

# ゼロエネルギーハウス (ZEH)を対象とした ライフサイクルコストに関する研究

戸建住宅モデルを対象として

指導教員

熊耳 慶太郎  
赤林 伸一 教授

# 研究目的

ZEH(ゼロエネルギーハウス)とは**年間の1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住宅のことである。そのためには

1. **外皮の断熱性能を向上**
2. **高効率な設備機器を導入**
3. **再生可能エネルギーを導入**

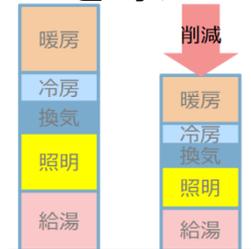
が必要である。(経済産業省資源エネルギー庁「ZEHロードマップとりまとめ」)

外皮の断熱性能  
を向上



+

高効率な設備機器  
を導入



+

再生可能エネルギー  
を導入



図 ZEHのイメージ

引用 [http://www.meti.go.jp/information\\_2/publicoffer/review2018/kokai/r5.pdf](http://www.meti.go.jp/information_2/publicoffer/review2018/kokai/r5.pdf)

※ 石油や天然ガスなど自然から直接採取されるエネルギーのことである。

我が国のエネルギー基本計画(2014年4月閣議決定)では、2020年までに標準的な新築集宅で、2030年までに新築住宅の平均でZEHの実現を目指す政策が設定され、ZEHの普及が推奨されている。

ZEHには、住宅の高気密高断熱化、高効率空調・高効率給湯設備による省エネルギー、太陽光発電等によるオンサイトの発電が必要である。しかし設備導入によるインシヤルコストの増大が考えられ、ZEHのライフサイクルコストの評価が必要である。

我が国のエネルギー基本計画(2014年4月閣議決定)では、2020年までに標準的な新築集宅で、2030年までに新築住宅

本研究では、ZEHに必要な建設費や太陽光発電等の**イニシャルコスト**と、**電力会社からの買電料金及び余剰発電量の売電料金**の算出を行い、ランニングコストを求め、ZEHの**ライフサイクルコスト**とその有効性を明らかにすることを目的とする。

下の発電が必要である。しかし設備導入による**イニシャルコスト**の増大が考えられ、ZEHの**ライフサイクルコスト**の評価が必要である。

# 研究概要

解析対象地域は**札幌**、**東京**、**新潟**、**福岡**とし、日本建築学会住宅用標準問題モデル<sup>文1)</sup>の**全電化住宅**を対象とする。家族構成は父・母・子2人の計**4人**とする。

