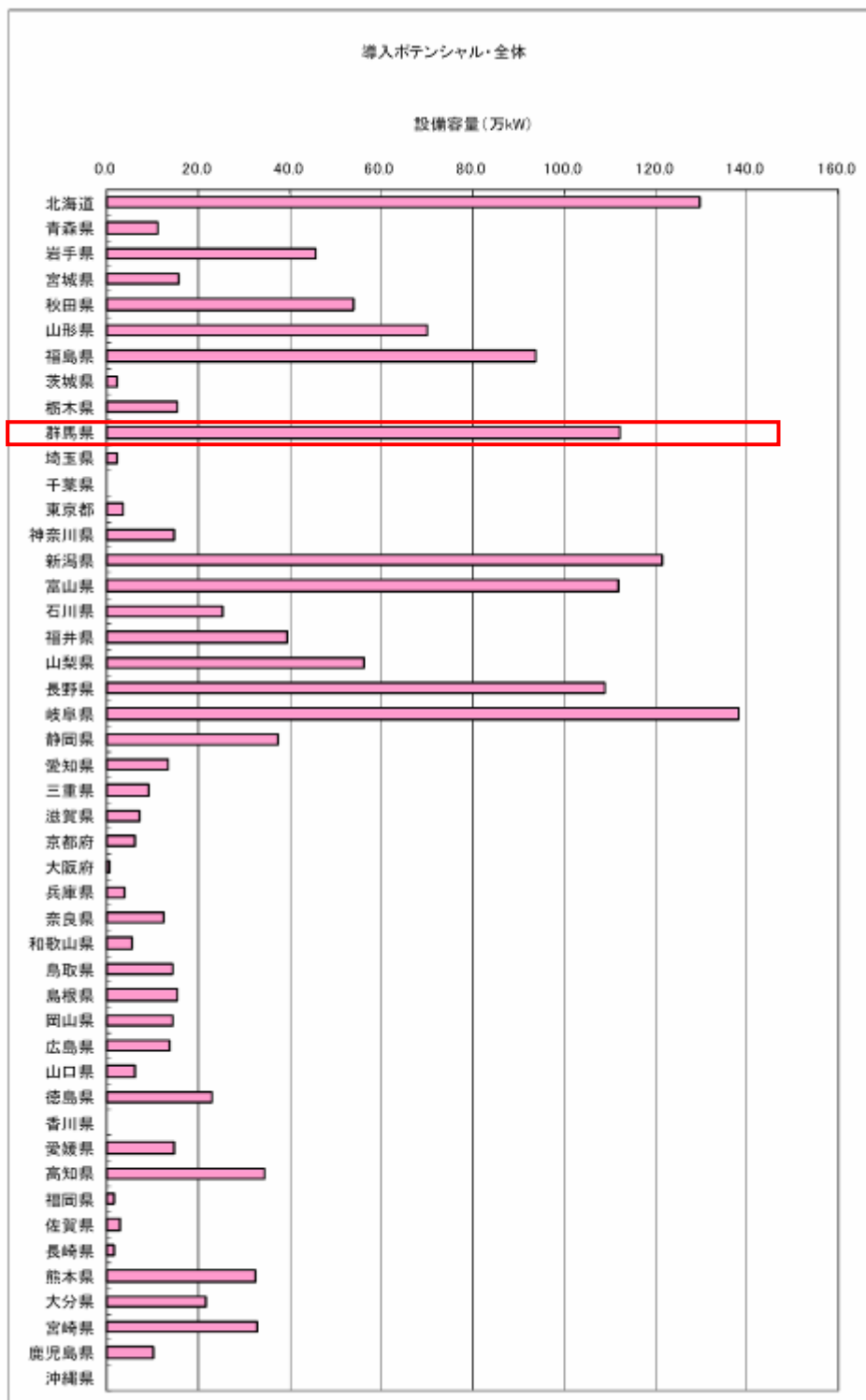
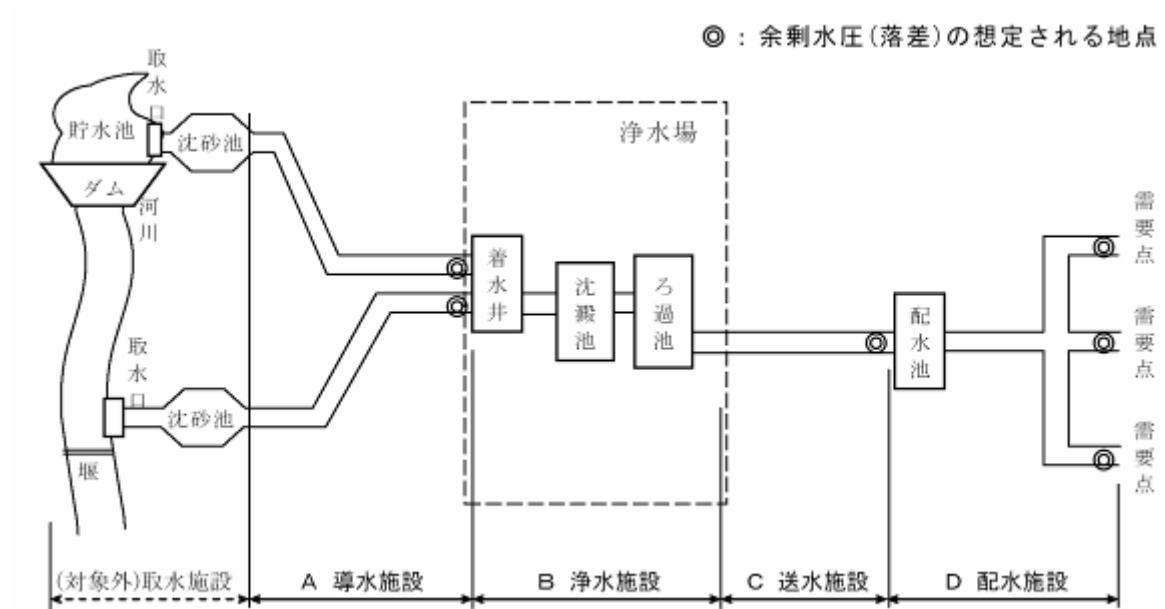


図 5-24 都道府県別の中小水力発電の導入ポテンシャル（設備容量）

(2) 上水道

1) 算定条件の整理

上下水道および工業用水道における一般的な概念図を次に示す。下図に示すように、着水井・配水池・需要点において、余剰水圧が発生する可能性があり、検討の対象となる。



「未利用落差発電包蔵水力調査報告書 H21 (財) 新エネルギー財団より」

推計方法

利用水量等を調査し、標準的と考えられる有効落差を乗じて賦存量を推計する。なお、有効落差の値は、「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」を参考とする。

表 5-20 有効落差の設定値

	上水道	工業用水道	下水道
有効落差 (設定値)	33.5m	16.2m	4.6m

高崎市 計画給水能力

名称	調査年度	計画給水能力 (m ³ /日)	摘要		
若田浄水場	平成 18 年現在	34,614			
剣崎浄水場	平成 17 年現在	5,500			
白川浄水場	平成 17 年現在	13,500	県央第一水道受水量平均 12,000 m ³ /日最大 15,000 m ³ /日		
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		
生原浄水場		102			
唐松浄水場		1,221			
松之沢配水場		480			
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		
間野浄水場		72			
里東配水池		671			
宮谷戸浄水場		931			
下村浄水場		1,176			
一五沢浄水場		26			
十文字浄水場		570			
小田原浄水場		55			
宮沢浄水場		782			
白岩浄水場		1,144			
高浜浄水場		1,408			
本郷浄水場		562			
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	
小梨浄水場	95				
小計		124,112			
倉淵支所	平成 18 年現在	2,930	簡易水道		
榛名支所		3,065			
箕郷支所		103			
小計		6,098			
合計		130,210			

2) 潜在賦存量の算定

全量が発電対象流量となるケースで潜在賦存量を算定する。

$$130,210\text{m}^3/\text{日} \div (24\text{hr} \times 60\text{min} \times 60\text{sec}) = 1.51\text{m}^3/\text{s}$$

$$1.51\text{m}^3/\text{s} \times 33.5\text{m} \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 = 496\text{kWh}$$

$$496\text{kWh} \times 24(\text{hr}) \times 365(\text{日}) = 4,345,000(\text{kWh}/\text{年})$$

$$\text{潜在賦存量} = 4,345,000 (\text{kWh}/\text{年})$$

$$= 4,345,000 (\text{kWh}/\text{年}) \times 3.6(\text{MJ}/\text{kWh})$$

$$= 15.6 \times 10^6 (\text{MJ}/\text{年})$$

潜在賦存量 = 15.6×10^6 (MJ/年)

3) 最大可採量の算定

発電効率と設備利用率を考慮して、最大可採量を算定する。

発電効率 70%、上水道の設備利用率を 53.4%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)

$$\text{最大可採量} = 4,344,960(\text{kWh}/\text{年}) \times 70\% \times 53.4\% = 1,624,000(\text{kWh}/\text{年})$$

$$= 1,624,000 (\text{kWh}/\text{年}) \times 3.6(\text{MJ}/\text{kWh})$$

$$= 5.85 \times 10^6 (\text{MJ}/\text{年})$$

最大可採量 = 5.85×10^6 (MJ/年)

(3) 下水道

1) 算定条件の整理

高崎市内の下水道は、高崎処理区（城南処理区、阿久津処理区）と県央処理区に区分されている。平成20年度における清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) 潜在賦存量の算定

潜在賦存量は、下水道全量を対象に算定する。

$$61,044\text{m}^3/\text{日} \div (24\text{hr} \times 60\text{min} \times 60\text{sec}) = 0.71\text{m}^3/\text{s}$$

$$\text{発電量} \quad 0.71\text{m}^3/\text{s} \times 4.6\text{m} \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 = 32.0\text{kWh}$$

$$32.0\text{kWh} \times 24(\text{hr}) \times 365(\text{日}) = 280,000(\text{kWh}/\text{年})$$

$$\text{潜在賦存量} = 280,000(\text{kWh}/\text{年})$$

$$= 280,000(\text{kWh}/\text{年}) \times 3.6(\text{MJ}/\text{kWh})$$

$$= 1.01 \times 10^6(\text{MJ}/\text{年})$$

潜在賦存量 = 1.01×10^6 (MJ/年)

