

# 地中熱利用による ZEB・ZEHの事例について

地中熱利用促進協会  
笹田 政克

# 講演の内容

- 地中熱利用の仕組み
- 省エネ効果、CO2削減効果
- ZEBへの地中熱の導入事例
- ZEHへの地中熱の導入事例
- 補助金の活用

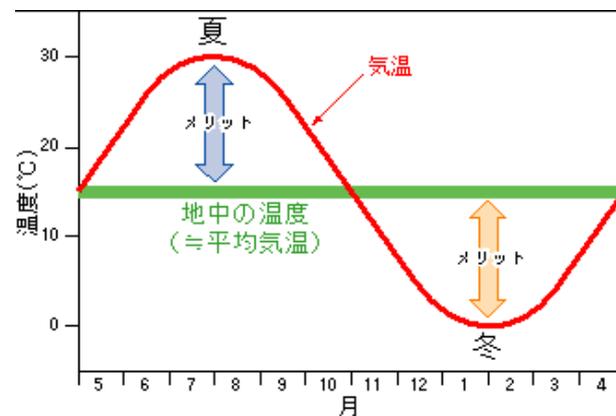
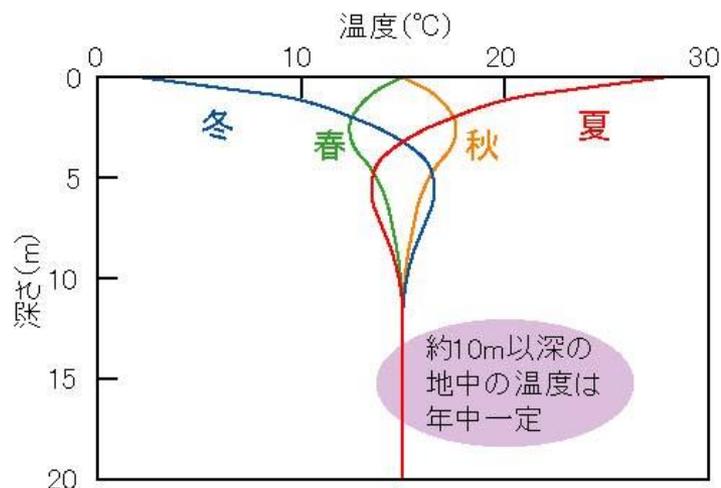
# 地中熱は再生可能エネルギー

地中熱は、太陽及び地球内部からの熱に由来する**再生可能エネルギー**である。

地表近辺では気温の影響により地温は変化するが、地下**10～15m**の深さになると、年間通して地温の変化が見られなくなる。

その温度はその地域の平均気温とほぼ等しい。それより深い場所の温度は、一般に**100m**につき**2～3°C**程度の割合で上昇するが、地温は安定した状況にある。

地中熱は、日本中どこでも利用でき、しかも天候等に左右されず安定的に利用できる。



# 地中熱利用の形態

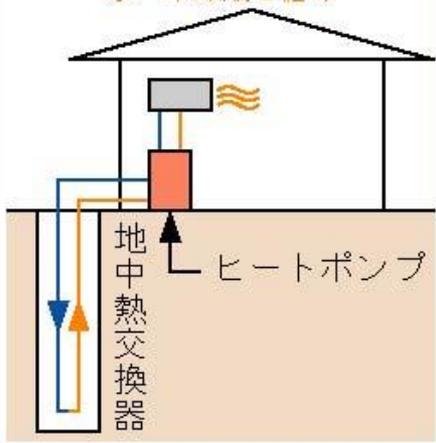
ヒートポンプの熱源として利用  
温度調節が可能で汎用性が高い

## ヒートポンプシステム

住宅・ビル等の冷暖房・給湯、プール・温浴施設の給湯  
道路等の融雪、農業ハウスの冷暖房など

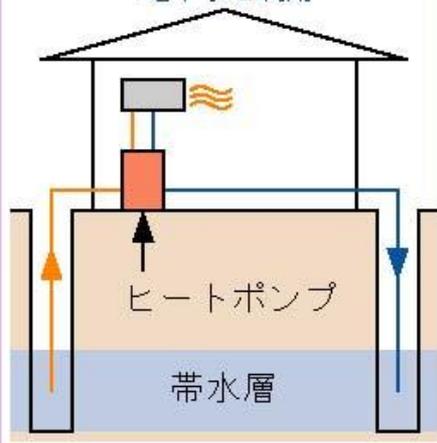
### クローズドループ

水・不凍液を循環



### オープンループ

地下水を利用



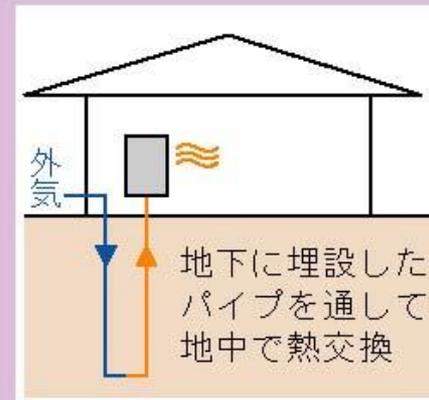
## 熱伝導

住宅の保温



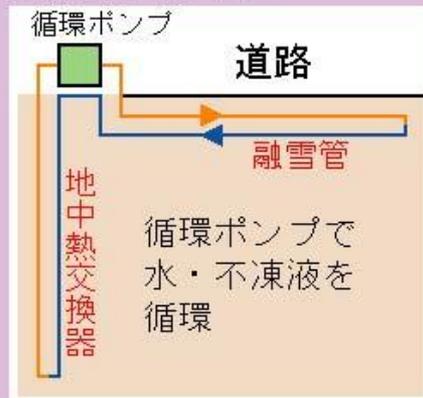
## 空気循環

住宅等の保温・換気



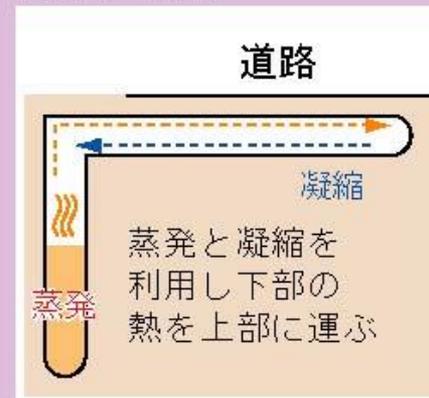
## 水循環

道路等の融雪等



## ヒートパイプ

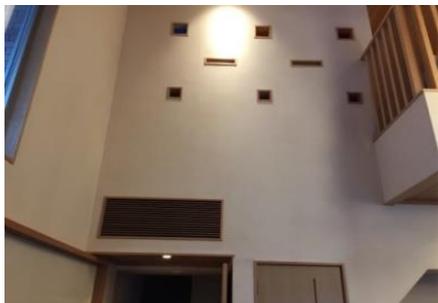
道路等の融雪



(地中熱利用促進協会)

