

第3章 再生可能エネルギー導入ポテンシャル

1. 検討対象とする再生可能エネルギー

ここでは、本市における再生可能エネルギーについて、既存の資料・文献等に基づき、種別ごとの賦存状況を示すとともに、それらの利用にあたって、エネルギー利用技術等の条件を考慮して利用可能量（ポテンシャル）を推計します。

検討対象とする再生可能エネルギーは、次にあげる6項目です。

- 太陽光発電
- 風力発電
- 小水力発電
- 太陽熱利用
- 地中熱利用
- バイオマス熱利用

2. 再生可能エネルギーの賦存状況

環境省の再生可能エネルギー情報提供システム（以下「REPOS：リーポス」という。）における本市の再生可能エネルギーの賦存状況を以下に示します。

（1）太陽光発電

太陽光発電に係る本市の設備導入ポテンシャルは、建物系で約313千kW、土地系で503千kW、市全体では816千kWと推計されています。また、建物系には官公庁、病院、学校、戸建住宅、集合住宅、工場・倉庫等、その他建物、鉄道駅に区分されており、その中でも工場・倉庫、その他建物については、それぞれ約25千kW、約172千kWと推計されています。

本市への太陽光発電導入ポテンシャル

| 大区分 | 中区分 | 導入ポテンシャル | 単位 |
|------------|-------|----------|-----|
| 太陽光発電 | 建物系 | 312.943 | 千kW |
| | 土地系 | 503.231 | 千kW |
| | 合計 | 816.174 | 千kW |
| 大区分 | 中区分* | 導入ポテンシャル | 単位 |
| 建物系 ※抜粋 | 工場・倉庫 | 24.692 | 千kW |
| | その他建物 | 171.555 | 千kW |

*他に、官公庁、病院、学校、戸建住宅、集合住宅、鉄道駅がある。

資料：再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS：リーポス）（環境省）

(2) 風力発電

風力発電に係る本市の導入ポテンシャルは低く、市全体では15千kWと推計されています。

本市への風力発電導入ポテンシャル

| 大区分 | 中区分 | 導入ポテンシャル | 単位 |
|------|------|----------|-------|
| 風力発電 | 陸上風力 | 15 | 千kW/年 |

資料：再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS：リーポス）（環境省）

(3) 中小水力発電

中小水力発電に係る本市の導入ポテンシャルは0と推計されています。

本市への中小水力発電導入ポテンシャル

| 大区分 | 中区分 | 導入ポテンシャル | 単位 |
|--------|-----|----------|-------|
| 中小水力発電 | | 0 | 千kW/年 |

資料：再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS：リーポス）（環境省）

(4) 太陽熱利用

太陽熱利用に係る本市の設備導入ポテンシャルは、市全体では年間で388TJと推計されています。

本市への太陽熱利用設備導入ポテンシャル

| 大区分 | 中区分 | 導入ポテンシャル | 単位 |
|-------|-----|----------|------|
| 太陽熱利用 | | 388 | TJ/年 |

資料：再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS：リーポス）（環境省）

(5) 地中熱利用

地中熱利用に係る本市の設備導入ポテンシャルは比較的高く、市全体で年間2,925TJと推計されています。

本市への地中熱利用設備導入ポテンシャル

| 大区分 | 中区分 | 導入ポテンシャル | 単位 |
|-------|-----|----------|------|
| 地中熱利用 | | 2,925 | TJ/年 |

資料：再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS：リーポス）（環境省）

(6) バイオマス熱利用

バイオマス熱利用に係る本市の設備導入ポテンシャルの掲載はありません。

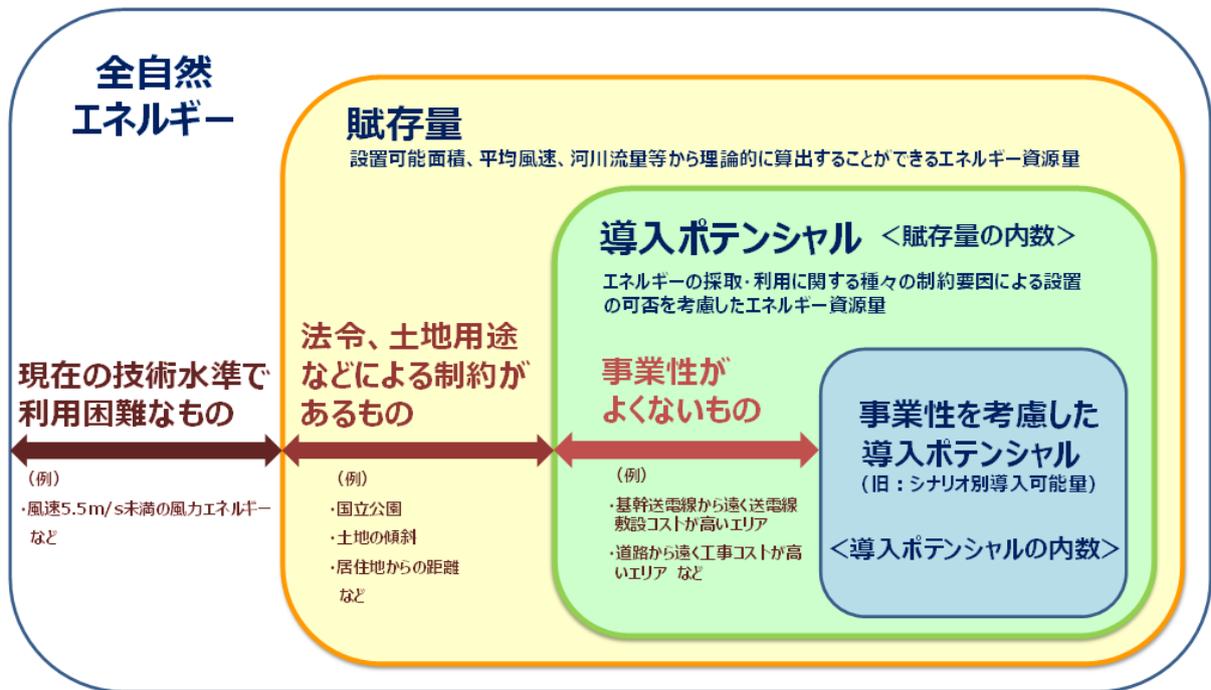
【参考】

参考までに、REPOSにおける近隣自治体（高松市、丸亀市、善通寺市）の導入ポテンシャルは、以下の表のとおりとなります。

再生可能エネルギー（電気）の導入ポテンシャルは、本市の約831MWに対して、高松市は約3,811MW、丸亀市は約1,504MW、善通寺市は約604MWと地域性により差異があると言えます。

【参考】近隣自治体の導入ポテンシャル比較表（REPOS）

| 大区分 | 中区分 | 賦存量 | | | | 導入ポテンシャル | | | | 単位 |
|-----------------|---------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-------|
| | | 坂出市 | 高松市 | 丸亀市 | 善通寺市 | 坂出市 | 高松市 | 丸亀市 | 善通寺市 | |
| 太陽光 | 建物系 | — | — | — | — | 312.943 | 1,571.601 | 515.909 | 165.295 | MW |
| | | — | — | — | — | 428,984.264 | 2,110,113.358 | 710,294.060 | 227,201.024 | MWh/年 |
| | 土地系 | — | — | — | — | 503.231 | 2,214.128 | 979.474 | 437.986 | MW |
| | | — | — | — | — | 688,248.160 | 2,962,743.949 | 1,345,598.794 | 599,983.989 | MWh/年 |
| 合計 | | — | — | — | — | 816.174 | 3,785.729 | 1,495.383 | 603.281 | MW |
| | | — | — | — | — | 1,117,232.424 | 5,072,857.307 | 2,055,892.854 | 827,185.013 | MWh/年 |
| 風力 | 陸上風力 | 140.000 | 1,002.400 | 124.300 | 68.900 | 15.100 | 25.100 | 8.200 | 0.800 | MW |
| | | 262,124.154 | 2,052,880.836 | 218,891.313 | 127,733.114 | 29,049.929 | 61,358.323 | 14,724.310 | 1,545.798 | MWh/年 |
| 中小水力 | 河川部 | — | — | — | — | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | MW |
| | | — | — | — | — | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | MWh/年 |
| | 農業用水路 | — | — | — | — | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | MW |
| | | — | — | — | — | — | — | — | — | MWh/年 |
| 合計 | | — | — | — | — | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | MW |
| | | — | — | — | — | — | — | — | — | MWh/年 |
| バイオマス | 木質バイオマス | — | — | — | — | — | — | — | — | MW |
| | | — | — | — | — | — | — | — | — | MWh/年 |
| 再生可能エネルギー（電気）合計 | | — | — | — | — | 831.274 | 3,810.829 | 1,503.583 | 604.081 | MW |
| | | — | — | — | — | — | — | — | — | MWh/年 |
| 太陽熱 | 太陽熱 | — | — | — | — | 387,524.131 | 1,981,317.920 | 618,717.918 | 239,231.303 | GJ/年 |
| 地中熱 | 地中熱 | — | — | — | — | 2,924,543.602 | 16,033,556.267 | 5,968,218.013 | 2,925,919.535 | GJ/年 |
| 再生可能エネルギー（熱）合計 | | — | — | — | — | 3,312,067.733 | 18,014,874.187 | 6,586,935.932 | 3,165,150.838 | GJ/年 |



