

# Independent-smart Zero Emission Building (IsZEB)に関する研究

小中学校を対象とした  
ライフサイクルコスト・CO<sub>2</sub>排出量に関する検討

指導教員 鈴木 空  
有波 裕貴 助教

# 研究目的

# 研究目的

近年、net ZEB※<sup>1</sup> など様々なZEB (Zero Energy Building) が提案され普及促進が図られている。

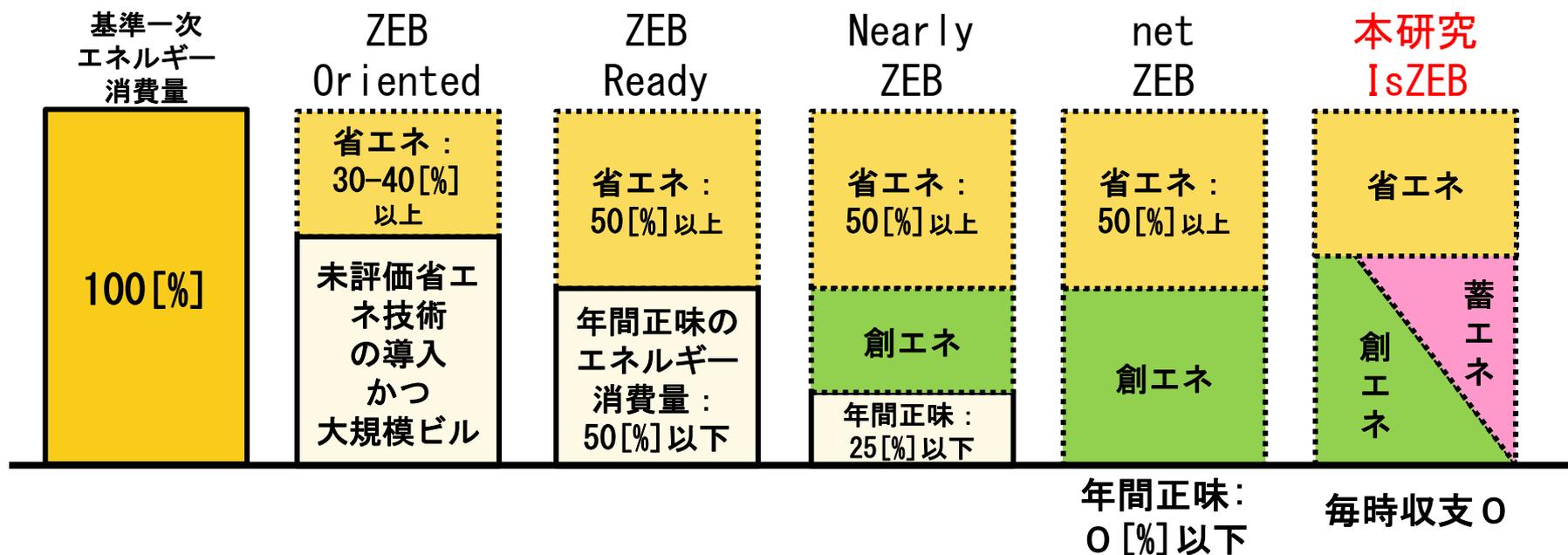


図 各ZEB (Zero Energy Building) とIsZEBの概念

※1 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。

# 研究目的

一般電気事業者は電力の需要バランスを保持するため、管内の太陽光発電量に応じて**発電設備の出力調整**を行っている。

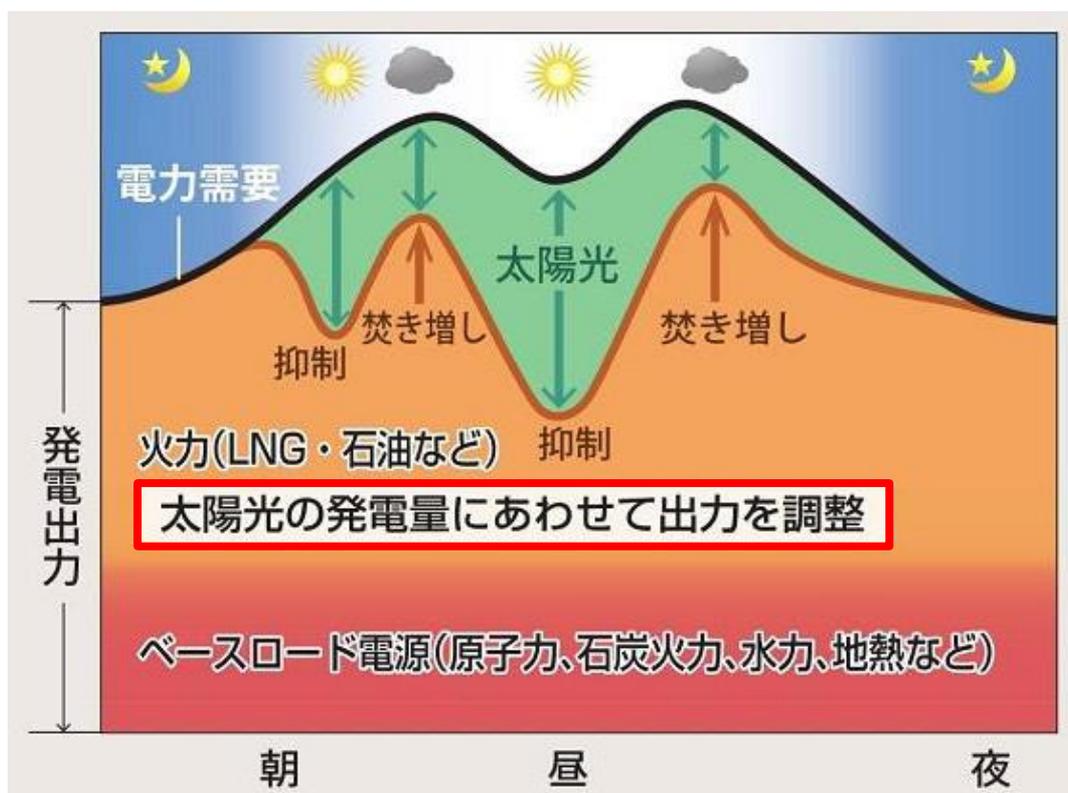


図 太陽光発電量の変動に伴う発電出力の調整※

※ 産経ニュース、「【フォトギャラリー】家計にのしかかる負担 再生可能エネルギー普及に課題」、  
<https://www.sankei.com/gallery/20171118-ZJIWLH304N JL3E2BC5ZZHDXDMA>

# 研究目的

主に出力調整に用いられる火力発電所は出力変動に即応できるようにアイドリング運転を行っており、**不必要なCO<sub>2</sub>を発生させている。**



図 太陽光発電量の変動に伴う発電出力の調整※

※ 産経ニュース、「【フォトギャラリー】家計にのしかかる負担 再生可能エネルギー普及に課題」、  
<https://www.sankei.com/gallery/20171118-ZJIWLH304N JL3E2BC5ZZHDXDMA>

