

太陽光発電のサステナビリティ に関する研究

住宅を対象とした経済的持続可能性のための
発電買取単価の検討

指導教員

茨澤 遼太郎

有波 裕貴 助教



研究目的

我が国では再生可能エネルギーの普及促進のため、2012年から固定価格買取制度 (FIT)※¹ が導入され、一定の期間内で太陽光発電の余剰電力の高額買取が行われている。

しかし、FIT終了後の買取単価は、FITによる買取単価と比較して低額となる。

※1 再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT) は、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスの再生可能エネルギー源を用いて発電された電気を、国が定める価格で一定期間電気事業者が買い取ることを義務付ける制度。

既往の研究^{文1)}では、**高齢者集合住宅**を対象として、FIT終了後の買取単価で投資回収が可能となる年数の検討が行われている。

しかし、現状の買取単価と機器の初期費用では、ほとんどの場合において、**現実的な期間で投資回収することはできない**ことが明らかとなっている。

本研究では、様々な住宅種別及び対象地域において、太陽光発電システムの更新年数以内に太陽光発電装置の費用を投資回収できる買取単価を明らかにすることで、FITから独立した太陽光発電の経済的持続性を検討することを目的とする。

解析概要

対象とする戸建住宅モデルは**日本建築学会標準住宅モデル**文2)とする。

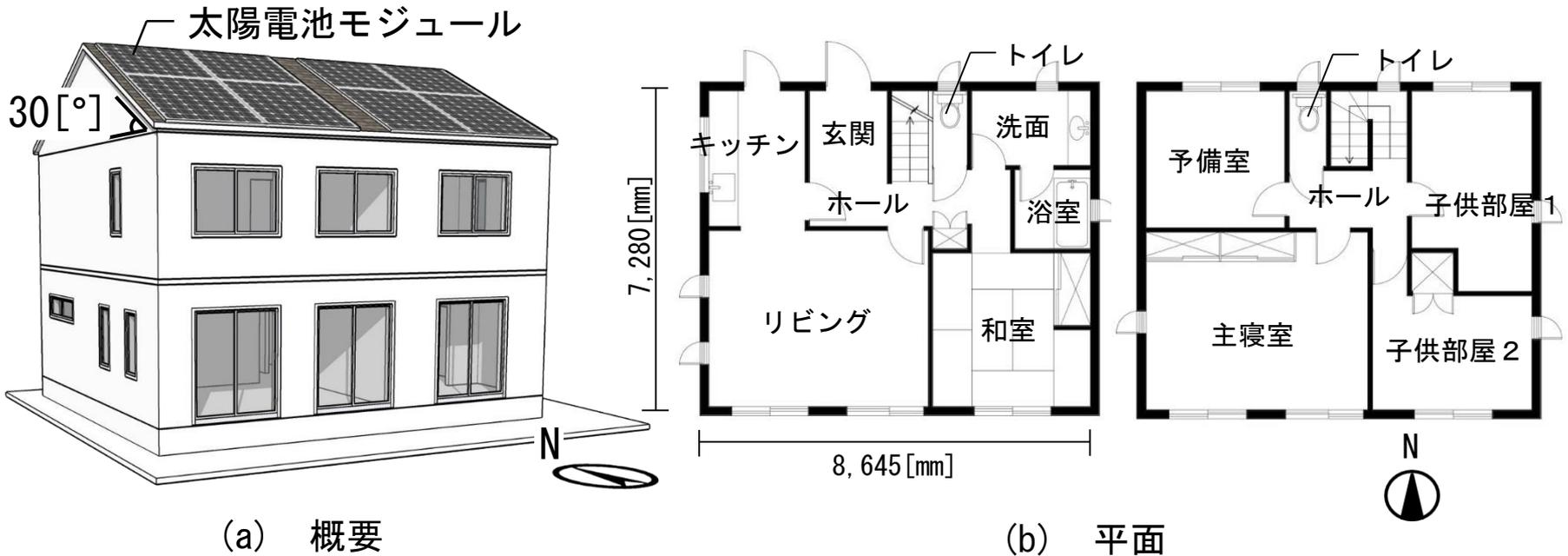


図1 対象戸建住宅の概要と平面

集合住宅モデルは**板状型集合住宅モデル**(16戸)とする。



(a) 概要



(b) 平面

図2 対象集合住宅の概要と平面

表 1 解析case

解析 case	住宅種別	解析case	地域	外皮平均熱貫流率 U _A 値 [W/(m ² ・K)]
caseA	戸建住宅	caseA1-0.3	東京	0.3
		caseA1-0.6		0.6
		caseA1-1.2		1.2
		caseA2-0.3	新潟	0.3
		caseA2-0.6		0.6
		caseA2-1.2		1.2
caseB	集合住宅	caseB1-0.3	東京	0.3
		caseB1-0.6		0.6
		caseB1-1.2		1.2
		caseB2-0.3	新潟	0.3
		caseB2-0.6		0.6
		caseB2-1.2		1.2

住宅種別はcaseAを戸建住宅、caseBを集合住宅とする。

表 1 解析case

解析case	住宅種別	解析case	地域	外皮平均熱貫流率 U _A 値 [W/(m ² ・K)]
caseA	戸建住宅	caseA1-0.3	東京	0.3
		caseA1-0.6		0.6
		caseA1-1.2		1.2
		caseA2-0.3	新潟	0.3
		caseA2-0.6		0.6
		caseA2-1.2		1.2
caseB	集合住宅	caseB1-0.3	東京	0.3
		caseB1-0.6		0.6
		caseB1-1.2		1.2
		caseB2-0.3	新潟	0.3
		caseB2-0.6		0.6
		caseB2-1.2		1.2

地域は東京、新潟とする。

表 1 解析case

解析case	住宅種別	解析case	地域	外皮平均熱貫流率 U _A 値 [W/(m ² ・K)]
caseA	戸建住宅	caseA1-0.3	東京	0.3
		caseA1-0.6		0.6
		caseA1-1.2		1.2
		caseA2-0.3	新潟	0.3
		caseA2-0.6		0.6
		caseA2-1.2		1.2
caseB	集合住宅	caseB1-0.3	東京	0.3
		caseB1-0.6		0.6
		caseB1-1.2		1.2
		caseB2-0.3	新潟	0.3
		caseB2-0.6		0.6
		caseB2-1.2		1.2

外皮平均熱貫流率 U_A 値は、0.3、0.6、1.2[W/($m^2 \cdot K$)]、家族構成は父、母、子2人の計4人とする。

表 1 解析case

解析case	住宅種別	解析case	地域	外皮平均熱貫流率 U_A 値[W/($m^2 \cdot K$)]
caseA	戸建住宅	caseA1-0.3	東京	0.3
		caseA1-0.6		0.6
		caseA1-1.2		1.2
		caseA2-0.3	新潟	0.3
		caseA2-0.6		0.6
		caseA2-1.2		1.2
caseB	集合住宅	caseB1-0.3	東京	0.3
		caseB1-0.6		0.6
		caseB1-1.2		1.2
		caseB2-0.3	新潟	0.3
		caseB2-0.6		0.6
		caseB2-1.2		1.2

表 2 電気料金単価

		東京電力	東北電力
基本料金(30A)		858[円/(kW・月)]	990[円/(kW・月)]
電気量料金 [円/kWh]	120[kWh]以下	19.88[円/kWh]	18.58[円/kWh]
	120[kWh]超 300[kWh]以下	26.48[円/kWh]	25.33[円/kWh]
	300[kWh]超	30.57[円/kWh]	29.28[円/kWh]

表 3 太陽光発電装置の費用

住宅種別	耐用年数	太陽電池		太陽光発電装置の費用[万円] ^{※2}
		設置枚数	システム容量	
戸建住宅	10年	46[枚]	9.66[kW]	321.6
	20年			355.3
集合住宅 (1戸当たり)	10年	30[枚]	6.3[kW]	209.7
	20年			231.7