- (考慮されていない要素の例)
- ・系統の空き容量、賦課金による国民負担
 - ・将来見通し（再エネコスト、技術革新）
 - ・個別の地域事情（地権者意思、公表不可な希少種生息エリア情報）等

【参考】ポテンシャルの種類と定義（REPOS）

3. 再生可能エネルギーの利用可能量の推計

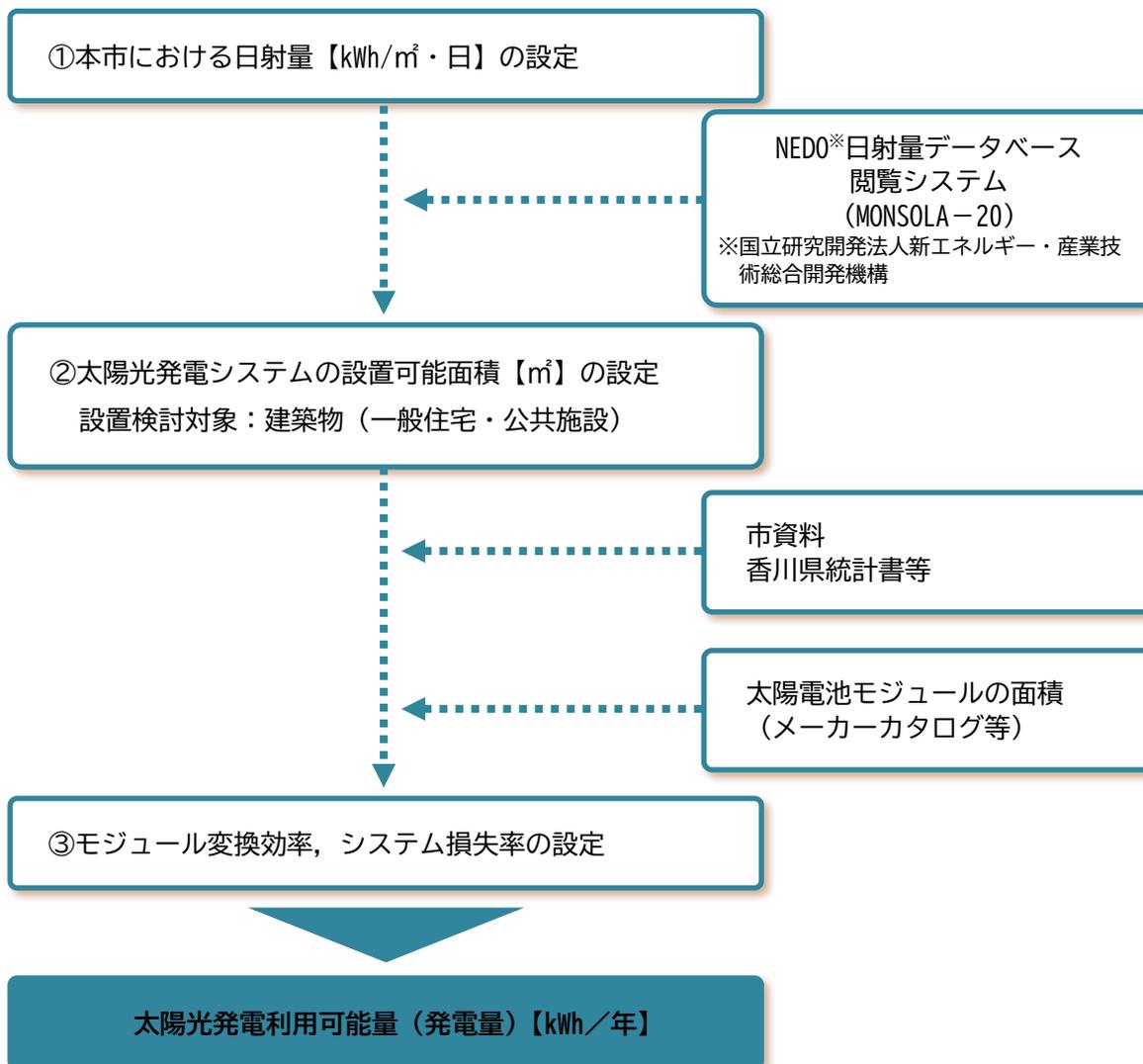
(1) 太陽光発電

太陽光発電の利用可能量は、次の推計式を用いて推計フローに示す流れで推計を行います。

[推計式]

$$\begin{aligned} \text{利用可能量（発電量）【kWh/年】} &= \text{最適傾斜角斜面日射量【kWh/m}^2 \cdot \text{日】} \\ &\quad \times \text{太陽光発電システム設置可能面積【m}^2\text{】} \\ &\quad \times \text{モジュール変換効率【\%】} \\ &\quad \times (1 - \text{システム損失率}) \text{【\%】} \\ &\quad \times 365 \text{【日】} \end{aligned}$$

[推計フロー]