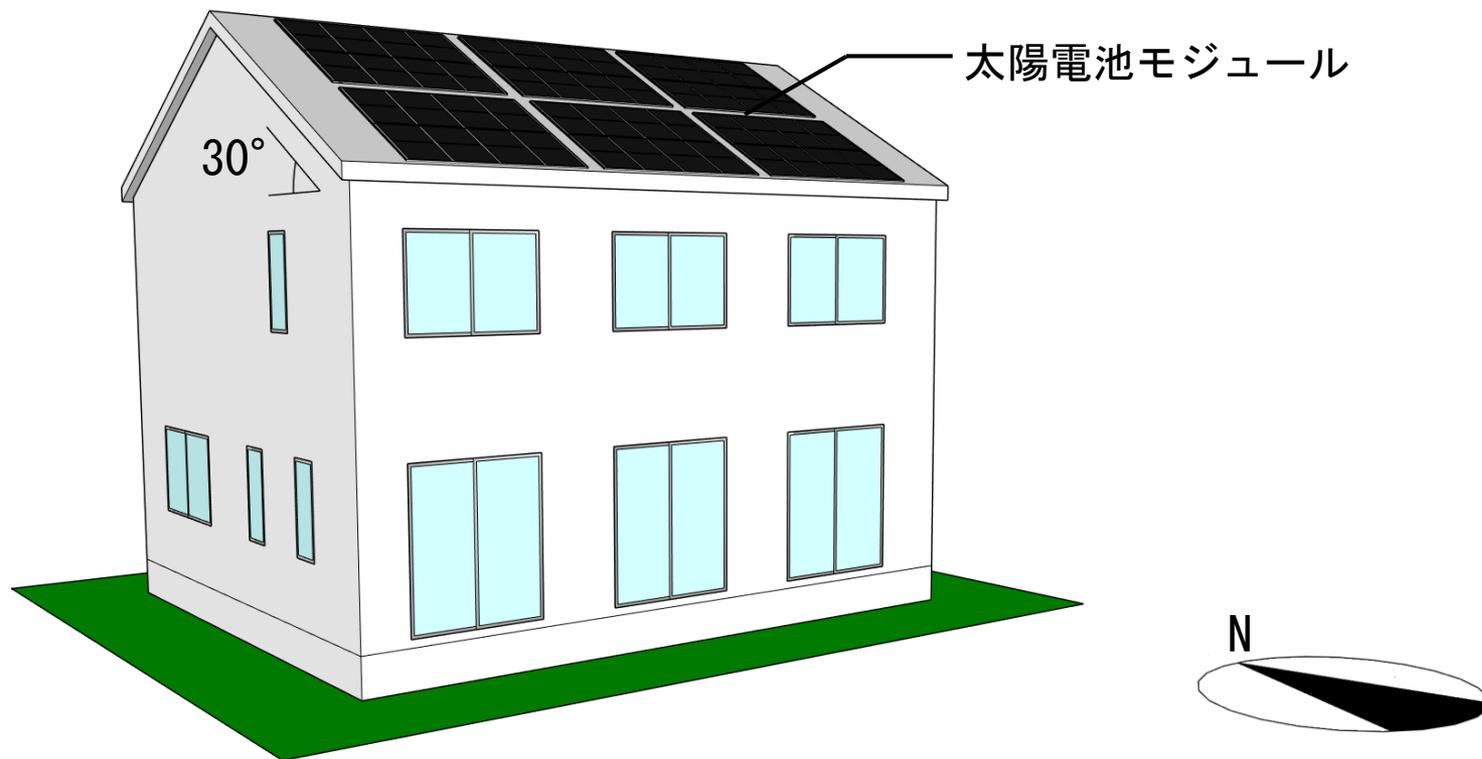


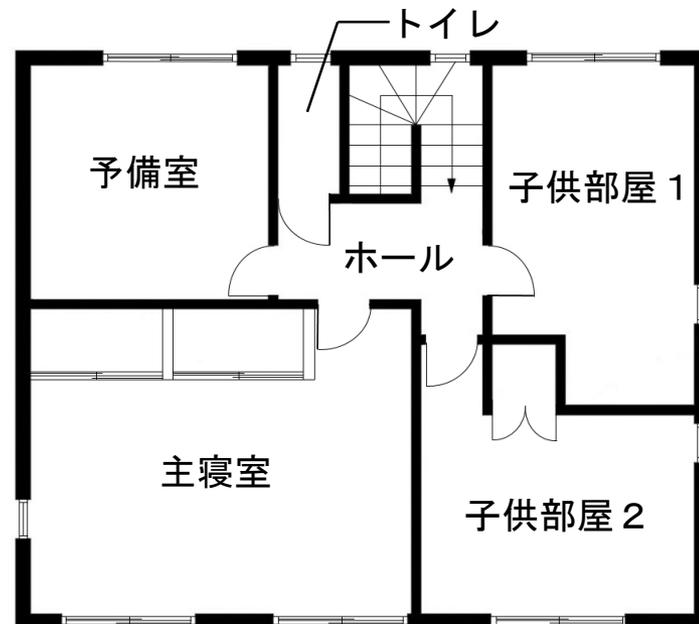
図1 対象住宅モデルの概要

文1) 宇田川光弘：標準問題の提案、住宅用標準問題、日本建築学会環境工学委員会熱分科会第15回シンポジウムテキスト、1985年

ZEHロードマップ検討委員会が定めたZEH基準である外皮平均熱貫流率 $U_A$ 値 $0.6 [W/(m^2 \cdot K)]$ をもとに、 $U_A$ 値 $0.3$ 、 $0.6 [W/(m^2 \cdot K)]$ をZEH仕様モデル、 $U_A$ 値 $1.2$ 、 $2.4 [W/(m^2 \cdot K)]$ を従来仕様モデルとして比較検討を行う。



(1) 1階平面図



(2) 2階平面図



図2 対象住宅の平面

気象データには**日本建築学会拡張アメダス気象データ(標準年)**を用いる。気象データの水平面直達日射量と水平面天空日射量を用いて**傾斜面及び鉛直面の全天日射量**を算出する。

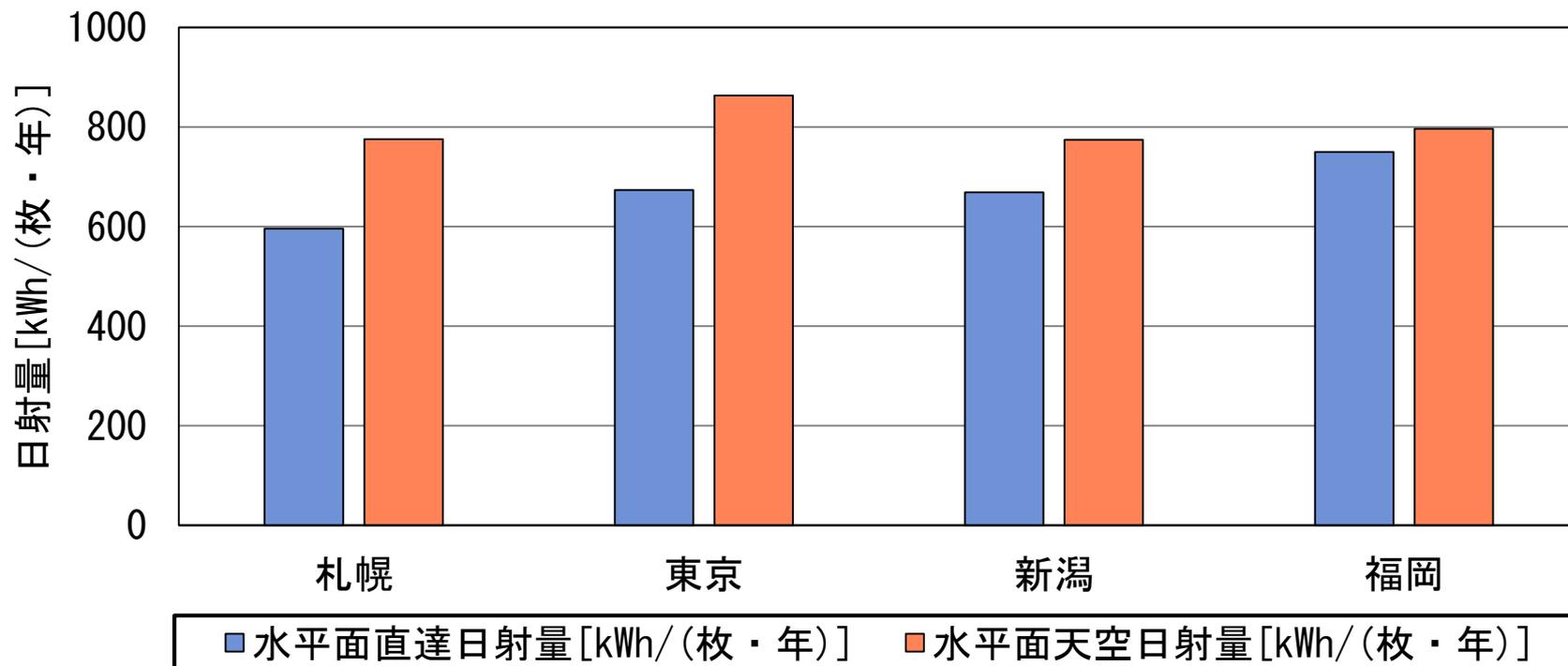


図 解析対象地域における年積算水平面日射量

算出された日射量を用いて太陽電池モジュール1枚あたりの発電量を算出する。

表1 太陽電池モジュールの仕様

セル種類	単結晶シリコン
変換効率 [%]	16.4
温度係数 <sup>※2</sup> [W/°C]	-0.89
最大出力 [kW]	0.19
面積 [m <sup>2</sup> ]	1.156
寸法 [m]	1.168 × 0.99
パワーコンディショナー <sup>※3</sup> 変換効率 [%]	95.5

