

# 太陽光発電のサステナビリティ に関する研究

高齢者賃貸住宅を対象としたライフサイクルコストの検討

T 1 7 D 6 3 9 F 渡部 棟也  
指導教員 赤林 伸一 教授

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 解析結果
- 4 まとめ

## 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)**※<sup>1</sup>が導入され、住宅に設置された**太陽光発電の余剰電力の買取**が行われている。

※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。

# 研究目的

当初10年間のFITの買取価格は、電気料金単価に対して高額であり、太陽光発電電力を自家消費するよりも売却した方が有利な状況である。しかし、その後の買取価格は電気料金単価と比較して極めて低額となる。

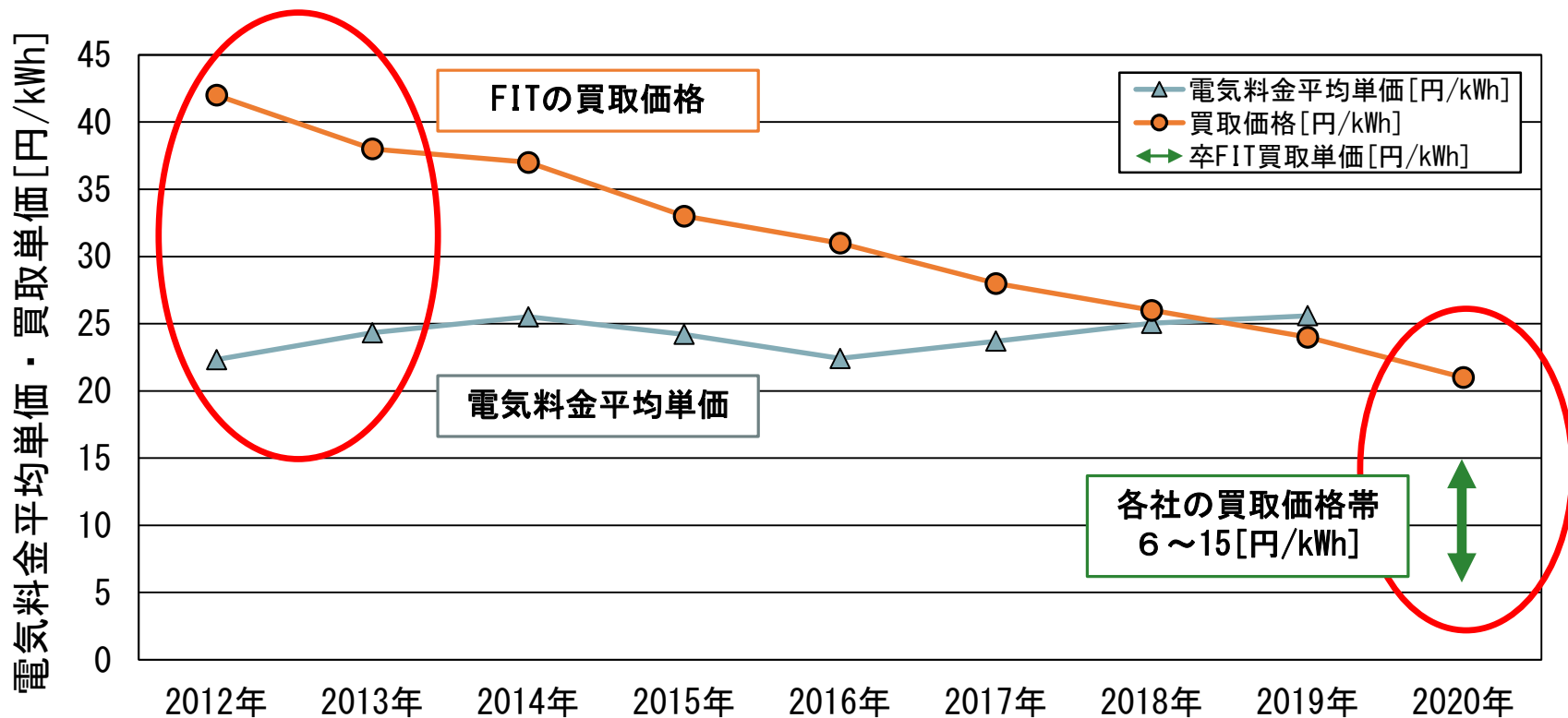


図 電気料金平均単価と買取単価の推移<sup>文)</sup>

文) 経済産業省：「令和2年度の調達価格等に関する意見」、2020年

# 研究目的

当初10年間のFITの買取価格は、電気料金単価に対して高額であり、太陽光発電電力を自家消費するよりも売却した方が有利な状況である。しかし、その後の買取価格は買電料金単価と比較して極めて低額となる。

従って、FITの終了後に太陽光発電装置が寿命を迎えた場合には、更新されない可能性が高い。

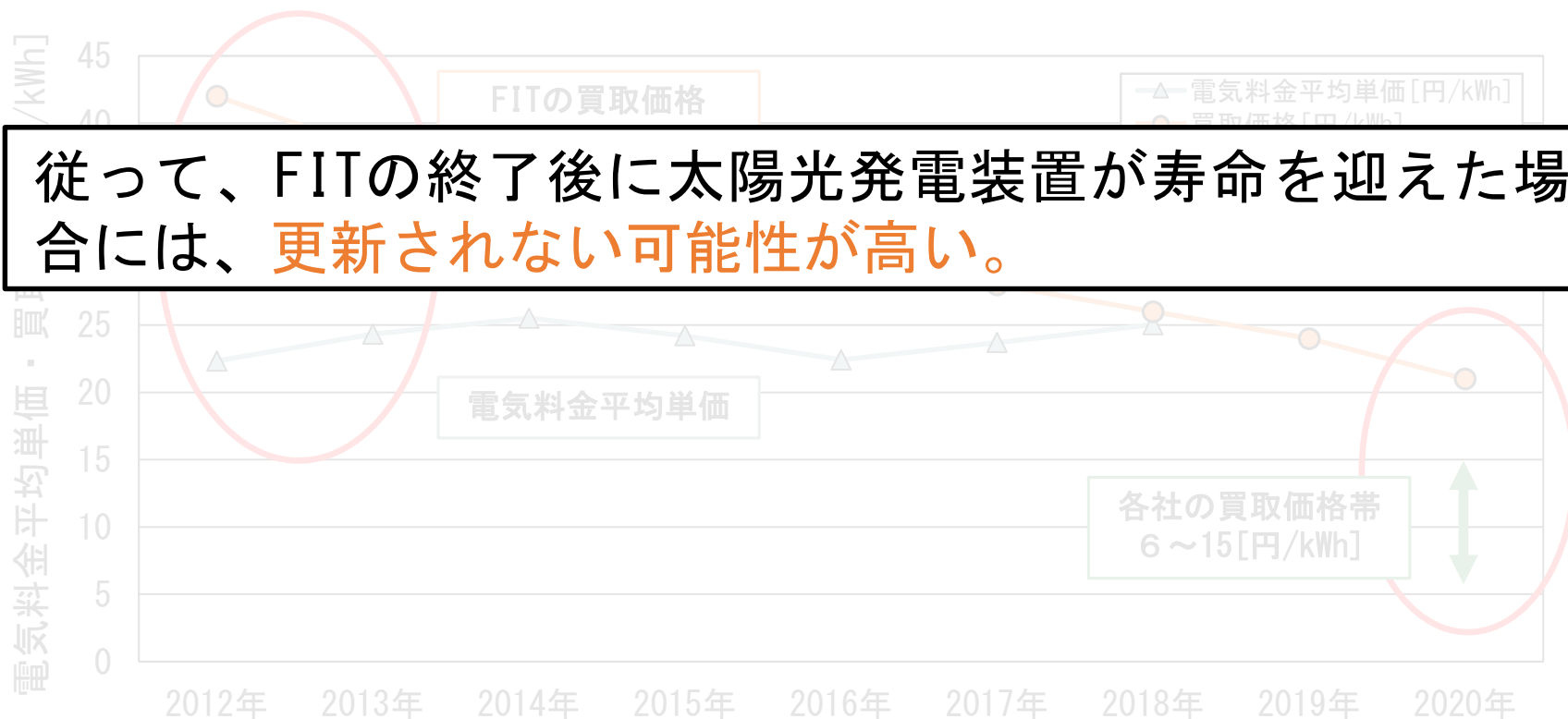


図 電気料金平均単価<sup>文)</sup>と買取単価の推移

文) 経済産業省：「令和2年度の調達価格等に関する意見」、2020年

## 研究目的

本研究では、太陽電池が発電する昼間の電力需要が相対的に多く、今後増加すると考えられる**高齢者賃貸住宅**を対象とし、居住者がそれぞれ電力会社と契約する従来型と、オーナーが太陽光発電電力を居住者へ直接売電する場合のランニングコストとイニシャルコストを検討し、**FITから独立した太陽光発電のサステナビリティ（経済的持続性）の検討**を行うことを目的とする。

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 解析結果
- 4 まとめ

表 1 対象集合住宅及び太陽電池の概要

構造	木造二階建	セル種類	単結晶シリコン
間取り	1LDK	太陽電池 変換効率	18.0 [%]
世帯構成	2 [人]	温度係数 <sup>※2</sup>	-0.41 [%/°C]
専有面積	42.3 [m <sup>2</sup> ]	最大出力	210 [W]
階高	2.7 [m]	面積	1.188 [m <sup>2</sup> ]
戸数	16 [戸]	寸法	1.176 × 0.99 [m]
総屋根面積	360.3 [m <sup>2</sup> ]	パワコン <sup>※3</sup> 変換効率	95.5 [%]
屋根傾斜角度	20 [°]		
U <sub>A</sub> 値	0.6 [W / (m <sup>2</sup> · K)]		

※2 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。

※3 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。



# 解析対象地域・住宅

対象集合住宅は全電化集合住宅(16戸)とし、立地は東京とする。

表 対象集合住宅の概要

構造	木造二階建
間取り	1LDK
世帯構成	2 [人]
専有面積	42.3 [m <sup>2</sup> ]
階高	2.7 [m]
戸数	16 [戸]
総屋根面積	360.3 [m <sup>2</sup> ]
屋根傾斜角度	20 [°]
U <sub>A</sub> 値	0.6 [W / (m <sup>2</sup> · K)]

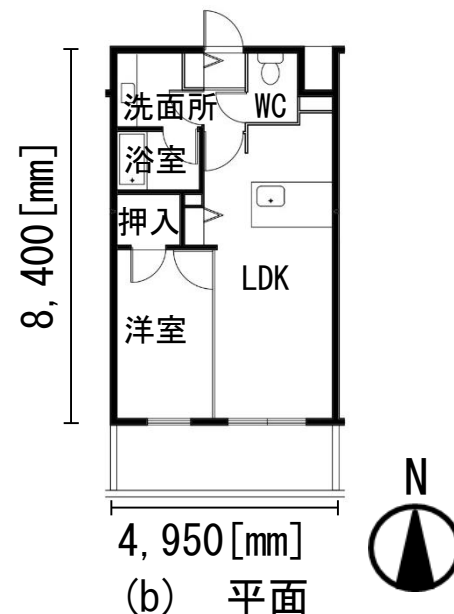
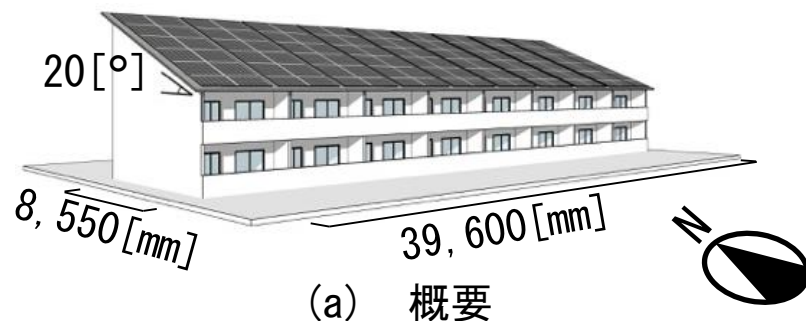


図1 対象集合住宅の概要と平面

# 太陽光発電量の算出

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<sup>文1)</sup>の発電量計算方法に基づき、**太陽光発電量**  
**を算出する。**

表 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 <sup>※2</sup>	-0.41[%/°C]
最大出力	210[W]
面積	1.188[m <sup>2</sup> ]
寸法	1.176 × 0.99[m]
パワコン <sup>※3</sup> 変換効率	95.5[%]

※2 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。

※3 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1) 佐々木淑貴、赤林伸一他：「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」, 日本建築学会環境系論文集, 第545号, 79-86, 2001年7月

# 年間電力消費量の算出 (空調電力消費量)

熱負荷シミュレーションソフトTRNSYS ver15. を用いて算出した暖冷房負荷と、既往の研究<sup>文2)</sup>で測定したエアコンのCOPマトリクスから空調電力消費量を算出する。

