

公共建築におけるZEB化の推進と これによるコベネフィットの訴求

2024年5月15日 於 軽井沢町

MOE佐藤事務所 佐藤信孝

はじめに

我が国のCO2排出量の32.6%（電気・熱配分後）は、住宅/非住宅の建築由来であり、官民間問わず建築物のオーナー・利用者は責任をもって、削減に取り組むことが求められている。

「官庁施設の環境保全基準(R4.4)」では、官庁施設が確保すべきエネルギー消費性能として、新築する場合は原則ZEB Oriented相当以上とすることを規定している。

ZEBのための追加コストが必ずしも経済合理性に見合うとは限らないが、ZEBの実現・普及は社会的便益が極めて高いものであり、エネルギーベネフィット（EB）と合わせ、非エネルギー的便益（NEB：Non-Energy Benefits）も踏まえた、コベネフィットの価値訴求を行う必要がある。

本プレゼンでは、「ZEB化の意味」「方法論」「コベネフィット」「ZEB事例」を紹介することで、Kプロジェクトの推進を少しでも後押しできることを願うものです。

自己紹介

1. ZEB概論

何故ZEBか（エネルギー起源CO₂排出の削減）

ZEB達成へのロードマップ（標準仕様化への道筋）

ZEBの価値とは（エネルギーベネフィットとノンエネルギーベネフィット）

2. 庁舎ZEB事例

ZEB庁舎の現状（一覧と事例）

3. 本プロジェクトに関わるテーマ

軽井沢町環境基本計画

再生可能エネルギーの導入ポテンシャル

地中熱利用の15年トータルコスト

まとめ

4. 参考資料

自己紹介

1960	
1963	基準法高さ制限撤廃 (64)東京オリンピック (68)霞ヶ関ビル竣工 (70)大阪万国博覧会
1970	
1973	オイルショック (79)省エネルギー法施行 (80)住宅建築省エネ機構設立 (81)新耐震設計法
1980	
1984	インテリジェントビル (85)電気通信事業の自由化 (87～91)パブル景気
1990	
1992	地球環境サミット (93)環境基本法 (94)ハートビル法 (97)改正廃棄物処理法
2000	
2005	京都議定書発効 (07)IPCC第4次報告 (08)洞爺湖サミット (09)COP15
2010	
2011	東日本大震災
2013	BCP/エネルギー自由化 (13)IPCC第5次報告書 (15)事業法改正(電気・ガス・熱) (16)COP21Paris/建築物省エネ法
2020	
2020	カーボンニュートラル宣言 (21)地球温暖化対策推進法改正 (21)第6次エネルギー基本計画 (23)COP28化石燃料からの脱却

1973 北海道大学工学部衛生工学科卒業

1973入社
日本設計

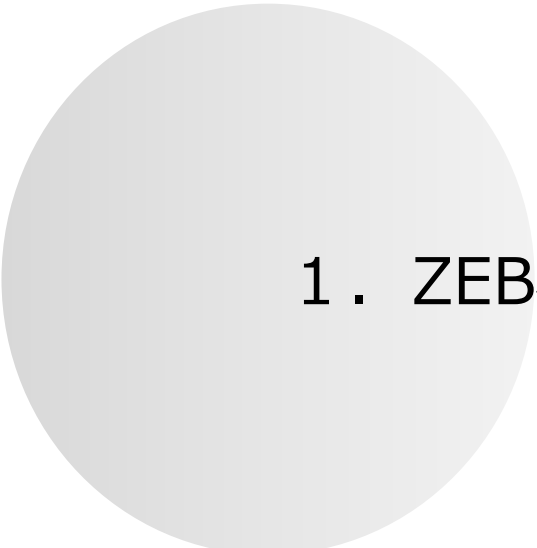
99年設計部長
04年執行役員環境設備設計群長
08年取締役常務執行役員
11年取締役副社長執行役員 /15年顧問 /16年退任

(一社) 建築設備綜合協会会長(10～16年) 顧問(16年～) 環境・設備デザイン賞実行委員長(17～22年) / (一社) 都市環境エネルギー協会理事(05～14年) / (一社) 建築設備技術者協会理事(06～12年) / (公社) 空気調和・衛生工学会理事及び副会長(06～08年)

東京都環境審議会調査委員(02～05年) 東京藝術大学美術学部建築科非常勤講師(02～09年) 建築物の総合的環境評価研究委員会(03～08年) ZEBの実現と展開に関する研究会委員(09年) 中央環境審議会地球環境部会低炭素建築物に関する専門委員(12年) 環境省ロードマップ検討委員会住宅建築物WG(13～14年) 神戸市都市における効率的なエネルギー利用のための制度等検討会委員(12～18年)

2016退社

MOE佐藤事務所 (Management of Environment & Energy) 開設
(株)環境都市構想研究所顧問(2017～)【調査・研究業務(不動産マネジメントビジネス関連調査/スマートシティ調査/医療施設の建替え問題・災害時対応方策・熱融通手法調査/畜産バイオマス発電調査他)】
設備施工会社技術コンサル(2017～) / 熱供給会社顧問(2017～2023) / 空調機器メーカー社外取締役(2018～) / 建築設備と配管工事編集委員長(2018～)



1. ZEB概論

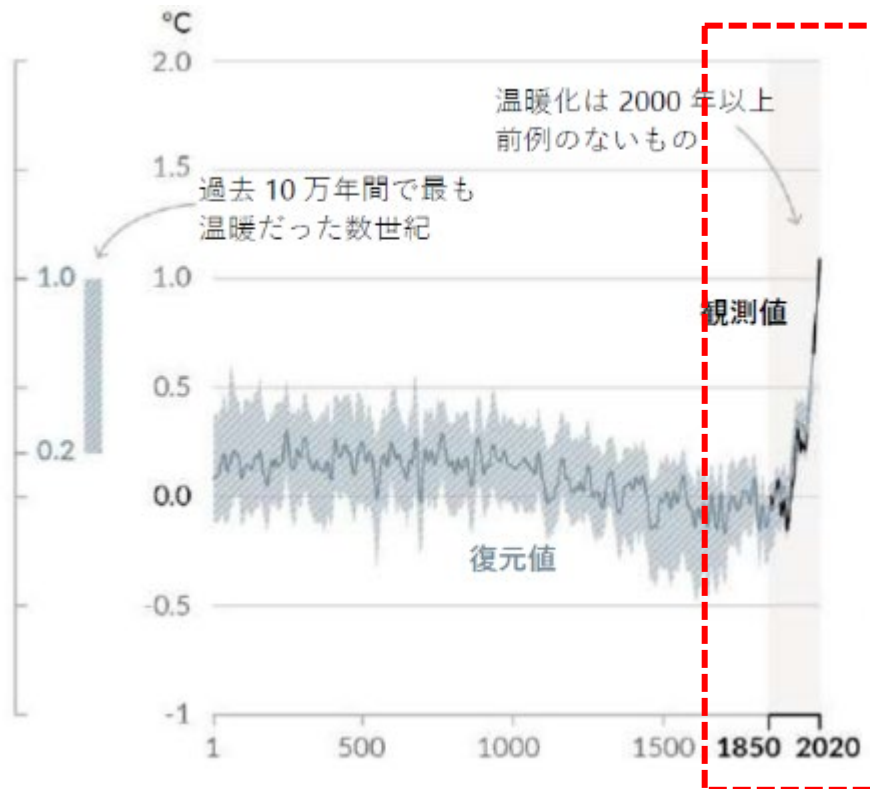
ZEB定義（ネット・ゼロ・エネルギービル：ネットはエネルギー収支結果ゼロ）

「先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物」（経産省資源エネ庁「ZEBロードマップ検討委員会」H27.12）

何故ZEBか？ エネルギー起源CO2排出による地球温暖化

➡人為影響は、この170年間に前例のない速度で、気候を温暖化させてきた

a) 世界平均気温（10年平均）の変化
復元値（1～2000年）及び観測値
（1850～2020年）



b) 世界平均気温（年平均）の変化
観測値並びに人為・自然起源両方の要因を考慮
した推定値 及び自然起源の要因のみを考慮した
推定値（いずれも1850～2020）

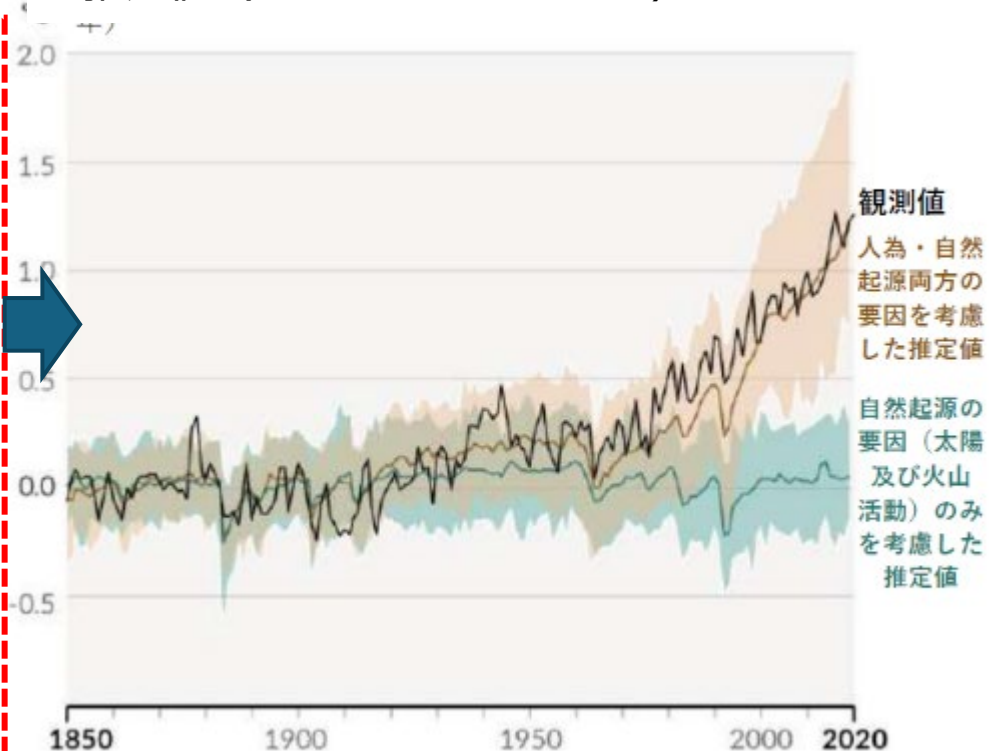


図-1.世界の平均気温の変化 「気温が1.5℃上昇する時期が10年早まった」

〈出典：「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」の第6次評価報告書（2021.8）〉

何故ZEBか？ 世界のCO2排出量は下がっているのか

➡1970年代からはアジア（特に中国）のCO2排出量が急増している

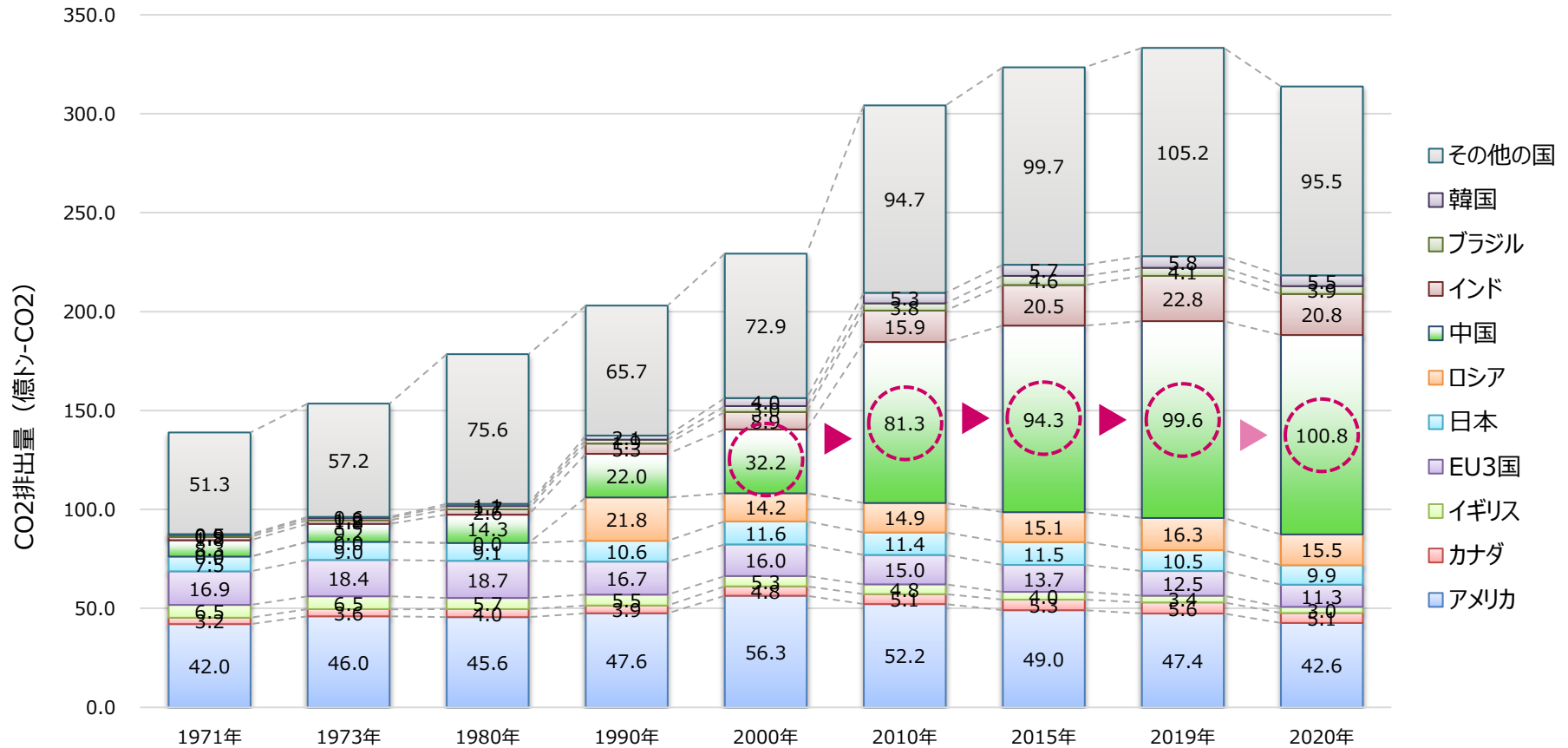


図-2.世界のCO2排出量の推移

〈出典：日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧2023」からグラフ化〉

我が国は2050年カーボンニュートラルを宣言

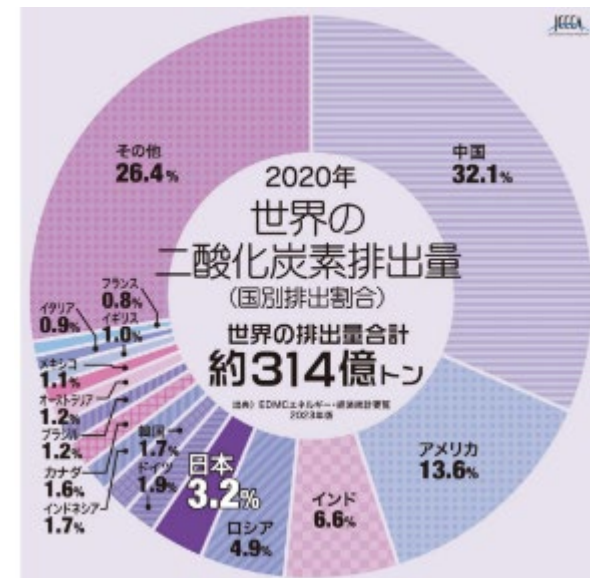
→日本は中期目標2030年▲46%

	中期目標2030年	長期目標
減少している国	日本 ▲46% (2013年度比)	2050年GHGネットゼロ
	米国 ▲50-52% (2005年比)	2050年GHGネットゼロ
	英国 ▲68% (1990年比)	2050年GHGネットゼロ
	EU ▲55% (1990年比)	2050年GHGネットゼロ
	ドイツ ▲65% (1990年比)	2045年GHGネットゼロ
	カナダ ▲40-45% (2005年比)	2050年GHGネットゼロ
増加している国	中国 削減に転じる	2060年CO2ゼロ
	インド GDP当り▲45% (2005年比)	2070年CO2ゼロ
	ブラジル ▲50% (2005年比)	2050年GHGネットゼロ

※GHG：CO₂、メタン、一酸化二窒素、代替フロン等4ガス
をいう

※ネットゼロ：温室効果ガスの排出と除去のバランスが取れた
状態をいう

図-3. 国別CO₂排出量の内訳 2020年
〈出典：全国地球温暖化防止活動推進センター〉



部門別にCO2削減目標

→業務部門（建築物由来）は 2030年▲51%

2021年10月に閣議決定された地球温暖化対策計画では、2030年度に温室効果ガス排出量を2013年度比46%削減するという中期目標と部門別内訳が示されており、業務部門においてはエネルギー起源CO2排出量を同年度比51%削減するといった家庭部門の66%に次いで厳しい目標が設定されている

部門	CO ₂ 排出量	CO ₂ 削減目標
全体	1990年度→2019年度 4%減	2013年度→2030年度 45%減
エネルギー 転換	1990年度→2019年度 10%減	2013年度→2030年度 47%減
運輸	1990年度→2019年度 1%減	2013年度→2030年度 35%減
家庭	1990年度→2019年度 24%増	2013年度→2030年度 66%減
業務	1990年度→2019年度 48%増	2013年度→2030年度 51%減
産業	1990年度→2019年度 24%減	2013年度→2030年度 38%減