# 地中熱ヒートポンプシステム

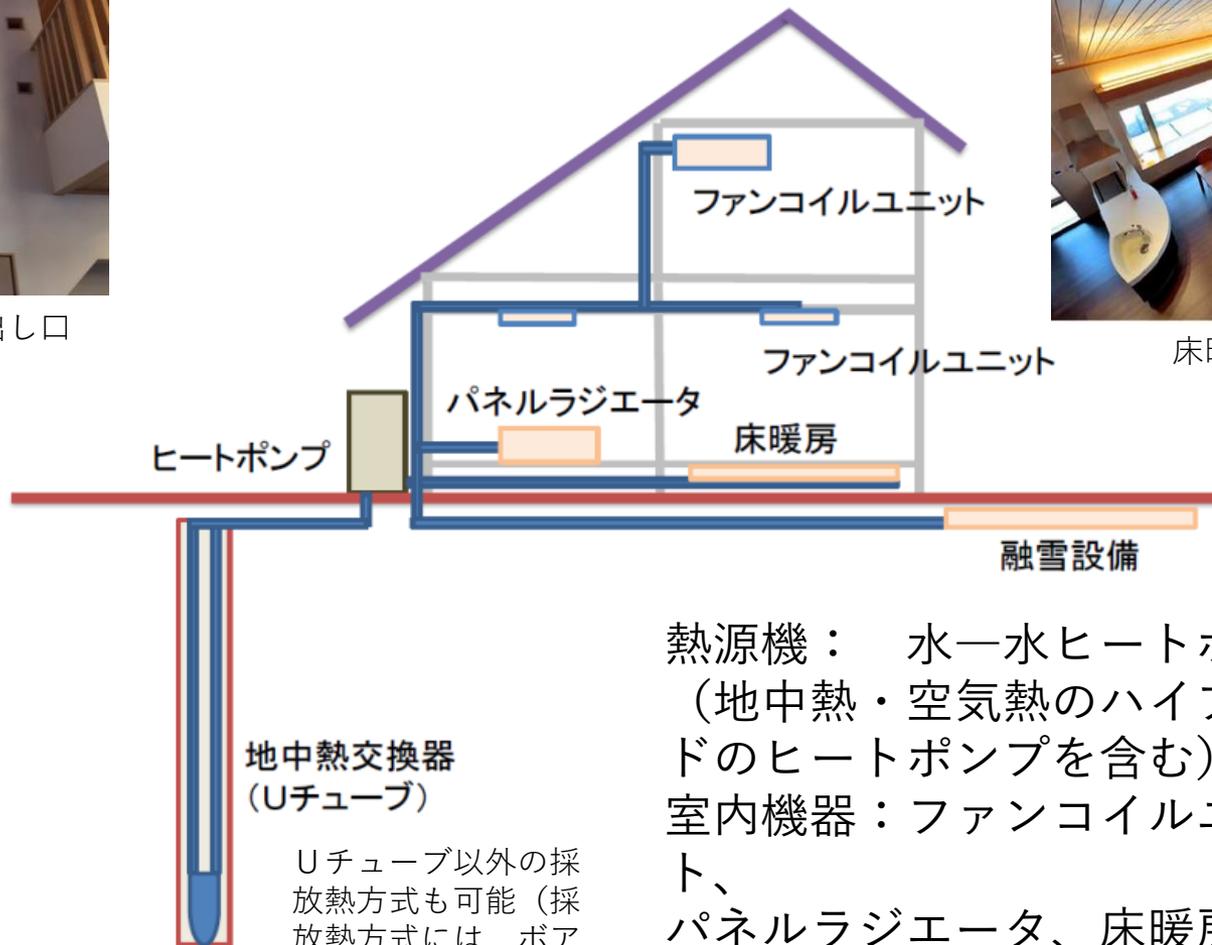
住宅での冷温水配管方式を例にして



温風・冷風の吹き出し口



床暖房のリビング



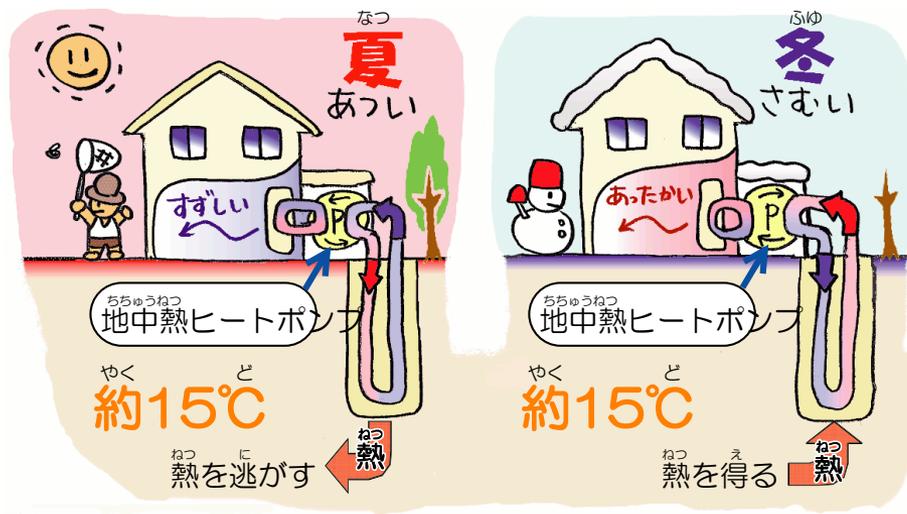
地中熱交換器  
(Uチューブ)

Uチューブ以外の採  
放熱方式も可能（採  
放熱方式には、ボア  
ホール、杭、水平埋  
設等がある）

熱源機： 水-水ヒートポンプ  
（地中熱・空気熱のハイブリッ  
ドのヒートポンプを含む）  
室内機器：ファンコイルユニッ  
ト、  
パネルラジエータ、床暖房、給  
湯機等

5  
(図は積算資料住宅建築編2016の「地中熱特集」から)

