

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・CO₂ 排出量に関する検討

鈴木 空 指導教員 有波 裕貴 助教

1 研究目的

近年、net ZEB^{*1}など様々なZEBが提案され普及促進が図られている。net ZEBは年間の電力収支をゼロとするためオンサイトでの再生可能エネルギーによる発電（主に太陽光発電）及び逆流が必須となる。一般電気事業者は電力の需給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。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アイドル運転を行っており、不必要なCO₂を発生させている。

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給を自立し、売買電せずにCO₂排出量をゼロとするIndependent-smart Zero Emission Building(以下IsZEB)の検討を行う。図1にIsZEBの概要を示す。今回提案する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。本研究では建物をIsZEB化することによるライフサイクルコスト・CO₂、投資回収年数の検討を行い、IsZEBの脱CO₂効果及び経済性を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 対象建物・設備の概要：IsZEBの対象を新潟大学付属小・中学校とする^{*2、*3}。表1に対象建物の概要、図2に単位面積当たりの日積算太陽光発電量を示す。日

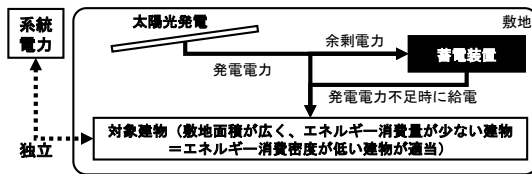


図1 IsZEBの概要

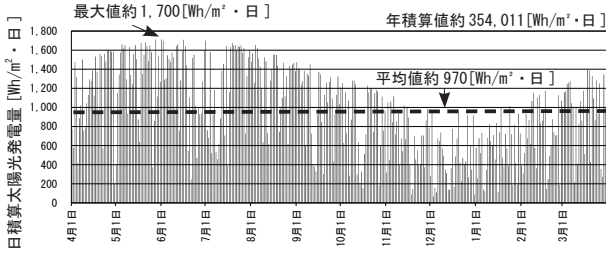


図2 単位面積当たりの日積算太陽光発電量

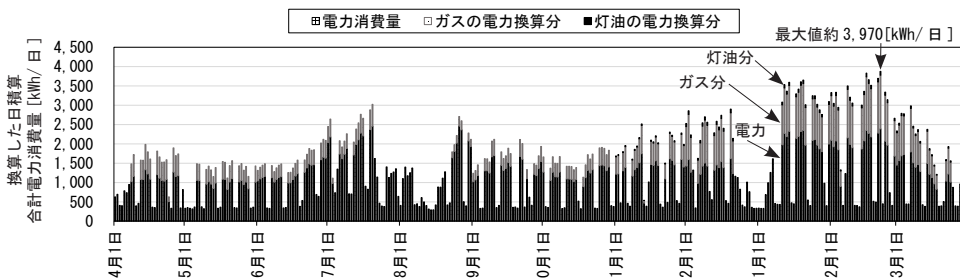


図3 ガス・灯油を換算した日積算合計電力消費量

積算太陽光発電量の最大値は約1,700 [Wh/m²・日]である。本研究では太陽光発電設備は16.8万 [円/kW]^{x1)} (25,187.4 [円/m²])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]^{x2)}、16,500 [円/kWh] (為替レート1ドル=110円)とする。

2.2 ガス・灯油を換算した合計電力消費量：図3にガス・灯油を換算した日積算合計電力消費量、表2に合計電力消費量の概要を示す。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^{*4}。日積算合計電力消費量は冬季に最大で約3,970 [kWh/日]となる。

2.3 ランニング及び廃棄コストの計算方法：表3に東北電力の業務用電気料金プランを示す。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/m²])とし、各設備の使用年数は20年、廃棄費用は1万 [円/kW]^{x1)} (1,499.3 [円/m²])とする。

2.4 投資回収年数の計算方法：各コストを加算し、電

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 ³ /h]	標準換気扇	23,415	
	全熱交換器	1,710	
面積 [m ²]	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 ²]	5,222		
外壁の平均熱貫流率 [W/(m ² ・K)]	1.25		
窓の熱貫流率 [W/(m ² ・K)]	5		

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
一時間当たりのピーク電力消費量 [kW]	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

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)
	その他季	19.59
再生可能エネルギー促進単価 [円/kWh]	3.36	
燃料調整費 [円/kWh]	0、5、10	

表4 各CO₂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 ₂ /m ²]
リチウムイオン型蓄電装置	200 [kg-CO ₂ /kWh]
東北電力のCO ₂ 排出原単位 ^{*5}	0.457 [kg-CO ₂ /kWh]

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

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。

2.5 CO₂ 排出削減量の計算方法：表 4 に各 CO₂ 排出原単位を示す。IsZEB 仕様モデルの CO₂ 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 CO₂ 排出量は合計電力消費量と東北電力の CO₂ 排出原単位から算出する。