図-4.部門別CO2排出削減目標

〈出典：地球温暖化対策推進法改正（2021.5）〉

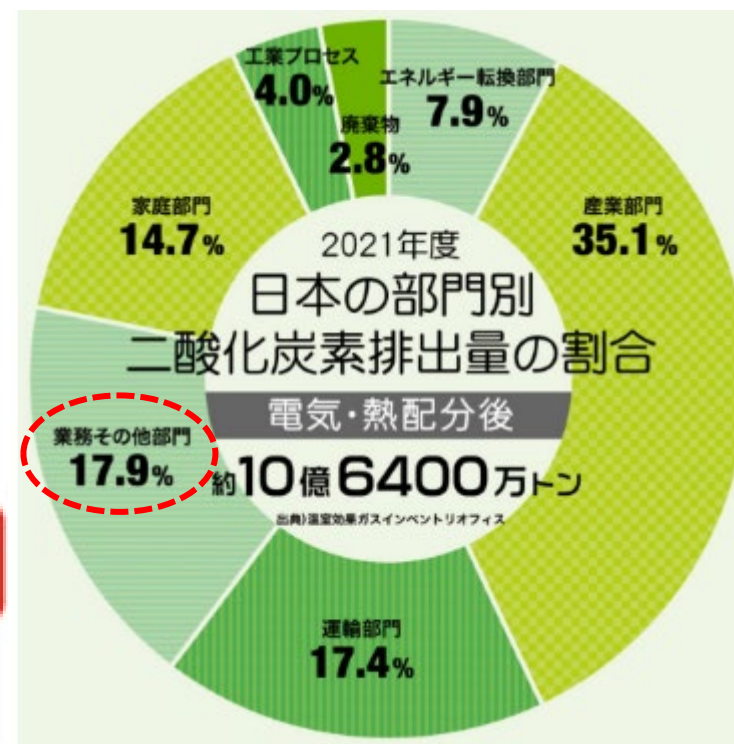


図-5.部門別CO2排出量（2021年度）

〈出典：全国地球温暖化防止活動推進センター〉

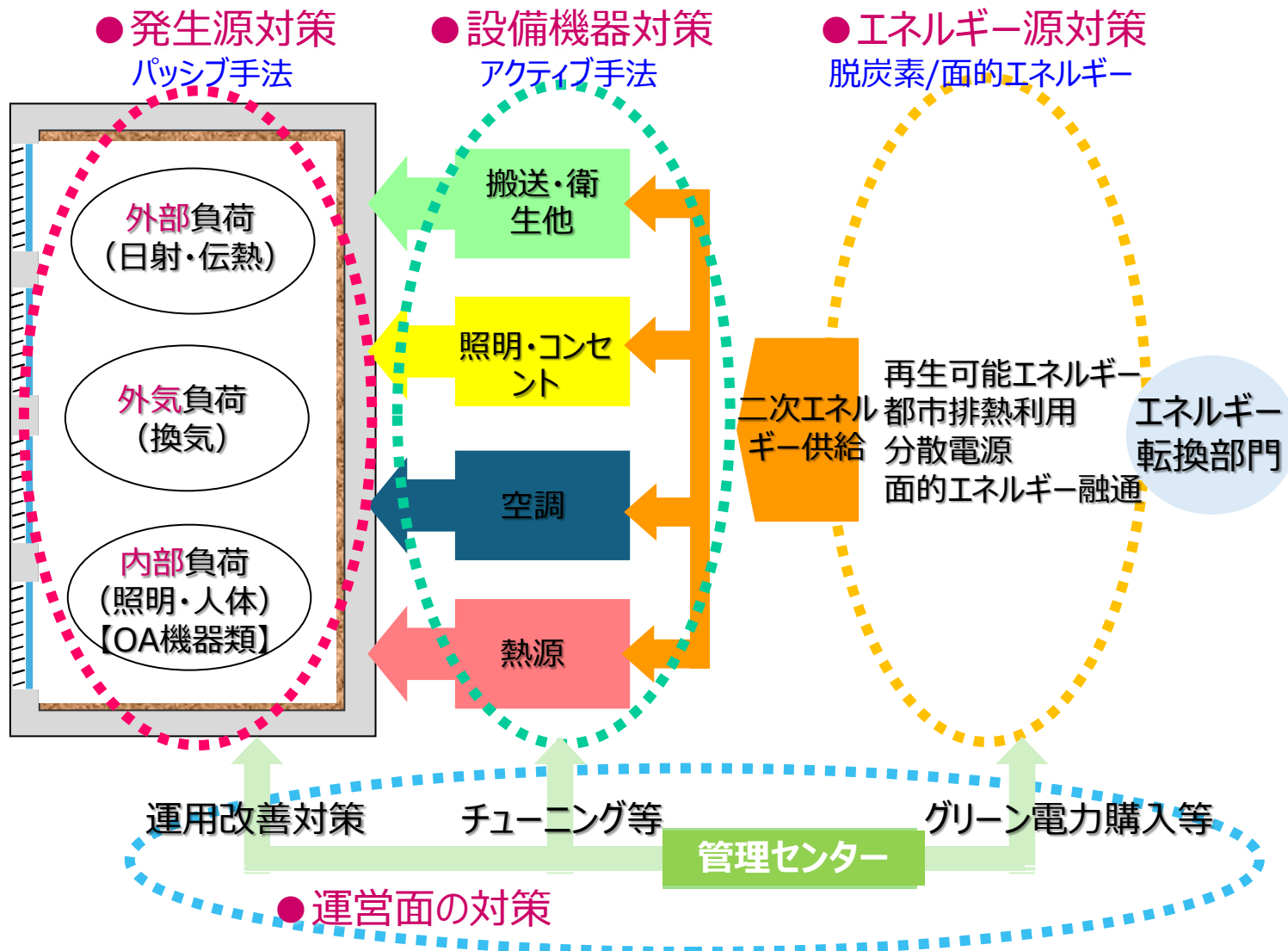


図-6.エネルギー削減手法の構成概念図

ZEBによる削減目標設定の経緯

➡新築公共建築物は2020年ZEB 新築建築物平均で2030年ZEB実現

2008年	「洞爺湖サミット」IEA（国際エネルギー機関）がZEB導入目標設定を求める
2009.5～11	「ZEBの実現と展開に関する研究会」2030年のZEB達成に向けてZEBを定義
2014.4	「エネルギー基本計画」閣議決定 ①2020年までに、新築公共建築物等でZEBを実現することを目指す ②2030年までに、新築建築物の平均でZEBを実現することを目指す
2015.12	「COP21Paris」196ヶ国参加
2015.12	「ZEBロードマップ」新築公共建築物で率先的に取り組み、 <u>2030年度までには標準仕様化することを目指す</u> 「ZEB」「Nearly ZEB」「ZEB Ready」の定義【参考1】 
	BEI（Building Energy Index）指標 設計一次E消費量/基準建築物 BEI≤0.50の場合に、ZEB（ZEB Ready含む）が達成
2016.4.1	「建築物省エネ法」施行
2016～2019	「ZEB設計のガイドライン」の整備（WEBプログラム計算シート） 「モデル建物法」「標準入力法」「BESTプログラム」
2020.10	「2050カーボンニュートラル宣言」菅総理
2021.8	「脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策等のあり方・進め方に関するロードマップ」三省合同【参考2】 
2021.10	「第6次エネルギー基本計画」閣議決定
2024.4	「省エネ基準の引き上げ（建築物省エネ法改正）」【参考3】  工場：0.75 事務所・学校・ホテル・百貨店：0.8 病院・飲食店：0.85 「建築物再生可能エネルギー利用促進区域」制度【参考4】 

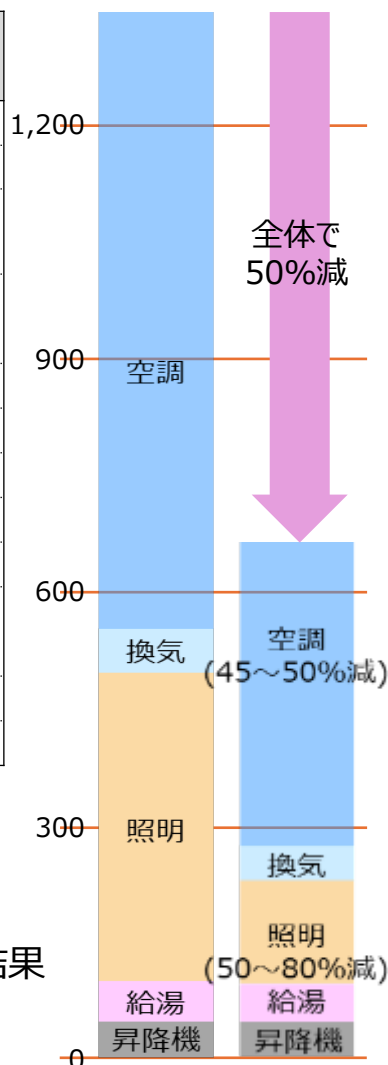
ZEB化のための技術仕様とコスト増額試算

「ZEB設計ガイドライン-中規模事務所編(2018.4)」

[MJ/m²年]
1,500

H28省エネ基準相当

ケースA：平成28年基準相当	
外皮	窓：ポツ窓 窓：Low-E U=2.0W/m ² K 屋根：50mm/外壁25mm
熱源	吸収冷凍機COP冷1.1/暖0.87 パッケージCOP冷4.1/暖4.7
水搬送	温度：5℃/定流量
空調機	定風量制御
換気	一般モーター/定風量
照明	Hf/700lx]
照明制御	なし
給湯	なし
昇降機	交流帰還制御



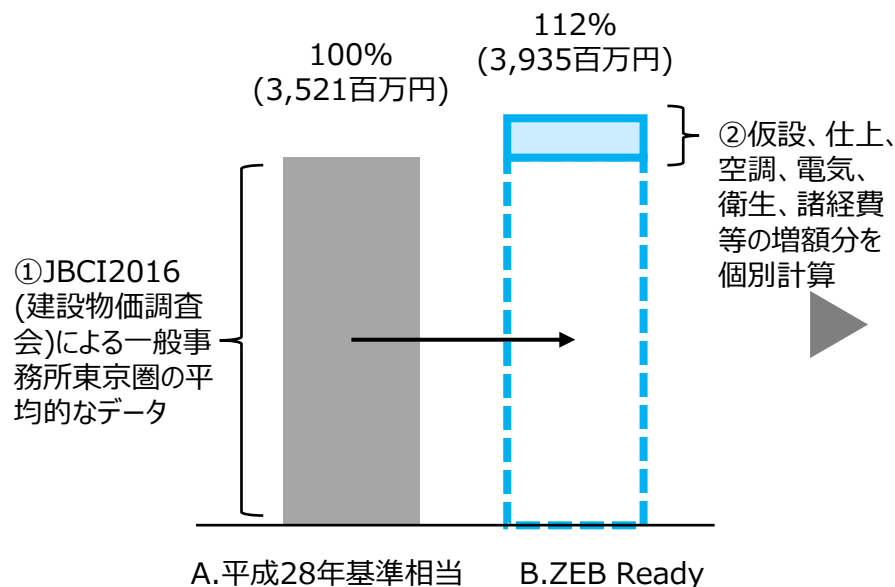
ZEB Ready相当

ケースB：ZEB Ready		省エネ効果	増額概算 (百万円)
外皮	窓：フルハイト 窓：Low-E U=1.6W/m ² K/庇	-5%	
	屋根：100mm/外壁50mm	8%	120
熱源	吸収冷凍機COP冷1.35/暖0.88 冷却水変流量	6%	19
	パッケージCOP冷4.1/暖4.7		
水搬送	温度：7℃/回転数制御(60%)	7%	8
空調機	VAV/外気カット/外気冷房	14%	123
換気	高効率モーター/温度制御/変風量	2%	10
照明	LED/500lx	11%	47
照明制御	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール/初期照度補正	5%	9
給湯	自動給湯栓	1%	1
昇降機	VVVF(電力回生、ギアレス)	1%	0
合計		50%	337

図-7.ZEB化による増額率の試算結果
〈出典：「ZEB設計ガイドライン」〉

ZEBのコスト増額試算 「ZEB設計ガイドライン中規模事務所編(2018.4)」

- ▶試算対象は、**10,000㎡ 7階建 事務所ビル**
- ▶「ZEB Ready」は省エネルギー基準相当の建物に比べ、**約12%の建築費増**と試算されており、必ずしも実現が困難なものではないとしている。
- ▶但し、ZEB Readyを超えるビルを設計する上では、省エネ効果が高いが初期費用も高い建築的手法（アトリウムやボイド等による自然換気や昼光利用）の導入も検討する必要がある。



	増額分 (百万円)	増額含む概 算費用 ZEB Ready (百万円)	増額率
建築工事仕上（高断熱／日射遮蔽）	120	1,160	112%
空調設備（空調＋換気）	160	423	161%
電気設備（照明）	56	393	117%
衛生設備（給湯）	1	191	100%
昇降機	0	69	100%
小計	337	2,236	
仮設	24	246	111%
土工	0	111	100%
地業	0	144	100%
躯体	0	741	100%
諸経費	53	457	113%
合計	414	3,935	112%

延床面積：10,000㎡
㎡単価：39万円/㎡

図-8.「A.平成28年基準相当」と「B.ZEB Ready」の概算比較

公益社団法人日本建築積算協会の協力のもと、ZEBロードマップフォローアップ委員会による試算結果に基づく

ZEBコストとコベネフィット（共通便益）

➡ZEBを実現することでコベネフィット（EB/NEB）を生み出す

▶部門別CO2排出削減目標で紹介した通り、業務部門のCO2排出削減目標は、2030年までに51%削減（2013比）とされている。業務部門のCO2排出量は建築物由来であり、官民間問わず建築物のオーナーは責任をもって、削減に取り組むことが求められる。

▶現状では、ZEBのための追加コストが必ずしも経済合理性に見合うとは限らない場合もあるが、（ZEBロードマップ検討委員会2015.12資源エネ庁）、ZEBの実現・普及は社会的便益が極めて高いものであり、エネルギー便益（EB : Energy Benefits）とともに、非エネルギー的便益（NEB : Non-Energy Benefits）と合わせ、コベネフィットの価値訴求を行う必要がある。

▶ZEBロードマップが示されてから9年余りが経ち、仕様の標準化等による低コスト化が進行し、またエネルギーコストも上昇していることから、ZEBのエネルギー便益（EB）が高まっている。

▶コベネフィットの定量化は、まだ一般化していないが、試算例では「環境」「経済」「社会」価値をNEBとして見込んでいる。 ➡P18にて解説

ZEB化によるコベネフィット

1 光熱費の削減

エネルギー消費の削減に伴い、光熱費を削減できる

延床面積10,000m²程度の事務所ビルで50%省エネルギーを実現した場合、年間で1,000万円程度の光熱費を削減することが可能。（光熱費2,000円/m²年として）

2 執務者の知的生産性向上

空間の質の向上により、健康・快適性、知的生産性の向上が期待できる

執務環境の改善により、知的作業の効率性や創造性、意欲や人材確保に結びつくという評価研究が数多く行われており、費用対効果はエネルギーコストを大きく上回るという結果も報告されている。ex.国交省「知的生産性研究委員会報告書」

3 不動産価値の向上

環境に配慮した建築物を求めるテナントや投資家が増えている

東京23区内に立地する事務所ビルにおいて、「環境認証を取得しているビル（環境に配慮したビル）」は、「新規成約賃料」にプラス4.4%の影響を与えるとの調査結果が発表されている。ex.ザイマックス不動産総研「環境マネジメントの経済性分析」

4 災害時の事業継続

創エネ設備や高断熱仕様は、災害時の事業継続性が向上する

東日本大震災で重要な業務が停止した理由として、半数以上の人々が「停電のため」と答えており、創エネ設備があれば、非常時に一定のエネルギー自給ができる。また高断熱やエネルギー効率の高い設備などによって、エネルギー需要を抑えることで非常時のエネルギー自立性が向上する。

〈出典：環境省「ZEB PORTAL」「ZEB設計ガイドライン」他より〉

地域再エネ活用のメリット

▶地域における再エネ活用の意義：①経済の域内循環（特に原材料、資本金、雇用を全て地域内で調達した場合に効果大）、②産業と雇用創出、③レジリエンス向上

▶日本全体のエネルギー収支に貢献：①エネルギー自給率の向上、②化石燃料輸入代金の低減

※但し、再エネ導入に関わる課題解決と地域の合意形成が極めて重要である

〈出典：環境省「ZEB PORTAL」他より〉

知的生産性のコスト

$$\text{Return On Investment} = \frac{\text{Return}}{\text{Investment}}$$

$$\text{Productive Work Place} = \frac{\text{OUTPUT}}{\text{INPUT}}$$

- オフィスワーカーの平均給与レベル
500,000～1,000,000円/㎡年
- エネルギーコスト 5,000円/㎡年
- 維持管理コスト 10,000円/㎡年