# 地中熱ヒートポンプの優れた点



## 温度差の活用

- 省エネルギー
- 節電  
(電気需要の平準化)
- CO<sub>2</sub>排出量の削減

## 地中の再生可能エネルギー

- いつでもどこでも利用可能
- 安定的利用→快適な冷暖房

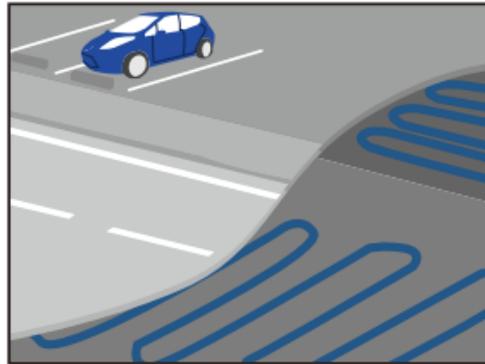
## 地中での熱交換

- ヒートアイランド現象  
抑制

# 地中熱にできること



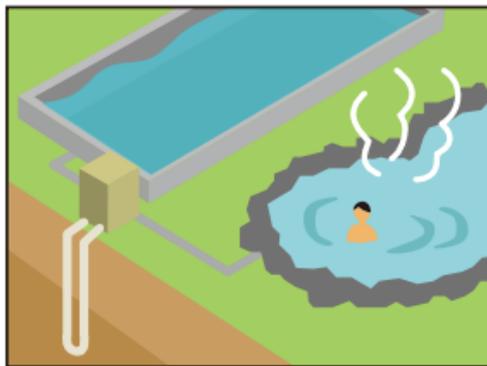
住宅・建物の空調・給湯



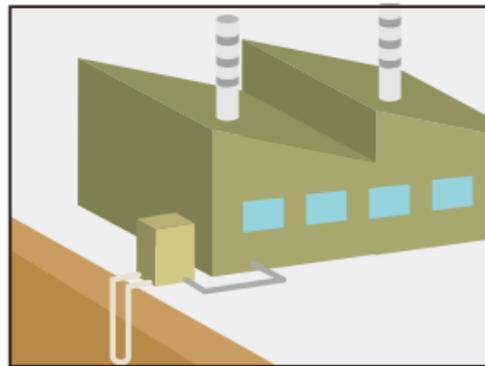
道路・駐車場の融雪



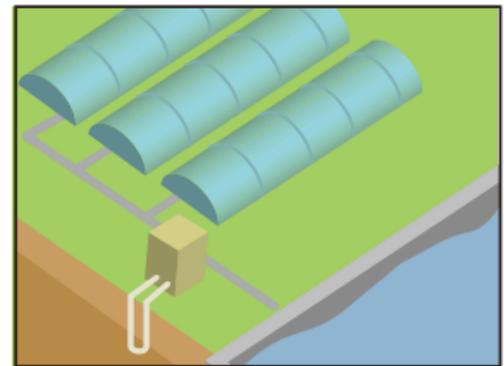
地域熱供給での冷温水供給



プール・温泉の加温



工場の冷温水利用



施設園芸・養殖場の温度管理

# 地中熱ヒートポンプの施設別件数 (1981年～2019年)

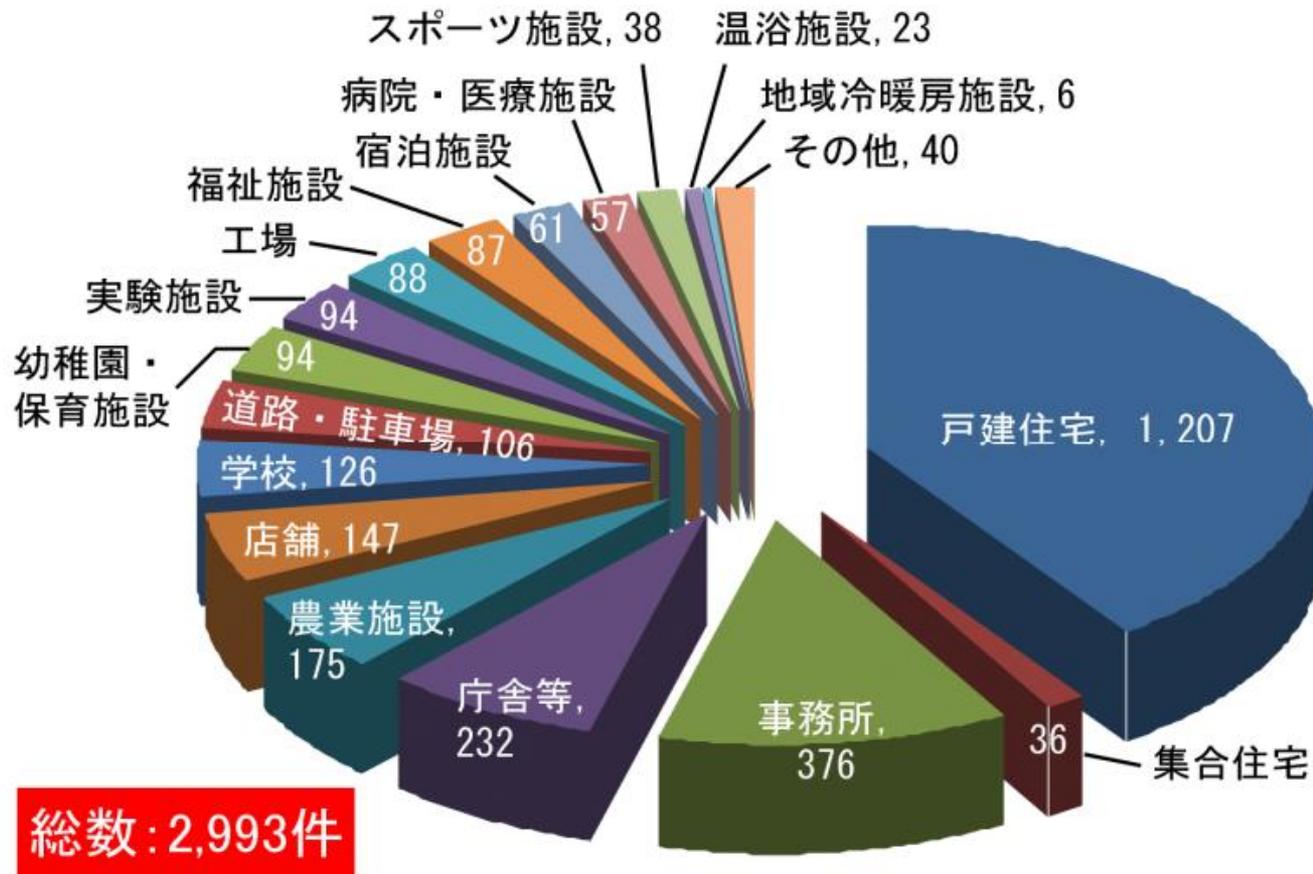
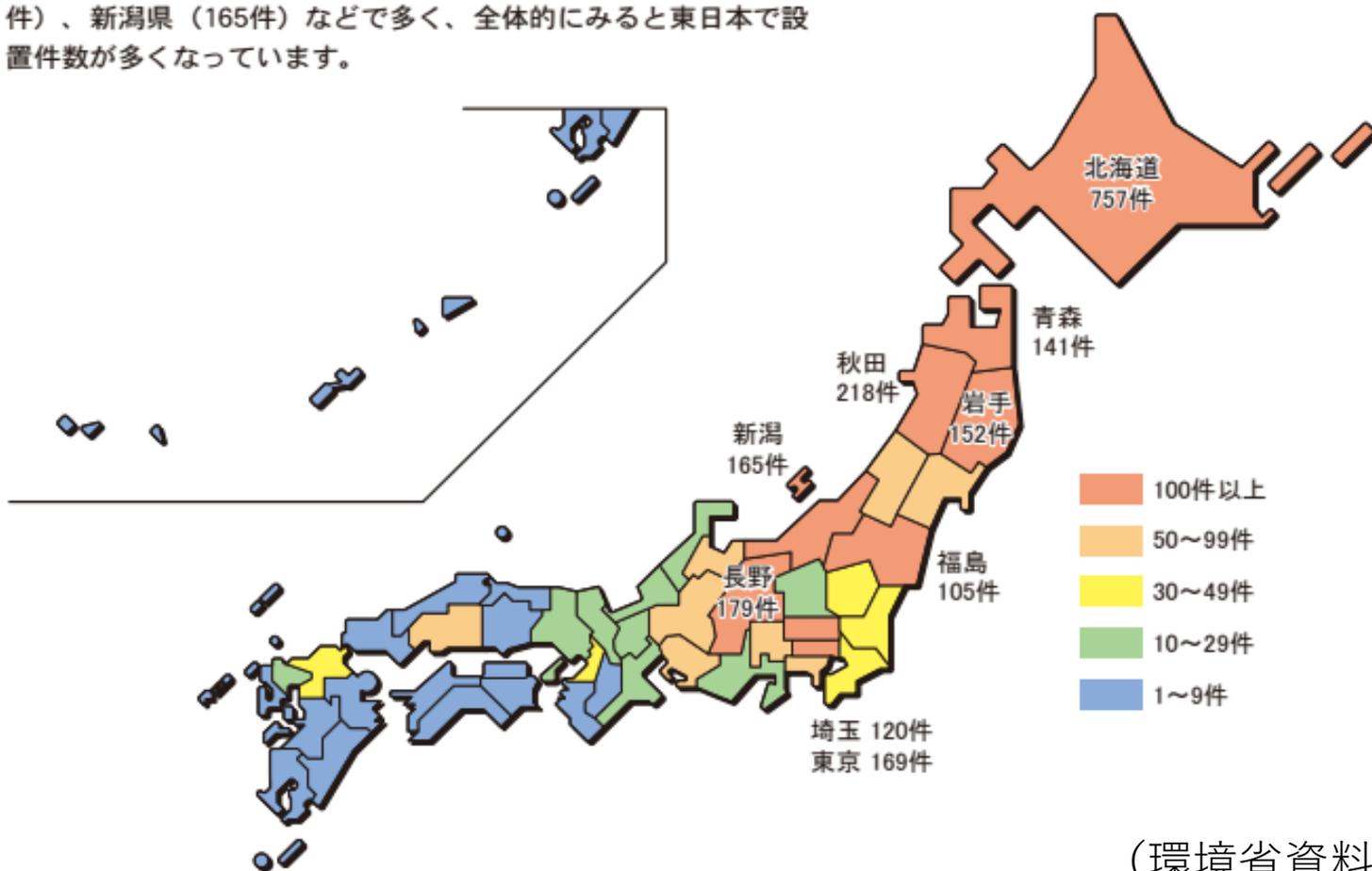


図 3 地中熱ヒートポンプシステムの導入箇所別設置件数 (2019 年度末)

# 都道府県別地中熱ヒートポンプ の設置件数

都道府県別の設置状況を見ると、北海道が最も多く（757件）、そのほか秋田県（218件）、長野県（179件）、東京都（169件）、新潟県（165件）などで多く、全体的にみると東日本で設置件数が多くなっています。



施設概要	施設名称	IKEA福岡新宮
	所在地	福岡県糟屋郡新宮町中央駅前
	施設/建物用途	店舗
	施設/建物規模	S2F 31,661㎡

地中熱システム概要	設置年月	(完工日) 2012年2月 (新設)
	地中熱用途	冷暖房 1~2階
	地中熱方式	クローズドループ
	ヒートポンプ仕様	地中熱源水冷ヒートポンプチラー 定格能力: 冷房527kW、暖房530kW 定格消費電力: 冷房87.9kW、暖房110.1kW
	熱源仕様 (地中熱交換器、井戸など)	ボアホール方式 ダブルU 100m×70本 TRT(λ) 2.18W/m・K
	ポンプ仕様	設計流量: 2,010L/min 定格消費電力: 11kW
併用熱源など	ASHP(冷暖房) × 1台 (定格)冷房475kW、暖房500kW	

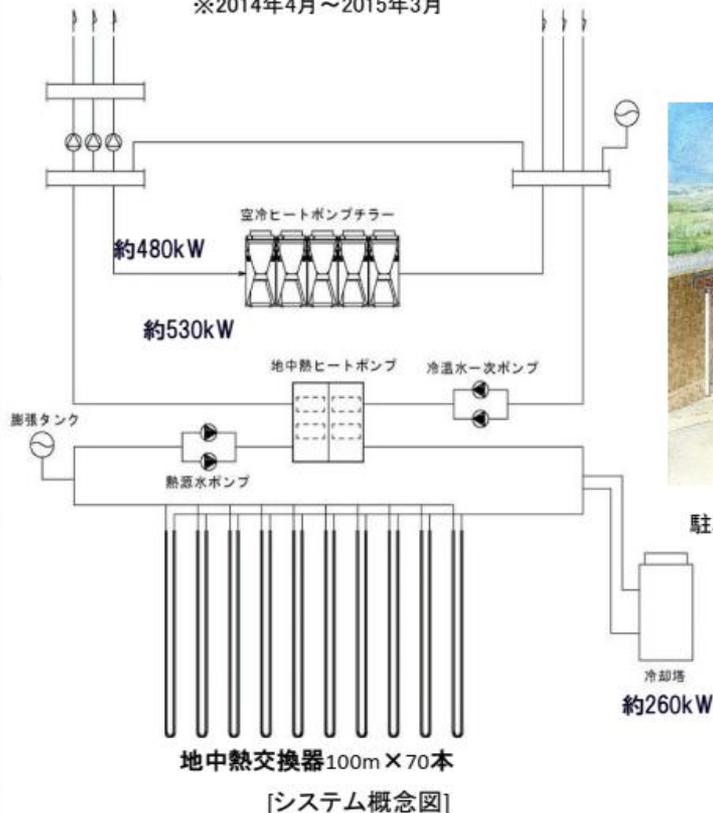
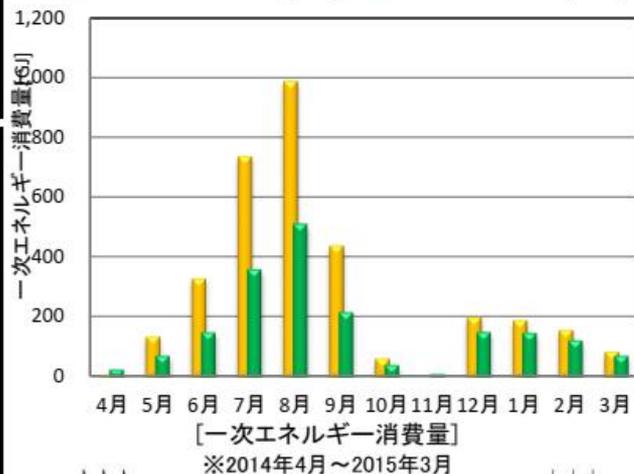
実績データ	比較対象設備	(設備名) 空気熱源HP 1,000kW (計算値)
	データ年度	2014年度
	省エネ率	(年間)44% (冷)49% (暖)21%
	削減量	(エネルギー種別) 電力 (年間)1,461GJ (冷)1,328GJ (暖)133GJ
	システムCOP	(年平均)4.3 (冷)4.6 (暖)3.5
	CO2削減量	(年間)87.4t (冷)79.5t (暖)8.0t
	CO2削減率	(年間)44% (冷)49% (暖)21%

セルフサープ・ウェアハウスの空調負荷およびマーケットホール・ショールーム・レストランの外気負荷を処理する熱源として、地中熱を利用した水冷ヒートポンプチラーと空冷ヒートポンプモジュールチラーを併用している。  
※CO2排出係数は、0.584kg・CO2/kWh(2014年度九州電力)

