

公共建築物におけるゼロカーボンの実現に向けたペロブスカイト太陽電池の有効性について

釧路開発建設部	施設整備課	○関口	希
帯広開発建設部	施設整備課	堀田	侑平
釧路開発建設部	施設整備課	土井	雄也

「政府がその事務及び事業に関し温室効果ガスの排出の削減等のため実行すべき措置について定める計画」において、公共建築物でのペロブスカイト太陽電池の率先導入が示されている。本研究ではペロブスカイト太陽電池の社会実装に先立ち、導入を踏まえた省エネルギー計算の試算を行い、公共建築物におけるゼロカーボンの実現に向けた取組の一助となることを目的とする。

キーワード：ペロブスカイト太陽電池、ZEB、創エネルギー

1. はじめに

(1) 背景

日本は地球温暖化対策のため、温室効果ガスの排出量から吸収量を差し引いた合計をゼロにする「2050年カーボンニュートラル」を目指すこと、ならびに次期NDC（国が決定する貢献）において温室効果ガスの排出量を2030年度に46%の削減（2013年度比）を目指すことを宣言しているが、2023年度の温室効果ガス排出量は27.1%¹⁾の削減に留まっている。

また、「政府がその事務及び事業に関し温室効果ガスの排出の削減等のため実行すべき措置について定める計画」²⁾（以下、「政府実行計画」という。）及び「政府実行計画」に基づく「国土交通省がその事務及び事業に関し温室効果ガスの排出の削減等のため実施すべき措置について定める計画」³⁾において、2030年度までに新築建物の平均でZEB Ready相当、2030年度以降については更に高い省エネルギー性能を目指すことや再生可能エネルギーの最大限の活用に向けた取組の中でペロブスカイト太陽電池の率先導入が示されている。

一方で我が国の最終エネルギー消費において事務所、店舗、病院、学校等の建築物を含む「業務他部門」は全体の約16%を占め、建築物のゼロカーボン化は有効と考えられる。（図-1）

(2) 本研究の目的

前述したように「2050年カーボンニュートラル」を達成するためには建築物におけるゼロカーボン化は有効と考えられ、現在使用されている技術に加え、更なる効果が期待される省エネルギー及び創エネルギーに関わる新

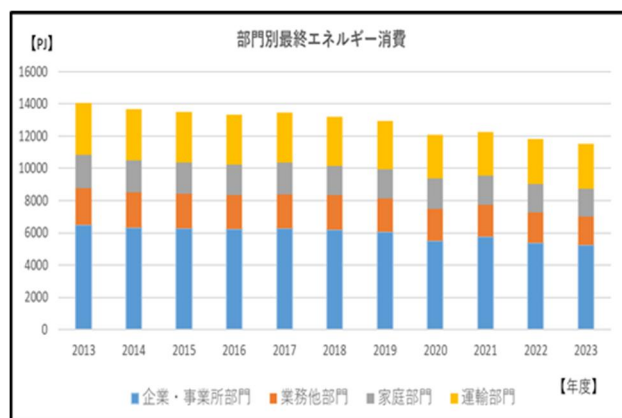


図-1 日本の部門別最終エネルギー消費量⁴⁾

技術の利用・促進が必要な状況となっている。

本研究では、「政府実行計画」で率先導入が示されているペロブスカイト太陽電池について、実際の建築物に導入した際の省エネルギー計算の試算を行い、公共建築物におけるゼロカーボンの実現に向けた取組の一助となることを目的とするとともに公共建築物への積極的な設置によるペロブスカイト太陽電池の利用・促進を目指す。

2. ペロブスカイト太陽電池について

本章では、「ペロブスカイト太陽電池の概要」や「ペロブスカイト太陽電池及び従来型シリコン系太陽光パネルのメリット・デメリット」を明らかにした上で「ペロブスカイト太陽電池の製品としての可能性に関する考察」

について述べる。

(1) ペロブスカイト太陽電池の概要

ペロブスカイト太陽電池はペロブスカイト構造を持っており、主原料としてヨウ素などが使用されている。

(図-2)

