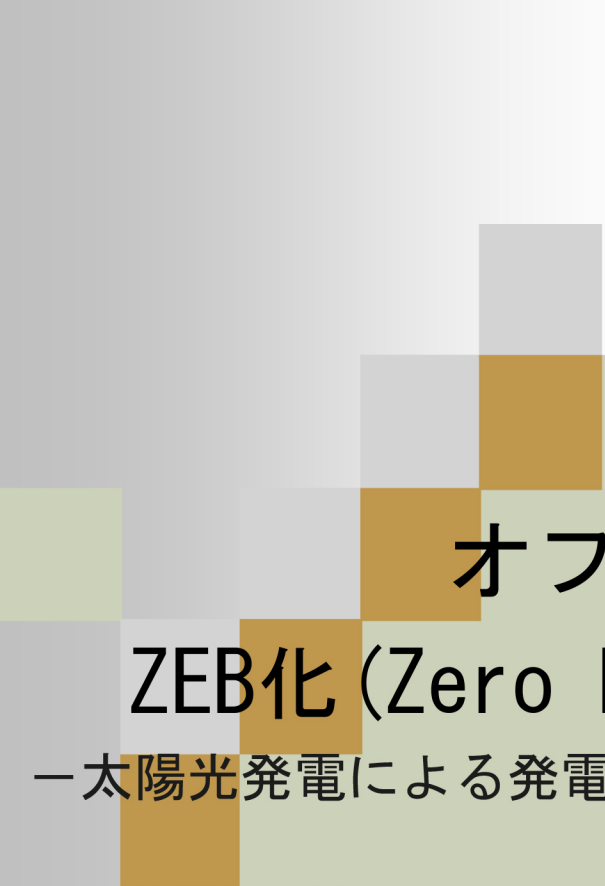




オフィスを対象とした

ZEB化 (Zero Energy Building)に関する研究

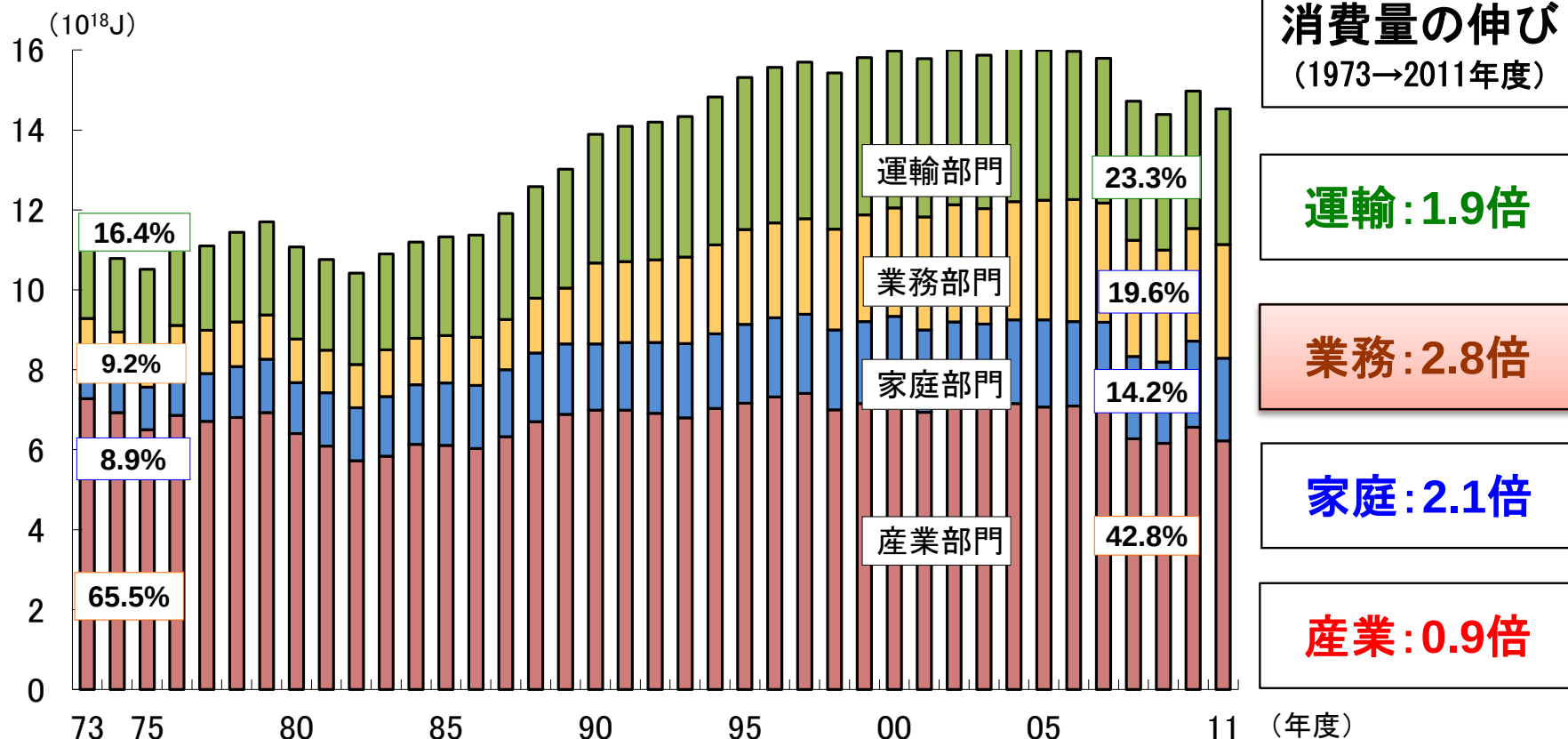
—太陽光発電による発電設備容量と年間電力収支に関する実測及び解析結果—

指導教員

坂口真悟

赤林伸一教授

我が国の民生部門におけるエネルギー消費において、業務部門のエネルギー消費は全体の**約20%**を占め、年々**増加**する傾向にある。



※構成比は端数処理(四捨五入)の関係で合計が100%とならないことがある。

