

2-7 | 再生可能エネルギー

【1】概要

●導入目標

本県は、福島を再生可能エネルギーの「先駆けの地」とするため、「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン」(以下「ビジョン」という。)に基づき、2040年頃を目途に県内エネルギー需要の100%相当以上の再生可能エネルギーを生み出すとした目標を掲げている。

県内1次エネルギー需要量に対する再生可能エネルギー導入量の割合(原油換算)

◆2020年度:約40% ◆2030年度:約60% ◆2040年頃:100%

●公共施設等への率先導入

ビジョンで掲げた目標を進めるための行動計画である「再生可能エネルギー先駆けの地アクションプラン(第2期)」では、公共施設を再生可能エネルギー事業の場として有効活用し、県自らが率先して導入するとともに、県が関与する施設整備においても再生可能エネルギーの導入を推進するために、次のような取組みを行っていくこととしている。

県有建築物等への再生可能エネルギーの導入目標を設定するとともに、特に新設の施設については、率先して再生可能エネルギー(及び省エネルギー)設備の導入を進めることとし、設計段階において再生可能エネルギー担当課への協議手続きを導入する。

※具体的な取組み

福島県再エネ・省エネ推進建築物整備指針の策定(平成29年5月)

福島県再エネ・省エネ推進建築物設計ガイドラインの策定(平成30年5月)

●再生可能エネルギーの定義

「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」では、次のように定義している。

○同法第二条第三項

この法律において「再生可能エネルギー源」とは、太陽光、風力その他非化石エネルギー源のうち、エネルギー源として持続的に利用することができるものと認められるものとして政令で定めるものをいう。

○同法施行令第四条

法第二条第三項の政令で定めるものは、次のとおりとする。

- 一 太陽光
- 二 風力
- 三 水力
- 四 地熱
- 五 太陽熱
- 六 大気中の熱その他の自然界に存する熱(前二号に掲げるものを除く。)
- 七 バイオマス(動植物に由来する有機物であってエネルギー源として利用することができるもの(法第二条第二項に規定する化石燃料を除く。)をいう。)

## 2-7

ビジョンでは、再生可能エネルギーに関するエネルギー資源を次のように定義している。

表 2-7-1 エネルギー資源

		一般に再生可能エネルギーといわれているもの	
		非化石	
		経済性から普及が不十分	普及段階
エネルギー資源	実用化段階	太陽光発電 太陽熱利用 風力発電 バイオマス発電／熱利用／燃料製造 温度差熱利用 雪氷熱利用 小水力発電(出力 1,000kW 以下) 地熱/バイナリー発電	大規模水力発電 地熱発電 (従来方式)
	研究開発段階	波力発電 潮汐力発電 海洋温度差発電	
利用法		【エネルギー高度利用技術】 ヒートポンプ、天然ガスコージェネレーション、燃料電池、クリーンエネルギー自動車	

### ● 建築物への導入を検討する再生可能エネルギー

表 2-7-2 のエネルギー資源の中で、建築物への導入を検討できる技術を分類すると次のように整理することができる。

エネルギー消費性能計算プログラムによる評価可能な技術	エネルギー消費性能計算プログラムによる評価できないが、建築物への効果が見込める技術
<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光発電</li> <li>地中熱利用（温度差熱利用の一つ）</li> <li>コージェネレーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽熱利用（今後整理予定）</li> <li>バイオマス発電（今後整理予定）</li> <li>雪氷熱利用</li> </ul>

## 2-7

### 【2】太陽光発電設備(エネルギー消費性能計算プログラムによる評価可能な技術)

#### ●システム等

再生可能エネルギー技術の中で最も導入が進んでいるのが太陽光発電である。降り注ぐ太陽光エネルギーを太陽電池によって、建築物を運用するために必要なエネルギーの多くを占める電気エネルギーに変換することが可能な技術である。

・建築物に導入するシステムは「系統連系タイプ」が一般的で、さらに、標準型と自立切替型がある。

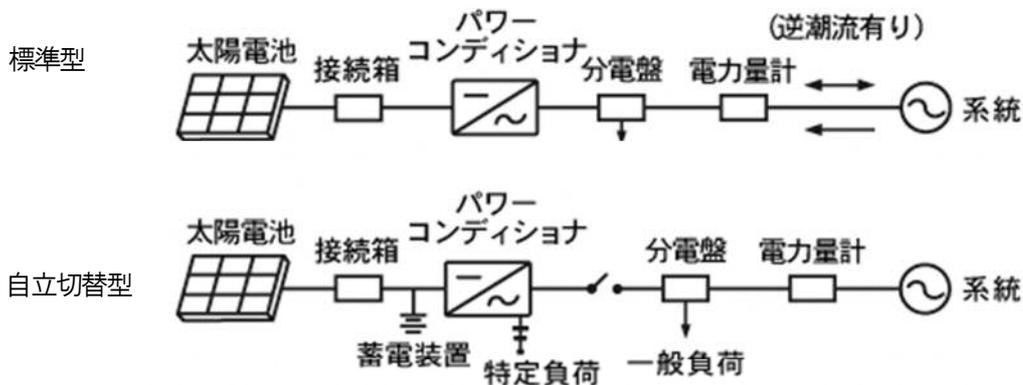


図 2-7-1 太陽光発電システム

出所: 太陽光発電協会 HP

標準型	逆潮流あり	太陽電池で発電した電力を発電所内電気設備の負荷に供給するとともに、発電した電力が、負荷の電力を上回った場合は、電力系統へ電力を供給する。また、発電量が不足の場合は、従来通り、電力系統から供給を受ける。
	逆潮流なし	常時、太陽電池で発電した電力より負荷のほうが多い場合に用いるシステムであり、発電された電力は、負荷だけで使用する。余剰電力が発生する場合は、電力会社の系統に逆潮流させないよう、保護継電器の設置が必要となる。
自立切替型		防災用として設置されることが多いシステム。停電時などに電力系統側と切り離し、太陽電池で発電した電力を特定負荷に供給する。蓄電池と組み合わせれば、安定した電力供給が行える。
太陽電池		太陽電池の構成単位は①「セル」、②「モジュール」、③「アレイ」に分けられる。
	セル	太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換する基本構成素子。1枚 100~150mm 角で発生電圧は約 0.5 V(結晶系Si)。
	モジュール	セルを直並列に配線し、屋外での使用に耐えられるよう強化ガラス等でパッケージングしたもの。太陽電池/パネルとも呼ばれる。
	アレイ	複数枚のモジュールを直並列接続したもの。

出所: 太陽光発電協会 HP

## 2-7

接続箱	集電箱とも呼ばれ、ブロックごとに接続された太陽電池からの電力を一つの回路としてまとめる装置。サージアブソーバ、逆流防止ダイオード、配線用遮断器等で構成される。
パワーコンディショナ	太陽電池で発電した直流電力を交流電力に変換し、商用電源の系統と連系して建物に供給する装置。最大出力や変換効率はメーカーによって異なるため、設計の際に確認を要する。

### ●パワーコンディショナの効率

効率は各メーカーによって異なるが、概ね95%程度である。

常に最も高い発電量を出力させる最大電力点追従機能(MPPT)がある場合、曇りの日など日射量が不安定な日でも発電量が低下しにくい。また、トランスレス方式のパワーコンディショナでは、変圧器(トランス)を使用していないため絶縁するプロセスでの電力ロスが少ない。