データ提供元	ミサワ環境技術株式会社
--------	-------------

データベース記録	2021年12月10日
----------	-------------

■空気熱源ヒートポンプ(計算) ■地中熱ヒートポンプ(実績)



IKEAでは国内6店舗目の出店となったIKEA福岡新宮。

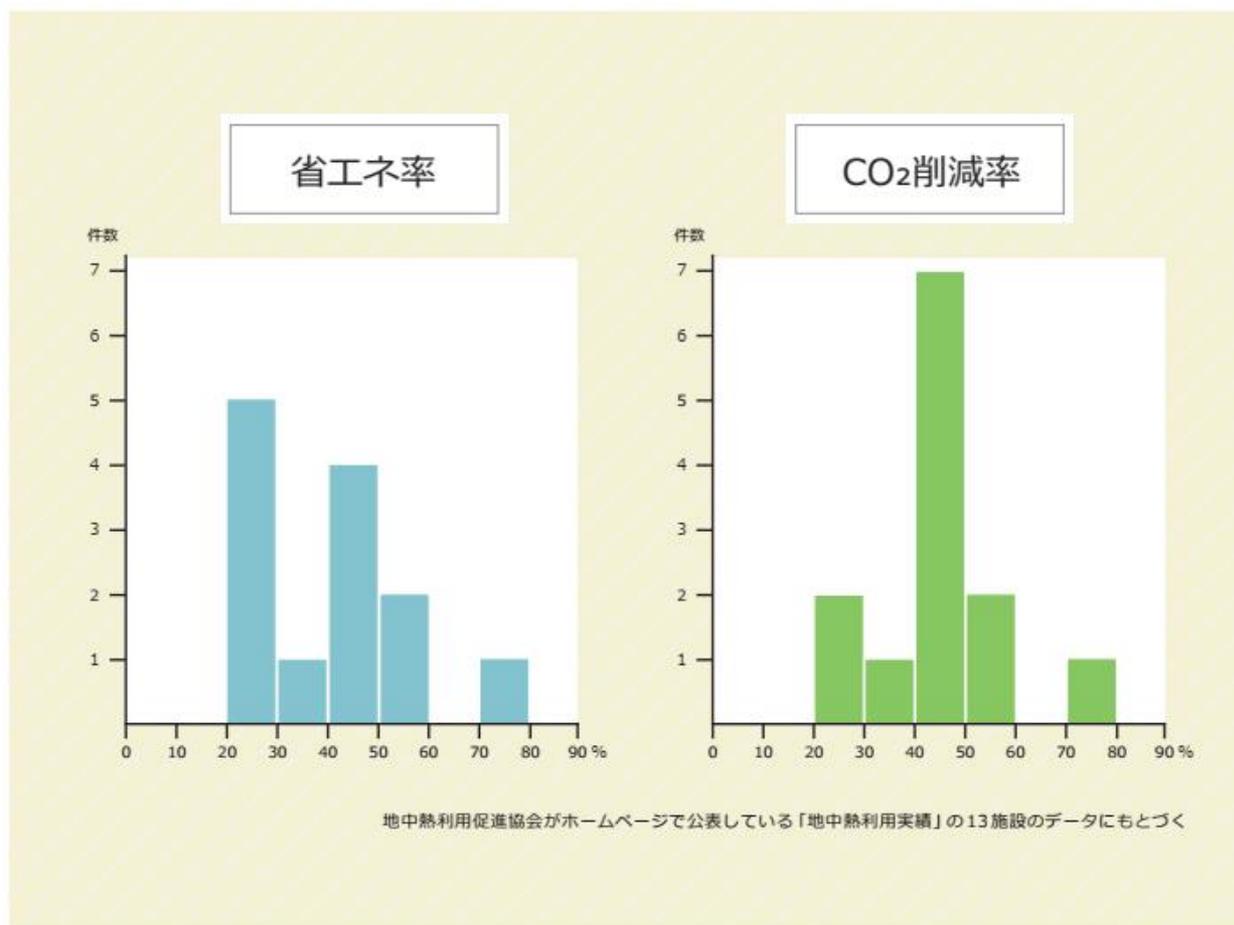
[施設外観]



駐車場に深さ100mの地中熱交換器を70本掘削した。

[イメージ図]

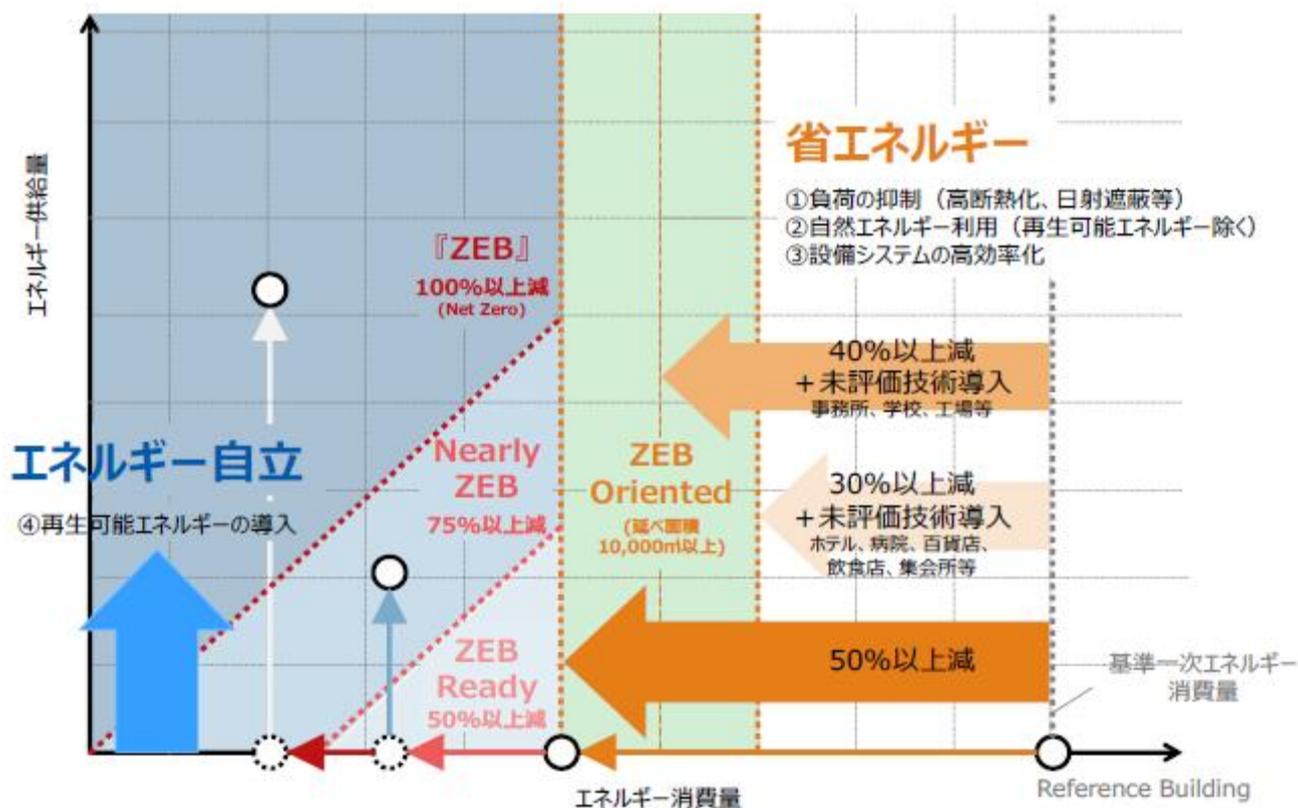
# 地中熱ヒートポンプの省エネ効果・CO<sub>2</sub>削減効果



地中熱利用促進協会のホームページに13事例の実績を公開

(地中熱利用促進協会 原図)

# ZEBの定義

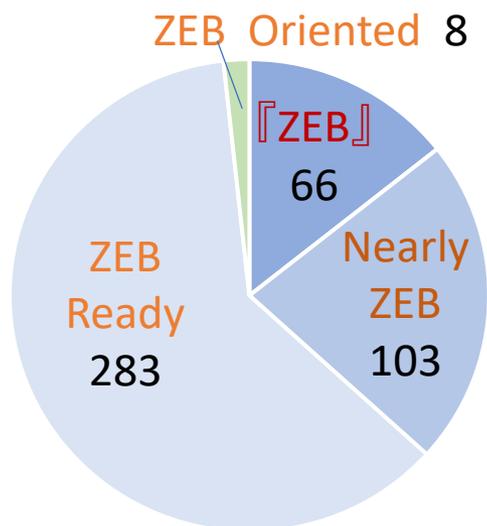


(経済産業省資料)

ZEBは、50%以上の省エネルギーを図った上で、再生可能エネルギー等の導入によりエネルギー消費量を更に削減した建築物について、その削減量に応じて『ZEB』（100%以上削減）、Nearly ZEB（75%以上100%未満削減）、ZEB Ready（再生可能エネルギー導入なし）と定義されている。また、30～40%以上の省エネルギーを図り、かつ、省エネルギー効果が期待されているものの建築物省エネ法に基づく省エネルギー計算プログラムにおいて現時点で評価されていない技術※を導入している建築物のうち、延床面積1万㎡以上のものをZEB Orientedと定義されている。（「地球温暖化対策計画」に基づく）