● 竣工以降、新技術件数は加速

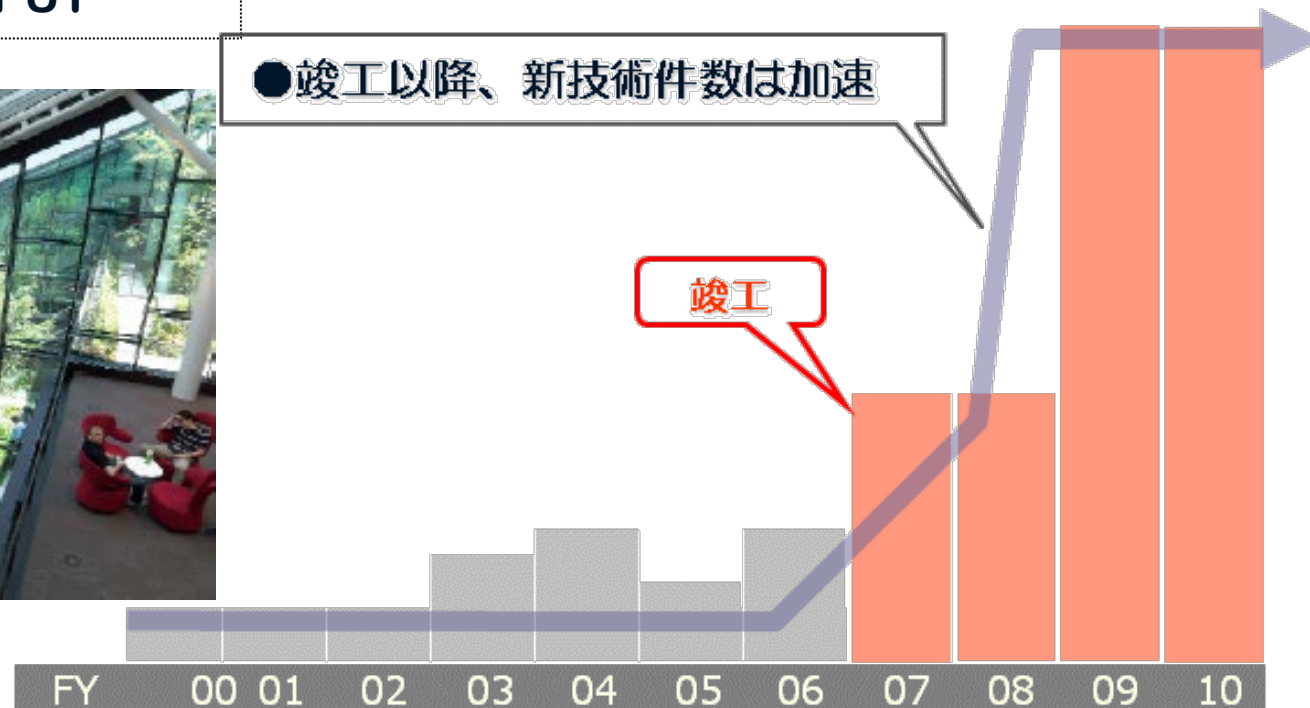
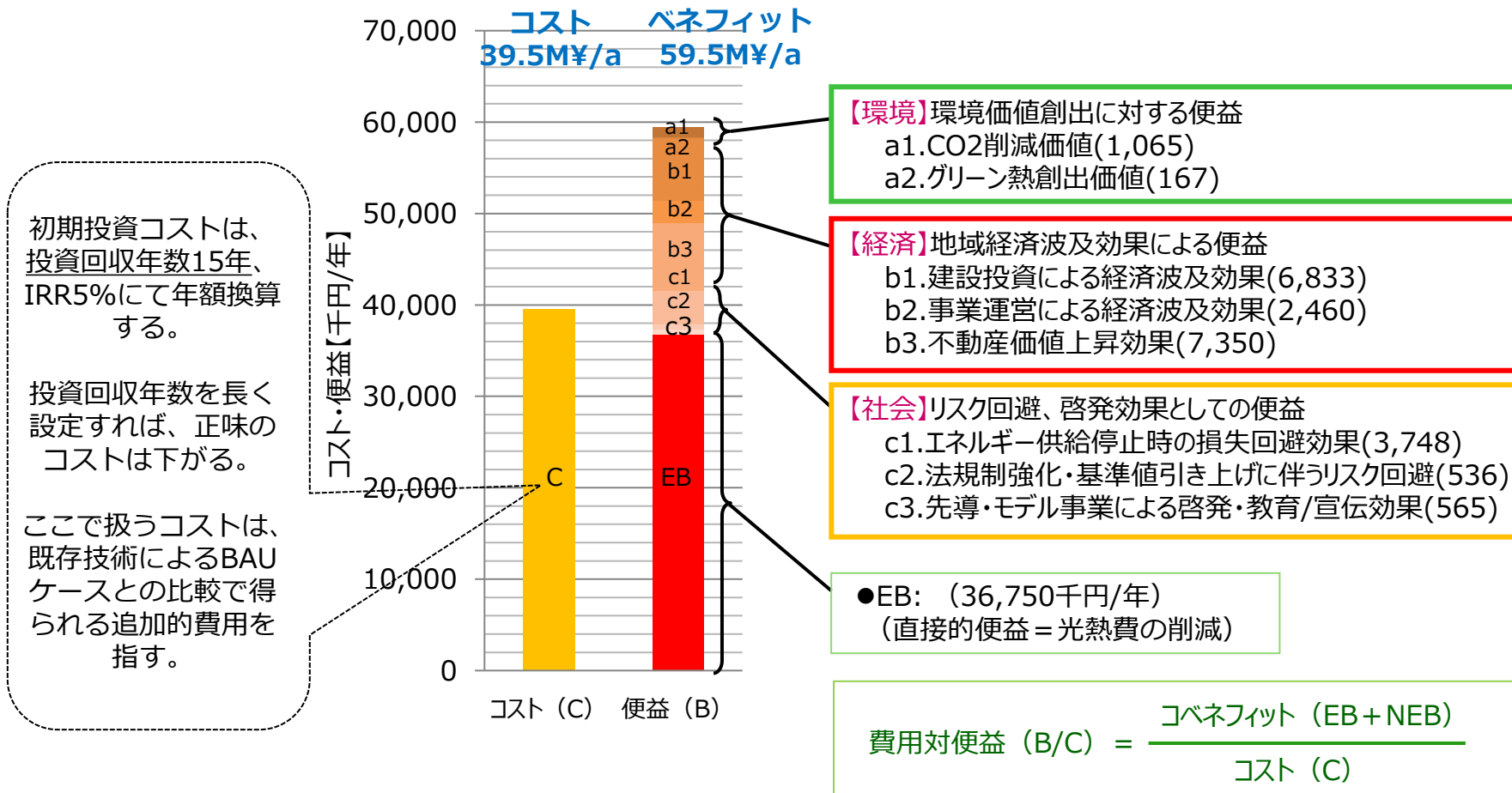


図-9.新オフィスに移転後の新技術件数の増加（A社先進技術開発センターの事例）

コベネフィットの費用対便益の考え方



- コベネフィット(EB+NEB)はコスト(C)を上回り、 $B/C = 1.5$ が期待できる
- NEBは、経済波及効果(b1,b3)損失回避効果(c1)が比較的大である

図-10.費用対便益の概念図

〈出典：「エネルギーイノベティブタウン調査委員会報告書」2014.3〉 コベネフィット計算例【参考5】

限界削減費用曲線により削減効果と対策コストを把握する

- ▶ 限界削減費用は、温暖化ガスを追加的にもう1単位削減するのに必要な費用。京都議定書では、各国・地域ごとにその削減目標を達成する上でこの費用がどの程度になるかが各国の負担の大きさと深く関わる。限界削減費用を把握することが合理的行動の前提となってくる。

X軸：対策による年間CO₂削減量

Y軸：CO₂を1トン削減するための追加投資年額 + 運転コスト削減額年額（マイナス大ほど有利）

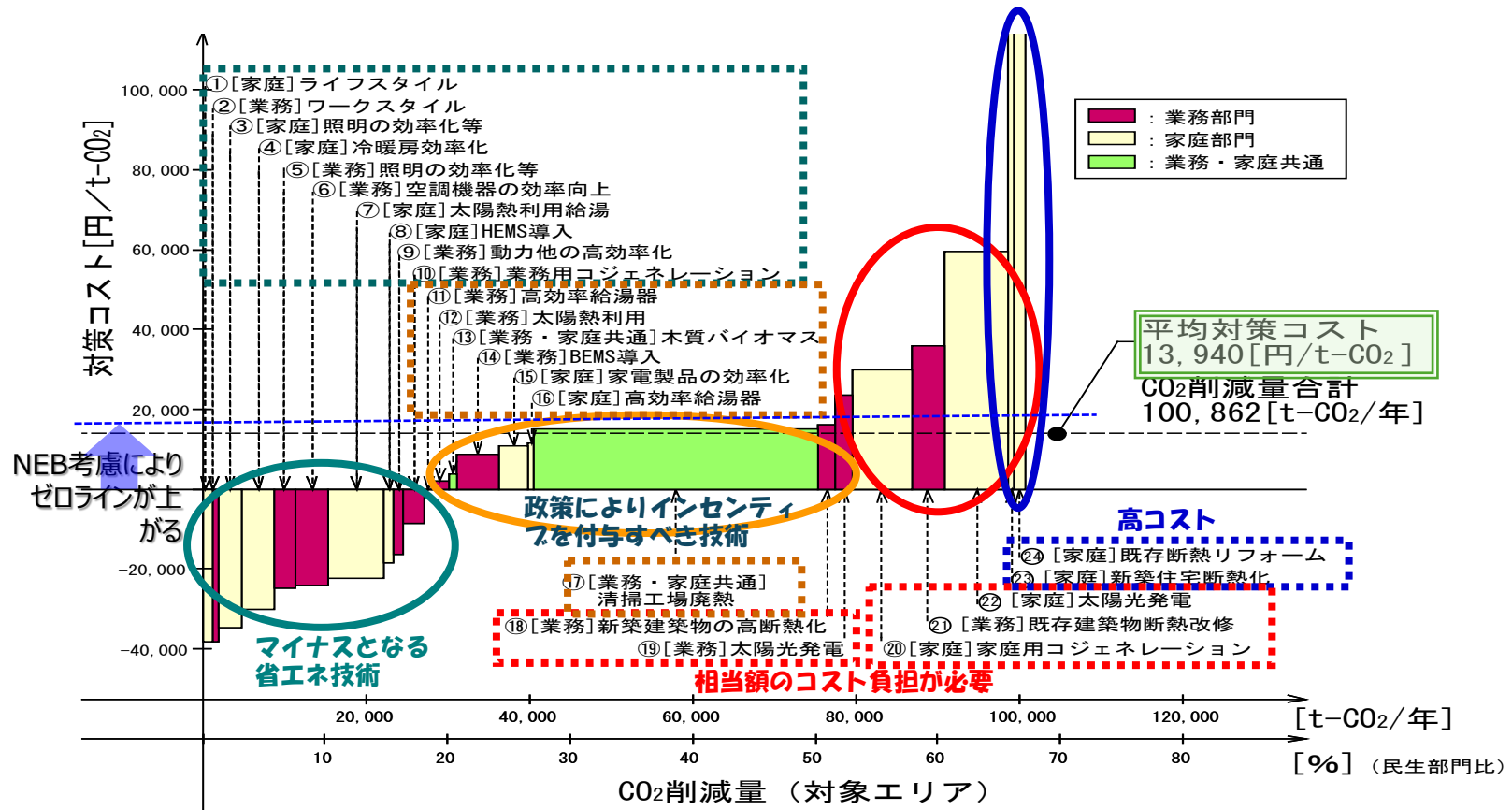


図-11.費用対便益の概念図（B地区の限界削減費用曲線）

〈出典：「カーボンマイナス・ハイクオリティタウン調査」2009.11村上周三委員長IBEC〉



2. 庁舎ZEB事例

庁舎事例は主として「環境共創イニシアチブ(SII)HP」の「ZEBリーディング・オーナー一覧」から検索した。

SIIは、「エネルギー使用合理化事業者支援事業」の執行団体の他、ZEB実証事業などの公募窓口となっている。

庁舎（新築・既築）ZEBランカー一覧-1

20

竣工年	地域区分 (注1)	オーナー名	建物名	ZEBランク	都道府県	延床面積	一次E削減率		空調	照明	太陽光	BEMS	出典	
							創エネ 含まず	創エネ 含む						
1	2022	1	大樹町	大樹町役場庁舎	ZEB Ready	北海道	2,947	53	54	地中熱HP/全熱交	在室検知/明るさ検知	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
2	2021	1	美幌町	美幌町新庁舎	ZEB Ready	北海道	4,760	53	54	EHP/全熱交/地中熱HP/HP外調機/CO2/VAV	在室検知/明るさ検知	太陽光5.5kW/リチウムイオン電池	BEMS	※1
3	2023	2	長野県川上村	川上村新庁舎・交流防災センター	ZEB Ready	長野県	3,412	51	64	EHP/全熱交/地中熱HP/ナイトパーシ/放射空調	明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
4	2022	2	古平町	古平町中心拠点誘導複合施設	ZEB Ready	北海道	3,887	54	56	ビルマルEHP/全熱交空調機/地中熱HP	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
5	2023	2	深川市	深川市新庁舎	ZEB Ready	北海道	6,526	52	54	モジュールCU/地中熱HP/全熱交/CO2/VAV	明るさ検知	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
6	2024	3	奥尻町	奥尻町総合庁舎	ZEB Ready	北海道	2,443	52	54	EHP/地中熱HP/バイオマスボイラ/全熱交/CO2制御	在室検知/明るさ検知	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
7	2022	3	平川市	平川市新本庁舎	ZEB Ready	青森県	8,104	53	55	EHP/全熱交/井水熱HP/放射空調/床吹出し	在室検知/明るさ検知	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
8	2024	4	丸森町	丸森町役場庁舎	Nearly ZEB 既存建築	宮城県	5,112	54	78	EHP/全熱交/CO2制御	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
9	2025	4	西郷村	西郷村新庁舎	Nearly ZEB	福島県	6,194	51	76	ビルマルEHP/全熱交/地中熱HP/輻射冷暖房/床吹出空調	明るさ検知/タスク&アンビエント照明	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
10	2023	5	小鹿野町	小鹿野町役場庁舎	Nearly ZEB	埼玉県	2,403	56	76	ビルマルEHP/全熱交	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
11	2023	5	富士川町	富士川町役場	ZEB Ready	山梨県	4,920	56	64	ビルマルEHP/全熱交/地中熱HP	在室検知	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
12	2021	5	上郡町	上郡町役場本庁舎	ZEB Ready 既存建築	兵庫県	5,109	57	62	ビルマルEHP/全熱交	明るさ検知/初期照度補正	太陽光/リチウムイオン電池	BEMS	※1
13	2023	5	浪江町	浪江町役場本庁舎	Nearly ZEB 既存建築	福島県	6,807	53	78	ルームエアコン/ビルマルEHP/PC/全熱交/全熱交空調機	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
14	2023	5	下妻市	下妻市新庁舎	Nearly ZEB	茨城県	8,526	52	77	EHP/全熱交/輻射冷暖房	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/余剰買電	BEMS	※1
15	2021	5	大和高田市	大和高田市庁舎	ZEB Ready	奈良県	10,308	51	54	モジュールチラー/吸収冷温水機/ビルマルEHP・GHP/全熱交	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光	BEMS	※1
16	2019	5	高島市	高島市役所庁舎	ZEB Ready 増改築	滋賀県	11,128	53	54	井水熱HP/放射冷房/大温度差/潜熱分離空調/床吹出し	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光10kW	BEMS	※1 ※2
17	2021	6	福岡県久留米市	久留米市環境部庁舎	『ZEB』 既存建築	福岡県	2,089	67	106	PC/全熱交換器	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS	※1
18	2021	6	愛媛県松野町	松野町新庁舎及び防災拠点施設	ZEB Ready	愛媛県	2,556	55	81	ビルマルEHP/全熱交	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池	BEMS	※1