※2 太陽光発電システム費用は29.8[万円/kW]、メンテナンス費は3,490[円/(kW・年)]である。

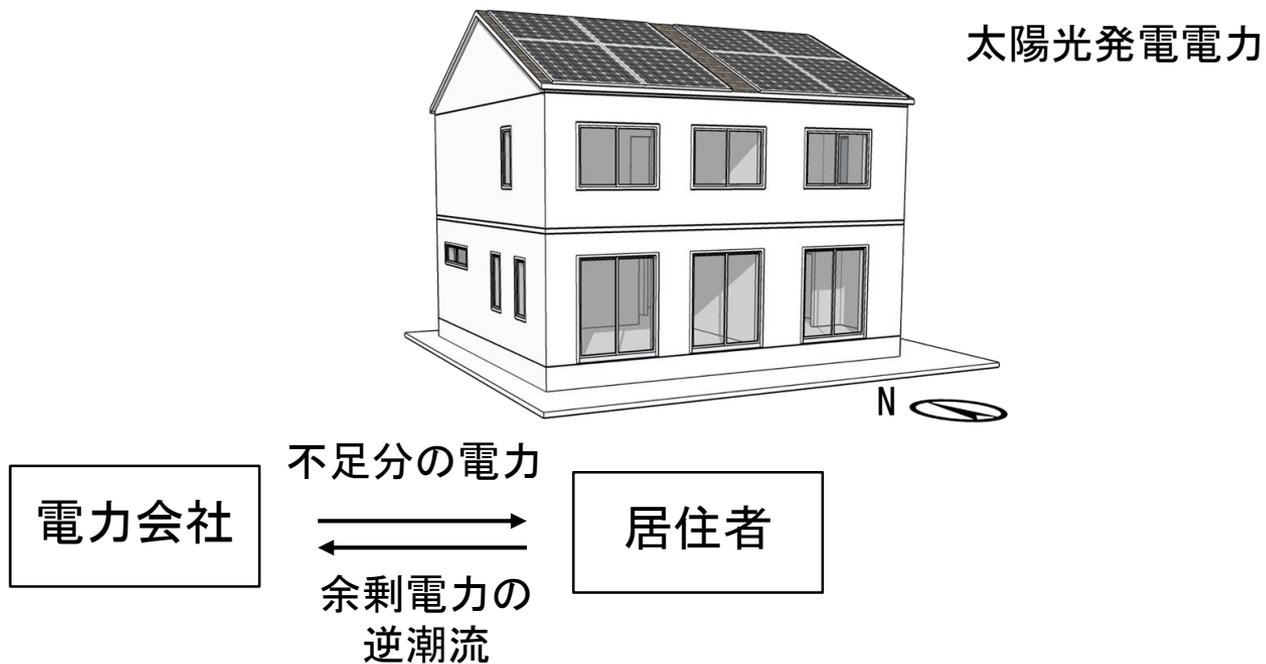


図 電力供給の流れ

居住者は、太陽光発電装置により電力を受給し、不足分は系統電力より購入する。

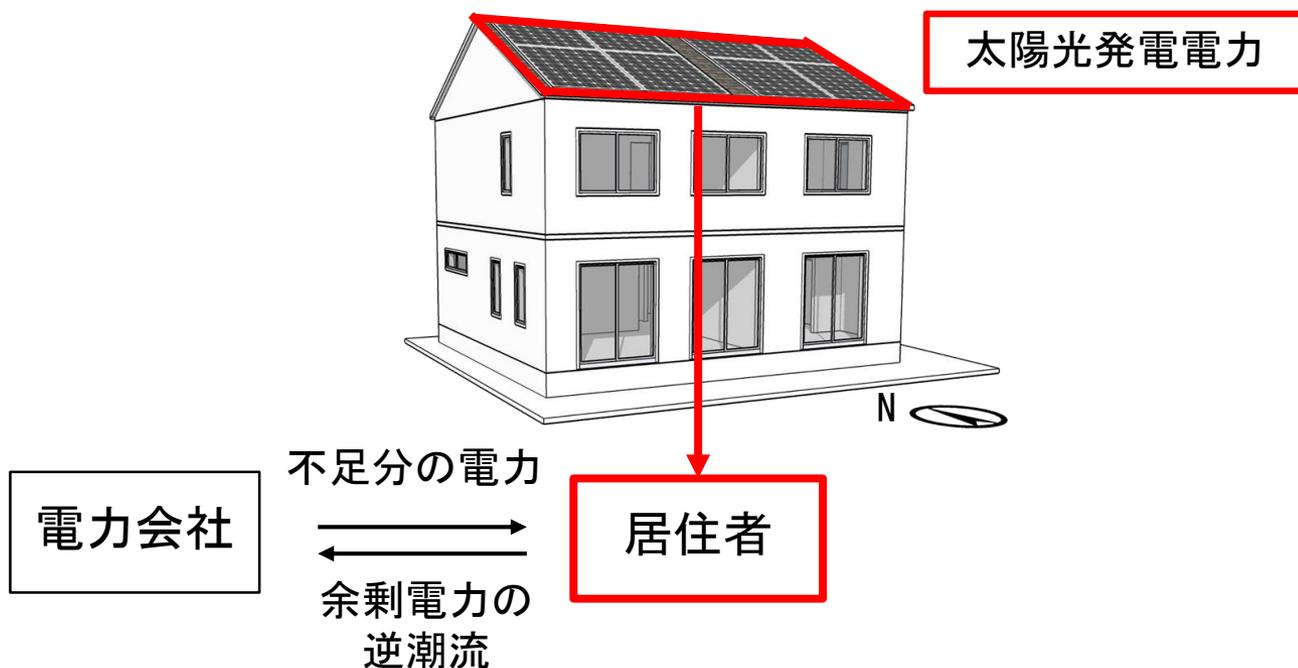


図 電力供給の流れ

居住者は、太陽光発電装置により電力を受給し、不足分は系統電力より購入する。

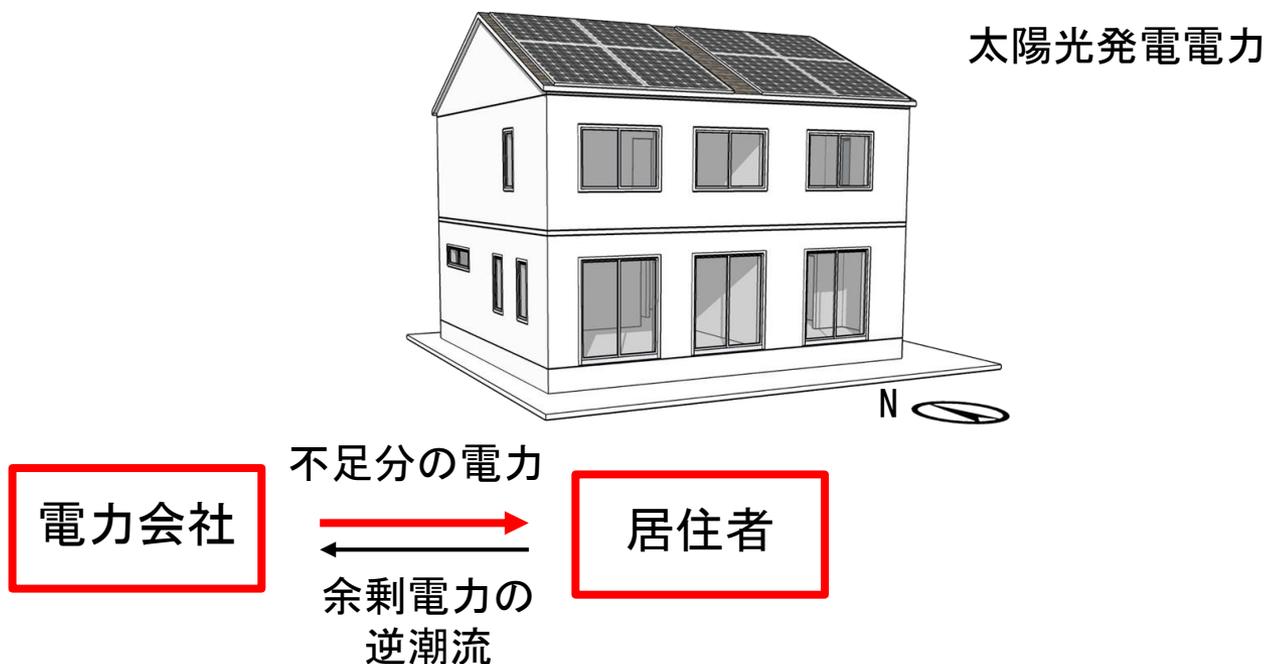


図 電力供給の流れ

太陽光発電量が電力消費量を超過した際に生じる余剰電力は、電力会社へ逆潮流し、居住者の収入とする。

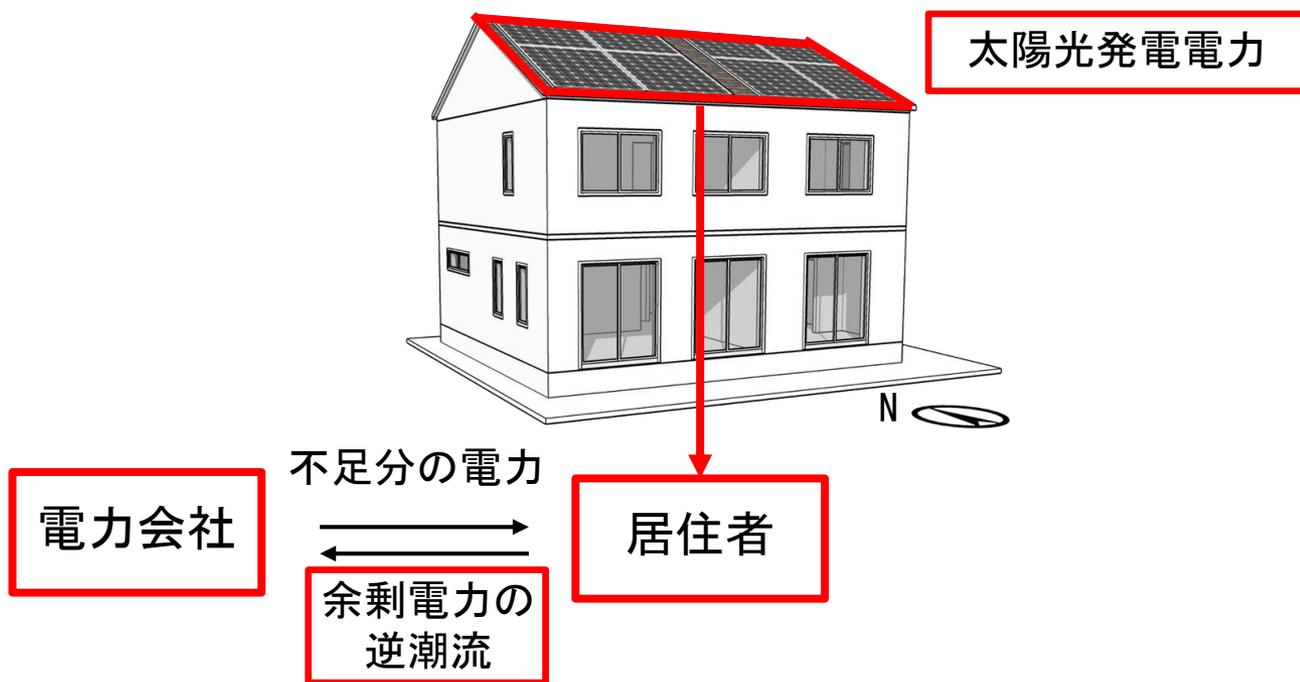


図 電力供給の流れ

居住者の収入が、**太陽光発電装置の費用**※²を太陽光発電システムの耐用年数とされる**10年間**または**20年間**で上回るための買取単価をそれぞれ算出する。

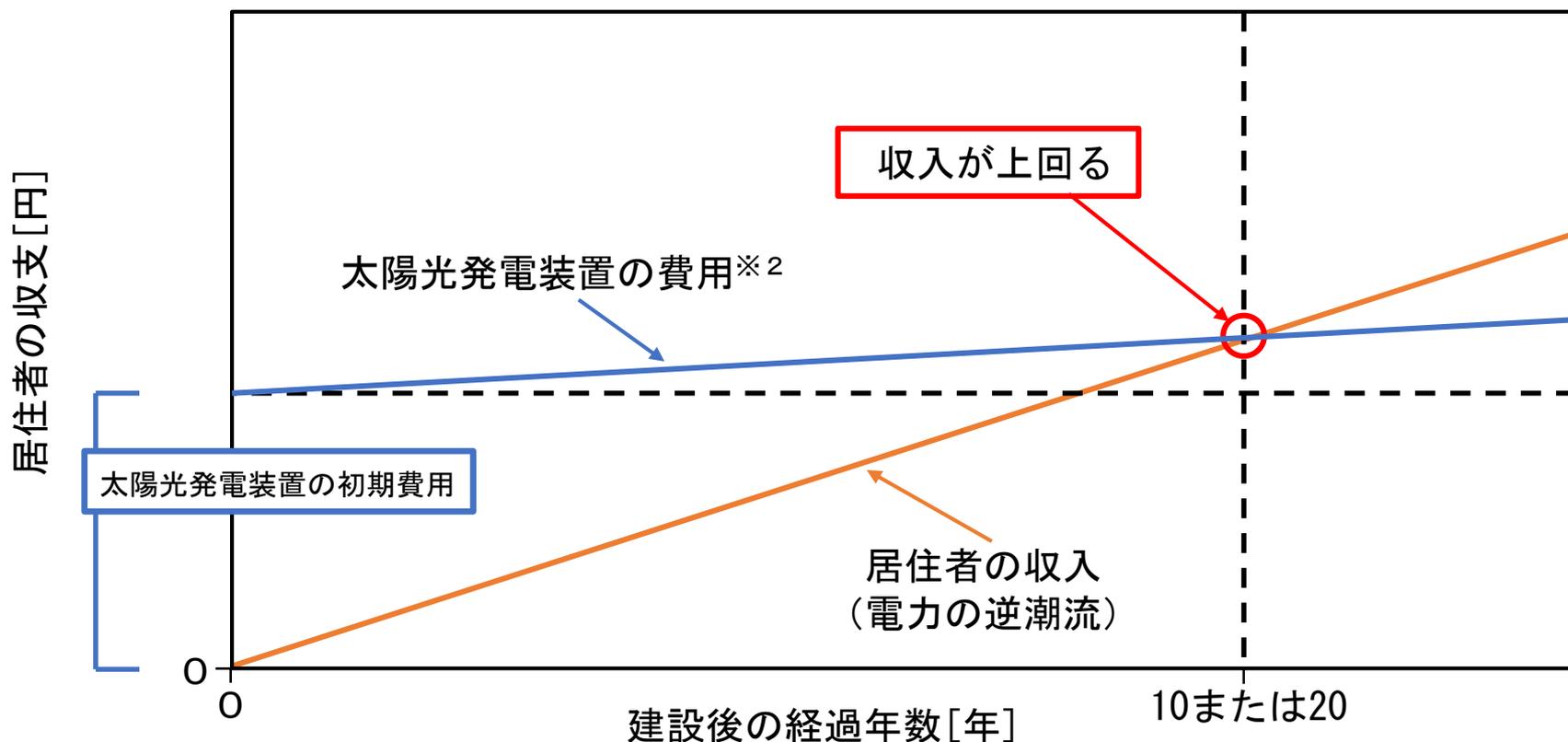


図 買取単価算出のイメージ

※² 太陽光発電システム費用は29.8[万円/kW]、メンテナンス費は3,490[円/(kW・年)]である。

空調電力消費量は熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS ver. 15 を用いて算出した暖冷房負荷と既往の研究^{文3)}で測定したエアコンのCOPマトリクスから算出する。

エアコンは、戸建住宅では計 4 台、集合住宅では計 2 台設置し、連続運転とする。

給湯用電力消費量はエコキュート（自然冷媒ヒートポンプ給湯機）を対象とし、給湯温度を40[°C]、年間平均COPは2として算出する。

各種機器の電力消費量の算出には、生活スケジュール自動生成プログラムSCHEDULEで求めた1時間毎の電力消費量を用いる。

日本建築学会拡張アメダス気象データ(標準年)を用い、既往の研究^{文4)}の発電量計算方法に基づき、太陽光発電量を算出する。

表4 太陽電池の仕様

セル種類	単結晶シリコン
太陽電池変換効率	18.0[%]
温度係数 ^{※3}	-0.41[%/°C]
最大出力	210[W]
面積	1.188[m ²]
寸法	1.176[m] × 0.99[m]
パワコン ^{※4} 変換効率	95.5[%]

※3 太陽電池の温度係数とは、基準温度25[°C]から太陽電池の温度を変化させた時の出力性能の変化率を示す。

※4 パワーコンディショナー(パワコン)は、太陽光発電システムで発生する直流電気を交流電気に変換し、家庭用電気機器などで利用できるようにするための機器。

文4) 佐々木・赤林ら：「戸建住宅における電気エネルギー消費に関する研究 主に東北地方を対象とした太陽光発電の有効性の検討」、日本建築学会計画系論文集、2001年

太陽光パネルの設置は、戸建住宅では、南面の屋根に28[枚]、北面の屋根に18[枚]、計46[枚]（システム容量9.66[kW]※⁵）とする。

表 4 太陽電池の仕様

セル種類	単結晶シリコン
太陽電池変換効率	18.0[%]
温度係数※ ³	-0.41[%/°C]
最大出力	210[W]
面積	1.188[m ²]
寸法	1.176[m] × 0.99[m]
パワコン※ ⁴ 変換効率	95.5[%]

※3 太陽電池の温度係数とは、基準温度25[°C]から太陽電池の温度を変化させた時の出力性能の変化率を示す。

※4 パワーコンディショナー(パワコン)は、太陽光発電システムで発生する直流電気を交流電気に変換し、家庭用電気機器などで利用できるようにするための機器。

※5 FITによる買取単価は太陽電池のシステム容量によって異なる。

集合住宅では、南面の屋根のみ480[枚] (システム容量100.8[kW]、1戸当たり6.3[kW])とする。

表 4 太陽電池の仕様

セル種類	単結晶シリコン
太陽電池変換効率	18.0[%]
温度係数 ^{※3}	-0.41[%/°C]
最大出力	210[W]
面積	1.188[m ²]
寸法	1.176[m] × 0.99[m]
パワーコン ^{※4} 変換効率	95.5[%]

※3 太陽電池の温度係数とは、基準温度25[°C]から太陽電池の温度を変化させた時の出力性能の変化率を示す。

※4 パワーコンディショナー(パワーコン)は、太陽光発電システムで発生する直流電気を交流電気に変換し、家庭用電気機器などで利用できるようにするための機器。

太陽光発電システムの耐用年数は10年または20年とする。

表4 太陽電池の仕様

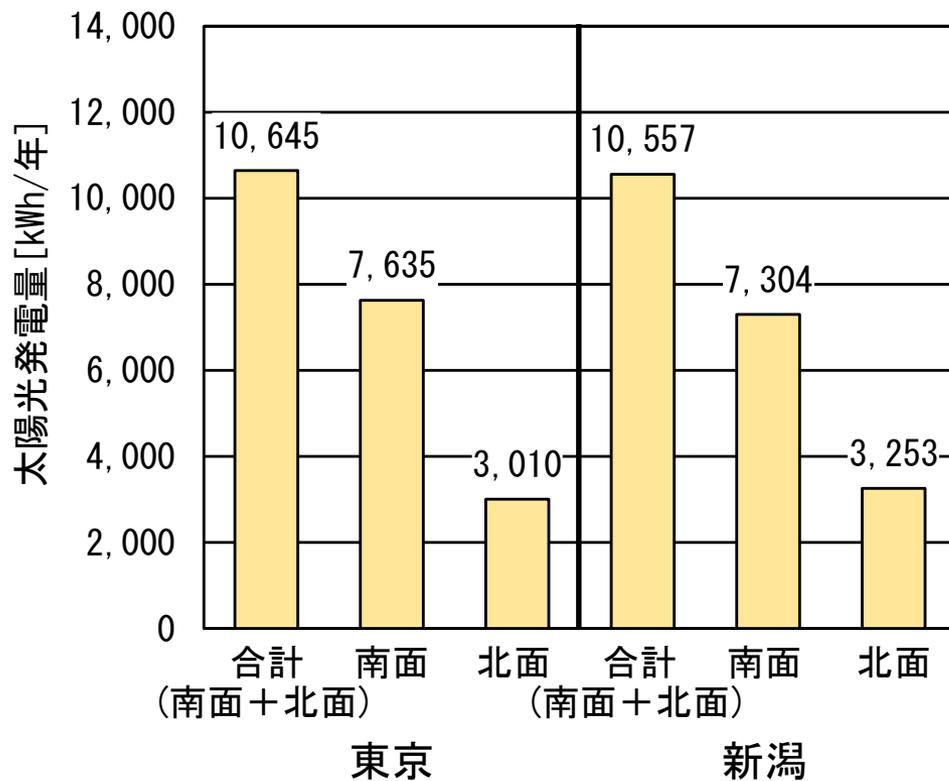
セル種類	単結晶シリコン
太陽電池変換効率	18.0[%]
温度係数 ^{※3}	-0.41[%/°C]
最大出力	210[W]
面積	1.188[m ²]
寸法	1.176[m] × 0.99[m]
パワーコン ^{※4} 変換効率	95.5[%]

※3 太陽電池の温度係数とは、基準温度25[°C]から太陽電池の温度を変化させた時の出力性能の変化率を示す。

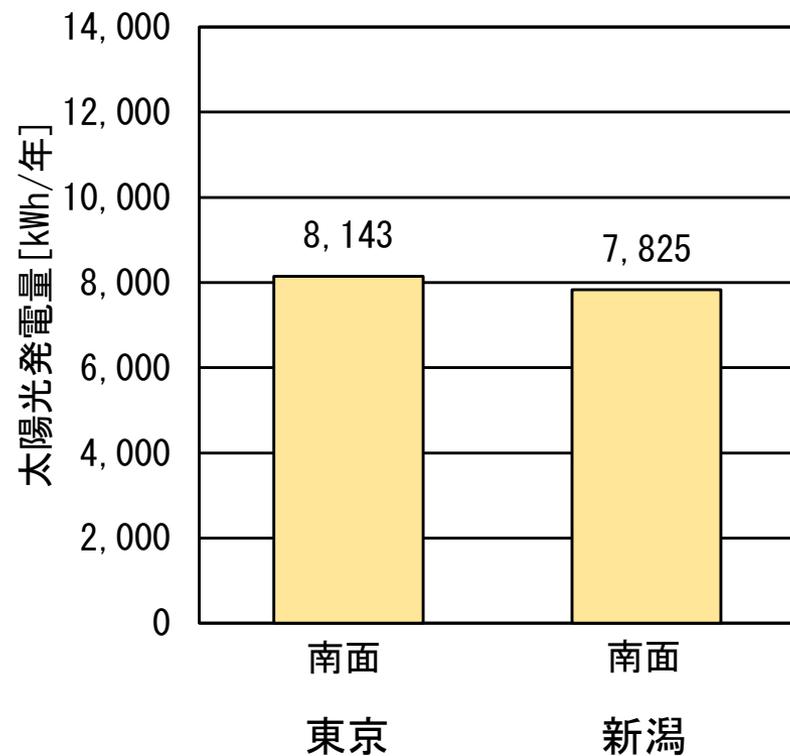
※4 パワーコンディショナー(パワーコン)は、太陽光発電システムで発生する直流電気を交流電気に変換し、家庭用電気機器などで利用できるようにするための機器。