① 本市における日射量【kWh/m²・日】の設定

本市の年間最適傾斜角（最も効率的に太陽光を受ける斜面の角度）は33度であり，南に面しているほど日射量は多く，方位による差は冬場に顕著になります。

ここでは，試算を簡素化するため，年間最適傾斜角における年間日射量の平均値 4.51kWh/m²・日を日射量として設定します。

本市の年間最適傾斜角（33度）における斜面日射量

（資料：NEDO 日射量データベース閲覧システム（MONSOLA-20））

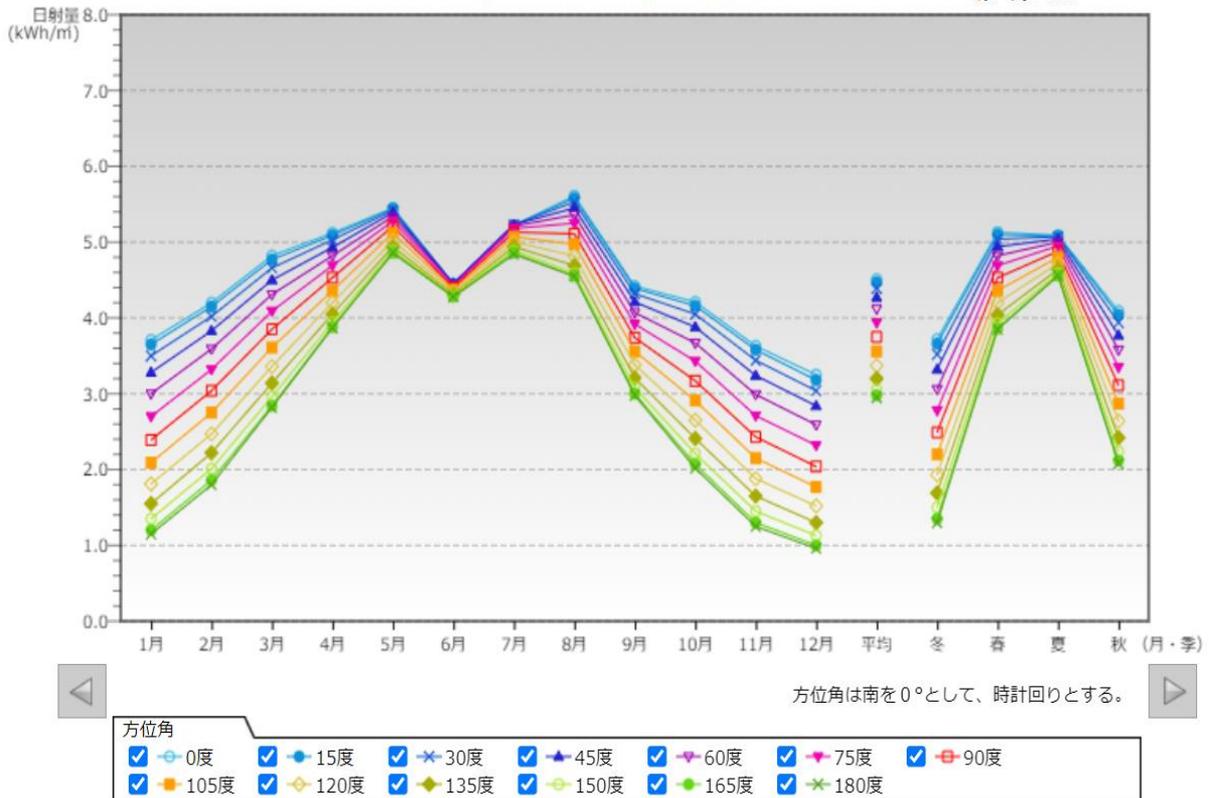
| | | | | | | | | | | | | | 【kWh/m ² ・日】 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------|
| 月 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 年間 |
| 日射量 | 3.80 | 4.26 | 4.84 | 5.09 | 5.38 | 4.38 | 5.14 | 5.56 | 4.42 | 4.25 | 3.70 | 3.32 | 4.51 |

3次メッシュ：51333678

地図から選択

地点名：坂出市
緯度：34°18.7'N
経度：133°51.4'E
標高：7m

斜面日射量グラフ 傾斜角30度



本市の方位別斜面日射量の年間推移（傾斜角 30度）

（資料：NEDO 日射量データベース閲覧システム（MONSOLA-20））

注記）NEDO データベースシステムでは 33 度の図が出力できないため 30 度の図を参考に掲載

② 太陽光発電システムの設置可能面積【㎡】の設定

太陽光発電システムの設置対象として、次の5項目を検討します。

| | |
|-------|---|
| 一般住宅 | ア. 2030年までに新規着工が見込まれる住宅（推計）全てに設置 イ. 既存の戸建て住宅への設置（想定） |
| 公共施設 | 設置可能な公共施設 |
| ため池 | 市内の農業用ため池 |
| 市有地 | 設置可能な市有地（未利用地・処分場跡地など） |
| 耕作放棄地 | 農業センサス「農林業経営体調査結果」に基づく総面積 |

◇ 一般住宅における設置可能面積

ア. 2030年までに新規着工が見込まれる住宅（推計）全てに設置

本市の2015～2019年度の新規住宅着工件数及び総延床面積は下表のとおりであり、この5年間の年間新規住宅着工件数及びその総延床面積から、1棟当たりの平均延床面積を求めると、約96.3㎡となります。

一般的な住宅が2階建て（屋根面積は延床面積の概ね50%）で、傾斜屋根の半分（南面寄り）にパネルを設置することを想定し、さらに余裕率を20%として、その分を差し引いた約19.26㎡（ $\div 96.3 \times 50\% \times 50\% \times 80\%$ ）を1棟当たりの設置可能面積とします。

2023～2030年度の8年間は、過去5年間と同様の状況で年間296棟の住宅の新築（8年間で延べ2,368棟）が見込めるものとして、設置可能面積の累積値を算出すると約45,608㎡（ $\div 296 \times 8 \times 19.26$ ）となります。

本市の年間新規住宅着工件数・総延床面積の推移

（単位：棟、㎡）

| 年度 | 2015 (H27) | 2016 (H28) | 2017 (H29) | 2018 (H30) | 2019 (R1) | 平均 | 2023～2030 (8年間) |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------|--------------------|
| 新規住宅着工件数 | 311 | 402 | 308 | 251 | 212 | 296 | 2,368 |
| 総延床面積 | 25,813 | 34,522 | 29,835 | 25,313 | 24,376 | 27,971 | |
| 1棟当たり延床面積 | 83.0 | 85.9 | 96.9 | 100.8 | 115.0 | 96.3 | |

（資料：国土交通省「建築着工統計調査」）

| | |
|-----------------|--------|
| 1棟当たりの延べ床面積（㎡） | 96.3 |
| 延床面積に対する屋根面積率 | 50% |
| 傾斜屋根による設置率 | 50% |
| 余裕率 | 20% |
| 1棟当たりの設置可能面積（㎡） | 19.26 |
| 設置可能面積（㎡） | 45,608 |

イ. 既存の戸建て住宅への設置（想定）

本市における戸建て持ち家率は、「平成30年住宅・土地統計調査」によると、約66.5%（住宅数：20,680、持ち家：13,760）です。

2021年1月1日における世帯数は、「住民基本台帳・世帯数」（総務省）から24,613世帯ですので、持ち家棟数は16,377棟となります。これらの持ち家は、築年数によっては耐震性の面から太陽光モジュールの設置が難しい住宅もありますが、ここでは本調査において実施しました「市民アンケート調査」結果において、既存住宅における太陽光発電システム導入意向率が約19%であったことから、この率を用いて設置可能面積を試算することとします。試算結果は、約60,900㎡となります。

本市の既存住宅における太陽光発電システムの設置可能面積

| 住宅数 (棟) ① | 持ち家数 (棟) ② | 持ち家率 ③=②÷① | 世帯数 (世帯) ④ | 持ち家棟数 (推計) ⑤=③×④ | 設置可能面積 (㎡/棟) ⑥ | 太陽光導入 意向率 ⑦ | 設置可能面積 (㎡) ⑧=⑤×⑥×⑦ |
|-----------------|------------------|---------------|------------------|------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|
| 20,680 | 13,760 | 66.5% | 24,613 | 16,377 | 19.3 | 19% | 60,900 |

※四捨五入の関係で、計算結果は整合しない場合があります。

ウ. 一般住宅における太陽光発電システムの設置可能面積（㎡）

上記、ア、イより一般住宅における太陽光発電システムの設置可能面積は、106,508㎡となります。

一般住宅における太陽光発電システムの設置可能面積

| | |
|----------------------------|---------|
| ア. 新築着工が見込まれる住宅への設置可能面積（㎡） | 45,608 |
| イ. 既存の戸建て住宅への設置可能面積（㎡） | 60,900 |
| 合計（㎡） | 106,508 |

◇ 公共施設における設置可能面積

ア. 公共施設への設置状況※本庁舎の設備容量確認（提供資料が空欄）

公共施設については、2020年度末で累計6件、60.0kWの太陽光発電システムが設置されています。

公共施設における太陽光発電システム設置状況

| | 施設名称 | 再エネ種別 | 導入年（西暦） | 導入容量（kW） |
|---|----------------|----------|-------------|----------|
| 1 | 坂出市立大橋記念図書館 | 太陽光発電 | 2010年 | 10.0 |
| 2 | 坂出小 校舎棟 | 太陽光発電 | 2011年 | 10.0 |
| 3 | 東部小学校 教室棟 | 太陽光発電 | 2010年 | 10.0 |
| 4 | 林田小学校 教室棟 | 太陽光 | 2010年 | 10.0 |
| 5 | 白峰中学校 教室棟及び管理棟 | 太陽光発電 | 2010年 | 10.0 |
| 6 | 本庁舎（本館） | 太陽光発電、電力 | 2020年、2022年 | 10.0 |
| | 合計 | | | 60.0 |

※本庁舎、教育委員会において令和4年4月より再生可能エネルギー100%電力導入

イ. 設置可能公共施設の抽出条件

公共施設における設置可能施設、および設置可能面積については、市の公共施設より、以下の条件より設置可能な太陽光発電システムの設備容量を想定するものとします。

太陽光設備設置可能公共建物（施設）抽出条件

| | |
|-----|---|
| 条件① | 太陽光発電システムの投資回収年数を約 20 年と見込んで、概ね 2042 年以降に建物の耐用年数（50 年と設定）を迎える施設とする。 |
| 条件② | 既に太陽光発電システムが設置されている 6 施設を除く、屋上面積が 200 m ² より広い公共施設 ※屋上面積が不明の施設は、1F 建築面積を屋上面積と想定 ※1F 建築面積が不明の場合は、延床面積を地上階数で除した値を屋上面積と想定 |
| 条件③ | エネルギー多消費施設を対象に、航空写真より設置容量を推計 |