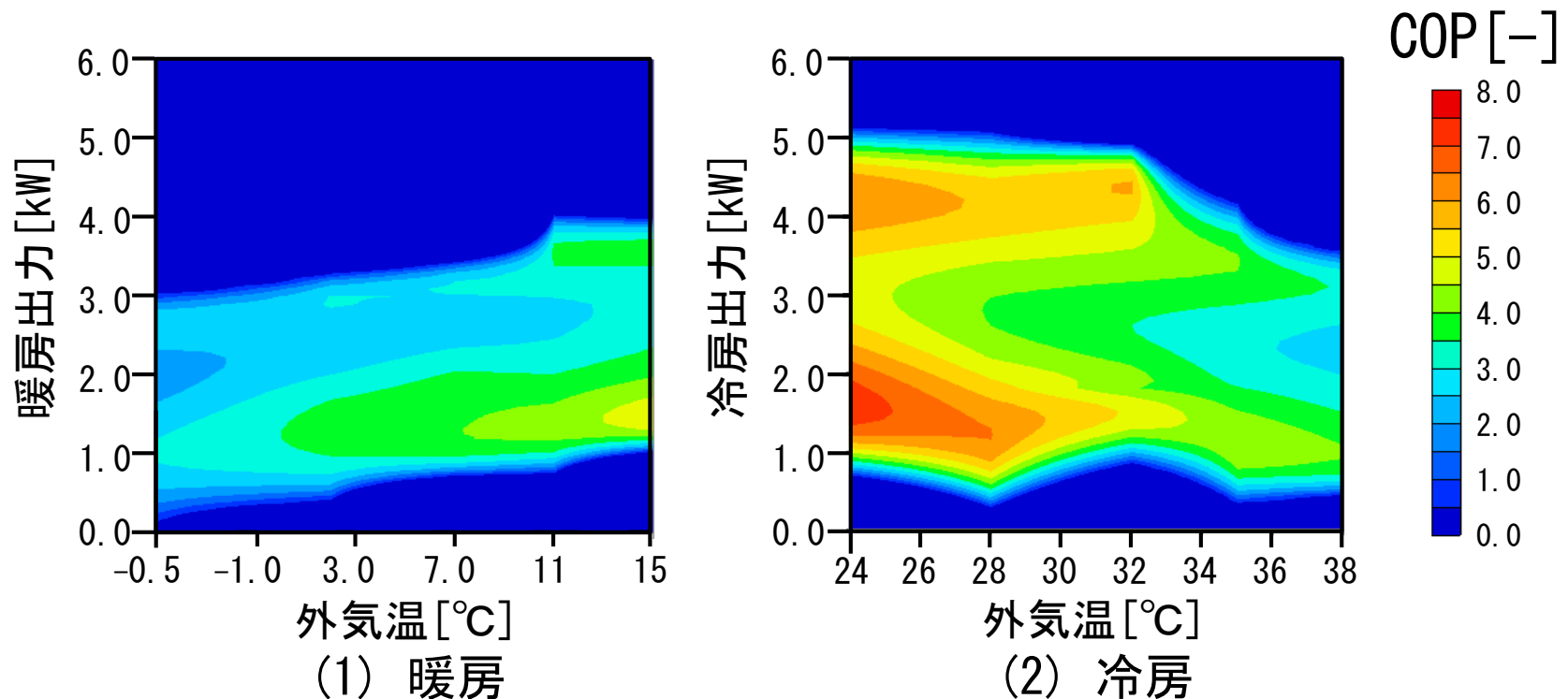


図 COPマトリクス

文2) 赤林伸一、文欣潔他：「家庭用エアコンを対象としたCOPマトリクスデータベース構築及び年間COPの算出に関する研究」, 日本建築学会北陸支部研究報告集, 2014年7月

# 年間電力消費量の算出（給湯用電力消費量）

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）を用い、給湯温度を40[°C]、年間平均COPは2として算出する。

各種電気機器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。

# 解析概要

太陽電池枚数を50、100、200、300[枚]、蓄電装置容量を0、5、10、30[kWh]として検討を行う。

表2 解析条件及びイニシャルコスト

解析case		太陽電池		蓄電装置容量 [kWh]	イニシャルコスト [万円]
		設置枚数	システム容量		
caseA	caseA-0	50[枚]	10.5[kW]	0	304.5
	caseA-5			5	354.5
	caseA-10			10	404.5
	caseA-30			30	604.5
caseB	caseB-0	100[枚]	21.0[kW]	0	609.0
	caseB-5			5	659.0
	caseB-10			10	709.0
	caseB-30			30	909.0
caseC	caseC-0	200[枚]	42.0[kW]	0	1218.0
	caseC-5			5	1268.0
	caseC-10			10	1318.0
	caseC-30			30	1518.0
caseD	caseD-0	300[枚]	63.0[kW]	0	1827.0
	caseD-5			5	1877.0
	caseD-10			10	1927.0
	caseD-30			30	2127.0

# 解析概要

太陽電池枚数を50、100、200、300[枚]、蓄電装置容量を0、5、10、30[kWh]として検討を行う。

表2 解析条件及びイニシャルコスト

解析case		太陽電池		蓄電装置容量 [kWh]	イニシャルコスト [万円]
		設置枚数	システム容量		
caseA	caseA-0	50[枚]	10.5[kW]	0	304.5
	caseA-5			5	354.5
	caseA-10			10	404.5
	caseA-30			30	604.5
caseB	caseB-0	100[枚]	21.0[kW]	0	609.0
	caseB-5			5	659.0
	caseB-10			10	709.0
	caseB-30			30	909.0
caseC	caseC-0	200[枚]	42.0[kW]	0	1218.0
	caseC-5			5	1268.0
	caseC-10			10	1318.0
	caseC-30			30	1518.0
caseD	caseD-0	300[枚]	63.0[kW]	0	1827.0
	caseD-5			5	1877.0
	caseD-10			10	1927.0
	caseD-30			30	2127.0

# 解析概要

蓄電装置はリチウムイオン電池とし、充放電の総合効率  
は81[%]とする。

表2 解析条件及びイニシャルコスト

解析case		太陽電池		蓄電装置容量 [kWh]	イニシャルコスト [万円]
		設置枚数	システム容量		
caseA	caseA-0	50[枚]	10.5[kW]	0	304.5
	caseA-5			5	354.5
	caseA-10			10	404.5
	caseA-30			30	604.5
caseB	caseB-0	100[枚]	21.0[kW]	0	609.0
	caseB-5			5	659.0
	caseB-10			10	709.0
	caseB-30			30	909.0
caseC	caseC-0	200[枚]	42.0[kW]	0	1218.0
	caseC-5			5	1268.0
	caseC-10			10	1318.0
	caseC-30			30	1518.0
caseD	caseD-0	300[枚]	63.0[kW]	0	1827.0
	caseD-5			5	1877.0
	caseD-10			10	1927.0
	caseD-30			30	2127.0



# 解析概要

イニシャルコストは太陽光発電システムを6.09[万円/枚]、蓄電装置を10[万円/kWh]とする。

表2 解析条件及びイニシャルコスト

解析case		太陽電池		蓄電装置容量 [kWh]	イニシャルコスト [万円]
		設置枚数	システム容量		
caseA	caseA-0	50[枚]	10.5[kW]	0	304.5
	caseA-5			5	354.5
	caseA-10			10	404.5
	caseA-30			30	604.5
caseB	caseB-0	100[枚]	21.0[kW]	0	609.0
	caseB-5			5	659.0
	caseB-10			10	709.0
	caseB-30			30	909.0
caseC	caseC-0	200[枚]	42.0[kW]	0	1218.0
	caseC-5			5	1268.0
	caseC-10			10	1318.0
	caseC-30			30	1518.0
caseD	caseD-0	300[枚]	63.0[kW]	0	1827.0
	caseD-5			5	1877.0
	caseD-10			10	1927.0
	caseD-30			30	2127.0

# 解析概要

耐用年数は太陽光発電システムが20年、蓄電装置が10年とする。

表 2 解析条件及びイニシャルコスト

解析case		太陽電池		蓄電装置容量 [kWh]	イニシャルコスト [万円]
		設置枚数	システム容量		
caseA	caseA-0	50[枚]	10.5[kW]	0	304.5
	caseA-5			5	354.5
	caseA-10			10	404.5
	caseA-30			30	604.5
caseB	caseB-0	100[枚]	21.0[kW]	0	609.0
	caseB-5			5	659.0
	caseB-10			10	709.0
	caseB-30			30	909.0
caseC	caseC-0	200[枚]	42.0[kW]	0	1218.0
	caseC-5			5	1268.0
	caseC-10			10	1318.0
	caseC-30			30	1518.0
caseD	caseD-0	300[枚]	63.0[kW]	0	1827.0
	caseD-5			5	1877.0
	caseD-10			10	1927.0
	caseD-30			30	2127.0

表3 電気料金単価

		系統電力からの 購入単価	居住者への売却単価 (30A契約)
基本料金		286 [円 / (kW・月)]	858 [円 / (戸・月)]
電力量料金 [円/kWh]	120 [kWh] 以下	19.88 [円/kWh]	
	120 [kWh] 超 300 [kWh] 以下	26.46 [円/kWh]	
	300 [kWh] 超	30.57 [円/kWh]	