# 研究目的

本研究では年間全時刻において建物単体でエネルギー需要を自立させ、売買電せずにCO<sub>2</sub>排出量をゼロとする、**Independent-smart Zero Emission Building (以下IsZEB)**の検討を行う。

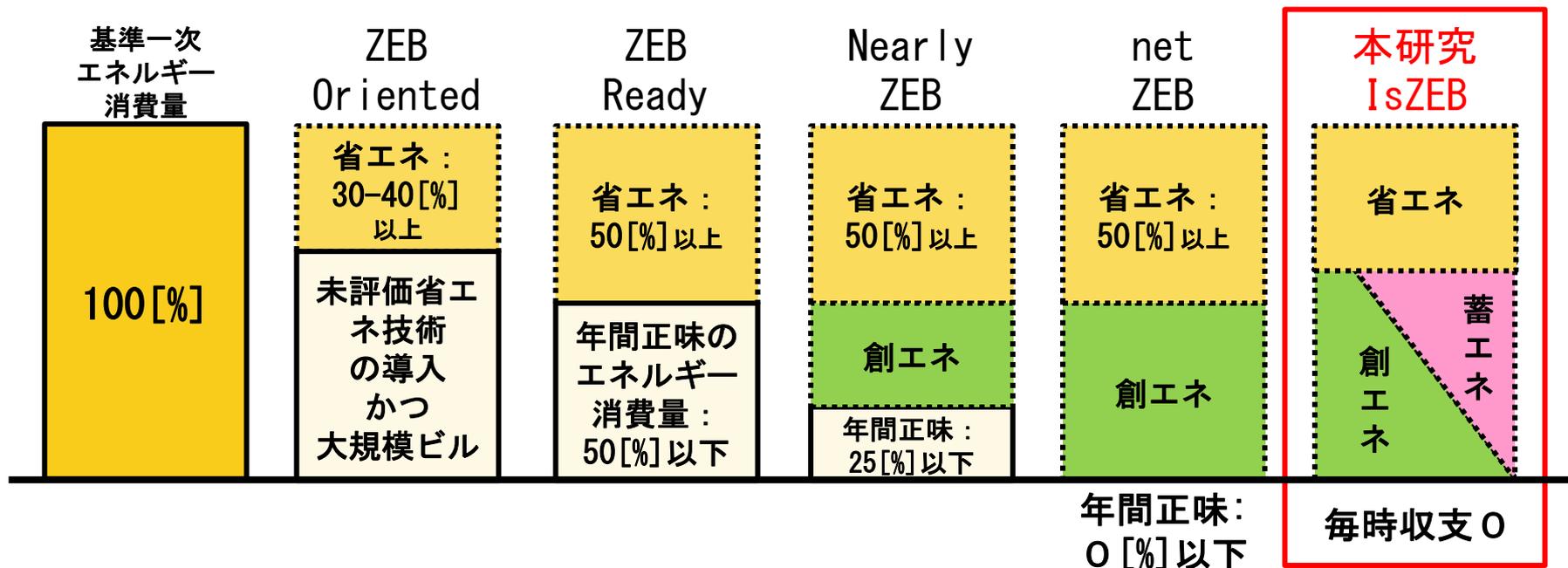


図 各ZEB (Zero Energy Building) とIsZEBの概念

# 研究目的

本研究で提案するIsZEBは比較的大規模な蓄電装置を設置し、系統電力から独立した状態で太陽光発電のみで電力を自給する。

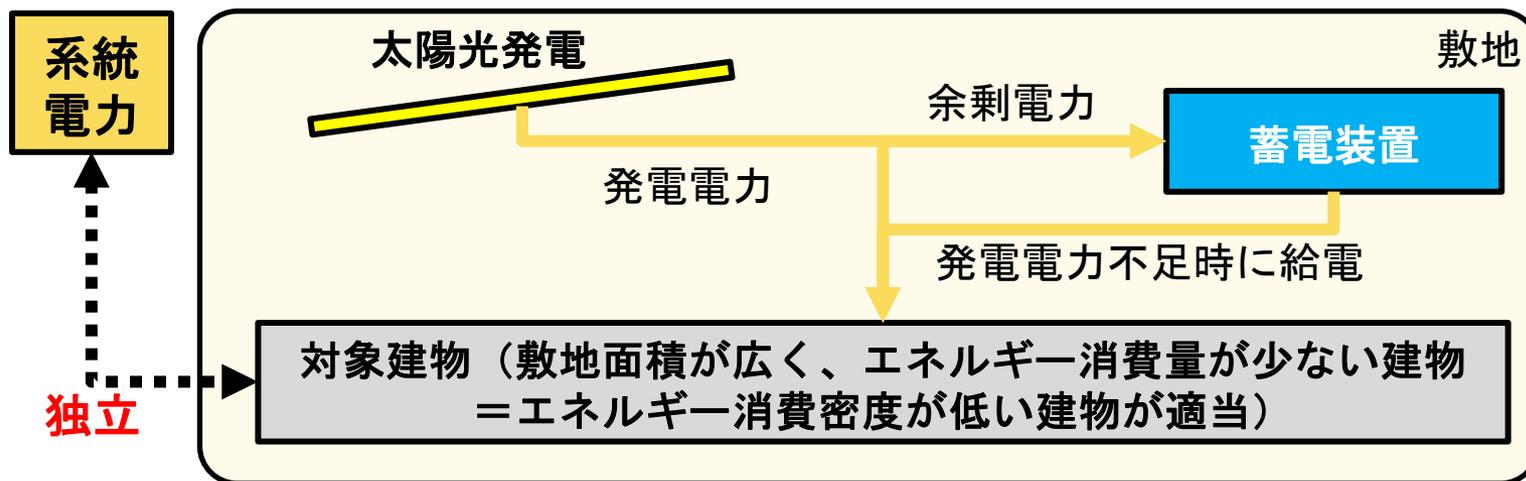


図1 IsZEBの概要

# 研究概要

# 研究概要

IsZEBの対象を新潟大学付属小・中学校とする※<sup>2</sup>、※<sup>3</sup>。延床面積は約9,500[m<sup>2</sup>]（体育館等を除く）である。外壁の平均熱貫流率は1.25[W/(m<sup>2</sup>・K)]、窓は5[mm]の単板ガラスとアルミサッシであり熱貫流率は約5[W/(m<sup>2</sup>・K)]である。

表1 対象建物の概要

構造	鉄筋コンクリート		
冷暖房設備	パッケージエアコン、ガス暖房、灯油暖房		
機械換気換気量[m <sup>3</sup> /h]	標準換気扇	23,415	
	全熱交換器	1,710	
面積[m <sup>2</sup> ]	小学校	1階	2,542
		2階	2,242
		3階	1,443
	中学校	1階	1,788
		2階	821
		3階	675
階高[m]	4.12		
総屋根面積[m <sup>2</sup> ]	5,222		
外壁の平均熱貫流率[W/(m <sup>2</sup> ・K)]	1.25		
窓の熱貫流率[W/(m <sup>2</sup> ・K)]	5		