出典: 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算」、(一財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」

近年、非住宅建築物における年間の一次エネルギー消費量を正味（ネット）で**ゼロ**、又は**概ねゼロ**とする**ZEB (Zero Energy Building)**が提案され、期待が高まっている。

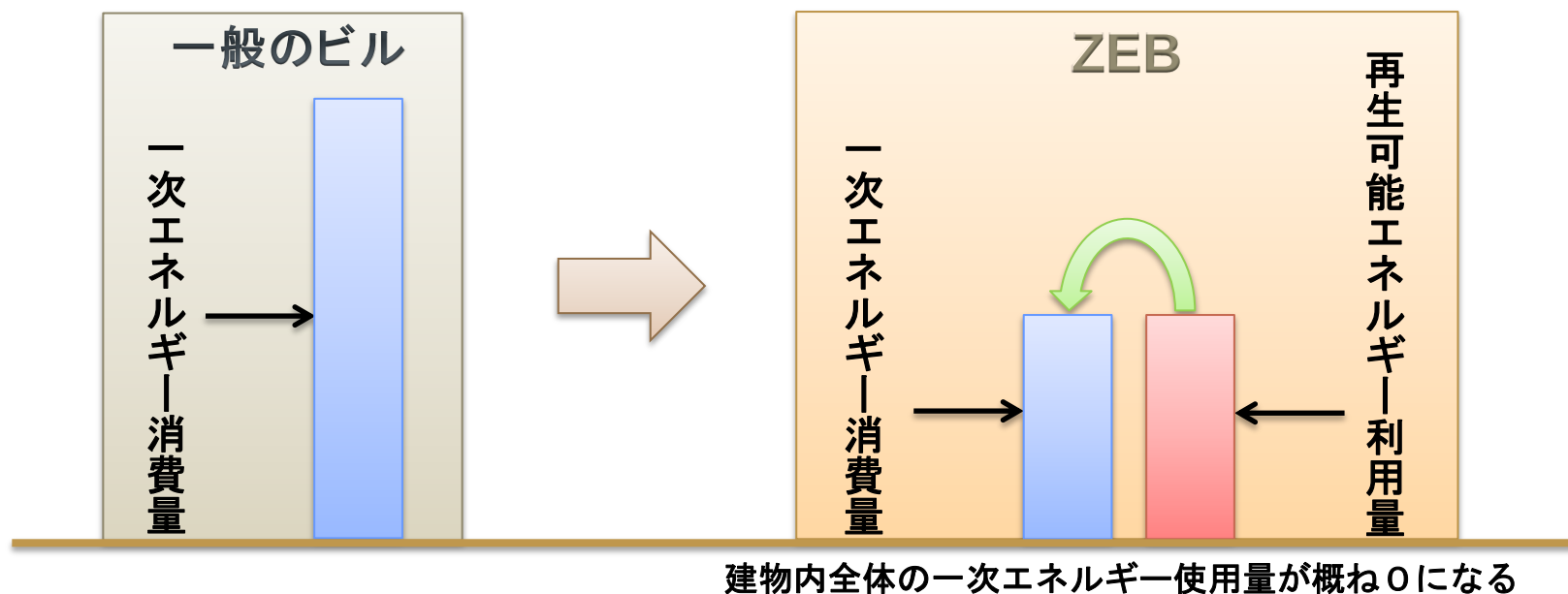


図 ZEBの概要

エネルギー基本計画(2010年6月)では、低炭素型成長を可能とするエネルギー需要構造の実現の方策として、**非住宅建築物におけるZEBの普及**が推進されている。