# ランニングコストの計算方法

オーナーは居住者の電力需要に対し、太陽光発電及び蓄電装置を用いて電力を供給し、不足分は系統電力より購入する。

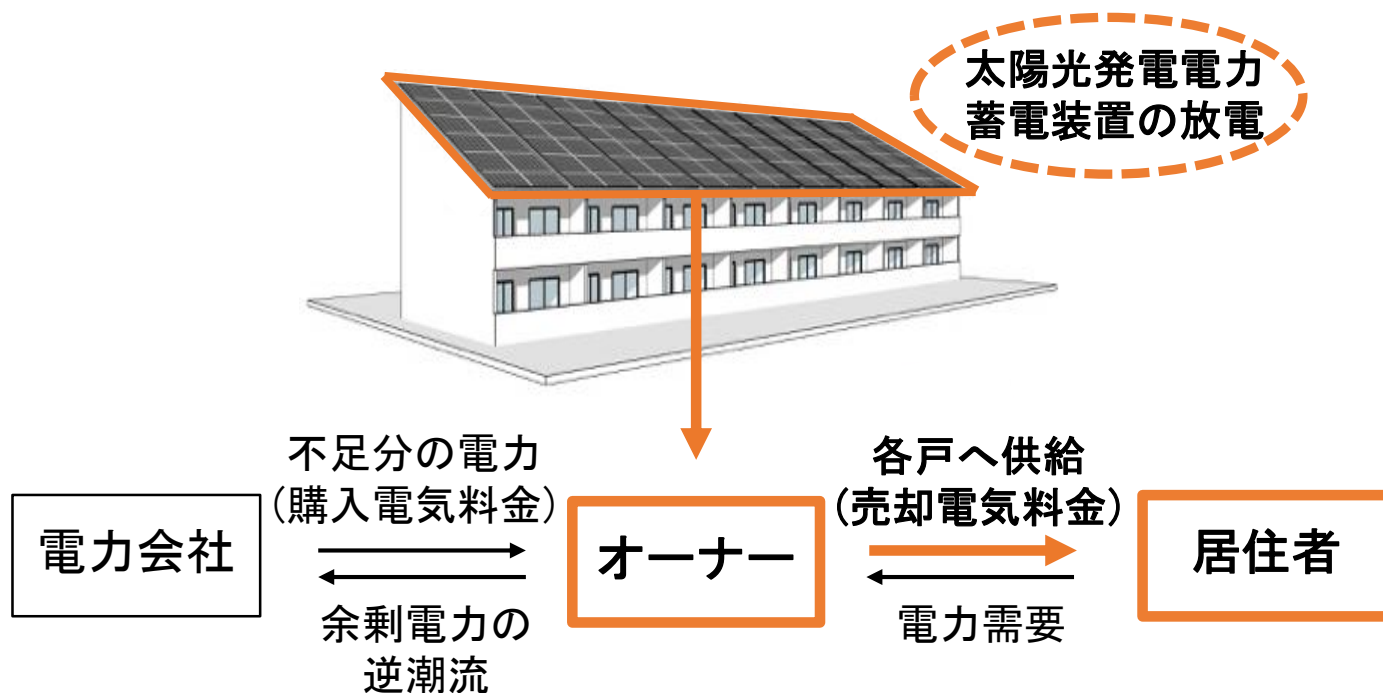


図 電力供給の流れ

# ランニングコストの計算方法

太陽光発電量が蓄電装置容量を超過した際に生じる余剰電力は、電力会社へ8.5[円/kWh]で逆潮流する。

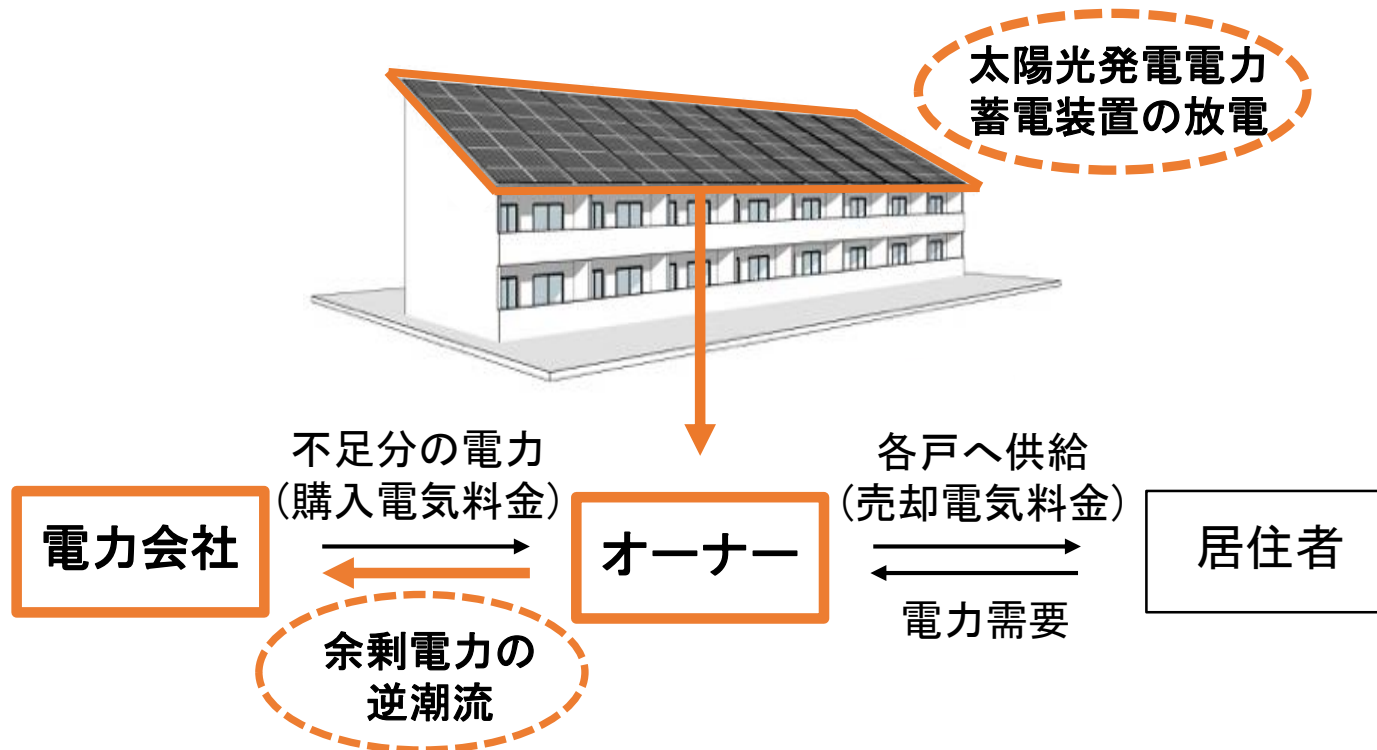


図 電力供給の流れ

# ランニングコストの計算方法

系統電力からの購入電気料金と、居住者への売却電気料金には**太陽光発電分の差額**が生じる。各解析条件における差額を**オーナーの利益**とする。

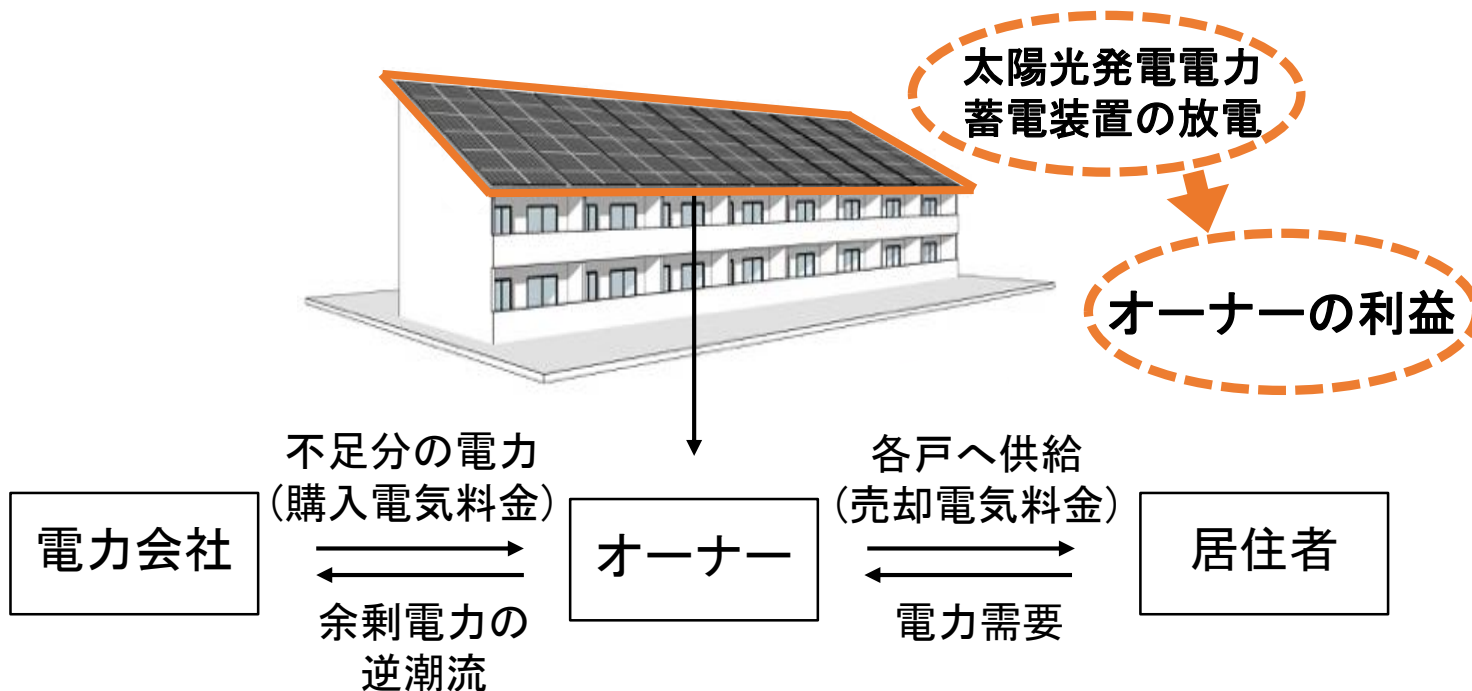


図 電力供給の流れ

# ランニングコストの計算方法

太陽電池メンテナンス費 (3,000 [円/(年・kWh)])<sup>文3)</sup> 及び建設より10年毎に蓄電装置、20年毎に太陽光発電システムの設備更新費をランニングコストとする。

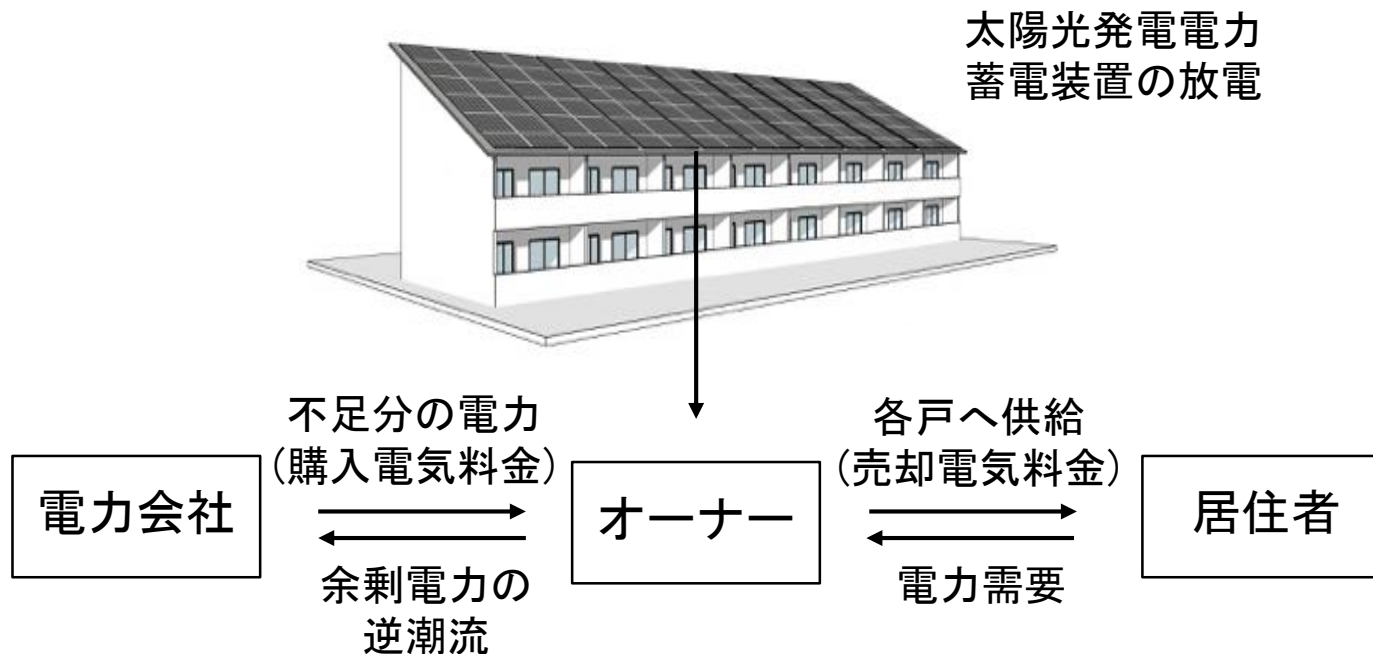


図 電力供給の流れ

文3) 経済産業省：「令和2年度の調達価格等に関する意見」, 2020年

# 投資回収年数の算出

イニシャルコストにランニングコストを加え、**ライフサイクルコスト**を算出する。オーナーの利益が各解析条件のライフサイクルコストを上回る年数を**投資回収年数**とする。

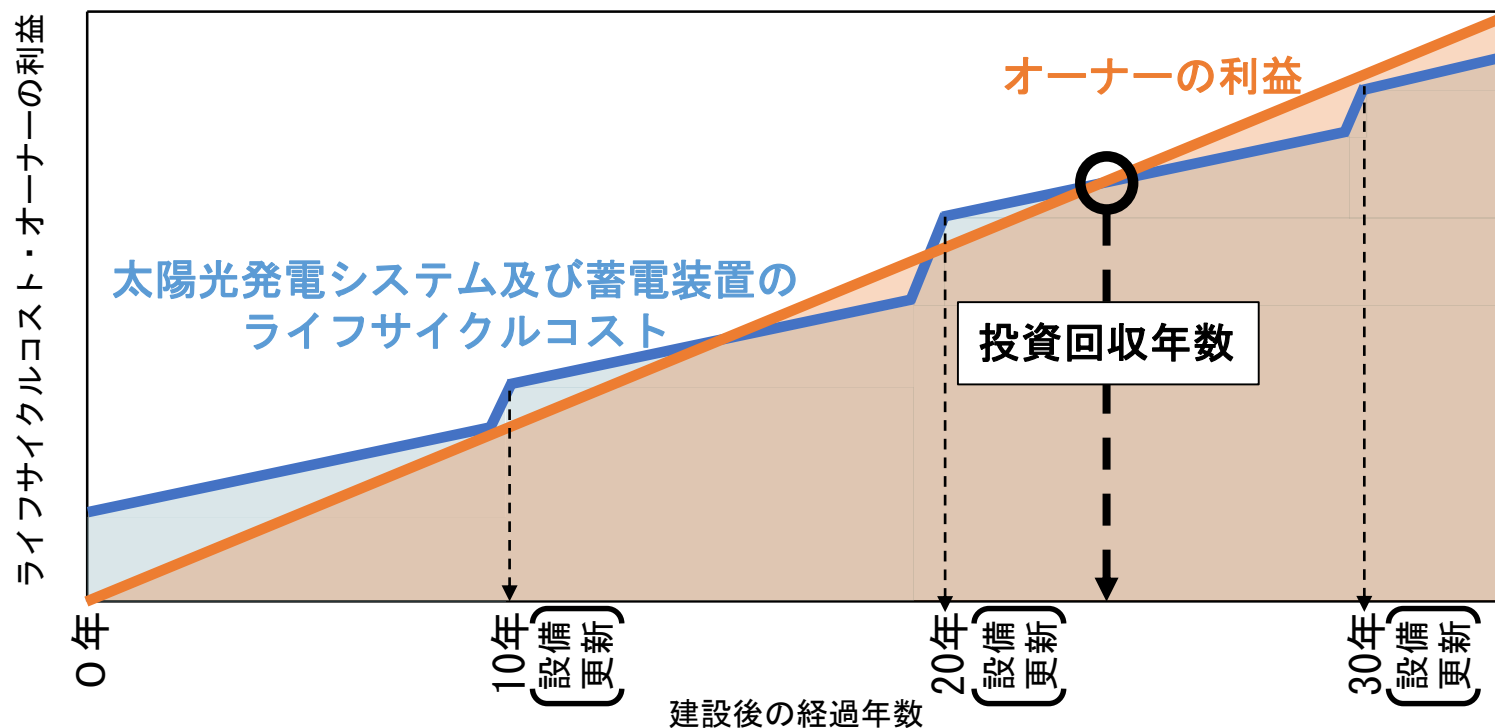


図 投資回収年数のイメージ



- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 解析結果**
- 4 まとめ

# 時刻別電力消費量・発電量

日中に太陽電池による発電がおこなわれ、発電量が電力消費量を上回る8～12時及び14時は蓄電装置へ充電が行われる。

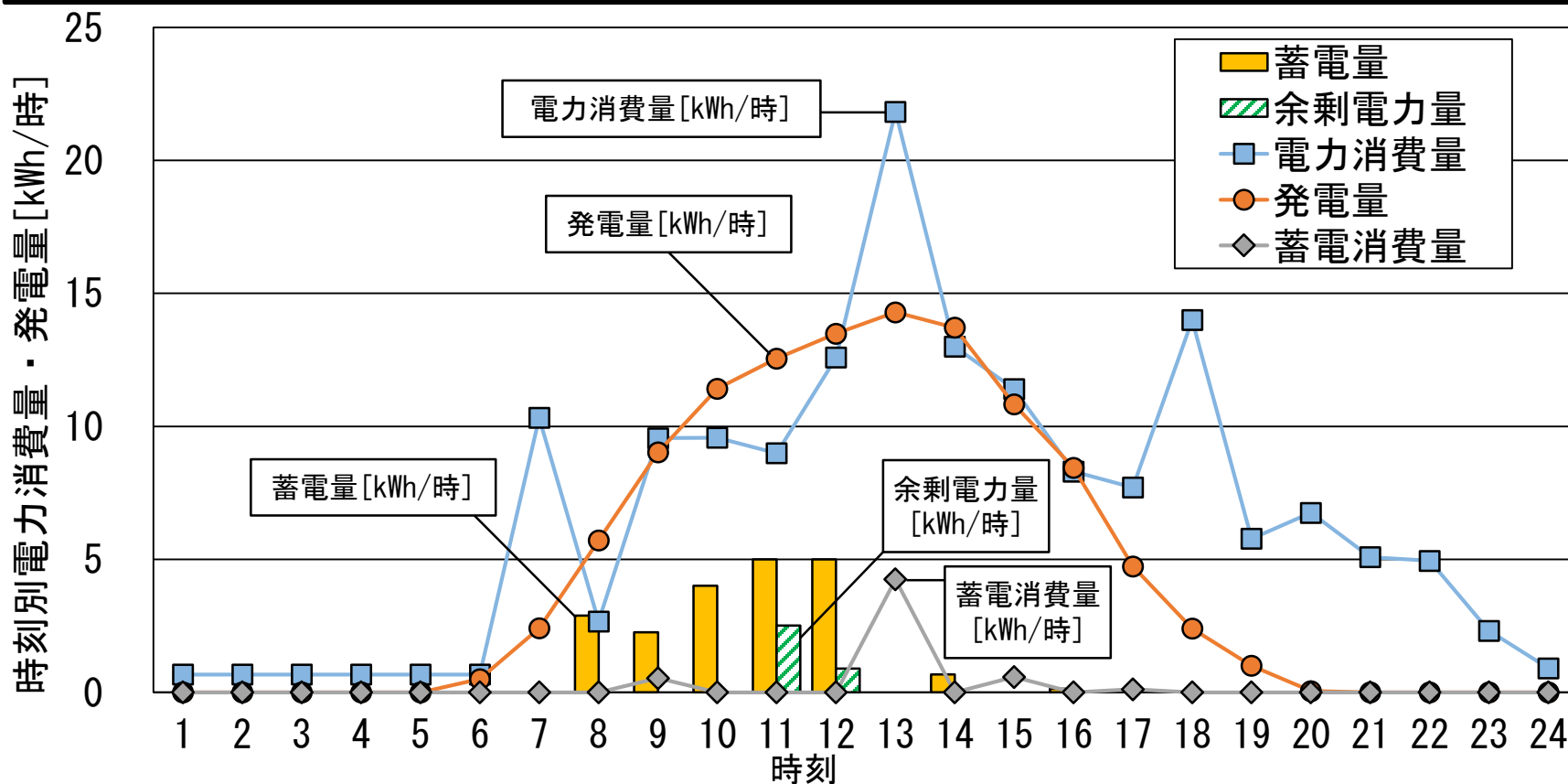


図2 caseB-5における時刻別電力消費量・発電量  
(太陽電池100[枚]、蓄電装置容量5[kWh]、7月3日)