庁舎（新築・既築）ZEBランカー一覧-2

21

竣工年	地域区分 (注1)	オーナー名	建物名	ZEBランク	都道府県	延床面積	一次E削減率		空調	照明	太陽光	BEMS	出典
							創エネ 含まず	創エネ 含む					
19	2024	6	玉東町	玉東町役場庁舎	『ZEB』	熊本県	2,857	69	100	ビルマルEHP/PC/全熱交/台数制御	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
20	2024	6	津野町	津野町本庁舎	Nearly ZEB	高知県	2,977	60	77	ビルマルEHP/PC/全熱交/デシカント空調/輻射冷暖房	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
21	2020	6	向日市役所	向日市役所新庁舎	ZEB Ready	京都府	3,000	52	55	ビルマルEHP/PC/全熱交	在室検知/明るさ検知	太陽光/リチウムイオン電池	BEMS ※1
22	2019	6	開成町	開成町新庁舎	Nearly ZEB	神奈川県	3,891	57	82	AHPC/地中熱HP/潜熱分離空調/放射・床吹出し/VAV	在室検知/明るさ検知	太陽光159kW	BEMS ※1 ※2
23	2021	6	久留米市企業局	久留米市企業局合川庁舎	ZEB Ready 既存建築	福岡県	4,096	56	67	ビルマルGHP/PC	ゾーニング技術（無線調光システム）	太陽光/リチウムイオン電池	BEMS ※1
24	2024	6	鞍手町	鞍手町新庁舎	Nearly ZEB	福岡県	5,357	53	78	EHP/全熱交/放射空調/VAV/床吹出し	タスク&アンビエント/在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
25	2024	6	鞍手町	鞍手町新庁舎	Nearly ZEB	福岡県	5,392	53	78	チラー/ビルマルEHP/デシカント/全熱交/放射空調/地中熱HP	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール/タスク&アンビエント	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
26	2022	6	敦賀市	敦賀市新庁舎	ZEB Ready	福井県	10,254	50	54	EHP/全熱交/CO2制御/地中熱利用	タスク&アンビエント照明/在室検知/明るさ検知	太陽光/リチウムイオン電池/自立型水素供給	BEMS ※1
27	2024	6	鳴門市	鳴門市庁舎	ZEB Ready	徳島県	10,694	54	56	EHP/全熱交/CO2制御	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
28	2024	6	八女市	八女市新庁舎	Nearly ZEB	福岡県	11,299	72	75	モジュールチラー/ビルマルEHP/PC/全熱交/地中熱HP	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール/ゾーニング	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
29	2023	6	糸島市	糸島市新庁舎	ZEB Ready	福岡県	11,716	55	56	モジュールチラー/ビルマルEHP/PC/全熱交/地中熱HP	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール/ゾーニング	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
30	2023	6	八潮市	八潮市役所	ZEB Ready	埼玉県	14,711	52	52	モジュールチラー/ビルマルEHP/全熱交空調機/地中熱HP	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール/タスク&アンビエント	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
31	2022	6	各務原市	各務原市新庁舎	ZEB Ready	岐阜県	16,805	50	56	チラー/ビルマルEHP・GHP/全熱交/無圧ボイラ/井水利用	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/全量自家消費	BEMS ※1
32	2024	6	国分寺市	国分寺市役所庁舎	ZEB Ready	東京都	21,342	62	68	モジュールCU/ビルマルEHP/PC/全熱交空調機	明るさ検知/タイムスケジュール/ゾーニング制御	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
33	2022	6	伊丹市	伊丹市庁舎	ZEB Ready	兵庫県	21,943	52	54	モジュールCU/EHP/全熱交/CO2/VAV/大温度差	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール	太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
34	2022	6	大阪市	大阪第6地方合同庁舎	ZEB Oriented	大阪府	48,789	43	44	AHPC/R&B/全熱交/大温度差/クール・ウォームピット	在室検知/明るさ検知/タイムスケジュール/太陽光追尾採光	太陽光60kW	BEMS ※2
35	2022	8	宜野座村	宜野座村役場本庁舎	ZEB Ready 既存建築	沖縄県	5,145	51	54	ルームエアコン/PC/全熱交		太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1
36	2022	8	南風原町	南風原町役場	ZEB Ready 既存建築	沖縄県	7,148	53	55	PC/ビルマルEHP/全熱交		太陽光/リチウムイオン電池/全量自家消費	BEMS ※1

庁舎ZEB一覧のまとめ

- ① 全36施設のうち、**新築28件**、**既築・改築8件**
 【既築】宮城県丸森町役場/福島県浪江町役場/兵庫県上郡町役場/滋賀県高島市/久留米市環境部庁舎/久留米市企業局合川庁舎/沖縄県宜野座村役場/沖縄県南風原町役場
- ② 「ZEB」**2件**、「Nearly ZEB」**10件**、「ZEB Ready」**23件**(64%)、
 「ZEB Oriented」**1件**
 【ZEB】熊本県玉東町役場庁舎/福岡県久留米市環境部庁舎
- ③ 寒冷地区分(1～3)の**7件**全てに、**地中熱HP**又は**井水HP**が導入
 全体では**16件**(44%)の導入
- ④ 太陽光発電（蓄電池）は**全て**の庁舎で採用。ほぼすべての庁舎が、リチウムイオン電池を設置し、全量自家消費としている

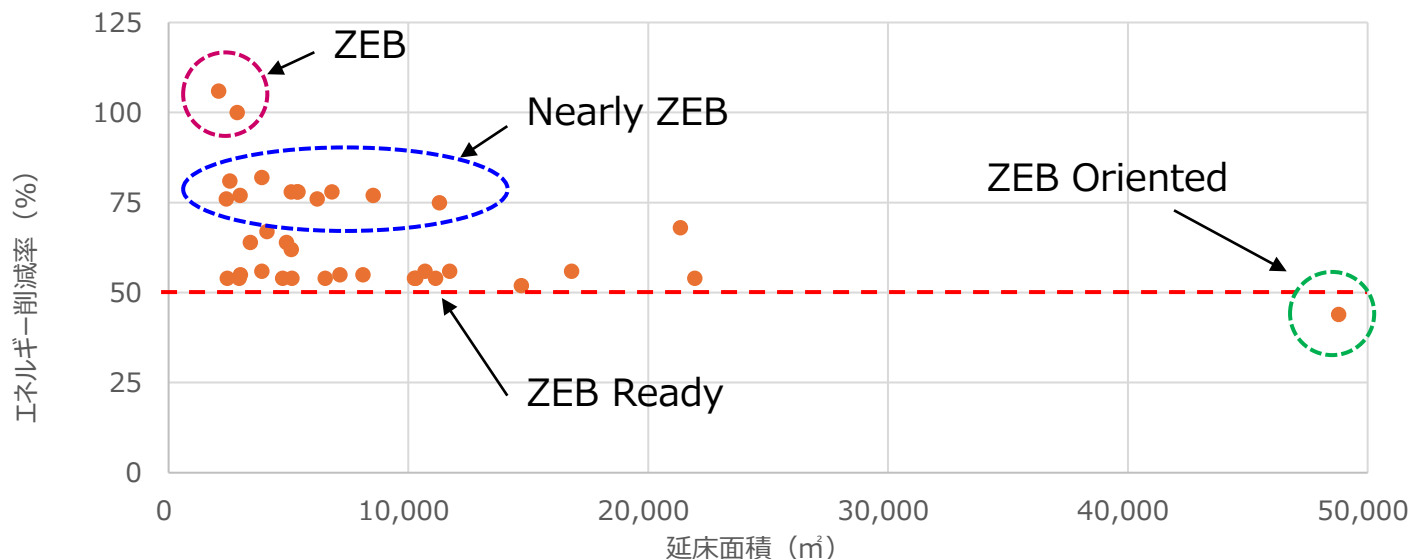


図-12.ZEB庁舎の延床面積とエネルギー削減率の関係

島本町新庁舎（現庁舎減築既存躯体利用）

設計：内藤建築事務所大阪事務所(2025.2年竣工予定) 施工：北野建設

規模：6,026㎡（4,281㎡庁舎S造4階建＋1,683㎡現庁舎減築改修一部2階建）

概要：シンプルな方形の4階建て庁舎で、現庁舎を減築し広場棟として改修したのが特徴
ZEBではないが、100年建築と持続可能性を謳っている

設備：ビルマルチ。駐輪場屋上に太陽光発電、非常用発電機は72時間（地下貯油タンク）

島本町：人口29,983人、議員数14人（軽井沢町人口19,188人、議員数16人）



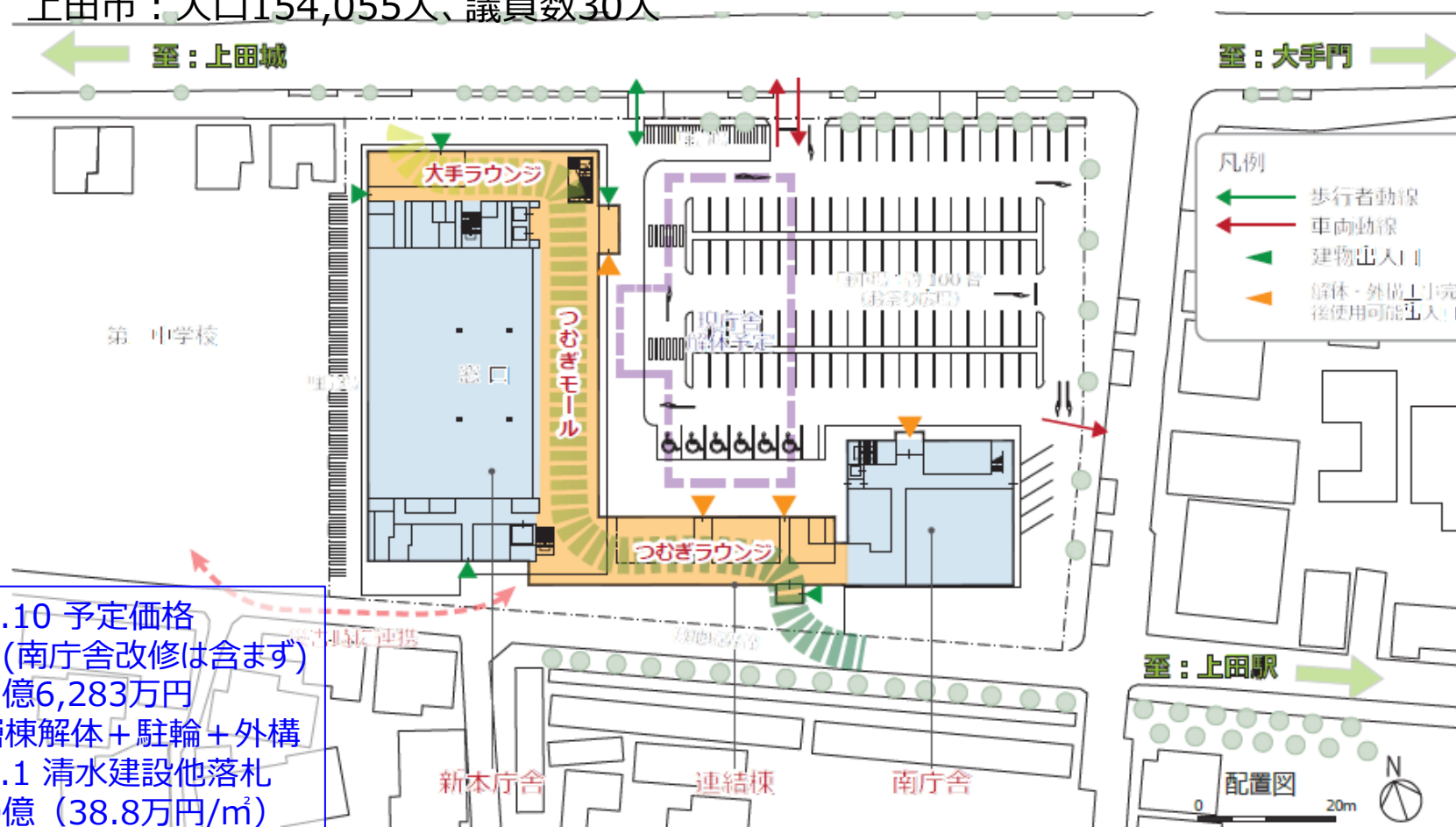
上田市庁舎改築-1（新築＋改修＋既存躯体利用）

設計：石本・第一設計共同企業体(2023年竣工) 施工：清水・千曲・栗木共同企業体

規模：15,858㎡（本庁舎13,031㎡B1/6階建＋南庁舎2,827㎡6階建て改修）

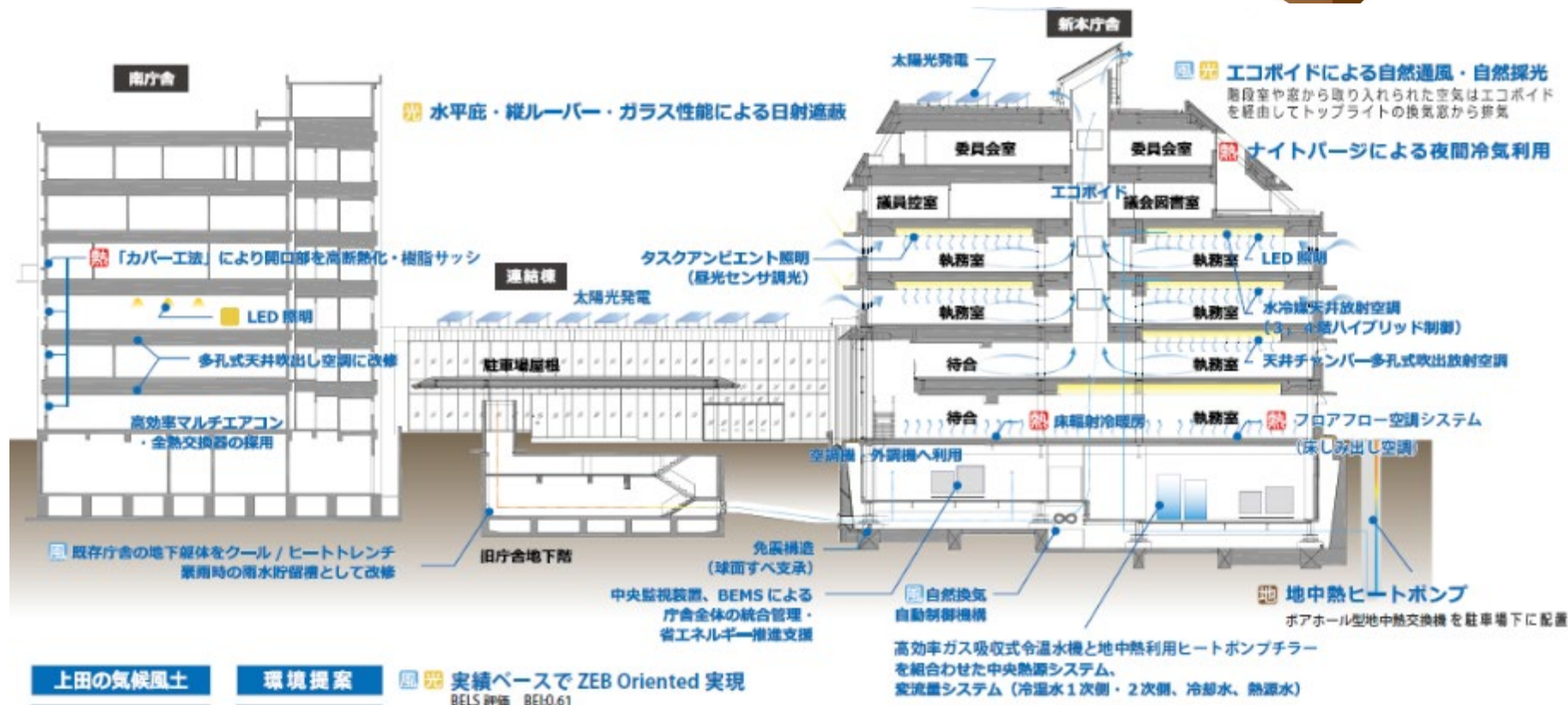
概要：既存の南庁舎をエコ改修した後、既存高層棟地下躯体を残置しクールヒートトレンチとして改修。高断熱外皮、自然通風採光、地中熱利用水冷媒放射空調、タスクアンビエント照明他。国交省のサステナブル先導事業（省CO₂先導型）採択プロジェクト。

上田市：人口154,055人、議員数30人



上田市庁舎改築-2（特徴的な取組み）

- ① 昭和42年竣工の既存本庁舎の地下躯体を残置し、クール/ヒートトレンチ、豪雨時の雨水貯留水槽として有効活用
- ② 実績ベースでZEB Orientedを実現（2022年実績で一次エネルギー▲48.7%）
- ③ 地中熱利用ヒートポンプチラーは3階、4階の執務室の水冷媒天井放射空調の系統に利用。深さ100mのボアホール型地中熱交換杭26本。
- ④ 太陽光発電70kW（本庁舎44.8kW + 連結棟25.2kW）



雲南市庁舎-1（国交省住宅・建築物省CO2先導事業2015.8竣工）

26

設計：日本設計、中林建築設計事務所

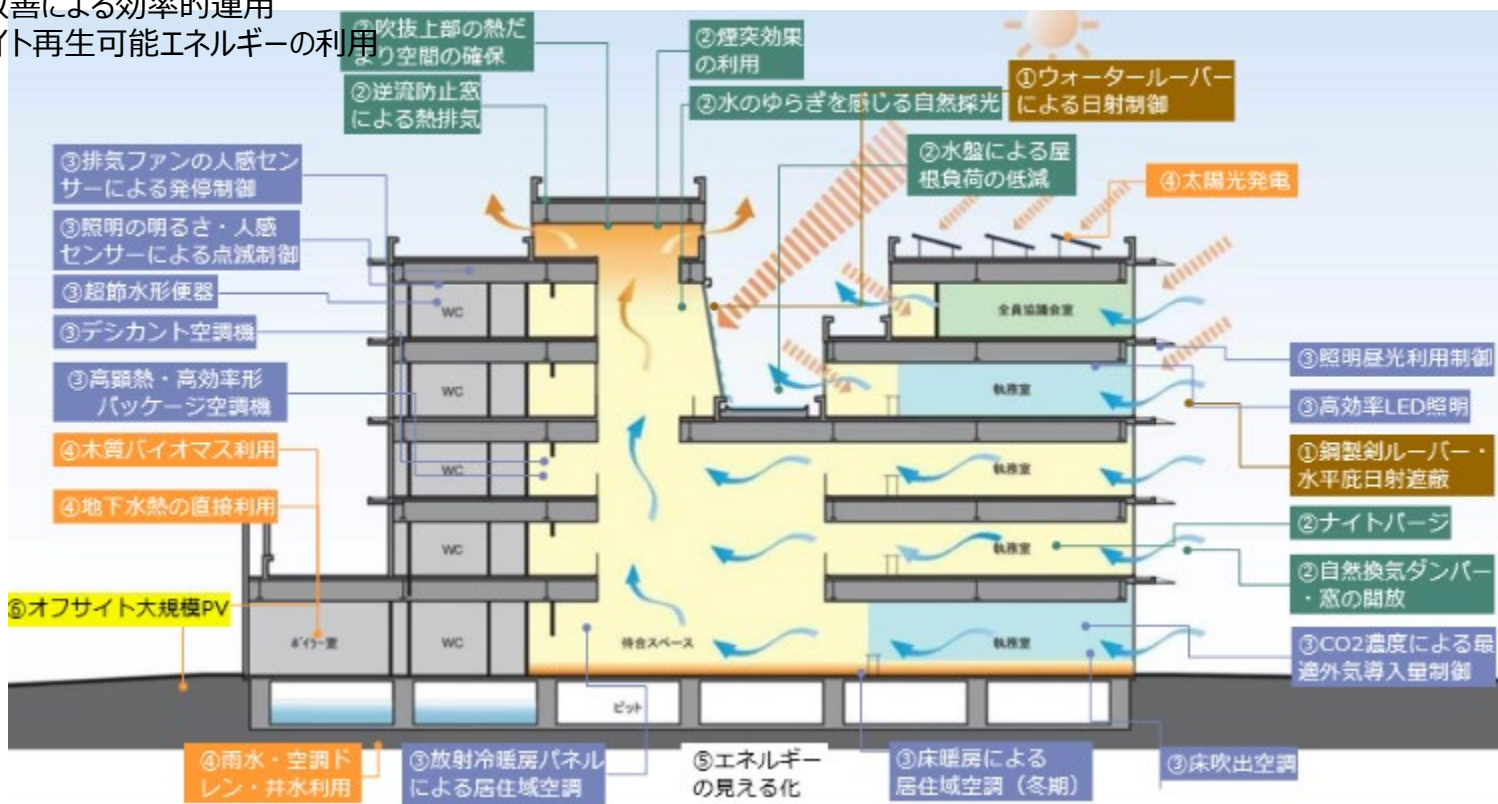
施工：鴻池・都間土建・スヤマ産業共同企業体

規模：7,628^m₂ 地上5階

雲南市：人口36,007人、議員数19人

国交省「省CO₂サステナブル先導型事業採択PJ」

- ①鋼製剣ルーバー、ウォータールーバーによる熱負荷削減
- ②自然採光、自然通風のパッシブ利用
- ③昼光利用、デシカント空調、高顕熱空調、放射冷暖房、CO₂制御
- ④再エネ利用（木質バイオマス、地下水、太陽光発電）
- ⑤運用改善による効率的運用
- ⑥オフサイト再生可能エネルギーの利用