ウ. 公共施設における太陽光発電システムの設置可能面積 (m²)

上記のア、イより公共施設における太陽光発電システムの設置可能面積は、12,187 m²を見込みます。

公共施設における太陽光発電システムの設置可能面積

| | 設置可能施設 (箇所) | 設置可能面積 (m ²) |
|------|----------------|-----------------------------|
| 公共施設 | 25 | 12,187 |

詳細施設は別紙「太陽光発電システム設置検討対象公共施設一覧」参照

◇ ため池における設置可能面積

市内には想定満水面積が 100 m²以上の農業用ため池が 543 個点在しています。ため池水面への水上設置型の太陽光発電システムの導入は、採算性の面から 1 箇所あたり 150kW 以上の設備を前提とし、実測満水面積が 7,000 m²以上のため池を算定対象とします。(150kW 水上太陽光発電パネル面積=3,500 m²、設置可能面積=満水面積×50%)

対象ため池の想定満水面積（水面）は合計 1,442,000 m²であるため、各池の水面 50%にパネルを敷き詰めるものと仮定し、約 721,000 m²を設置可能面積として設定します。

詳細箇所は別紙「太陽光発電システム設置検討対象ため池一覧」参照

◇ 市有地

市の未利用地を対象として、太陽光発電システムの導入を想定します。地目では山林、農地を対象外とし、面積規模では300 m²以上として抽出したところ、予定地の面積は33,211 m²ですが、その75%に当たる24,908 m²を太陽光発電設置エリアとします。このうち、50%にパネルを敷き詰めるものと仮定し、約12,454 m²（≒24,908×50%）を設置可能面積として設定します。

詳細箇所は別紙「太陽光発電システム設置検討対象市有地一覧」参照

◇ 耕作放棄地

市の耕作放棄地を対象として、太陽光発電システムの導入を想定します。本市の耕作放棄地面積ですが、「農林業センサス」において報告されてきましたが、2020年調査の項目から除外となっています。そのため、2015年調査結果の耕作放棄地面積3,890,000 m²を用いることとし、下表の設置率、遮光率、余裕率をもとに算出した248,960 m²を設置可能面積として設定します。

市内耕作放棄地における太陽光発電システムの設置可能面積

| 耕作放棄地面積 (m ²) ① | 設置率 ② | 遮光率 ③ | 余裕率 ④ | 太陽光発電設備設置可能面積 (m ²) ⑤=①×②×③×(1-④) |
|--------------------------------|----------|----------|----------|--|
| 3,890,000 | 10% | 80% | 20% | 248,960 |

資料：耕作放棄地面積：農林業センサス（2015（平成27）年）

③ モジュール変換効率、システム損失率の設定

現状、一般住宅向けの小規模なシステムには、単結晶シリコン系の太陽電池モジュールが使われており、モジュール変換効率は20%程度です。一方で、農地やメガソーラー発電所のような大規模システムの場合は、これよりも低コストの化合物系、有機系の太陽電池モジュールが使われることが多く、モジュール変換効率は10～15%程度（中間で13%程度）になります。

主な太陽電池モジュールの種類・特長

| 種類 | | 特長 |
|-------|---|---|
| シリコン系 | 結晶シリコン (単結晶・多結晶) アモルファスシリコン (薄膜シリコンなど) | <ul style="list-style-type: none"> 変換効率は現状最も高い半面、高コスト (単結晶20%程度、多結晶15%程度、薄膜10%程度) 理論効率は最大29% 日本企業が世界最高の返還効率(30%超)を実証 |
| 化合物系 | Ⅲ-V 結接合 (GaAs など) GIGS 系 CdTe | <ul style="list-style-type: none"> 3種類の元素(銅、インジウム、セレン)を組み合わせた「化合物半導体」の薄膜(2~3 μm)を基板に付着させて製造 シリコン系と比較して低コスト ⇒産業用など大容量システムに適する 変換効率は現状15%程度(理論効率は60%) 放射線への耐性あり ⇒人工衛星や宇宙ステーションなどで利用 |

| 種類 | | 特長 |
|-----|-----------|--|
| 有機系 | 色素増感有機半導体 | <ul style="list-style-type: none"> 原料はチオフェン、ベンゼンなどの有機化合物 現状は研究段階にあり、変換効率は10%程度 薄くて軽量で、柔らかいため曲面加工が容易 シリコン系と比較して低コスト |

また、太陽電池の阻止温度の上昇や受光面の汚れ、配線等による損失などが考えられるため、これらを総じて10%のシステム損失率を見込むこととします。

このことを踏まえ、設置対象に応じて、下表に示す発電効率を設定することとします。

発電効率の設定

| | モジュール変換効率 | システム損失率 |
|-------|-----------|---------|
| 一般住宅 | 20% | 10% |
| 公共施設 | | |
| ため池 | 13% | |
| 市有地 | | |
| 耕作放棄地 | | |

④ 太陽光発電利用可能量算定結果

本市の太陽光発電利用可能量は、次表のとおり合計で約224,383千kWh/年となります。

利用可能量のまとめ（太陽光発電）

| 設置検討対象 | 最適傾斜角 【kWh/m ² ・日】 ① | 設置可能面積 【m ² 】 ② | モジュール 変換効率 ③ | システム 損失率 ④ | 年間日数 ⑤ | 利用可能量 【kWh/年】 ⑥=①×②×③× (1-④)×⑤ |
|------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------|-----------|---|
| 一般住宅（新規着工） | 4.51 | 45,608 | 20% | 10% | 365 | 13,513,875 |
| 一般住宅（既設住宅） | | 60,900 | | | | 18,045,096 |
| 公共施設 | | 12,187 | | | | 3,611,151 |
| ため池 | | 721,000 | 13% | | | 138,864,276 |
| 市有地 | | 12,454 | | | | 2,398,668 |
| 耕作放棄地 | | 248,960 | | | | 47,949,584 |
| 合計 | | | | | | 224,382,650 |