※2 温度係数とは太陽光発電システムの運転状況における太陽電池モジュールの温度から日射強度による平均温度を算出し、その結果を用いて発電する。

※3 パワーコンディショナーとは太陽電池モジュールからの直流電流を交流電流に変換する機器である。

# 発電量の計算結果

どの地域においても発電量が最も多いのは南面30度である。

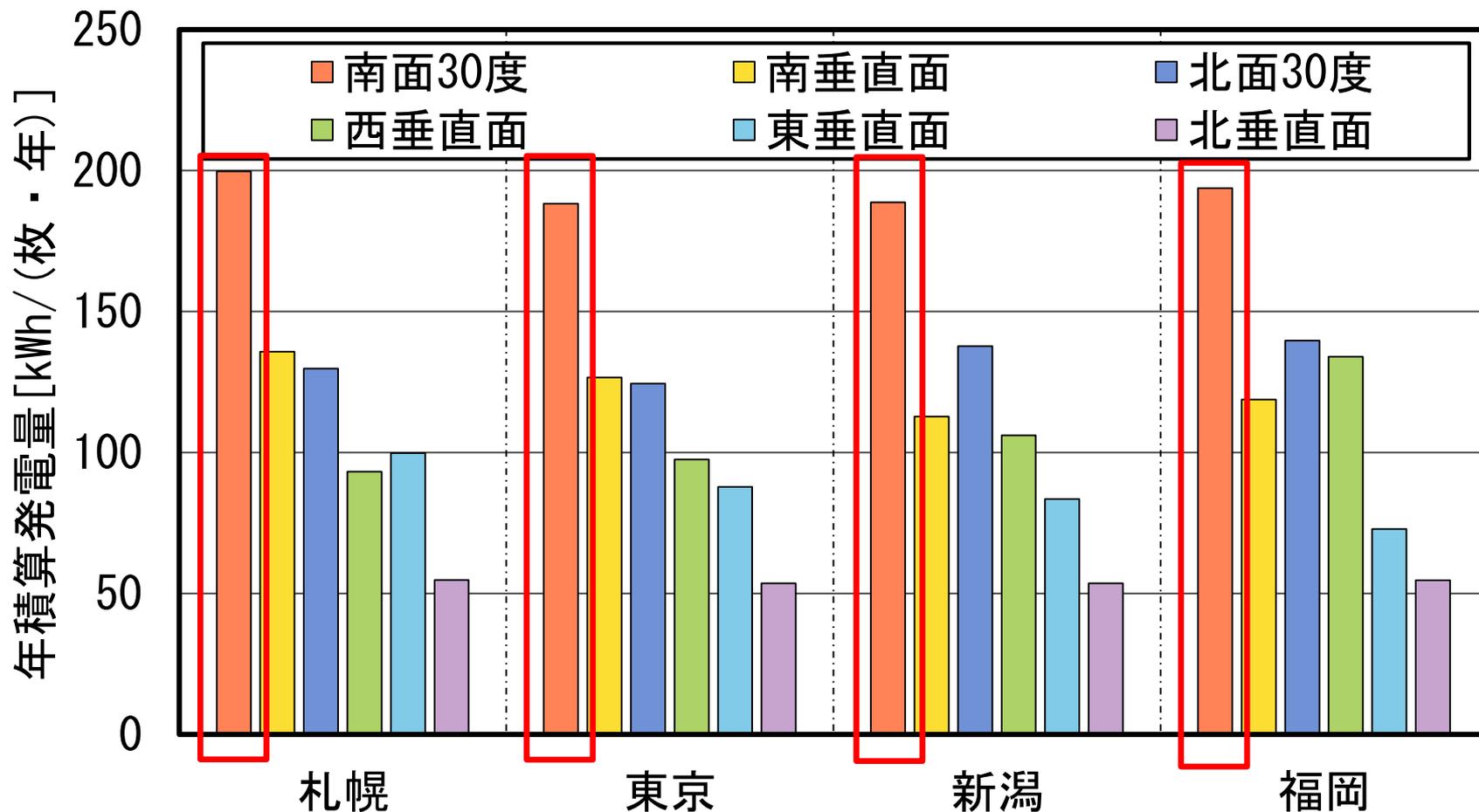


図3 太陽電池モジュール1枚あたりの年積算発電量

太陽光発電システムを導入することで日中は発電した電力を使用し、不足分は電力会社から買電、超過発電分は電力会社へ逆潮流(売電)する。売電料金は28[円/kWh]<sup>※4</sup>として年間の売電料金を算出する。