※<sup>2</sup> 小・中学校は全国に約29,000校存在する。小・中学校をIsZEB化することはBCP対策の観点からも有益であると考えられる。

※<sup>3</sup> 新潟大学付属小・中学校の生徒数は小学校が約450名、中学校が約360名、全体の教職員数は約70名である。

# 研究概要

日積算太陽光発電量<sup>文)</sup>の最大値は約1,700 [Wh/m<sup>2</sup>・日]、平均値は約970 [Wh/m<sup>2</sup>・日]、年積算値は約354,011 [Wh/m<sup>2</sup>・年]である。

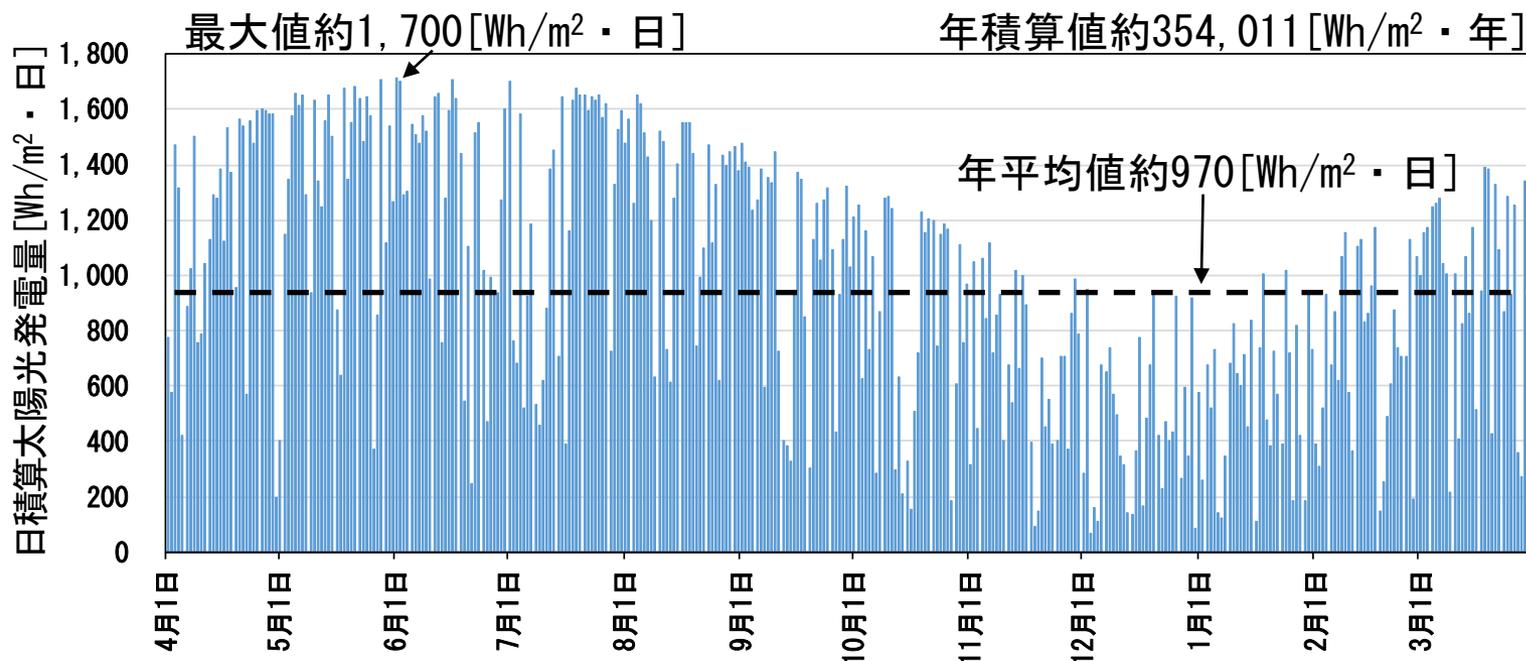


図2 単位面積当たりの日積算太陽光発電量

文) 佐々木淑貴他：「戸建て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、2001.7

# 研究概要

本研究では太陽光発電設備は16.8万[円/kW]<sup>文1)</sup>(25,200 [円/m<sup>2</sup>])とする。蓄電装置はリチウムイオン型を想定し、単価は2022年度で約150[ドル/kWh]<sup>文2)</sup>、16,500[円/kWh](為替レート1ドル=110円)とする。