3) 最大可採量の算定

最大可採量は、潜在賦存量にシステム効率、設備利用率を考慮して算定する。

システム効率70%、下水道の設備利用率を48.9%とする。

(新エネルギー財団「H20年度 未利用落差発電包蔵水力調査報告書」より)

$$\text{最大可採量} = 280,320(\text{kWh}/\text{年}) \times 70\% \times 48.9\%$$

$$= 96,000(\text{kWh}/\text{年})$$

$$= 96,000(\text{kWh}/\text{年}) \times 3.6(\text{MJ}/\text{kWh})$$

$$= 0.346 \times 10^6(\text{MJ}/\text{年})$$

最大可採量 = 0.346×10^6 (MJ/年)

(4) 工業用水道

1) 算定条件

渋川工業用水道の内、高崎市に配水されている水量は概ね 25,000m³/日の供給能力があり、供給率は約 70%である。よって日当りの配水量を約 17,500m³とする。

$$\text{配水量} = 25,000\text{m}^3/\text{日} \times 70\% = 17,500\text{m}^3/\text{日}$$

2) 潜在賦存量の算定

全量を対象に賦存量を算定する。

$$\text{流量} = 17,500\text{m}^3/\text{日} \div (24\text{hr} \times 60\text{min} \times 60\text{sec}) = 0.203\text{m}^3/\text{s}$$

$$\text{電力量} = 0.203\text{m}^3/\text{s} \times 16.2\text{m} \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 = 32.2\text{kWh}$$

$$32.2\text{kWh} \times 24(\text{hr}) \times 365(\text{日}) = 282,072(\text{kWh}/\text{年})$$

$$\text{潜在賦存量} = 282,072(\text{kWh}/\text{年})$$

$$= 282,072(\text{kWh}/\text{年}) \times 3.6 (\text{MJ}/\text{kWh})$$

$$= 1.02 \times 10^6 (\text{MJ}/\text{年})$$

$$\boxed{\text{潜在賦存量} = 1.02 \times 10^6 (\text{MJ}/\text{年})}$$

3) 最大可採量の算定

最大可採量は、潜在賦存量にシステム効率及び設備利用率を考慮して算定する。

システム効率 70%、工業用水道の設備利用率を 85%とする。

(新エネルギー財団「H20 年度 未利用落差発電包蔵水力調査報告書」より)

$$\text{最大可採量} = 282,072(\text{kWh}/\text{年}) \times 70\% \times 85\%$$

$$= 167,832(\text{kWh}/\text{年})$$

$$= 167,832(\text{kWh}/\text{年}) \times 3.6 (\text{MJ}/\text{kWh})$$

$$= 0.604 \times 10^6 (\text{MJ}/\text{年})$$

$$\boxed{\text{最大可採量} = 0.604 \times 10^6 (\text{MJ}/\text{年})}$$

(5) 農業用水

1) 算定条件

市内の農業用水は慣行水利権等を含めれば多数の用水があり、実態の把握が困難になっている。行政においても実態の把握が難しい状況にあり、地元の関係者に聞き取りを行うこと以外に対応策が無い。このため、本検討では市内の主要な農業用水を対象に調査を行うものとする。

市内の主な農業用水の一覧を次に示す。

名称	所在地	受益面積(ha)
長野堰土地改良区	高崎市請地町 13	1000
高崎西部土地改良区	高崎市片岡町 2-23-12 (高崎市農協片岡支店内)	116
南八幡堰土地改良区	高崎市山名町 303-1	-
京目土地改良区	高崎市京目町 229 (高崎市農協京ヶ島支店内)	-
春日松原堰土地改良区	高崎市中里見町 450	301
群馬中部土地改良区	高崎市箕郷町富岡 480-2	600
馬庭堰土地改良区	高崎市吉井町大字馬庭 2122-3 (理事長宅)	-

上表の中で、規模が比較的大きく地形的に落差が確保される土地改良区として、長野堰、高崎西部、春日松原、群馬中部を調査対象とする。

それぞれの、農業用水の許可取水量を次に示す。

【長野堰】 烏川から取水

苗代期	(4月1日～6月20日)	4.223m ³ /s
しろかき期	(6月21日～7月5日)	6.958m ³ /s
普通かんがい期	(7月6日～9月30日)	4.223m ³ /s
非かんがい期	(10月1日～3月31日)	1.500m ³ /s

【高崎西部】 碓氷川(金ヶ崎堰) および烏川(寺尾) から取水

しろかき期、普通かんがい期	(6月1日～9月30日)	0.96m ³ /s
非かんがい期	(10月1日～5月31日)	0.60m ³ /s

【春日松原堰】 (春日堰、松原堰、中島堰の合計値) 烏川からの取水

(4～5月)	0.845 m ³ /s
(6月)	1.062 m ³ /s
(7～9月)	0.872 m ³ /s
(10月～翌年)	0.704 m ³ /s

春日堰では、上水道用水と同時取水であるが、農業用水単独分を示す。

【群馬中部】増水、原山の2箇所で榛名白川から取水している。

(4月から9月) 0.113 m³/s 原山地点取水

(10/1~5/31) 0.139 m³/s 増水地点取水

2)潜在賦存量の算定

取水期間の内、最小流量を対象に賦存量を算定する。

流量 1.500 m³/s+0.60m³/s+0.704 m³/s+0.113 m³/s=2.917m³/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、潜在賦塵量の算定には1.0mの落差を設定する。

電力量 2.917m³/s × 1.0m × 9.8m/s²=28.6kW

28.6kW × 24hr × 365 日 =250,536(kWh/年)

潜在賦存量=250,536(kWh/年)

=250,536(kWh/年) × 3.6 (MJ/kWh)

=0.902 × 10⁶ (MJ/年)

潜在賦存量=0.902 × 10⁶ (MJ/年)

3)最大可採量の算定

最大可採量は、潜在賦存量にシステム効率及び設備利用率を考慮して算定する。

システム効率 70%、設備利用率を 85.0%とする。

(新エネルギー財団「H20 年度未利用落差発電包蔵水力調査報告書」を準用)

最大可採量=250,536(kWh/年) × 70% × 85.0% =149,069(kWh/年)

=149,069(kWh/年)

=149,069(kWh/年) × 3.6 (MJ/kWh)

=0.537 × 10⁶ (MJ/年)

最大可採量=0.537 × 10⁶ (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	潜在賦存量(×10 ⁶ MJ/年)	最大可採量(×10 ⁶ MJ/年)
河川・沢水	2,080	89.8
上水道	15.6	5.85
下水道	1.01	0.346
工業用水道	1.02	0.604
農業用水	0.902	0.537
合計	2,100	97.1

小水力発電を集計すると、次のとおりである。

潜在賦存量＝	2,100 × 10 ⁶	(MJ/年)
最大可採量＝	97.1 × 10 ⁶	(MJ/年)

2.1.6 風力

(1) 算定資料の整理

高崎市市内の風力の観測は、気象庁によるアメダス観測地点である上里見観測点で行われている。また、最寄りの気象観測は前橋気象台で行われている。前橋気象台は高崎市に近接していることから、検討に利用する風力データは、上里見と前橋のデータを利用する。

1) 観測所の諸元

観測地点	北緯	東経	標高	風力計地上高(m)
上里見	36度 22.6分	138度 53.7分	183m	6.0m
前橋	36度 24.3分	139度 03.6分	112.1m	17.3m

2) 風速データと地上 80m における予測値

上里見観測所および前橋気象台における直近 10 年間の月別の風速データを次に示す。このデータを単純平均し、地上 80m 地点における風速に換算して上里見と前橋の年平均風速を算定する。2箇所の算定結果を平均して、高崎市の賦存量を推計する風速とする。

なお、地上 Z(m)における風速(V)は、観測地点の地上高(Z₁)と平均風速(V_a)から次式により推計する。

$$V = V_a \times (Z/Z_1)^{1/5} \quad (\text{m/s})$$

上里見 年	気象観測値 平均風速 (m/s)	地上80m地点
2009	1.650	2.770
2008	1.675	2.812
2007	1.525	2.560
2006	1.492	2.504
2005	1.675	2.812
2004	1.650	2.770
2003	1.492	2.504
2002	1.567	2.630
2001	1.450	2.434
2000	1.525	2.560
平均値	1.570	2.636

前橋 年	気象観測値 平均風速 (m/s)	地上80m地点
2009	2.717	3.690
2008	2.642	3.588
2007	2.692	3.656
2006	2.683	3.645
2005	2.842	3.860
2004	2.942	3.996
2003	2.725	3.701
2002	2.792	3.792
2001	2.892	3.928
2000	2.975	4.041
平均値	2.790	3.790

以上より、賦存量の推計に利用する平均風速は

$$V = (2.636+3.790)/2 = 3.21\text{m/s} \quad \text{とする。}$$

(2) 賦存量の推計手法

1) 推計法 1 の検討

「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 H22.2 環境省」では、県別、地方別に全国の風力発電の賦存量の推計が行われている。

本調査においても、同様の推計法が適用できるか検討を行う。

陸上風速（年間平均風速）を 5.5m/s から 1.0m/s ごとの階層に区分し、地上 80m 地点における、風力発電機の面積 1km²あたりの設備容量を既存調査結果から、1 万 kw/km²として推計する方法が、環境省の推計法である。