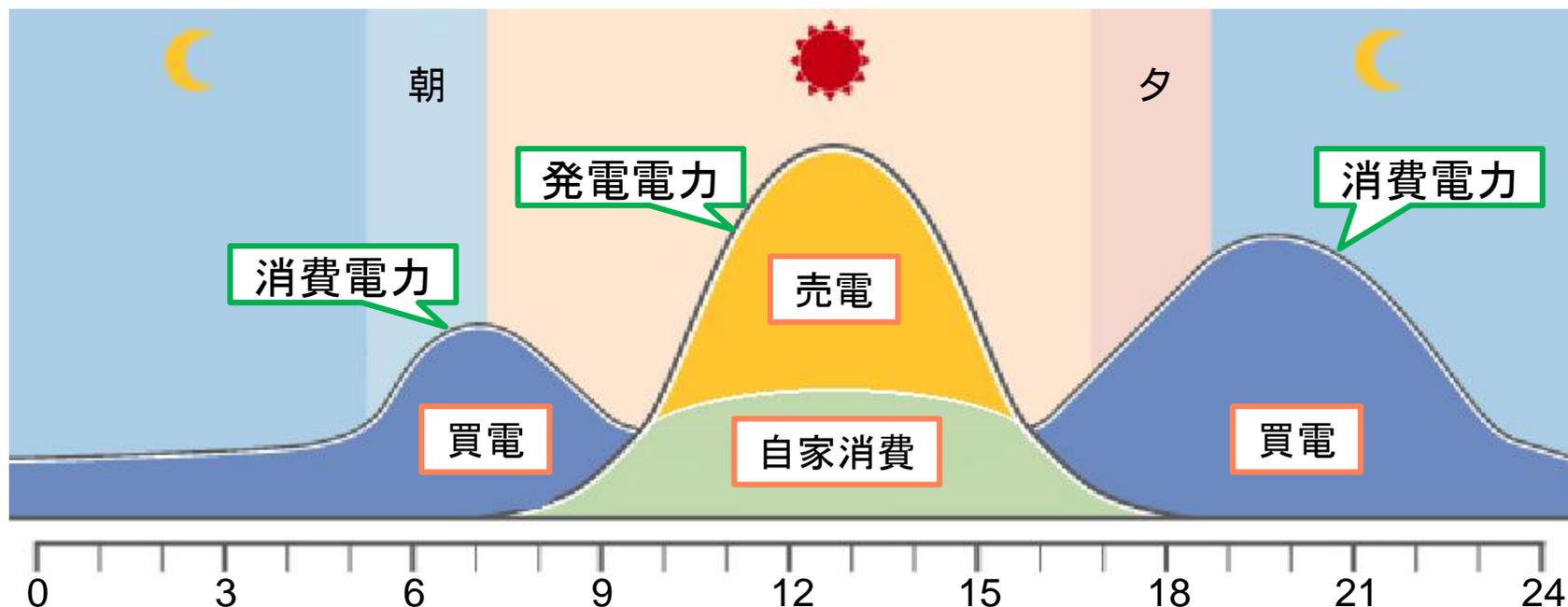


図 太陽光発電システムの一日の発電のイメージ

引用 <http://www.smart-tech.co.jp/energysolution/esco/>

※4 再生可能エネルギー固定価格買取制度における2018年の価格である。

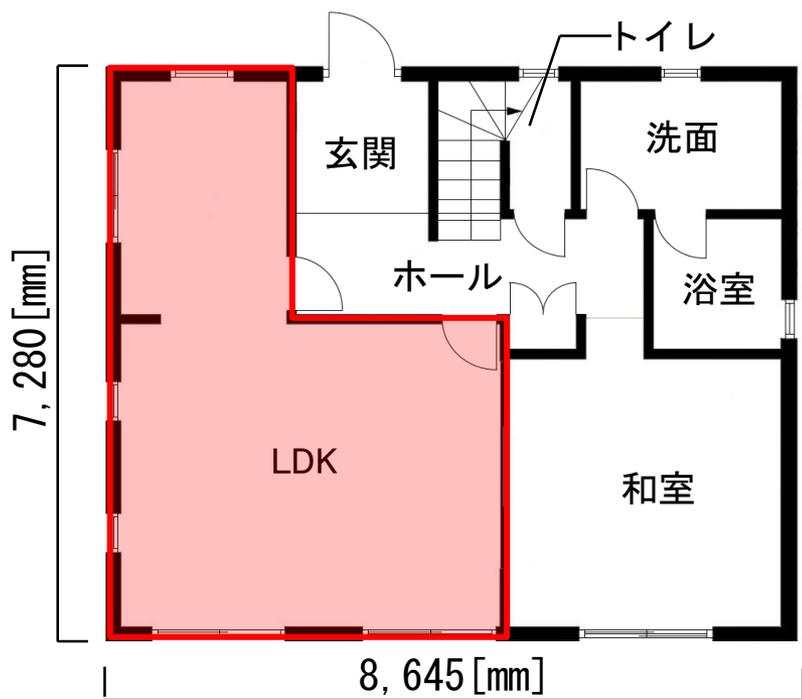
解析条件はエアコンの運転方式を間欠運転と連続運転、給湯機器のCOPを2または3とする。

表2 解析条件

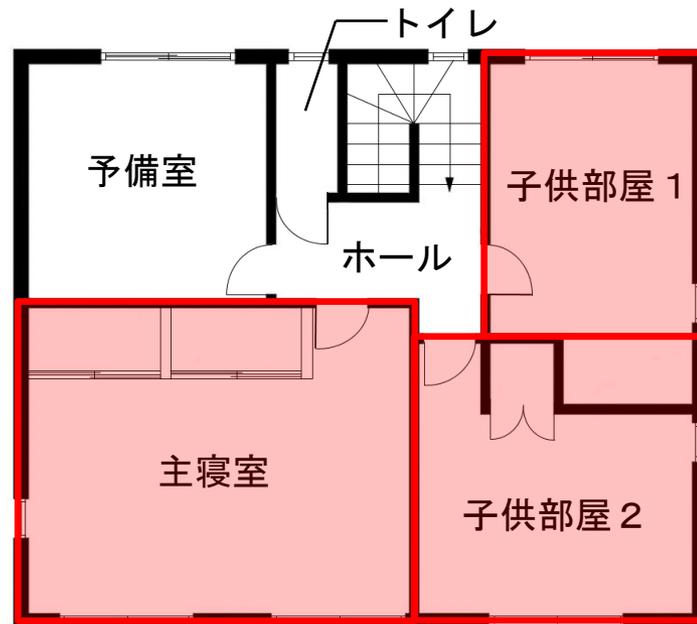
解析条件	エアコンの運転方式	給湯機器のCOP
caseA	間欠運転	COP2
caseB		COP3
caseC	連続運転	COP2
caseD		COP3

# ランニングコストの計算方法

本研究では、居室のみの個別空調方式を採用し、居室はLDK、主寝室、子供部屋1、子供部屋2、計4部屋とする。



(1) 1階平面図



(2) 2階平面図

図2 対象住宅の平面



解析対象地域の住宅における年間のエアコンの電力消費量、給湯用電力消費量、各種機器電力消費量、換気用電力消費量により年間の電力消費量を算出する。

## 表 住宅における電力消費量の計算方法

### (1) エアコンの電力消費量

1. 外皮平均熱貫流率 ( $U_A$  値) がそれぞれ 0.3、0.6、1.2、2.4 の計 4 パターンの住宅モデルを作成し、各地域における気象データや緯度を住宅モデルに入力する。
2. 熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS ver. 15 により年間の暖冷房負荷を算出する。
3. 暖冷房負荷と外気温から COP マトリクスを用いて COP を算出し、暖冷房負荷と COP から 1 時間ごとの電力消費量を算出する。
4. 算出した 1 時間ごとの電力消費量を年間積算しエアコンの電力消費量を算出する。

### (2) 給湯用電力消費量

各月の給水温度と給湯温度の温度差、給湯日消費量から月ごとに必要な給湯熱量を算出し、年間総給湯熱量を算出する。年間総給湯熱量とエコキュートの COP、熱損失率から年間の給湯用電力消費量を算出する。

### (3) 各種機器電力消費量

生活スケジュール自動生成プログラム SCHEDULE ver. 2.0 に行為、在室パターンを記入して、それぞれの生活パターンから各部屋の時間ごとの機器電力消費量を算出する。算出した時間ごとの機器電力消費量を積算し、年間の機器電力消費量を算出する。

### (4) 換気用電力消費量

熱交換型換気扇を使用し、年間電力消費量を実測値の  $412.15$  [kWh/(戸・年)] とする。

## ランニングコストの計算方法

電力消費量と電力料金により、年間の電気料金を算出する。

表 3 電力料金※5

	北海道電力		東北電力		東京電力		九州電力	
	段階 [kWh]	料金 [円]	段階 [kWh]	料金 [円]	段階 [kWh]	料金 [円]	段階 [kWh]	料金 [円]
従量電灯	120	23.54	120	18.24	120	19.52	120	17.19
	120-280	29.72	120-300	24.87	120-300	25.98	300	22.69
	280	33.37	300	28.75	300	30.02	300	25.63

※5 電力会社の内訳は、札幌…北海道電力、新潟…東北電力、東京…東京電力、福岡…九州電力である。

# ランニングコストの計算方法

従来仕様モデルは年間の電気料金をランニングコストとし、ZEH仕様モデルは年間の電気料金から太陽光発電による年間の売電料金、断熱住宅の予防疾患による便益<sup>文2)</sup>により1世帯あたり41,000[円]を差し引いた値をランニングコストとする。

ZEH仕様の場合、太陽光発電システムの耐用年数を20年とし、20年に一度、設備更新を行う。

表 ランニングコストの内訳

ランニングコスト	ZEH仕様モデル	従来仕様モデル
年間の電気料金[+]	○	○
太陽光発電による年間の電力消費量[-]	○	-
断熱住宅の予防疾患による便益[-]	○	-

文2) 伊香賀俊治:健康維持がもたらす間接的便益(NEB)を考慮した断熱住宅の投資評価、日本建築学会環境系論文集、第76巻第666号、735-740、2011年8月