ペロブスカイト太陽電池は主に「ガラス型」、「フィルム型」の2種類があり、軽量で柔軟性があるなどの特性を持っており、次世代型の太陽電池として期待されている。

現在、ペロブスカイト太陽電池は実用化に向けて、実証実験、大量生産技術の確立を進めている段階であるが、2025年日本国際博覧会のバス停屋根に使用されるなど着々と実用化に向かっている。

(2) ペロブスカイト太陽電池のメリット・デメリット

【メリット】

- ・軽量で柔軟性がある
- ・「ガラス型」であれば、建物建材の一部としてビルや窓ガラスの代替設置も可能
- ・素材の安さ、塗布技術、印刷技術による大量生産が可能となり、製造コストを抑えられる
- ・軽量であるため、輸送コストが抑えられる
- ・主材料であるヨウ素が国内調達可能
- ・弱い光を電気エネルギーへ変換可能

【デメリット】

- ・湿気や紫外線などの外的要因に弱く、耐久性が低い
- ・エネルギー変換効率の不安定さ

(3) 従来型シリコン系太陽光パネルのメリット・デメリット

従来型シリコン系太陽光パネルのメリットを下記に示す。

【メリット】

- ・耐久性が優れており、長期的に発電が可能
- ・エネルギー変換効率が安定しており、安定した発電量を確保できる
- ・多くの施設に採用されており、信頼性が高い

【デメリット】

- ・主材料であるケイ素は輸入に頼っている
- ・製造コストが比較的高い
- ・重量があり、既存建築物に設置する際に構造上の制約が生じる
- ・柔軟性がなく、設置スペースに制約が生じる

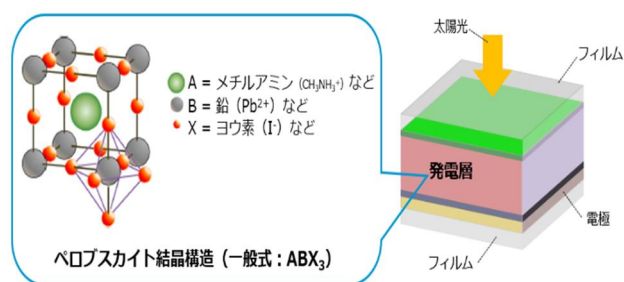


図-2 ペロブスカイト構造⁹⁾

(4) ペロブスカイト太陽電池の可能性に関する考察

ペロブスカイト太陽電池は耐久性の低さやエネルギー変換効率の不安定さといったデメリットがあるが、従来型シリコン系太陽光パネルと比較し、製造コストや設置箇所の自由さの面において有利となっている。

ペロブスカイト太陽電池の研究開発が進み、デメリットの解消がされていけば、現在のシリコン系太陽光パネルからペロブスカイト太陽電池に置き換わる存在となることが推察される。

特に、従来では設置が困難であった建築物壁面、耐荷重性の低い既存屋根または窓ガラスなどへの使用が予想され、建築物におけるゼロカーボン化に有効な手段と考えられる。

3. ZEBについて

本章では、建築物におけるゼロカーボン化に必要な「ZEBの定義」および「WEBPROにおける建築設備の評価項目」について明らかにした上で「本研究での目標」について述べる。

(1) ZEBの定義

ZEBは「Net Zero Energy Building」の略称で定性的な定義としては「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」⁹⁾と定義されている。

つまりZEBとは、LED照明器具などの高効率器具を採用する等の省エネルギー技術と太陽光発電設備等の創エネルギー技術を組み合わせることにより、建物物において消費するエネルギーをゼロにするという考え方である。