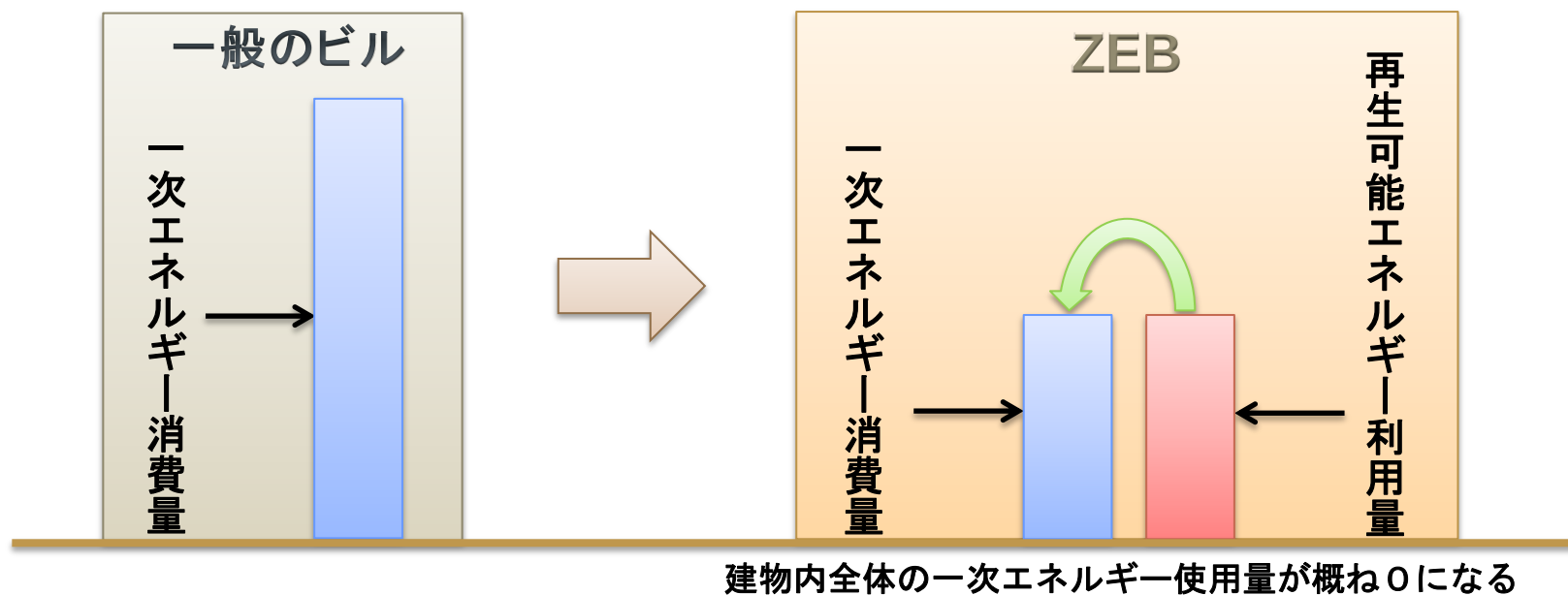


図 ZEBの概要

本研究では、実際にZEB化に着手しているオフィスビルにおいて、1年間の**消費電力量**と**太陽光発電電力量**の実測結果を基に、**太陽光発電設備容量**を変化させて、建物内における**電力収支**の解析を行う。

算出した**設備容量**及び**電力収支**から、建物全体でZEBを達成するための**イニシャルコスト**を求めることにより、非住宅建築物における**ZEB化の実現可能性**を検討することを目的とする。

対象施設：茨城県つくばみらい市に建設された研究施設
及び施設に設置された太陽光発電設備

施設概要

- ・ 1992年に設立
- ・ 2010年のリニューアル以降は、
ゼロエネルギーを目指して建物の
消費エネルギーを詳細に計測
し、ZEBの検証を継続して行っ
ている。
- ・ 太陽熱利用、太陽光発電、照
明制御、高効率放射空調、断
熱強化、高効率除湿システム、
地中熱利用などが実装・検証
されている。



図 対象施設の外観

表 1 現行のシステム仕様

システム公称出力 (3φ 200V50Hz) [kW]		10
セル種類		単結晶 +薄膜アモルファス (ハイブリット構造)
公称最大出力[W/枚]		200
モジュール発電効率[%]		15.6
外形寸法	W[mm]	1,580
	L[mm]	812
	H[mm]	35
質量[kg]		15
設置枚数[枚]		54
設置向き		南
設置角度		20°
定格容量[kW]		10.8
パネル総面積[m ²]		69.28
発電効率[W/m ²]		155.9

$$\text{公称最大出力[W/枚]} \times \text{設置枚数} = \text{定格容量[kW]}$$

$$200[\text{W/枚}] \times 54\text{枚} = 10.8[\text{kW}]$$

式(1) 買電料金計算式

$$X = b * e * (185 - pf) / 100 + (c + f + r + pv) * Ec$$

X: 買電料金[円], pf: 力率[%], r: 再生可能エネルギー発電促進賦課金単価[円/kWh]

b: 基本料金単価[円/kW], c: 従量料金単価[円/kWh], Ec: 使用電力量[kWh]

e: 契約電力[kW], f: 燃料調整単価[円/kWh], pv: 太陽光発電促進付課金単価[円/kWh]

表2 電力料金

契約電力[kW]		36
力率[%]		85
基本料金単価[円/kW]		1233.75
従量料金単価 [円/kWh]	夏季 (7/1-9/30)	15.85
	その他	14.88
売電料金単価[円/kWh]		40
太陽光発電設備単価[千円/kW]		500