# イニシャルコストの計算方法

対象住宅の施工面積は**38.07[坪]**であり、太陽電池モジュールは**1枚**当たりの価格を示す。

表4 イニシャルコストの内訳

イニシャルコスト	+	-	ZEH仕様モデル	従来仕様モデル
太陽電池モジュール [円]	45,600 × 枚数		○	-
パワーコンディショナー [円]	25,000		○	-
設置工事費 [円]	11,020 × 枚数		○	-
エアコン [円]	150,000 × 4 [台]		○	○
建設費用 [円/戸]	建設費用(a)、(b)*		○	○
補助金 [円/戸]		700,000**6	○	-

※ UA値0.3[W/m<sup>2</sup>・K]のZEH仕様モデルの場合の建設費用は、建設費用(a):70[万円/坪]、建設費用(b):80[万円/坪]とする。

※6 ZEHにおける補助金:700,000[円/件](戸建住宅におけるZEH支援事業(経済産業省及び環境省担当分)の補助制度の概要)

# イニシャルコストの計算方法

太陽電池モジュールの必要枚数は、年積算電力消費量と年積算発電量の収支がゼロになるよう、発電量の最も多い屋根面、壁面から順に設置して決定する。

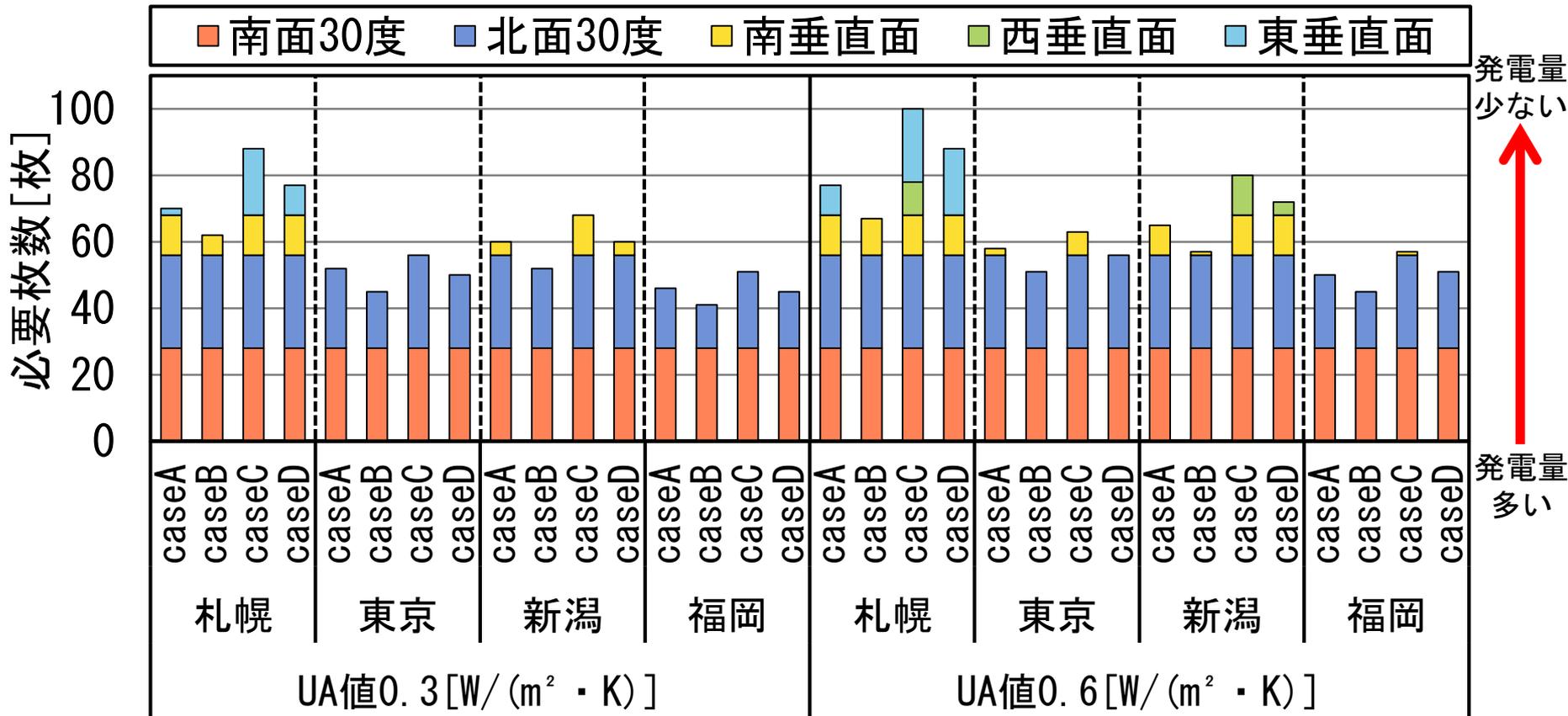


図4 太陽電池モジュールの必要枚数

# イニシャルコストの計算方法

$U_A$  値  $0.3 [W/m^2 \cdot K]$  の ZEH 仕様モデルにおける建設費用を、**建設費用 (a) : 70 [万円/坪]**、**建設費用 (b) : 80 [万円/坪]** とする。  
 建設費用 (a) における断熱化に伴うコストは、 $U_A$  値が 2 倍になるごとに **5 [万円/坪] 減**、建設費用 (b) における断熱化に伴うコストは、 $U_A$  値が 2 倍になるごとに **10 [万円/坪] 減** とする。

表 5 断熱化に伴うコスト

	$U_A$ 値 [W/(m <sup>2</sup> · K)]	建設費用 [万円/坪]	建設費用 [万円/戸]		各 $U_A$ 値 毎の 差額 [万円]
高断熱化 コスト (a) 5 [万円/坪]	0.3	70	建設費用 (a)	2,665	190.35
	0.6	65		2,475	
	1.2	60		2,284	
	2.4	55		2,094	
高断熱化 コスト (b) 10 [万円/坪]	0.3	80	建設費用 (b)	3,046	380.70
	0.6	70		2,665	
	1.2	60		2,284	
	2.4	50		1,904	

※7 断熱化に伴うコスト(断熱材の材料費や施工費等)は建築工事費そのものに不明瞭な点が多いため、本研究では5[万円/坪]及び10[万円/坪]と仮定している。

イニシャルコストに年間のランニングコストを毎年加算したものをライフサイクルコストとする。ZEH仕様モデルのライフサイクルコストが従来仕様モデルのライフサイクルコストを下回る年数を投資回収年数とする。

## 解析結果

# 東京の年間の発電量及び消費電力量

どの地域においても年積算発電量と年間消費電力量は、同様となる。

- 南面30度発電量
- 北面30度発電量
- 南垂直面発電量
- エアコン電力消費量
- 機器電力消費量
- 給湯電力消費量
- 換気電力消費量

年積算発電量及び年間消費電力量 [kWh]