# ZEBの導入実績

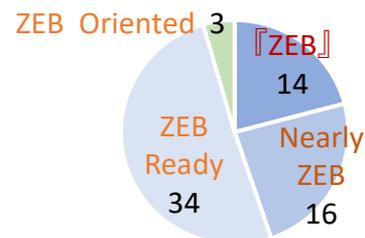
## 全体



ZEB リーディング・オーナーの登録件数  
2022年7月末現在 460件

## 地中熱

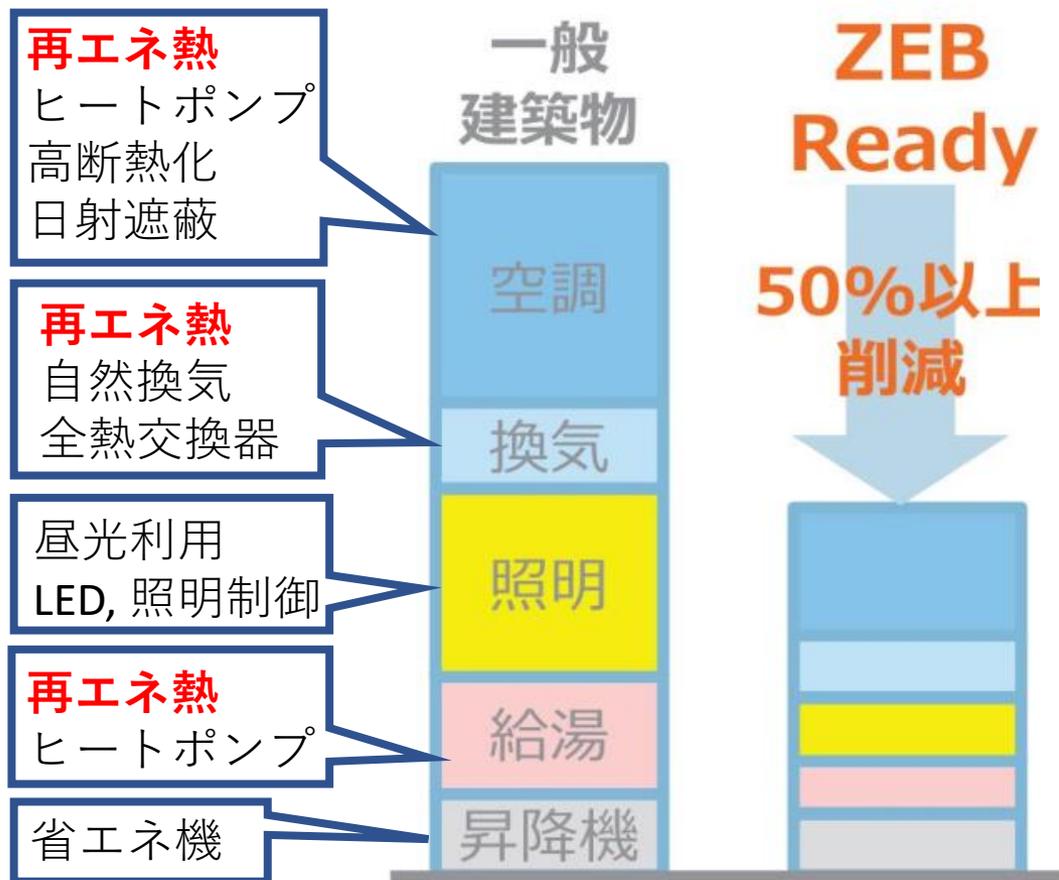
全体の15%



地中熱利用のZEB件数 67件

# ZEBと再エネ熱・地中熱の親和性

## 主な省エネ手法



(経済産業省の資料に加筆)

## ZEBでの地中熱利用形態

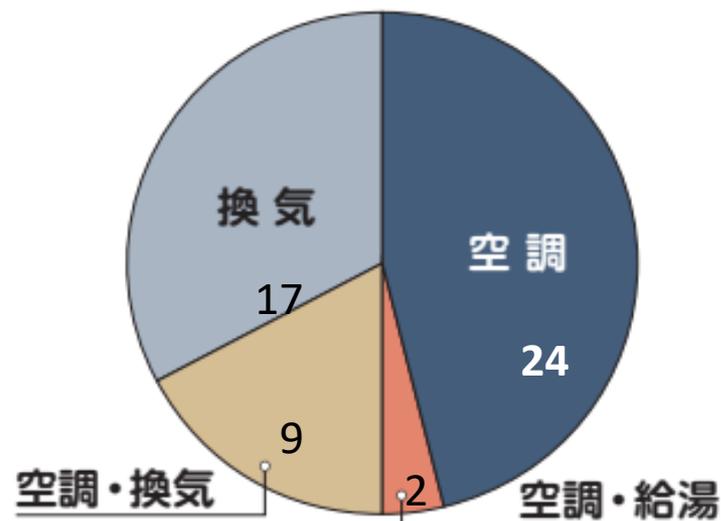
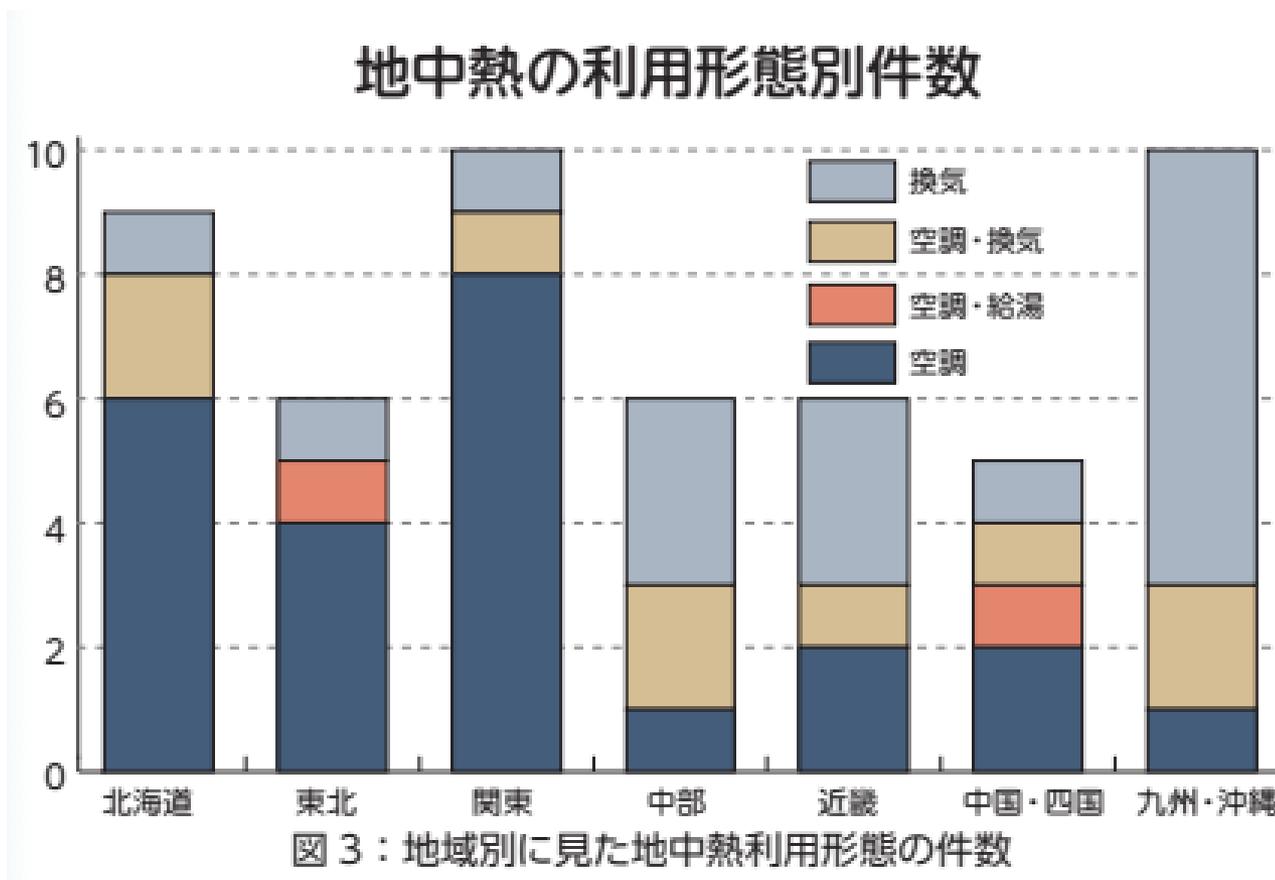