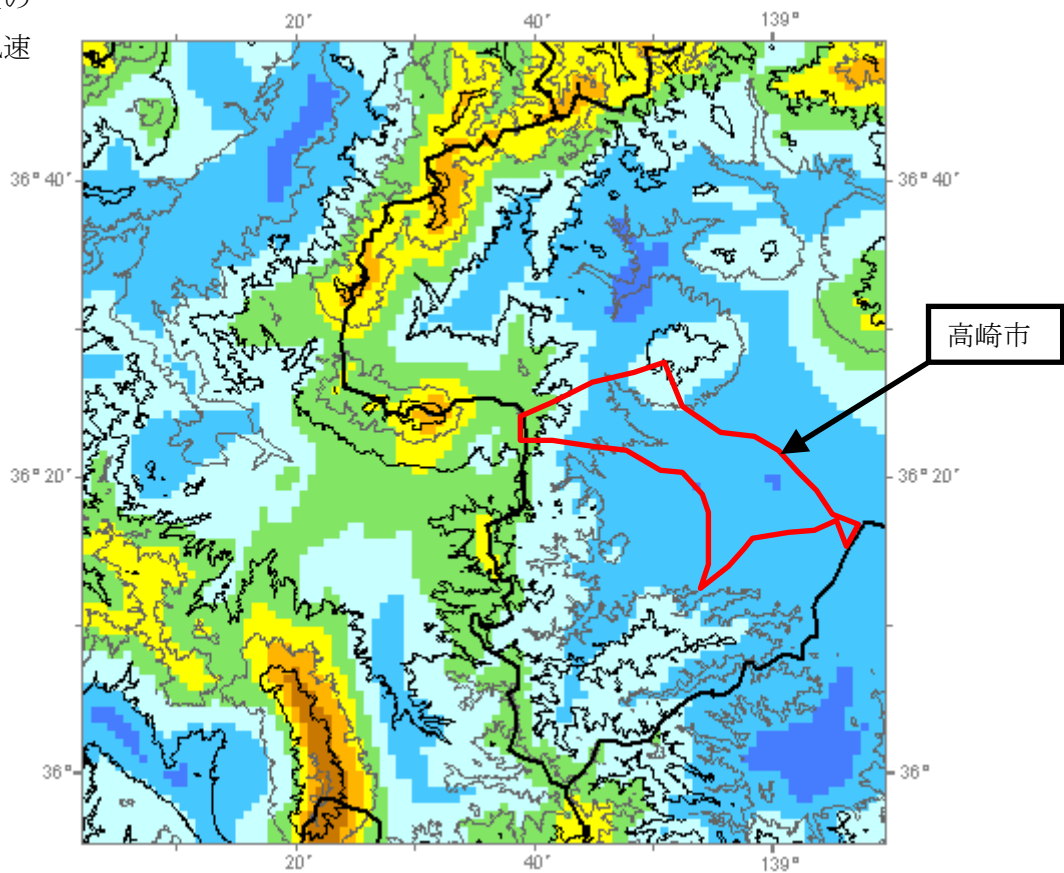
次に、NEDO における風況マップ表示システム

(<http://app2.infoc.nedo.go.jp/nedo/top/top.html>)を利用して、地上からの高さを 30m、50m、70m と変化させて高崎市全域における風況を調査すると次の図が得られる。

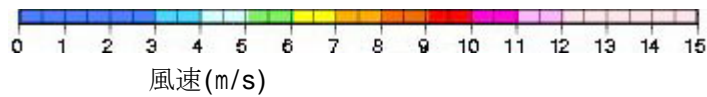
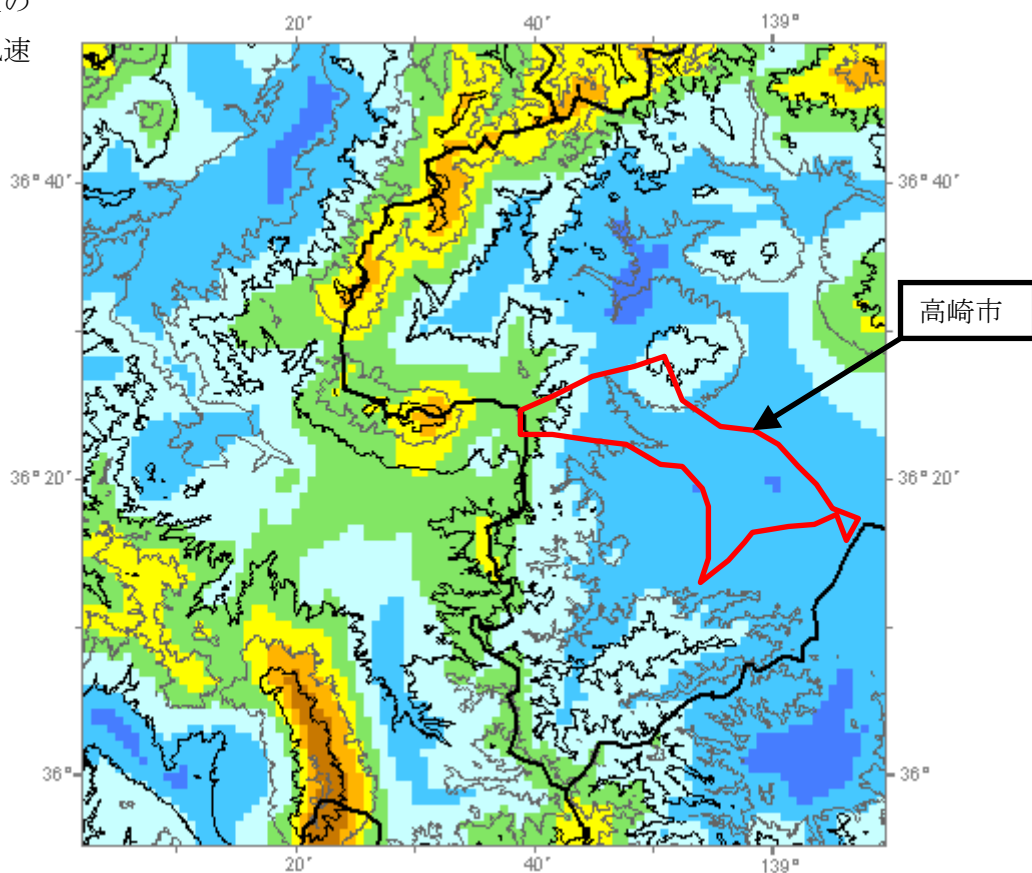
以降の図に示したとおり、年間平均風速が 5.5m/s 以上となる地域はほとんど見られない。よって、「平成 21 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書 H22.2 環境省」による賦存量の推計法を直接に採用することは困難であることから、推計法 1 は採用しないこととする。

(参考) 環境省の報告書によると、群馬県全体の賦存量は 837 万 kW であり、これに相当する面積は、837km²であり、県土の面積(6363.16km²)の約 13%の面積が、賦存量の対象面積となっている。(山岳部が対象となっている)

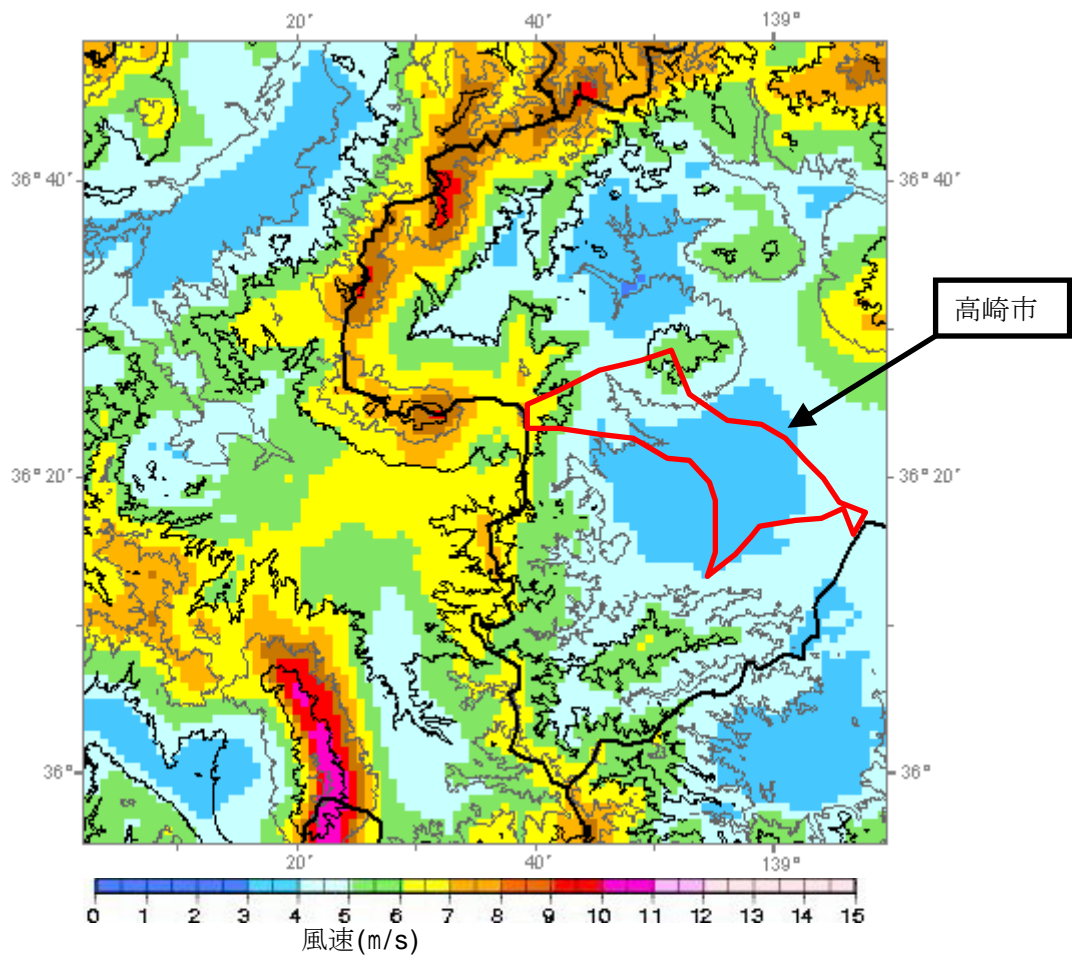
地上 30 m の
年間平均風速



地上 50 m の
年間平均風速



地上70mの
年間平均風速



2) 推計法2の検討

推計法2の方法を基本として、平均風速が5.5m以下の場合の検討を行う。

平均風速が5.5m/s以下である場合でも、一定の時間においては発電可能な風速が発生している。

このため、設定した条件下における年間平均風速と稼働率の関係を利用して推計する。

設定条件

風車のカットイン風速	: 3m/s
風車のカットアウト風速	: 25m/s

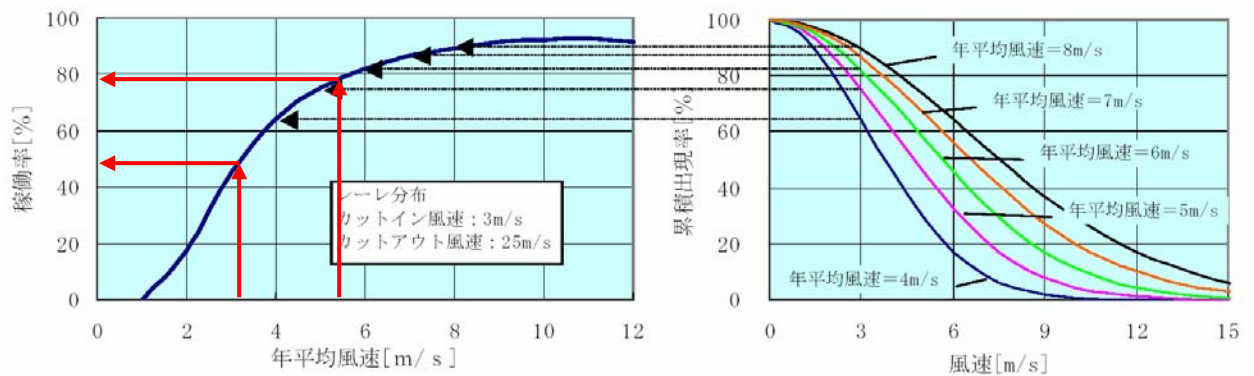


図 2.4-4 年間平均風速(レーレ分布)と稼働率の関係

平均風速を3.21m/sとする場合の稼働率は、図より 約50%である。

一方、平均風速5.5m/sとする場合の稼働率は、図より約78%である。

以上より、エネルギー量算定に利用する低減率を $= (50\%/78\%)=64\%$ とする。

また、風力発電機の面積1km²あたりの設備容量を既存調査結果から、1万kw/km²として推計する。

(3) 開発可能な土地

1) 高崎市の地目別面積

高崎市の地目別面積を次に示す。

地目別面積(平成19年)		(単位:km ² 、構成比%)							
	総面積	宅地	田	畑	池沼	山林	原野	雑種	その他
	459.41	61.45	35.49	58.07	0.13	100.66	4.21	25.08	174.32
構成比	100.0	13.4	7.7	12.6	0.0	21.9	0.9	5.5	37.9