解析結果

年間太陽光発電量



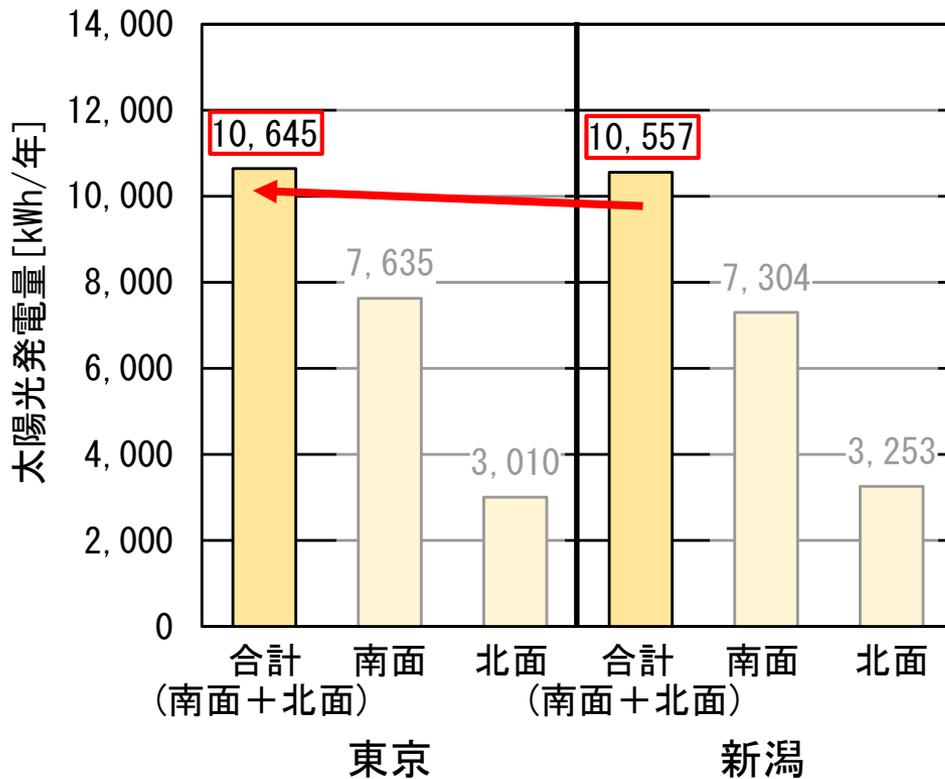
(a) 戸建住宅



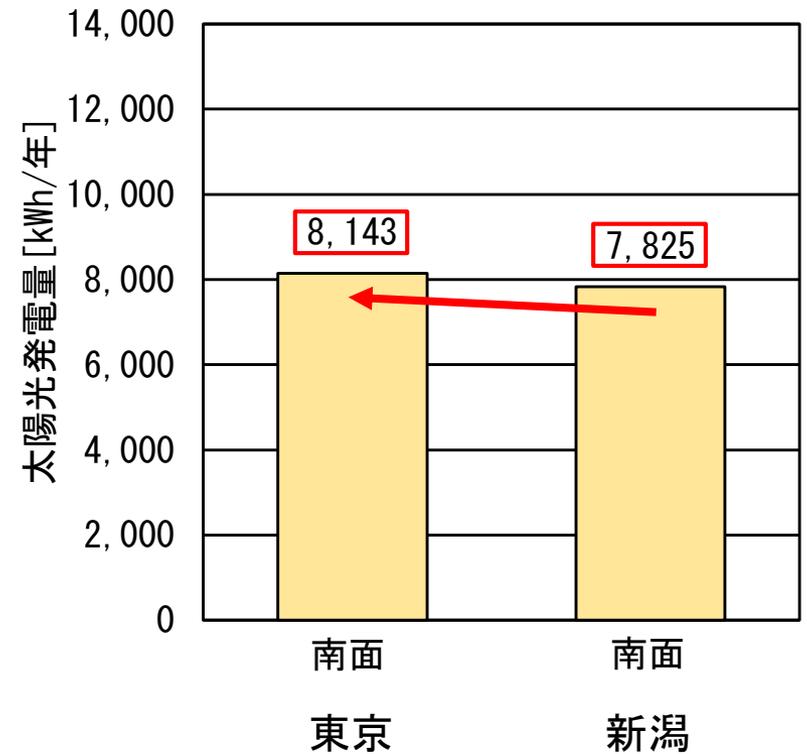
(b) 集合住宅(1戸当たり)

図3 各地域の年間太陽光発電量

戸建住宅、集合住宅ともに、年間太陽光発電量の合計は東京のほうが新潟より多い。



(a) 戸建住宅



(b) 集合住宅(1戸当たり)

図3 各地域の年間太陽光発電量

集合住宅の1戸当たりの年間太陽光発電量は戸建住宅と比較して約74.1~76.5[%]となる。

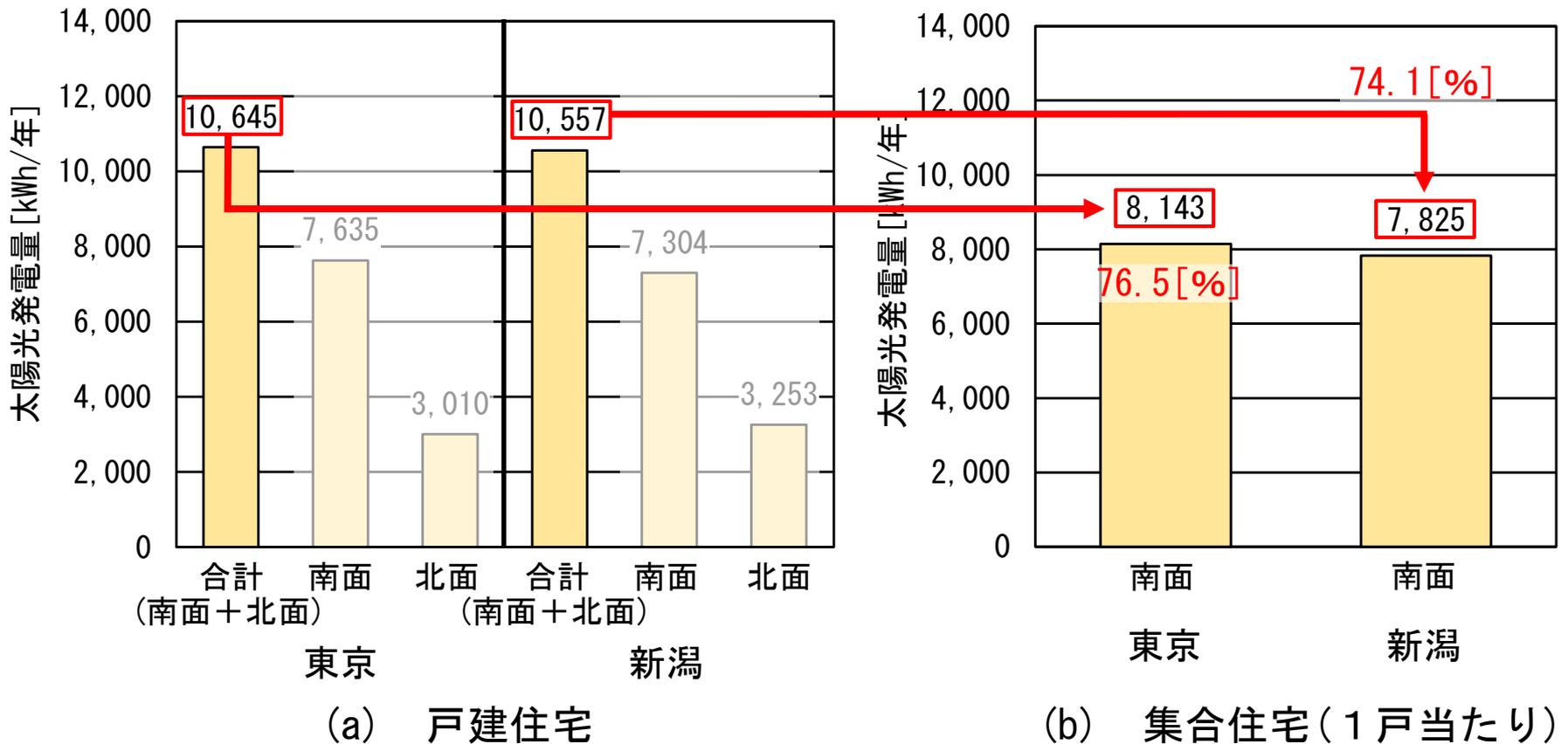
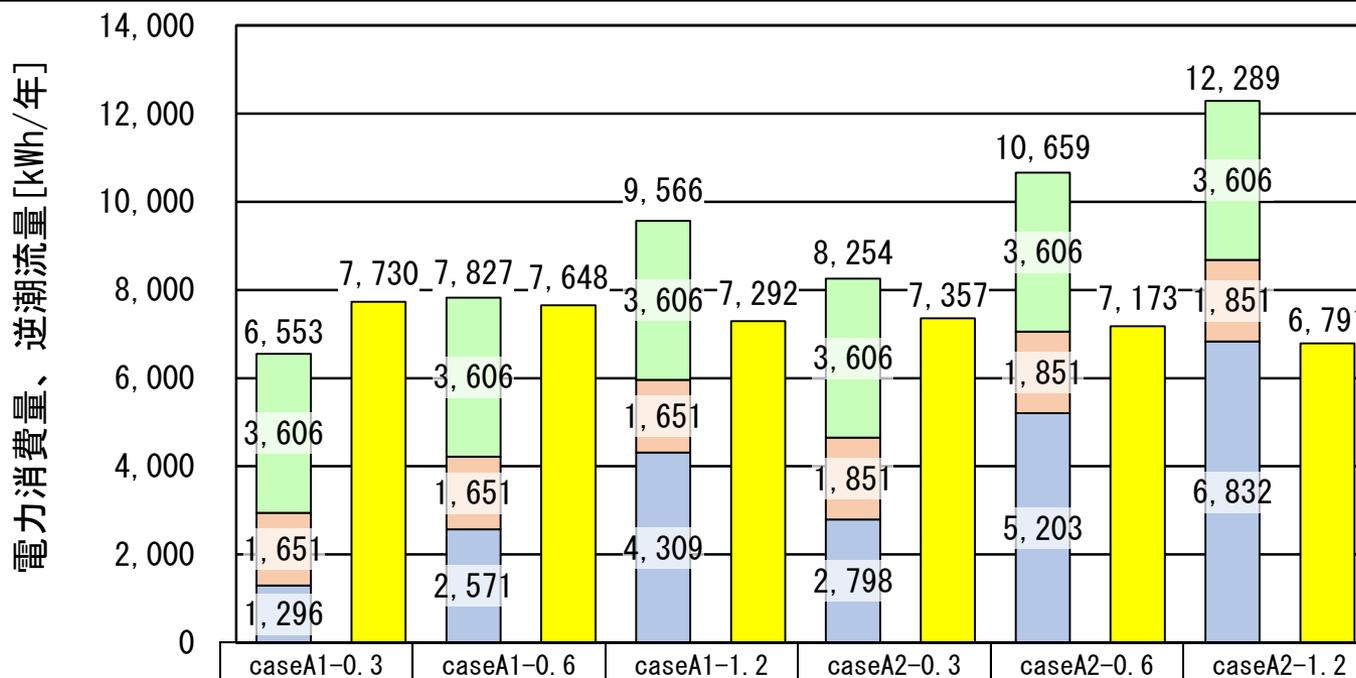


図3 各地域の年間太陽光発電量

年間電力消費量と逆潮流量

給湯電力消費量[kWh/年]
 空調電力消費量[kWh/年]
 各種機器の電力消費量[kWh/年]
 逆潮流量[kWh/年]



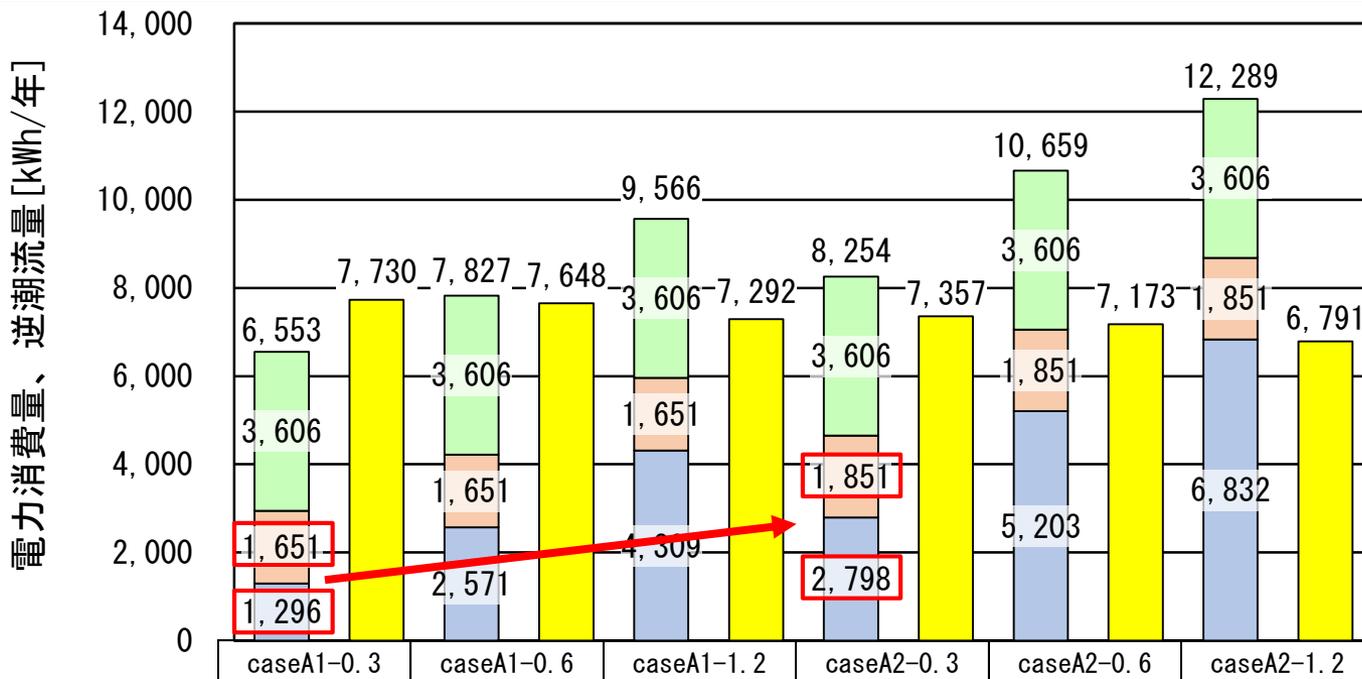
住宅種別	戸建住宅					
地域	東京			新潟		
外皮平均熱貫流率 U_A 値 [W/(m ² ・K)]	0.3	0.6	1.2	0.3	0.6	1.2