<導入促進にあたっての評価・課題>

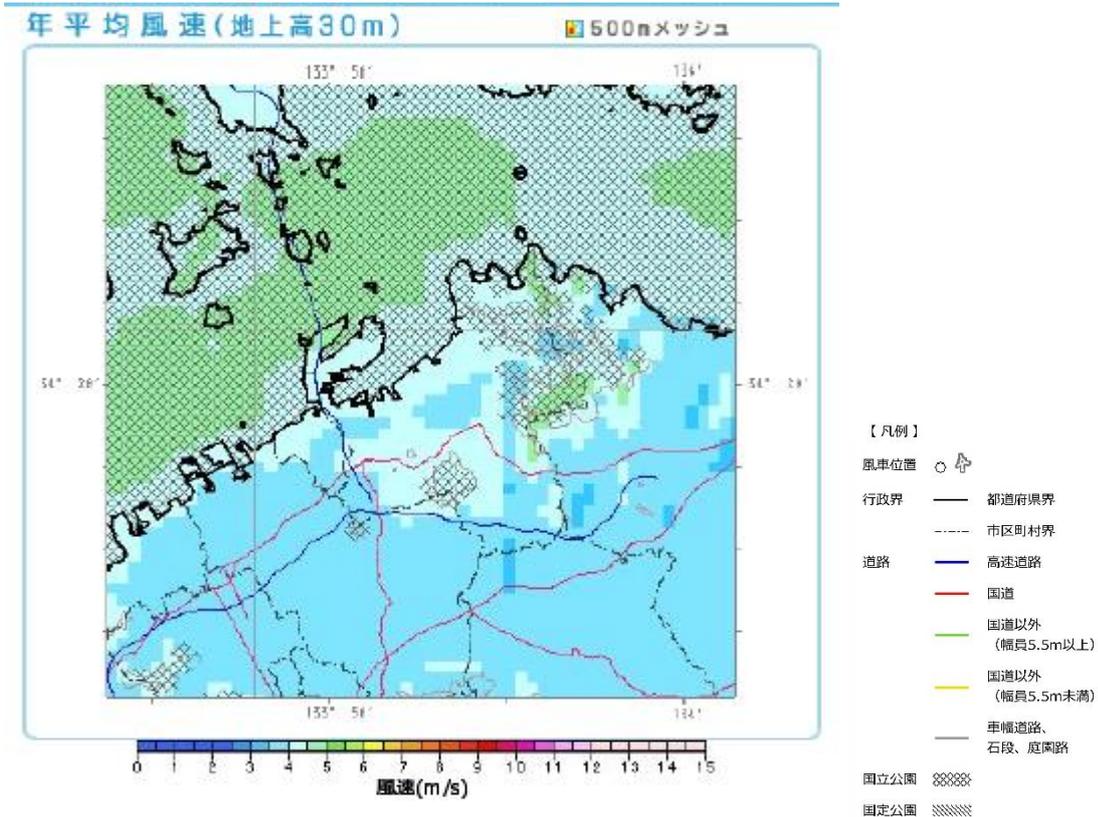
- 一般住宅や公共施設への太陽光発電システム導入にあたっては、ZEH・ZEBの普及状況や公共施設の長寿命化・耐震改修などの対応状況を考慮して、取組を推進していく必要があります。
- 太陽光発電システム導入とともに、更に蓄電池導入を促進し、災害時にも対応したエネルギーシステムの構築を推進することが重要です。
- また、太陽光発電システムの導入においては、パネルによる反射光などの環境問題が発生しているため、周辺住民への情報提供や意見交換等の合意形成が重要です。
- 同様に、導入エリアについては景観への配慮も重要です。
- ため池や耕作放棄地は、貴重な動植物の生息・生育場所となっている場合があることから、設置計画に当たっては生物多様性の観点を含めた設置ガイドラインの制定等の検討も重要です。

(2) 風力発電

① 大型風力発電

大規模風力発電はカットイン風速が 5.5m/s であり、平均風速 6m/s 以下であれば発電量が小さくなり、事業性が得られないとされています。

局所風況マップから、本市における風速の大きな地域は南端部で平均風速 6m/s 以下となっています。よって、本市においては大規模風力発電の適正地はないと考えられます。



局所風速マップ

出典：「再生可能エネルギー推進のための基礎調査業務報告書」(平成 30 年 3 月)

② 小型風力発電

小型風力発電については、カットイン風速が 3.0m/s 程度のため、本市の平均風速が 2.4m/s であることから、本市において小型風力発電によるポテンシャルはないと考えられます。

(3) 中小水力発電

REPOSによると、本市において中小水力発電導入に適した落差を得られるサイトは、河川、農業用水路ともに示されていません。

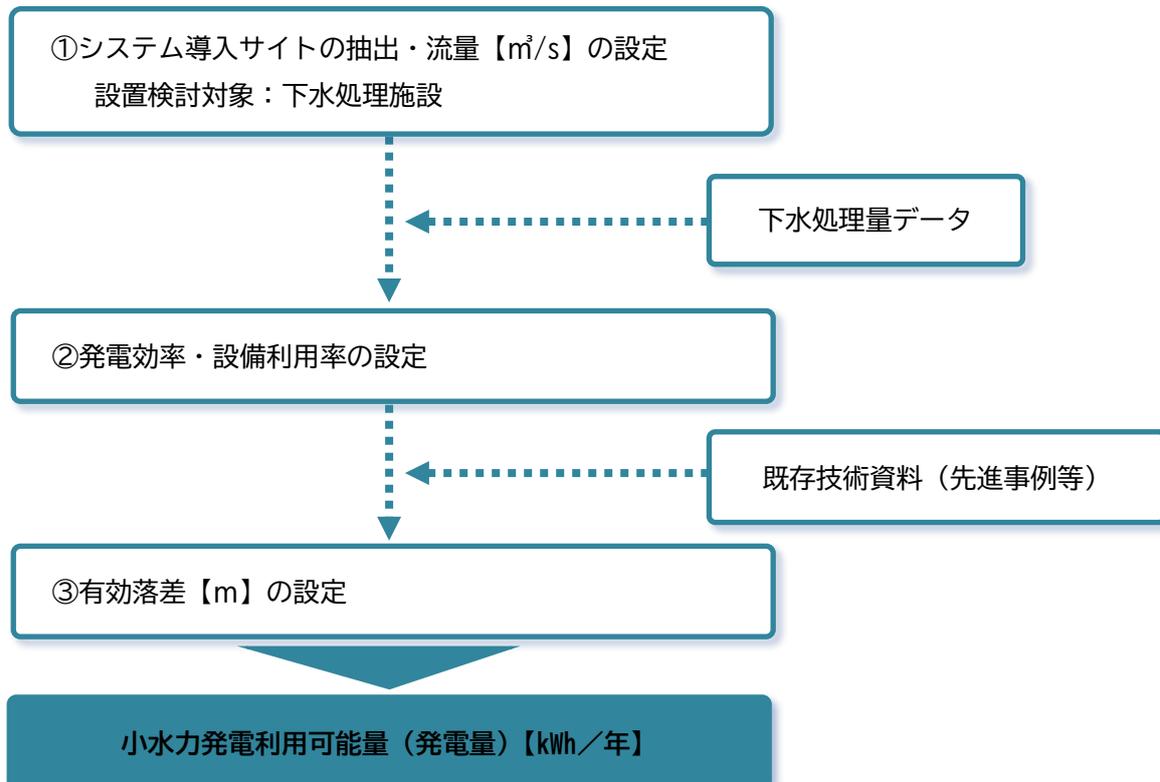
そのため、十分な落差は期待できないものの、利用可能水量（流量）が大きいと考えられる下水処理施設を検討対象として、利用可能量の推計を行います。

下水処理施設による発電量の算定式、算定フローは以下のとおりです。

[推計式]

$$\begin{aligned} \text{利用可能量【kWh/年】} &= \text{重力加速度【m/s}^2\text{】（=9.8）} \\ &\times \text{流量【m}^3\text{/s】} \\ &\times \text{発電効率・設備利用率【\%】} \\ &\times \text{有効落差【m】} \\ &\times \text{年間稼働時間【h/年】（=8,760）} \\ &\times \text{設備利用率【\%】} \end{aligned}$$

[算定フロー]



① 流量の設定（下水処理施設）

本市の下水処理施設の下水処理量は、次表のとおりとなっています。5年間（2014年度～2018年度）の平均値を年間の利用水量とし、これが1年を通じて均等に流出するものとして流量を設定します。

本市の下水処理量

| | (m ³ /年) | | | | | |
|-------|---------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| | 2014年(H26) | 2015年(H27) | 2016年(H28) | 2017年(H29) | 2018年(H30) | 平均 |
| 下水処理量 | 2,062,959 | 2,107,508 | 2,032,366 | 2,085,884 | 2,048,184 | 2,067,380 |

② 発電効率・設備利用率の設定

小水力発電の水車・発電機に関する技術はほぼ確立されていることから、農林水産省の既存調査資料^{*}を参考に、概ね出力300kW程度のシステム導入を想定し、発電効率・設備利用率を下表のとおり設定します。

システムの発電効率・設備利用率

| 発電効率 | 設備利用率 |
|------|-------|
| 75% | 55% |

※：平成23年度 岩手県、宮城県及び福島県の農山漁村における再生可能エネルギー導入可能性等調査

③ 有効落差の設定

下水処理施設は下流に位置し、落差はほとんど得られないと想定されるため、有効落差は1mとします。

④ 小水力発電利用可能量算定結果

下水処理施設に小水力発電を導入した場合の年間発電量は、次表のとおり約2.32千kWh/年となります。

下水処理施設における年間発電量

| | 重力加速度 【m/s ² 】 ① | 下水処理量 【m ³ /年】 | 想定流量 【m ³ /s】 ② | 有効落差 【m】 ③ | 発電効率 【%】 ④ | 年間稼働時間 【h/年】 ⑤ | 設備利用率 【%】 ⑥ | 年間発電量 【kWh/年】 ⑦=①×②×③×④ ×⑤×⑥ |
|--------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------------|
| 下水処理施設 | 9.8 | 2,067,380 | 0.065556 | 1 | 75% | 8,760 | 55% | 2,321 |