ZEBはエネルギー削減量の観点から優位な順に「ZE

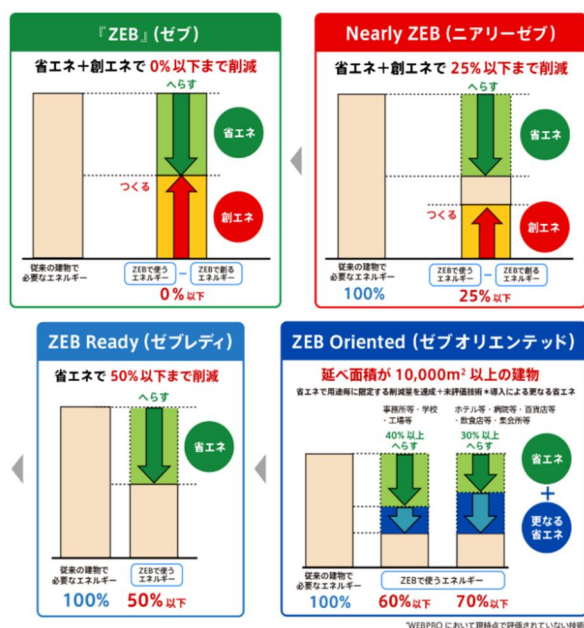


図-3 ZEBの種類⁷⁾

B」、「Nearly ZEB」、「ZEB Ready」、「ZEB Oriented」の4種類に定義され、「非住宅物に関する省エネルギー基準に準拠したプログラム(以下、「WEBPRO」)を用いて計算を行い、BEI(Building Energy Index)を指標として評価している。(図-3)

BEIは実際の建築物の設計条件を基に計算した場合のエネルギー消費量(設計一次エネルギー消費量)を標準的な仕様を採用した場合のエネルギー消費量(基準一次エネルギー消費量)で除して算出され、この値からZEBの評価を行う。(1a)

$$BEI = \frac{\text{設計一次エネルギー消費量}}{\text{基準一次エネルギー消費量}} \quad (1a)$$

定量的な定義として「ZEB」は $BEI \leq 0$ 、「Nearly ZEB」

は $BEI \leq 0.25$ 、「ZEB Ready」は $BEI \leq 0.5$ 、「ZEB Oriented」は $BEI \leq 0.6$ を満たすことが条件となっている。

(2) WEBPROにおける建築設備の評価項目

ZEBを実現するためには消費エネルギーを減らすための省エネルギー技術とエネルギーを作り出すための創エネルギー技術が必要となる。

WEBPROにおいて空調設備、換気設備、照明設備、給湯設備及び昇降機が省エネルギー技術の評価項目、太陽光発電、コージェネレーション設備が創エネルギー技術の評価項目となっている。

(3) 本研究での目標

本研究では、ペロブスカイト太陽電池を実際に活用した場合、最終的に目指すべきである「ZEB」=「 $BEI \leq 0$ 」を達成する可能性があるのか試算を行い、公共建築物におけるゼロカーボン化の実現に向けた取組の一助となることを目標とする。

4. ペロブスカイト太陽電池を活用した場合のBEI試算

本章では、実在する公共建築物において「各施設の概要及びペロブスカイト太陽電池の設置条件」を明らかにした上で「各施設のBEI試算結果」を示す。

(1) 各施設の概要及び太陽光設置条件

本研究では庁舎A、庁舎B、庁舎C、庁舎Dの4施設において、BEIの試算を行った。

各施設の概要を表-1、各施設におけるペロブスカイト太陽電池の設置条件を表-2に示す。

また、ペロブスカイト太陽電池の設置箇所は屋上(屋根)、壁面、窓ガラスに設置することを想定している。

設置面積についてはメンテナンススペース、室外機などの機器スペースや建具等の設置不可面積及び積雪を考慮した面積としている。

ペロブスカイト太陽電池のエネルギー変換効率は「次世代型太陽電池戦略」⁸⁾より、屋根・壁面に設置するものを $15\%(=150W/m^2)$ 、窓ガラスに設置するものを $7.5\%(=75W/m^2)$ と設定した。

表-2 ペロブスカイト太陽電池の設置条件

	庁舎A	庁舎B	庁舎C	庁舎D
方位(屋根)	南	東	南東	南
方位(壁面)	南、西、東	南、西、東	南西、南東	南、西、東
角度(屋根)	45°	30°	45°	45°
角度(壁面)	90°			

表-1 各施設の概要

	庁舎A	庁舎B	庁舎C	庁舎D
地域	釧路圏内	帯広圏内	釧路圏内	帯広圏内
構造	RC造	W造	RC造	RC造
階数	地上2階	地上1階	地上2階	地上2階
延べ面積(m ²)	180.86	300.00	750.87	1524.54
空調設備	○	○	○	○
換気設備	○	○	○	○
照明設備	○	○	○	○
給湯設備	○	×	×	×
昇降機	×	×	×	×
創エネルギー設備	×	×	×	×