表3 月別電力料金調整費

		燃料費 調整単価 [円/kWh]	再生可能エネ ルギー発電促 進賦課金単価 [円/kWh]	太陽光発電 促進付加金 単価 [円/kWh]
平成23 年度	9月	-0.09	0	0.03
	10月	0.17	0	0.03
	11月	0.30	0	0.03
	12月	0.31	0	0.03
	1月	0.22	0	0.03
	2月	0.20	0	0.03
	3月	0.30	0	0.03
	4月	0.35	0	0.03
平成24 年度	5月	0.33	0	0.06
	6月	0.54	0	0.06
	7月	0.83	0	0.06
	8月	1.09	0.22	0.06

※2 東京電力 <http://www.tepco.co.jp/e-rates/corporate/charge/charge09-j.html>

※3 資源エネルギー庁 <http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/kakaku.html>

※4 太陽光発電設備の余剰電力は逆流させる。現行契約では逆流できないため、実際には売電は行っていない。

表 4 実測結果 (2011/9-2012/8)

年積算消費電力量 [kWh]	18,962
太陽光パネル面積 [m ²]	69
太陽光発電パネル定格発電能力 [kW]	10
年積算発電量 [kWh]	14,404
年間買電量 [kWh]	11,695
年間売電量 [kWh]	6,802
年間電力収支 [kWh] ※	-4,893
年間買電料金 [千円]	715
年間売電料金 [千円]	272
イニシャルコスト [千円]	5,000

※ 1 本実測におけるサンプリング間隔は 1 分間である。

※ 年間電力収支には、年間買売電量により算出する。

年積算発電量 - 年積算消費電力量

= 14,404 [kWh] - 18,962 [kWh]

= -4,558 [kWh]

ZEBは達成できていない

最大日積算消費電力量 8/21 131[kWh]

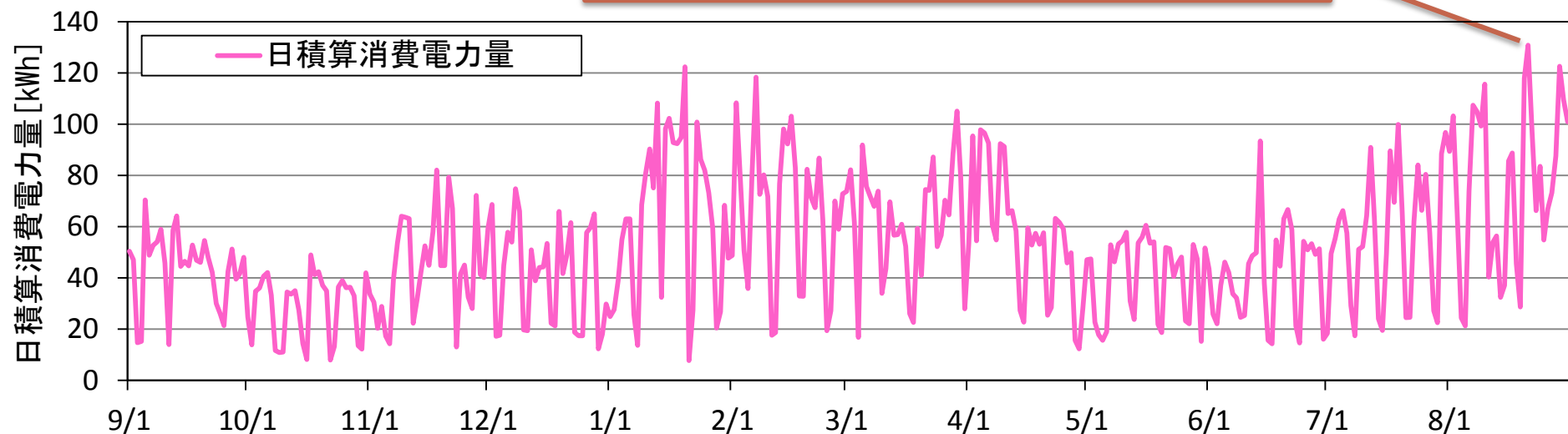


図 1 日積算消費電力量の推移 (2011/9-2012/8)