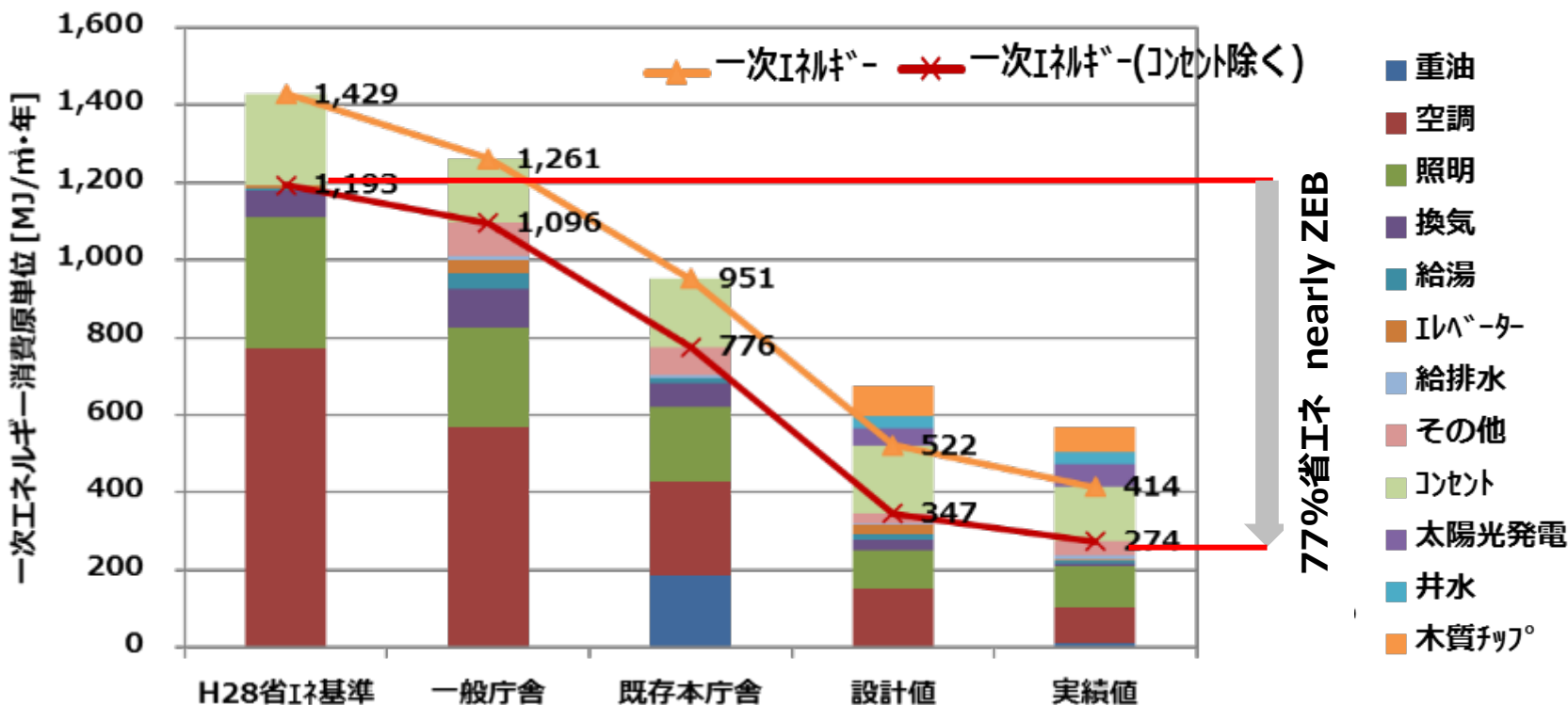
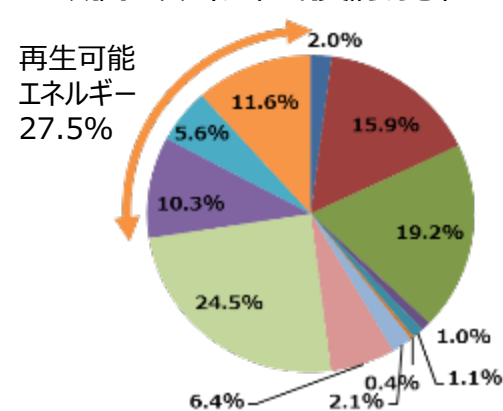
雲南市庁舎-2（実績値 Nearly ZEB）

実績値：414MJ/m²・年 コンセント分を除くと：274MJ/m²・年
平成28年度省エネルギー基準比 77%省エネ

➡ Nearly ZEB達成

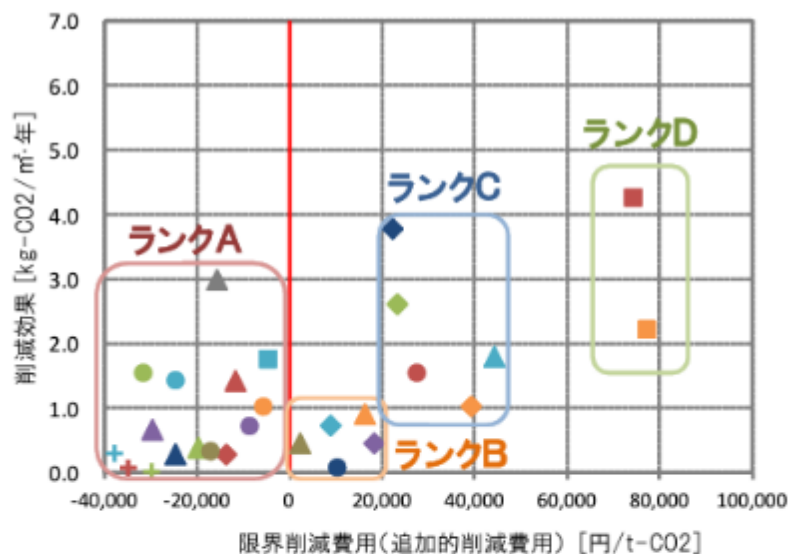
再生可能エネルギー：157MJ/m²・年、27.5%を賄う
太陽光発電 電気使用量の12.7%を賄う

期間一次エネルギー消費構成比率



雲南市庁舎における省CO2対策と費用対効果とランク

- ▶削減対策はランニングコストに応じてランクづけし、費用対効果の高いものを優先的に採用した。これらの対策により総事業費が約3億円（4万円/m²）上昇したが、補助金を3.7億円確保した。（※総事業費は38.3億円、うち建築費29.6億円[38.8万円/m²]）設計・建築工事各々について県内業者の関与を要件とした。ZEBを構成する設備は一般的なものが多く、地元業者でも施工可能な設計である。



- ランクA** 追加投資額を光熱費の削減分で回収できる
→積極的に採用
- ランクB** 比較的費用対効果が良い
→積極的に採用
- ランクC** 費用対効果は多少劣るが、削減効果大きい
→全体コストを見ながら、採用範囲・方法を検討
- ランクD** 費用対効果は劣るが、削減効果が非常に大きい
→環境の目玉のため、全体コストを見ながら、採用範囲・方法を検討

※ 限界削減費用＝追加的にCO2を1トン削減するために要する費用

分類	No.	凡例	省CO2対策	費用対効果
再エネ	1	■	太陽光発電	D
	2	■	地中熱直接利用	A
	3	■	木質チップボイラー	D
建築・パッシブ	4	◆	銅製剣ルーパー・ウォータールーパー	C
	5	◆	高性能Low-Eガラス	B
	6	◆	外壁の高断熱化	A
	7	◆	自然換気・ナイトパーシシステム	C
	8	◆	自然採光・センターボイド	C
	9	◆	出入口のすきま風対策	B
	10	▲	高効率空調機器	A
	11	▲	高効率モータ・永久磁石モータ	A
	12	▲	デシカント空調・全熱交換器	D
空調・換気	13	▲	床暖房・放射冷暖房パネル	B
	14	▲	ウォーミングアップ時の外気遮断制御	A
	15	▲	CO2濃度による外気量制御	B
	16	▲	電気室換気の温度制御	A
	17	▲	エネルギーマネジメントシステム (BEMS)	A
	18	●	高効率LED照明	C
電気・照明	19	●	設計照度の緩和	A
	20	●	照明初期照度補正制御	A
	21	●	明るさセンサーによる昼光利用制御・自動点滅制御	A
	22	●	人感センサーによる在室検知制御	A
	23	●	タイムスケジュール制御	A
	24	●	高効率変圧器・不要変圧器遮断	B
	25	+	雨水・空調ドレン・井水利用システム	A
給排水	26	+	超節水便器・擬音装置	A
	27	+	自動洗浄・自動水栓	A

庁舎ZEB既築の経済性評価（環境省「改修してZEB化」パンフより）

- ▶ 既存建築物のZEB化は、通常改修よりも初期コストが増加することがある。しかし、補助金の活用やランニングコスト削減効果により、ZEB化に必要な投資回収年数が10年程度に抑えられる場合がある。久留米市環境部庁舎は既設公共建築で初の「ZEB」に認証されている。

	久留米市環境部庁舎 ZEBの分類 『ZEB』 都道府県 福岡県 延床面積 2,089m ² 一次エネ削減率 67% （創エネを含むと106%）		むいかいち温泉 ゆ・ら・ら ZEBの分類 ZEB Ready 都道府県 島根県 延床面積 3,837m ² 一次エネ削減率 52%
--	--	--	---

施設名	久留米市環境部庁舎		むいかいち温泉 ゆ・ら・ら	
改修の種類	ZEB化改修	標準改修（※1）	ZEB化改修	標準改修（※1）
総工費	2億500万円	6,300万円	2億4,800万円	1億1,570万円
補助金額	1億3,000万円	—	1億1,300万円	—
実質負担額	7,500万円	6,300万円	1億3,500万円	1億1,570万円
年間コスト削減額	290万円／年	111万円／年	435万円／年	259万円／年
ZEB化に必要な投資回収年数 （※2、3）	6.7年		11.0年	

※1 必須設備のみを改修した費用。どちらの施設も空調と照明を改修した場合の費用を算出。

※2 投資回収年数の算定方法：（ZEB改修コスト－標準改修コスト）÷（ZEB改修年間削減コスト－標準改修年間削減コスト）

※3 なお、建物のライフサイクルコスト（建設から解体までの費用をすべて含めた生涯費用）の視点で考えると、補助金を用いずにZEB化に必要な投資回収が可能な場合もあります。

汎用技術でZEB化改修が可能（ZEB PORTAL/久留米市HPより）

▶久留米市庁舎は、汎用技術の組み合わせで省エネで67%の削減、再エネ購入による39%削減を加えZEBを達成している。

（2021年度省エネ大賞）

▶太陽光発電52kW/蓄電池89kWh
※ゼロカーボンシティ推進事業計画により、公共施設への自家消費型太陽光発電設備のPPA手法での率先導入。

PPA（Power Purchase Agreement）

※発電設備の無償設置と運用・保守を行い、需要家が電力消費量に応じた電気料金を支払う契約モデル

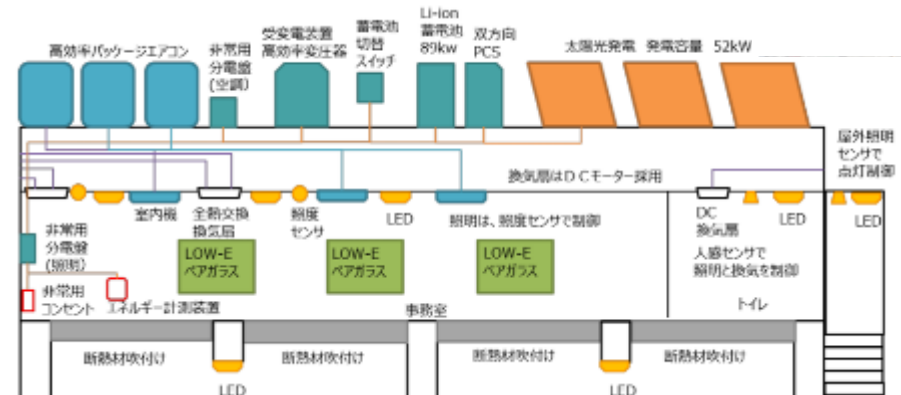
■新築と既存の補助率

延べ面積	補助率等	
	新築建築物	既存建築物
2,000㎡未満	『ZEB』1/2 Nearly ZEB 1/3 ZEB Ready 対象外	『ZEB』2/3 Nearly ZEB 2/3 ZEB Ready 対象外
2,000㎡～10,000㎡	『ZEB』1/2 Nearly ZEB 1/3 ZEB Ready 1/4	『ZEB』2/3 Nearly ZEB 2/3 ZEB Ready 2/3
10,000㎡以上	『ZEB』1/2 Nearly ZEB 1/3 ZEB Ready 1/4 ZEB Oriented 1/4	『ZEB』2/3 Nearly ZEB 2/3 ZEB Ready 2/3 ZEB Oriented 2/3

■ZEB改修に導入されている主要要素技術

区分	技術	導入率
パッシブ技術	外皮断熱（屋根、外壁、床等）	◎
	外皮断熱（開口部）	○
	日射遮蔽（ルーバー・庇・ブラインド等）	△
アクティブ技術	高効率空調機（PAC、EHP、GHP）	◎
	高効率空調機（RAC）	△
	全熱交換器	△
	照明	◎
	換気	△
	給湯	△
	受変電・コンセント	△
	蓄電池	○
創エネ技術	蓄電池	○
	BEMS	○
創エネ技術	太陽光発電	◎