参考資料:総面積 国土交通省国土地理院、地目別 固定資産関係資料

(注)総面積は、平成22年4月1日現在のものであり、平成19年の構成比から地目別面積を算出した。

宅地、田、池沼、雑種地、その他は、開発が出来ない条件とする。また山林の内、保安林も同様に開発の対象外とする。

2)保安林面積

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	40.0

(単位 林野面積:ha 率:% 平成21年6月1日現在)

出典:平成20年度版群馬県森林林業統計書

3)最大可採量の算定に利用する土地面積

畑・・・・・・・・・・・・・・・・ 58.07km²

山林・・・・100.66×(1-0.4) = 60.40km²

合計 118.47km²

(4) 潜在賦存量及び最大可採量の算定

1) 潜在賦存量

高崎市全域に風力発電機を設置した場合に得られるエネルギー量を潜在賦存量とする。

$$\begin{aligned}\text{設備容量(kW)} &= \text{開発可能面積(km}^2\text{)} \times 1\text{km}^2\text{ 当たり設備容量(kW)} \times \text{風速低減率(\%)} \times \text{開発率(\%)} \\ &= 459.41\text{km}^2 \times 10,000(\text{kW/km}^2) \times 64\% \times 100\% \\ &= 2940,000\text{kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{年間発電電力量} &= 2940,000\text{kW} \times 24\text{hr} \times 365 \text{ 日} = 25,754,400,000(\text{kWh/年}) \\ &= 25,754,400,000(\text{kWh/年}) \times 3.6(\text{MJ/kWh}) \\ &= 92,700 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}\end{aligned}$$

潜在賦存量 = $92,700 \times 10^6$ (MJ/年)

2) 最大可採量

市内全域の畑と山林の全てに設置する場合に得られるエネルギーを最大可採量とする。

$$\begin{aligned}\text{設備容量(kW)} &= \text{開発可能面積(km}^2\text{)} \times 1\text{km}^2\text{ 当たり設備容量(kW)} \times \text{風速低減率(\%)} \times \text{開発率(\%)} \\ &= 118.47\text{km}^2 \times 10,000\text{kW/km}^2 \times 64\% \times 100\% \\ &= 758,000\text{kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{年間発電電力量} &= 758,000\text{kW} \times 24\text{hr} \times 365 \text{ 日} = 6,640,000,000(\text{kWh/年}) \\ &= 6,640,000,000 \text{ (kWh/年)} \times 3.6\text{MJ/kWh} \\ &= 23,900 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}\end{aligned}$$

最大可採量 = $23,900 \times 10^6$ (MJ/年)

2.1.7 バイオマス

バイオマスエネルギーには様々なエネルギーが存在するが、本報告書では、農林系（農業、林業、畜産）及び廃棄物系（生ゴミ、下水汚泥、廃油）を対象に検討を行う。また、栽培作物系のバイオマスは市内でほとんど栽培されていないことから検討の対象から除外する。

系 別	種 別	摘 要
農林系	農業	わら、もみ等、収穫物の残渣
	林業	間伐材、おが屑等
	畜産	家畜糞尿等
廃棄物系	生ゴミ	
	下水汚泥等	
	廃油等	
栽培作物系	燃料等の採取を目的に栽培	

(1) 農業バイオマス

農林水産省資料(平成 20 年 7 月 1 日現在)より高崎市内の主要作物等の収穫量をまとめると次の通りである。

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

【普通作物・飼料作物・工芸農作物】 収穫量 10t 以上

種 別		収穫量(t)	摘 要
水稻		9,410	
陸稲		22	
麦類	小麦	3,057	
	六条大麦	310	
豆類	大豆	48	
	小豆	17	
かんしょ		660	
そば		18	
飼料作物	牧草	6,576	検討対象除外
	青刈りとうもろこし	18,230	
	ソルゴー	734	
	青刈りえん麦	1,581	
工芸農作物(こんにやくいも)		395	

【野菜】収穫量 100t 以上

種 別	収穫量(t)
だいこん	1,883
にんじん	115
はくさい	2,418
キャベツ	345
ほうれんそう	733
レタス	447
ねぎ	1,033
たまねぎ	1,327
きゅうり	2,964
なす	1,363
トマト	1,831

【果 樹】収穫量 10t 以上

種 別	収穫量(t)
りんご	139
ぶどう	32
日本なし	4,008
もも	392
すもも	245
うめ	6,334
キウイフルーツ	116

この内、飼料作物は餌となること、果樹はほとんど残さが発生しない（生ゴミとなる）ことより、本検討の対象から除外する。

収穫量に対する非食用部（残さ）の発生率を次に示す

項 目	農産物種別		湿潤重量
			発生率(%)または 発生原単位(t/ha)
非 食 用 部	米	稲わら	収穫量の 130%
		籾殻	収穫量の 20%
	麦類	麦わら	収穫量の 150%
	イモ類		収穫量の 100%
	豆類		収穫量の 150%
	野菜類		収穫量の 56%
	果菜類		収穫量の 150%
	根菜類		収穫量の 20%

(<http://www.n-nourin.jp/ah/sesaku/nouseika/vaio/4.pdf>)

1)潜在賦存量の算定

潜在賦存量は、収穫量に対する残さ係数により算定する。

種別	収穫量 (t)	収穫残さ係数 (%)	収穫残さ量 (t)	単位発熱量 (MJ/t)	発熱量 (MJ/year)
水稲、陸稲	9,432	150	14,148	14,435	204,226,000
麦類	3,367	150	5,051	14,435	72,911,000
豆類（そば含む）	83	150	125	14,435	1,804,000
かんしょ	660	100	660	1,255	828,000
野菜	4,796	56	2,686	1,255	3,371,000
果菜	6,158	150	9,237	1,255	11,592,000
根菜（こんにゃく含む）	3,720	20	744	1,255	934,000
合計					295,666,000

(注) 単位発熱量は、本多淳裕 著「バイオマスエネルギー」を準用。

$$\text{潜在賦存量} = 296 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

2)最大可採量の算定

稲わらや麦わらは、農地にすき込まれたり、畜産業への供給が行われること、モミガラは土壌改良等に用いられることも多いため、最大可採量は全てを焼却した場合に得られる熱量を、ボイラー効率を80%として算定するものとする。

$$\begin{aligned} \text{最大可採量} &= 295.666 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \times \text{ボイラー効率 } 80\% \\ &= 237 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \end{aligned}$$

$$\text{最大可採量} = 237 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

(2) 林業バイオマス

市内の森林面積は次の通りである。

区分		単位 ha
国有林	林野庁	3,385
	その他官庁	454
	小計	3,839
民有林	緑資源公団	783
	公有林	2,778
	私有林	13,819
	小計	17,380
林野面積合計		21,219
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。

1) 潜在賦存量の算定

年間成長量に相当する発熱量で潜在賦存量を算定する。

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	11,468	3.1	35,551	19,780	703,198,780
広葉樹	9,383	2.6	24,396	18,800	458,644,800
合計	20,851				1,161,843,580

(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。

$\text{潜在賦存量} = 1,200 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$

2)最大可採量の算定

森林面積の内、保安林面積を除外した区域における年間成長量に相当する発熱量を最大可採量とする。

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	私有林面積	国有林面積	合計	保安林率
高崎市	6,724	1,816	8,540	40

出典：平成20年度版群馬県森林林業統計書

最大可採量

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	8,680	3.1	26,908	19,780	532,240,000
広葉樹	3,830	2.6	9,958	18,880	188,007,000
合計	12,510				720,247,000

保安林面積率40%であることから、潜在賦存量の60%を対象とする。

以上より、最大可採量は、 720×10^6 (MJ/年)である。

最大可採量 = 720×10^6 (MJ/年)

現実的には、森林は面的に広く林道等の整備も十分行われていないため、バイオマスの集積が課題であり、可採量に及ぼす影響は大きいと考えられる。

(3) 畜産系バイオマス

市内の畜産物の概要は次の通りである。(2005年データ)

種別	単位	数量
乳用牛	頭	4,040
肉用牛	頭	2,880
豚	頭	46,130
採卵鶏	千羽	731

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

1) 潜在賦存量の算定

市内の全ての家畜排せつ物から発生するメタンガス量に相当する熱量を潜在賦存量とする。

種別	単位	数量	家畜排せつ物原単位 (kg/頭・年) (kg/羽・年)	年間家畜排せつ物量 (t/年)	ガス発生量原単位 (m ³ /kg)	メタン含有率 (%)	メタンガス発生量 (m ³ /年)
乳用牛	頭	4,040	16.425	66,357	0.025	0.6	995,355
肉用牛	頭	2,880	7.3	21,024	0.030	0.6	378,432
豚	頭	46,130	2.19	101,025	0.050	0.6	3,030,750
採卵鶏	千羽	731	0.0511	37,354	0.050	0.6	1,120,620
合計							5,525,157