# 時刻別電力消費量・発電量

日中に太陽電池による発電がおこなわれ、発電量が電力消費量を上回る8～12時及び14時は蓄電装置へ充電が行われる。

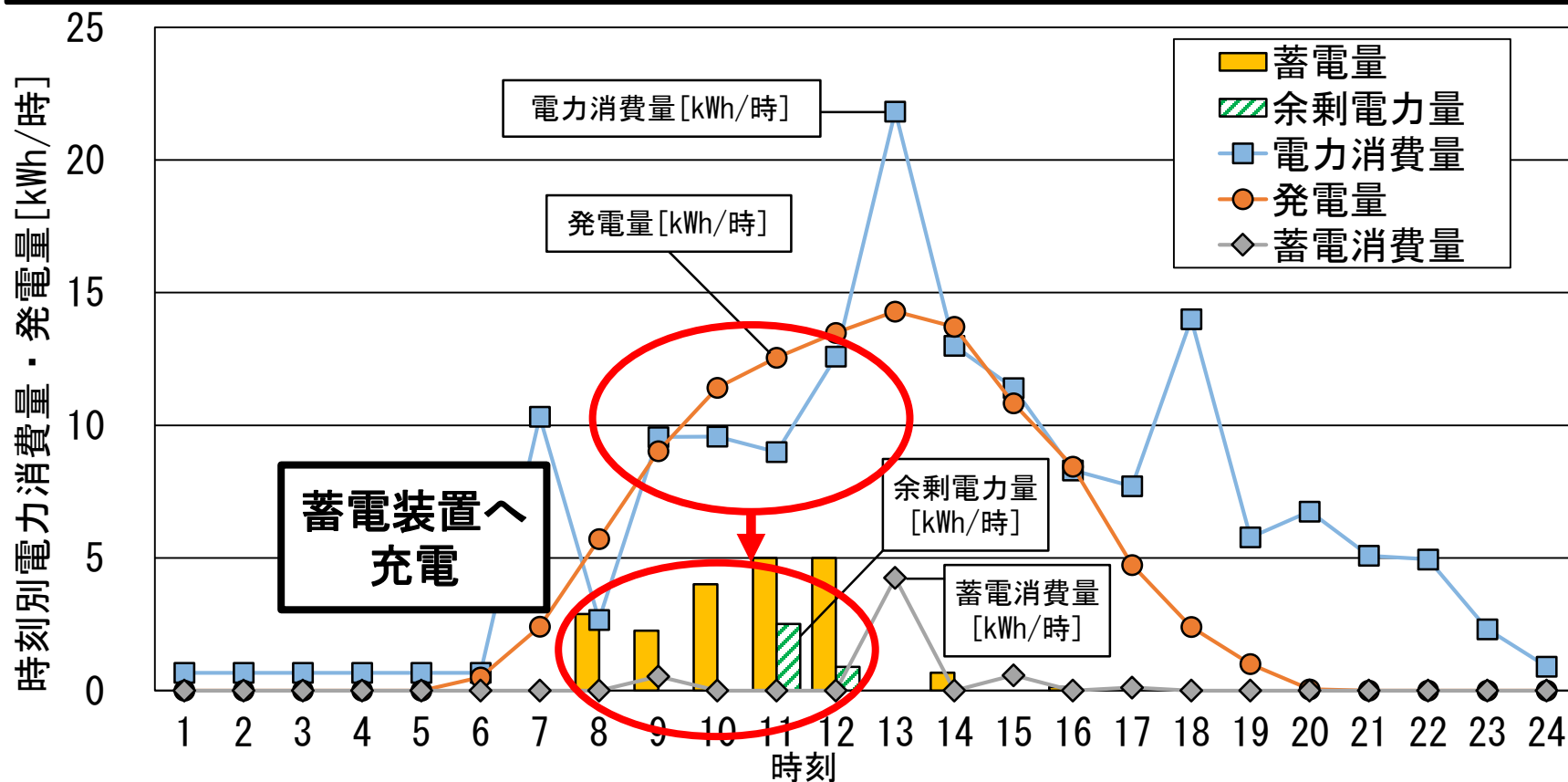


図2 caseB-5における時刻別電力消費量・発電量  
(太陽電池100[枚]、蓄電装置容量5[kWh]、7月3日)

# 時刻別電力消費量・発電量

11～12時は発電量が蓄電装置容量を超過する為、逆潮流が生じる。

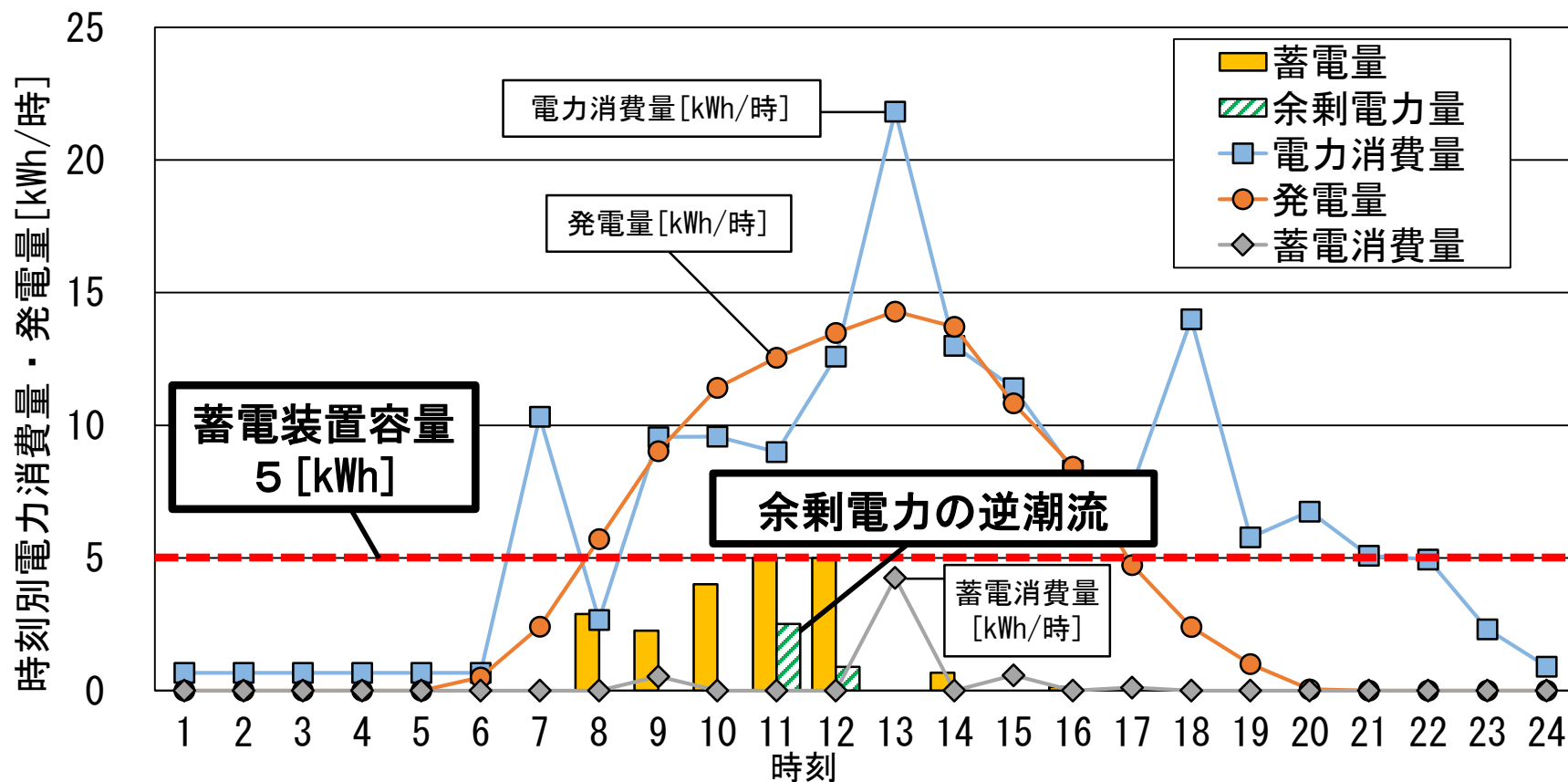


図2 caseB-5における時刻別電力消費量・発電量  
(太陽電池100[枚]、蓄電装置容量5[kWh]、7月3日)

# ライフサイクルコストの推移

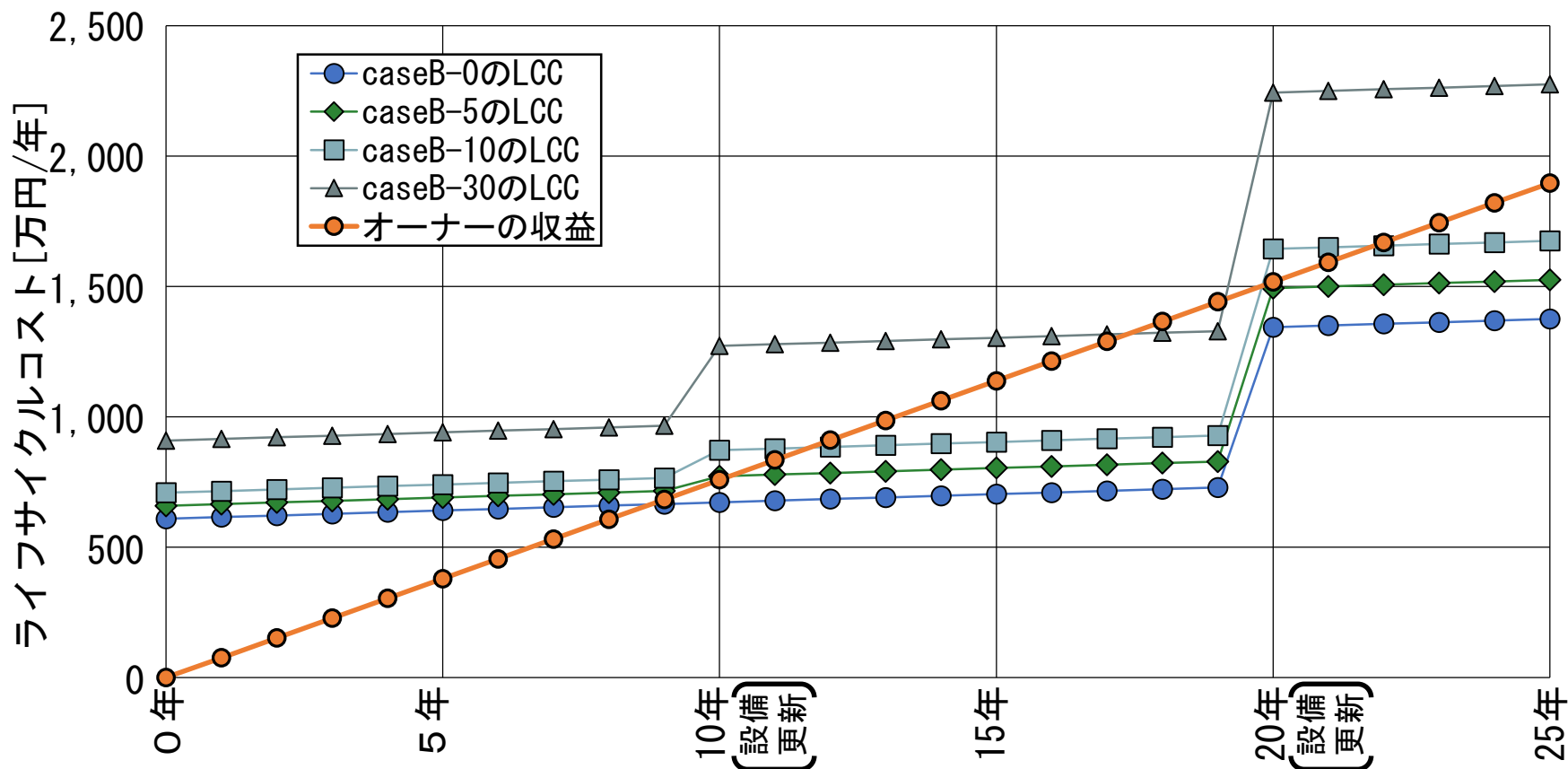


図3 caseB (太陽電池100[枚])における  
現状価格でのライフサイクルコスト

# ライフサイクルコストの推移

caseBでは**イニシャルコストは約600~900[万円]**、**設備更新が無い期間のランニングコストは6.3[万円/年]**、**オーナーの利益は約75[万円/年]**となる。