導入率：◎80%以上 ○50～79% △20～49%



■久留米市環境部庁舎ZEB改修設備の概要



3. 本プロジェクトに関わるテーマ

- (1) 軽井沢町環境基本計画
- (2) 再生可能エネルギーの導入ポテンシャル
- (3) 地中熱利用の15年トータルコスト
- (4) まとめ

軽井沢町環境基本計画（2024年から10年間）

基本目標：自然環境/生活環境/資源循環/脱炭素社会/参加と連携

▶2020年3月ゼロカーボンシティ宣言 2030年▲46%(2013比)/2050年▲100%

▶具体的な取組み 4 ゼロカーボンシティの実現

4-1 脱炭素まちづくりの推進

建築物の省エネ化 → ZEB化

公共交通等の利用促進

自動車等の脱炭素の推進

各主体での省エネの推進

4-2 エネルギー自給率の向上

屋根への太陽光発電の設置
地域で生み出される再エネの利用拡大
小水力発電の導入

→ 再エネ活用

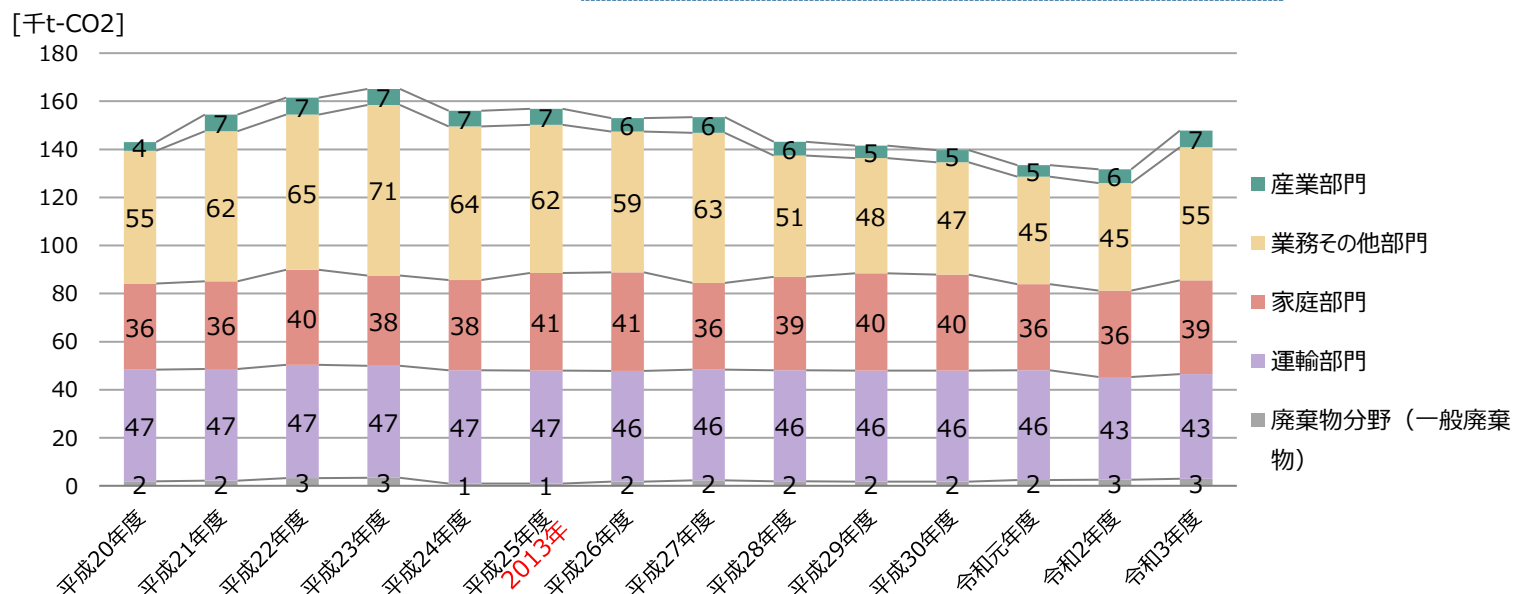


図-13. 軽井沢町の部門・分野別CO2排出量の推移
〈出典：環境省「自治体排出量カルテ①」〉

再生可能エネルギーの導入ポテンシャルについて

再生可能エネルギー（**renewable energy**）とは

広義には太陽・地球物理学的・生物学的な源に由来し、利用する以上の速度で自然の力で定常的（もしくは反復的）に補充されるエネルギー全般を指し、太陽光、風力、波力・潮汐力、水流・潮汐、地熱、バイオマス等をいう。

【太陽光発電】REPOS(再エネ情報システム)の試算

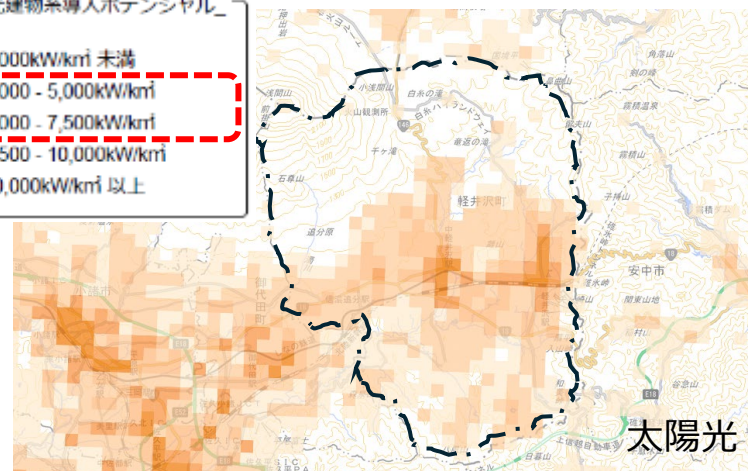
1) 再エネ導入設備容量（2020年度）

太陽光 13MW（但し自家消費を含まず）

2) 再エネ導入ポテンシャル

太陽光 399MW（建物系272MW + 土地系127MW）

太陽光を建物系のみ最大限導入すると、年間約**39.6万MWh**の発電が可能であり、2050年の電力消費予測値（約**14万MWh**）を上回るポテンシャルがあることが分かる。

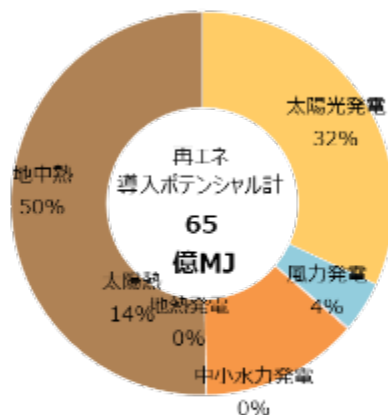


【地中熱】

3) 地中熱導入ポテンシャル

33億MJ/年（=3,300TJ）

と試算されており、町の再エネ導入ポテンシャル計の50%になる（右図）。



■ 太陽光発電 ■ 風力発電 ■ 中小水力発電
■ 地熱発電 ■ 太陽熱 ■ 地中熱

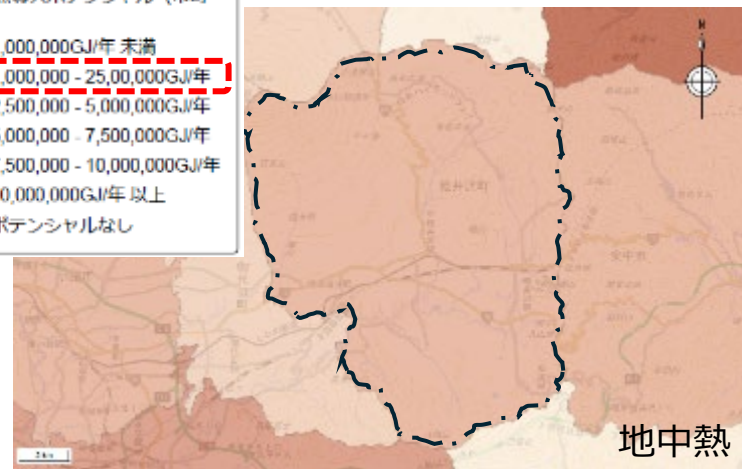
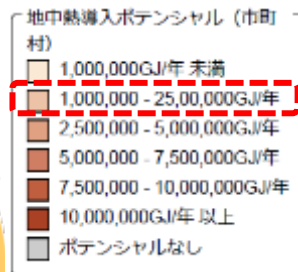


図-14. 軽井沢町の再エネ導入ポテンシャル
〈出典：環境省「自治体排出量カルテ④」〉

寒冷地の建築物と再生可能エネルギーの利用について

▶ **軽井沢(N36°)**の気候は、月別平均気温は夏冬とも**札幌(N43°)**に近く、夏は冷房が要らないほど冷涼な気候であるが、湿度が高いためにカビ対策のための通風や除湿に配慮が必要である。気候図に示した**ベルリン(N53°)**や**ウィーン(N48°)**は夏が低湿で冬は高湿度であるので大変過ごしやすい気候である。

▶ **ドイツ**は元々暖房主体の気候であるが、**再生可能エネルギー利用が義務付けられた(2009年)頃**からヒートポンプを利用した地中熱利用が拡大した(初導入は1970年頃)。**アメリカ**が大きいのは、原発の代替として**クリーンエネルギー開発政策(1990年頃)**であり、周辺に騒音や視覚影響がほぼ無いのがメリットとして理解されている。

▶ **日本**で普及が遅れたのは、**エネルギー政策の違いもあるが、地質が泥、砂、粘土などで欧州の熱伝導の良い岩盤とは異なることと、掘削コストが高いといわれている**。ただ一方で**地下水が流れている所は、熱交換効率が高く有利である**。

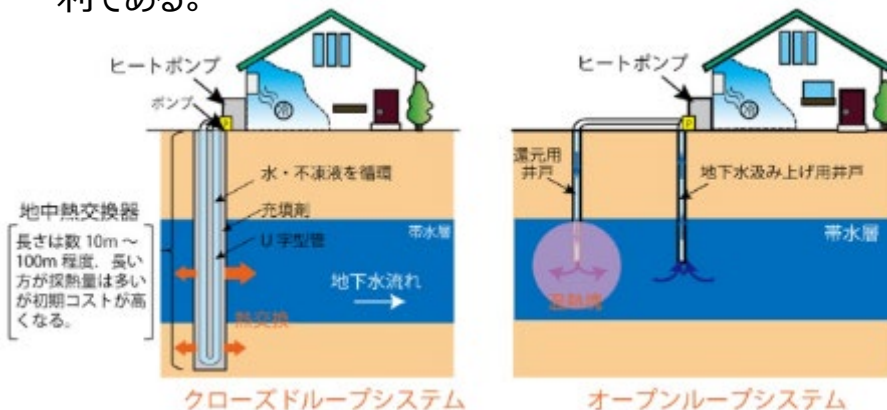


図-17.地中熱利用概念図〈出典：国立産業技術総合研究所〉

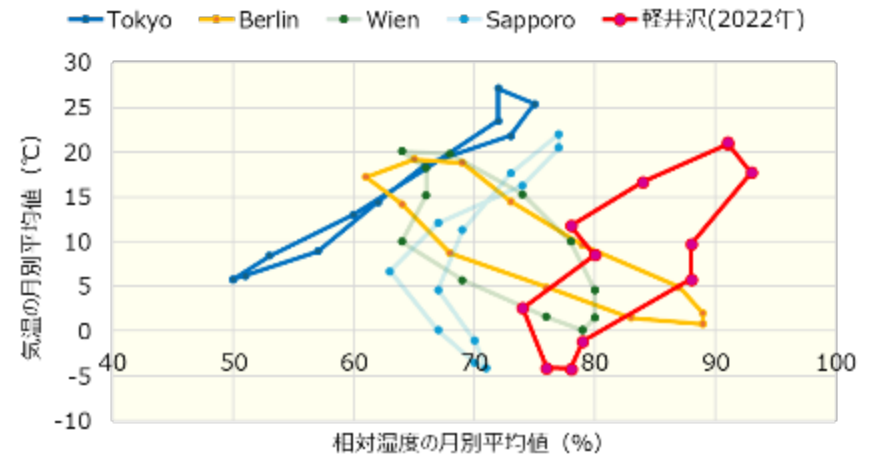


図-15.各国の気候図（温湿度の月変化）

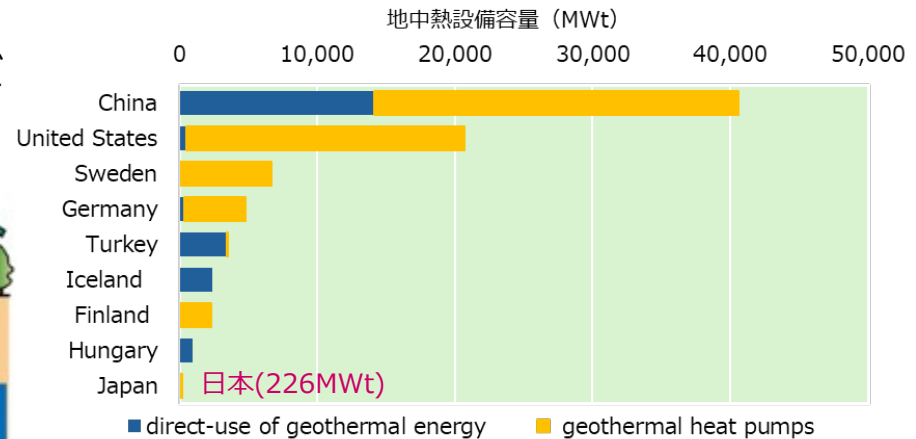


図-16.各国の地中熱利用の容量比較
〈出典：Lund and Toth(2020)より作成
日本の設備容量は2022年環境省より〉

地中熱利用の事例（軽井沢アイスパーク：軽井沢町/山下設計）

▶ 軽井沢アイスパーク建物概要

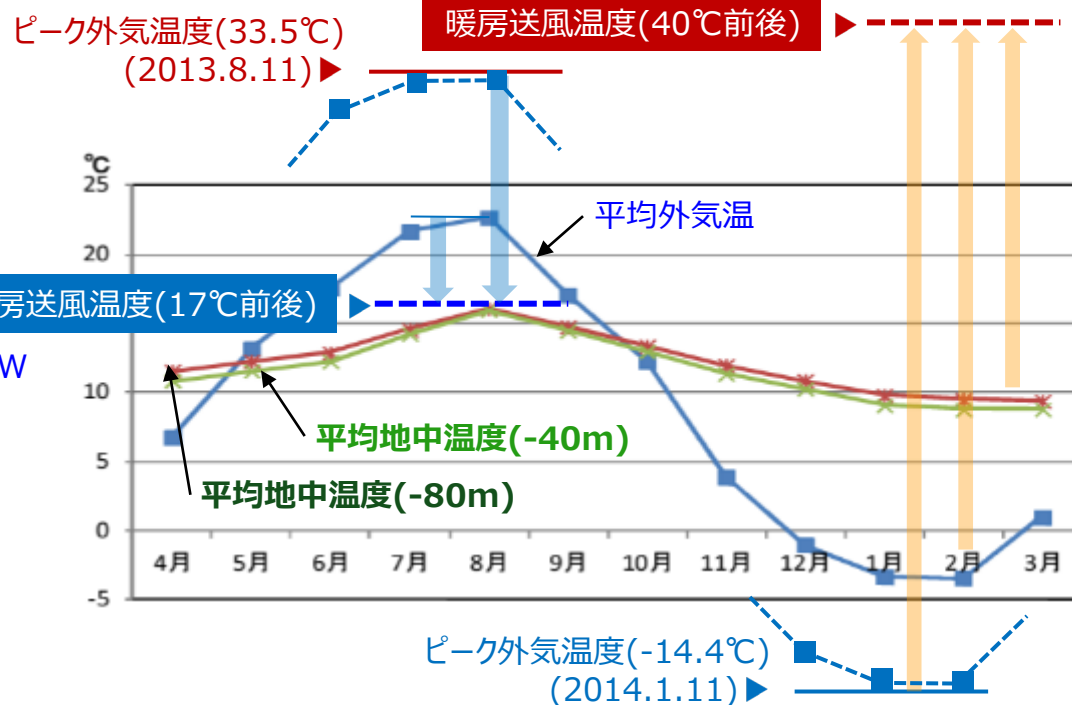
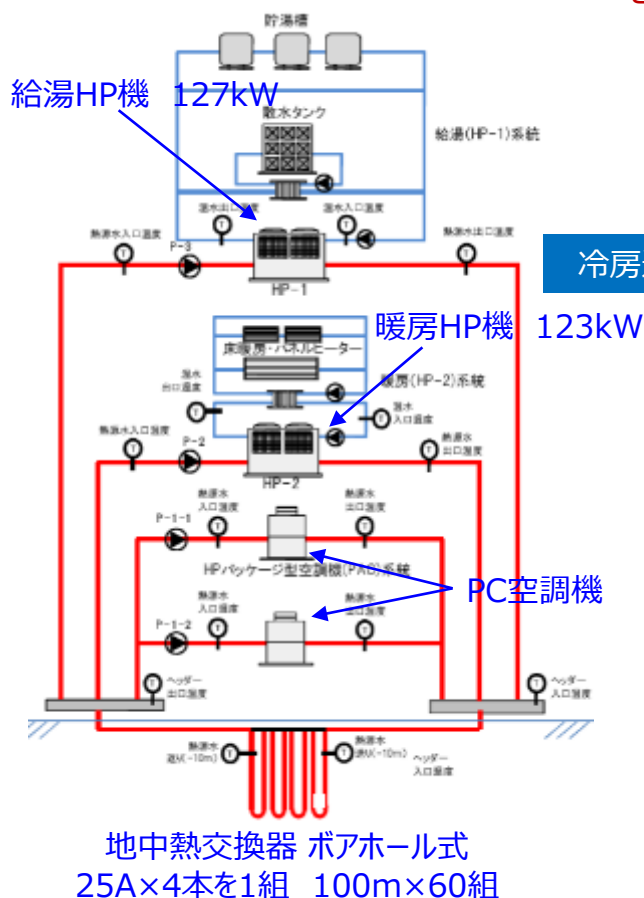
建築主：軽井沢町

工期：2011.5～2013.3

設計監理：山下設計

施設：カーリングホール(2,800㎡)/ふれあいホール(1,750㎡)

延床面積：5,069㎡



【省エネ効果】

- ▶ 給湯HP：COP6.47(2014.1.6) 〈参考〉空冷HP COP2.3(外気-2.9°C)
シャワー用給湯が主で稼働率は低い
- ▶ 暖房HP：COP3.47(2014.2.15) 〈参考〉空冷HP COP2.37(外気-1.5°C)
観客パネルヒーター・ホール床暖房でピーク日は継続運転
- ▶ PC空調機：COP4.29(2014.2.8) 〈参考〉空冷PC COP2.86(外気-4.7°C)

地中熱利用の省エネ性と省コスト（地中熱利用ガイドライン 2024.3）

36

▶事例①北海道内の町民会館

空冷HPと電気パネルヒーター併用方式に比較し

消費電力 ▲48%

ピーク電力デマンドが小 ➡基本料金減

電気料金 ▲51%

クローズドループ方式（HP106kW）

単位：年当たり

1年間あたり（2019年4月～2020年3月）	消費電力量	一次エネルギー消費量	電気使用料金
導入前（電気PH+空気熱源HP）	118.3MWh	1,179GJ	3,096千円
導入後（地中熱利用HP）	61.0MWh	608GJ	1,521千円
年間削減量	57.3MWh	571GJ	1,575千円
年間削減率	48%	48%	51%