図2：ZEBでの地中熱の利用形態

地中熱利用ガイドブックVol.8から引用（2021年3月のZEBリーディングオーナーのリストに基づく）

ZEBにおいて、地中熱は空調、給湯、換気に活用されている。

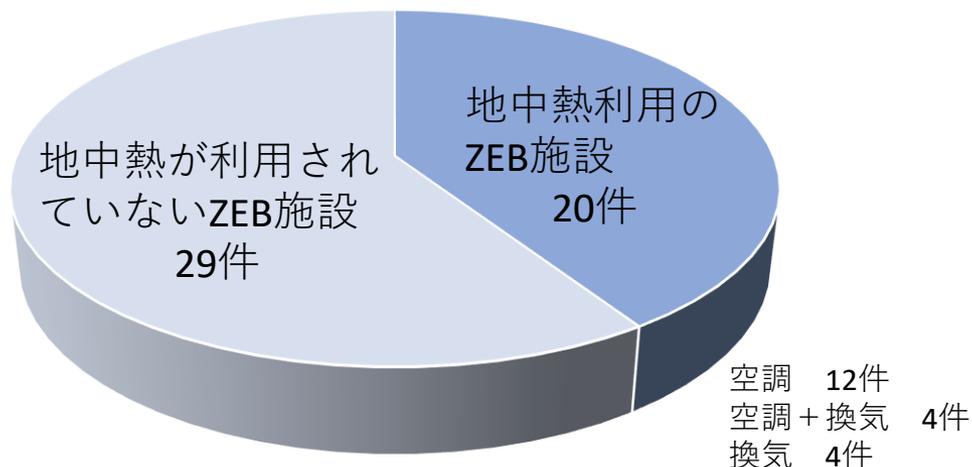
# ZEBでの地中熱利用



地中熱利用ガイドブックVol.8から引用（2021年3月のZEBリーディングオーナーのリストに基づく）

# 公共建築物ZEBでの地中熱利用

公共建築物ZEBの4割が地中熱利用



公共建築物ZEB 49件

ZEB リーディング・オーナー登録データ  
2022年7月末現在 (SII) に基づく

## 地中熱利用の公共件建築物ZEBリスト (20件)

高島市役所庁舎  
開成町新庁舎  
(仮称)蟹谷統合こども園  
美幌町新庁舎  
福島県須賀川土木事務所  
大和高田市庁舎  
敦賀市 新庁舎  
敦賀美方消防組合 消防庁舎  
松野町新庁舎及び防災拠点施設  
平川市新本庁舎  
大樹町役場庁舎  
各務原市新庁舎  
かるまい交流駅 (仮称)  
古平町中心拠点誘導複合施設 CAN@YELL  
(仮称)品川区立環境学習交流施設  
富士川町役場  
川上村新庁舎及び交流防災センター  
深川市新庁舎  
八女市新庁舎  
糸島市新庁舎

# 公共建築物ZEBでの地中熱利用

- 国土交通省の紹介5事例中4事例が地中熱利用

## 公共建築物（庁舎）における ZEB 事例集



令和4年3月  
国土交通省大臣官房官庁営繕部

国土交通省では、ZEB の実現に向け公共建築物において率先した取り組みが求められていることを踏まえ、各府省庁及び地方公共団体等における ZEB 実現に向けた取り組みの参考となるよう、「公共建築物(庁舎)における ZEB 事例集」を作成しました。

本事例集では、地域や施設規模、ZEB シリーズ等を踏まえながら、以下の5事例(地方公共団体4施設、国1施設)について掲載しています。

### <掲載事例>

施設名	延床面積/構造	ZEB シリーズ
● 福島県須賀川土木事務所庁舎	約 660 m <sup>2</sup> /RC(1F), W(2F)	Nearly ZEB
● 高島市役所庁舎	(新館)約 4,300 m <sup>2</sup> /S-3 (本館)約 5,390 m <sup>2</sup> /RC-4-2	ZEB Ready
● 開成町新庁舎	約 3,890 m <sup>2</sup> /RC-3	Nearly ZEB
● 美幌町役場新庁舎	約 4,760 m <sup>2</sup> /RC-3-1	ZEB Ready
大阪第6地方合同庁舎(仮称)	約 48,790 m <sup>2</sup> /RC-14-1	ZEB Oriented

※別紙参照

### <主な掲載内容>

- 各事例の紹介
  - 1. 施設整備の概要 : 施設概要、ZEB 化が図られた経緯 等
  - 2. 環境負荷低減技術等の採用方針 : 施設整備と環境負荷低減に対する基本的考え方 等
  - 3. 省エネルギー・創エネルギー技術の詳細 : 実際に採用された技術の詳細
  - 4. 一次エネルギー消費量計算結果 : エネルギー消費性能計算プログラムにおける計算結果
- 事例一覧
  - 各事例の ZEB シリーズや一次エネルギー消費量の一覧、ZEB に資する各種省エネルギー技術・創エネルギー技術の一覧と各事例における採用状況
- 【参考】技術解説
  - 本事例集で採用の多い技術等についての解説、当該技術を採用する際の留意事項

# 地中熱導入事例

「公共建築物（庁舎）におけるZEB事例集」

（令和4年3月 国土交通省大臣官房官庁営繕部）より

事例 1	施設名 【ZEB シーズ】	福島県須賀川土木事務所庁舎【Nearly ZEB】
	場所	福島県須賀川市大町 33 番地 [建築物省エネ法に基づく地域区分: 4]
	建築主	福島県

建築設備技術者協会のカーボンニュートラル賞（2022年）



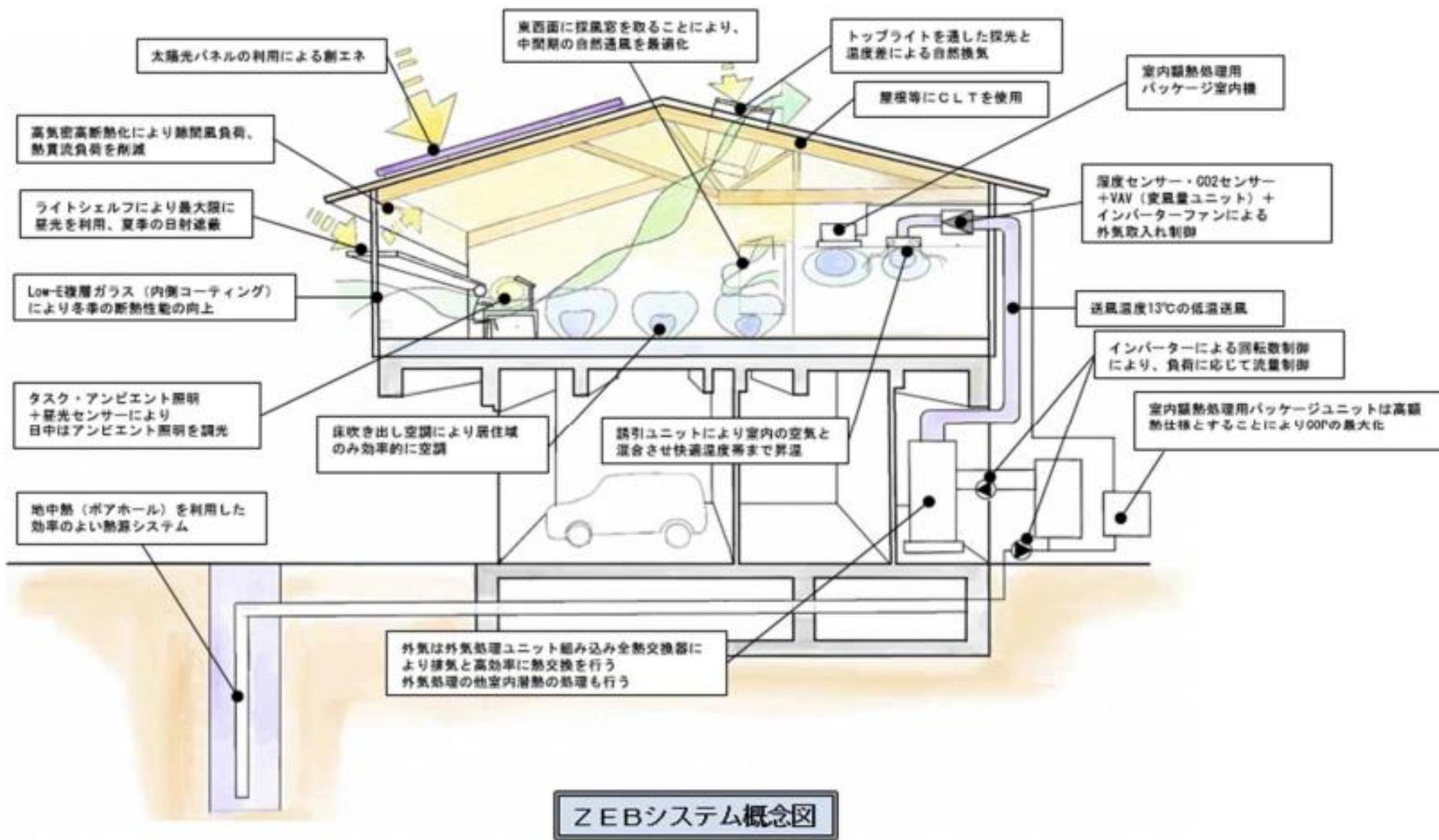
福島県須賀川土木事務所庁舎



# 地中熱導入事例

「公共建築物（庁舎）におけるZEB事例集」

（令和4年3月 国土交通省大臣官房官庁営繕部）より



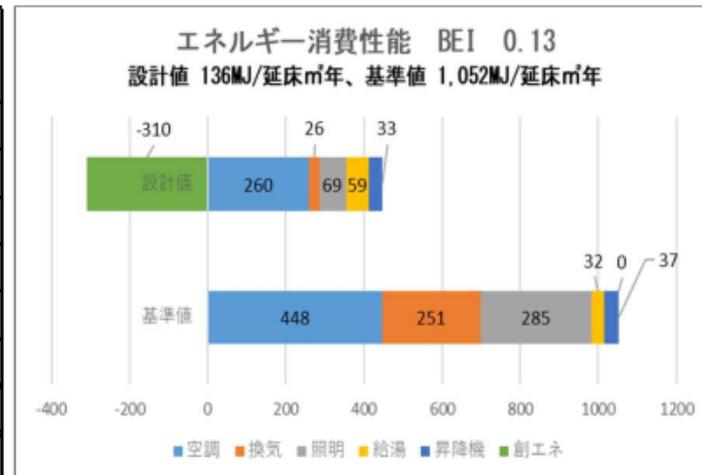
## 事業／建築・設備 概要

事業名	須賀川土木事務所 庁舎改築工事
計画地	福島県須賀川市大町 33 番地
主要用途	庁舎
敷地面積	1,445.84 m <sup>2</sup>
延床面積	656.46 m <sup>2</sup>
構造形式	鉄筋コンクリート造 (1 階)、木造 (2 階)
階数	地上 2 階
建築主	福島県
受注者	設計：(株)土田建築設計事務所 施工：(株)渡辺建設、 (株)エダテック、 大塚設備(株)、(株)東北エアコン
工期	2019年3月～2020年3月