#### ① MPPT制御の概要

太陽電池モジュールは、その名の通り太陽の光を受けて電力を発生させる装置であり、その発電電力は日射量や温度によって大きく変動する。(図 2-7-2)。

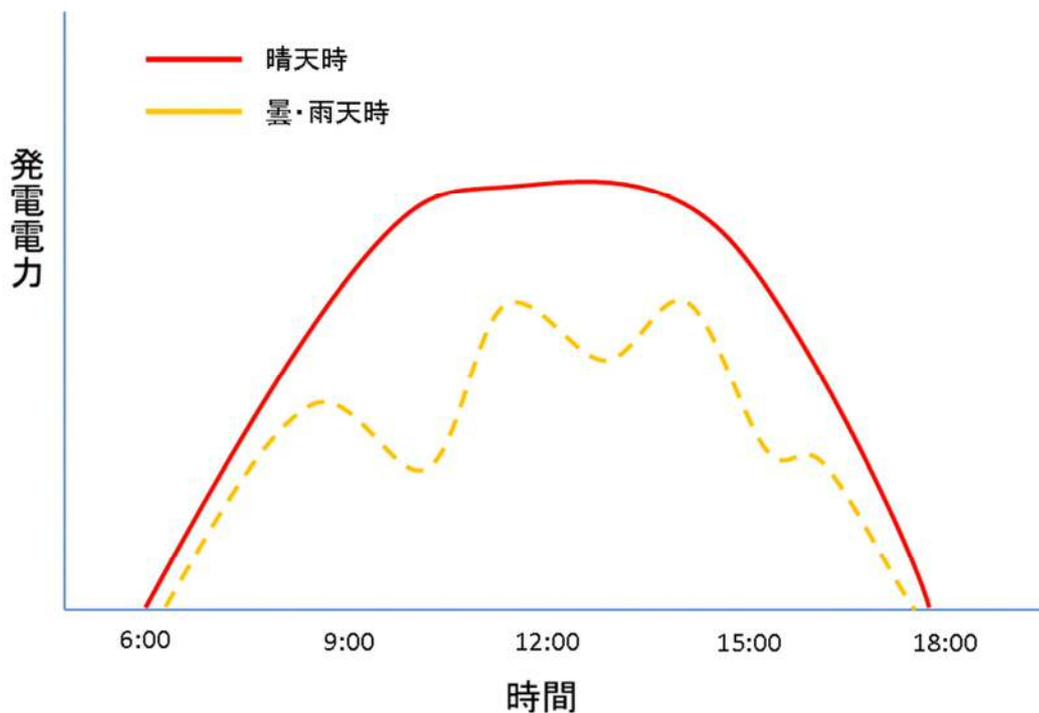


図 2-7-2 出所:ミカド電装商事(株) 資料

一般的に太陽電池モジュールは、日射量と電流値が比例し(図 2-7-3)、温度と電圧値が反比例する(図 2-7-4)特性がある。

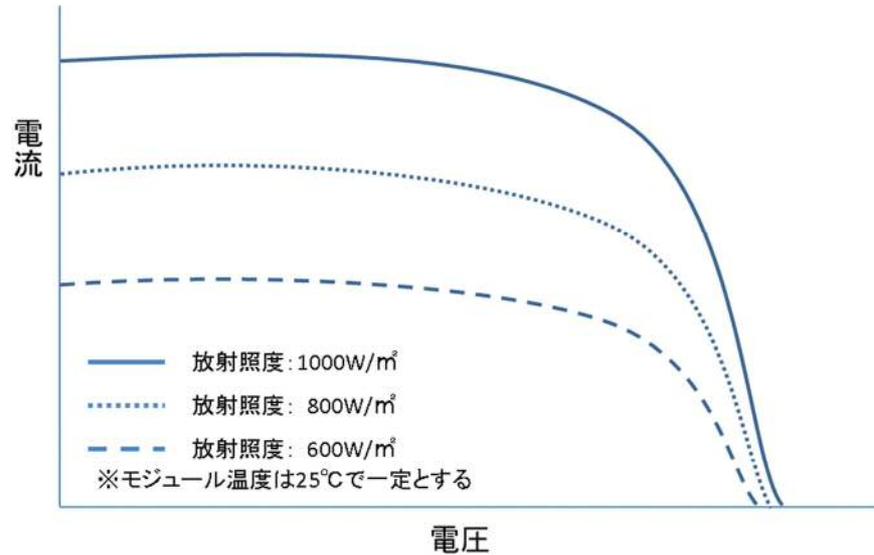


図2-7-3 出所:ミカ電装商事(株) 資料

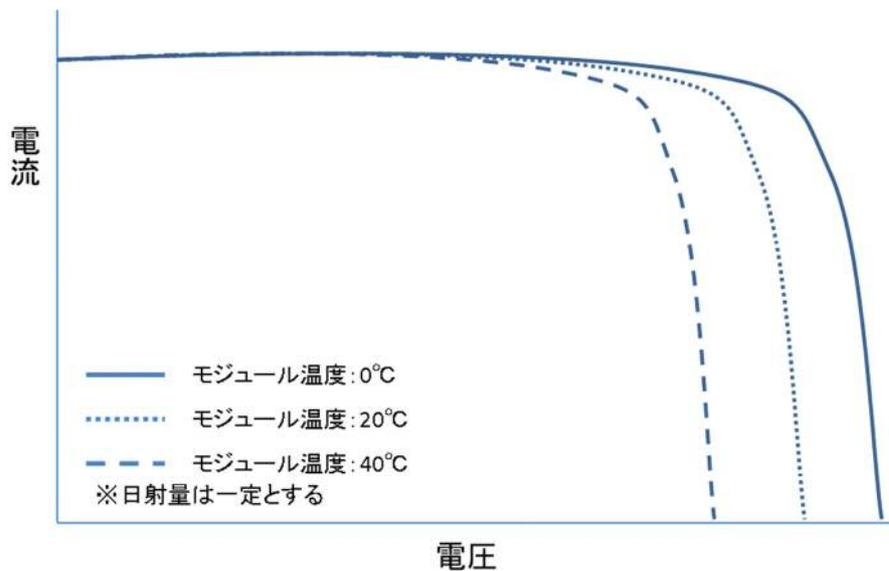


図2-7-4 出所:ミカ電装商事(株) 資料

太陽電池モジュールの発電出力は、「電圧×電流」で決まる。したがって、前述の特性を持つ太陽電池モジュールの発電出力は、日射量と太陽電池モジュール温度により決定されることとなる。日射量と太陽電池モジュール温度は常に変動するため、太陽光モジュールの最大発電出力を得られる電圧と電流の最適な組み合わせの点(最大電力点)も常に変動する。この最大電力点を常に維持するため、パワーコンディショナは太陽電池モジュールの出力制御を行っている。

最大電力点の決め方には、パルス幅変調制御(PWM)と最大電力点追従機能(MPPT)の2通りがある。PWMは一定の電圧と電流が発生するように制御する方式で、MPPTは最大電力点で動作するように電圧と電流の組み合わせを常に探し求める方式である(図2-7-5)。

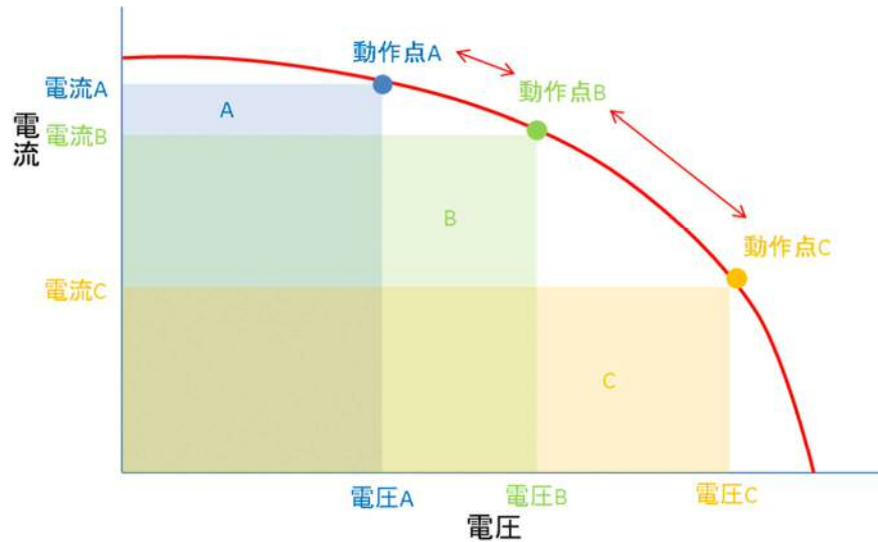


図2-7-5 出所:ミカド電装商事(株) 資料

## ② MPPTの長所、短所

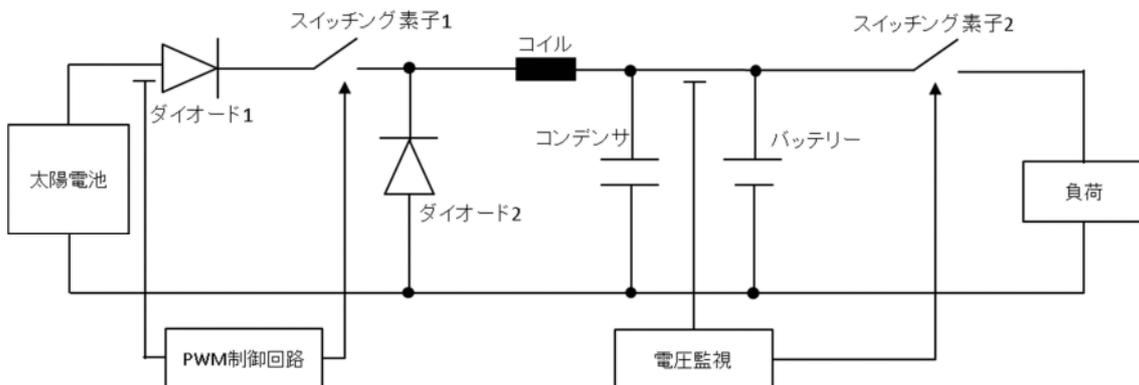
長所:MPPT が自動的に制御することで、太陽電池は設置場所や天候に応じた最大出力を得ることが可能となる。PWM 方式では一定の効率以上で電力を作れるが、最大の効率で電力を作ることができない。

短所:PWM 方式のパワーコンディショナに比べて価格が高い。

## ③ PWM 制御方式の概要

PWM 方式の充放電コントローラーでは、太陽電池とバッテリーの間に DC-DC コンバータを設け、太陽電池の動作電圧が開放電圧の 80%程度で一定となるように制御を行う。

PWM 方式の充放電コントローラーの構成は以下のとおり。



出所:ミカド電装商事(株) 資料

## 2-7

### 長所

- ・太陽電池の動作点がバッテリーや負荷の電圧の影響を受けないため、一定以上の効率で太陽電池からの電力を取り出すことができる。
- ・太陽電池の電圧が低い低照度時でも、若干ではあるが充電を行うことができる。
- ・制御が単純なため比較的安価に製作できる。

### 短所

- ・気象条件により最適動作電圧が変動するため、必ずしも最適な電圧で動作しているとは言えない。

### ④ MPPT制御と効率向上

MPPT制御をおこなった場合、天候により大きく異なるが、PWM方式と比較すると、晴天のときは5%～10%程度、曇天の場合は40%程度上昇することもある。

### ⑤ トランスレスとトランスありの違い

トランスレス方式のパワーコンディショナでは、変圧器(トランス)を使用していないため、絶縁するプロセスでの電力ロスが少ない。そのため、変圧器(トランス)を使用するタイプのパワーコンディショナに比べて、変換効率が1.5%程度向上するという長所がある。また、回路がシンプルに構成されているため価格も比較的安い。

### ⑥ トランスレスの長所、短所

#### 長所

- ・効率が良いこと。
- ・価格が比較的安いこと。
- ・サイズが小さくなり重量が軽くなること。

#### 短所

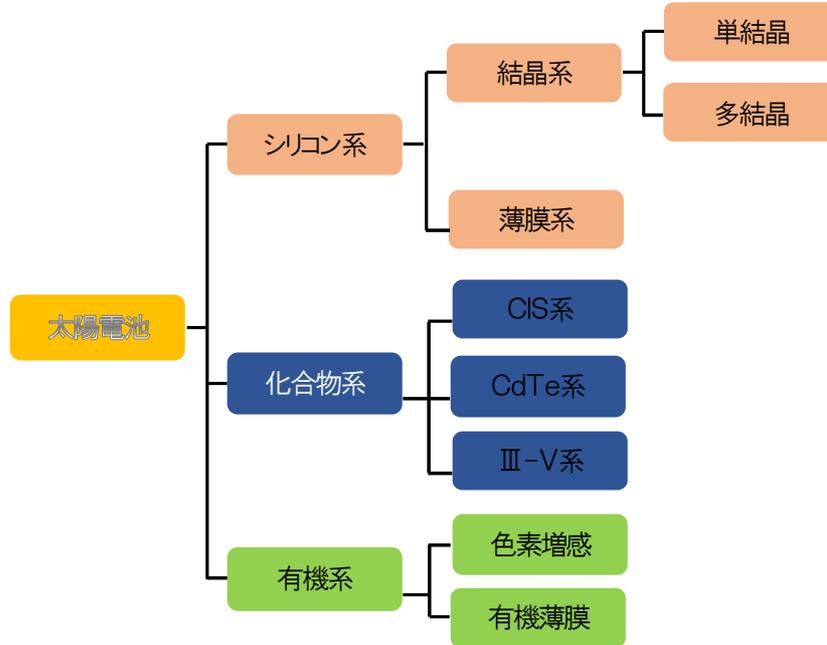
- ・万が一パワーコンディショナに故障が生じた場合に、直流電力が住宅や施設内に流れて電化製品が故障する恐れがある。