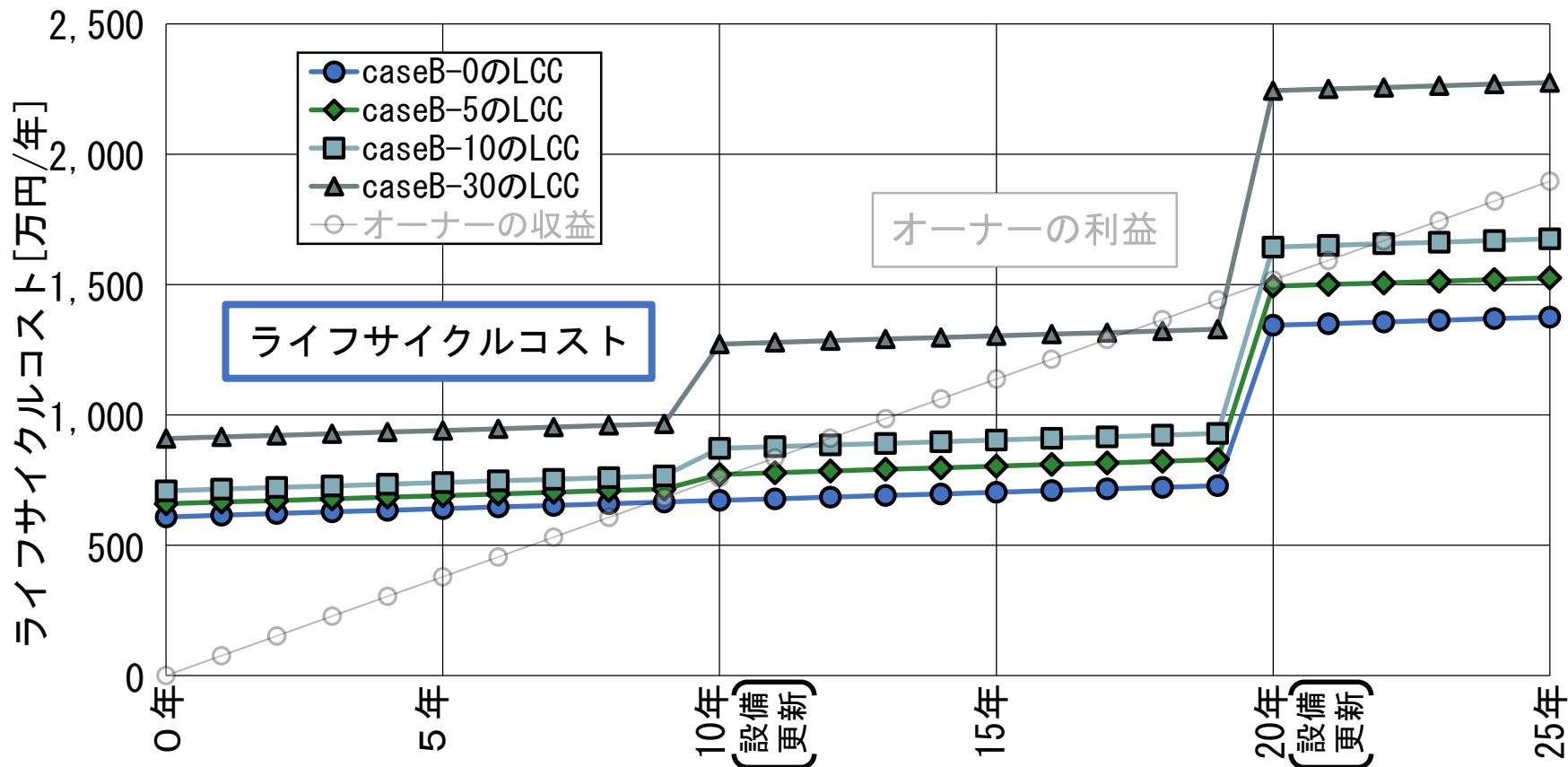


図3 caseB (太陽電池100[枚])における  
現状価格でのライフサイクルコスト

# ライフサイクルコストの推移

caseBではイニシャルコストは約600～900[万円]、設備更新が無い期間のランニングコストは6.3[万円/年]、**オーナーの利益は約75[万円/年]**となる。