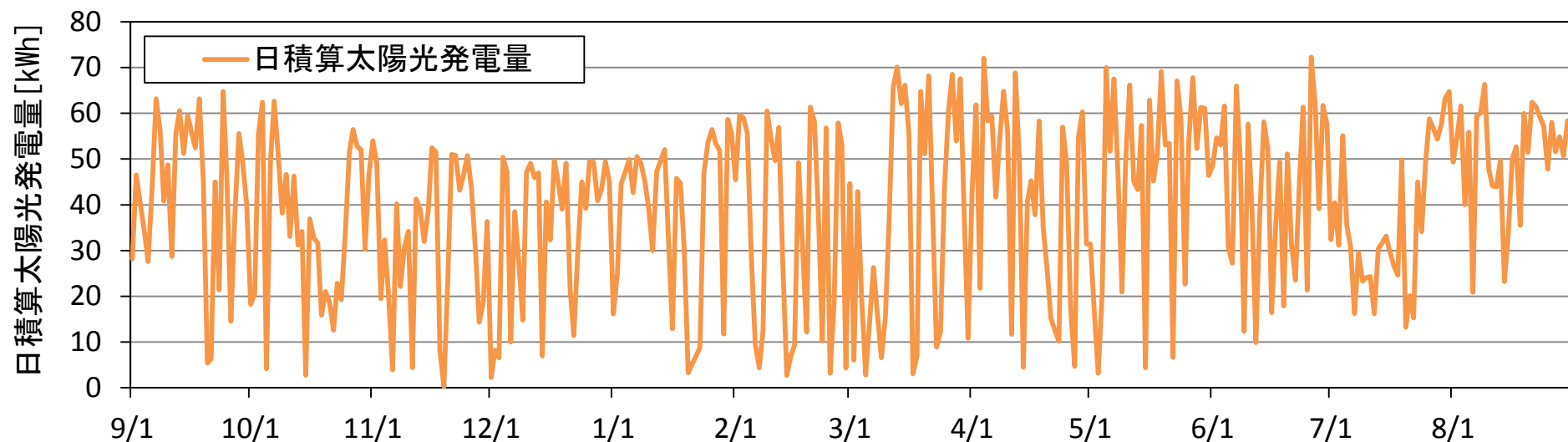


図 2 日積算太陽光発電量の推移 (2011/9-2012/8)

年間瞬間最大消費電力 6/14 17.87[kW]

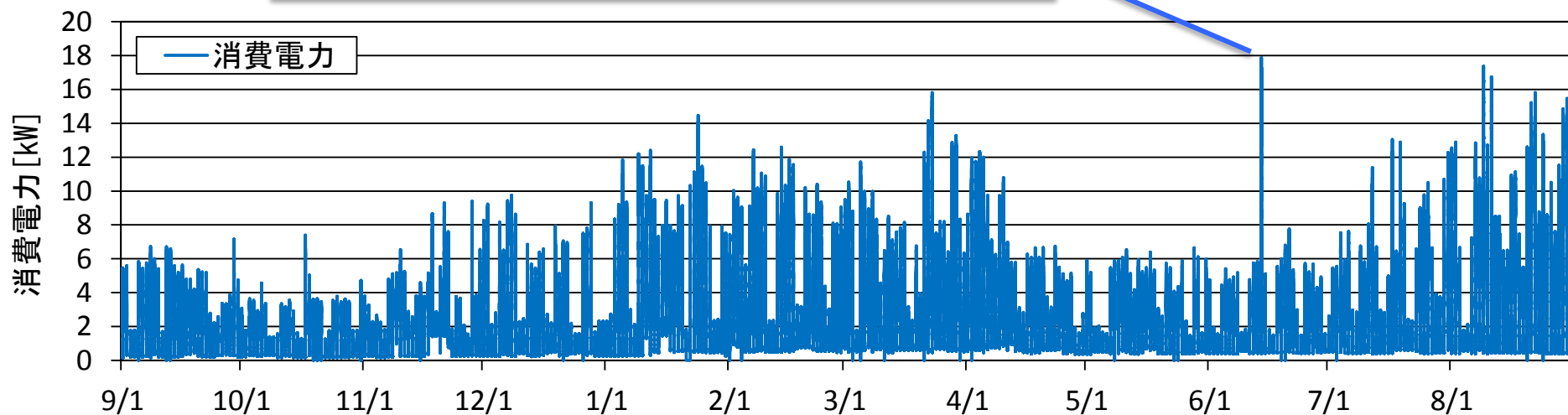


図3 消費電力の推移(2011/9-2012/8、1分間毎)

実測結果を基に、以下の条件でそれぞれ解析を行う。

Case1 [1 年間でネットゼロ]

- ・年間発電量と年間消費電力量の収支がほぼ一致する条件

Case2 [1 日でネットゼロ]

- ・日積算発電量が年間最大電力消費日の日積算消費電力量以上となる条件

Case3 [瞬時(1 分間)でネットゼロ]

Case3-1

- ・太陽光発電設備定格能力が年間瞬間最大消費電力以上となる条件

Case3-2

- ・最大電力消費時の太陽光発電量が年間瞬間最大消費電力以上となる条件

それぞれ必要な太陽光発電設備容量を算出・比較することにより、ZEBの実現可能性を検討する。

解析結果

Case1[1 年間でネットゼロ]

表 5 Case1の解析結果

太陽光パネル面積[m ²]	97
太陽光発電パネル定格発電能力[kW]	14
年積算消費電力量[kWh]	18,962
年積算発電量[kWh]	19,676
年間買電量[kWh]	10,886
年間売電量[kWh]	11,624
年間電力収支[kWh]	+738
年間買電料金[千円]	703
年間売電料金[千円]	465
イニシャルコスト[千円]	7,000