※四捨五入の関係で、計算結果は整合しない場合があります。

<導入促進にあたっての評価・課題>

- 下水処理施設では、流量は比較的安定しますが、施設の立地上、十分な有効落差が得られないため、商用ではなく施設内電力の自家消費としての利用が考えられます。

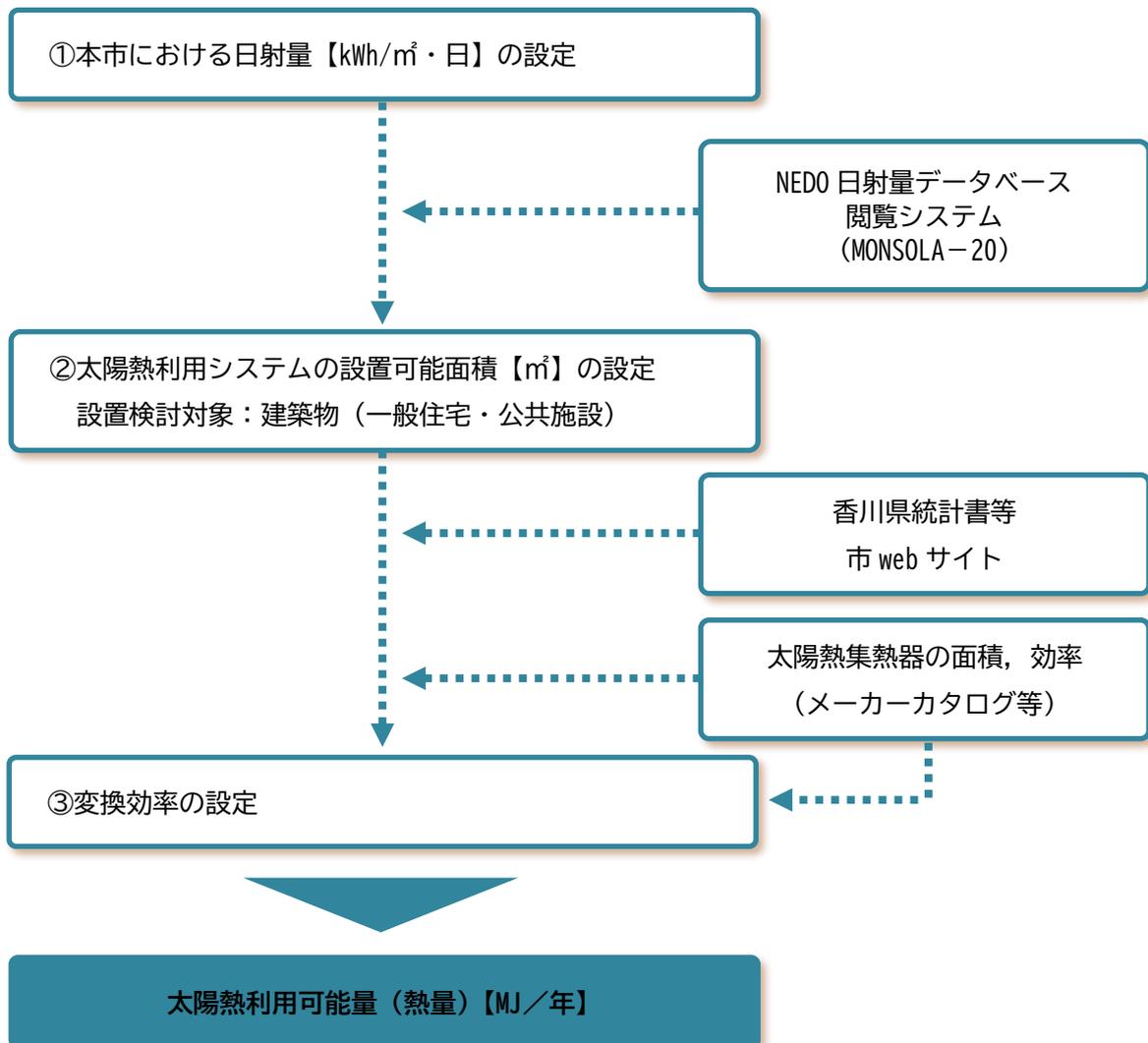
(4) 太陽熱利用

太陽熱の利用可能量は、次の推計式を用いて推計フローに示す流れで推計を行います。

[推計式]

$$\begin{aligned} \text{利用可能量 (熱量) 【MJ/年】} &= \text{最適傾斜角斜面日射量 【kWh/m}^2 \cdot \text{日】} \\ &\quad \times \text{集熱可能面積 【m}^2\text{】} \\ &\quad \times \text{変換効率 【\%】} \\ &\quad \times \text{換算係数 【MJ/kWh】 (3.6)} \\ &\quad \times 365 \text{ 【日】} \end{aligned}$$

[推計フロー]



① 本市における日射量【kWh/m²・日】の設定

太陽光発電と同様に、年間最適傾斜角における年間日射量の平均値 4.51kWh/m²・日 を日射量として設定します。

本市の年間最適傾斜角（33度）における斜面日射量

| | | | | | | | | | | | | | 【kWh/m ² ・日】 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------|
| 月 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 年間 |
| 日射量 | 3.80 | 4.26 | 4.84 | 5.09 | 5.38 | 4.38 | 5.14 | 5.56 | 4.42 | 4.25 | 3.70 | 3.32 | 4.51 |

資料：NEDO 日射量データベース閲覧システム（MONSOLA-20）

② 太陽熱利用システムの設置可能面積【m²】の設定

太陽光熱利用システムの設置対象として、次の2項目を検討します。

| | |
|------|---|
| 一般住宅 | ア. 2030年までに新規着工が見込まれる住宅（推計）全てに設置 イ. 既存の戸建て住宅への設置（想定） |
| 公共施設 | 主要な市有施設（太陽光発電システム設置検討の公共施設の中から条件を設定して抽出） |

◇ 一般住宅における設置可能面積

ア. 2030年までに新規着工が見込まれる住宅（推計）全てに設置

新規住宅については 2,368 全棟（59頁「本市の年間新規住宅着工件数・総延床面積の推移」より）設置します。

イ. 既存の戸建て住宅への設置（想定）

太陽光発電と同様の考え方で、持ち家棟数は 16,377 棟 となります。既存住宅については「市民アンケート調査」結果において、既存住宅における太陽熱温水器導入意向率が 10.8%であったことから、この率を用いて設置可能棟数を推計すると 1,769 棟 となります。

既存住宅における太陽熱利用システムの設置可能棟数

| 住宅数 (棟) ① | 持ち家数 (棟) ② | 持ち家率 ③=②÷① | 世帯数 (世帯) ④ | 持ち家棟数 (推計) ⑤=③×④ | 太陽光導入 意向率 ⑥ | 設置可能棟数 ⑦=⑤×⑥ |
|-----------------|------------------|---------------|------------------|------------------------|-------------------|-----------------|
| 20,680 | 13,760 | 66.5% | 24,613 | 16,377 | 10.8% | 1,769 |

※四捨五入の関係で、計算結果は整合しない場合があります。

設置する太陽熱温水器の規模は、メーカー資料をもとに1基当たりの集熱器面積を 3 m² とします。

ウ. 一般住宅における太陽熱利用システムの設置可能棟面積

上記のア, イより公共施設における太陽熱利用システムの設置可能面積は, 12,411 m²を見込みます。

一般住宅における太陽熱利用システムの設置可能面積

| | 設置可能棟数 ① | 集水器面積 (m ²) ② | 設置可能面積 (m ²) ③=①×② |
|----------------------|-------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| ア. 新規住宅 | 2,368 | 3 | 7,104 |
| イ. 既存の戸建て住宅 | 1,769 | 3 | 5,307 |
| 合計 (m ²) | 4,137 | 3 | 12,411 |