▶山梨県内の病院

ガスボイラーと空冷HPの併用方式に比較し

一次エネルギー消費 ▲32%

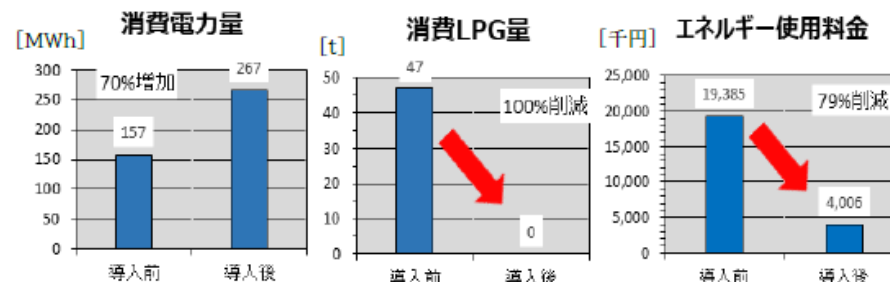
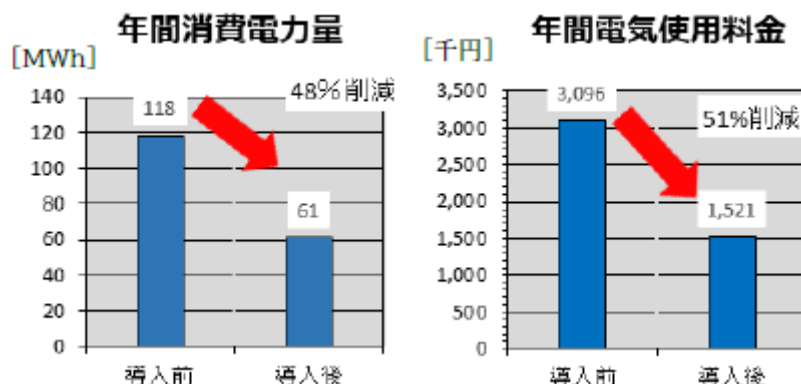
高単価のLPGからのエネルギー転換

エネルギーコスト ▲79%

オープンループ方式（HP102kW）

単位：年当たり

1年間あたり（2018年4月～2019年3月）	消費電力量	消費LPG量	一次エネルギー消費量	エネルギー使用料金
導入前（ガスボイラー+空気熱源HP）	157.4MWh	47.3t	3,943GJ	19,385千円
導入後（地中熱利用HP）	267.0MWh	0t	2,662GJ	4,006千円
年間削減量	-109.7MWh	47.3t	1,281GJ	15,379千円
年間削減率	-70%	100%	32%	79%



※1 導入前の値は、導入後のデータを基に推計した。

※2 電気PH：電気パネルヒーターの略

※3 HP：ヒートポンプの略

※4 電力使用量単価：17.35 円/kWh

基本料金：1263.6 円/kW としている。

※1 導入前の値は、導入後のデータを基に推計したものである。

※2 HP：ヒートポンプの略

※3 電力使用量単価：15 円/kWh、ガス使用量単価：360 円/kg としている。

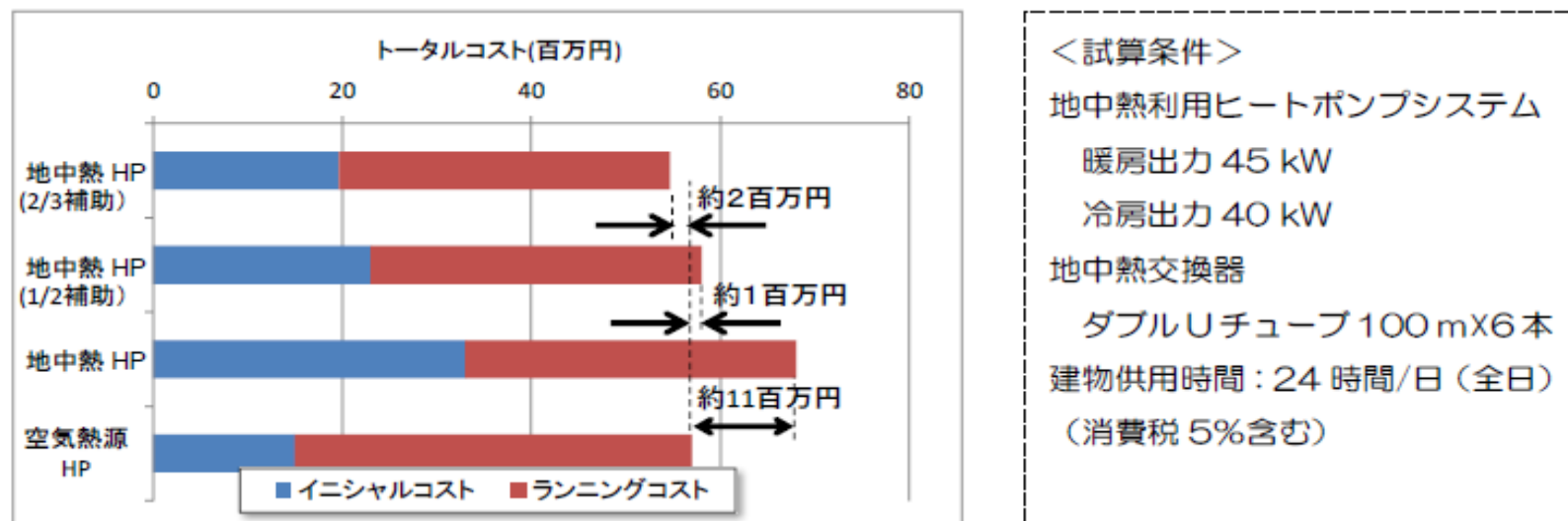
地中熱利用の15年トータルコスト（地中熱利用ガイドライン 2024.3）

▶事例：稼働率の高い公共施設の冷暖房のケース

稼働率の高い公共用施設（病院など）や民間施設（店舗など）に導入した場合の試算例では、公的機関等の補助（補助割合1/2 または2/3）を受けると、15年間の冷暖房のトータルコストが空気熱源ヒートポンプと概ね同程度となる。

この場合、**イニシャルコスト**と15年間の**ランニングコスト**を合わせても、施工方法の工夫（例：基礎杭を利用した熱交換方式など）や**助成制度**の活用によって**イニシャルコスト**を低減させることにより、**空気熱源ヒートポンプ**よりも**省コスト**となる。

地中熱交換に使用される**樹脂管（ポリプロピレン）**は、住宅用給水給湯管やインフラ配管の70%に使用されており、**寿命は50年**といわれており、**使用年数を延ばすほどコストメリットが増す**ことになる。



注1：補助率1/2、2/3 でイニシャルコストが1/2、2/3 になっていないのは、補助の対象とならない室内機などの費用が含まれることと、本事例が既存建物の設備更新によるものであり、補助の対象とならない既設撤去費用が含まれるため。

注2：モニタリング機器費用は含まれていない。

図-18.地中熱利用HPの15年間のトータルコスト

〈出典：地中熱ガイドライン2024.3〉

まとめ：軽井沢の建築物とエネルギー利用システムの在り方

▶基本理念

～森・水・空気と美しい景観を未来に引き継ぐ地域の力～

「軽井沢環境基本計画2024-2033」「軽井沢町都市計画マスタープラン2023.3」「第6次軽井沢町長期振興計画2023-2032」

本PJでは、「伝統と優れた自然や景観の保持」と「持続可能な環境先進都市づくり」を同時に満足する計画であるべきと考える。

▶エネルギー利用 〈省エネ＋創エネ〉でZEBを目指すこと

建築設計：パッシブ手法を基本として、アクティブ手法を効果的に導入すること、そしてZEB実現に向け、創エネの利用に努力すること

- ・太陽光発電は、商業系市街地ゾーン、住居系市街地ゾーン中心に導入を図る。その他のエリアにおいても景観に配慮の上で導入を検討する。木の蔭による発電量低下に注意。PPAの導入やグリーン電力の購入も視野に入れる。

- ・地中熱利用は、景観的・環境的にも導入価値があるが、稼働率の向上と補助金の導入の検討が必要になる。地中熱交換機の設置には敷地の大きさが必要になり、設置場所の制限がある。躯体を利用したクール・ヒートトレンチや外気導入地中ダクトの導入検討も有効である。

- ・ウッドチップ使用のバイオマスボイラも有効である。特に緑住共生ゾーンの別荘エリアでは年間E消費が少なく、グリーン電力の購入や森林の吸収も考慮すると実質ZEB/ZEHが可能である。



図-19.将来都市構造図
〈出典：軽井沢町都市計画マスタープラン2023.3〉

■山林による炭素吸収量の試算

軽井沢町行政区域	15,603ha
都市計画区域	8,301ha(山林他3,977ha + 都市的土地利用4,324ha)
軽井沢町全体の炭素C排出量	140,000t-CO ₂ /年×0.273 = 38,220t-C/年
森林の炭素吸収量(地球環境研究センター)	1t-C/ha年
都市計画区域における森林による炭素吸収割合	3,977ha×1t-C/ha年 / 38,220t-C/年 = 10.4%

ご清聴ありがとうございました



4. 参考資料

【参考1】ZEB定義・評価方法

【参考2】ZEBロードマップ

【参考3】2024年建築物省エネ基準引き上げ

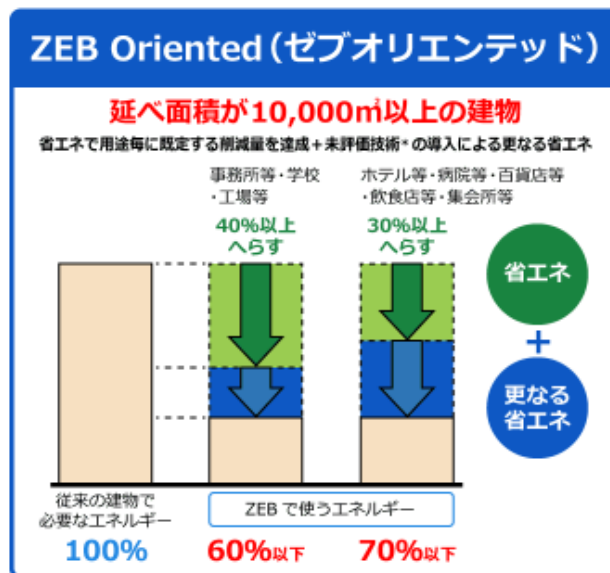
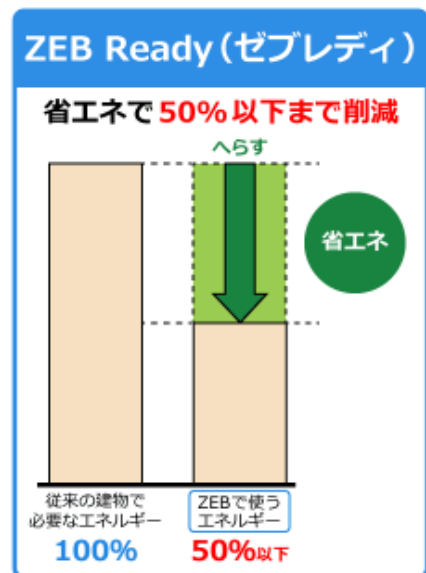
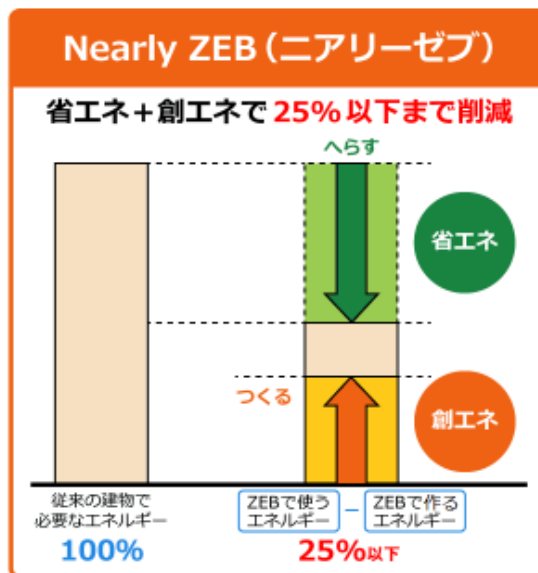
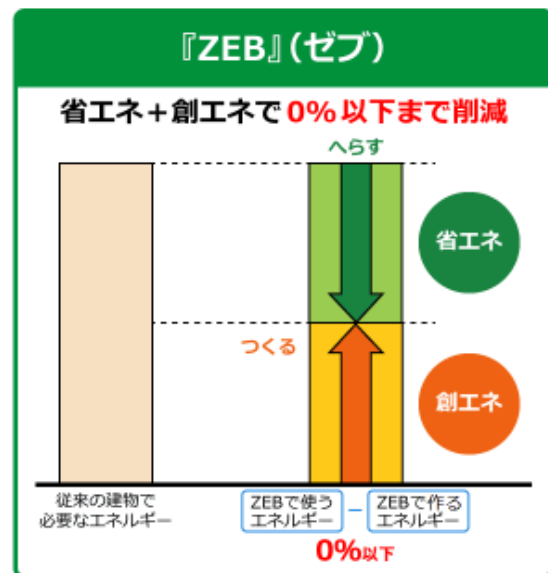
【参考4】建築物再生可能エネルギー利用促進区域制度

【参考5】コベネフィット（EB+NEB）の貨幣価値換算方法

【参考6】ZEB普及促進に向けた省エネルギー建築物支援事業

【参考7】LCCCO₂削減型の先導的な新築ZEB支援事業

【参考 1】 ZEBの定義・評価方法



*WEBPRO において現時点で評価されていない技術

【ZEB OrientedにおけるWEBPRO未評価技術】

- ① CO2濃度による外気量制御
- ② 自然換気システム
- ③ 空調ポンプ制御の高度化 (VWV*、適正容量分割、末端差圧制御、送水圧力設定制御等)
- ④ 空調ファン制御の高度化 (VAV*、適正容量分割等)
- ⑤ 冷却塔ファン・インバータ制御
- ⑥ 照明のゾーニング制御
- ⑦ フリークーリング
- ⑧ デシカント空調システム
- ⑨ クール・ヒートトレンチシステム
- ⑩ ハイブリッド給湯システム等
- ⑪ 地中熱利用の高度化 (給湯ヒートポンプ、オープンループ方式、地中熱直接利用等)
- ⑫ コージェネレーション設備の高度化 (吸収式冷凍機への蒸気利用、燃料電池、エネルギーの面的利用等)
- ⑬ 自然採光システム
- ⑭ 超高効率変圧器
- ⑮ 熱回収ヒートポンプ

〈出典：環境省「ZEB PORTAL」より〉



【参考3】 2024年省エネ基準の引き上げ

- ▶ 現行、延床面積が2000m²以上の大規模非住宅建築物は省エネ法適合義務。
- ▶ 2024年4月省エネ法改正：大規模非住宅（2,000m²以上）の省エネ基準引き上げ

BEI = 設計一次E消費量/基準一次E消費量（その他一次E消費量を除く）

工場：0.75

事務所・学校・ホテル・百貨店：0.8

病院・飲食店・集会場：0.85

- ▶ 2024年4月省エネ性能表示制度（自己評価/第三者評価**BELS**）

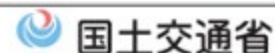
「**BELS**」（Building-Housing Energy-efficiency Labeling System）とは、建築物省エネ法に基づき建築物の省エネ性能を表示する第三者認証制度の1つで、（一社）住宅性能評価・表示協会が運営している。

	2024年度以前	2024年度以降	2030年度までに
小規模 300m ² 未満	説明義務 支援措置（補助金・融資）における省エネ基準適合要件化	2025年度から 適合義務化	BEI = 0.8に引き上げ
中規模 300m ² 以上～ 2000m ² 未満	届出義務（基準に適合せず必要と認める場合、指示・命令等）	2025年度から 適合義務化 2026年度から 義務基準引き上げ（BEI = 0.8程度）	ZEBレベル （用途によりBEI = 0.6/0.7）
大規模 2000m ² 以上	適合義務 （建築確認手続きに連動）	2024年度から 義務基準引き上げ（BEI = 0.8程度） 工場：0.75 事務所・学校・ホテル・百貨店：0.8 病院・飲食店・集会場：0.85	

参考図-3. 非住宅建築物の省エネ基準適合義務化の動き



建築物再生可能エネルギー利用促進区域制度の概要



【施行日：公布の日から2年以内（R6年度～）】

- 建築物への再エネ利用設備の導入促進のため、改正建築物省エネ法（令和4年6月公布）により「**建築物再生可能エネルギー利用促進区域**」制度を創設。本制度は、令和6年度に施行予定。
- 市町村が促進計画を作成・公表することで、計画対象区域内において、①**建築士から建築主に対する再エネ利用設備についての説明義務**、②**建築基準法の形態規制の特例許可**等を措置。