家畜排せつ物原単位・ガス発生量原単位・メタン含有率は、NEDO「新エネルギーガイドブック 2008」による。

$$\begin{aligned}
 \text{潜在賦存量} &= \text{メタンガス発生量(m}^3\text{/年)} \times \text{メタン発熱量(MJ/m}^3\text{)} \\
 &= 5,525,157(\text{m}^3\text{/年)} \times 37.18(\text{MJ/m}^3) \\
 &= 205 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}
 \end{aligned}$$

潜在賦存量 = 205 × 10 ⁶ (MJ/年)

2) 最大可採量の算定

最大可採量は、排せつ物をメタン発酵して熱利用した場合の熱量を算定するものとして、ボイラー効率を 80% とする。

$$\begin{aligned}
 \text{最大可採量} &= \text{賦存量(MJ/年)} \times \text{ボイラー効率(80\%)} \\
 &= 205 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \times 80\% \\
 &= 164 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}
 \end{aligned}$$

最大可採量 = 164 × 10 ⁶ (MJ/年)

(4) 生ゴミバイオマス

1) 算定条件

高崎市では、食品系の廃棄物はその他の廃棄物と共に、燃やせるゴミとして収集されている。
ここでは、燃やせるゴミの収集量と生ゴミ推計量を次に示す。

地域	平成21年度燃やせるごみ収集量(t)	推計生ゴミ量(t)
高崎地域	85,837	17,167
倉渕地域	1,054	211
箕郷地域	4,795	959
群馬地域	9,481	1,896
新町地域	3,567	713
榛名地域	5,421	1,084
吉井地域	6,372	1,274
合計	116,527	23,305

生ゴミ比率を20%とする。

高崎市 HP(<http://www.city.takasaki.gunma.jp/soshiki/haiki/sonota/data.htm#kanen>)より
ただし、吉井地域は合併のため、6月からの実績値を1.2倍した。

生ゴミ 1t 当りメタンガス発生量=60m³/t (含水率50%) メタン発熱量(MJ/m³)=37.18(MJ/m³)

2) 潜在賦存量の算定

市内で発生する生ゴミすべてから発生するメタンガスの熱量を潜在賦存量とする。

$$\begin{aligned} \text{潜在賦存量} &= \text{生ごみ量(t)} \times \text{生ゴミ 1t 当りメタンガス発生量(m}^3/\text{年)} \times \text{メタン発熱量(MJ/m}^3) \\ &= 23,305 \text{ t} \times 60(\text{m}^3/\text{t} \cdot \text{年}) \times 37.18(\text{MJ/m}^3) \\ &= 52.0 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \end{aligned}$$

潜在賦存量=52.0×10 ⁶ (MJ/年)

3) 最大可採量の算定

最大可採量は、排せつ物をメタン発酵して熱利用した場合の熱量を算定するものとして、ボイラー効率を80%とする。

$$\begin{aligned} \text{最大可採量(MJ/年)} &= \text{賦存量(MJ/年)} \times \text{ボイラー効率(80\%)} \\ &= 52 \times 10^6(\text{MJ/年}) \times 80\% \\ &= 41.6 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \\ &= 41.6 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \end{aligned}$$

最大可採量=41.6×10 ⁶ (MJ/年)

(5) 下水汚泥等

1) 算定条件

下水道・集落排水等の汚泥及びし尿等から発生するメタンガスを検討の対象とする。

市内の下水道等施設の概要を次に示す。

			＜高崎市全体＞								
区 分			全 体 計 画			事 業 計 画					
			面積 (ha)	人口 (人)	日最大 汚水量 (ml/日)	都市計画法		下水道法			摘 要
計画 決定	事業 認可	事業認可									
						面積 (ha)	面積 (ha)	面積 (ha)	人口 (人)	日最大 汚水量 (ml/日)	
単 独 公 共 下 水 道	高 崎 処 理 区	公 共 下 水 道	2,123	101,080	/	1,977	1,977	2,123	101,080	98,200	選 定 日 昭 和 32 年 6 月 22 日 昭 和 56 年 7 月 1 日
		特 定 環 境 保 全 公 共 下 水 道	437	9,710		-	-	437	9,710	6,700	
	計	2,560	110,800	104,900		1,977	1,977	2,560	110,800	104,900	
流 域 関 連 公 共 下 水 道	榛 名 湖 周 辺 処 理 区	特 定 環 境 保 全 公 共 下 水 道	58	140 (7,470)	970	-	-	58	140 (7,470)	970	東 吾 妻 町 分 の 13ha、10人を含む ()内は観光人口 選 定 日 昭 和 56 年 4 月 20 日
		計	58	140	970	-	-	58	140	970	
流 域 関 連 公 共 下 水 道	県 央 処 理 区	公 共 下 水 道	6,908	204,220	/	3,582	3,175	5,093	153,580	128,580	選 定 日 昭 和 52 年 10 月 1 日
		特 定 環 境 保 全 公 共 下 水 道	76	2,200		-	-	76	2,200	1,280	
	計	6,984	206,420	174,070		3,582	2,977	5,169	155,780	129,860	
合 計			9,602	317,360	279,940	5,559	5,152	7,787	266,720	235,730	行政区域内人口 平成22年 341,600人 平成7年 340,700人

「平成 19 年度高崎市公共下水道事業報告書」より

以上に示したとおり高崎市の公共下水道は、単独公共下水道と流域関連公共下水道に区分される。流域関連公共下水道は処理場が玉村町にあるため、今回の検討から除外する。よって、対象となる公共下水道は、高崎処理区と榛名湖周辺処理区である。

高崎処理区の下水道汚泥は 12,806.6t、榛名湖周辺処理区は 18.66t である。

(平成 19 年度 高崎市水道・下道事業年報より)

(9) 月別・水処理センター別下水処理量

処理区名 月別	久					津			城南				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				

次に、市内のし尿や浄化槽の汚泥は城南クリーンセンターで処理が行われており、その概要は次の通りである。

施設名	年間処理量				処理対象 廃棄物	処理方式			処理能力 (kl/日)	使用開 始年度	運 転 管 理
	し尿 (kl/年度)	浄化槽汚泥 (kl/年度)	有機性廃棄物 (t/年度)	その他 (kl/年度)		汚水処理	汚泥処理	資源化 処理			
城南クリーン センター	5403	44957	0	0	し尿、浄化 槽汚泥	高負荷	焼却		174	1993	直営

(http://www.city.takasaki.gunma.jp/soshiki/jounan_cc/gaiyou/saisin.htm)

次に、市内の集落排水施設の概要を次に示す。

名称	浜川集落排水施設	楽間行力集落排水施設	富岡集落排水施設	善地集落排水施設	蟹沢集落排水施設
所在地	高崎市浜川町	高崎市菊地町23番地1	高崎市箕郷町和田山	高崎市箕郷町善地	高崎市箕郷町白川
着工	昭和62年4月	平成4年9月	昭和60年4月	平成4年4月	昭和62年4月
竣工	平成5年3月	平成9年3月	平成2年3月	平成7年3月	平成9年3月
処理対象人口	1100人	2000人	1100人	1180人	510人
排除方式	分流式	分流式	分流式	分流式	分流式
対象排水	生活系排水（し尿及び雑排水）	生活系排水（し尿及び雑排水）	生活系排水（し尿及び雑排水）	生活系排水（し尿及び雑排水）	生活系排水（し尿及び雑排水）
処理水量	平均汚水量 297m ³ /日	平均汚水量 540 m ³ /日	平均汚水量 297m ³ /日	平均汚水量 318.6m ³ /日	平均汚水量 137.7m ³ /日
処理方式	流量調整槽前置型 嫌気性ろ床併用 接触ぼっ気方式 (JARUS-Ⅲ型)	オキシデーション ディッチ方式	流量調整槽前置型 嫌気性ろ床併用 接触ぼっ気方式 (JARUS-Ⅲ型)	流量調整槽前置型 嫌気性ろ床併用 接触ぼっ気方式 (JARUS-Ⅲ型)	流量調整槽前置型 嫌気性ろ床併用 接触ぼっ気方式 (JARUS-Ⅲ型)
総事業費	約565,000千円	1,550,000千円	849,784千円	1,354,878千円	745,611千円
処理水放流先	1級河川井野川	1級河川早瀬川	相の川	一級河川浦川	相の川
管路施設	延長5,744m	延長10,646m	延長12,896m	延長12,087m	延長6,483m
	中継ポンプ場 2ヶ所	中継ポンプ場 5ヶ所	中継ポンプ場 10ヶ所	中継ポンプ場 13ヶ所	中継ポンプ場 11ヶ所
供用開始	平成3年5月	平成9年7月	平成2年7月	平成8年7月	平成8年7月
事業主体	高崎市	高崎市	高崎市	高崎市	高崎市

(<http://www.city.takasaki.gunma.jp/soshiki/denen/nousyuu/nousyuu.htm>)

以上の生活排水関連施設について処理量等をまとめると次のとおりである。なお、集落排水事業は公共下水道と同様に扱うものとするが、汚泥量が示されていないので処理水量から汚泥量を推計する。推計は公共下水道の処理水量と汚泥量の比率により行う。

集落排水平均処理量合計＝1,590.3 m³×365日＝580,459.5 (m³/年)

集落排水推計汚泥量 ＝580,459.5×(12,806.6+18.7)/(16,142,929+197,407)＝455.59
＝455.59 t

種別	年間発生量	摘要
下水道汚泥	13,280.85 t	高崎処理区 12,806.6 t、榛名湖処理区 18.66 t 集落排水 455.59 t
し尿、浄化槽汚泥	50,360 kl	し尿 5,403 kl、浄化槽汚泥 44,957 kl

2) 潜在賦存量の算定

流域下水道以外の下水道汚泥及びし尿、浄化槽汚泥から発生するメタンガスを対象に潜在賦存量を算定する。

$$\begin{aligned} \text{下水道汚泥賦存量} &= \text{下水道汚泥量(t/年)} \times \text{下水汚泥 1t 当りメタン発生量} \\ &\quad \times \text{発生ガス発熱量} \times 4.186(\text{kJ/kcal}) \\ &= 13,280.85 \text{t} \times 6\text{m}^3/\text{t} \times 4,700(\text{kcal/m}^3) \times 4.186(\text{kJ/kcal}) \\ &= 1,570,000 \text{ (MJ/年)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{し尿、浄化槽汚泥賦存量} &= \text{し尿、浄化槽汚泥量(t/年)} \times \text{汚泥 1kl 当りメタン発生量} \\ &\quad \times \text{発生ガス発熱量} \times 4.186(\text{kJ/kcal}) \\ &= 50,360 \text{t} \times 8\text{m}^3/\text{t} \times 4,700(\text{kcal/m}^3) \times 4.186(\text{kJ/kcal}) \\ &= 7,930,000(\text{MJ/年}) \end{aligned}$$