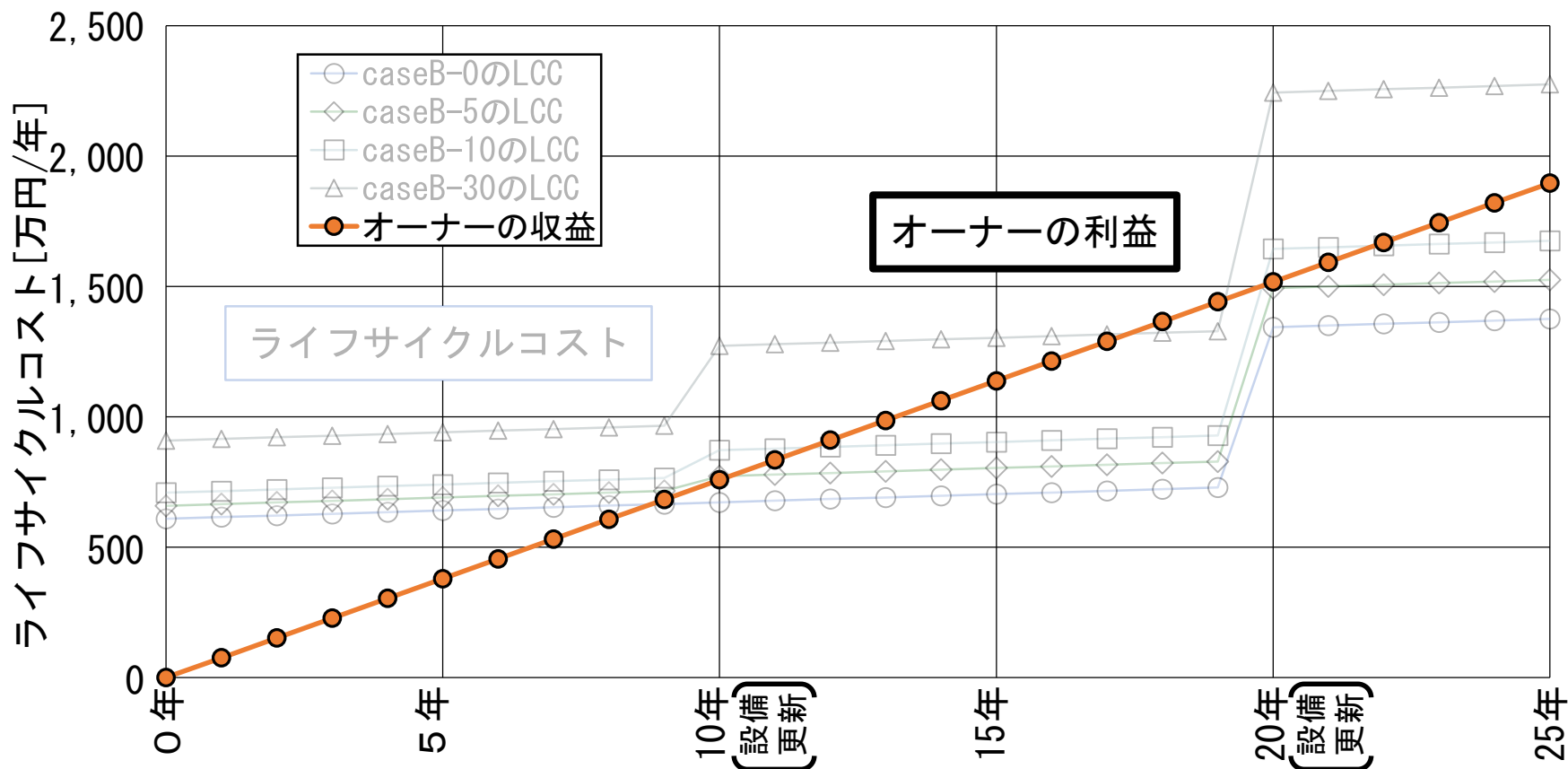


図3 caseB (太陽電池100[枚])における現状価格でのライフサイクルコスト

# ライフサイクルコストの推移

蓄電装置容量が0 [kWh]の場合に建設から9年、5 [kWh]の場合に11年を超えると、オーナーの利益がライフサイクルコストを上回る為、投資回収が可能となる。

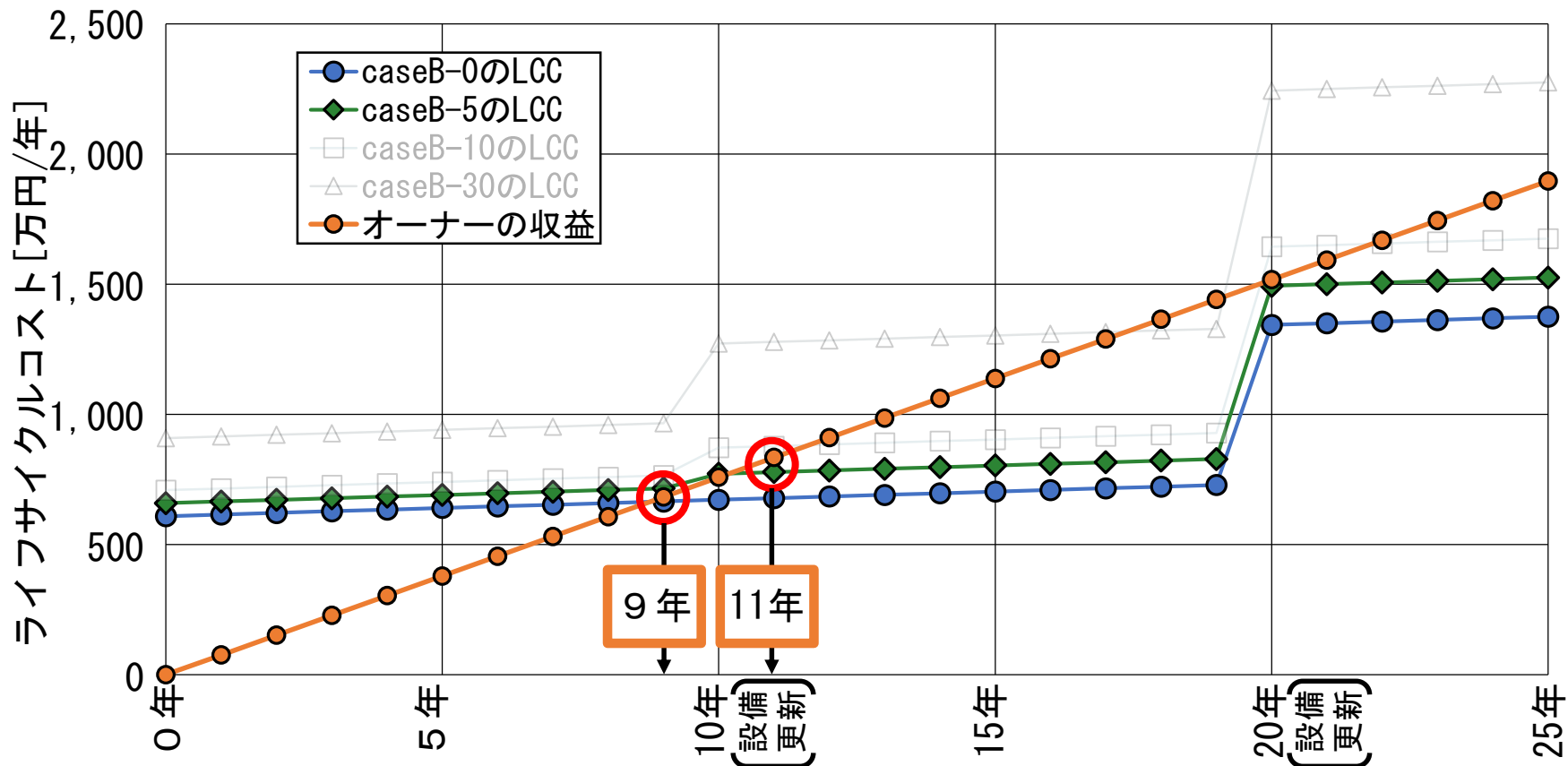


図3 caseB (太陽電池100[枚])における現状価格でのライフサイクルコスト



# ライフサイクルコストの推移

10[kWh]の場合は22年を超えるとライフサイクルコストを上回るが、太陽光発電システムの耐用年数以内には投資回収ができない。

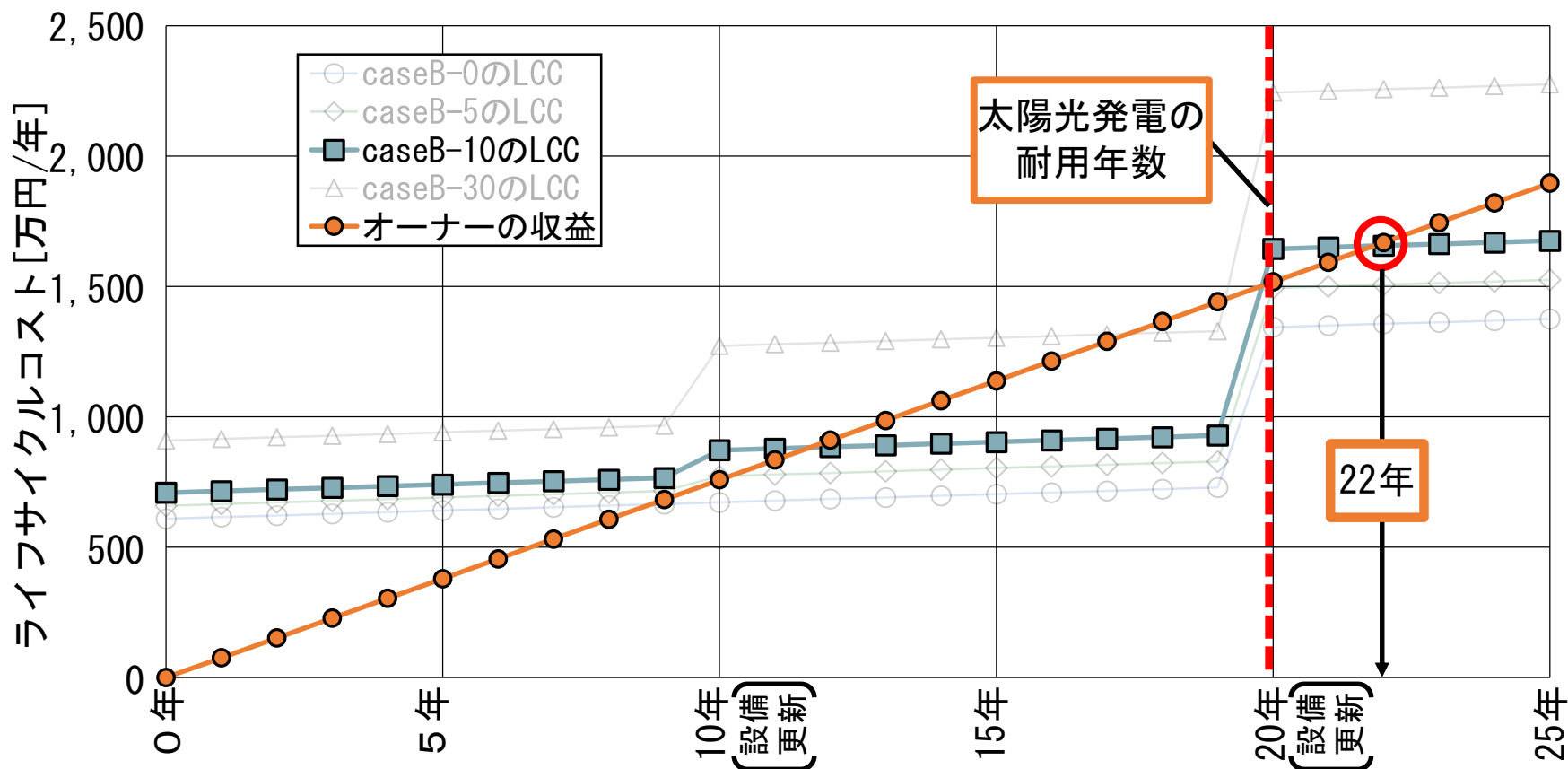


図3 caseB (太陽電池100[枚])における現状価格でのライフサイクルコスト

# 投資回収年数の比較

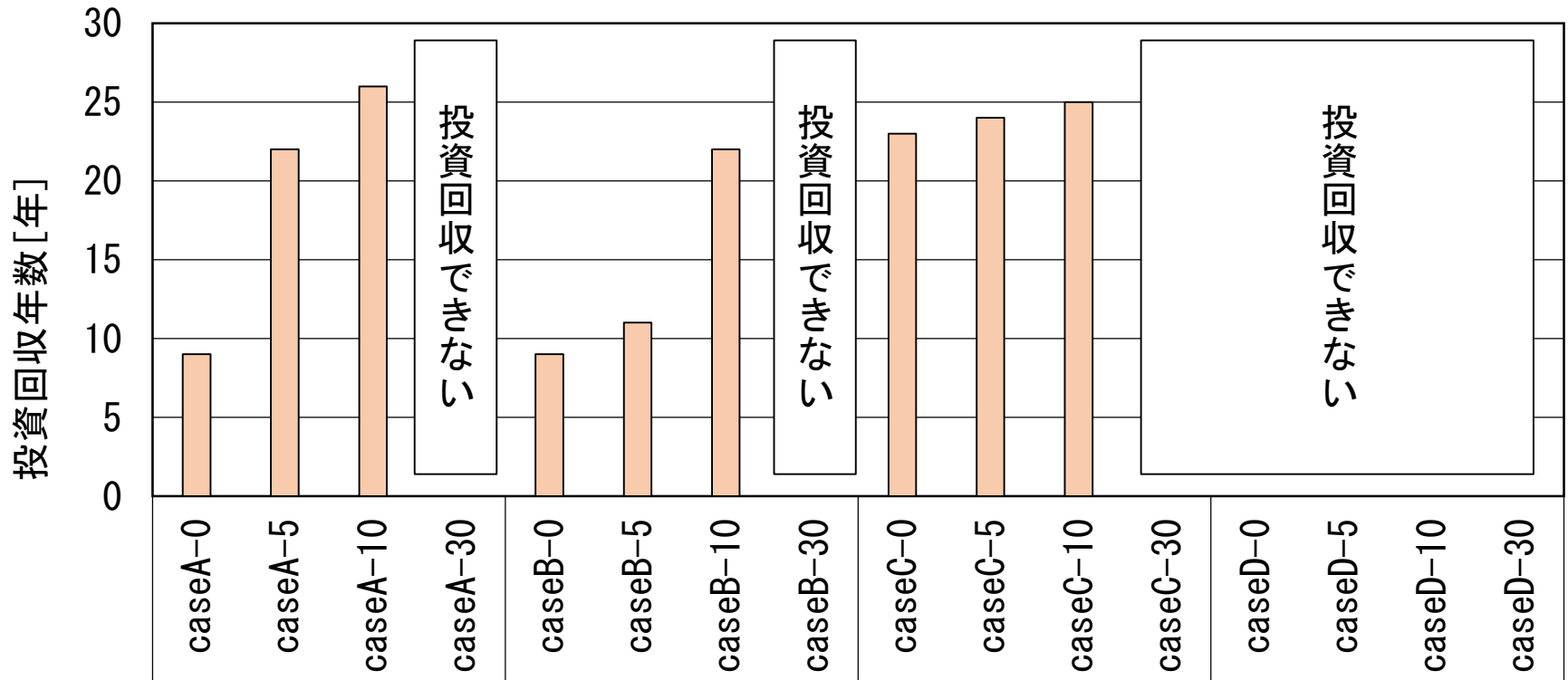


図4 投資回収年数

# 投資回収年数の比較

caseA~Cでは蓄電装置容量10[kWh]以下では約20年で投資回収ができ、caseA-0、B-0、B-5では9~11年で投資回収ができる。

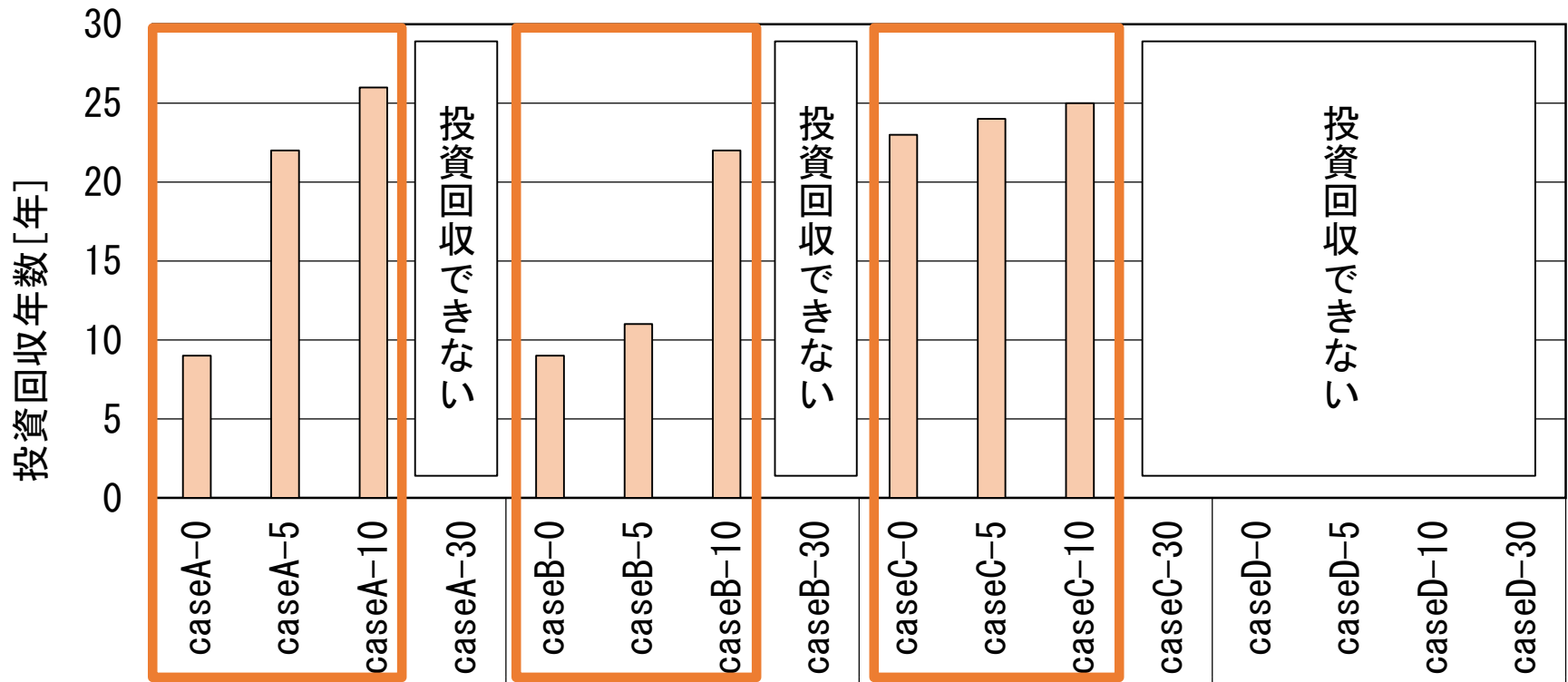


図4 投資回収年数

# 投資回収年数の比較

太陽電池枚数及び蓄電装置容量を多くすると、投資回収年数は長くなり、特にcaseD(太陽電池300[枚])ではどの蓄電装置容量でも投資回収ができない。

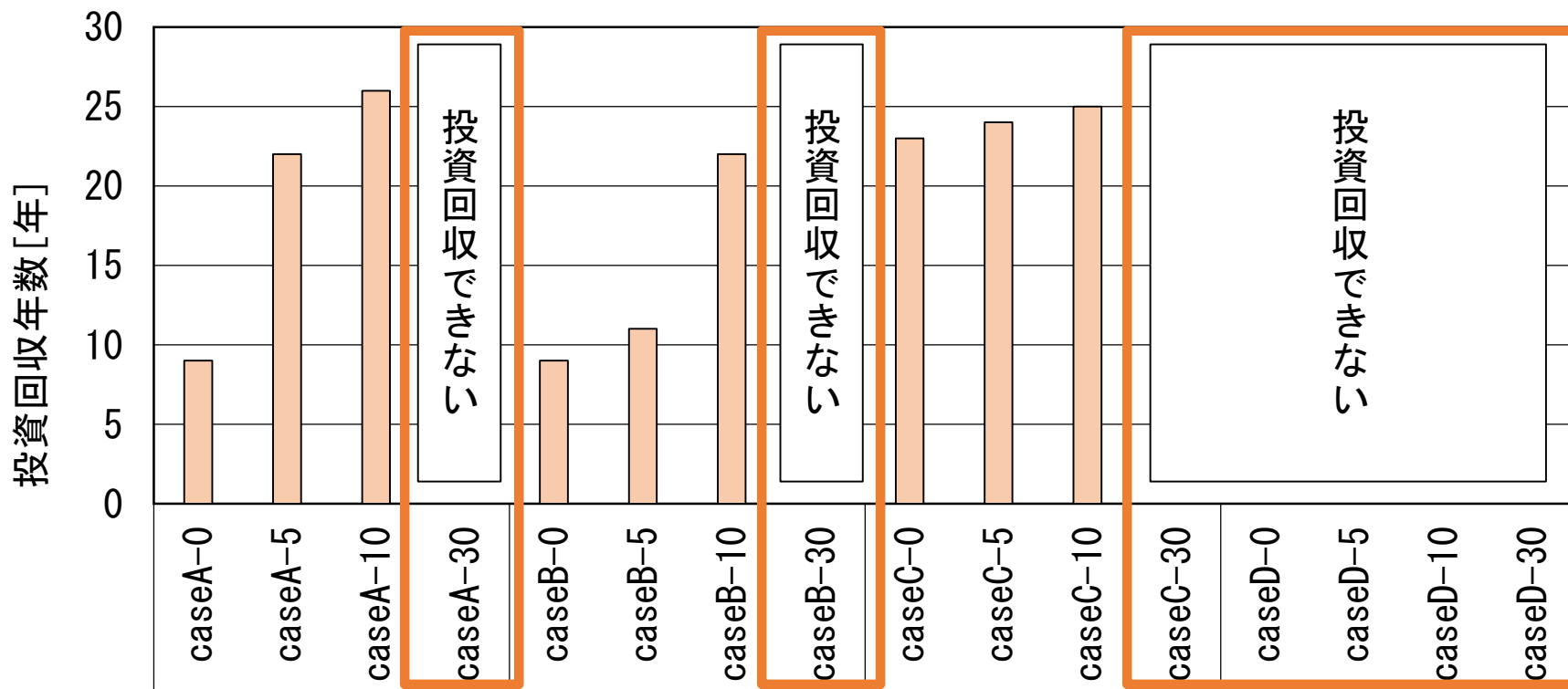


図 4 投資回収年数

# 投資回収年数の比較

これは太陽電池枚数及び蓄電装置容量を多くした場合に、**設備更新費が増大することが原因**と考えられる。

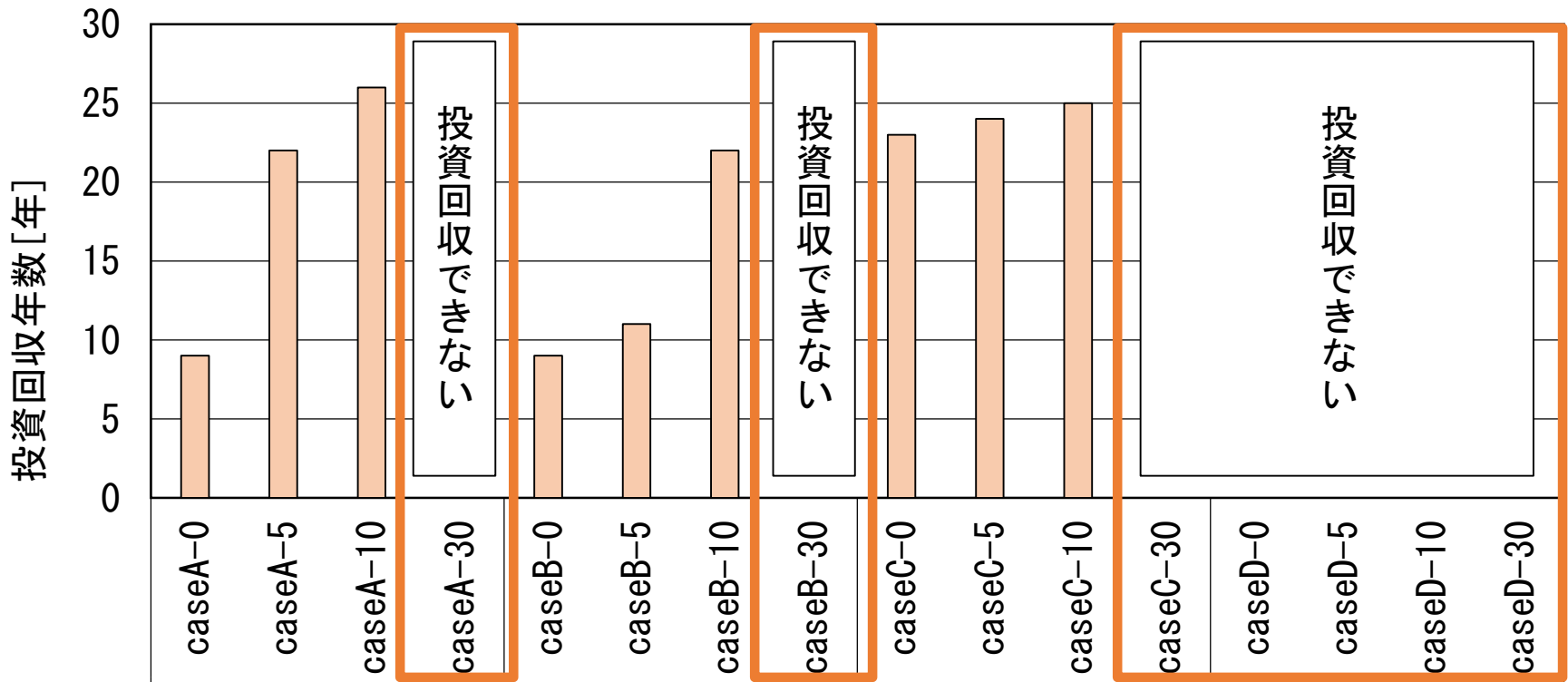


図4 投資回収年数

# 投資回収年数の比較

現状のイニシャルコストでは、ほとんどの解析条件で太陽光発電システムの耐用年数である20年以内に投資回収ができない為、高齢者賃貸住宅において太陽光発電のサステナビリティ（経済的持続性）は少ないと考えられる。