ただし、市販されているトランスレス方式のパワーコンディショナでは、直流流出を検出し絶縁変圧器部と呼ばれる装置稼働させて、電力系統に直流電力が流れないように安全性を高めている商品がほとんどである。また、二重の事故防止策としてパワーコンディショナからアースを地面に接地させる方法がある。

## 2-7

### ● 太陽電池の種類

太陽電池には非常に多くの種類があり、研究が進められているものを含めるとかなりの種類があり、シリコン系、化合物半導体系、有機系の3つに分けることができる。



分類		特徴	変換効率	実用化状況※1	主要な国内メーカー
シリコン系	単結晶	シリコン原子が規則正しく並び単結晶を使用するため実用化されている太陽電池の中で最も変換効率が高く耐久性・信頼性が高い。低コスト化が課題。	～20%	実用化	シャープ 三菱電機 パナソニック
	多結晶	小さい結晶がランダムに並び多結晶シリコンを使用するため単結晶に比較して効率は落ちるが、低コストで製造でき、最も普及している。	～15%	実用化	京セラ シャープ 三菱電機
	薄膜系	シリコン原子の配列がアモルファス(非晶質)状態のため、結晶系シリコン太陽電池より効率は落ちるが、夏場の高温環境下でも変換効率の低下が少ない。薄膜であるため、フレキシブルな太陽電池を製造でき、コストも低い。	～9%	実用化	カネカ シャープ 富士電機
化合物系	CIS系	銅、インジウム、セレンを原料とする薄膜型。低コストで変換効率も比較的高い。	～14%	実用化	ソーラーフロンティア
	CdTe系	カドミウム、テルルを原料とする薄膜型。低コストで変換効率も比較的高い。カドミウムの毒性が課題。	～13%	実用化	

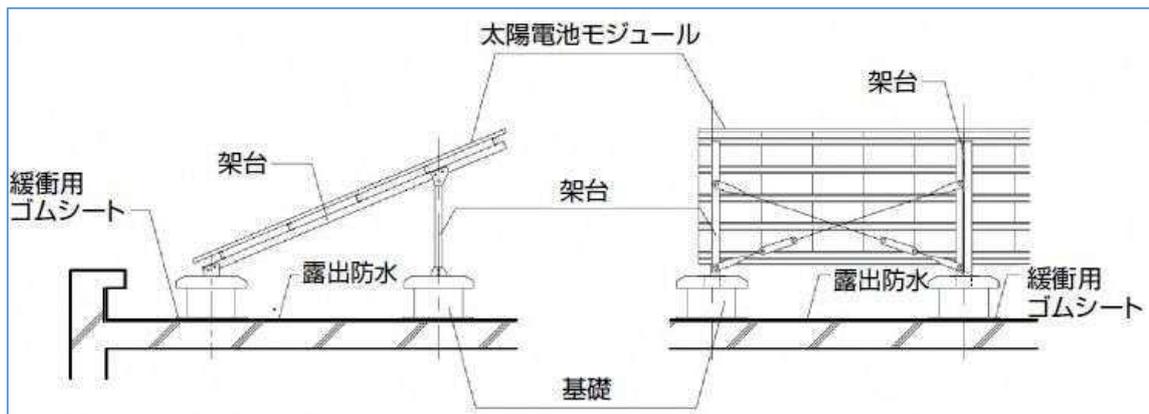
## 2-7

分類		特徴	変換効率	実用化状況※1	主要な国内メーカー
化合物系	Ⅲ-V族系	Ⅲ族元素とⅤ族元素からなる化合物セルに多接合化、集光技術を適用。超高性能。低コスト化が課題。	(セル効率) ~38%	研究段階	シャープ
有機系	色素増感	酸化チタンに吸着した色素が光を吸収し発電する新しいタイプ。低コスト化の可能性あり。高効率化と耐久性が課題。	(セル効率) ~14%	研究段階	アイシン シャープ フジクラ
	有機薄膜	有機半導体を用いて、塗布だけで作成が可能。低コスト化の可能性あり。高効率化と耐久性が課題。	(セル効率) ~12%	研究段階	三菱化学 住友化学 JXエネルギー

### ●アレイ設置方式

#### ①架台設置型

屋根の上に基礎等を設け、その上に架台を作り、モジュールを固定する方法。



出所:(一社)住宅瑕疵担保責任保険協会「住宅瑕疵担保責任保険[現場検査]講習テキスト」

## 2-7

### ②屋根置き型

屋根の主要な構造を構成する垂木、母屋等に支持部材を取付け、この支持部材に架台を固定する方法。



出所: (株)サカタ製作所技術室 「太陽光電池アレイ用支持物の設計」

### ③その他(建材一体型や壁面設置等)

ビル等の屋根材や外壁材等と太陽電池モジュールが一体化したタイプ。デザイン性に優れていることや、屋根材とモジュール部材の共有による設備費の削減などの長所がある。シースルータイプのガラス基板を用いることで、発電と採光/遮光が両立できるガラス建材としても活用が可能。フレキシブル基盤を用いることにより、建物の局面に沿った設置も可能。



出所: 元旦ビューティ工業(株) HP

## 2-7

### ● パネルの方位角・傾斜角

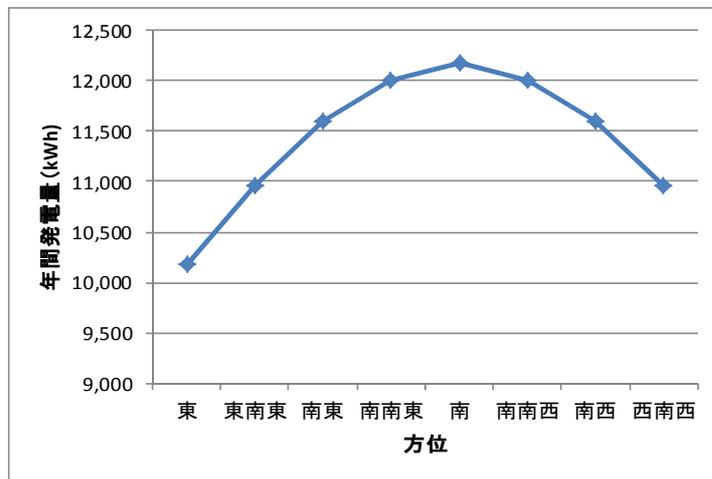
太陽電池モジュールの発電効率は、設置する方位角と傾斜角に大きく影響されるため、季節による太陽の動き、設置場所の緯度等、様々な条件を考慮する必要がある。

真正面から太陽光を受け取ることができる方角と角度に、太陽電池モジュールを設置することが重要となる。一日の発電量が最大となるのは、方位角は南向きで、モジュールの傾斜角が、太陽が真南にあるときの太陽高度に対し、太陽電池のガラス面が垂直になるような角度で設置した場合である。

通常は、方位角は真南、傾斜角は  $30^\circ$  が理想とされている。しかし、緯度の高い地域では傾斜角を大きくする必要があり、福島市の場合  $30^\circ$  より若干大きくなる。逆に、アレイの影の影響を少なくし、面積あたりのモジュールの設置枚数を多くするために、傾斜角を小さくする方法もとられる。設置条件により、発電電力を最大にするための方位や傾斜角を設定する必要がある。

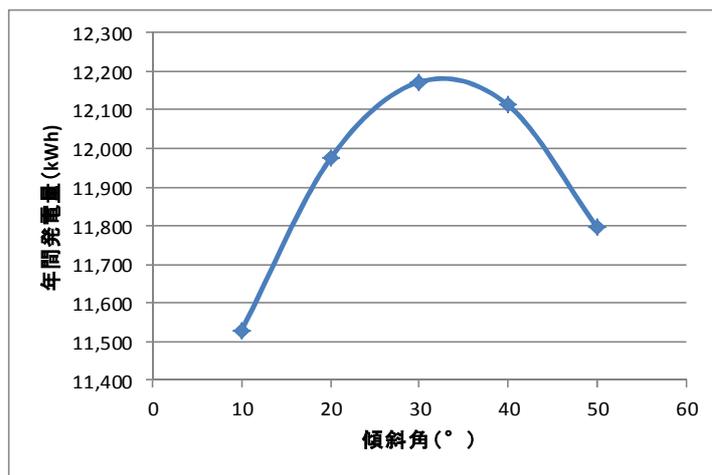
福島市  
角度  $30^\circ$   
出力 10kW

方位	年間発電量 (kWh)
東	10,177
東南東	10,955
南東	11,606
南南東	12,013
南	12,172
南南西	12,013
南西	11,606
西南西	10,955