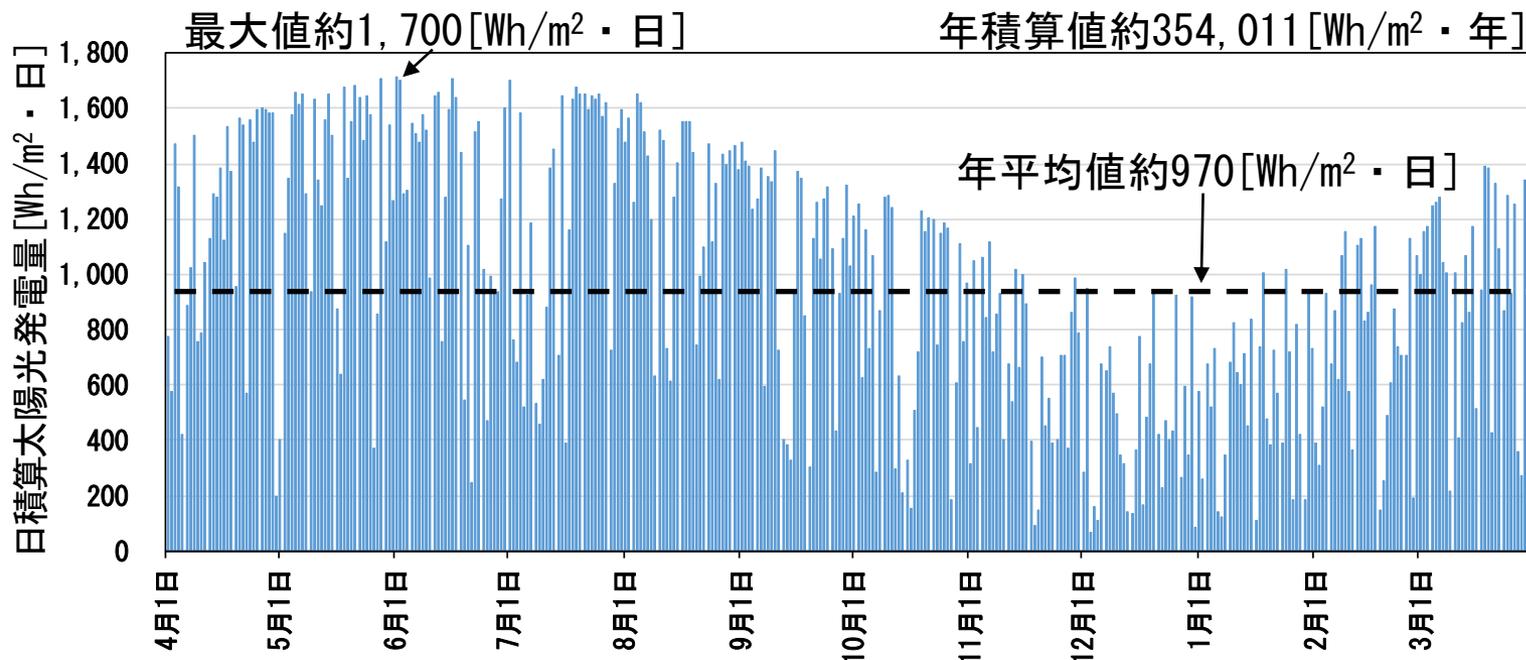


図2 単位面積当たりの日積算太陽光発電量

文1) 資源エネルギー庁：「令和5年度以降の調達価格等に関する意見」

文2) ブルームバーグNEF：「リチウムイオン電池パックとセルの加重平均価格」

# 研究概要

対象建物では電気、ガス、灯油が使用されているため、ガス、灯油を電力消費量に換算する※<sup>4</sup>。日積算合計電力消費量は冬季に最大で約3,970[kWh]となる。

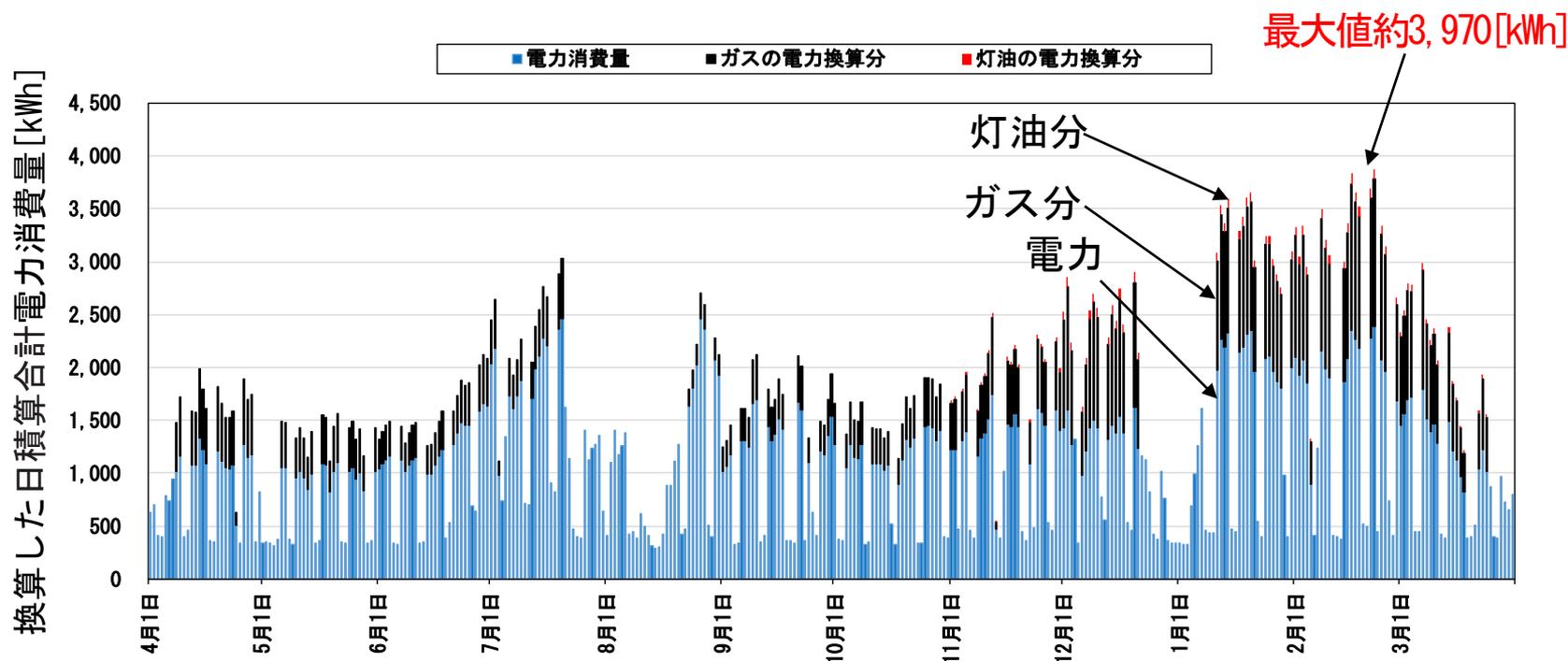


図3 ガス・灯油を換算した日積算合計電力消費量

※<sup>4</sup> 平日において1時間ごとの電力消費量データにより、月積算電力消費量に対する各時刻の活動分電力消費量の比を求める。月積算電力消費量に対する各時刻の活動分電力消費量の比により、電力消費量に換算したガス・灯油消費量を各時刻に振り分け、合計電力消費量を算出する。

# 研究概要

電力供給の力率は85[%]とする。本研究では燃料調整費を0、5、10[円/kWh]の3パターンとして計算する。

表3 東北電力の業務用電気料金プラン

基本料金 [円/kW]	2013	
電力量料金 [円/kWh]	夏季(7月-9月)	20.79
	その他季	19.59
再生可能 エネルギー発電促進 賦課金単価 [円/kWh]	3.36	
燃料調整費 [円/kWh]	0、5、10	

# 研究概要

電力供給の力率は85[%]とする。本研究では燃料調整費を0、5、10[円/kWh]の3パターンとして計算する。

電力会社供給モデル(従来仕様)は年間の電気料金をランニングコストとする。

表3 東北電力の業務用電気料金プラン

基本料金 [円/kW]	2013	
電力量料金 [円/kWh]	夏季(7月-9月)	20.79
	その他季	19.59
再生可能 エネルギー発電促進 賦課金単価 [円/kWh]	3.36	
燃料調整費 [円/kWh]	0、5、10	

## 研究概要

電力供給の力率は85[%]とする。本研究では燃料調整費を0、5、10[円/kWh]の3パターンとして計算する。

電力会社供給モデル(従来仕様)は年間の電気料金をランニングコストとする。

IsZEB仕様モデルは年間の太陽光発電運転維持費0.5万[円/kW] (749.6[円/m<sup>2</sup>])とし、各設備の使用年数は20年、廃棄費用は1万[円/kW]<sup>文1)</sup> (1,499.3[円/m<sup>2</sup>])とする。