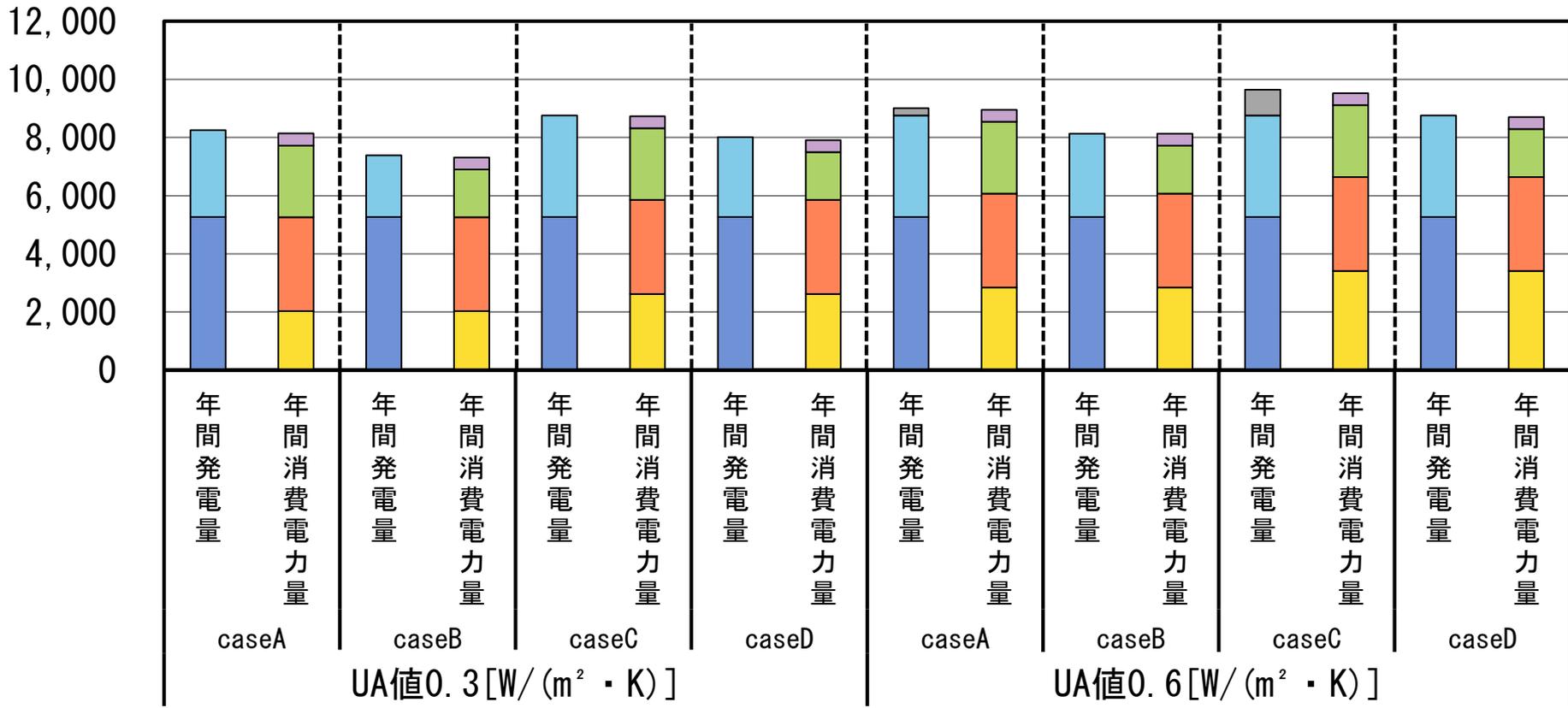


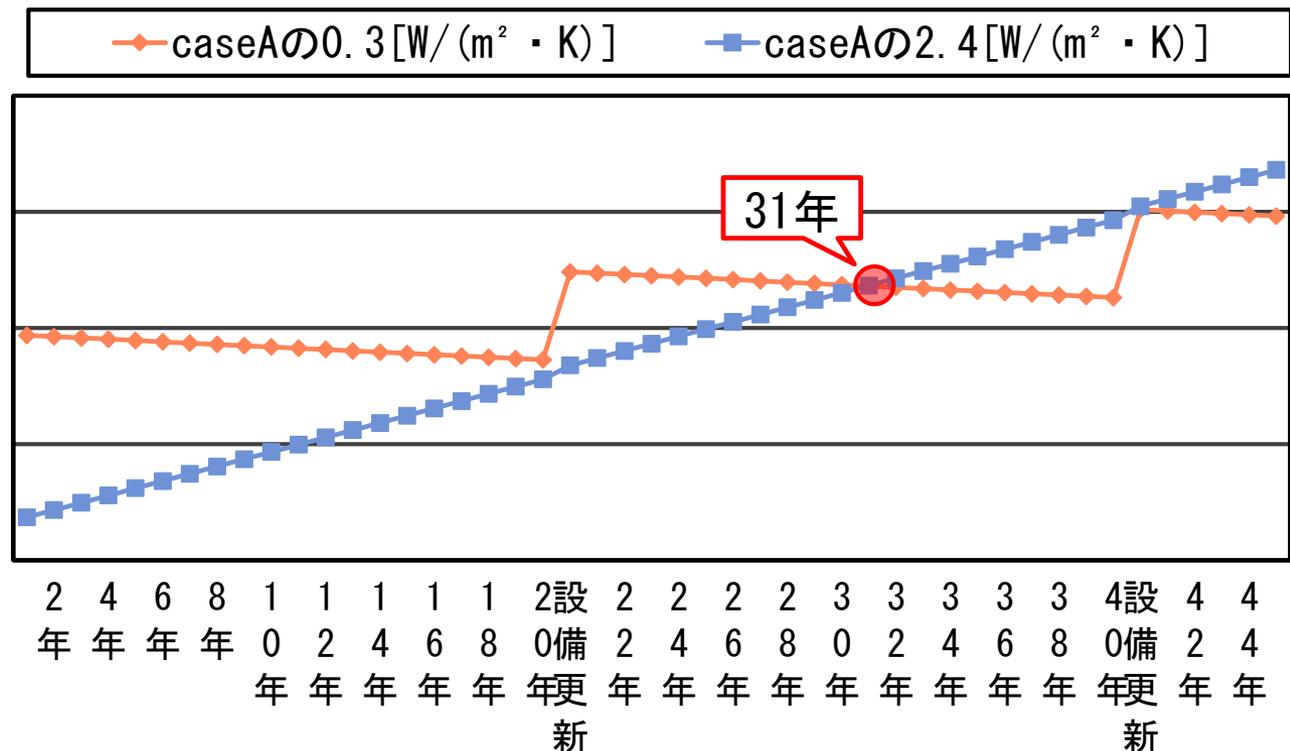
図5 東京における年積算発電量及び年間消費電力量

# 各地域における投資回収年数

東京において同じ解析条件下で投資回収期間が最長なのはcaseAの $U_A$ 値 $0.3 [W/(m^2 \cdot K)]$ と $U_A$ 値 $2.4 [W/(m^2 \cdot K)]$ の31年であり、最短なのはcaseDの $U_A$ 値 $0.6 [W/(m^2 \cdot K)]$ と $U_A$ 値 $1.2 [W/(m^2 \cdot K)]$ の24年である。