3 解析結果

3.1 最小ライフサイクルコストの検討：図 4 に 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・CO₂ を、図 5 に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を示す。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[m²])、蓄電装置容量が 6,259[kWh] となり、イニシャルコストは 2.13 億 [円] となる。解析条件の範囲では太陽光発電設備容量が 782.5[kW] (2,158[t]) でライフサイクル CO₂ が最小となるが、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 CO₂ の変化は殆どない。ライフサイクルコストは 2.85 億 [円] となり、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 [Nm³]^{※6} の脱 CO₂ の水素製造も可能となる。

3.2 投資回収年数の算出：図 6 に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、表 5 に燃料調整費を変化させた場合の年間購入電気料金を示す。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。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。

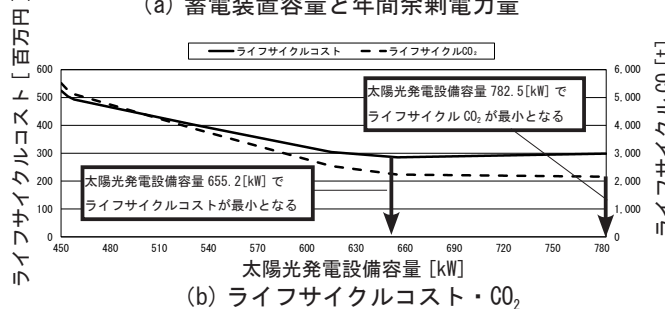
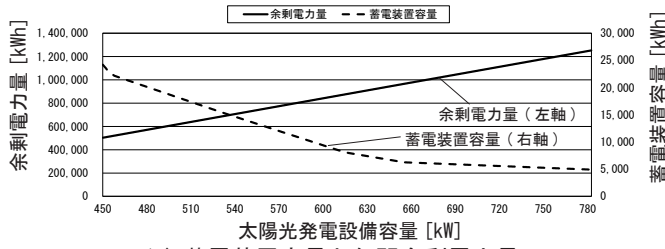


図 4 IsZEB 化に必要な太陽光発電設備容量と対応する蓄電装置容量、年間余剰電力とライフサイクルコスト・CO₂

3.3 IsZEB による CO₂ の削減量：図 7 に電力会社供給モデルと IsZEB 仕様モデルの CO₂ 排出量を示す。電力会社供給モデルの CO₂ 排出量は 20 年間で 4,705[t] となる。IsZEB 仕様モデルの CO₂ 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 CO₂ 排出量を 2,470[t] 削減することができる。

4 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に比較すると、IsZEB 仕様モデルでは 20 年間で CO₂ 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 CO₂ の水素の活用を含めて今後検討する予定である。

注釈
※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旨とした建築物。
※2 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。
※3 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。
※4 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。
※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。
※6 単体積当たり水素製造に必要な電力消費量は 5.0[kWh/Nm³]^{※3} とする。
参考文献
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) プルムバーグ NEF：「リチウムイオン電池パックとセルの加重平均価格」
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

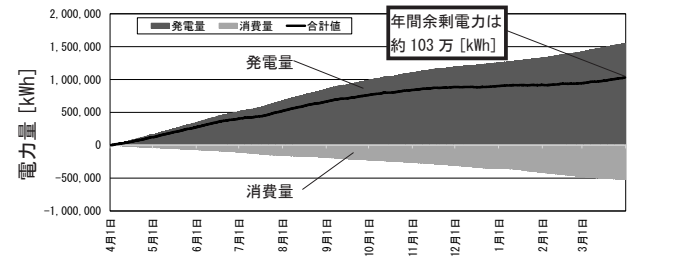


図 5 最適設備構成の電力消費量と太陽光発電量の年間電力収支

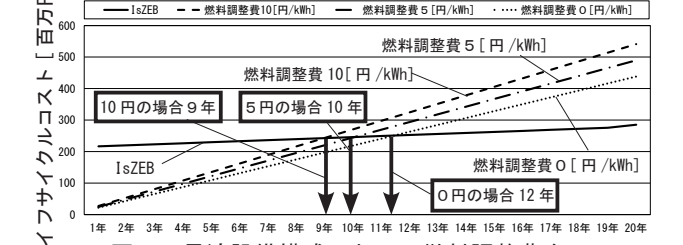


図 6 最適設備構成において燃料調整費を変化させた場合の投資回収年数

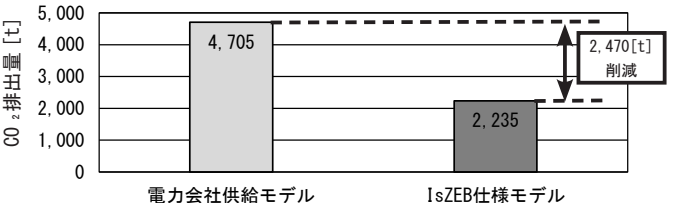


図 7 電力会社供給モデルと IsZEB 仕様モデルの CO₂ 排出量