# 研究概要

各コストを加算し、電力会社供給モデルとIsZEB仕様モデルの20年間のライフサイクルコストを算出する。

## 研究概要

各コストを加算し、電力会社供給モデルとIsZEB仕様モデルの20年間のライフサイクルコストを算出する。

電力会社供給モデルのライフサイクルコストがIsZEB仕様モデルのライフサイクルコストを上回る年数をIsZEBの投資回収年数とする。

# 研究概要

IsZEB仕様モデルのCO<sub>2</sub>排出量は太陽光発電設備と蓄電装置の生産時排出量の合計値とする。電力会社供給モデルのCO<sub>2</sub>排出量は合計電力消費量と東北電力のCO<sub>2</sub>排出原単位から算出する。

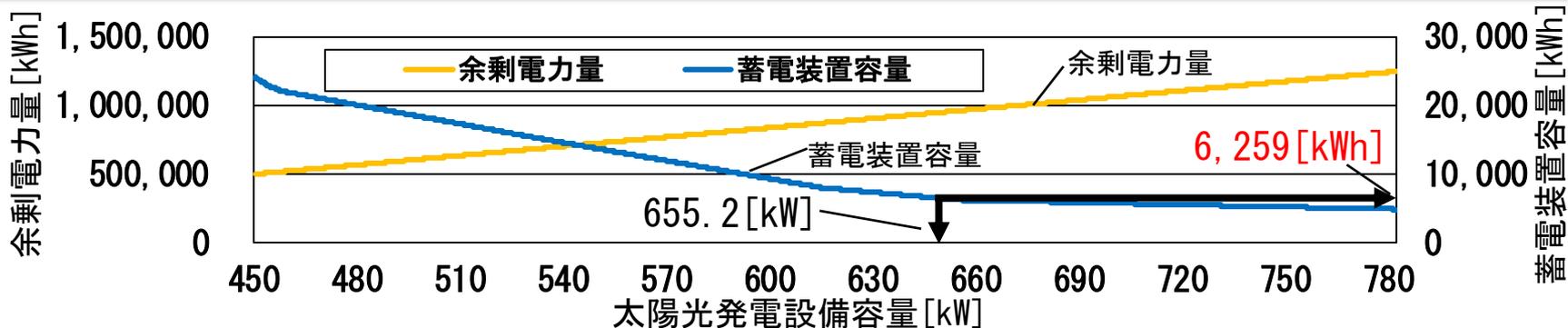
表 4 各CO<sub>2</sub>排出原単位

生産品目	二酸化炭素排出量
太陽光発電設備	225 [kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
リチウムイオン型蓄電装置	200 [kg-CO <sub>2</sub> /kWh]
東北電力のCO <sub>2</sub> 排出原単位 <sup>※5</sup>	0.457 [kg-CO <sub>2</sub> /kWh]

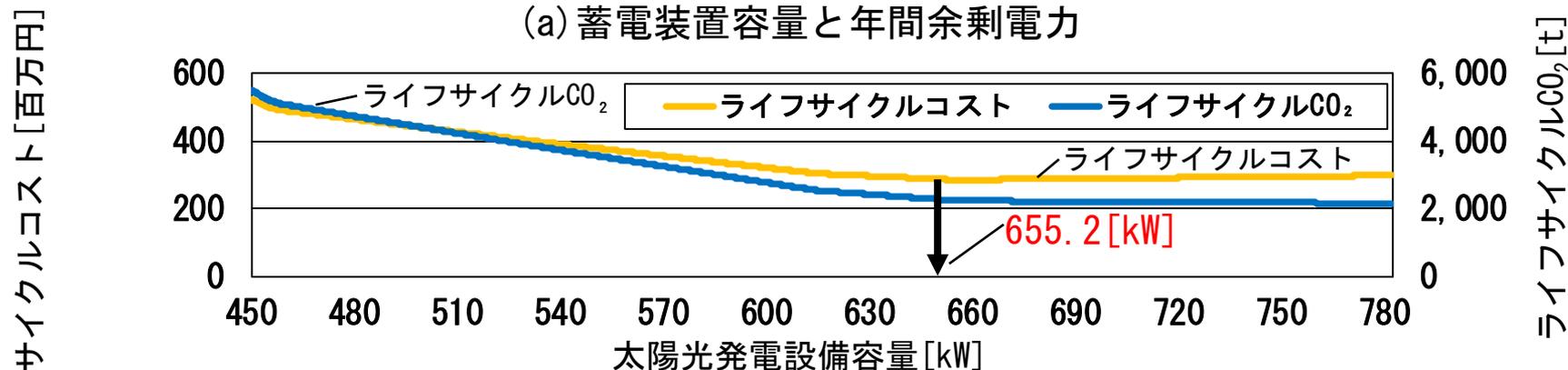
※5 東北電力2020年度の再生可能エネルギー固定価格買取制度による調整後のデータ。

# 解析結果

最適設備構成はライフサイクルコストが最小になる点とする。最適設備構成では太陽光発電設備容量が655.2 [kW] (4,368 [m<sup>2</sup>])、蓄電装置容量が6,259 [kWh]となる。