受電方式	低圧受電
自家発電設備	24kVA×1
照明	LED照明
太陽光発電	20kW
空調方式	床吹出し空調、潜熱顕熱分離空調、 全熱交換器、外気冷房、大温度差送風
熱源	地中熱水冷ヒートポンプチャージ (冷房 20.9kW、 暖房 9.7kW) ×1 台 地中熱水冷ビル用マルチエアコン (冷房 22.4kW (高顕熱能力 13.8kW)暖房 25kW) ×1 台
給水	直圧
排水	汚水・雑排水合流方式
昇降機	乗用×1台

## 4. 一次エネルギー消費量計算結果

一次エネルギー消費量 (MJ/延床m <sup>2</sup> 年)	BEI		
	基準値	設計値	
空調	448	260	0.58
換気	251	26	0.10
照明	285	69	0.24
給湯	32	59	1.85
昇降機	37	33	0.89
創エネ	0	-310	-
合計	1052	136	0.13
合計 (創エネ含まず)	1052	446	0.42



〔参考〕PAL\* :0.51 (BPI)

※「エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)算定結果」より  
(一次エネルギー消費量は四捨五入による整数表記)

# ZEBリーディング・オーナー 導入計画 ①

オーナー名	軽米町	登録年度	2020
建築物の名称	かるまい交流駅（仮称）		



### 建築物のコンセプト

非常時の避難施設としてレジリエンス機能が求められる公共性の高い施設であり、同時に「再生可能エネルギー導入日本一のまち・低炭素社会を実現しているまち」を目指す町のシンボリックな施設として、光熱費のランニングコスト削減と快適な利用環境整備のため、一次エネルギー削減を目標としたZEB計画を行った。

災害時にも必要なエネルギーを自立的に供給可能にするため、太陽光エネルギーを利用した蓄電設備で電力を確保する。



### 建築物概要

都道府県	地域区分	新/既	建物用途
岩手県	3	新築	集会所等
延べ面積	階数(塔屋を除く)	主な構造	竣工年
4,323 m <sup>2</sup>	地下 - 地上 2階	RC造	2022年
省エネルギー認証取得			
✓ BELS	ZEB Ready	CASBEE	
LEED		ISO50001	
その他			
一次エネルギー削減率 (その他含まず)			
創エネ含まず	53 %	創エネ含む	59 %

技術	設備	仕様
建築省エネルギー技術 (パッシブ)	外皮断熱	外壁 ウレタンフォーム断熱材
		屋根 ウレタンフォーム断熱材
		窓 ガラス：Low-E 複層ガラス (空気層) 窓サッシ：樹脂製
		遮蔽 ルーバ
		遮熱 太陽光パネル
	自然利用	ハイサイドライト*
その他	-	
設備省エネルギー技術 (アクティブ)	空調	機器 モジュールチラーユニット/パッケージエアコン 全熱交換器/全熱交換器組込空調機
		システム 地中熱利用システム(ヒートポンプ)/外気冷房システム/外気取入れ量制御システム/大温度差システム/運転台数制御システム(熱源、2次ポンプ)
	換気	機器 DCファン/インバータファン
		システム -

技術	設備	仕様
設備省エネルギー技術 (アクティブ)	照明	機器 LED照明器具/高輝度誘導灯
		システム 在室検知制御/明るさ検知制御/タイムスケジューリング制御
	給湯	機器 ヒートポンプ給湯機
		システム -
	昇降機(ロープ式)	V V V F 制御 (電力回生あり、ギアレス)
変圧器	第二次トランスナ-変圧器	
効率化	再エネ	機器 太陽光発電
		システム 全量自家消費
	蓄電池	機器 リチウムイオン蓄電池
その他技術	機器 -	
	システム -	
BEMS	システム	設備間統合制御システム/負荷制御技術/チューニングなど運用時への展開

### 省エネルギー性能

項目	一次エネルギー消費量(MJ/年m <sup>2</sup> )		BPI/BEI
	基準値	設計値	
PAL*	687	381	0.56
空調	1,432.65	667.82	0.47
換気	64.18	40.90	0.64
照明	316.87	71.92	0.23
給湯	129.85	114.78	0.89
昇降機	18.59	15.92	0.86
コージェネ発電量	0.00	0.00	-
創エネ	0.00	-116.02	-
その他	50.54	50.54	-
合計	2,013	846	0.43
創エネ含まず合計	2,013	962	0.48

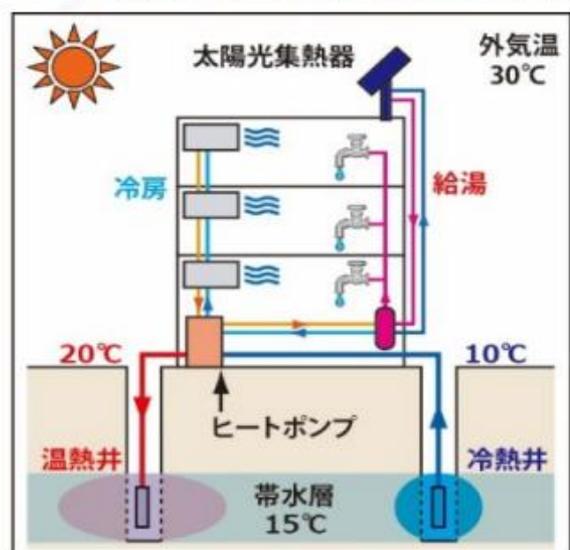
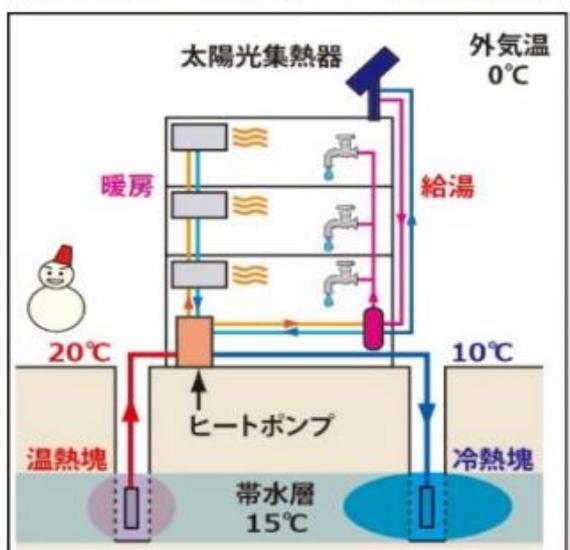
ZEB実現に資するシステムのみ記載しています。/ \* WEBPRO未評価技術15項目

# 帯水層蓄熱を利用した 山形市のZEB NEDO技術開発

ZEB化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの  
研究開発（助成事業）

事業者：日本地下水開発(株)、ゼネラルヒートポンプ工業(株)

- ・ 帯水層蓄熱を利用した熱供給（空調・給湯・融雪）システムの開発
- ・ ZEB建物での熱供給システムの実証、フリークーリング冷房の効果検証
- ・ 専用ヒートポンプの高効率化 ・ 密閉井戸洗浄方法の開発



高効率帯水層蓄熱システム（左：冬期、右：夏期）



ZEB仕様の建物

脱炭素先行地域

# 北海道上士幌町の地中熱導入計画

未来へつなぐ持続可能なまちづくり

～ゼロカーボン上士幌の実現とスマートタウン構築を目指して～

## ○役場庁舎等大規模改修事業（P7 重点④関係）

取組内容：老朽化する役場庁舎の改修について、減築により CO2 排出量を最小限に抑え、ランニングコストを圧縮するとともに、脱炭素化へ向けて再エネ発電設備に加え、建物の断熱強化や設備システムの効率化、地中熱ヒートポンプなどを導入することで、将来を見据えたライフサイクルコストの最適化と合理的な長寿命化を行う。

- ・基本計画 570 万円、基本設計 1,500 万円、実施設計 6,000 万円
- ・工事費：20 億 8,800 万円

実施場所：役場庁舎

電力削減量：R2 役場庁舎電力消費量 288,206 kWh/年

改修後の役場庁舎電力消費想定量 87,705 kWh/年

ZEB 化による削減量  $288,206 - 87,705 = \textcircled{B}200,501\text{kWh/年}$



（上士幌町の資料から）

# 建築物等の脱炭素化・レジリエンス強化促進事業（経済産業省・国土交通省・厚生労働省連携事業）



【令和5年度予算（案） 5,894 百万円（5,900百万円）】  
【令和4年度第2次補正予算額 6,000百万円】

## 業務用施設のZEB化・省CO2化に資する高効率設備等の導入を支援します。

### 1. 事業目的

- ①2050年CN実現、そのための2030年度46%減（2013年度比）の政府目標の早期達成に寄与するため、建築物等におけるZEB化・省CO<sub>2</sub>改修の普及拡大により脱炭素化を進める。
- ②建築物等において気候変動による災害激甚化や新型コロナウイルス等の感染症への適応を高めつつ、快適で健康な社会の実現を目指す。