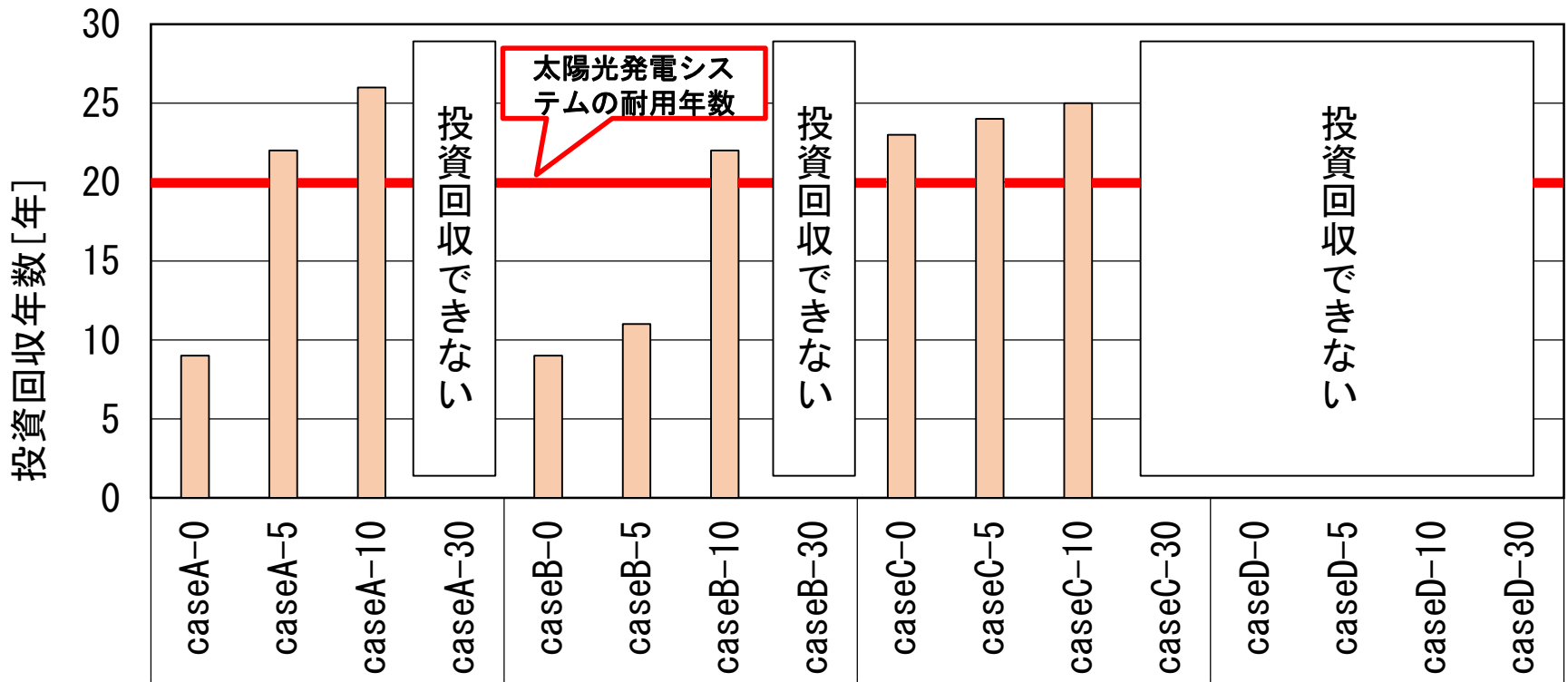


図4 投資回収年数

# イニシャルコストを低減させた場合の投資回収年数

太陽光発電システム費用は2012年の価格と比較して、**2020年には7割**となっている。

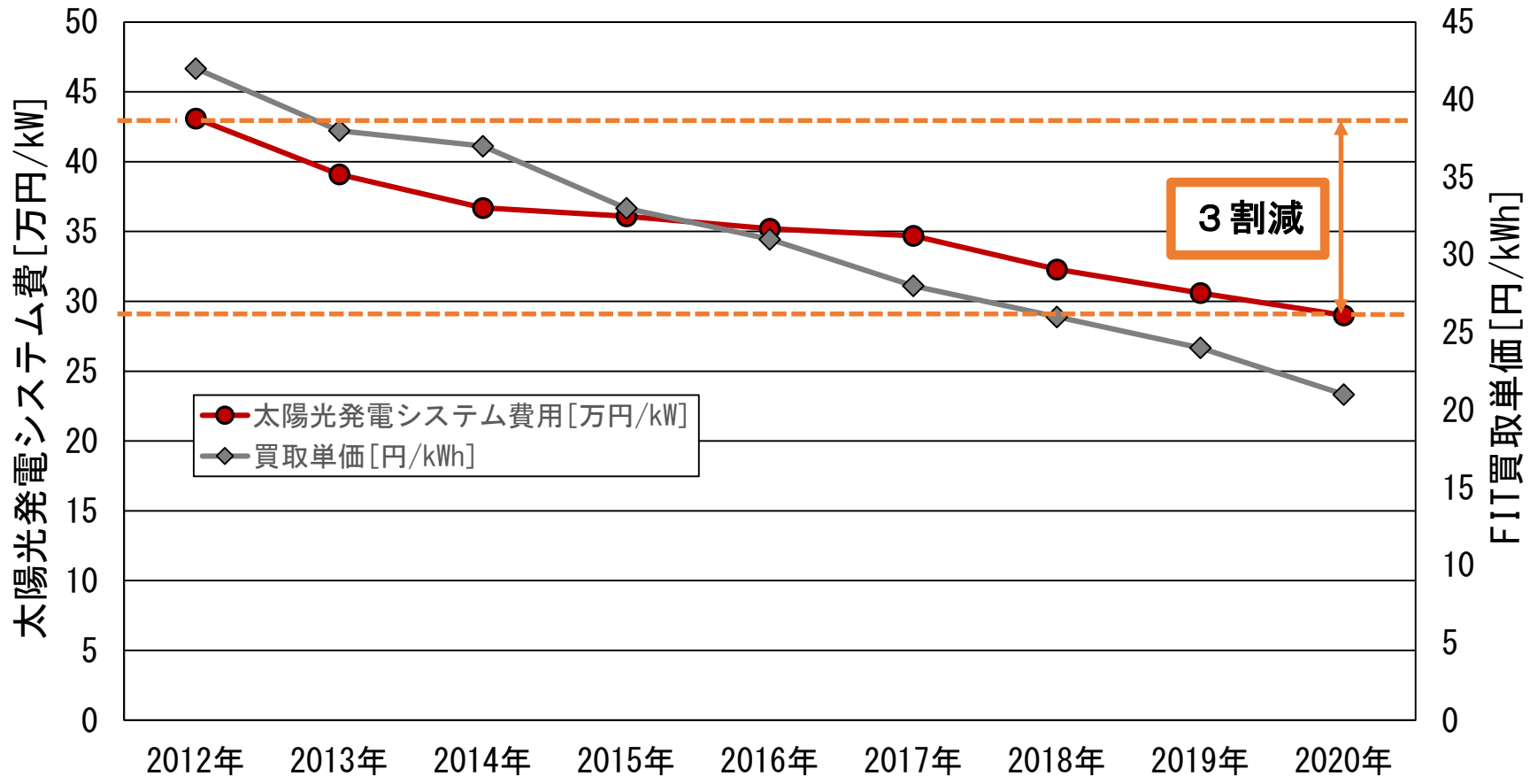


図 太陽光発電システム費用及びFIT買取単価の推移<sup>文3)</sup>

文3) 経済産業省：「令和2年度の調達価格等に関する意見」, 2020年

# イニシャルコストを低減させた場合の投資回収年数

表4 各種イニシャルコストを変化させた場合の投資回収年数[年]

解析条件		case	case	case	case	case	case	case	case	case	case	case	case	case	case	case	
太陽光発電システム費	蓄電装置費	A-0	A-5	A-10	A-30	B-0	B-5	B-10	B-30	C-0	C-5	C-10	C-30	D-0	D-5	D-10	D-30
100%	100%	9	22	26	-	9	11	22	83	23	24	25	44	43	44	61	102
80%	80%	7	8	21	-	8	8	9	33	10	10	11	23	23	24	24	26
	50%	7	8	9	42	8	8	8	21	10	10	10	21	23	23	24	24
	30%	7	8	8	22	8	8	8	9	10	10	10	10	23	23	23	23
50%	80%	5	6	7	83	5	5	6	12	6	6	7	8	8	8	8	9
	50%	5	5	6	22	5	5	6	7	6	6	6	7	8	8	8	8
	30%	5	5	6	7	5	5	5	6	6	6	6	6	8	8	8	8
30%	80%	3	4	5	42	3	4	4	7	4	4	4	6	5	5	5	6
	50%	3	4	4	11	3	3	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5
	30%	3	3	4	6	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5



# イニシャルコストを低減させた場合の投資回収年数

将来的に太陽光発電システム費用が**現状の8割**となるとcaseCで、**半額**となるとcaseDで投資回収が可能となる。

表4 各種イニシャルコストを変化させた場合の投資回収年数[年]

解析条件		case A-0	case A-5	case A-10	case A-30	case B-0	case B-5	case B-10	case B-30	case C-0	case C-5	case C-10	case C-30	case D-0	case D-5	case D-10	case D-30
太陽光発電システム費	蓄電装置費																
100%	100%	9	22	26	-	9	11	22	83	23	24	25	44	43	44	61	102
80%	80%	7	8	21	-	8	8	9	33	10	10	11	23	23	24	24	26
	50%	7	8	9	42	8	8	8	21	10	10	10	21	23	23	24	24
	30%	7	8	8	22	8	8	8	9	10	10	10	10	23	23	23	23
50%	80%	5	6	7	83	5	5	6	12	6	6	7	8	8	8	8	9
	50%	5	5	6	22	5	5	6	7	6	6	6	7	8	8	8	8
	30%	5	5	6	7	5	5	5	6	6	6	6	6	8	8	8	8
30%	80%	3	4	5	42	3	4	4	7	4	4	4	6	5	5	5	6
	50%	3	4	4	11	3	3	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5
	30%	3	3	4	6	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5

# イニシャルコストを低減させた場合の投資回収年数

蓄電装置容量を30[kWh]とした場合では、蓄電装置費が現状の3割となると投資回収できる解析条件が増加する。

表4 各種イニシャルコストを変化させた場合の投資回収年数[年]

解析条件		case A-0	case A-5	case A-10	case A-30	case B-0	case B-5	case B-10	case B-30	case C-0	case C-5	case C-10	case C-30	case D-0	case D-5	case D-10	case D-30
太陽光発電システム費	蓄電装置費																
100%	100%	9	22	26	-	9	11	22	83	23	24	25	44	43	44	61	102
80%	80%	7	8	21	-	8	8	9	33	10	10	11	23	23	24	24	26
	50%	7	8	9	42	8	8	8	21	10	10	10	21	23	23	24	24
	30%	7	8	8	22	8	8	8	9	10	10	10	10	23	23	23	23
50%	80%	5	6	7	83	5	5	6	12	6	6	7	8	8	8	8	9
	50%	5	5	6	22	5	5	6	7	6	6	6	7	8	8	8	8
	30%	5	5	6	7	5	5	5	6	6	6	6	6	8	8	8	8
30%	80%	3	4	5	42	3	4	4	7	4	4	4	6	5	5	5	6
	50%	3	4	4	11	3	3	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5
	30%	3	3	4	6	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5