$6\text{m}^3/\text{t}$ 、 $8\text{m}^3/\text{t}$ は、各種資料より例示を使用。

$$\begin{aligned} \text{潜在賦存量} &= 1,570,000 \text{ (MJ/年)} + 7,930,000 \text{ (MJ/年)} \\ &= 9,500,000 \text{ (MJ/年)} \\ &= 9.50 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \end{aligned}$$

潜在賦存量 = 9.50×10^6 (MJ/年)

3) 最大可採量の算定

潜在賦存量をすべて燃焼させた場合に発生する熱量を最大可採量とし、ボイラー効率を 80% とする。

$$\begin{aligned} \text{最大可採量} &= 9.5 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \times 80\% \\ &= 7.60 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \end{aligned}$$

最大可採量 = 7.60×10^6 (MJ/年)

(6) 廃食用油

1) 算定条件

家庭用の廃食用油を回収し、BDF化した場合の熱量を対象に算定する。

(注) BDF：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)

全国の家庭用由来廃食用油の発生量≒20万トン（農林水産省総合食料局食品産業振興課調べ）この数量を統計年の平成15年10月1日現在の全国総人口で算定した、廃食用油発生量原単位は、(1.57kg/人・年)である。

一方、平成22年8月31日現在の市内人口は、375,119人であることより、市内から排出される廃食用油の総量は、

(1.57kg/人・年) × 375,119人 = 588,936kg/年と推計される。

BDF精製換算率を95%とした場合、

BDF製造量 = 588,936kg/年 × 95% = 559,500kg/年

BDF発熱量 = 38.2MJ/Lと仮定する（軽油と同程度）

2) 潜在賦存量の算定

市内の全量を回収し、BDF化した場合の熱量を潜在賦存量とする。

潜在賦存量 = 559,500kg/年 × 38.2MJ/L = 21,372,900MJ/年
= 21.4 × 10⁶ (MJ/年)

潜在賦存量 = 21.4 × 10⁶ (MJ/年)

3) 最大可採量の算定

賦存量の70%を最大可採量と仮定する。

最大可採量 = 21.4 × 10⁶ (MJ/年) × 70%
= 15.0 × 10⁶ (MJ/年)

最大可採量 = 15.0 × 10⁶ (MJ/年)

(7) バイオマスエネルギーのまとめ

潜在賦存量及び最大可採量をまとめると次のとおりである。

種 別	潜在賦存量(×10 ⁶ MJ/年)	最大可採量(×10 ⁶ MJ/年)
農業	296	237
林業	1,200	720
畜産	205	164
生ゴミ	52.0	41.6
下水道汚泥等	9.50	7.60
廃食用油	21.4	15.0
合計	1,780	1,190

バイオマスエネルギーを集計すると、次のとおりである。

潜在賦存量 = $1,780 \times 10^6$ (MJ/年)

最大可採量 = $1,190 \times 10^6$ (MJ/年)

2.1.8 温度差

温度差のエネルギーの種類としては、生活排水や中・下水の熱、清掃工場の排熱、超高圧地中送電線からの排熱、変電所の排熱、河川水・海水の熱、工場の排熱、⑦温泉の熱、⑧地下鉄や地下街の冷暖房排熱、雪氷熱等がある。

本検討では、高崎市の現状を踏まえて次の温度差を検討の対象とする。

- | |
|--------------------|
| 1) 河川水（水利権を伴わないもの） |
| 2) 湧水 |
| 3) 下水道（汚水）廃熱 |

(1) 河川水の検討

河川水は、一般的に夏には気温より水温が低く、冬には気温よりも水温が高いことを利用して熱を利用するものである。本検討では、気温と水温の資料を整理して温度差を把握し、得られるエネルギーを試算する。

1)河川水温の整理

高崎市内の河川で、水温が計測されている場所は烏川の高松地点（碓氷川合流直後）であり、国土交通省により行われている。水温の観測は月に1回、午後13時頃に気温と同時に観測が行われている。水温の日変化は気温に比べて小さいので、月の平均気温と水温を比較して温度差を検討する。また、月平均気温は、高松地点では観測されていないため、気象庁の前橋観測所のデータを利用する。過去の測定記録から、平均水温は13時水温の約90%であることから観測値の90%を平均水温とする。

烏川（高松地点）日平均河川水温

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2000	7.8	5.6	10.1	15.8	21.4	24.8	23.6	26.6	19.6	17.1	9.2	7.2
2001	7.0	8.3	8.8	17.9	17.4	21.2	25.6	20.9	21.8	18.5	14.6	9.9
2002	6.4	7.4	7.2	17.1	19.3	22.3	19.9	24.8	26.1	17.0	11.5	9.2
2003	5.2	5.6	6.7	17.3	20.0	18.0	19.8	23.8	23.0	14.0	13.1	8.6
2004	6.5	6.8	6.8	17.3	17.1	21.4	27.5	25.2	23.1	14.3	14.5	8.2
2005	5.9	6.0	6.8	16.2	12.6	19.6	18.9	24.8	23.1	18.0	13.8	7.9
2006	5.0	7.7	10.4	13.4	16.7	18.9	18.8	23.0	19.8	16.8	15.1	8.3
2007	6.3	8.4	9.4	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測
2008	8.0	5.9	7.2	14.2	14.0	15.3	21.2	25.6	20.7	16.9	12.8	7.7
2009	6.8	8.2	8.5	16.3	18.4	18.0	21.2	23.8	22.5	16.4	13.7	10.8

2)前橋气象台 月平均気温 の整理

前橋气象台 日平均気温の月平均値()

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2000	5.2	3.2	6.8	12.6	18.7	21.8	26.7	27.3	23.3	16.7	10.8	5.8
2001	2.1	4.2	7.6	14.2	19.0	22.2	28.2	25.2	21.9	16.2	10.8	5.5
2002	4.6	5.4	9.6	14.5	17.5	20.6	27.0	27.0	21.5	16.7	8.6	4.7
2003	2.9	4.3	6.4	13.4	18.1	22.5	22.0	25.1	22.8	15.6	12.5	6.3
2004	3.7	5.8	7.8	14.7	18.6	23.0	27.8	25.8	23.4	15.8	13.1	7.0
2005	3.1	3.4	6.6	13.7	16.9	23.4	24.8	26.8	23.6	17.6	10.4	3.1
2006	2.7	4.8	7.5	12.2	18.0	21.9	24.7	27.3	22.3	18.1	11.8	6.8
2007	4.9	6.1	8.2	12.3	18.7	22.7	23.5	28.0	24.1	17.1	11.0	6.5
2008	3.6	2.9	9.0	13.6	18.0	21.1	26.3	25.8	22.9	17.6	10.7	6.9
2009	4.3	5.5	7.6	14.1	19.4	22.2	25.4	25.8	22.0	16.8	11.4	6.7

3)水温と気温との関係の整理

水温－気温()

月	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	平均
1	2.5	4.4	1.4	2.3	2.8	2.8	2.3	1.8	4.9	2.6	2.78
2	2.7	3.0	2.3	2.9	2.6	1.0	1.3	2.0	4.1	2.4	2.43
3	0.9	-1.8	1.2	2.9	0.2	-1.0	0.3	-2.4	1.2	3.3	0.48
4	2.2	0.6	—	1.2	2.5	2.6	3.9	2.6	3.7	3.2	2.25
5	-1.0	-4.0	—	-1.3	-4.3	-1.5	1.9	1.8	-1.6	2.7	-0.73
6	-4.2	-5.8	—	-3.0	-3.8	-1.6	-4.5	1.7	-1.0	3.0	-1.92
7	-4.2	-5.1	—	-5.9	-5.9	-0.3	-2.2	-7.1	-2.6	-3.1	-3.64
8	-2.0	-0.2	—	-4.3	-2.0	-0.6	-1.3	-2.2	-4.3	-0.7	-1.76
9	0.5	-2.2	—	-2.5	-0.5	-0.3	0.2	4.6	-0.1	-3.7	-0.40
10	-0.4	-0.7	—	-1.3	0.4	-1.5	-1.6	0.3	2.3	0.4	-0.21
11	2.3	2.1	—	3.3	3.4	1.4	0.6	2.9	3.8	-1.6	1.82
12	4.1	0.8	—	1.5	4.8	1.2	2.3	4.5	4.4	1.4	2.50

水温から気温を引いた値は、5月から10月までは、負となり気温が水温より高い結果となった。また、11月から4月までは、水温が気温よりも高い結果となった。

この調査結果を利用して、河川における温度差とする。

4)河川総流量の検討

高崎市内の河川流量は、烏川や碓氷川に代表されると判断できることから、高松観測所における年間の河川総流量を利用して市内河川の総流量を推定する。

高松観測所における公開されている直近 10 年間の河川流量を次に示す。

年	豊水流 量	平水流 量	低水流 量	渇水流 量	平均流 量	年総量
						(10 ⁶ m ³)
1989	29.24	15.18	8.9	5.14	25.93	817.65
1990	13.9	8.15	5.61	3.06	15.8	498.21
1991	29.16	11.08	9.32	5.28	25.67	809.65
1992	11.34	10.23	8.79	6.32	12.76	403.36
1993	16.61	8.52	6.97	3.99	16.7	526.73
1994	8.56	5.29	4.09	3.14	13.92	438.96
1995	9.77	5.11	3.76	2.88	12.32	388.61
1996	7.31	3.72	2.62	1.09	7.22	228.18
1997	7.4	4.72	3.25	2.65	8.1	255.44
1998	20.91	11.83	6.65	3.78	22.2	700.17
合計						5066.96
平均						506.696

高松地点の平均河川総流量は、約 $506.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ である。一方、高松地点の流域面積は 536.30km^2 であることから、高崎市面積 495.41km^2 より、市内を流下する河川水の総流量は次のように推計される。

$$\begin{aligned} \text{市内河川年間総流量} &= 506.7 \times 10^6 \text{ m}^3 \times (459.41\text{km}^2/536.30\text{km}^2) \\ &= 434 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