現行の太陽光発電システムと比較して

定格発電能力 **約1.4倍**

年間買電量 **約800[kWh]削減**

イニシャルコスト **約2000[千円]増加**

年間を通して電力収支が±500[kWh]程度であり、安定した発電システムといえる。

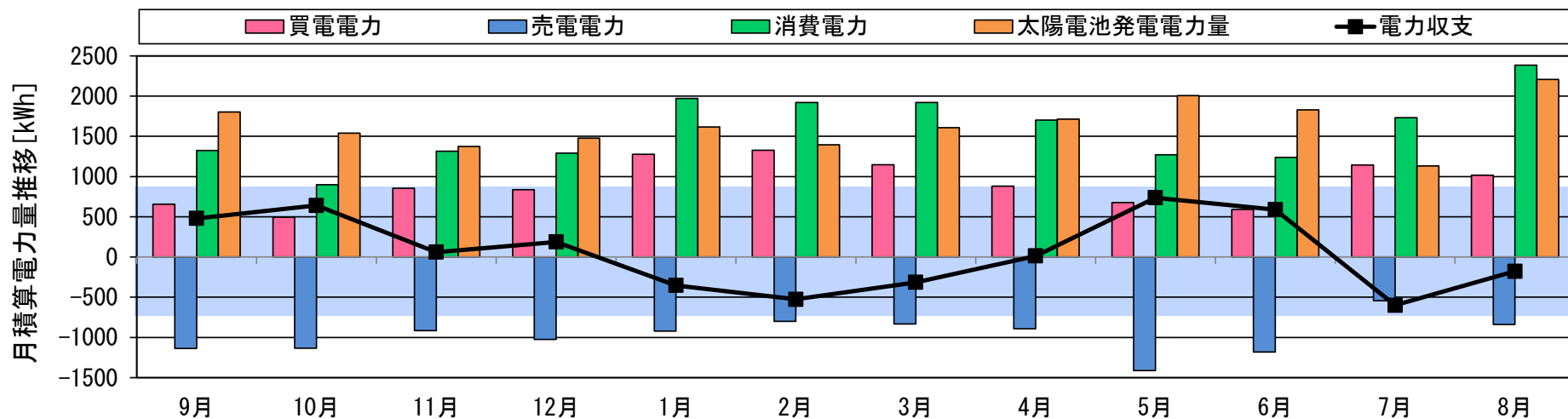


図 4 Case1における月積算電力量推移 (2011/9-2012/8)

Case2[1日でネットゼロ]

表6 Case2の解析結果

対象日(日積算最大電力消費日)	2012/8/21
最大日積算消費電力量[kWh]	131
太陽光発電パネル面積[m ²]	145
太陽光発電パネル定格発電能力[kW]	21
日積算発電量[kWh](2012/2/21)	131
年積算消費電力量[kWh]	18,962
年積算発電量[kWh]	29,545
年間買電量[kWh]	10,166
年間売電量[kWh]	20,742
年間電力収支[kWh]	+10,576
年間買電料金[千円]	691
年間売電料金[千円]	830
イニシャルコスト[千円]	10,500

現行の太陽光発電システムと比較して

定格発電能力 **約2.1倍**

年間買電量 **約1,500[kWh]削減**

イニシャルコスト **約5,500[千円]増加**

日が沈むに連れて太陽光発電量が減少するため、17時付近の買電のピークをカットできていない。

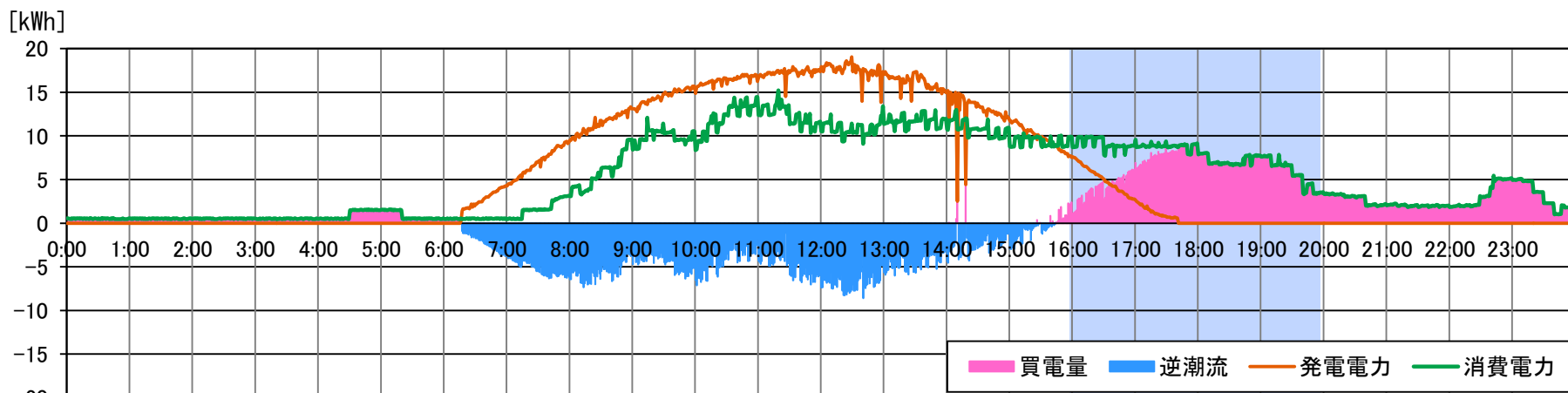


図5 Case2の日積算最大電力消費日(2012/8/21)における電力推移(1分毎)

Case3-1[瞬時(1分間)でネットゼロ]