図4 戸建住宅の年間電力消費量と逆潮流量

年間電力消費量と逆潮流量

U_A 値が同じ場合、新潟の給湯用電力消費量と、空調電力消費量は東京に比べて多い。新潟は冬季の気温が東京と比較して低下することが理由と考えられる。

給湯電力消費量[kWh/年] 空調電力消費量[kWh/年] 各種機器の電力消費量[kWh/年] 逆潮流量[kWh/年]



住宅種別	戸建住宅					
地域	東京			新潟		
外皮平均熱貫流率 U_A 値 [W/(m ² ·K)]	0.3	0.6	1.2	0.3	0.6	1.2

図4 戸建住宅の年間電力消費量と逆潮流量

また、断熱性能が向上すると年間電力消費量は少なくなる。

給湯電力消費量[kWh/年] 空調電力消費量[kWh/年] 各種機器の電力消費量[kWh/年] 逆潮流量[kWh/年]

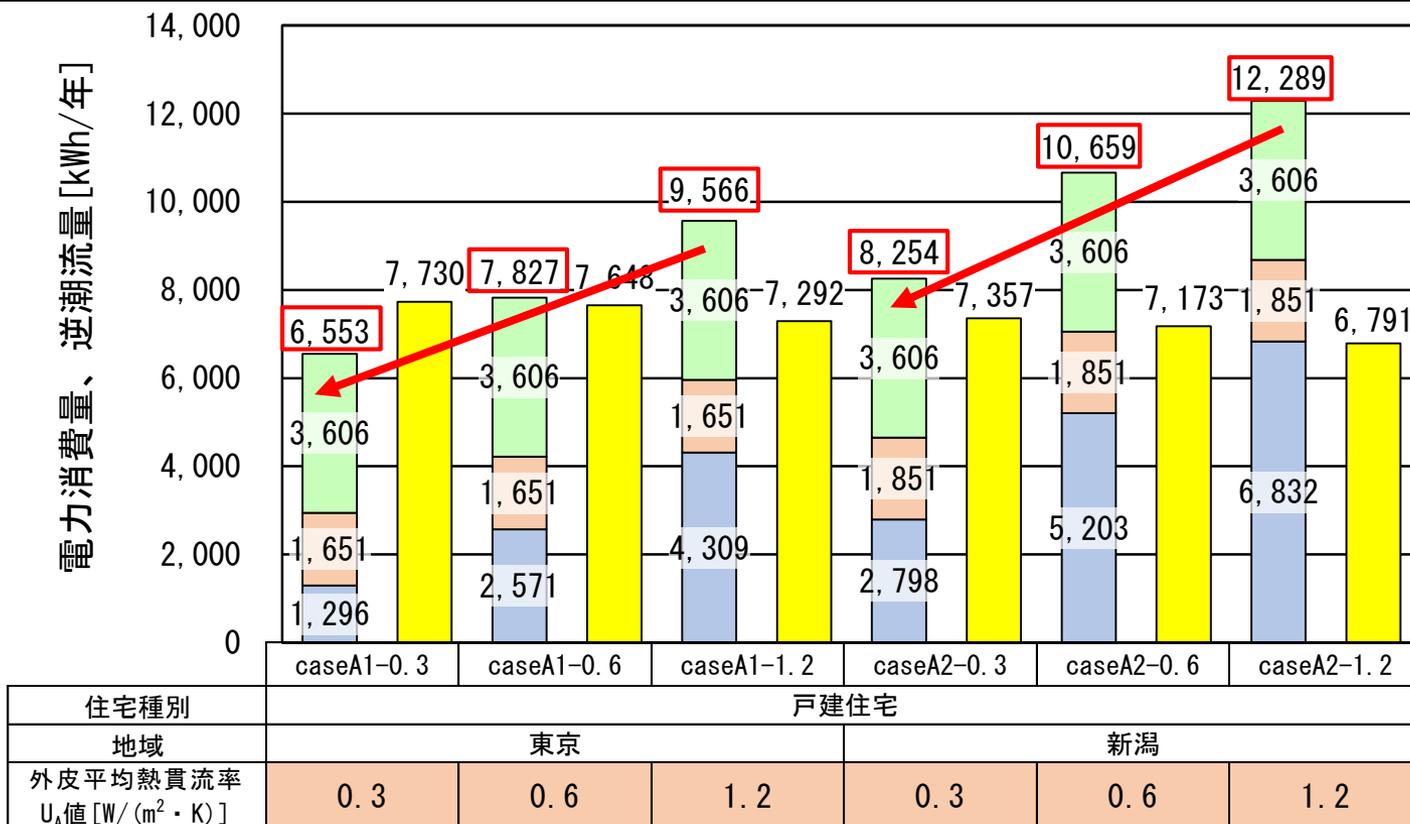


図4 戸建住宅の年間電力消費量と逆潮流量

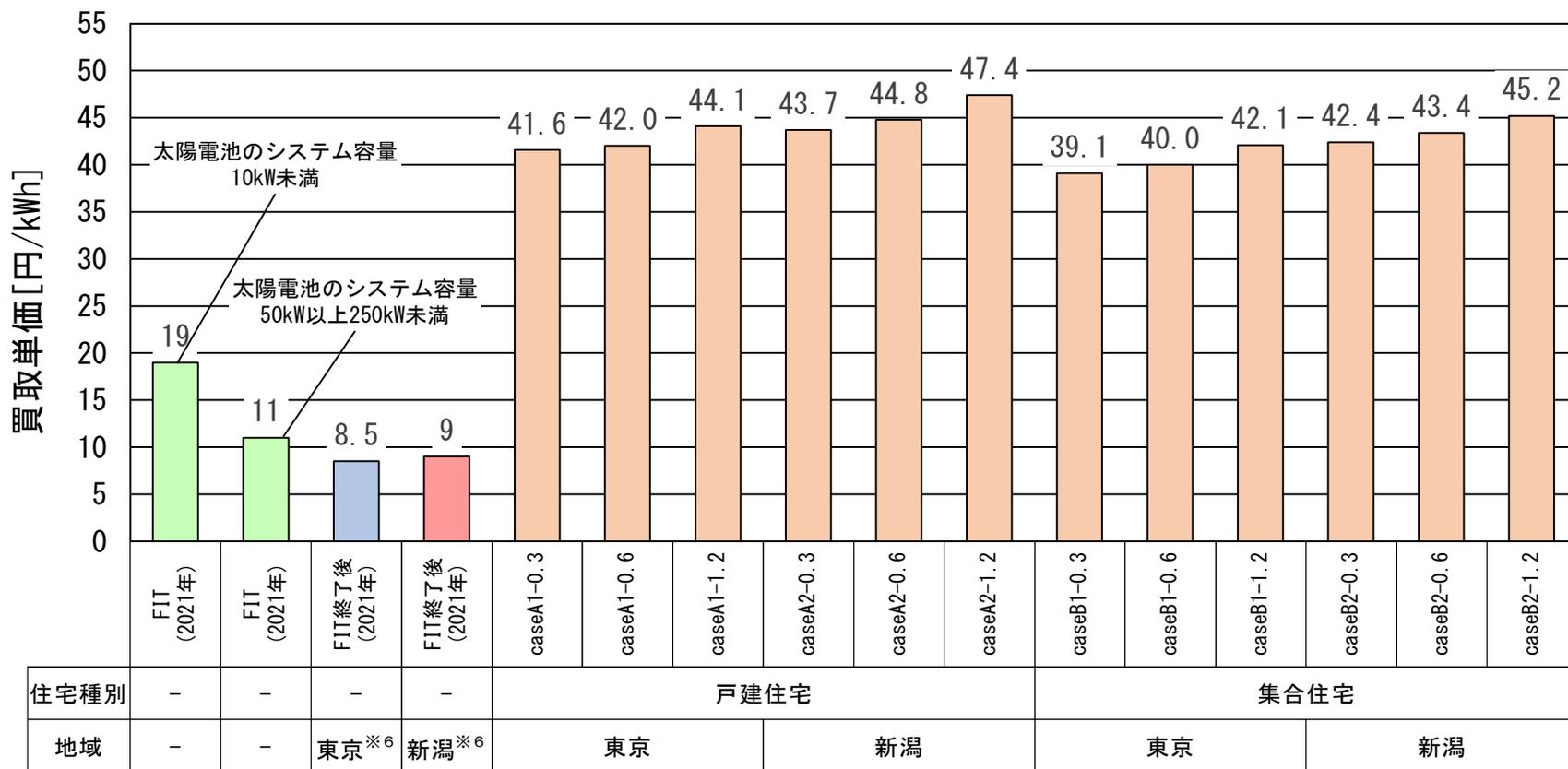


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

10年で投資回収するための買取単価は caseA1-0.3 (戸建住宅) で 41.6 [円]、 caseB1-0.3 (集合住宅) で 39.1 [円] となり、各住宅種別で 最小 となる。