福島市  
方位: 南  
出力 10kW

傾斜角度	年間発電量 (kWh)
10	11,529
20	11,974
30	12,172
40	12,112
50	11,796





No.	入力項目	選択肢	適用										
1	太陽光発電システム名称	—											
2	パワーコンディショナの効率	—	値が不明な場合は0.928を入力する。										
3	太陽電池の種類	結晶系	半導体材料として単結晶シリコン、多結晶シリコンを用いた太陽電池										
		結晶系以外	半導体材料として単結晶シリコン、多結晶シリコン以外を用いた太陽電池										
4	アレイ設置方式	その他	下記以外(建材一体型や壁面設置等)。										
		架台設置型	太陽電池モジュールを屋根と空隙を設けて間接に設置した太陽電池アレイで、屋根置き形以外のもの。										
		屋根置き型	太陽電池モジュールを屋根と平行に空隙を設けて間接に設置したものの。										
5	アレイのシステム容量	—	<p>▶太陽電池アレイのシステム出力が不明な場合は、当該アレイを構成する全ての太陽電池モジュールの一枚あたりの標準太陽電池モジュール出力の合計を、太陽電池アレイのシステム容量として入力してもよい。</p> <p>▶設置した太陽電池アレイのシステム容量(単位kW)は、次の方法で確認し入力する。</p> <p>▶JIS C 8951「太陽電池アレイ通則」の測定方法に基づき測定され、JIS C 8952「太陽電池アレイの表示方法」に基づいて表示された「標準太陽電池アレイ出力」が確認できる場合はその値を入力する。</p> <p>▶標準太陽電池アレイ出力が記載されていない場合は、製造業者の仕様書又は技術資料などに下表のJIS等に基づいて記載された太陽電池モジュールの一枚あたりの標準太陽電池モジュール出力の値の合計値を入力する。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>太陽電池の種類</th> <th>条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>結晶系太陽電池</td> <td>JIS C 8918、JIS C 8990 または IEC61215</td> </tr> <tr> <td>結晶系以外の太陽電池</td> <td>JIS C 8991 または IEC 61646</td> </tr> <tr> <td>アモルファス太陽電池 他</td> <td>JIS C 8939</td> </tr> <tr> <td>多接合太陽電池</td> <td>JIS C 8943</td> </tr> </tbody> </table>	太陽電池の種類	条件	結晶系太陽電池	JIS C 8918、JIS C 8990 または IEC61215	結晶系以外の太陽電池	JIS C 8991 または IEC 61646	アモルファス太陽電池 他	JIS C 8939	多接合太陽電池	JIS C 8943
太陽電池の種類	条件												
結晶系太陽電池	JIS C 8918、JIS C 8990 または IEC61215												
結晶系以外の太陽電池	JIS C 8991 または IEC 61646												
アモルファス太陽電池 他	JIS C 8939												
多接合太陽電池	JIS C 8943												
6	パネルの方位角	—	南を0°とし、西向きに測る。西は90°、北は180°、東は270°										
7	パネルの傾斜角	—	水平を0°、垂直を90°										

## 2-7

### 【3】地中熱利用(エネルギー消費性能計算プログラムによる評価可能な技術)

#### ●システム等

地下10m以深では、一年を通して温度が一定であり、その温度はその地域の年間平均気温と同程度である。地中熱利用技術は、その特徴を利用し、地中から汲み上げた熱を空調や給湯・融雪設備の熱源として利用するものである。地中温度は、季節や時間帯に左右されないため(図2-7-6)、エアコン等よりも効率的なエネルギー利用が可能である。地中熱利用システムの導入メリットとしては以下の4点が挙げられる。※1

- ・ランニングコスト低減
- ・CO2 排出量低減
- ・ピーク電力低減
- ・ヒートアイランド現象の緩和

施工・管理マニュアル

また、地中熱の可能採熱量については、ビジョン(平成24年度改正)※2では地中熱などの温度差利用技術の可採量は13万kL(原油換算)とされており、導入量の175kL(平成24年当時)と比較すると、導入の余地が大きいことが分かる。

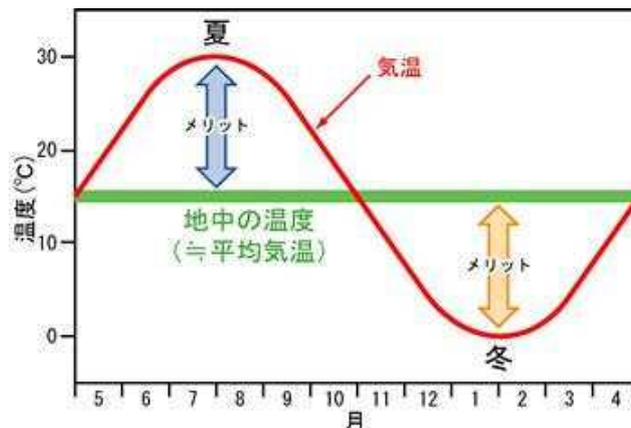


図2-7-6 地中温度と外気温の関係

出所:特定非営利活動法人地中熱利用促進協会「協会パンフレット」

#### ●地中熱の利用形態

地中熱の利用形態の分類および概要をそれぞれ図2-7-7、図2-7-8に示す。利用形態は、ヒートポンプを利用する方式と、地中熱を直接利用する方式の二つに分類される。

ヒートポンプシステムは、地下水を汲み上げて熱を取り出すオープンループ方式と、地中に埋設した熱交換器を介して熱を取り出すクローズドループ方式に分類される。

直接利用方式には、水循環や空気循環、熱伝導、ヒートパイプなどの利用形態があるが、図2-7-7に示した内、ヒートポンプシステムのクローズドループ方式(赤点線で囲んだ範囲)が、エネルギー消費性能計算プログラムで評価可能な技術である。

※1 特定非営利活動法人地中熱利用促進協会「地中熱ヒートポンプシステム施工管理マニュアル」から要約引用

※2 福島県「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン」

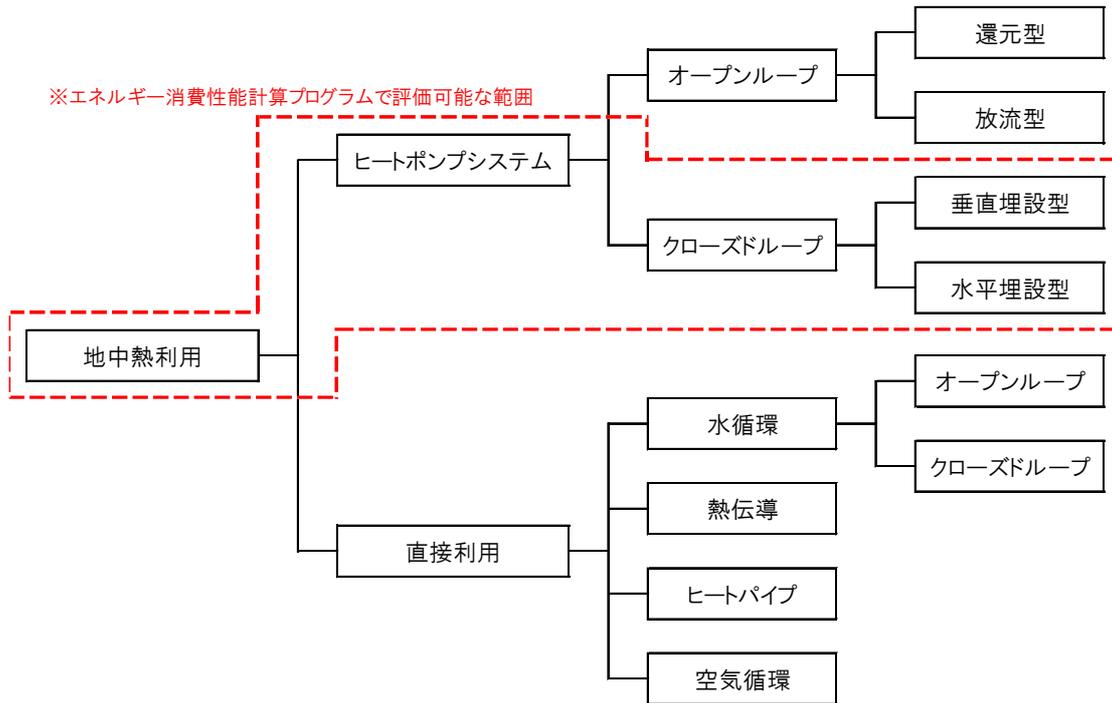


図 2-7-7 地中熱利用形態の分類

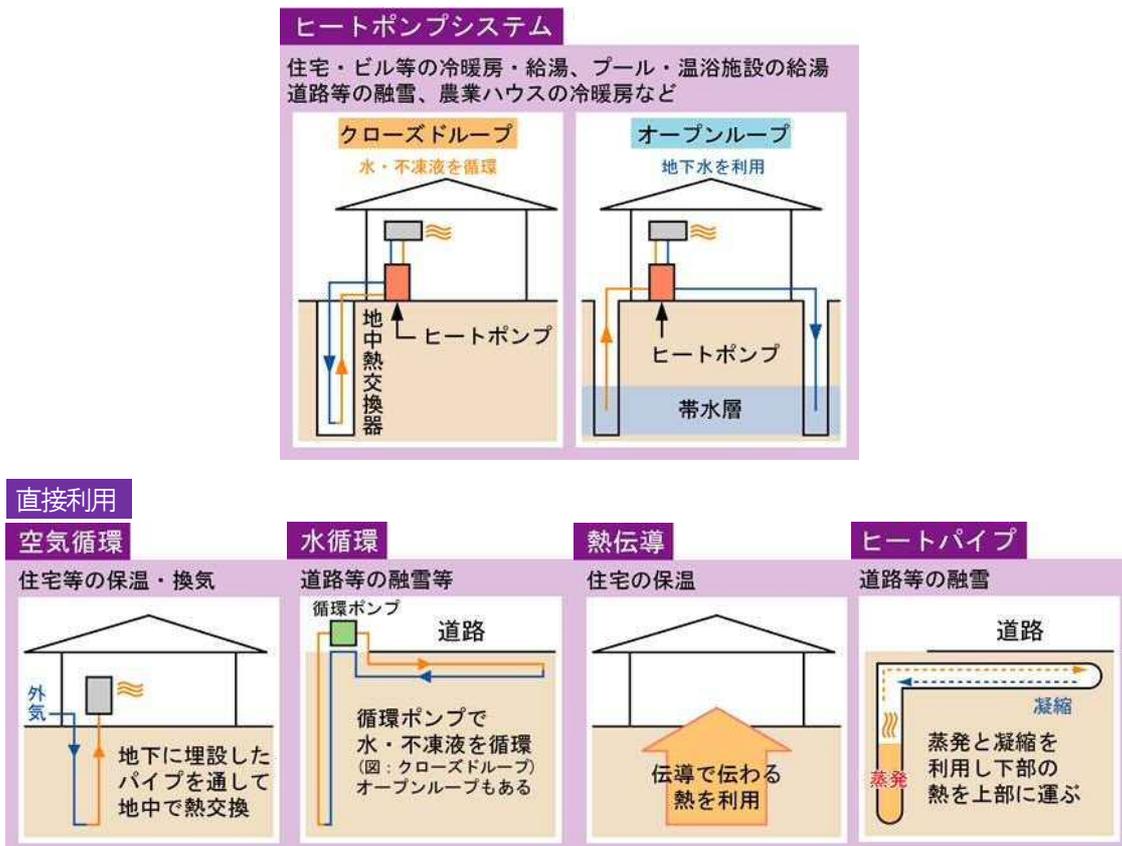


図 2-7-8 地中熱利用形態の概要

出所: 特定非営利活動法人地中熱利用促進協会「協会パンフレット」





## ①熱源入力シート

計算プログラムにおける地中熱利用技術

地中熱利用技術は、計算プログラムにおいて空気調和設備の熱源機種として評価可能である。「外皮・設備仕様入力シート」作成の際、様式 2-5(空調)熱源入力シートの⑥熱源機種の項目で、ウォーターチリングユニット(水冷式地中熱タイプ 1~5)またはパッケージエアコンディショナ(水冷式地中熱タイプ 1~5)の中から該当するものを選択する。