(a) 蓄電装置容量と年間余剰電力

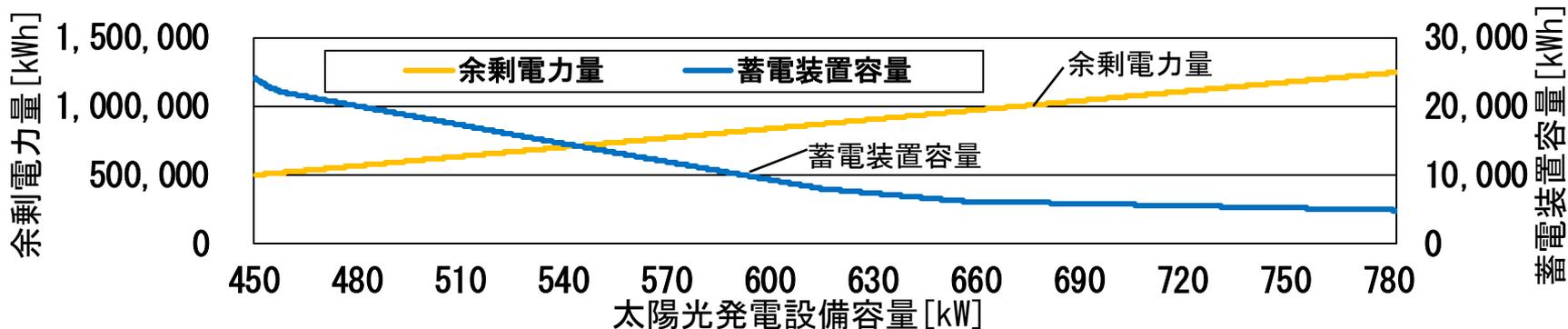


(b) ライフサイクルコスト・CO<sub>2</sub>

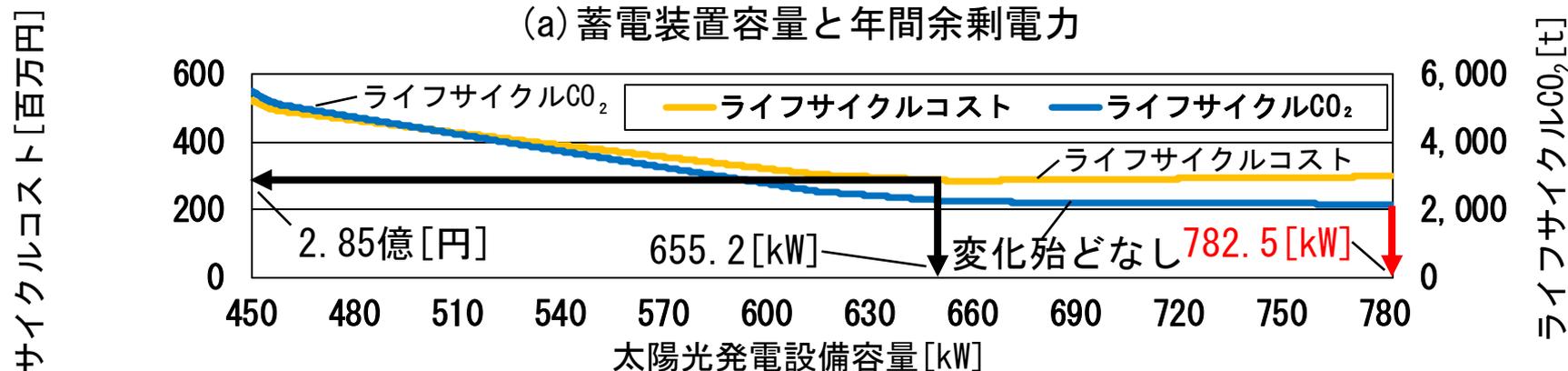
図4 IsZEB化に必要な太陽光発電設備容量と対応する蓄電装置容量、年間余剰電力とライフサイクルコスト・CO<sub>2</sub>

# 解析結果

解析条件の範囲では太陽光発電設備容量**782.5 [kW]** (2,158 [t])  
でライフサイクルCO<sub>2</sub>が最小となる。



(a) 蓄電装置容量と年間余剰電力

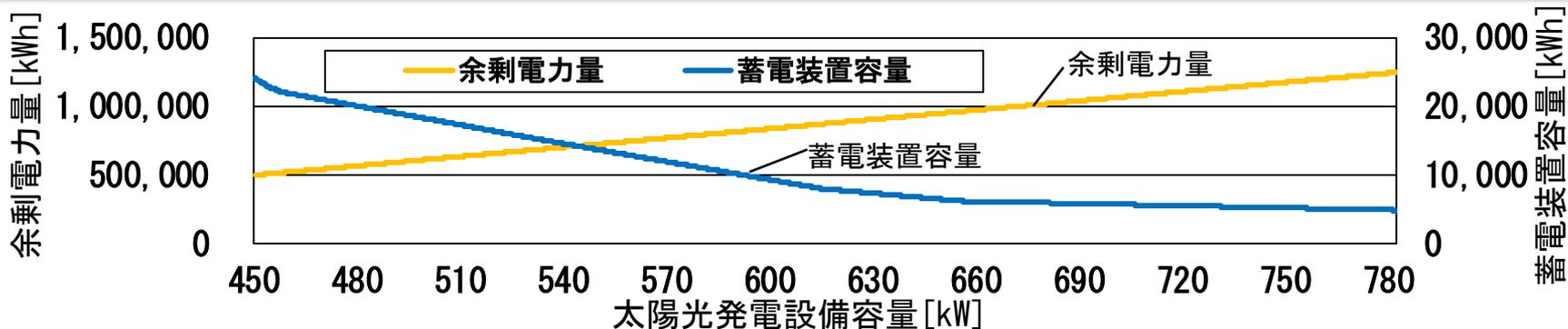


(b) ライフサイクルコスト・CO<sub>2</sub>

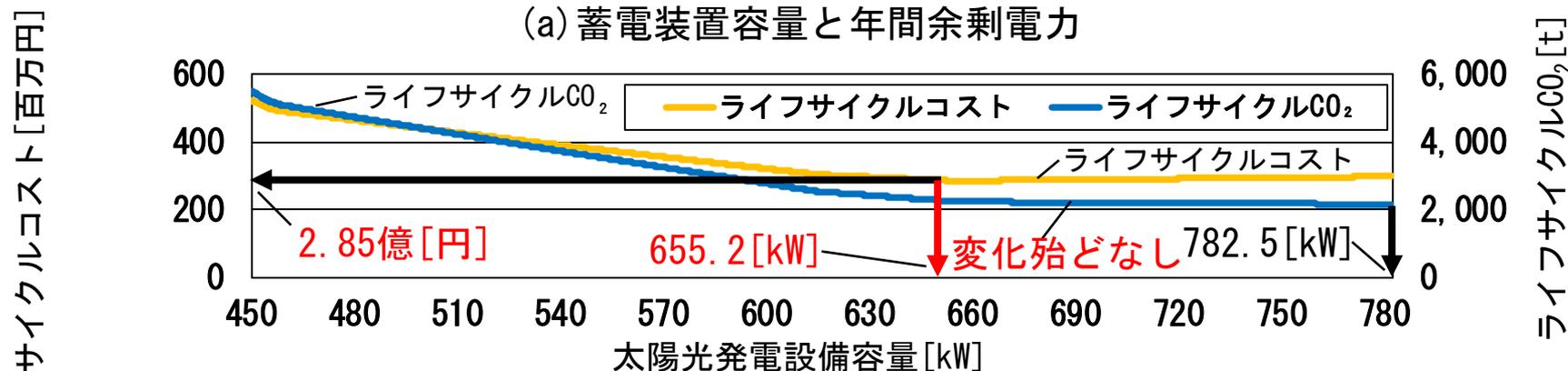
図4 IsZEB化に必要な太陽光発電設備容量と対応する蓄電装置容量、年間余剰電力とライフサイクルコスト・CO<sub>2</sub>

# 解析結果

太陽光発電設備容量 **655.2 [kW]** (2,235 [t]) 以降はライフサイクルCO<sub>2</sub>の**変化は殆どない**。ライフサイクルコストは**2.85億 [円]**となる。



(a) 蓄電装置容量と年間余剰電力



(b) ライフサイクルコスト・CO<sub>2</sub>

図4 IsZEB化に必要な太陽光発電設備容量と対応する蓄電装置容量、年間余剰電力とライフサイクルコスト・CO<sub>2</sub>

# 解析結果

年間余剰電力は約103万 [kWh] となる。この電力により約20.6万 [Nm<sup>3</sup>]<sup>※6</sup> の脱CO<sub>2</sub>の水素製造も可能となる。