表 解析条件

解析条件	エアコンの運転方式	給湯機器COP	ハイパイクルコスト [円]
caseA	間欠運転	COP2	4000万
caseB		COP3	3500万
caseC	連続運転	COP2	3000万
caseD		COP3	2000万



(1) caseA

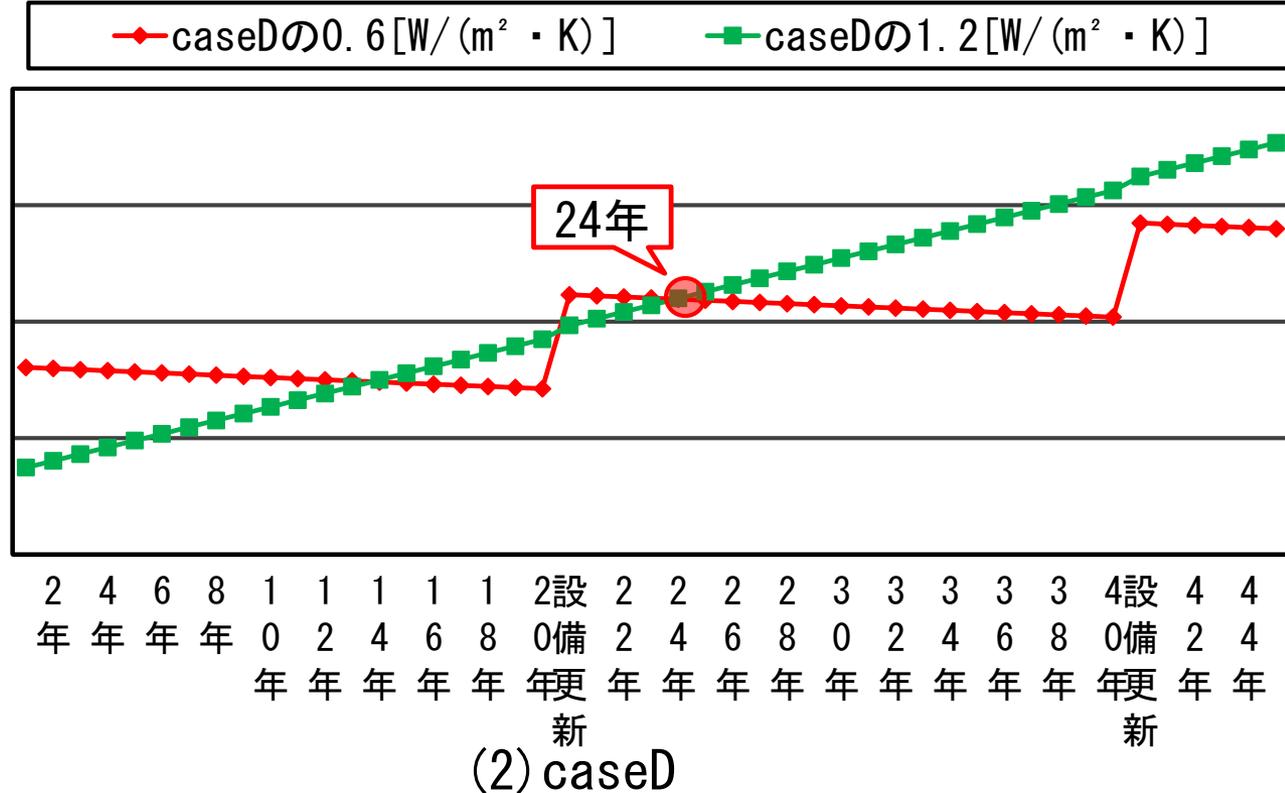
図6 東京の建設費用(a)の場合の投資回収年数

# 各地域における投資回収年数

東京において同じ解析条件下で投資回収期間が最長なのはcaseAの $U_A$ 値 $0.3 [W/(m^2 \cdot K)]$ と $U_A$ 値 $2.4 [W/(m^2 \cdot K)]$ の31年であり、最短なのはcaseDの $U_A$ 値 $0.6 [W/(m^2 \cdot K)]$ と $U_A$ 値 $1.2 [W/(m^2 \cdot K)]$ の24年である。

表 解析条件

解析条件	エアコンの運転方式	給湯機器COP	ハイサイクルコスト [円]
caseA	間欠運転	COP2	4000万
caseB		COP3	3500万
caseC	連続運転	COP2	3000万
caseD		COP3	2000万