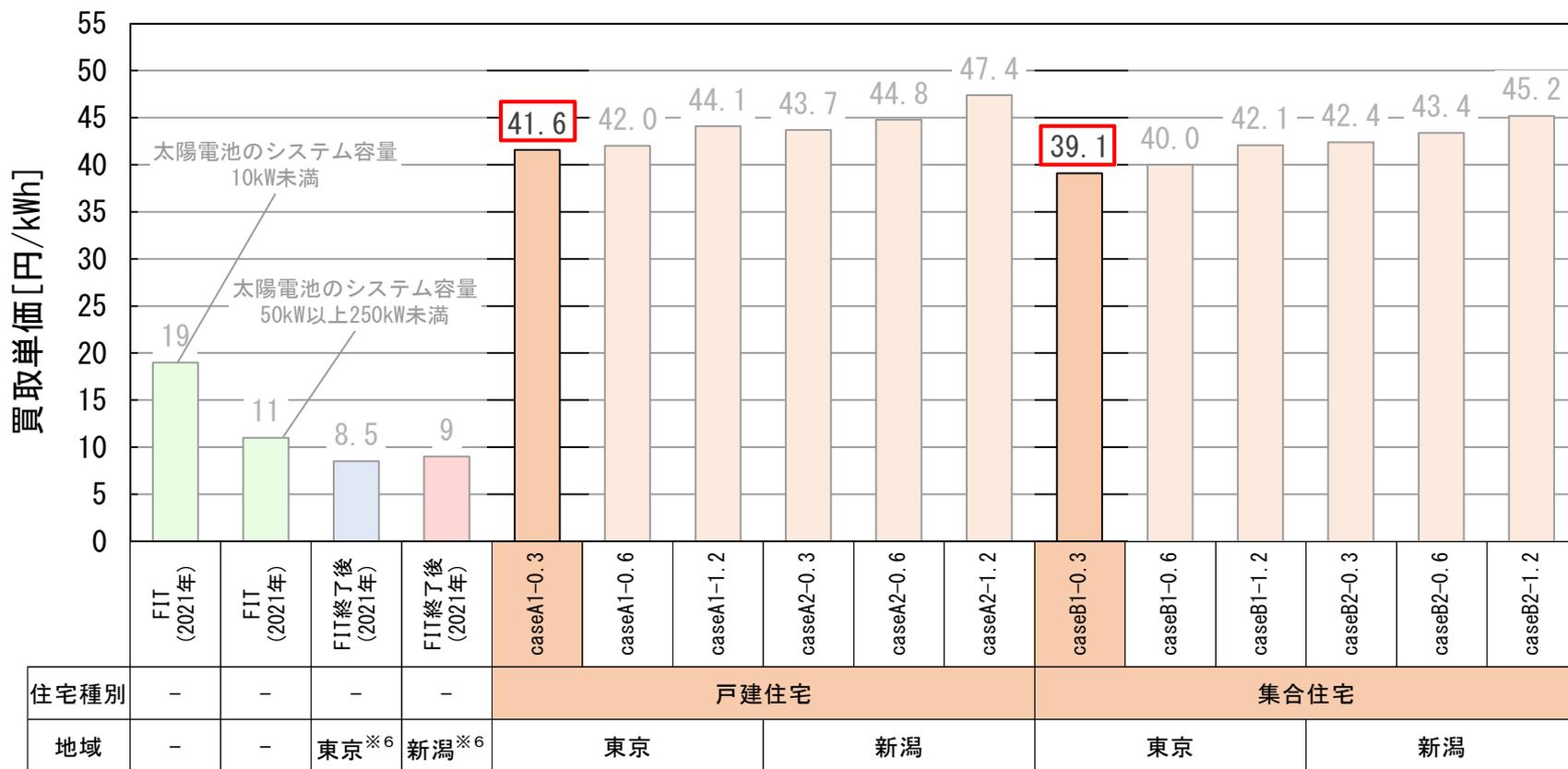


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

caseA (戸建住宅)における投資回収するための買取単価は、同条件のcaseB (集合住宅)と比較して1.3~2.5[円]程度増加する。

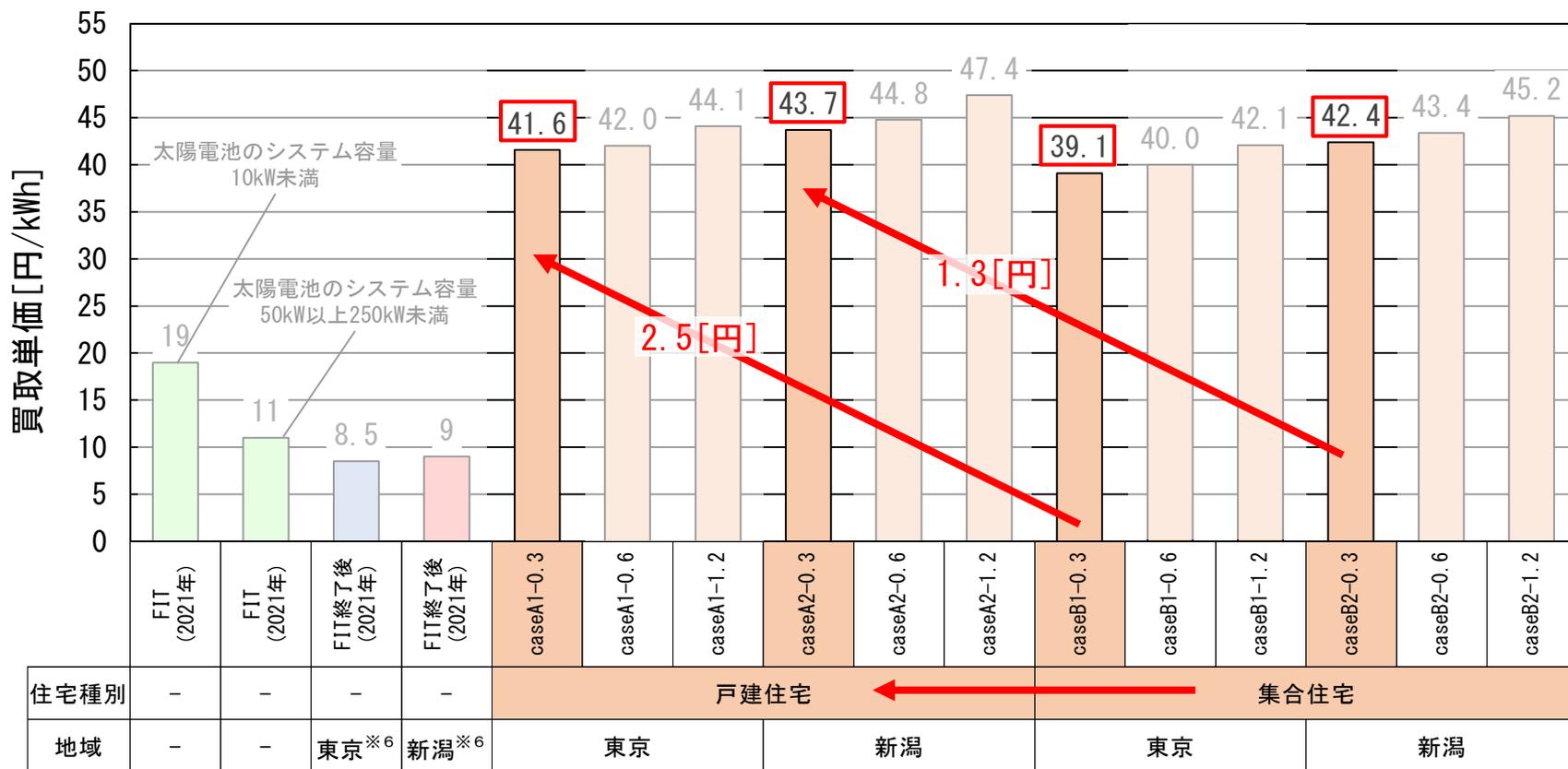


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京:東京電力 新潟:東北電力)のFIT終了後の買取単価

caseA (戸建住宅)における投資回収するための買取単価は、同条件の**caseB (集合住宅)**と比較して**1.3~2.5[円]**程度増加する。

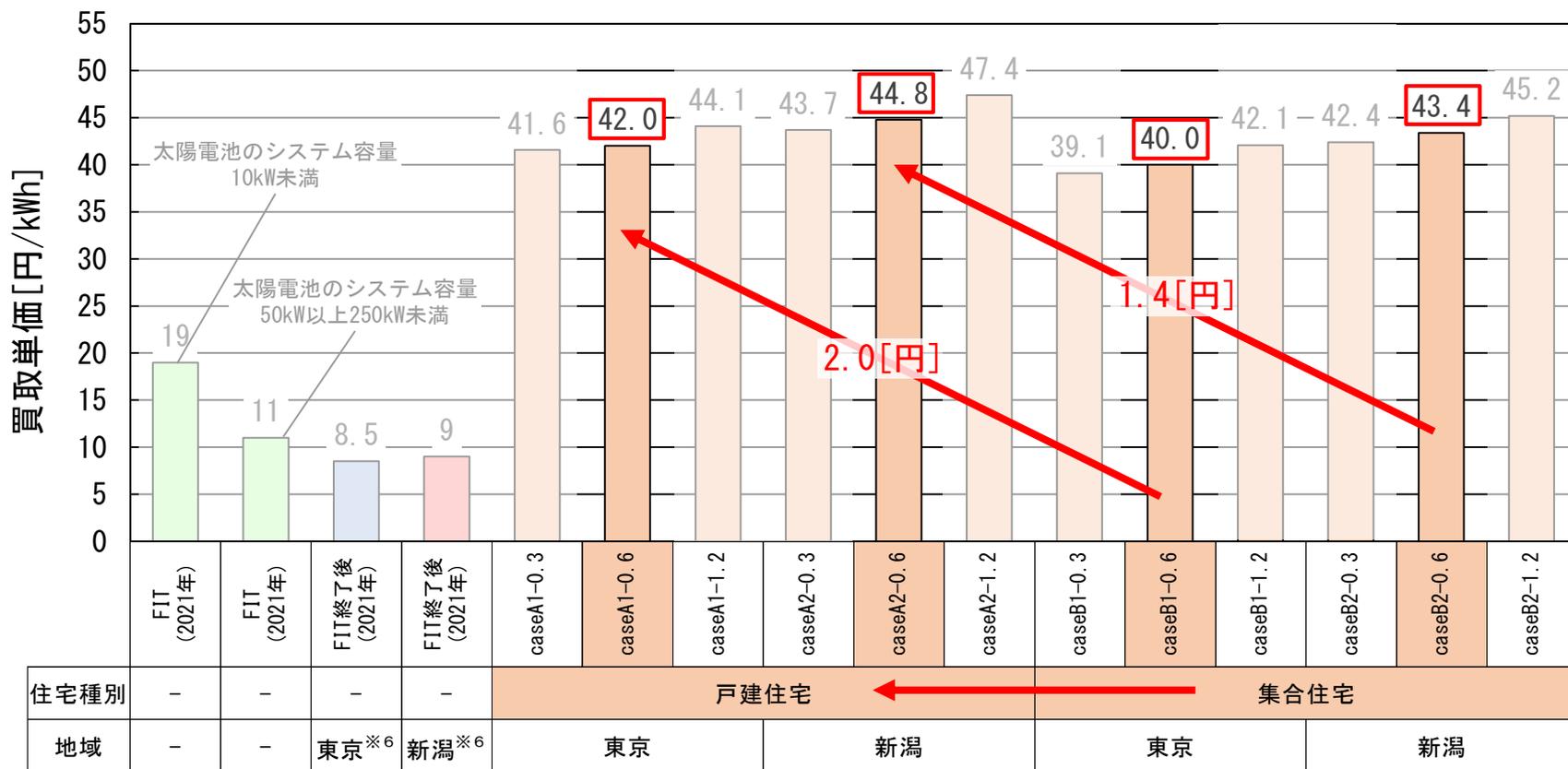


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

caseA (戸建住宅)における投資回収するための買取単価は、同条件の**caseB (集合住宅)**と比較して**1.3~2.5[円]**程度増加する。

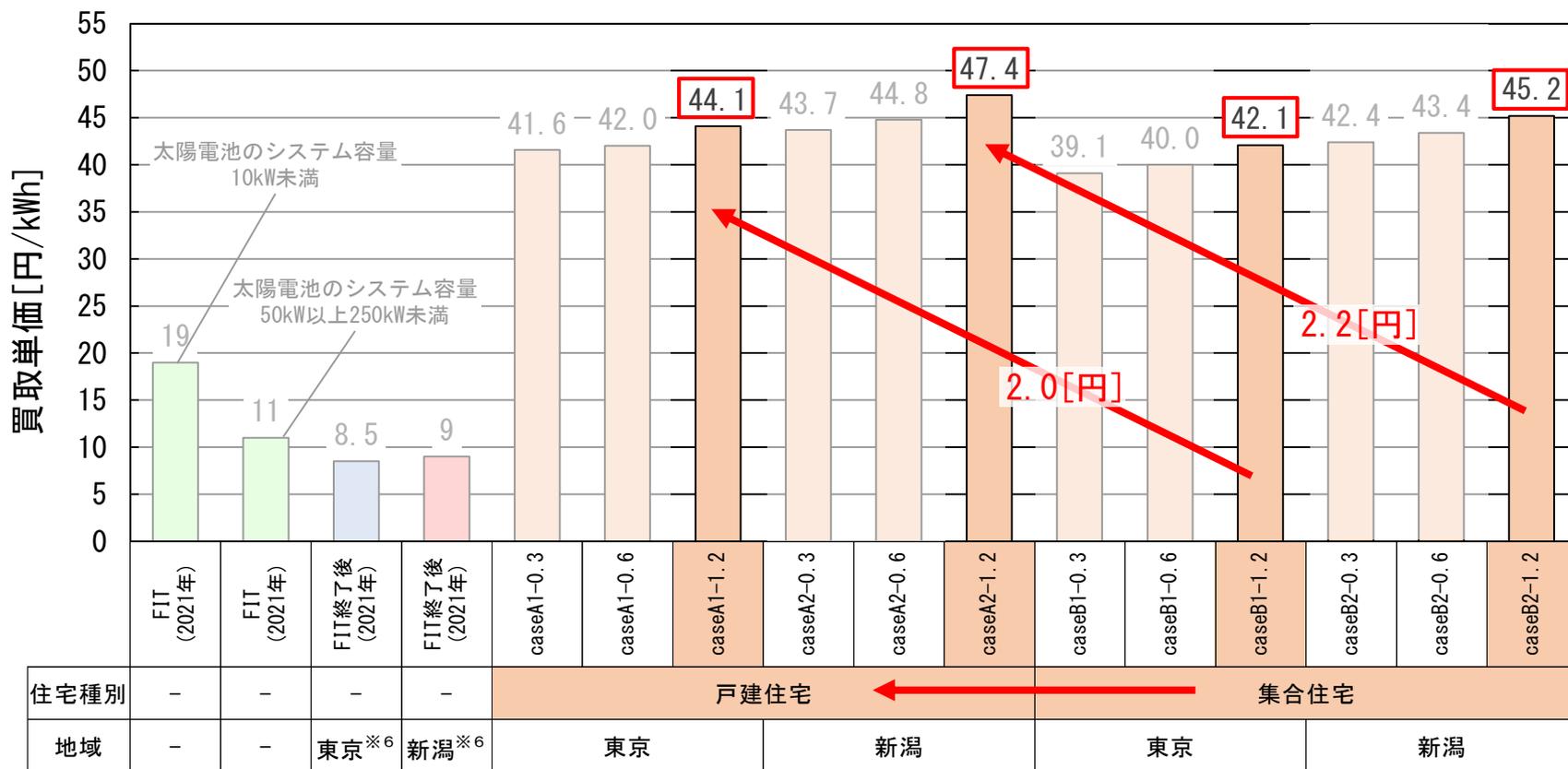


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

断熱性能が等しい場合、**case1** (東京) における投資回収するための買取単価は**case2** (新潟) と比較して**2.1~3.4 [円]**程度低下する。

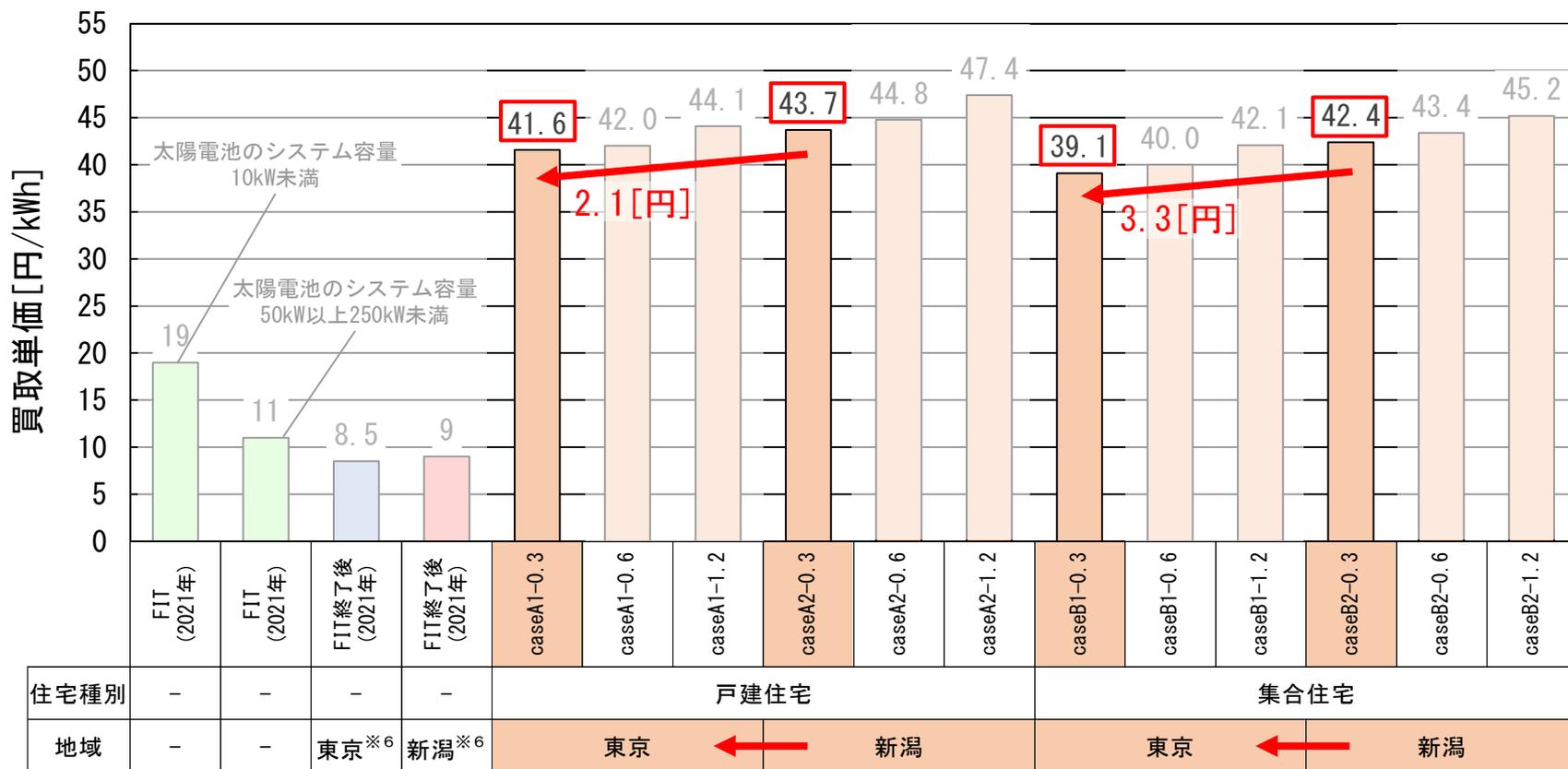


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

断熱性能が等しい場合、**case1** (東京) における投資回収するための買取単価は**case2** (新潟) と比較して**2.1~3.4 [円]**程度低下する。

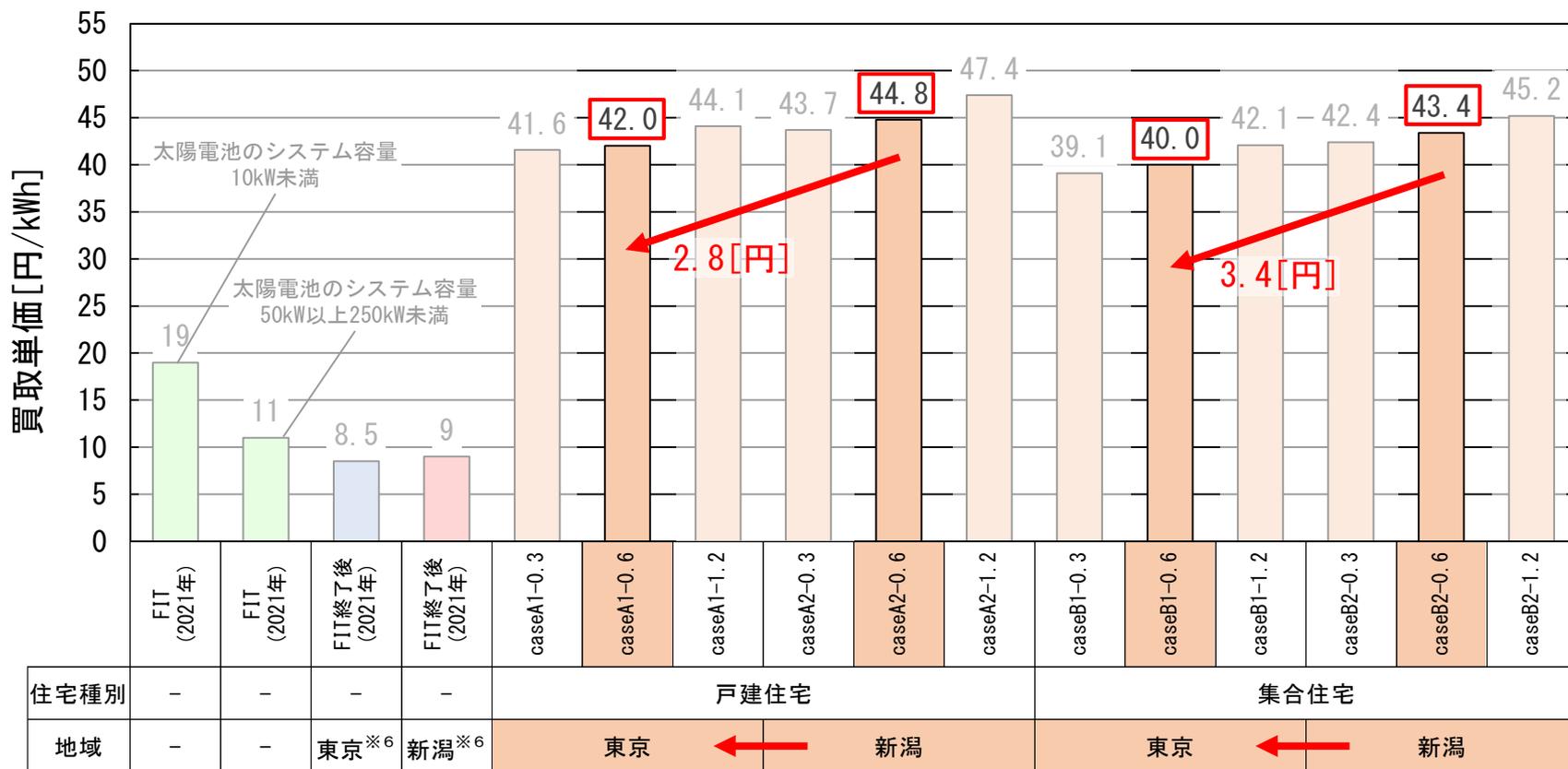


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

断熱性能が等しい場合、**case1** (東京) における投資回収するための買取単価は**case2** (新潟) と比較して**2.1~3.4 [円]**程度低下する。