表7 Case3-1の解析結果

対象日(瞬時最大電力消費日)	2012/6/14
瞬時最大消費電力[kW]	18
太陽光発電パネル面積[m ²]	125
太陽光発電パネル定格発電能力[kW]	18
瞬時最大電力消費時における 瞬時発電量[kW]	5.7
年積算消費電力量[kWh]	18,962
年積算発電量[kWh]	25,298
年間買電量[kWh]	10,416
年間売電量[kWh]	16,776
年間電力収支[kWh]	+6,359
年間買電料金[千円]	695
年間売電料金[千円]	671
イニシャルコスト[千円]	9,000

現行の太陽光発電システムと比較して

定格発電能力 **約1.8倍**

年間買電量 **約1,300[kWh]削減**

イニシャルコスト **約4,000[千円]増加**

瞬時最大電力消費時における瞬時発電量が**5.7[kW]**であり、瞬時最大消費電力の**17.87[kW]**を満たしていない。

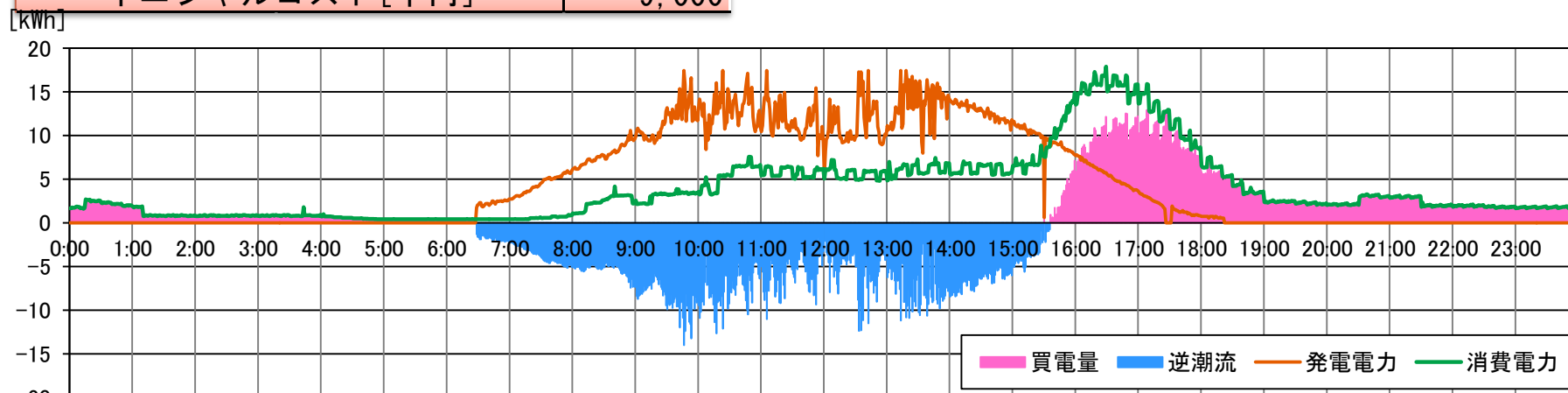


図6 Case3-1の最大電力消費日(2012/6/14 16:29)における電力推移(1分毎)

Case3-2[瞬時(1分間)でネットゼロ]

表8 Case3-2の解析結果

対象日(瞬時最大電力消費日)	2012/6/14
瞬時最大消費電力[kW]	18
太陽光発電パネル面積[m ²]	395
太陽光発電パネル定格発電能力[kW]	57
瞬時最大電力消費時における 瞬時発電量[kW]	18.1
年積算消費電力量[kWh]	18,962
年積算発電量[kWh]	80,110
年間買電量[kWh]	9,083
年間売電量[kWh]	70,254
年間電力収支[kWh]	+61,171
年間買電料金[千円]	674
年間売電料金[千円]	2,810
イニシャルコスト[千円]	28,500