### 2. 事業内容

- (1) 新築建築物のZEB化支援事業
  - ①レジリエンス強化型の新築建築物ZEB実証事業
  - ②新築建築物のZEB実現に向けた先進的省エネルギー建築物実証事業（経済産業省連携）
  - ③新築建築物等の脱炭素化・ZEB化を推進するための調査・検討事業
- (2) 既存建築物のZEB化支援事業
  - ①レジリエンス強化型の既存建築物ZEB実証事業
  - ②既存建築物のZEB実現に向けた先進的省エネルギー建築物実証事業（経済産業省連携）
- (3) 既存建築物における省CO<sub>2</sub>改修支援事業（一部国土交通省連携）
- (4) 国立公園利用施設の脱炭素化推進支援事業
- (5) 上下水道・ダム施設の省CO<sub>2</sub>改修支援事業（厚生労働省、国土交通省、経済産業省連携）
- (6) 自立型ゼロエネルギー倉庫モデル促進事業（国土交通省連携）

※（1）①及び（2）①は、他のメニューに優先して採択  
※ 電力調達も勘案し再エネ100%となる事業は加算

### 3. 事業スキーム

- 事業形態 間接補助事業（メニュー別スライドを参照）・委託事業
- 委託先及び補助対象 地方公共団体、民間事業者等
- 実施期間 メニュー別スライドを参照

### 4. 事業イメージ

#### （1）新築建築物のZEB化支援事業

##### ①レジリエンス強化型の新築建築物ZEB実証事業

再生可能エネルギー設備や蓄電池等を導入し、停電時にもエネルギー供給が可能であって、換気機能等の感染症対策も備えたレジリエンス強化型ZEBの実現と普及拡大を目指す。



#### （2）既存建築物のZEB化支援事業

##### ②既存建築物のZEB実現に向けた先進的省エネルギー建築物実証事業

ZEBのさらなる普及拡大のため、既築ZEBに資するシステム・設備機器等の導入を支援する。



お問合せ先： 環境省地球環境局地球温暖化対策課地球温暖化対策事業室、自然環境局国立公園課 ほか 電話：0570-028-341

# 戸建住宅ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）化等支援事業 （経済産業省・国土交通省連携事業）



【令和5年度予算（案） 6,550百万円（6,550百万円）】

【令和4年度第2次補正予算額 1,390百万円の内数】

## 戸建住宅のZEH、ZEH+化、高断熱化による省エネ・省CO2化を支援します。

### 1. 事業目的

- ①エネルギーの自給自足により災害にも強く、ヒートショック対策にもなるZEH（ゼッチ）の更なる普及、高断熱化の推進。
- ②現行の省エネ基準に適合しない既存住宅の断熱性能向上による原油価格高騰対策にも資する省エネ・省CO2化。
- ③2030年度に目指すべき住宅の姿としては、新築される住宅についてZEH基準の水準の省エネルギー性能の確保を目指す。  
2030年度の家庭部門からのCO2排出量約7割削減（2013年度比）に貢献することを目指す。
- ④2050年のカーボンニュートラル達成に向けて脱炭素社会の推進。

### 2. 事業内容

（1）戸建住宅のZEH、ZEH+化、高断熱化による省エネ・省CO2化を支援するため、以下の補助を行う。

- ①戸建住宅（注文・建売）において、ZEH※の交付要件を満たす住宅を新築する者に対する定額補助：55万円/戸
- ②ZEH以上の省エネ、設備の効率的運用等により再エネの自家消費率拡大を目指した戸建住宅（ZEH+）に対する定額補助：100万円/戸
- ③上記①、②の戸建住宅のZEH、ZEH+化に加え、蓄電システムを導入、低炭素化に資する素材（CLT（直交集成板）等）を一定量以上使用、又は先進的再エネ熱利用技術を活用する場合に別途補助：蓄電システム2万円/kWh（上限額20万円/台）等

（2）既存戸建住宅の断熱リフォームに対し1/3補助（上限120万円/戸。蓄電システム、電気ヒートポンプ式給湯機等への別途補助）

（3）省エネ住宅の普及拡大に向けた課題分析・解決手法に係る調査検討を行う（委託）

※「ZEH」は、快適な室内環境を保ちながら、住宅の高断熱化と高効率設備によりできる限りの省エネルギーに努め、太陽光発電等によりエネルギーを創ることで、1年間で消費する住宅のエネルギー量が正味（ネット）で概ねゼロ以下となる住宅。断熱等性能等級5に相当。

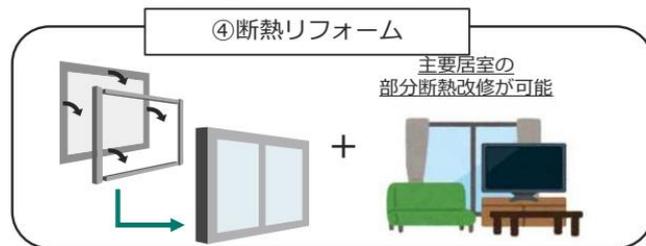
### 3. 事業スキーム

- 事業形態 委託事業／間接補助事業
- 補助対象・委託先 民間事業者等
- 実施期間 令和3年度～令和7年度

### 4. 補助対象の例

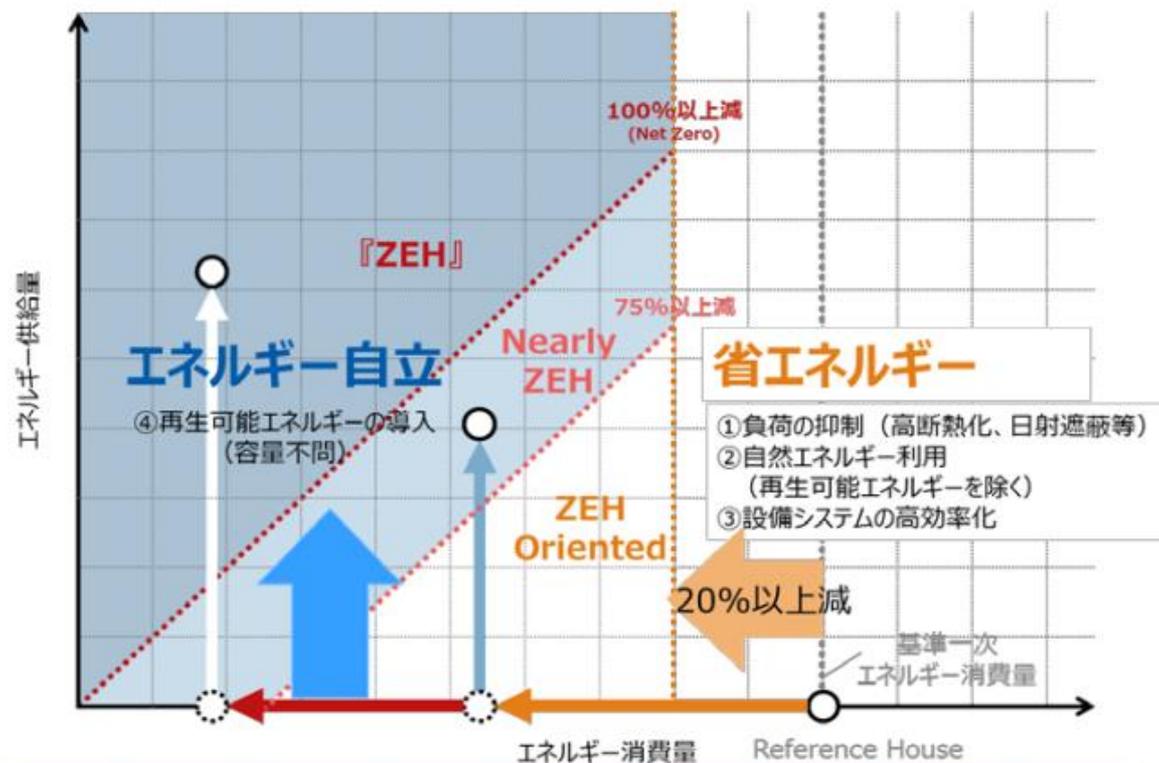


- ①ZEH補助対象
- ②ZEH+：3要素のうち2要素以上を採用



お問合せ先： 環境省 地球環境局 地球温暖化対策課 地球温暖化対策事業室 電話：0570-028-341

# ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー住宅）



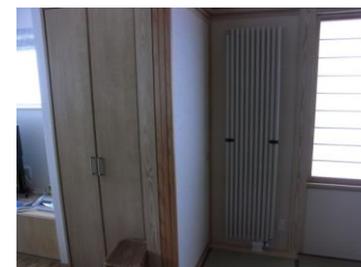
地域区分	1地域 (旭川等)	2地域 (札幌等)	3地域 (盛岡等)	4地域 (仙台等)	5地域 (つくば等)	6地域 (東京等)	7地域 (鹿児島等)	8地域 (那覇等)
ZEH基準	0.40	0.40	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	-

表：外皮平均熱貫流率（UA値）の基準

# 南魚沼市 ネット・ゼロ・エネルギー住宅 (ZEH)



ファンコイル



ヒートポンプ 10kW  
換気 顕熱交換器



地中熱ヒートポンプ



HEMS



放射パネル