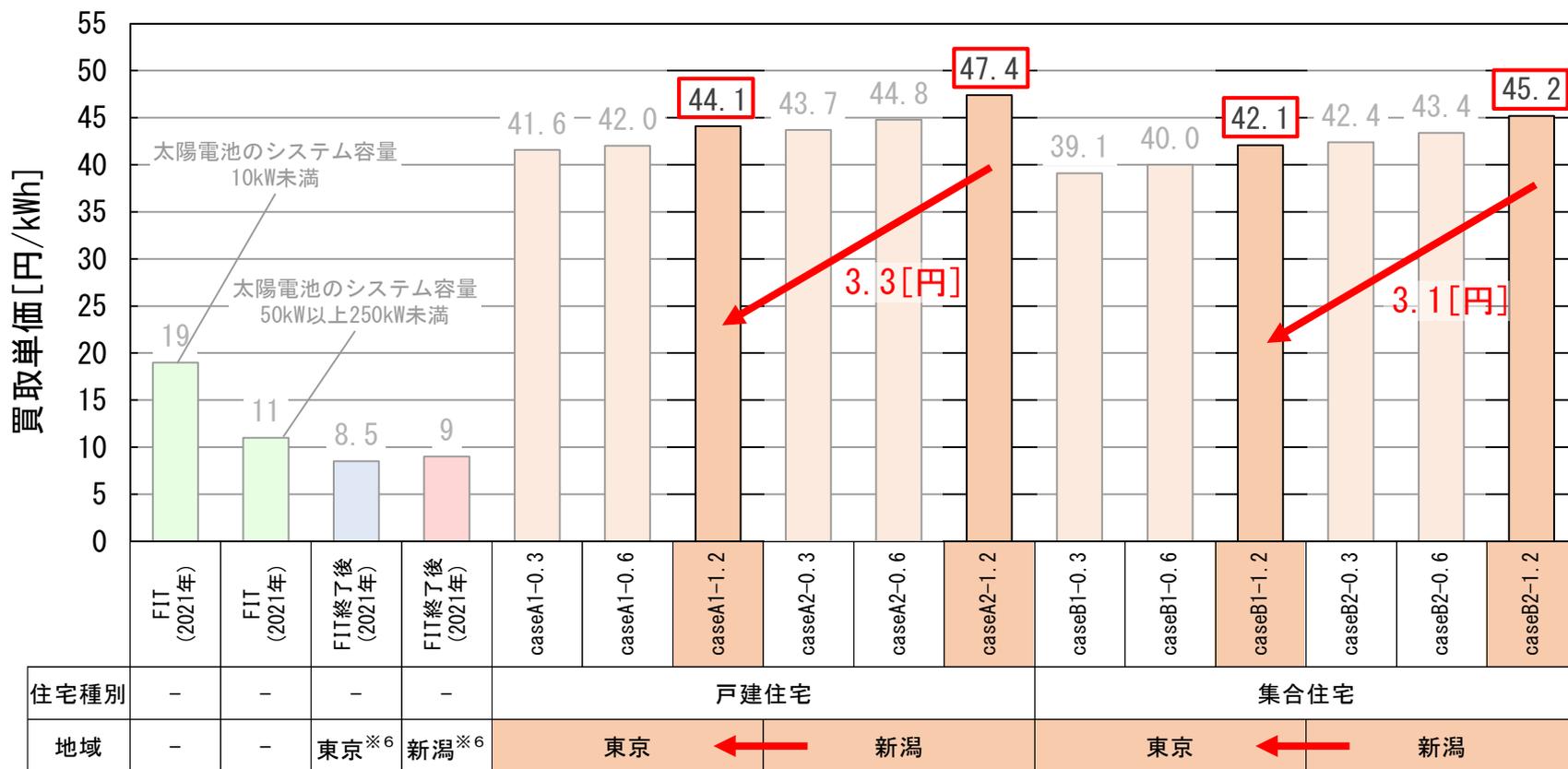


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京:東京電力 新潟:東北電力)のFIT終了後の買取単価

同地域において、断熱性能が向上すると投資回収するための買取単価は2.5~3.7[円]程度低下する。

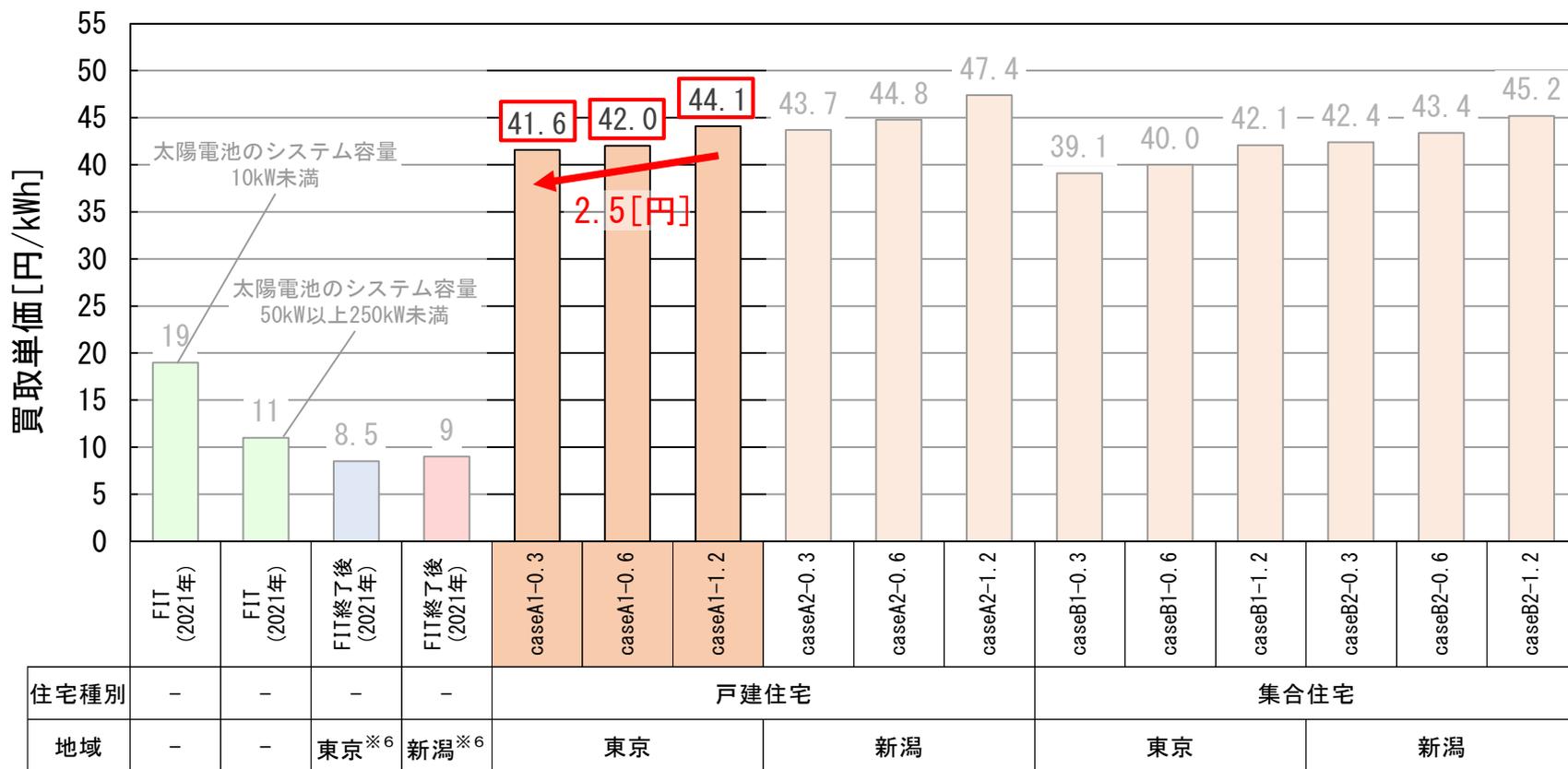


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

同地域において、断熱性能が向上すると投資回収するための買取単価は2.5~3.7[円]程度低下する。

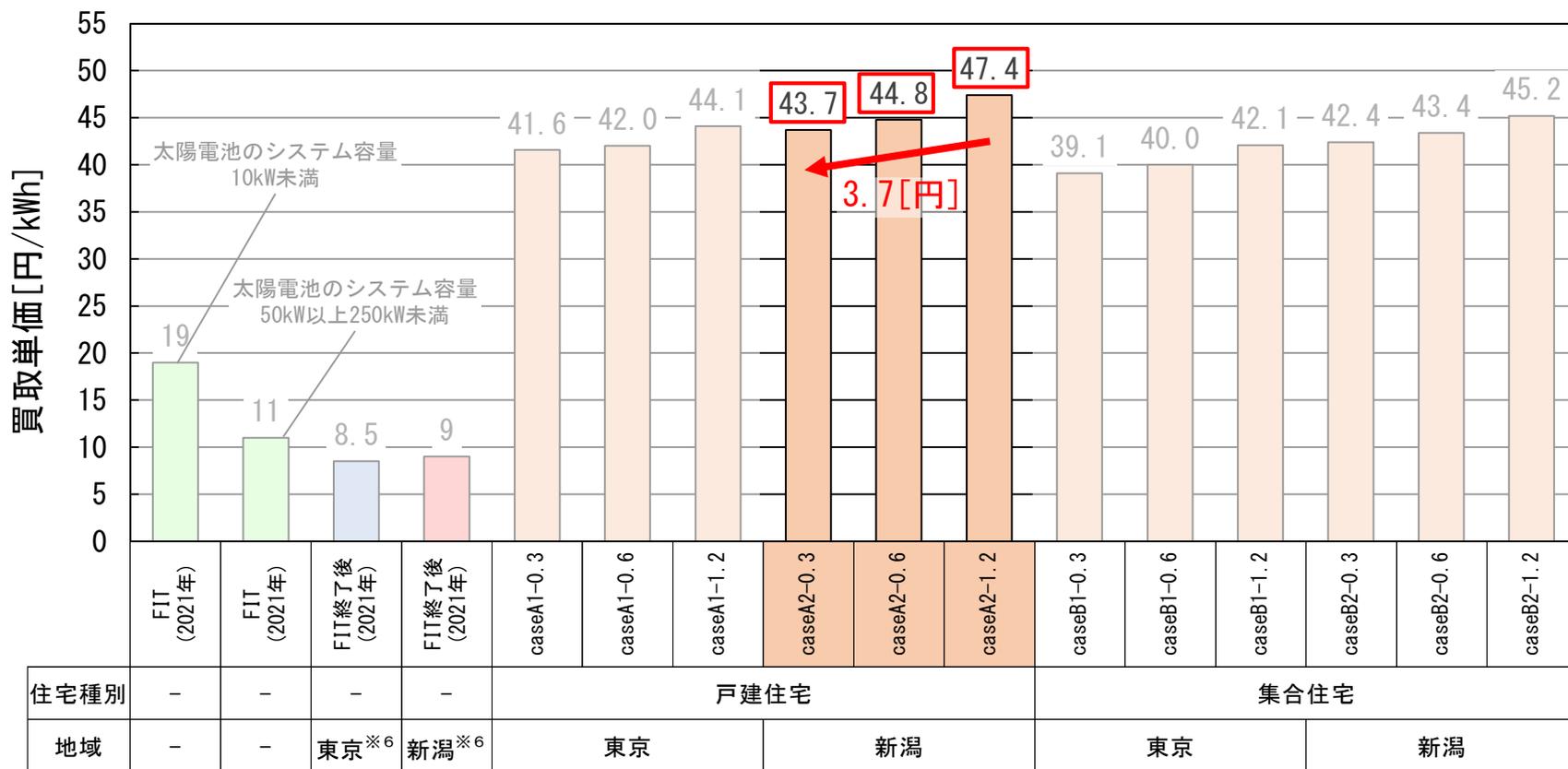


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

同地域において、断熱性能が向上すると投資回収するための買取単価は2.5~3.7[円]程度低下する。

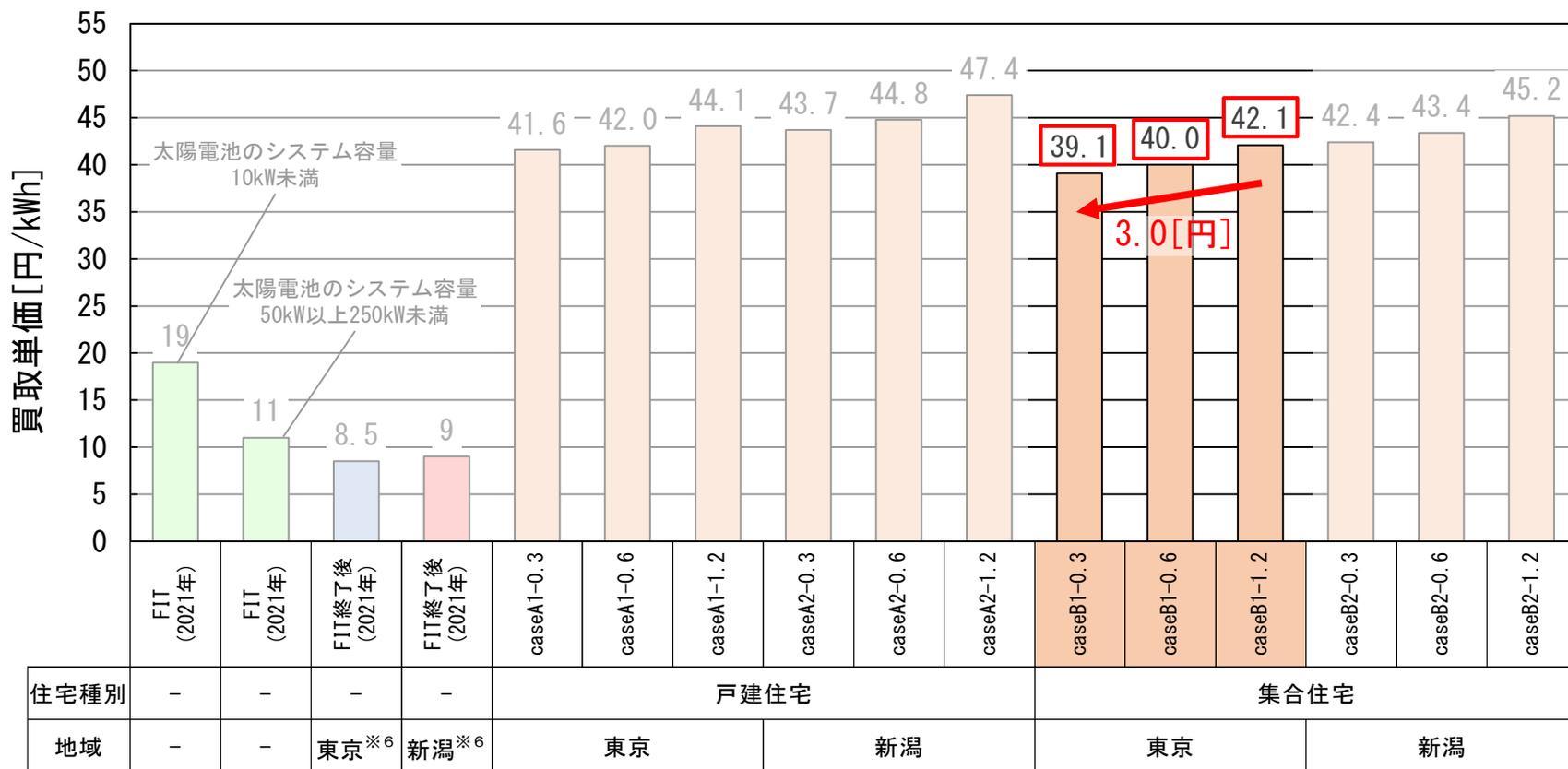


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

同地域において、断熱性能が向上すると投資回収するための買取単価は2.5~3.7[円]程度低下する。

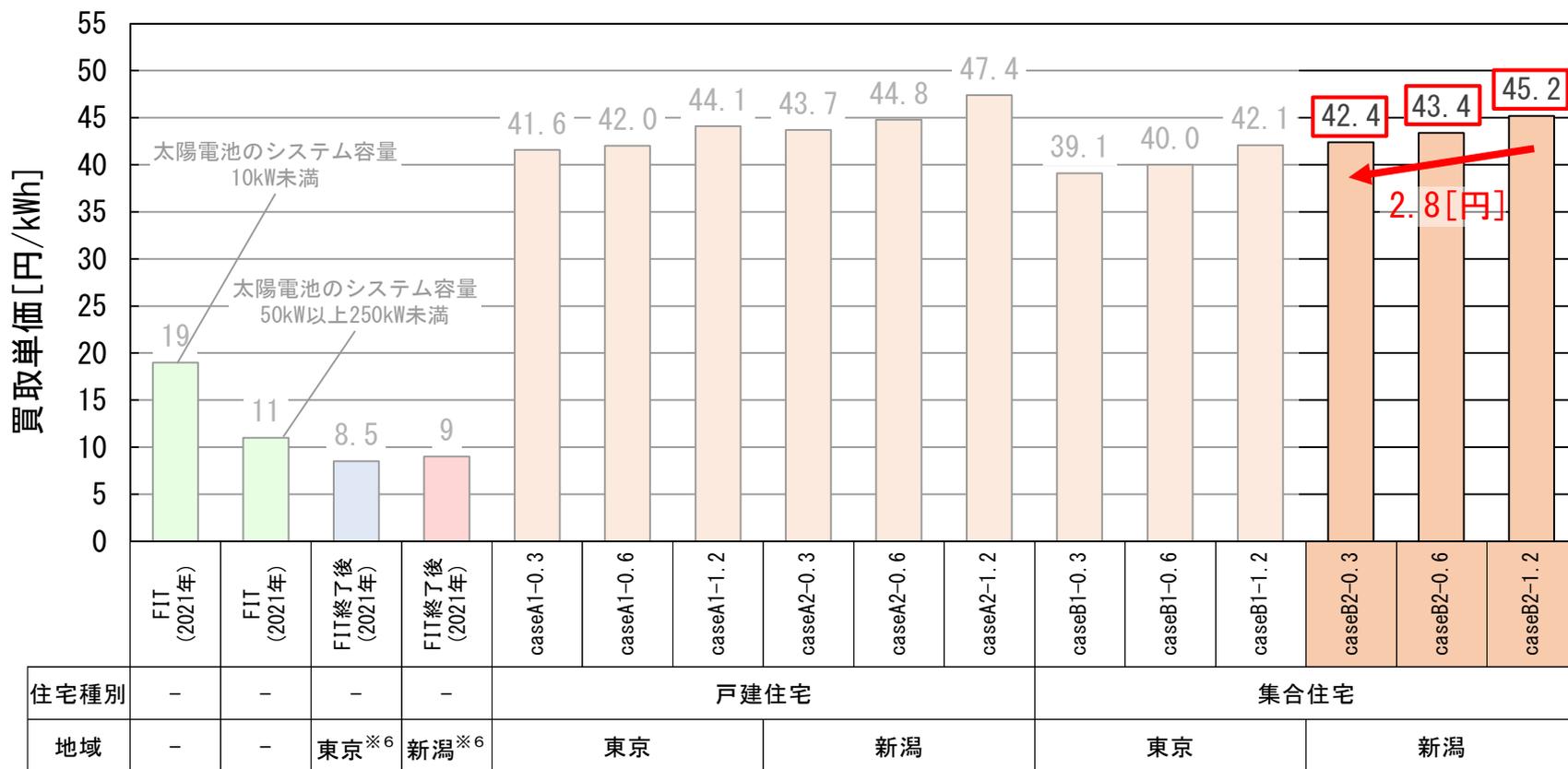


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

現状のFITによる買取単価、FIT終了後の買取単価と比較して、どのcaseでも価格を上回るため、期間内に投資回収することはできない。

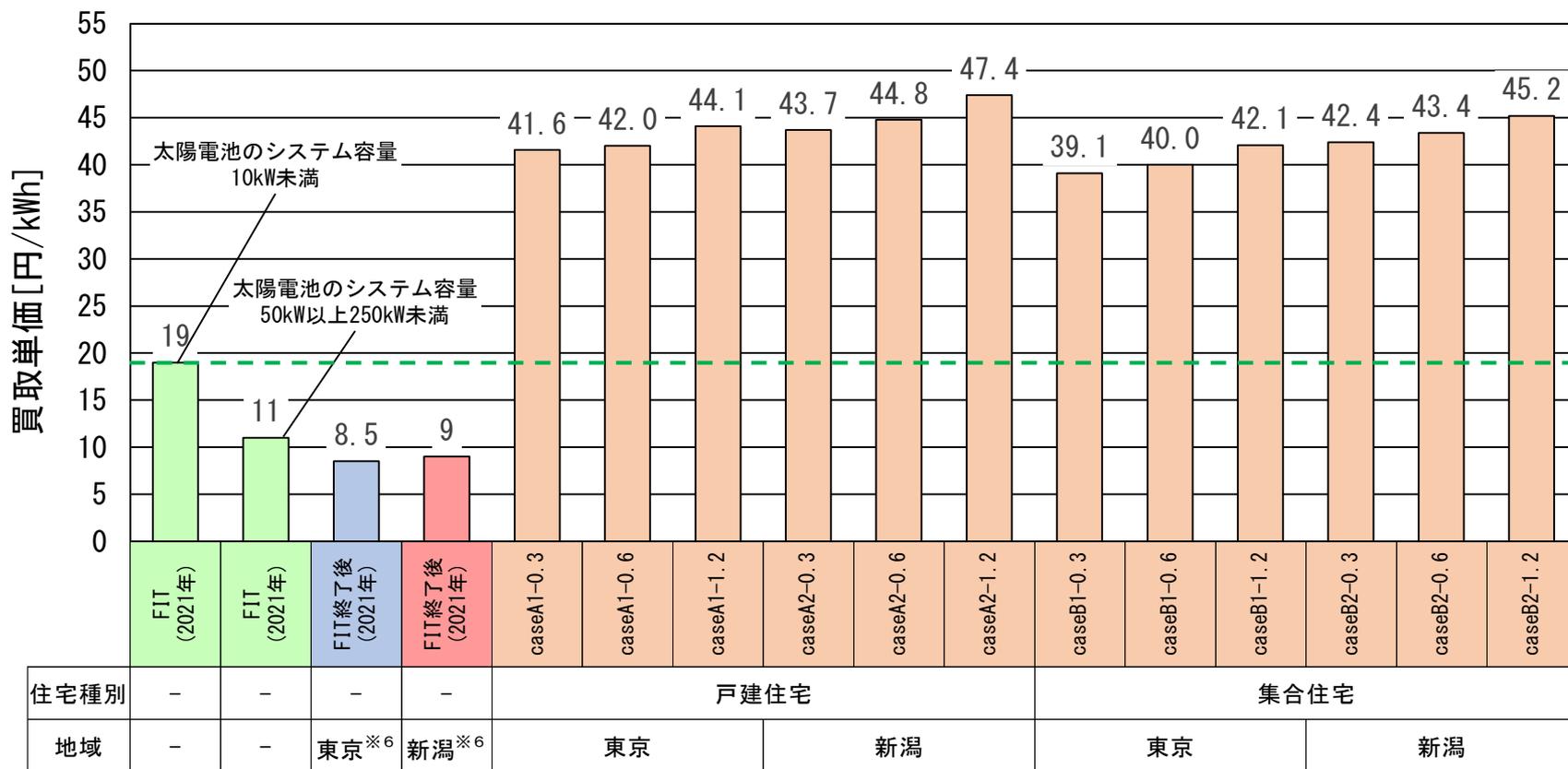


図5 10年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

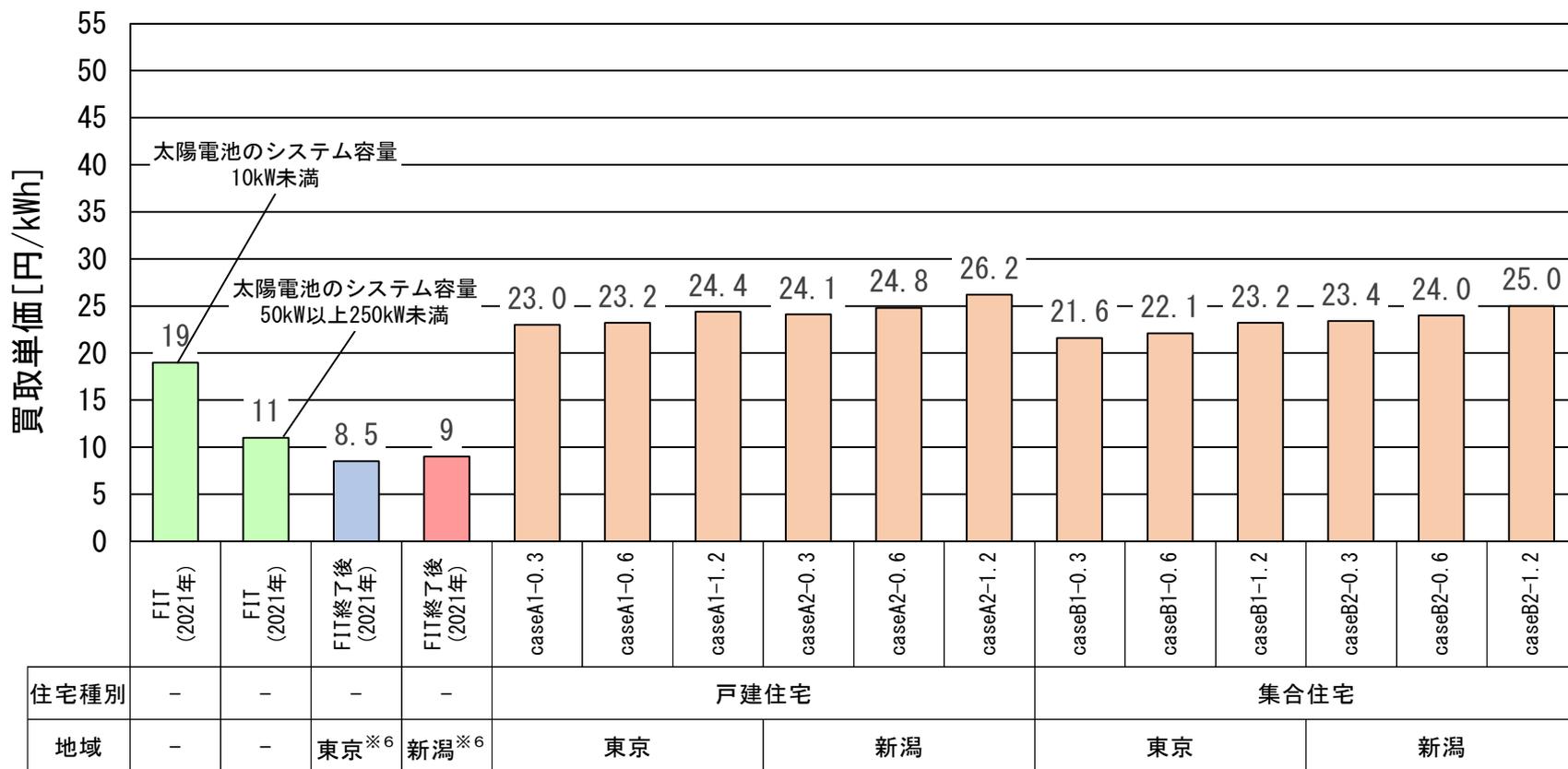


図6 20年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

20年で投資回収するための買取単価は、すべてのcaseにおいて、10年で投資回収するための買取単価と比較して低下する。

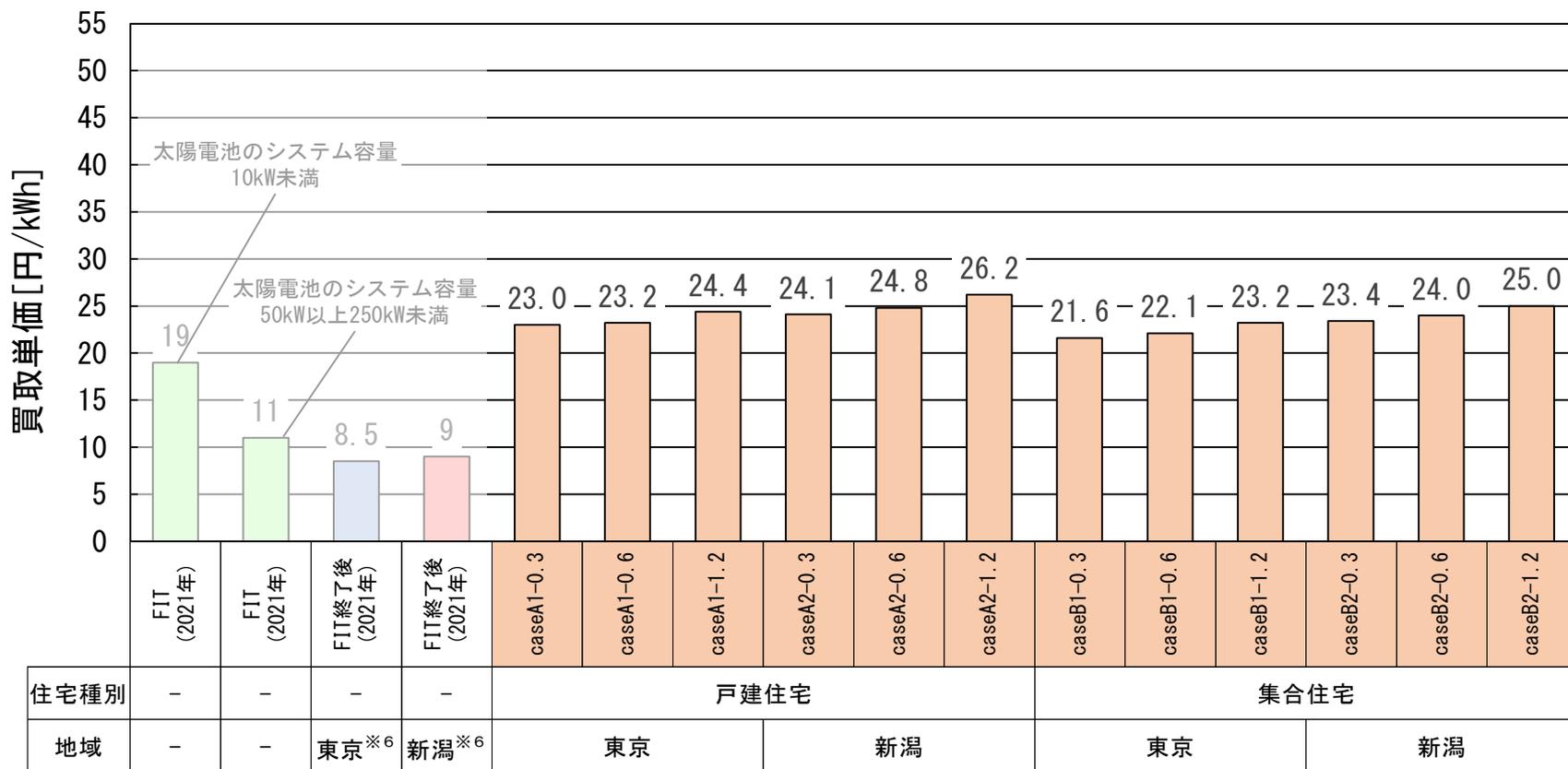


図6 20年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

これは太陽光発電装置の費用が**相対的に安くなる**ことが理由と考えられる。

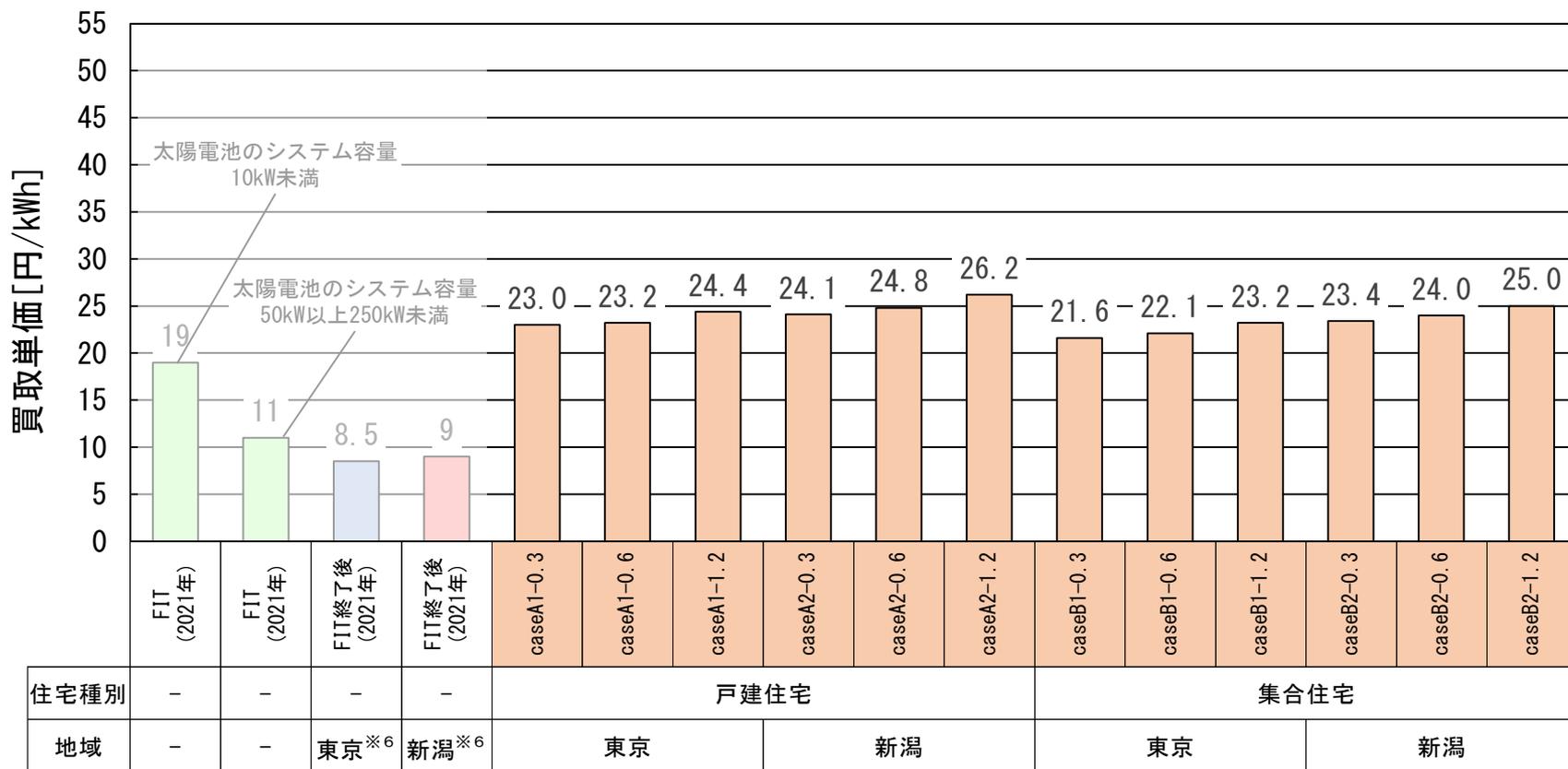


図6 20年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

しかし、現状のFITによる買取単価、FIT終了後の買取単価と比較して、どのcaseでも価格を上回るため、期間内に投資回収することはできない。