水冷式地中熱タイプ 1~5(以下、地中熱タイプ)は、地中熱交換器の熱交換能力を段階的に表したものである(表 2-7-3)<sup>※4</sup>。地中熱タイプの判別は、国立研究開発法人 建築研究所のホームページにて公開されている「地中熱交換器確認シート(以下、確認シート)」を用いて行う。確認シートは、地中熱交換器の種類や地盤の熱伝導率等から、地中熱交換器の熱交換能力を自動計算し、地中熱タイプを判断するものである(図 2-7-9)。また、自動計算の内容は、確認シートと共に公開されている「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法(以下、熱源水温度計算方法)<sup>※4</sup>」にて詳しく解説されている。

表 2-7-3 地中熱交換器の熱交換能力の段階<sup>※4</sup>

タイプ	Q[W/m]の値の範囲	Q[W/m]の代表値
1	30 未満	20
2	30 以上 50 未満	40
3	50 以上 70 未満	60
4	70 以上 90 未満	80
5	90 以上	100

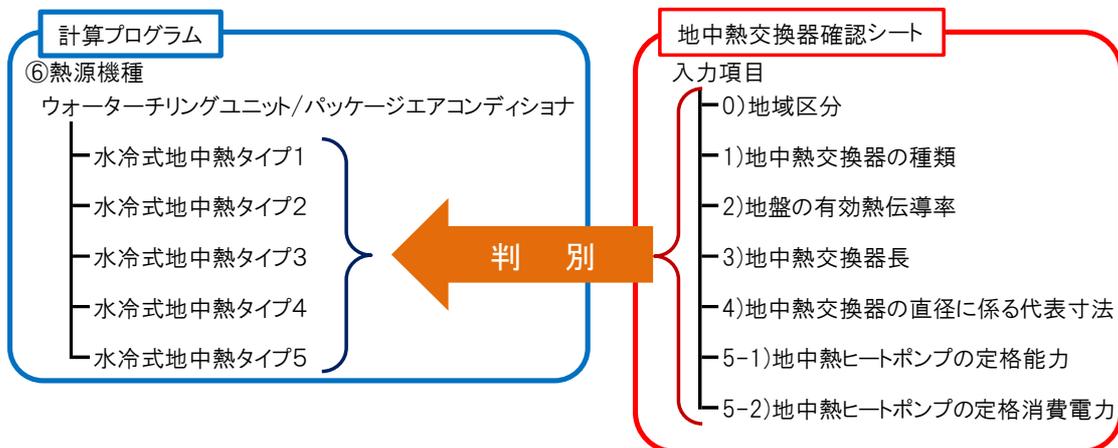


図 2-7-9 計算プログラムと地中熱交換器確認シートの関係

※4 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」



## ②地中熱交換器タイプ確認シート

## 1)ダウンロード方法

確認シートのダウンロード手順を図 2-7-10 に示す。国立研究開発法人 建築研究所のホームページのエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(非住宅)のページから、「1. 3 入力に関する参考情報」→「地中熱ヒートポンプの評価方法(タイプの判別方法)」を選択し、zip ファイルをダウンロードすると、「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法.pdf<sup>※4</sup>」と「地中熱交換器タイプ確認シート.xls」が得られる。これらは、更新される場合があるので、使用する際には、最新版であるか確認すること。

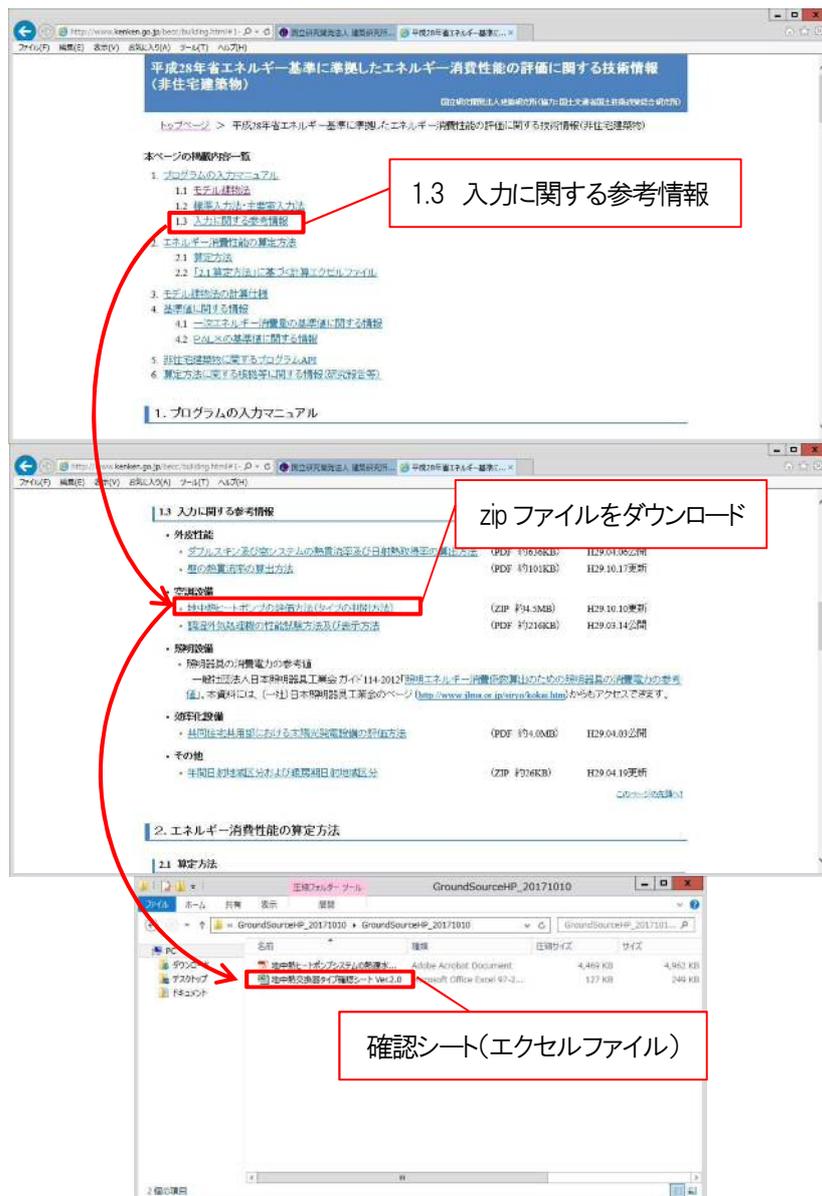


図 2-7-10 「地中熱交換器タイプ確認シート」ダウンロード手順  
出所: 国立研究開発法人 建築研究所 HP

※4 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」



## 2)入力方法

確認シートは、入力された地中熱交換システムを、熱交換器がダブルUチューブ、地盤の熱伝導率 $\lambda$ が $2.0\text{W/m}\cdot\text{K}$ のシステムに換算し、算出される相当熱交換器長、設計最大熱交換量、相当最大熱交換量から地中熱タイプを判別する。表2-7-4に入力項目をまとめた。なお、入力に際しては、確認シートの注意事項および熱源水温度計算方法<sup>※4</sup>が参考になる。

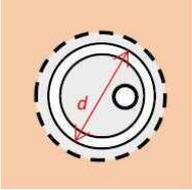
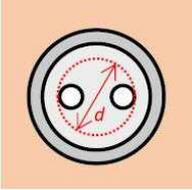
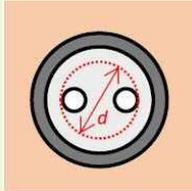
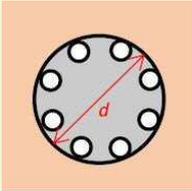
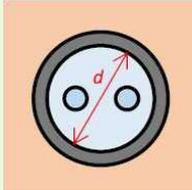
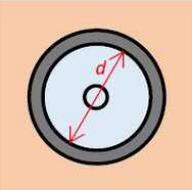
表 2-7-4 地中熱交換器確認シート入力項目

No.	入力項目		選択肢	適用
0	地域区分		1~8 地域	福島県内は 3~5 地域に分類される
1	地中熱交換器		シングルUチューブ	※各熱交換器の詳細は「第3編1-3 地中熱関連資料」参照
			ダブルUチューブ	
			大口径固体充填( $d < 0.6\text{m}$ )	
			大口径固体充填( $d \geq 0.6\text{m}$ )	
			間接型水充填	
			直接循環型 水充填	
			水平埋設型	
2	熱伝導率	決定方法	サーマルレスポンス 試験(TRT)	TRT 装置認定を受けた装置を用いて熱伝導率を測定する。省エネルギー基準適合性判定申請の際に、「TRT 結果報告書」および「TRT 装置認定書」を添付する <sup>※3, ※4</sup> 。
			土質柱状図	「地中熱ヒートポンプの熱源水温度計算方法」の付属書 A 地盤の有効熱伝導率の決定方法を参考にして算定する。
			デフォルト値	・垂直埋設型 : $\lambda = 1.2 \text{ W}/(\text{mK})$ ・水平埋設型 : $\lambda = 0.7 \text{ W}/(\text{mK})$
		熱伝導率	数値入力	—
3	熱交換器長		数値入力	「大口径固体充填( $d < 0.6\text{m}$ )」「直接循環型水充填」では、地中熱交換器の長さの合計とする。「水平埋設型」では地中熱交換器を埋設するレンチの水平方向長さの合計とする。

※3 特定非営利活動法人地中熱利用促進協会「一定加温・温水循環方式熱応答試験(TRT)技術書」

※4 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」



No.	入力項目	選択肢	適用	
4	熱交換器の直径に係る寸法	数値入力	* 大口径固体充填、間接型水充填、直接循環型水充填の場合のみ	
			大口径固体充填	
				
			スパイラルチューブ	既成コンクリート杭
				
			鋼管杭(固体充填)	(場所打ち杭)
			間接型水充填	直接循環型水充填
				
鋼管杭(水充填)	二重管(同軸)			
出所: 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所 「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」				
5-1	ヒートポンプの定格能力	数値入力	冷房時の定格能力 $q_c$ [kW] および暖房時の定格能力 $q_h$ [kW] の値を入力する。	
5-2	ヒートポンプの定格消費電力	数値入力	冷房時の定格消費電力 $e_c$ [kW] および暖房時の定格消費電力 $e_h$ [kW] の値を入力する。	