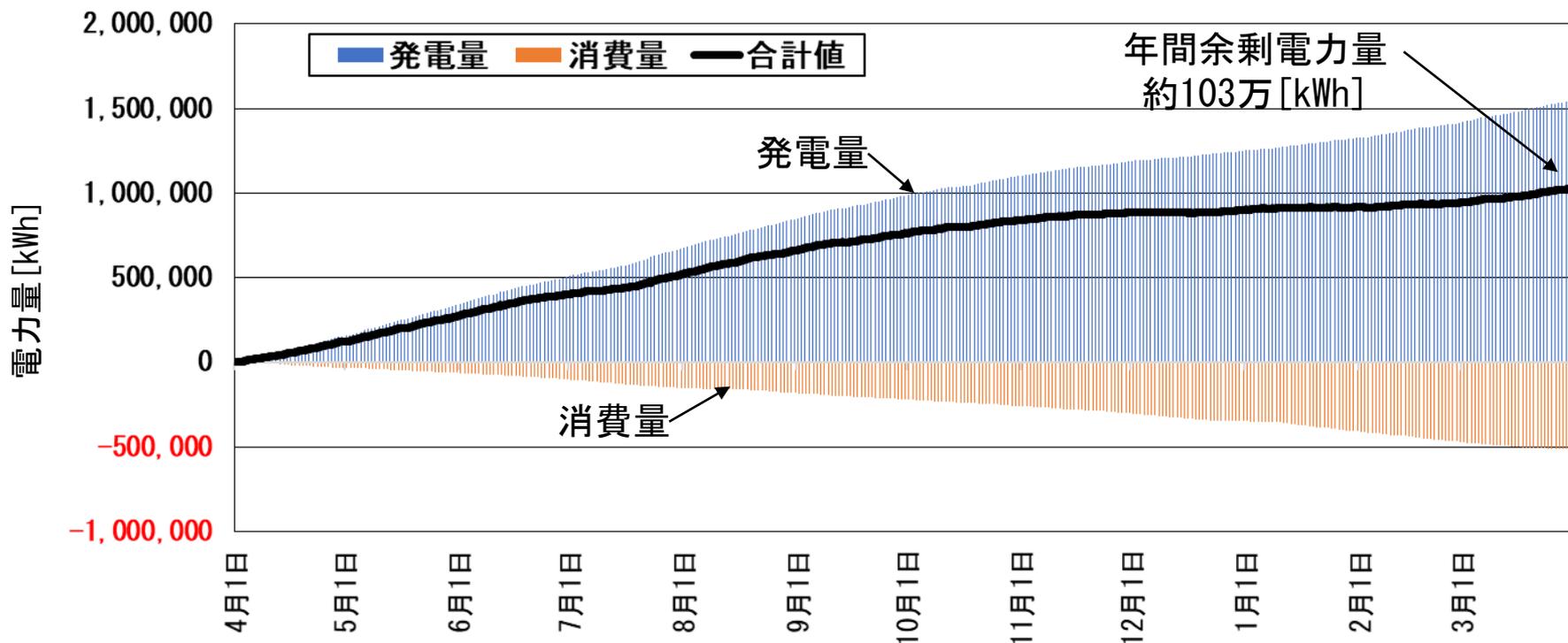


図5 最適設備構成の電力消費量と太陽光発電量の年間電力収支

※6 単位体積当たりの水素製造に必要な電力消費量は5.0 [kWh/Nm<sup>3</sup>]<sup>文3)</sup>とする。  
 文3) 柴田善朗：「再生可能エネルギーからの水素製造の経済性に関する分析」、IEEJ、2015年

基本料金の契約量は年間1時間当たりのピーク電力消費量とする。

表5 燃料調整費を変化させた場合の年間購入電気料金

燃料調整費 [円/kWh]	年間電気料金 [円/年]	20年間の電気料金 [円/20年]
10	27,056,954	541,139,080
5	24,483,108	489,662,160
0	21,909,262	438,185,240

表2 合計電力消費量の概要

年間合計 電力消費量[kWh/年]	514,769
1時間当たりの ピーク電力消費量[kWh]	412
夏季電力消費量 [kWh/7-9月]	119,198
他季電力消費量 [kWh/10-翌年6月]	395,571

# 解析結果

投資回収年数は燃料調整費によって変化し、**燃料調整費 0 [円/kWh] の場合は約12年、5 [円/kWh] の場合は約10年、10 [円/kWh] の場合は約9年**となる。