◇ 公共施設における設置可能面積

公共施設については、給湯需要があると想定される施設に対して、家庭用太陽熱温水器（集熱器面積 3 m²）の導入を想定します。

抽出条件は、以下のとおりです。

太陽熱設備設置可能公共建物（施設）抽出条件

| | |
|-----|---|
| 条件① | 太陽光発電システムの投資回収年数を約 20 年と見込んで、概ね 2042 年以降に建物の耐用年数（50 年と設定）を迎える施設とする。 |
| 条件② | 屋上面積が 200 m ² 以上の施設を設置対象とする。 |
| 条件③ | 給湯需要のある施設の中から、病院や福祉施設、保育所、スポーツ施設等を対象とする。 |
| 条件④ | 一施設に設置する設備規模は、3 m ² とする。 |

以上の想定により、5 施設が抽出され、設置可能面積は 15 m²となります。

詳細施設は別紙「太陽熱利用システム設置検討対象公共施設一覧」参照

③ 変換効率の設定

集熱器には様々な種類・特長がありますが、貯湯・給湯過程における熱損失を考慮して、メーカー資料をもとに総合的な変換効率を一律40%に設定します。

太陽熱利用システムにおける集熱器の種類・特長

| 種類 | | 特長 |
|-----------------------|---|--|
| 水 式 集 熱 器 | 平板型集熱器  | <ul style="list-style-type: none"> ・金属の受熱箱内部に集熱板を配置した構造 ・集熱器は平板状で、表面は透明な強化ガラス ・下部には断熱材を使用 ・安価で既存設備への接続が可能 ・設置には傾斜角度が必要 ・水漏れや凍結防止対策が必要 |
| | 真空管型集熱器  | <ul style="list-style-type: none"> ・集熱器は真空のガラス管で構成 ・集熱部に熱媒（不凍液）を通して熱交換するしくみ ・真空なので対流放熱が少なく、高温集熱に有利 ・既存の設備に接続が可能 ・集熱効率が高く、集熱面積が少ない ・水平設置が可能 ・水漏れや凍結防止対策が必要 |
| | 空気式集熱器  | <ul style="list-style-type: none"> ・ガラス付き集熱面を屋根面材として設置 ・屋根通気層の空気を暖め、上部に暖気を集めるしくみ ・水漏れや凍結防止対策が不要 ・建築物との一体化が可能（デザイン性） ・ダクトが大きく施工スペースが必要 ・集熱空気を直接暖房に使用するため高効率 |

④ 太陽熱利用可能量算定結果

本市の太陽熱利用可能量は、次表のとおり合計で約29.46TJ/年となります。

利用可能量のまとめ（太陽熱利用）

| 設置検討対象 | 最適傾斜角 斜面日射量 【kWh/m ² ・日】 | 集熱可能面積 【m ² 】 | 集熱器 変換効率 | 換算係数 【MJ/kWh】 | 年間日数 【日】 | 利用可能量 【MJ/年】 |
|------------|---|-----------------------------|-------------|------------------|-------------|-----------------|
| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥=①×②×③× ④×⑤ |
| 一般住宅（新規着工） | 4.51 | 7,104 | 40% | 3.6 | 365 | 16,839,719 |
| 一般住宅（既設住宅） | | 5,307 | | | | 12,580,010 |
| 公共施設 | | 15 | | | | 35,557 |
| 合計 | | 12,426 | | | | 29,455,286 |

※1MJ（メガジュール）=10⁶J，1TJ（テラジュール）=10¹²J

<導入促進にあたっての評価・課題>

- 屋根面積が限られている一般家庭においては、太陽熱利用システムの設置が太陽光発電システムと競合することが考えられるため、電気・熱の需要バランスを考えた導入を検討する必要があります。
- 公共施設における利用可能量は、各施設の熱需要を十分に把握した上で、それに見合う最適な規模のシステム導入を図ることが重要です。

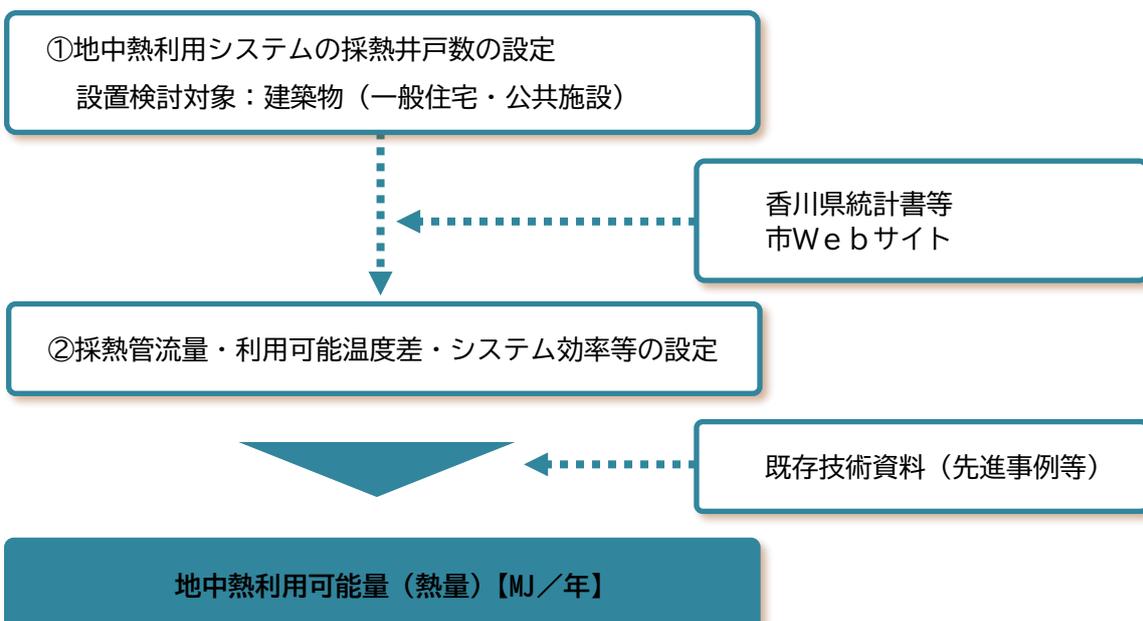
(5) 地中熱利用

地中熱の利用可能量は、次の推計式を用いて推計フローに示す流れで推計を行います。

[推計式]

$$\begin{aligned} \text{利用可能量 (熱量) 【MJ/年】} &= \text{採熱管流量 【L/分】} \\ &\times \text{利用可能温度差 【℃】} \\ &\times \text{地下水の定圧比熱 【kcal/kg・℃】 (=1.0)} \\ &\times \text{地下水の密度 【kg/L】 (=1.0)} \\ &\times \text{システム効率 【％】} \\ &\times \text{年間稼働時間 【分/年】 (=525,600)} \\ &\times \text{単位換算係数 【kcal→MJ】 (=0.004186)} \\ &\times \text{採熱井戸数} \end{aligned}$$

[推計フロー]



① 地中熱利用システムの採熱井戸数の設定

地中熱利用システムの設置対象は、太陽熱利用の場合と同様に次の2項目を検討します。

| | |
|------|--------------------------------|
| 一般住宅 | 居住住宅のうちの戸建て持ち家（新築住宅のみ） |
| 公共施設 | 主要な市有施設（太陽光発電システム設置を検討した施設に同じ） |

地中熱は、天候や地域に左右されない安定した再生可能エネルギーとして、空調、給湯、融雪、農業用ハウス栽培など多様に用いられています。全国の地中熱利用システムの設置状況については、環境省が2010年度から2年毎に調査しています。それによると、2019年度末の全国での地中熱利用設備の設置件数は8,347件で、香川県は100件となっています。

地中熱の利用の課題は、コストが高いことが挙げられていることもあり、一般住宅については新規住宅のみを対象とします。また、公共施設については、太陽光発電システム設置施設を対象とします。

◇ 一般住宅における採熱井戸数

太陽光発電と同様の考え方で、新規住宅の2,368戸を対象としますが、地中熱の場合、採熱井戸等のコストが高いことから、新規住宅の1割に各戸1本の設置を想定し、採熱井戸の総数として237本（ $\approx 2,368 \times 0.1$ ）を設定します。

◇ 公共施設における採熱井戸数

公共施設については、太陽熱利用システムの導入を検討した5施設のうち、地中熱は採熱井戸等のコストが高いことから、建物の耐用年数期限が2050年以降の建物を対象とすることとし、4施設を抽出しました。採熱井戸数は、概ね建築面積100㎡当たり1本が必要であると想定し、採熱井戸の総数として21本を設定します。