#### 【4】雪氷熱利用(エネルギー消費性能計算プログラムの評価対象外の技術)

##### ●導入目的

福島県は、東西に広く、浜通り・中通り・会津の3つの気候の異なる地域で構成されており、雪が降る積雪寒冷地域は、県土面積の85%を占めており、ここに住んでいる県民は、全県民の約74%である。つまり、浜通りの大部分を除く地域が積雪寒冷地域であり、ことに本県の面積の約4割を占める会津地方では、ほとんどが特別豪雪地帯および、豪雪地帯に指定され、冬期間は積雪による様々な影響を受け、克服することに力を注いできた。

一方、雪は、地域に様々な文化、風土、祭りを形成し、その地域に住む人々の生活の一部として長い間地域と共存し、これからも重要なパートナーとしてその暮らしを支えている。

この雪国の暮らしを、福島県の地域性と社会的役割を念頭に、地域資源とする再生可能エネルギーが「雪氷熱エネルギー」と、近年普及促進が加速する「ZEB」※5との関係性である。

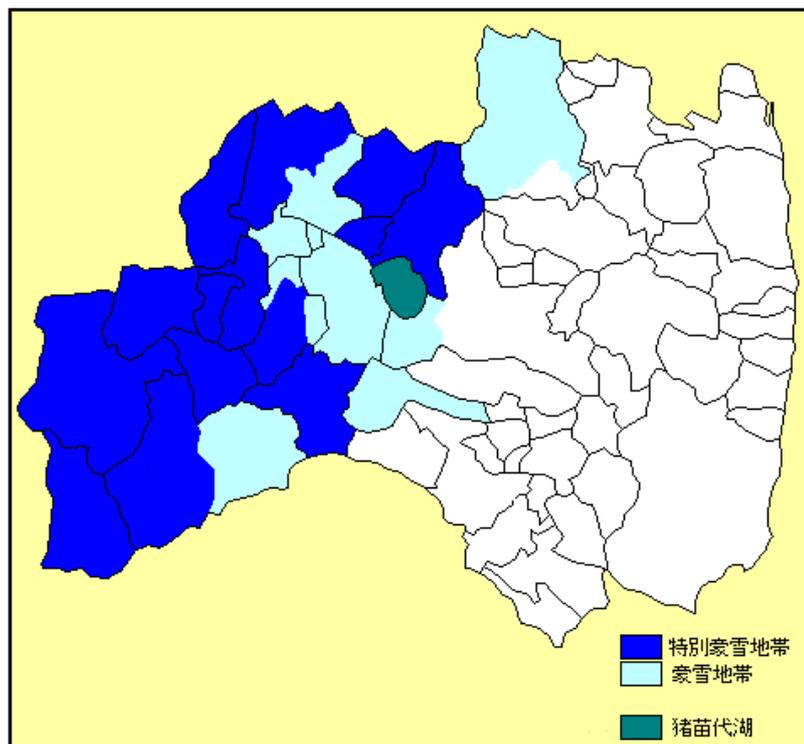


図 2-7-12 福島県の積雪地域区分図

出所: 全国積雪寒冷地帯振興協議会 HP

※5 年間の一時的エネルギー消費量が正味でゼロ、あるいはゼロに近い建物。  
再生可能エネルギーの活用等によって実現する。ネット・ゼロ・エネルギービル

## 2-7

### ●雪氷熱エネルギーとは

これまで北海道などの積雪寒冷地では、雪は交通を阻害し、除排雪に莫大な費用とエネルギーを要する厄介なもの扱われてきた。一方、雪は大きな冷熱エネルギー（冷房・冷蔵等の物や空間を冷やすことに利用できるエネルギー）を保有しているとして、古くから活用されてきた。

また、このような冷熱エネルギーは、雪だけでなく氷についても同様であり、これらのエネルギーを合わせて「雪氷熱エネルギー」という。ただし、冷凍機器を用いて作られる氷は除外される。

### ●雪氷熱エネルギーの歴史

雪を暑い夏まで貯めて、冷たい熱として利用することを「利雪(りせつ)」と呼び、氷室・雪冷房・雪山の基本3技術がある。この試みは昭和60年から北海道で研究が進められ、平成13年6月にまとめられた「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会報告書」において、雪氷熱エネルギーを「一定の石油代替エネルギーを有することから、地域振興の観点も考慮して、新エネ法上の新エネルギーとして位置づけ、積極的に導入促進を図っていく事が適当」という報告書がまとめられた。

平成14年1月25日、新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)の施行令が改正され、雪氷熱エネルギーが新エネルギーに加えられた。この利雪技術「雪氷熱エネルギー」が太陽光発電、風力発電等と並び新エネルギーに加えられたことにより、支援を受けられることとなり、その優位性から普及促進が求められることとなった。

また、平成20年の洞爺湖サミットではメイン会場を雪冷房したことが話題となった。同じくして洞爺湖サミットにて「ZEB」という言葉が使われ始めた。



図2-7-13 出所: 経済産業省 関東経済産業局HP

## 2-7

### ●雪氷熱エネルギーの大きさ

雪あるいは氷1tは、原油に換算して約10ℓに相当する冷熱エネルギーを保有している。例えば、福島県喜多方市にある「喜多方合同庁舎」では573tの雪を雪室に貯雪し、庁舎の全館冷房を達成している。この雪を原油に換算すると18ℓ油タンクで約300本に相当し、きわめて利用価値の高い冷熱エネルギーである。つまり、超省エネルギー冷房である。

○雪量1(雪)t

=熱量(潜熱+顕熱12°C)385.1(MJ/t)

=原油換算9.9(L/(雪)t)

### 【「環境建築」と「健康建築」の融合】

#### ●居住室内環境の改善

雪冷房システムでは、適切な温・湿度環境を安価で安定的に、かつ容易に造りだすことが可能である。冷気を直接利用するシステムでは、塵やニコチン、アンモニアガス等の吸収、シックハウス問題の原因であるホルムアルデヒド等の吸収といった空気清浄効果やマイナスイオン効果も確認されている。ある老人福祉施設では、アンモニアガスの除去効果として雪冷房運転初期には79%、雪量の減少に伴う運転後期(雪残量19%)では30%、同じく、ホルムアルデヒドでは50%と30%との測定結果となっている。これらの測定値が示すように室内環境改善にも優位な点が多い。

近年、年間の消費エネルギー量を正味でゼロ以下を目指す、「ZEB」(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の普及促進が進むなか、「環境建築」から、利用者の健康への貢献を重要視する「健康建築」への注目が集まっている。具体的には、環境面では日本のCASBEEや米国発祥のLEED、欧州のBREEAMなどの環境共生に関する認証制度はある程度認知されているところではあるが、さらに、「空気」・「水」・「栄養」・「光」・「フィットネス」・「快適性」・「心」の分野を評価する「WELL 認証」への注目が高まっている。

利用者の健康面への注目が高まるなか、雪氷熱エネルギーは、「環境建築」と「健康建築」を融合したエネルギーであり、地域性を活用したエネルギーとしての利用価値は高い。

## 2-7

### ●システム等

#### ①冷水循環式

貯雪槽で雪が融けてできた冷水を、2次側(室内)の不凍液循環系と熱交換してFCU(ファンコイルユニット)により冷風を送り冷房を行う。還り水は、雪を融かすための散水に用いて循環する。この方式は、冷風を作るための熱源が電気ではなく、雪に変わるだけであり、室内の冷房環境は変わらない。特徴としては、きめ細やかな温度管理がしやすく、事務所や店舗など利用用途は広い。

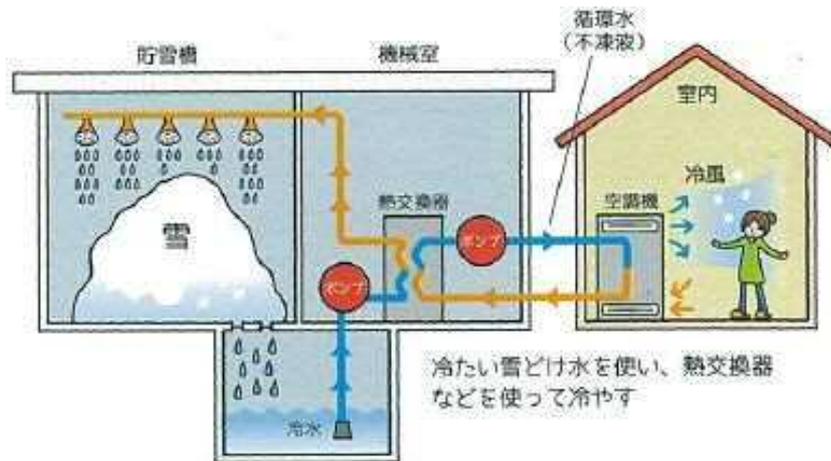


図2-7-14 出所:新潟県上越市「雪エネルギー活用の手引き」

#### ○適用

- ・目的・・・電気式冷水冷房の代替
- ・特徴・・・個々の温度制御が可能。プライバシーの保全
- ・規模・・・小・中規模(事務所、集合住宅等)

#### ○特徴

- ・個室対応が可能のため、音や臭いなどに関するプライバシーを保護できる。
- ・小規模で利用時間が定まっておらず、負荷が多い場合にも適する。
- ・個々の部屋の細かな温度調整が容易である。
- ・配管に冷水を循環させるため、空気の直接循環がなく、病院等に設置しても院内感染の心配が無い。
- ・冬期間の集中暖房系統との接続が容易である。

## 2-7

### ②空気循環式

室内からの暖かい空気と貯雪槽からの冷たい空気、外気の新鮮空気を混合させて必要冷風を作りだし、温度・湿度を調整して直接冷房を行う。この方式は直接冷気を送るため、システムが単純で大空間の冷房にも対応可能である。

特徴としては、雪の表面で空気が冷えるだけでなく、空気中のごみやほこり、有害物質であるニコチン、アンモニア、ホルムアルデヒド等を雪が吸着してくれ、空気清浄効果と消臭効果がある。特に展示場やホールなどに採用されることが多い。