5)河川流量の検討

最大可採量の検討は、一級河川等の指定が無い区間における流量を利用する。整理した結果を次に示す。流量は小水力発電の項目で資料整理した河川の低水流量を利用する。

流域 番号	流域面積 (km ²)	低水流量 (m ³ /s)	流域番号	流域面積 (km ²)	低水流量 (m ³ /s)
1	1.452	0.079	68	0.509	0.035
2	0.467	0.033	69	1.103	0.064
3	1.107	0.064	70	0.335	0.025
8	3.004	0.139	71	0.415	0.030
15	1.362	0.075	72	1.333	0.074
16	2.19	0.109	73	3.124	0.144
17	1.537	0.083	74	0.504	0.035
20	1.362	0.075	75	0.964	0.058
28	5.069	0.209	76	4.192	0.181
29	0.735	0.047	77	0.248	0.020
32	2.551	0.123	78	1.016	0.060
38	9.443	0.339	79	0.057	0.006
41	3.032	0.140	80	0.046	0.005
42	0.451	0.032	81	0.447	0.032
43	0.948	0.057	82	0.552	0.037
44	0.212	0.018	83	0.381	0.028
47	1.898	0.098	84	0.462	0.033
50	2.103	0.106	85	0.394	0.029
53	0.289	0.023	86	0.519	0.036
54	1.802	0.094	87	0.211	0.018
57	10.281	0.362	88	0.276	0.022
60	2.055	0.104	89	0.328	0.025
61	0.881	0.054	90	0.222	0.018
62	1.953	0.100	91	0.236	0.019
63	2.606	0.125	92	0.172	0.015
64	3.786	0.167	93	0.464	0.033
65	1.851	0.096	94	0.309	0.024
66	0.883	0.054	95	0.488	0.034
67	0.925	0.056	96	0.886	0.054
小計	66.235	3.061	小計	20.193	1.194
			合計	86.428	4.255

整理した結果、最大可採量の検討に利用する河川流量を、 $Q=5.193\text{m}^3/\text{s}$ とする。

6)潜在賦存量の算定

河川の総流量を月別に区分することが難しいので、7)で算定した最大可採量を流量比で補正して、潜在賦存量とする。

$$\text{最大可採量想定流量} = 164 \times 10^6 \text{ m}^3 \cdots \text{最大可採量} = 976.960 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

$$\text{潜在賦存量算定河川総流量} = 434 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{潜在賦存量} &= 976.960 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \times (434 \times 10^6 \text{ m}^3 / 164 \times 10^6 \text{ m}^3) \\ &= 2,590 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \end{aligned}$$

潜在賦存量 = $2,590 \times 10^6$ (MJ/年)

7)最大可採量

河川水の温度差エネルギーは次式により算定する。

$$\text{温度差エネルギー} = \text{水量} \times \text{比重} \times \text{定圧比熱} \times (\text{利用温度差}) \quad \text{(MJ/年)}$$

水量 : 検討に用いる河川水量で今回は低水流量を利用 ($\text{m}^3/\text{年}$)

比重 : 河川水の比重 (kg/m^3) $\cdots 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ とする。

定熱比熱 : 河川水の比熱。 $4.186 \times 10^{-3} \text{ MJ}/\text{kg}$ とする。

利用温度差 : 月毎の温度差を利用する (10年間平均値)

月	温度差	水量	比重	低圧比熱	エネルギー
		(m^3)	(kg/m^3)	(MJ/kg)	($\text{MJ}/\text{月}$)
1	2.78	11,396,592	1,000	0.004186	132,623,100
2	2.43	10,293,696	1,000	0.004186	104,707,300
3	0.48	11,396,592	1,000	0.004186	22,898,900
4	2.25	11,028,960	1,000	0.004186	103,876,300
5	0.73	11,396,592	1,000	0.004186	34,825,500
6	1.92	11,028,960	1,000	0.004186	88,641,100
7	3.64	11,396,592	1,000	0.004186	173,650,300
8	1.76	11,396,592	1,000	0.004186	83,962,800
9	0.4	11,028,960	1,000	0.004186	18,466,900
10	0.21	11,396,592	1,000	0.004186	10,018,300
11	1.82	11,028,960	1,000	0.004186	84,024,400
12	2.5	11,396,592	1,000	0.004186	119,265,300
				合計	976,960,200

河川の温度差エネルギー最大可採量は、 977×10^6 (MJ/年)である。

最大可採量 = 977×10^6 (MJ/年)

(2) 湧水の検討

市内にまとまって賦存する湧水は、上越新幹線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) 水量の整理

榛名トンネル放水量(一日当たり)

年	放水量
1988	70,159
1989	74,714
1990	74,413
1991	67,938
1992	81,824
1993	78,960
1994	70,779
1995	66,529
1996	62,509
1997	62,754
1998	55,857
1999	60,013
2000	64,254
2001	61,763
2002	57,368
2003	64,097
2004	66,206
2005	61,527
2006	60,986
2007	64,853
2008	50,592
2009	63,245
合計	1,441,340
年平均	65,515

以上より、榛名トンネルからの湧水量を一日当たり 65,000m³とする。

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ので夏には 15℃、冬には 10℃程度と推定されるので、推定値を利用する。

3)潜在賦存量

湧水の全量から得られるエネルギーを潜在エネルギーとする。

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	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
				24,736,050		合計	421,690,000

以上の結果、湧水の温度差エネルギー賦存量は、 422×10^6 (MJ/年)である。

潜在賦存量 = 422×10^6 (MJ/年)

4)最大可採量

湧水量の内、高崎市の上水道で利用している水量 (約 2.77×10^6 m³) を除く水量から得られるエネルギーを最大可採量とする。

$$\begin{aligned} \text{最大可採量} &= (24.74 - 2.77) / 24.74 \times \text{潜在賦存量 } 422 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \\ &= 374 \times 10^6 \text{ (MJ/年)} \end{aligned}$$

最大可採量 = 374×10^6 (MJ/年)

(3) 下水道

1) 処理水量の整理

市内の下水道は、バイオマスの項で調査した結果、温度差エネルギーの対象となり得るのは、県央流域下水道、高崎処理区（城南処理場、阿久津処理場）および榛名湖処理区である。

次に平成10年度から平成19年度までの処理実績を示す。

(1) 業務実績状況

区 分		年 度					
		単 位	10	11	12	13	14
行政区域面積		ha	11,072	11,072	11,072	11,072	11,072
行政区域内人口 ^㉔		人	242,615	243,486	244,020	244,721	245,406
処理区域内人口 ^㉕		人	184,249	190,034	194,240	198,827	203,282
排水設備設置済人口 ^㉖		人	167,474	174,174	178,262	184,055	189,930
水洗化人口 ^㉗		人	166,842	173,563	177,755	183,560	189,656
市街地面積		ha	4,090	4,090	4,090	4,099	4,099
計画処理面積(既認可)		ha	5,493	5,493	5,641	5,641	5,641
処理区域面積		ha	4,037	4,133	4,245	4,316	4,425
処理区域内世帯数		世帯	71,682	74,528	76,546	79,446	81,765
排水設備設置済世帯数		世帯	64,958	68,099	70,241	73,319	76,145
水洗化世帯数		世帯	64,690	67,840	70,017	73,102	76,021
排水管渠布設延長		m	843,053	863,606	891,114	919,629	949,029
普 及 率	処理区域内人口/行政区域内人口 (^㉕ / ^㉔ × 100)	%	75.9	79.6	78.0	81.2	82.8
	排水設備設置済人口/処理区域内人口 (^㉖ / ^㉕ × 100)	%	90.9	91.8	91.7	92.6	93.4
	水洗化人口/処理区域内人口 (^㉗ / ^㉕ × 100)	%	90.6	91.5	91.3	92.3	93.3
城南水処理センター処理水量		m ³	13,484,849	12,869,035	12,125,892	11,289,089	10,379,247
阿久津水処理センター処理水量		m ³	12,603,070	12,023,667	13,207,905	14,229,265	14,679,543
中尾水処理センター処理水量		m ³	564,359	—	—	—	—
榛名湖水質管理センター処理水量		m ³	—	—	—	—	—
※県央水質浄化センター処理水量		m ³	8,900,993	10,105,642	10,117,279	10,054,978	10,859,582
計	年間処理水量	m ³	35,553,271	35,451,076	34,998,344	35,918,372	35,573,332
	1日平均処理水量	m ³	97,406	97,126	95,885	98,406	97,461
年間有収水量		m ³	23,772,788	24,689,924	25,058,482	25,021,032	24,962,222

※ 流域下水道に流入する水量

(資料：高崎市下水道事業H19より)

15	16	17	18	19	年度		単位
					区分		
11,072	11,072	30,742	40,101	40,101	行政区域面積		ha
246,351	246,892	321,499	345,360	346,318	行政区域内人口 ㉠		人
205,913	208,611	237,492	242,513	244,938	処理区域内人口 ㉡		人
193,429	197,671	226,084	231,205	233,192	排水設備設置済人口 ㉢		人
193,141	197,376	225,824	230,923	232,883	水洗化人口 ㉣		人
4,099	4,099	4,368	4,417	4,417	市街地面積		ha
5,641	6,618	7,531	7,787	7,787	計画処理面積(既認可)		ha
4,522	4,603	5,353	5,628	5,677	処理区域面積		ha
83,620	85,327	97,274	99,897	101,721	処理区域内世帯数		世帯
78,342	80,629	93,526	96,180	97,834	排水設備設置済世帯数		世帯
78,216	80,490	93,342	95,986	97,629	水洗化世帯数		世帯
976,710	1,003,133	1,177,000	1,234,945	1,250,954	排水管渠布設延長		m
83.6	84.5	73.9	70.2	70.7	普 及 率	処理区域内人口/行政区域内人口 (㉡ / ㉠ × 100)	%
93.9	94.8	95.2	95.3	95.2		排水設備設置済人口/処理区域内人口 (㉢ / ㉡ × 100)	%
93.8	94.6	95.1	95.2	95.1		水洗化人口/処理区域内人口 (㉣ / ㉡ × 100)	%
10,993,567	7,989,169	7,641,242	7,994,030	8,395,872	城南水処理センター処理水量		m ³
13,812,086	16,726,420	15,459,802	16,349,849	16,142,929	阿久津水処理センター処理水量		m ³
—	—	—	—	—	中尾水処理センター処理水量		m ³
—	—	—	107,967	197,407	榛名湖水質管理センター処理水量		m ³
10,790,682	11,243,864	12,542,454	17,209,876	17,625,426	※県央水質浄化センター処理水量		m ³
35,596,335	35,959,453	35,643,498	41,553,755	42,361,634	計	年間処理水量	m ³
97,258	98,519	97,653	113,846	115,742		1日平均処理水量	m ³
24,878,863	25,232,377	25,917,716	29,043,621	29,918,462	年間有収水量		m ³