詳細施設は別紙「地中熱利用システム設置検討対象公共施設一覧」参照

② 採熱管流量・利用可能温度差・システム効率等の設定

地中熱利用に関する各種パラメータについては、総務省の既存調査資料^{*}を参考に、それぞれ下表のとおり設定します。

各種パラメータの設定

| 採熱管流量 【L/分】 | 利用温度差 【℃】 | システム 効率 |
|----------------|--------------|------------|
| 15 | 3 | 80% |

^{*}平成21年度 新潟県南魚沼市における「緑の分権改革」推進事業調査報告書（総務省委託業務）

③ 地中熱利用可能量算定結果

本市の地中熱利用可能量は、次表のとおり合計で約 20.42TJ/年となります。

利用可能量のまとめ（地中熱利用）

| 設置検討対象 | 採熱管流量 【L/分】 ① | 利用可能温度差 【℃】 ② | 地下水の定圧比熱 【kcal/kg・℃】 ③ | システム効率 【%】 ④ | 年間稼働時間 【分/年】 ⑤ | 単位換算係数 【kcal→MJ】 ⑥ | 採熱井戸数 ⑦ | 利用可能量 【MJ/年】 ⑧=①×②×③×④×⑤×⑥×⑦ |
|--------|---------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|------------|------------------------------------|
| 一般住宅 | 15 | 3 | 1 | 80% | 525,600 | 0.004186 | 237 | 18,755,938 |
| 公共施設 | | | | | | | 21 | 1,663,322 |
| 合計 | | | | | | | 258 | 20,419,260 |

※四捨五入の関係で、計算結果は整合しない場合があります。

<導入促進にあたっての評価・課題>

- 地中熱利用に当たっては、採熱井戸の競合のほか、採熱管流量や利用温度差の設定など、導入にあたっては十分な調査・検討が必要となります。

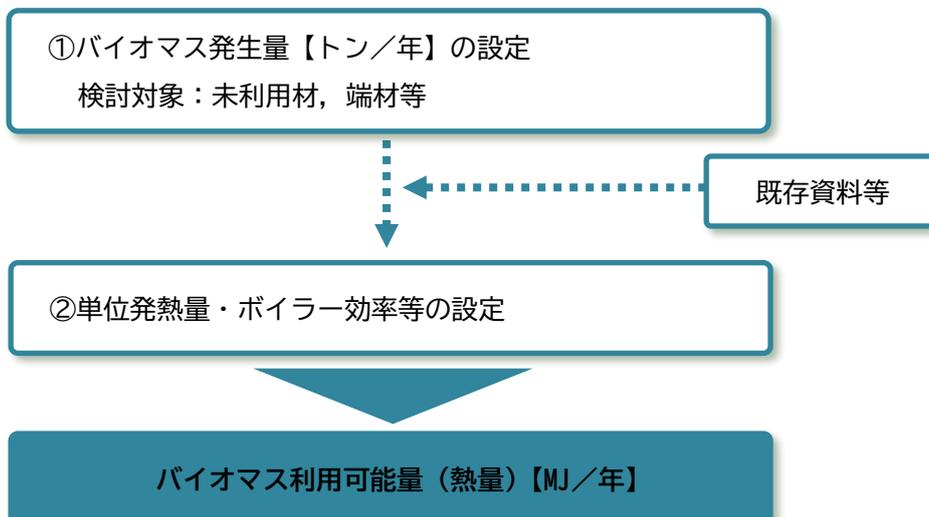
(6) バイオマス熱利用

バイオマスの利用可能量（熱利用）については、次の推計式を用いて推計フローに示す流れで推計を行います。

[推計式]

$$\begin{aligned}
 \text{利用可能量（熱量）【MJ/年】} &= \text{バイオマス発生量【トン/年】} \\
 &\quad \times 10^3 \text{（トン→kg）} \\
 &\quad \times \text{バイオマス利用率【\%】} \\
 &\quad \times \text{単位発熱量【MJ/kg】} \\
 &\quad \times \text{ボイラー効率【\%】}
 \end{aligned}$$

[推計フロー]



① バイオマス発生量【トン／年】の設定

バイオマス熱利用の対象として、森林資源（間伐材の直接燃焼）について検討します。
市内における間伐材の発生量については、以下の想定（年間間伐材積想定）により設定します。

- ✓ 「香川地域森林計画書（香川森林計画区）（計画期間令和3年4月1日～令和13年3月31日）における間伐材積量から本市分を按分します。
※計画対象民有林（坂出市／香川県）：2,545ha／79,245ha
- ✓ 按分方法は、前計画の前期5か年における全域の間伐実行量を、計画対象とする民有林の本市の面積比率により行うものとします。
※前期5か年における全域の間伐実行量：50千m³

上記想定により本市における年間間伐材積量は、321.2 m³と想定されます（間伐材積50千m³÷5年×(2,545/79,245)）。樹種をスギと想定（重量換算：500kg/m³）し、上記想定量を重量換算すると、バイオマス量は、160.6t（=321.2×500÷1,000）となります。

② 単位発熱量・ボイラー効率等の設定

木質バイオマスの含水率を50%程度と見込み、単位発熱量は10.6MJ/kg（参考：木質バイオマスエネルギーに係る基礎知識（NEDO））、ボイラー効率は70%とします。

③ バイオマス熱利用可能量算定結果

本市のバイオマス資源に係る利用可能量（熱量）は、下表のとおり約1.19TJ／年となります。

バイオマス利用可能量の推計結果

| バイオマス発熱量 【t/年】 ① | 単位発熱量 【MJ/kg】 ② | ボイラー効率 ③ | 利用可能量 【MJ/年】 ④=①×②×③ |
|------------------------|-----------------------|-------------|----------------------------|
| 160.6 | 10.6 | 70% | 1,191,652 |

<利用にあたっての評価・課題>

- 木質バイオマスの持続可能な確保が重要であり、そのためには持続可能な森林経営の面から、適切に間伐を行い齢級構成の平準化・若返り化が重要です。
- 持続可能な森林経営の確保のためには、林業の担い手の高齢化や後継者不足に対し、健全で豊かな森を守り育てる取組を進めていく仕組みづくりが重要です。

4. まとめ

本市の再生可能エネルギーの利用可能量は下表のとおりで、858.85TJとなります。

本市の再生可能エネルギーの利用可能量

| 種 別 | 利用可能量 【固有単位】 | 利用可能量※ 【TJ/年】 | 割合 |
|----------------------|-------------------|------------------|---------------|
| ①太陽光発電【千kWh/年】 | 224,382.65 | 807.78 | 94.1% |
| 一般住宅（新規着工） | 13,513.87 | 48.65 | 5.7% |
| 一般住宅（既設住宅） | 18,045.10 | 64.96 | 7.6% |
| 公共施設 | 3,611.15 | 13.00 | 1.5% |
| ため池 | 138,864.28 | 499.91 | 58.2% |
| 市有地 | 2,398.67 | 8.64 | 1.0% |
| 耕作放棄地 | 47,949.58 | 172.62 | 20.1% |
| ②中小水力発電【千kWh/年】 | 2.32 | 0.01 | 0.0% |
| 発電量合計【千kWh/年】 | 224,384.97 | 807.79 | 94.1% |
| ③太陽熱利用【TJ/年】 | 29.46 | 29.46 | 3.4% |
| 一般住宅（新規着工） | 16.84 | 16.84 | 2.0% |
| 一般住宅（既設住宅） | 12.58 | 12.58 | 1.5% |
| 公共施設 | 0.04 | 0.04 | 0.0% |
| ④地中熱利用【TJ/年】 | 20.42 | 20.42 | 2.4% |
| 一般住宅（新規着工） | 18.76 | 18.76 | 2.2% |
| 公共施設 | 1.66 | 1.66 | 0.2% |
| ⑤バイオマス熱利用【TJ/年】 | 1.19 | 1.19 | 0.1% |
| 熱利用合計【TJ/年】 | 51.07 | 51.07 | 5.9% |
| 合計【TJ/年】 | | 858.85 | 100.0% |

※利用可能量：発電量【千kWh/年】に換算係数0.0036【TJ/千kWh】を掛けることにより算出
注）合計値は四捨五入の関係で整合しない場合があります