現行の太陽光発電システムと比較して

定格発電能力 **約5.7倍**

年間買電量 **約2,600[kWh]削減**

イニシャルコスト **約23,500[千円]増加**

Case3-1と同日の解析であり、パネル枚数を増やただけであるため、発電電力、逆潮流の推移は、図6に比例したグラフになる。

逆潮流の量が膨大で、イニシャルコストも極めて高価であるので、現実的な発電システムとはいえない。

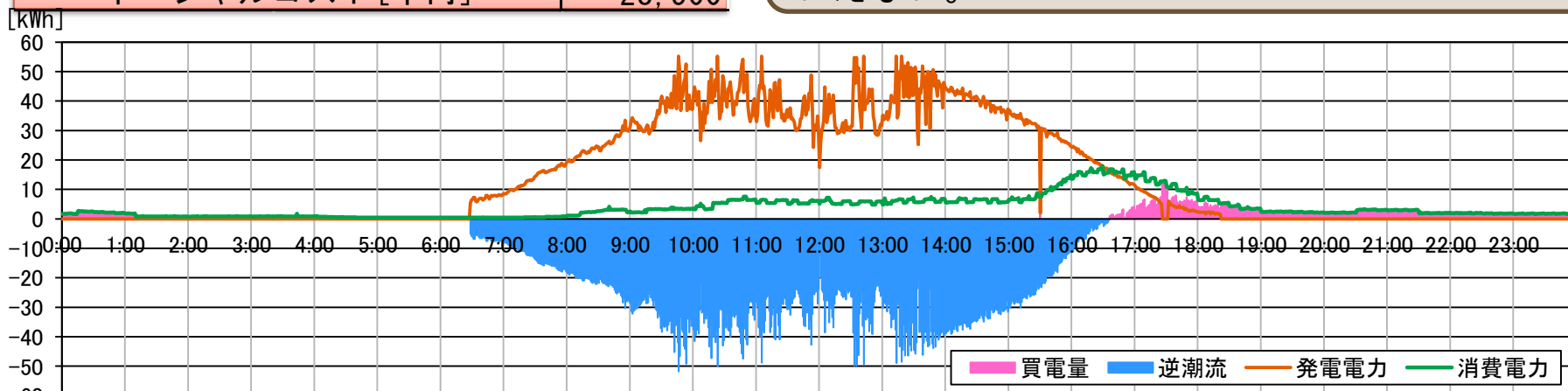


図7 Case3-2の最大電力消費日(2012/6/14 16:29)における電力推移(1分毎)

初期費用が回収できるまでの年数

$$\text{年間利益}[\text{円}] = \text{年積算自家消費電力量}[\text{kWh}] \times \text{買電料金}[\text{円/kWh}] \\ + \text{年間売電量}[\text{kWh}] \times \text{売電料金}[\text{円/kWh}]$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{年積算自家消費電力量}[\text{kWh}]^* = \text{年積算発電量}[\text{kWh}] - \text{年間売電量}[\text{kWh}] \\ \text{買電料金} : 16[\text{円/kWh}] \quad \text{売電料金} : 37.8[\text{円/kWh}] \end{array} \right]$$

$$\text{初期費用回収年数} = \text{イニシャルコスト} / \text{年間利益}$$

※ 太陽光発電電力量のうち、売電せずに自家消費した電力量であり、太陽光発電によって削減することのできた買電量のこと。

表 各Caseにおける初期費用回収年数の比較

	現行	Case1	Case2	Case3-1	Case3-2
太陽光発電パネル定格能力[kW]	10	14	21	18	57
年積算発電量[kWh]	14,404	19,676	29,545	25,298	80,110
年間売電量[kWh]	6,802	11,624	20,742	16,776	70,254
自家消費割合[%]	52.8	40.9	29.8	33.7	12.3
売電割合[%]	47.2	59.1	70.2	66.3	87.7
年間自家消費電力料金[千円]	121.6	128.8	140.8	136.4	157.7
年間売電料金[千円]	257.1	439.4	784.0	634.1	2655.6
年間利益[千円]	379	568	925	770	2,813
イニシャルコスト[千円]	5,000	7,000	10,500	9,000	28,500
初期費用回収年数[年]	13.2	12.3	11.4	11.7	10.1

初期費用が回収できるまでの年数

定格容量が50kWを超える高圧連系システムの場合に必要なもの

- ・ 高圧受電設備(キュービクル[100~150万円])
- ・ 主任技術者委託費用[50万円/年]
- ・ 電力会社との接続協議にかかる費用[21万円程度]

その他

- ・ メンテナンス費用[0.2万円/kW・年]

表 各Caseにおける初期費用回収年数の比較

	現行	Case1	Case2	Case3-1	Case3-2
太陽光発電パネル定格能力[kW]	10	14	21	18	57
年積算発電量[kWh]	14,404	19,676	29,545	25,298	80,110
年間売電量[kWh]	6,802	11,624	20,742	16,776	70,254
自家消費割合[%]	52.8	40.9	29.8	33.7	12.3
売電割合[%]	47.2	59.1	70.2	66.3	87.7
年間自家消費電力料金[千円]	121.6	128.8	140.8	136.4	157.7
年間売電料金[千円]	257.1	439.4	784.0	634.1	2655.6
年間利益[千円]	379	568	925	770	2,813
イニシャルコスト[千円]	5,000	7,000	10,500	9,000	28,500
初期費用回収年数[年]	13.9	12.9	11.9	12.2	12.9
高圧受電設備(キュービクル)[千円]	0	0	0	0	1500
メンテナンス費用[千円]	264	345	477	421	1155
主任技術者委託費用[千円]	0	0	0	0	5000

イニシャルコストの面では、太陽光発電パネルの容量はCase1の場合が最も安価となる。

また、Case3-2の条件を満たすには、現行の5.7倍の定格能力が必要であり、他のCaseと比べてイニシャルコストは最も高価となる。

本研究は、現行の発電システムの太陽光発電パネル面積のみに着目したため、太陽光発電パネル面積は定格能力に比例する。

太陽光発電のみで瞬間的な最大電力消費に対応させるのは不可能であり、ある程度の買電は必要であると考えられる。

また、太陽光発電パネルの定格能力を変化させても、初期費用が回収できるまでの年数は大きくは変わらない。

引き続き、蓄電池を含めてのシミュレーションを行い、オンサイトのみでのZEBの実現可能性を検討する。