(2) caseD  
図6 東京の建設費用(a)の場合の投資回収年数

# 各地域における投資回収年数

各地域ともに投資回収期間が最長のcaseはcaseAであり、投資回収期間が最短のcaseはcaseDである。

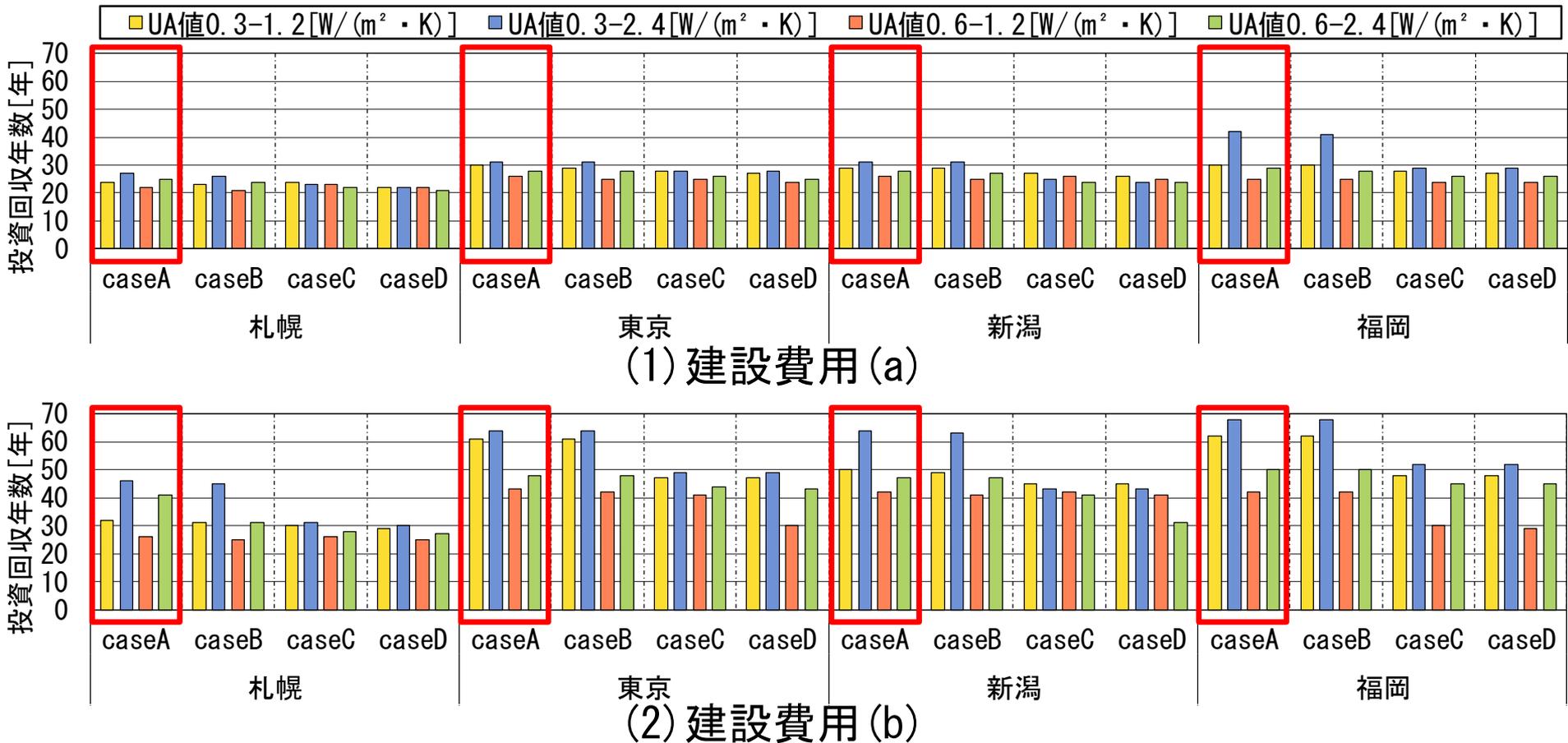


図7 各解析条件における投資回収年数

# 各地域における投資回収年数

各地域ともに投資回収期間が最長のcaseはcaseAであり、投資回収期間が最短のcaseはcaseDである。

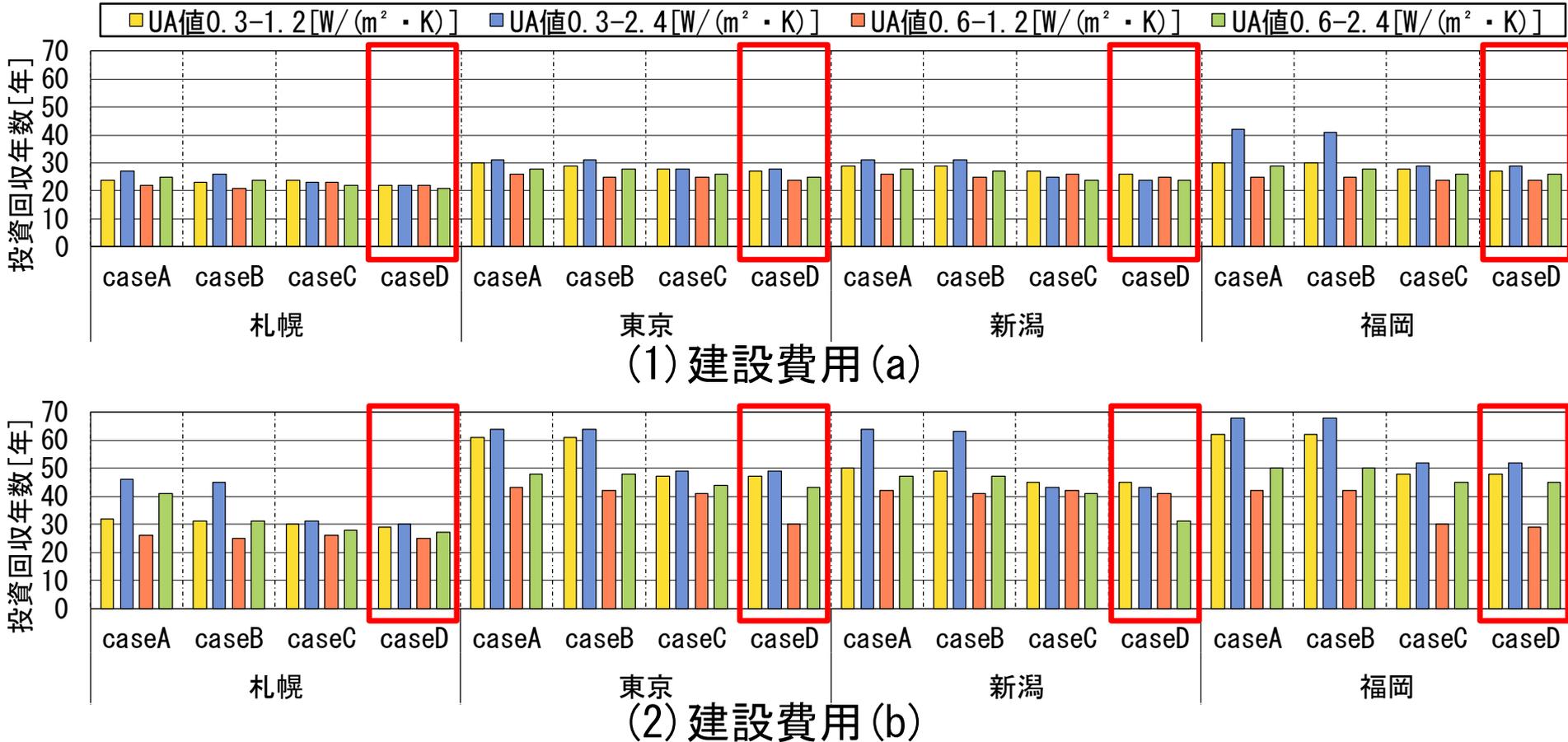


図7 各解析条件における投資回収年数

- ① 同じ解析条件下でのZEH仕様モデルの投資回収年数が最長なのはcaseAであり、最短なのはcaseDである。
- ② 同じ解析条件下でのZEH仕様モデルの投資回収年数が最短である $U_A$ 値の組み合わせは、 $U_A$ 値 $0.6 [W/(m^2 \cdot K)]$ のZEH仕様モデルと $U_A$ 値 $1.2 [W/(m^2 \cdot K)]$ の従来仕様モデルである。
- ③ 同じ解析条件下での東京のZEH仕様モデルの投資回収年数が最短である組み合わせは、caseDの $U_A$ 値 $0.6 [W/(m^2 \cdot K)]$ のZEH仕様モデルと $U_A$ 値 $1.2 [W/(m^2 \cdot K)]$ の従来仕様モデルである。

表 2 解析条件

解析条件	エアコンの運転方式	給湯機器のCOP
caseA	間欠運転	COP2
caseB		COP3
caseC	連続運転	COP2
caseD		COP3