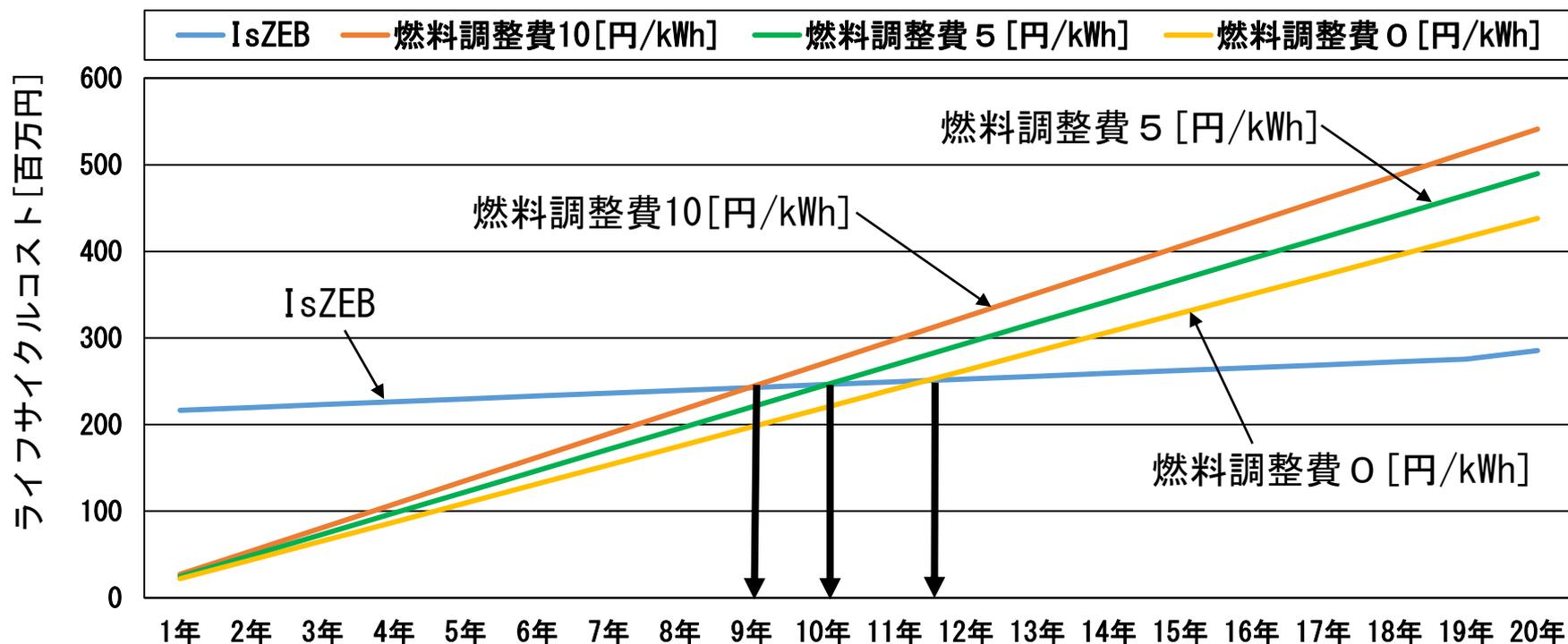


図6 最適設備構成において燃料調整費を変化させた場合の投資回収年数

電力会社供給モデルのCO<sub>2</sub>排出量は20年間で4,705[t]となる。IsZEB仕様モデルのCO<sub>2</sub>排出量は、最適設備構成の太陽光発電設備と蓄電装置容量により算出すると2,235[t]となる。これは電力会社供給モデルに比較すると、IsZEB仕様モデルでは20年でCO<sub>2</sub>排出量を**2,470[t]削減**することができる。

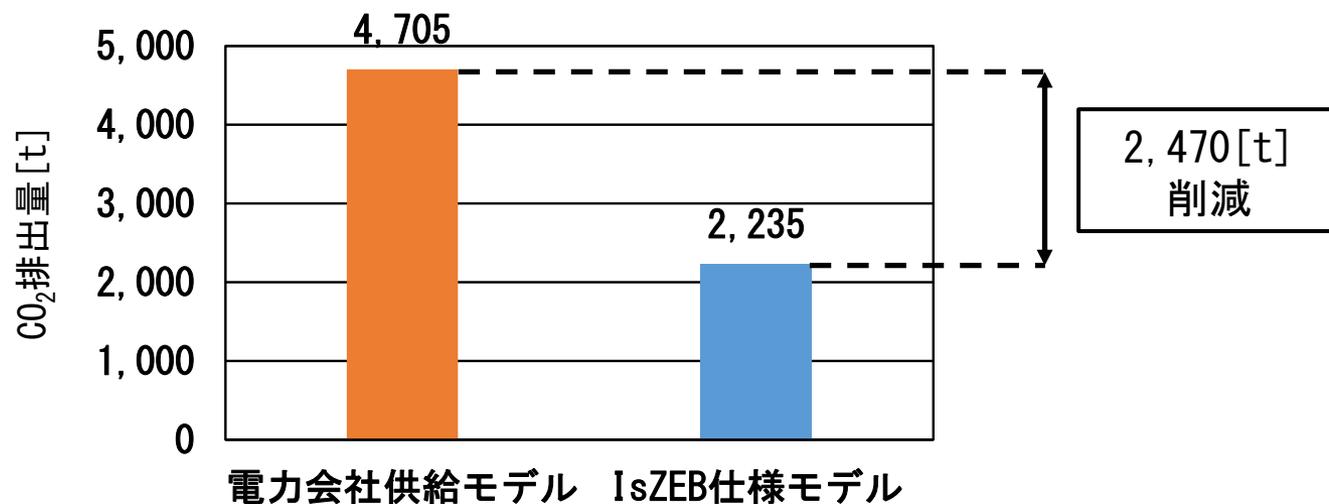


図7 電力会社供給モデルとIsZEB仕様モデルのCO<sub>2</sub>排出量

# まとめ

- ①電力会社供給モデルに対し、IsZEB仕様モデルの電気料金は20年間で約1.5~2.6[億円]削減される。
- ②電力会社供給モデルと比較すると、IsZEB仕様モデルでは20年間でCO<sub>2</sub>排出量を2,470[t]削減することができる。
- ③余剰電力による脱CO<sub>2</sub>の水素の活用を含めて今後検討する予定である。

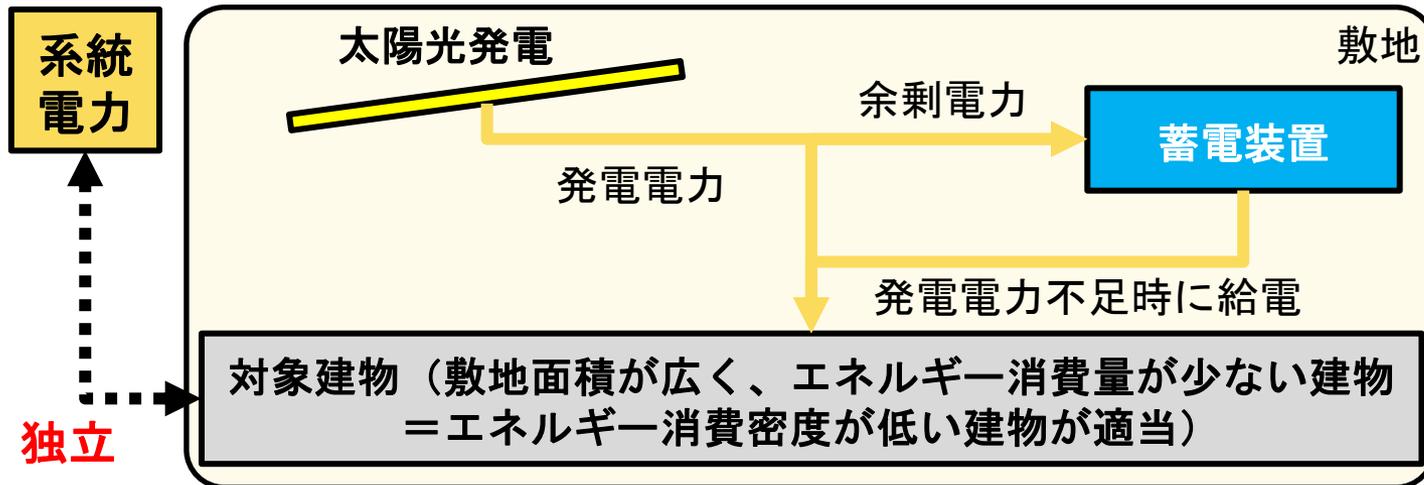


図1 IsZEBの概要

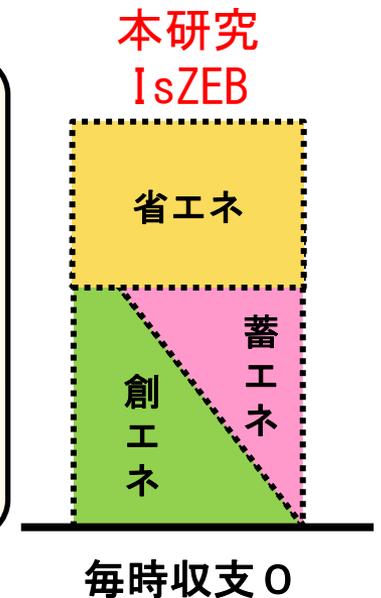


図 IsZEBの概念