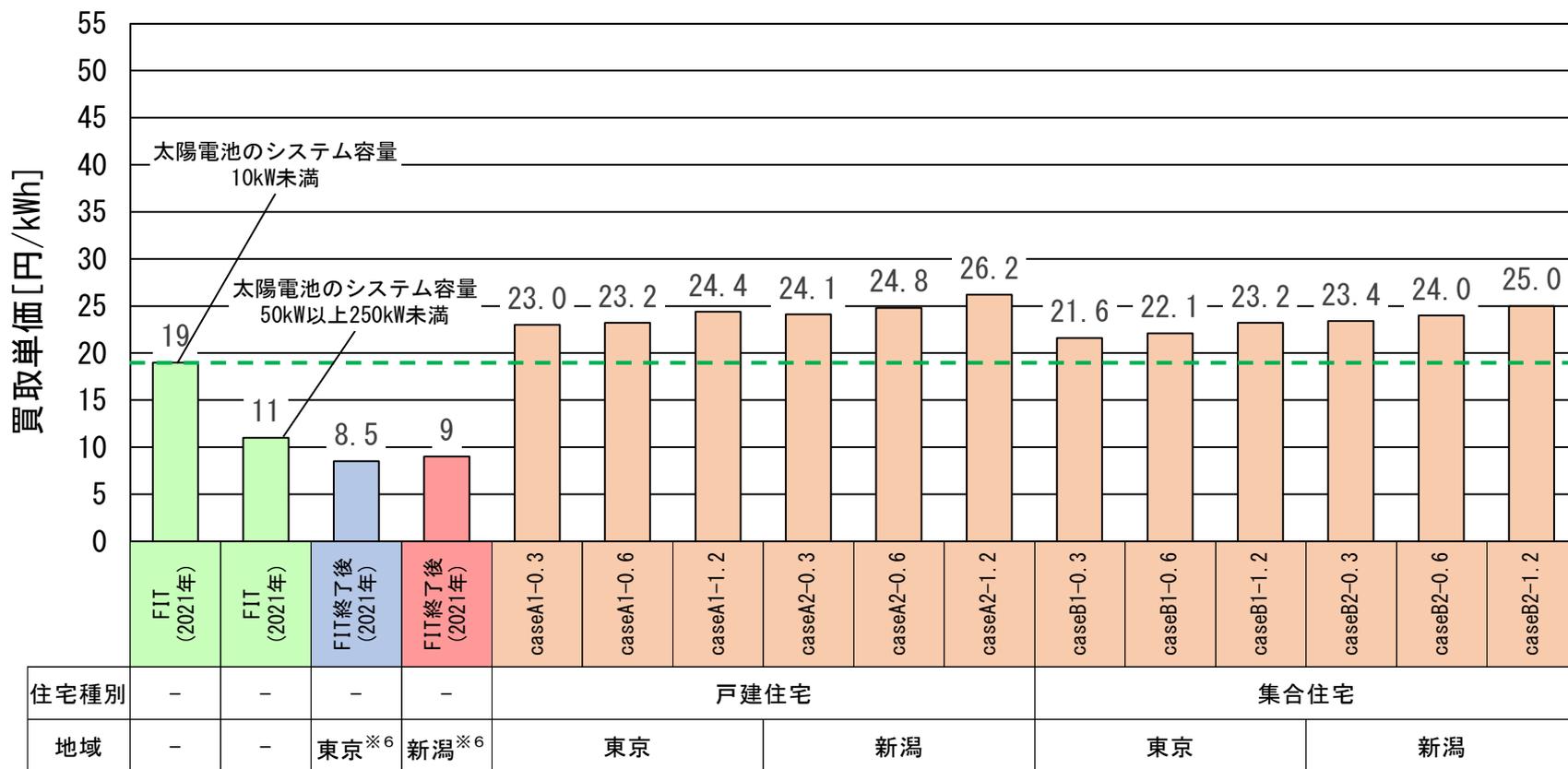


図6 20年で投資回収するための買取単価

※6 各地域を管轄する電力会社(東京：東京電力 新潟：東北電力)のFIT終了後の買取単価

表5 太陽光発電装置の費用を低減させた場合の買取単価

買取単価[円]		case A1-0.3	case A1-0.6	case A1-1.2	case A2-0.3	case A2-0.6	case A2-1.2	case B1-0.3	case B1-0.6	case B1-1.2	case B2-0.3	case B2-0.6	case B2-1.2
現在の太陽光発電装置 の費用に対する割合[%]	耐用 年数	戸建住宅						集合住宅					
100	10年	41.6	42.0	44.1	43.7	44.8	47.4	39.1	40.0	42.1	42.4	43.4	45.2
	20年	23.0	23.2	24.4	24.1	24.8	26.2	21.6	22.1	23.2	23.4	24.0	25.0
80	10年	33.3	33.6	35.3	35.0	35.9	37.9	31.3	32.0	33.7	33.9	34.7	36.1
	20年	18.4	18.6	19.5	19.3	19.8	20.9	17.3	17.7	18.6	18.7	19.2	20.0
50	10年	20.8	21.0	22.1	21.9	22.4	23.7	19.6	20.0	21.0	21.2	21.7	22.6
	20年	11.5	11.6	12.2	12.1	12.4	13.1	10.8	11.0	11.6	11.7	12.0	12.5
30	10年	12.5	12.6	13.2	13.1	13.4	14.2	11.7	12.0	12.6	12.7	13.0	13.6
	20年	6.9	7.0	7.3	7.2	7.4	7.8	6.5	6.6	7.0	7.0	7.2	7.5

※ 灰色の個所はFIT、白字はFIT終了後の買取単価に対して低額となるcaseである。

現状の買取単価では、太陽光発電装置の費用を現状に対して8割とした場合でも、ほとんどのcaseで投資回収することはできない。

表5 太陽光発電装置の費用を低減させた場合の買取単価

買取単価[円]		case A1-0.3	case A1-0.6	case A1-1.2	case A2-0.3	case A2-0.6	case A2-1.2	case B1-0.3	case B1-0.6	case B1-1.2	case B2-0.3	case B2-0.6	case B2-1.2
現在の太陽光発電装置の費用に対する割合[%]	耐用年数	戸建住宅						集合住宅					
100	10年	41.6	42.0	44.1	43.7	44.8	47.4	39.1	40.0	42.1	42.4	43.4	45.2
	20年	23.0	23.2	24.4	24.1	24.8	26.2	21.6	22.1	23.2	23.4	24.0	25.0
80	10年	33.3	33.6	35.3	35.0	35.9	37.9	31.3	32.0	33.7	33.9	34.7	36.1