# イニシャルコストを低減させた場合の投資回収年数

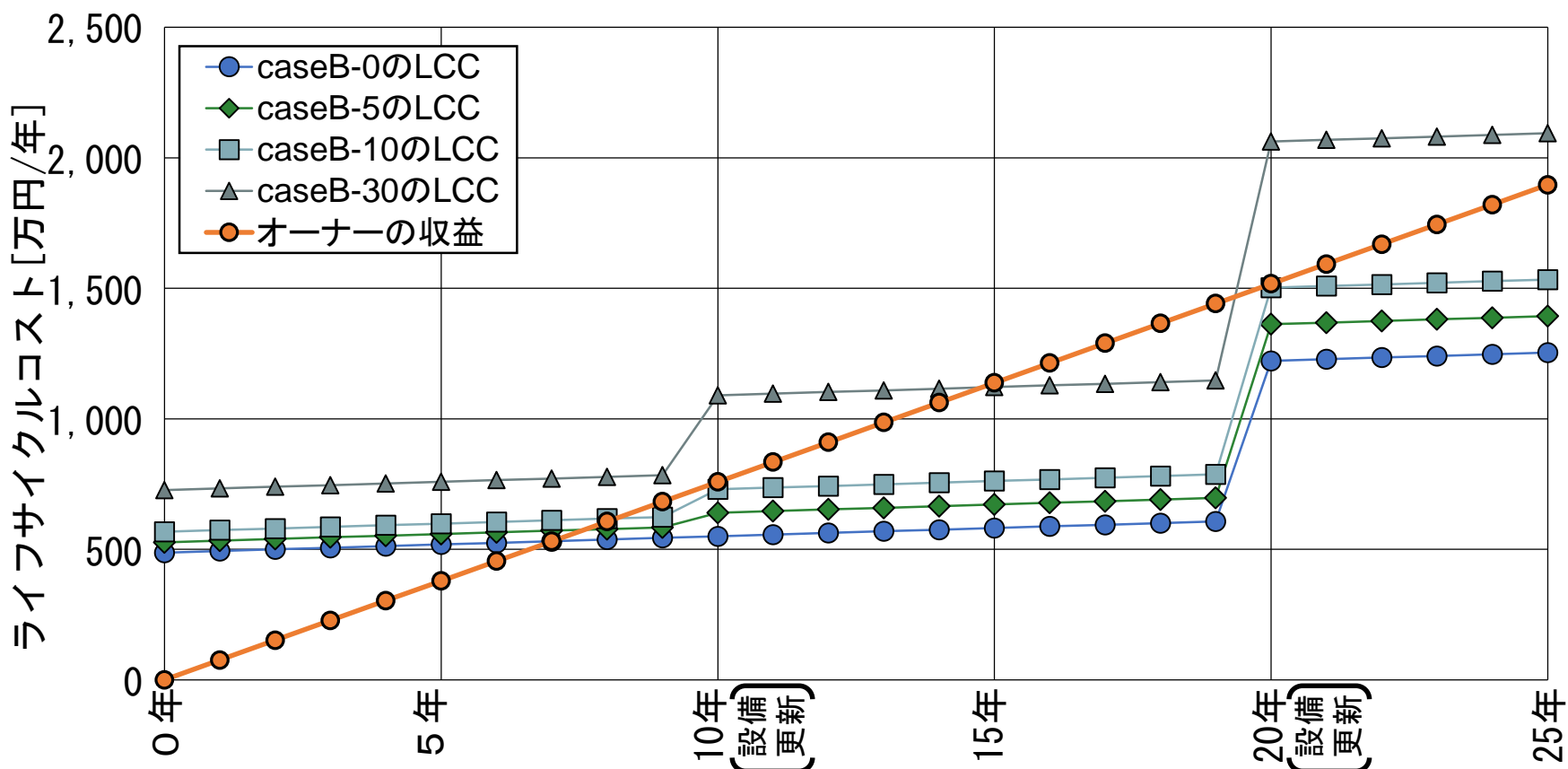


図 5 caseBで価格が現状の 8 割の場合のライフサイクルコスト

# イニシャルコストを低減させた場合の投資回収年数

太陽光発電システム費用及び蓄電装置費用が現状の 8 割となることで、投資回収年数は蓄電装置容量10[kWh]以下で **8～9年**と短くなる。

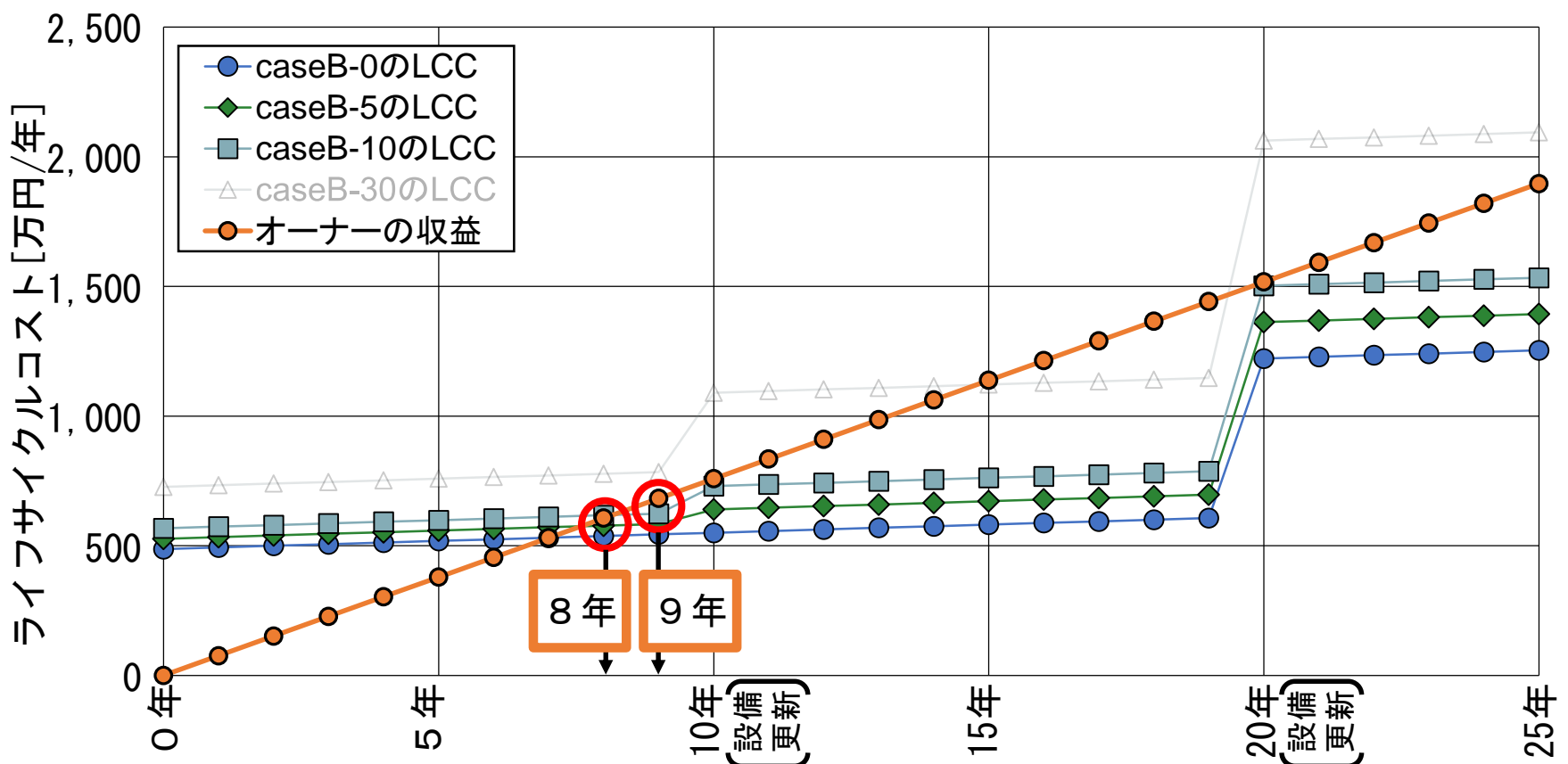


図 5 caseBで価格が現状の 8 割の場合のライフサイクルコスト

# イニシャルコストを低減させた場合の投資回収年数

特にcaseB-10において、現状価格では20年以内に投資回収ができないが、8割となることで9年で投資回収が可能となる。

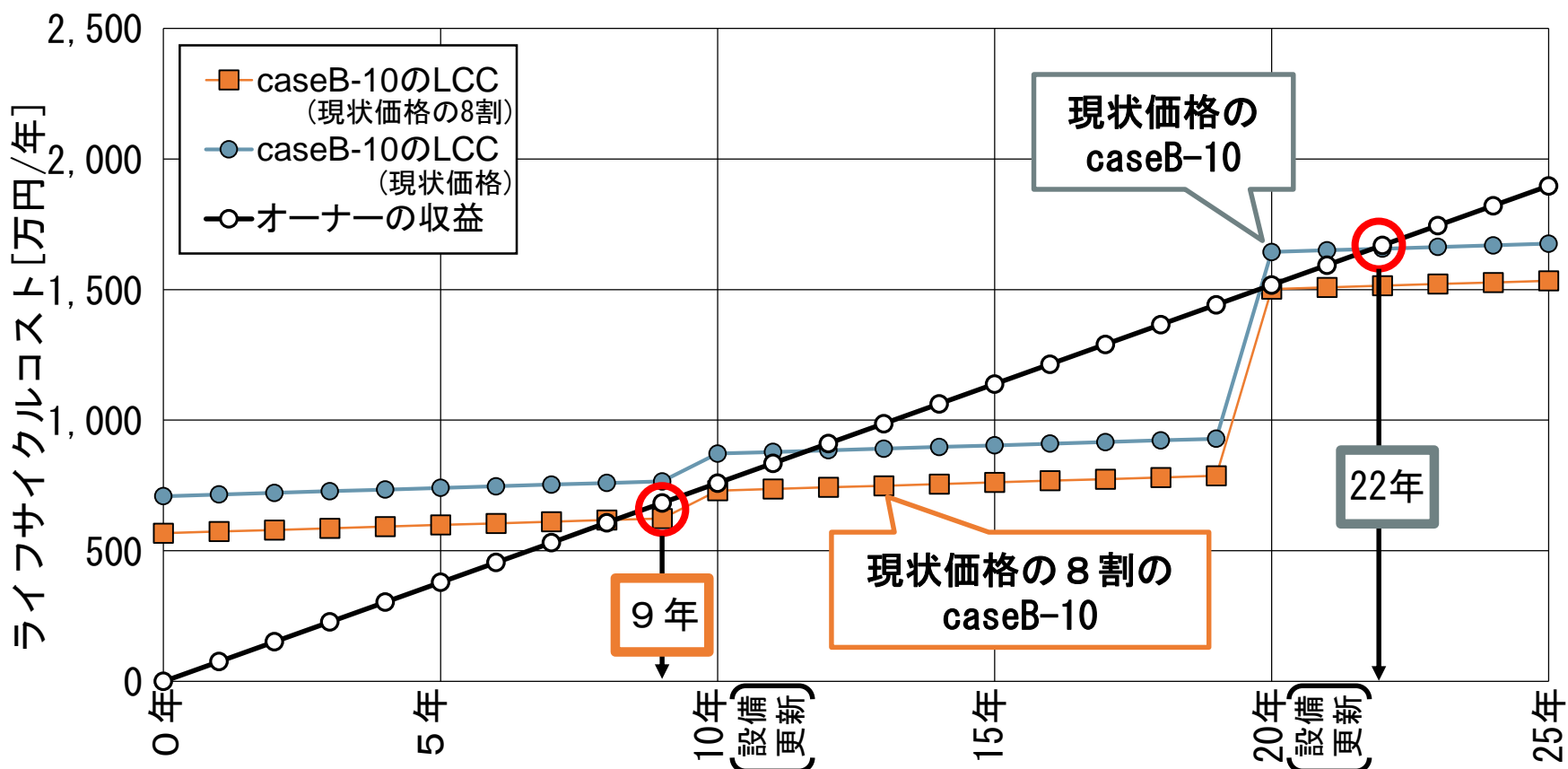


図 caseB-10 (太陽電池100 [枚]、蓄電装置容量10 [kWh]) のライフサイクルコスト (現状価格の100 [%]、80 [%])

# イニシャルコストを低減させた場合の投資回収年数

これは、イニシャルコストの低減により設備更新費の影響が少なくなる為と考えられる。

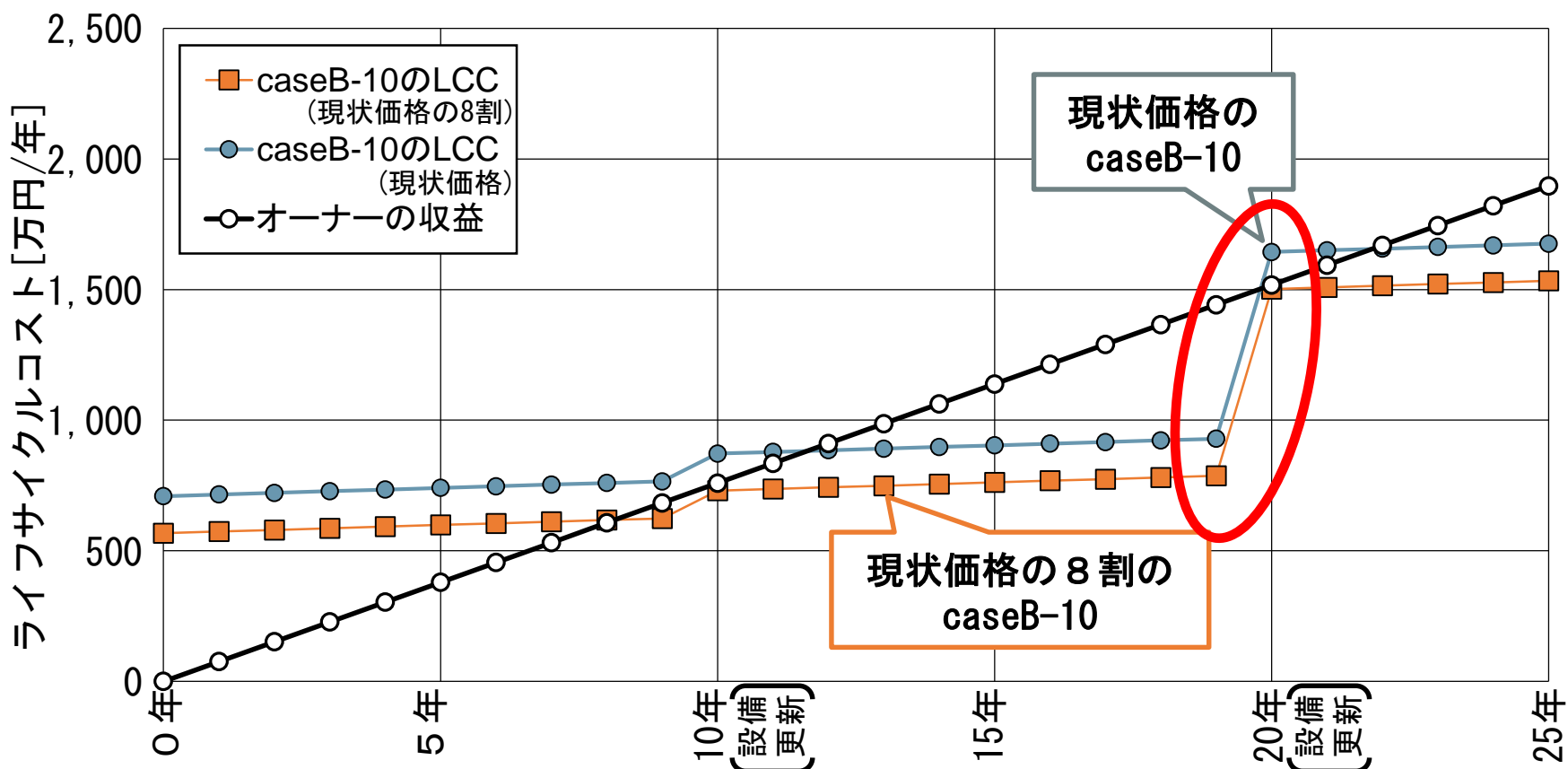


図 caseB-10 (太陽電池100 [枚]、蓄電装置容量10 [kWh]) のライフサイクルコスト (現状価格の100 [%]、80 [%])

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 解析結果
- 4 まとめ

- ① caseA-0、B-0、B-5において太陽光発電システムの耐用年数以内に投資回収ができる。
- ② 高齢者賃貸住宅において、現状のイニシャルコストで太陽光発電のサステナビリティ（経済的持続性）は少ないと考えられる。
- ③ イニシャルコストが現状の8割以下となることで、20年以内に投資回収できる解析条件が増加し、太陽光発電のサステナビリティ（経済的持続性）は高まると考えられる。