○ 平成18年度の榛名湖水質管理センター処理水量は10月1日からの処理水量。

○ 平成18年度の県央水質浄化センター処理水量には、10月1日からの榛名地区分は含まず。計には、榛名湖水質管理センター処理水量及び榛名地区分県央水質浄化センター処理水量は、含まず。

エネルギー算出は、平成19年度の資料を利用する。

県央流域下水処理実績＝17,625,426m³

城南処理量実績＝8,395,872m³

阿久津処理実績＝16,142,929m³

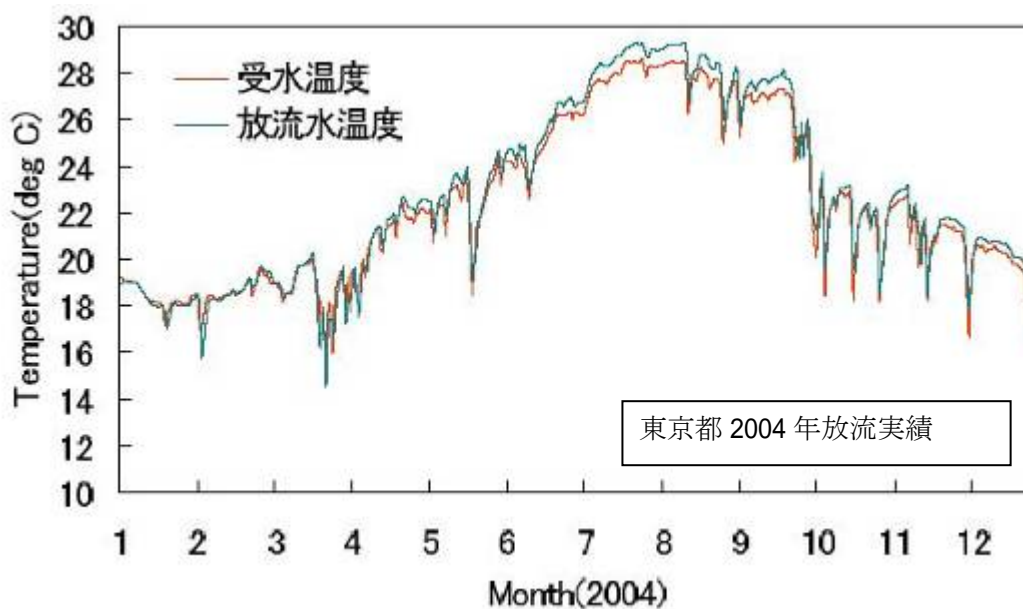
榛名湖処理実績＝197,407m³

合計処理量＝42,361,634m³ /年

2)放流水温の整理

高崎処理区における放流水の水温は公表されていないので、東京都の13処理場の流量重み付け平均値を参考とする。(http://www.ide.titech.ac.jp/~kandalab/ja/WWTP/index.html)

また、「上流域都市内河川水質に及ぼす下水処理水の影響(群馬県央処理排水)」(http://www.cvl.gunma-ct.ac.jp/~aoi/aoihtml/kawa_5.html)では、概ね夏季に25°Cの放流水温、冬期に16°Cの水温とされている。



以上より、本検討では6月から10月において25°C、11月から5月において16°Cと設定する。

3) 潜在賦存量の算定

全下水道水量を対象に潜在賦存量を算定する。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	3,597,829	1,000	0.004186	194,280,600
2	3.8	16	12.2	3,249,652	1,000	0.004186	165,957,100
3	6.4	16	9.6	3,597,829	1,000	0.004186	144,580,900
4	11.3	16	4.7	3,481,770	1,000	0.004186	68,501,000
5	15.2	16	0.8	3,597,829	1,000	0.004186	12,048,400
6	18.5	25	6.5	3,481,770	1,000	0.004186	94,735,500
7	21.4	25	3.6	3,597,829	1,000	0.004186	54,217,800
8	22.0	25	3.0	3,597,829	1,000	0.004186	45,181,500
9	19.0	25	6.0	3,481,770	1,000	0.004186	87,448,100
10	14.0	25	11.0	3,597,829	1,000	0.004186	165,665,600
11	9.3	16	6.7	3,481,770	1,000	0.004186	97,650,400
12	4.9	16	11.1	3,597,829	1,000	0.004186	167,171,700
			合計	42,361,535		合計	1,297,440,000

以上の結果、潜在賦存量は、 $1,300 \times 10^6$ (MJ/年)である。

潜在賦存量 = $1,300 \times 10^6$ (MJ/年)

4)最大可採量

全下水道水量の内、流域下水道は処理場が市外であるので、これを除外した流量を、最大可採量の算定に利用する。

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	2,100,870	1,000	0.004186	113,445,700
2	3.8	16	12.2	1,897,560	1,000	0.004186	96,906,900
3	6.4	16	9.6	2,100,870	1,000	0.004186	84,424,700
4	11.3	16	4.7	2,033,100	1,000	0.004186	39,999,600
5	15.2	16	0.8	2,100,870	1,000	0.004186	7,035,400
6	18.5	25	6.5	2,033,100	1,000	0.004186	55,318,600
7	21.4	25	3.6	2,100,870	1,000	0.004186	31,659,300
8	22.0	25	3.0	2,100,870	1,000	0.004186	26,382,700
9	19.0	25	6.0	2,033,100	1,000	0.004186	51,063,300
10	14.0	25	11.0	2,100,870	1,000	0.004186	96,736,700
11	9.3	16	6.7	2,033,100	1,000	0.004186	57,020,700
12	4.9	16	11.1	2,100,870	1,000	0.004186	97,616,100
合計				24,736,050	合計		757,610,000

以上の結果、最大可採量は、 758×10^6 (MJ/年)である。

最大可採量= 758×10^6 (MJ/年)

(4) 温度差エネルギーのまとめ

試算結果を総括した結果を次に示す。

	潜在賦存量 (MJ/年)	最大可採量 (MJ/年)
河川水	$2,590 \times 10^6$	977×10^6
湧水	422×10^6	374×10^6
下水道放流水	$1,300 \times 10^6$	758×10^6
合計	$4,312 \times 10^6$	$2,109 \times 10^6$

潜在賦存量合計 = $4,312 \times 10^6$ (MJ/年)

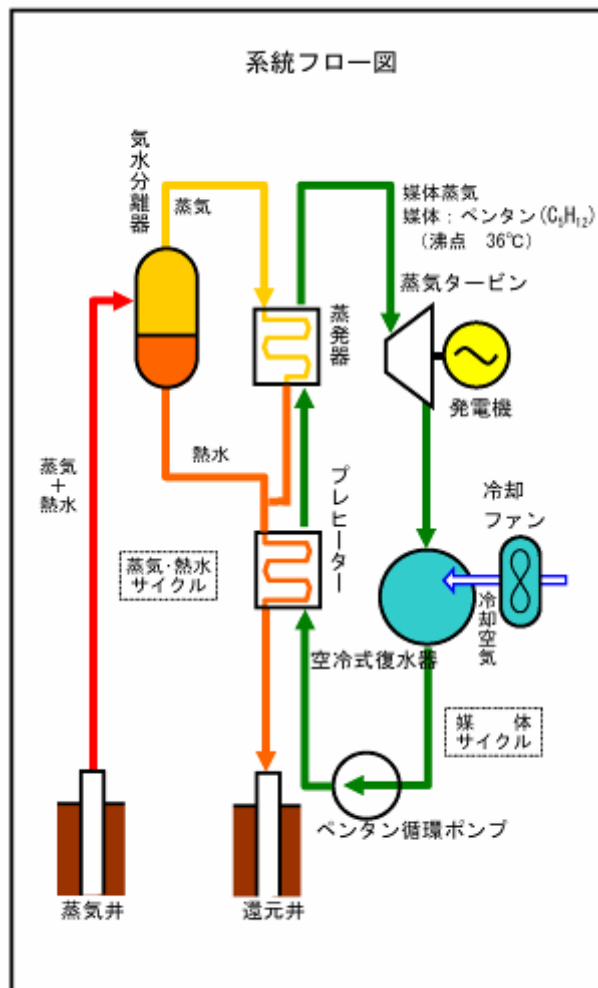
最大可採量 = $2,109 \times 10^6$ (MJ/年)

2.1.9 地熱

火山が多い地域では、地熱エネルギーが豊富に存在する。地熱を利用して発電がおこなわれていることから、市内における賦存量を調査する。なお、既存の温泉施設等から得られる温水の熱エネルギーも地熱の一部である。

(1) 発電の仕組み

バイナリー発電とは、加熱源により沸点の低い液体を加熱・蒸発させてその蒸気でタービンを回す方式である。加熱源系統と媒体系統の二つの熱サイクルを利用して発電することから、バイナリーサイクル発電と呼ばれており、地熱発電などで利用されている。



(2) 潜在賦存量

「H21 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書（環境省）」を参考にすると、地熱エネルギーを2種類（150℃以上と53～120℃以上）に区分して調査が行われている。地熱が高い方が発電には有利である。市内における地熱エネルギーの調査は特に行われていないため、賦存量の算定は困難な状況にある。ただし、温泉等は市内に多く存在するので、これらの熱エネルギー量を地熱量として評価する。

賦存量は、「H21 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書（環境省）P.203」における、53～120℃以上の導入ポテンシャル推計結果を利用して試算する。

$$\text{群馬県の導入ポテンシャル（設備容量）} = 500,000\text{kW}$$

高崎市の面積は、県面積の約7.2%であるので

$$\text{高崎市の導入ポテンシャル（設備容量）} = 500,000 \text{ kW} \times 7.2\% = 36,000\text{kW}$$

エネルギー換算をすると

$$\text{潜在賦存量} = 36,000\text{kW} \times 24(\text{hr}) \times 365(\text{日}) \times 3.6(\text{MJ/kW})$$

$$= 1,140 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

潜在賦存量 = $1,140 \times 10^6$ (MJ/年)

(3) 最大可採量

賦存量の5%を最大可採量とする。

$$\text{最大可採量} = 1,140 \times 10^6 \times 5\%$$

$$= 57 \times 10^6 \text{ (MJ/年)}$$

最大可採量 = 57×10^6 (MJ/年)