制度の概要

○市町村は、基本方針に基づき、建築物への再エネ利用設備の設置の促進を図ることが必要であると認められる区域について、**促進計画を作成することができる**。



行政区域全体を設定



一定の街区等を設定

計画
公表

※ 住民の意見を踏まえ、気候・立地等が再エネ設備の導入に適した区域を設定。

【促進計画に定める事項（法第67条の2第2項）】

- ・ 再エネ利用促進区域の位置、区域
- ・ 設置を促進する再エネ利用設備の種類
- ・ 建築基準法の特例適用要件に関する事項

○再エネ利用設備の種類については、国土交通省令で定める再エネ利用設備（下表はその案）から、市町村が選択

次の再生可能エネルギー源を電気に変換する設備及びその附属設備	太陽光／風力／水力／地熱／バイオマス
次の再生可能エネルギー源を熱源とする熱を利用するための設備	太陽熱／地熱／雪又は氷その他の自然界に存する熱（大気中の熱及び前出の地熱・太陽熱を除く）／バイオマス

計画区域内に適用される措置

建築士による再エネ導入効果の説明義務

- ・ 建築主に対し、設置可能な再エネ設備を書面で説明
- ・ 条例で定める用途・規模の建築物が対象

市町村の努力義務（建築主等への支援）

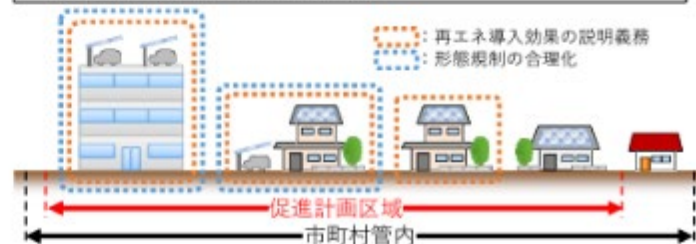
- ・ 建築主に対し、情報提供、助言その他の必要な支援を行う
（例：再エネ利用設備の設置に関する基本的な情報や留意点）

建築主の努力義務（再エネ利用設備の設置）

- ・ 区域内の建築主に対し、再エネ利用設備を設置する努力義務
- ・ **形態規制の合理化**
- ・ 促進計画に定める特例適用要件に適合して再エネ設備を設置する場合、建築基準法の形態規制について、特定行政庁の特例許可対象とする

【特例許可の対象規定（建築基準法）】

- ・ 容積率 ・ 建蔽率
- ・ 第一種低層住居専用地域等内における建築物の高さ
- ・ 高度地区内における建築物の高さ



【参考5】コベネフィット (EB+NEB)の貨幣 価値換算方法

(出典：(一社)日本サステナブル
建築協会「エネルギークリエイティブ
タウン調査報告書2016.6」より)

便益	貨幣価値換算要領	文献等に基づき設定する数値
<直接的便益(EB)>		
光熱費削減	光熱費削減(円/年) = [エネルギー削減量(MJ/年)] × [エネルギー単価(円/MJ)]	[エネルギー単価] 都市ガス事業費、電力事業者の供給約款、選択約款に基づき設定
<間接的便益(NEB)>		
a. 環境価値創出に対する便益		
a1. CO ₂ 削減価値	CO ₂ 削減価値(円/年) = [CO ₂ 削減量(t-CO ₂ /年)] × [CO ₂ 価格(円/t-CO ₂)]	[CO ₂ 価格] 東京都の「数量削減義務と排出量取引制度取引価格の算定結果(2015.10)」の事例(最も低い水準の約定価格で1,500~2,000円/t-CO ₂)およびJ-ETSの排出権の市場価格(7.5~8.5ユーロ/t-CO ₂)を参考に設定(例:1,500円/t-CO ₂)
a2. グリーンエネルギー創出価値	グリーンエネルギー創出価値(円/年) = [グリーンエネルギー利用量(MJ/年)] × [グリーンエネルギー単価(円/MJ)]	[グリーンエネルギー単価] 「カーボン・オフセットに用いられるVERの認証基準に関する検討会」関係資料等のグリーン電力買値価格(約15円/kWh(太陽光発電))を参考に設定(例:15円/kWh)
b. 地域経済波及に伴う便益		
b1. インフラ建設投資による経済波及効果	インフラ建設投資の経済波及効果(円/年) = [インフラ建設初期投資額(円)] × [粗付加価値率] ÷ [波及効果の期間(年)]	[粗付加価値率] 自治体の各種の産業連関分析による公共投資の粗付加価値の試算例等を参考に設定(例:0.5) [波及効果の期間] 事業設備の耐用年数の7割として設定(例:10.5年~31.5年)
b2. 事業運営による経済波及効果	事業運営による経済波及効果(円/年) = [事業運営費(円/年)] × ([波及倍率]-1)	[波及倍率] 自治体の各種の産業連関分析による公共事業の波及倍率の試算例等を参考に設定(例:1.3)
b3. 不動産価値上昇効果(住宅地)	エリアの不動産価値上昇効果(円/年) = [標準地価(円/m ²)] × [対象土地面積(m ²)] × [不動産価値上昇率(%)]/100	[標準地価] 総務省統計局「統計でみる市区町村のすがた2010」の数値を利用 [不動産価値上昇率] 「CASBEE不動産活用マニュアル(暫定版)(09.7)」の資料上昇率(モデルケースで資料の0~5%)を参考に設定(例:0.5%)
b4. 不動産価値上昇効果(商業地)	不動産価値上昇効果(円/年) = [対象土地面積(m ²)] × [不動産価値上昇率(%)]/100	[不動産価値上昇率] 事業設備の耐用年数の7割として設定(例:10.5年~31.5年)
c. リスク回避による便益		
c1. BLP(業務・生活継続計画)への貢献-ライフライン供給途絶時の損失回避効果	ライフライン-供給停止時の損失回避効果(円/年) = [地区の生産能力原単位(円/(m ² ・日))] × [地区の総床面積(m ²)] × [災害発生確率(回/年)] × [RF(対策あり)の生産能力] - ([RF(無対策)の生産能力] (円/回)	[災害発生確率] 中央防災会議「首都圏直下地震の被害想定と対策について(最終報告)(2013.12)」より引用(今後30年間に70%の確率) [RF(レジリエンス)ファクター]: 災害発生直後の生産能力(0~1): 対象地区における無対策の場合のRF、対策ありの場合のRFの値は、本報告書3.2を参照 RFに対する生産能力の回復経路: 災害発生時における産業部門の生産能力の推計-東日本大震災を対象として、自然災害科学JNSDS31-4 pp.283-304 (2013)より、 [災害発生時から日経過後の生産能力(非製造業部門)] = RF + (1-RF) × exp(-2.453+0.083R+0.023RF)/[1+exp(-2.453+0.083R+0.023RF)]
c2. 法規制強化・基準値引上げ等に伴うリスクの回避効果	法規制強化に伴うリスクの回避効果(円/年) = [光熱費(円/年)] × [リスク回避費用率(%)]/100	[リスク回避費用率] 住友信託銀行「環境配慮型ビルに関する企業の意識調査結果概要について(2005.7)」を参考に設定(例:環境に対する法規制の厳格化を考慮し光熱費の1~3%相当の対策コストを想定する企業の算定平均)
c3. 健康被害の回避効果(家庭部門)	(震災等非常時の避難者の健康被害として算出) 健康被害の回避効果(円/年) = [保険金額(円/人)] × [災害発生確率(回/年)] × [対象人口(人/回)] × [影響を受ける人の割合(%)]/100	[保険金額] 生命保険文化センター「生命保険に関する全国実態調査(2015.12)」から引用(例:昔年の普通死亡保険金額 2,423万円/人) [災害発生確率] c1に同じ [影響を受ける人の割合] 復興庁「東日本大震災における震災関連死の報告(2012.8)」において東北3県で避難所または避難所へ移動中に亡くなった人の割合をもとに設定(例:0.14%)
c4. 健康被害の回避効果(業務部門)	健康被害の回避効果(円/年) = [欠勤率(日/人・年)] × [給与所得(円/人・年)] ÷ [勤続日数(日/年)] × [影響人数(人)] × [発生確率]	[給与所得] 国税庁「給与所得の課税(2005年度)」の数値を利用(例:全国平均値437万円/人(実りなども含む))
d. 普及・普及効果としての便益		
d1. 先進的・モデル的事業による普及・普及効果	普及・普及効果(円/年) = [対象人口(人)] × [普及・普及に要するコスト(円/人・年)] × [有効期間係数]	[対象人口] 対象地区に居住する人口 [普及・普及に要するコスト] 非営利団体のセミナー参加費を参考に設定(例:3,000円/人) [有効期間係数] EDOO事業等における国の補助事業等の報告義務期間を参考に先進性・モデル性がある期間の、事業期間に対する割合とする(例:3年/10年)
d2. 先進的・モデル的事業による広告宣伝効果	広告宣伝効果(円/年) = [対象に要する費用(円/年)] × [広告宣伝効果係数] × [有効期間係数]	[広告宣伝効果係数] 環境省「環境会計ガイドライン2005年度参考資料集」掲載企業の事例(例:環境関連コストに占める2%相当の効果を参考に設定(例:2%)) [有効期間係数] d1に同じ
e. 執務・居住環境の向上による便益		
e1. 執務者の知的生産性向上効果	執務者の知的生産性向上効果(円/年) = [影響人数(人)] × [人件費(円/人・年)] × [生産性向上係数] × [有効期間係数]	[生産性向上係数] Diana Urge-Vorsatz, et al., Mitigating CO ₂ emissions from energy use in the world's buildings, Building Research & Information(2007)35(4), 379-398の事例分析(英国の環境配慮型建築物16件で、-10~+11%の知的生産性の増進あり)を参考に設定(例:0.5%(平均))
e2. 居住者の健康増進効果	居住者の健康増進効果(円/年) = [対象人数(人)] × [支払意思額(円/人・年)] × [有効期間係数]	[対象人数] 当該地区における居住者数 [支払意思額] 居住者を対象とするアンケート調査等に基づき設定する
f. 自立分散型電源の調力能力と容量により創出される便益		
f1. ディマンtrアシスト(DR)に対応したネガワットの創出	ディマンtrアシスト(DR)に対応したネガワットの創出(円/年) = [DR発動時のエリア外へ融通可能な発電能力(kW)] × [DR発動時間(h/年)] × [DR発動時のネガワットの単価(円/kWh)]	[DR発動時のエリア外へ融通可能な発電能力]、[DR発動時間] BEST等により計算 [DR発動時のネガワットの単価] 東電東証のインセンティブ価格等を参考に設定
f2. 供給エリア外の非常時の電源予備力	供給エリア外の非常時の電源予備力としての便益(円/年) = [災害時に地区外の電力不足を補える発電能力(kW)] × [災害発生確率(回/年)] × [供給停止時間(h/回)] × [供給停止被害額単位(円/kW・時間)]	[災害時に地区外の電力不足を補える発電能力] BEST等により計算 [災害発生確率]、[供給停止時間(h/回)] 中央防災会議「首都圏直下地震の被害想定と対策について(最終報告)(2013.12)」より引用(今後30年間に70%の確率、電力復旧日数(日)に対し平均的には3日(72時間)を設定) [供給停止被害額単位] (一社)電力系統利用協議会「電力系統調度確保形成等調査報告書」に示した今後の我が国の電力系統の在り方に資する調査(2010.3)を参考に設定

【参考-6】ZEB普及促進に向けた省エネルギー建築物支援事業

建築物等のZEB化・省CO₂化普及加速事業のうち、

(1) ZEB普及促進に向けた省エネルギー建築物支援事業（経済産業省連携事業）



業務用施設のZEB化普及促進に資する高効率設備導入等の取組を支援します。

1. 事業目的

- 一度建築されるとストックとして長期にわたりCO₂排出に影響する建築物分野において、建築物のZEB化の普及拡大を強力に支援することで2050年のカーボンニュートラル実現に貢献する。
- 建築物分野の脱炭素化を図るためには既存建築物ストックの対策が不可欠であり、2050年ストック平均でZEB基準の水準の省エネルギー性能※1の確保を目指す。

2. 事業内容

①新築建築物のZEB普及促進支援事業（経済産業省連携事業）

②既存建築物のZEB普及促進支援事業（経済産業省連携事業）

ZEBの更なる普及拡大のため、新築／既存の建築物ZEB化に資するシステム・設備機器等の導入を支援する。

◆補助要件：ZEBの基準を満たすと共に、計量区分ごとにエネルギーの計量・計測を行い、データを収集・分析・評価できるエネルギー管理体制を整備すること。需要側設備等を通信・制御する機器を導入すること。新築建築物については再エネ設備を導入すること。ZEBリーディング・オーナーへの登録を行い、ZEBプランナーが関与する事業であること等。

◆優先採択：以下に該当する事業については優先採択枠を設ける。

- ・補助対象事業者が締結した建築物木材利用促進協定に基づき木材を用いる事業
- ・CLT等の新たな木質部材を用いる事業 等

3. 事業スキーム

- 事業形態 間接補助事業（2/3～1/4（上限3～5億円））
- 補助対象 地方公共団体※2、民間事業者・団体等※3
- 実施期間 令和6年度～令和10年度

4. 補助対象等

延べ面積	補助率等	
	新築建築物	既存建築物
2,000㎡未満	『ZEB』 1/2 Nearly ZEB 1/3 ZEB Ready 対象外	『ZEB』 2/3 Nearly ZEB 2/3 ZEB Ready 対象外
2,000㎡～10,000㎡	『ZEB』 1/2 Nearly ZEB 1/3 ZEB Ready 1/4	『ZEB』 2/3 Nearly ZEB 2/3 ZEB Ready 2/3
10,000㎡以上	『ZEB』 1/2 Nearly ZEB 1/3 ZEB Ready 1/4 ZEB Oriented 1/4	『ZEB』 2/3 Nearly ZEB 2/3 ZEB Ready 2/3 ZEB Oriented 2/3

※1 一次エネルギー消費量が省エネルギー基準から、用途に応じて30%又は40%程度削減されている状態。

※2 都道府県、指定都市、中核市及び施行時特例市を除く。

※3 延べ面積において新築の場合10,000㎡以上、既存の場合2,000㎡以上の建築物については民間事業者・団体等は対象外。

建築物等のZEB化・省CO2化普及加速事業のうち、 (2) LCCO2削減型の先導的な新築ZEB支援事業



LCCO2削減を重視した新築業務用施設のZEB化に資する高効率設備導入等の取組を支援します。

1. 事業目的

- 建築物分野においてZEB化を促進するにあたり、運用時の脱炭素化のみならず建築物のライフサイクルを通じて脱炭素化を目指す先導的な建築物への支援によって2050年のカーボンニュートラル実現をリードする。
- 建築物における更なる付加価値向上の可能性を模索し、快適で健康な社会の実現に貢献する。

2. 事業内容

① LCCO2 (ライフサイクルCO2) 削減型の先導的な新築ZEB支援事業

運用時及び建築時、廃棄時に発生するCO2を削減し、かつ先導的な取組を行うZEB建築物の普及拡大のため、下記の要件を満たす建築物についてZEB化に資するシステム・設備機器等^{※1}の導入を支援する。

- ◆補助要件：ZEB Ready基準以上の省エネルギー性能を満たし、(1)事業と同様にエネルギー管理体制の整備、ZEBリーディング・オーナーへの登録、ZEBプランナーの関与等がある上で、LCCO2の算出及び削減、再エネ及び未評価技術の導入等を要件とし、付随する運用時の先導的な取組も採択時に評価する。

- ◆特に評価する先導的な取組：災害に対するレジリエンス性の向上、自営線を介した余剰電力の融通、建材一体型太陽光電池の導入 等

- ◆優先採択：以下に該当する事業については優先採択枠を設ける。

- ・補助対象事業者が締結した建築物木材利用促進協定に基づき木材を用いる事業
- ・CLT等の新たな木質部材を用いる事業 等

② ZEB化推進に係る調査・検討事業

建築物の脱炭素化・ZEB化を先導・推進するために必要な調査・検討等を行う。

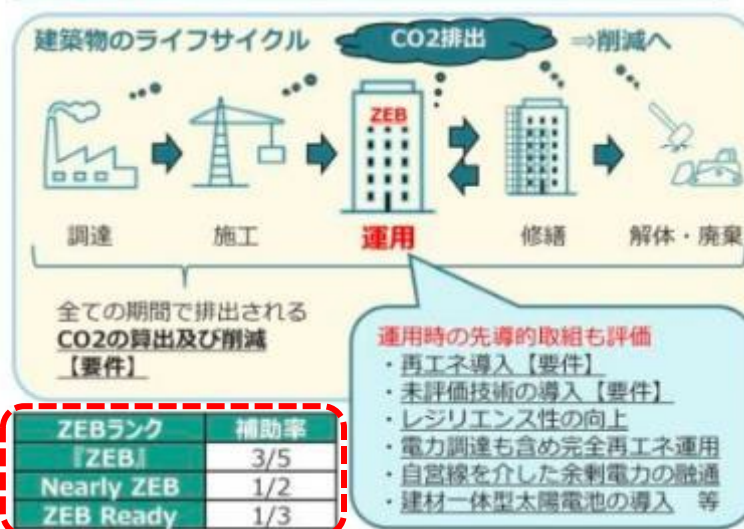
3. 事業スキーム

■事業形態 ①間接補助事業(3/5～1/3(上限5億円)) ②委託事業

■委託先及び補助対象 地方公共団体^{※2}、民間事業者、団体等

■実施期間 令和6年度～令和10年度

4. 事業イメージ



※1 EV等(外部給電可能なものに限る)を充放電設備とセットで購入する場合に限り、蓄電容量の1/2×4万円/kWh補助(上限あり)。

※2 都道府県、指定都市、中核市及び施行時特例市を除く。延べ面積において10,000㎡以上の建築物については地方公共団体のみ対象。