	20年	18.4	18.6	19.5	19.3	19.8	20.9	17.3	17.7	18.6	18.7	19.2	20.0
50	10年	20.8	21.0	22.1	21.9	22.4	23.7	19.6	20.0	21.0	21.2	21.7	22.6
	20年	11.5	11.6	12.2	12.1	12.4	13.1	10.8	11.0	11.6	11.7	12.0	12.5
30	10年	12.5	12.6	13.2	13.1	13.4	14.2	11.7	12.0	12.6	12.7	13.0	13.6
	20年	6.9	7.0	7.3	7.2	7.4	7.8	6.5	6.6	7.0	7.0	7.2	7.5

※ 灰色の個所はFIT、白字はFIT終了後の買取単価に対して低額となるcaseである。

一方、太陽光発電装置の費用が5割、3割となると投資回収可能な解析caseが増加する。

表5 太陽光発電装置の費用を低減させた場合の買取単価

買取単価[円]		case A1-0.3	case A1-0.6	case A1-1.2	case A2-0.3	case A2-0.6	case A2-1.2	case B1-0.3	case B1-0.6	case B1-1.2	case B2-0.3	case B2-0.6	case B2-1.2
現在の太陽光発電装置の費用に対する割合[%]	耐用年数	戸建住宅						集合住宅					
100	10年	41.6	42.0	44.1	43.7	44.8	47.4	39.1	40.0	42.1	42.4	43.4	45.2
	20年	23.0	23.2	24.4	24.1	24.8	26.2	21.6	22.1	23.2	23.4	24.0	25.0
80	10年	33.3	33.6	35.3	35.0	35.9	37.9	31.3	32.0	33.7	33.9	34.7	36.1
	20年	18.4	18.6	19.5	19.3	19.8	20.9	17.3	17.7	18.6	18.7	19.2	20.0
50	10年	20.8	21.0	22.1	21.9	22.4	23.7	19.6	20.0	21.0	21.2	21.7	22.6
	20年	11.5	11.6	12.2	12.1	12.4	13.1	10.8	11.0	11.6	11.7	12.0	12.5
30	10年	12.5	12.6	13.2	13.1	13.4	14.2	11.7	12.0	12.6	12.7	13.0	13.6
	20年	6.9	7.0	7.3	7.2	7.4	7.8	6.5	6.6	7.0	7.0	7.2	7.5

※ 灰色の個所はFIT、白字はFIT終了後の買取単価に対して低額となるcaseである。

まとめ

- ①現状の買取単価で、太陽光発電装置の費用を投資回収することはできない。
- ②現状の買取単価では太陽光発電装置の経済的持続性は少ないと考えられる。
- ③太陽光発電装置の費用が低下することで、投資回収可能な解析条件が増加し、太陽光発電装置の経済的持続性は高まると考えられる。