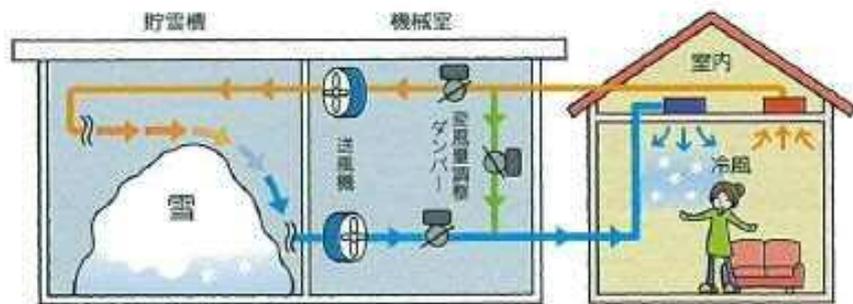


図2-7-15 出所:新潟県上越市「雪エネルギー活用の手引き」

### ○適用

- ・目的・・・大空間集中(空調)と空気浄化作用
- ・特徴・・・温度・湿度管理、フィルター効果
- ・規模・・・中・大規模(会議室、集会施設、展示場、工場)

### ○特徴

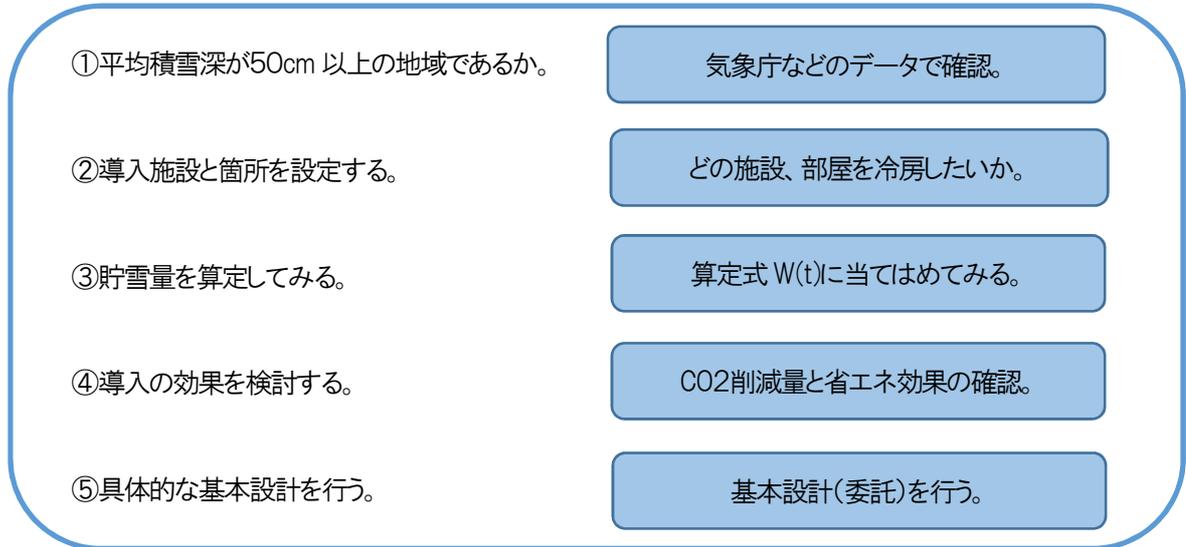
- ・冷風輸送ダクトの配置により大空間の空調が容易に行える。
- ・集中制御が容易で、システムが単純である。
- ・システムの簡単な拡張により、広い範囲で温度湿度の制御が可能。
- ・融解しつつある0℃の雪表面で水溶性ガスや塵埃を吸収、吸着するフィルター効果により、室内環境の改善に有効である。
- ・水を使用しないため、システムの維持管理が容易である。
- ・マイナスイオンが発生し、生活環境の快適度が向上する。

## 2-7

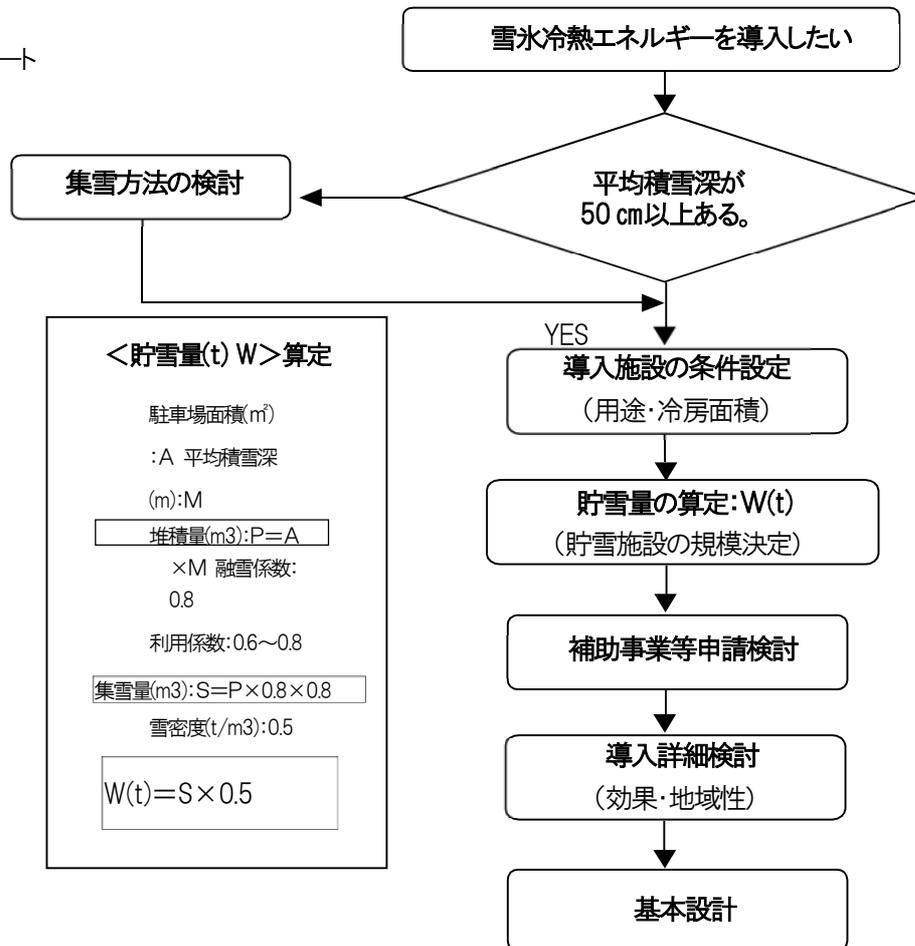
### ●雪氷熱エネルギーの導入

#### ①導入のための確認フローチャート

雪氷熱エネルギーを導入するためには、地域性(気候)が大きく影響するため、次のフローチャートにより導入の可能性を確認する。



・フローチャート



## 2-7

### ②集雪量の算定

集雪可能量は、計画敷地内から集雪可能な面積を確定し、積雪深と重機集積率を乗じて積算する。この集雪可能量から、導入施設の雪冷房の対象面積を設定する。敷地内で集雪が困難な場合は、隣接からの運搬手段を検討する必要がある。

$$\begin{aligned} \text{例: 集雪可能量} &= \text{集雪可能面積} \times \text{少雪年の積雪深} \times \text{重機集積率} \times \text{雪密度} \\ &= 1,000[\text{m}^2] \times 1.0[\text{m}] \times 0.85 \times 0.5[\text{t}/\text{m}^3] \\ &= 425[\text{t}] \end{aligned}$$

(重機集積率:0.85 路面:AS 舗装)

### ③福島県の平均積雪深(cm)

福島県の平均積雪深を調べると、以下の地域で50cmを超えており、雪氷冷熱エネルギーの導入を検討することが可能である。なお、50cmを超えない地域では運搬等も含めて導入を検討する必要がある。

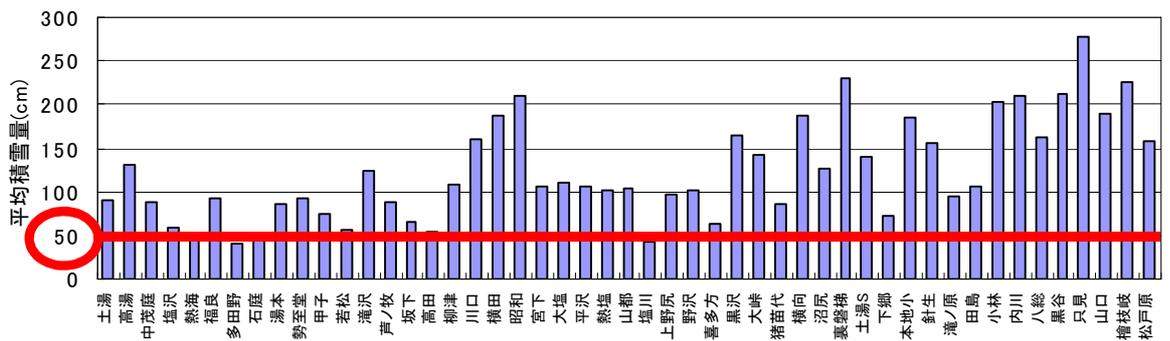


図 2-7-16 福島県の平均積雪深(cm)

## 2-7

### ●雪氷熱エネルギーの導入事例紹介

#### 【福島県喜多方合同庁舎】

##### ・施設概要

施設名称: 福島県喜多方合同庁舎(事務所ビル)

延床面積: 2,748.1 m<sup>2</sup>(職員数: 約 200 人)

施設構造: 鉄筋コンクリート造 3 階建



##### ・雪室施設概要

施設名称: 喜多方合同庁舎雪室

延床面積: 226.1 m<sup>2</sup>

施設構造: 鉄骨平屋建

貯雪量: 573t

雪冷房面積: 810 m<sup>2</sup>(共用部を除く)

(1階: 100 m<sup>2</sup>、2 階: 380 m<sup>2</sup>、3 階: 330 m<sup>2</sup>)

システム: 冷水循環方式

建設年次: H22~H23 年度(H24.7 月より稼働)太陽光パネル設置。



雪投入口



太陽光パネル

見学室



## 2-7

### ①システム(冷水循環方式)

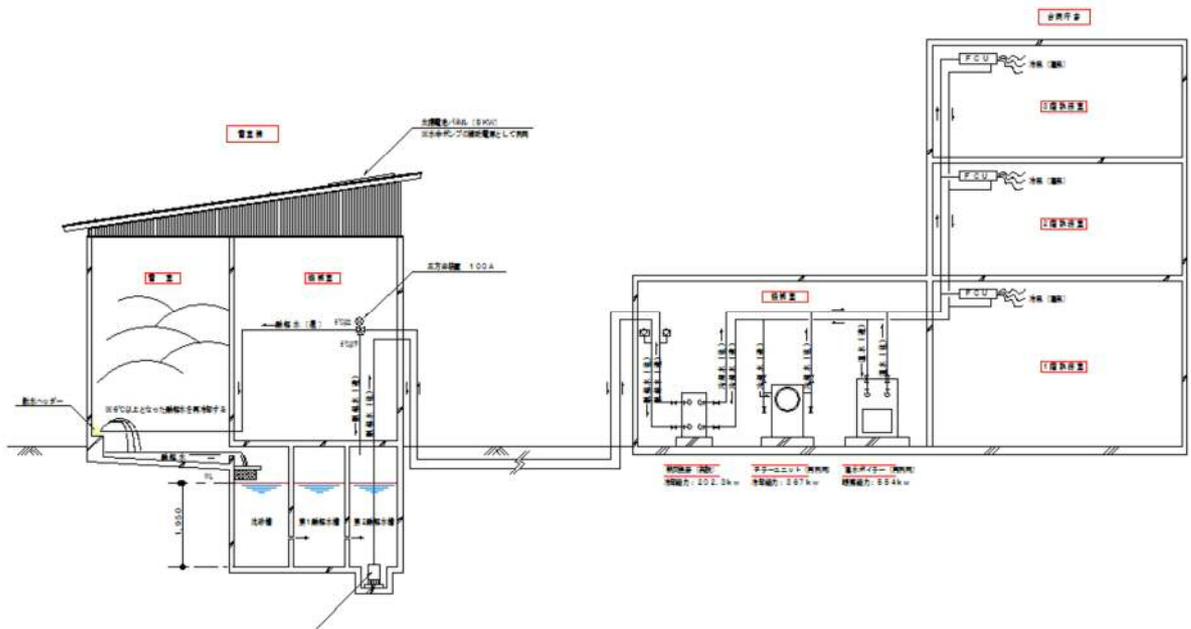


図 2-7-17 システム概要図

### ②関連施設

#### ・操作室

貯雪庫の冷水を循環させるためのポンプの制御や、太陽光発電の運転状況を操作モニターにて確認することができる。この部屋には 20 名程度の見学者が入室可能で、地域の学生や視察など広く活用している。

#### ・貯雪庫

内部はポリスチレンフォーム 50mm を 3 枚重(3 種、150mm)とし、ガルバリウム鋼板にて仕上げており、内部を確認するための照明と、雪を溶かすための配管が設置してある。床は勾配を付け、雪解け水が水槽に集まる仕組みである。

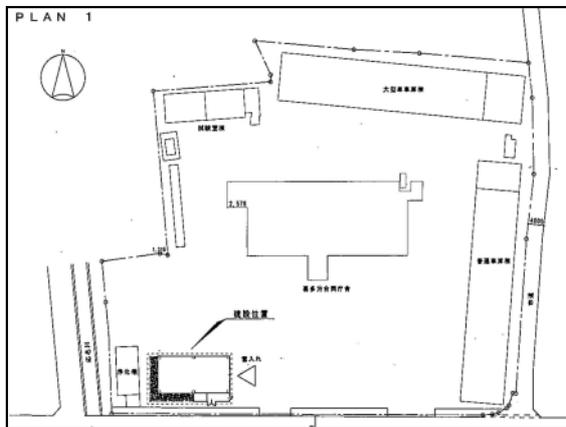


## 2-7

### ③貯雪方法

喜多方合同庁舎は、北側に除雪車庫がある。出勤の際、車庫入り口付近の雪を除雪し、その雪は庁舎北側に山積みしており、日が当たらないため溶けにくく、3月でも十分雪を確保できる。集雪については、従来のおり庁舎北側に雪を貯め、敷地内排雪の代わりに除雪機で雪室へ雪を投入する(喜多方建設事務所対応)。

なお、通常雪室への貯雪は1回であるが、近年の雪不足を考慮し、1月から3月にかけて、降雪の際に投入することが望ましい。それでも雪が不足する際には、南側職員駐車場の雪を利用する計画としている。



貯雪については、今まで5回実施しており、庁舎周辺駐車場の雪を貯めておき、数回に分けて投入している。ロータリー除雪車とブルを併用し、ブルで押した雪をロータリーで隅の上方に飛ばし、写真のように隙間無く投入する。



## 2-7

### ●雪氷熱エネルギーの効果

喜多方合同庁舎の雪冷房システムは、平成25年度から稼働を開始している。稼働開始前の平成22年度、23年度と比較すると7、8月に電力使用量のピークを迎えていたが、冷房全てが雪冷房に置き換えられたことによってピークカットされ、大幅な電気料金の削減に繋がった。

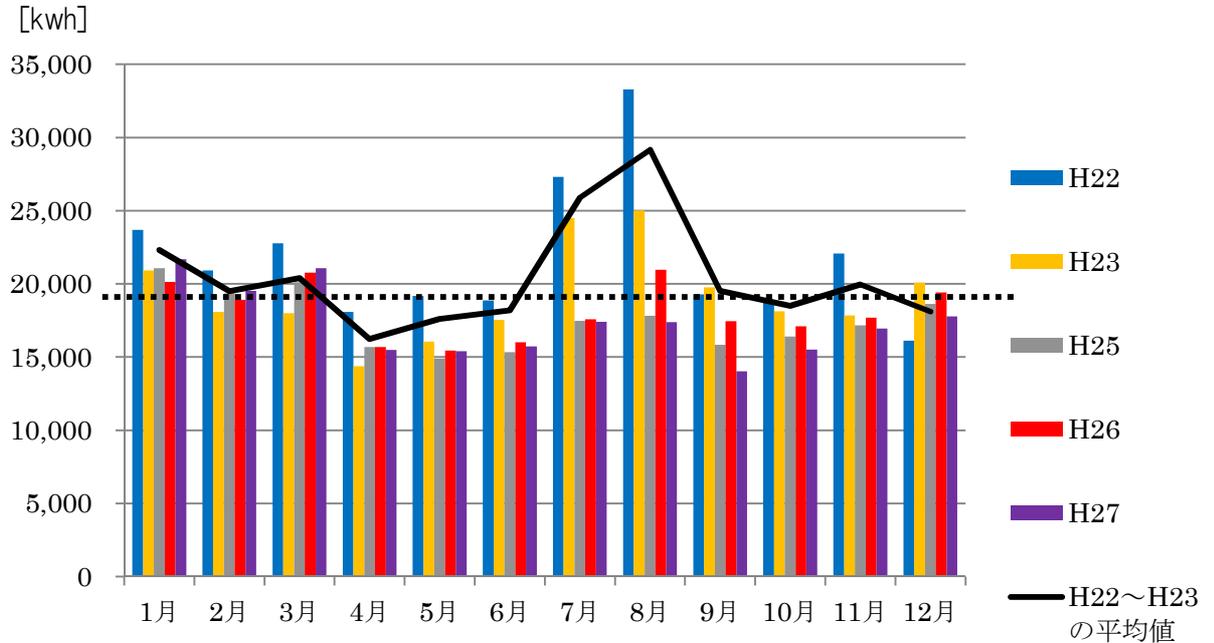


図2-7-18 年間電力使用量の推移

雪冷房システムによる効果は、省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出削減、その他環境学習や地域づくりなど、様々な効果が創出され、広く活用されている。

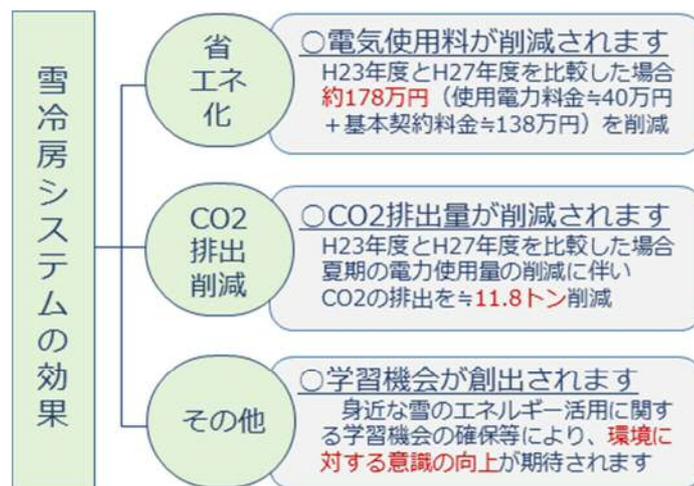


図2-7-19

## 2-7

### ●雪氷熱エネルギーの可能性と ZEB の実現

福島県で導入した喜多方合同庁舎の雪冷房システムは、事務庁舎の全館冷房としては全国初の施設であり、中央熱源方式の電気冷凍機を雪氷熱エネルギーによる冷房に改修した事例である。

雪氷熱エネルギーは、太陽光発電や風力発電等と並ぶ再生可能エネルギーであり、「ZEB」の概念である①パッシブデザイン(建物躯体の高断熱化や自然エネルギーの活用により建物にかかる負荷を抑制)、②アクティブデザイン(設備・システムの高効率化、再生可能エネルギーの導入)、③エネルギーマネジメント(BEMS 等)のうち、アクティブデザインの要素であり、可能な限りネット・ゼロに近づけることができる技術である。さらに、雪氷熱エネルギーは、ZEB の要素技術である空調設備・換気設備・照明設備・給湯設備・昇降機設備のうち、全体の約 50%を占める空調設備であることから今後、大きな効果が期待できる。

雪氷熱エネルギーが ZEB の実現に向けた技術となるためには、熱源機器としての定格冷却能力の換算と冷房 COP の算出が必要となる。今後、雪氷熱エネルギー導入施設の実績に基づきケーススタディを進め、ZEB 技術としての実現に向けた取り組みを福島県の独自性として検討を進めていきたい。

福島県は、「再生可能エネルギー先駆けの地」として発展的な復興を目指しており、地域独自性を持った再生可能エネルギーの導入によって、ZEB を実現していくことが、環境先進県の創造、実現に寄与することを期待している。