また、屋根に設置するペロブスカイト太陽電池の角度については地面と平行を 0° とする。

(2) 各施設のBEI試算結果

各施設のBEI試算結果を表-3に示す。また、基準一次エネルギー消費量におけるペロブスカイト太陽電池の基準一次エネルギー消費量の削減量が占める割合を図-4に示す。

ZEBの定義からこの割合が25%以上となれば「Nearly ZEB」、50%以上となれば「ZEB」を達成する可能性がある。

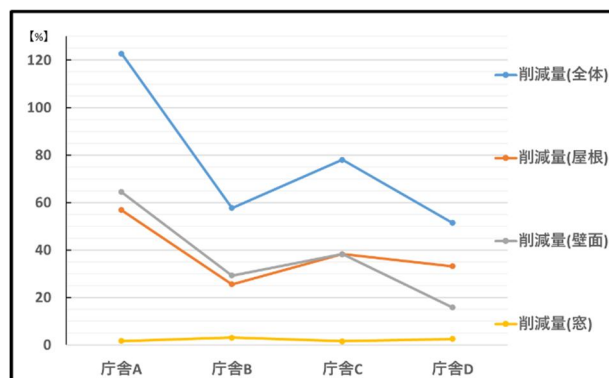


図-4 ペロブスカイト太陽電池の削減量割合

5. 各施設の試算結果の考察

(1) 庁舎A

BEI ≤ 0 となり、ペロブスカイト太陽電池を設置することで既存庁舎のまま「ZEB」を達成する可能性がある結果となった。

現在状況で省エネ技術が取り入れられ、既存 BEI が「ZEB Oriented」相当以上となっていること、屋根、壁面に配管や機器等が少なく、設置面積が確保出来たことで「ZEB」相当以上の結果が得られたと推察される。

(2) 庁舎B

庁舎 A と同様、BEI ≤ 0 となり、ペロブスカイト太陽電池を設置することで既存庁舎のまま「ZEB」を達成する可能性がある結果となった。

庁舎 A 以上に省エネ技術が取り入れられ「ZEB Ready」相当となっていることで「ZEB」相当以上の結果が得られたが、屋根、壁面に建具等の設置可能面積が少ないこと、屋根に設置したペロブスカイト太陽電池の方位が東であることが理由で庁舎 A より不利な結果が得られたと推察される。

(3) 庁舎C

BEI=0.17 となり、ペロブスカイト太陽電池を設置することで、既存庁舎のまま「Nearly ZEB」相当を実現する結果となったが、「ZEB」相当の実現には至らなかった。

しかし、ペロブスカイト太陽電池の基準一次エネルギー消費量の削減量は 78%となり、LED 照明器具などの省エネルギー技術を採用することで、「ZEB」を実現する可能性が高い。

(4) 庁舎D

BEI=1.32 となり、「ZEB」には大きく及ばない結果となった。

現状で省エネ技術が採用されていない点に加え、建築

物規模に見合っていない過大な性能を持った設備機器を採用している点、屋根、壁面に設備機器等が多く設置されており、ペロブスカイト太陽電池の設置面積が確保出来ない点などが要因と考えられる。

しかし、ペロブスカイト太陽電池の基準一次エネルギー消費量の削減量は51.4%となり、庁舎Cと同様に「ZEB」を実現する可能性が高い。

(5) 共通

各施設ともに屋根と壁面のペロブスカイト太陽電池の基準一次エネルギー消費量の削減量割合の全体が 50%以上となっていることから、屋根及び壁面にペロブスカイト太陽電池を使用することは「ZEB」を達成する上で、効果が期待される。

しかし、窓ガラス部分については、設置可能面積が小さいことや太陽光の透過性の観点から、基準一次エネルギー消費量の削減量割合は最大で 3.1%と効果が小さい。

また、表-3 及び図-4 から負の相関が見られ、建築規模が大きくなるにつれ、「ZEB」の実現が厳しくなることが推測される。

5. まとめ

本研究では太陽電池の設置を想定されていない施設を調査対象としたが、今後新築される建築物は太陽電池の設置を考慮した建築物となり、ペロブスカイト太陽電池の設置面積も一定以上確保可能なため「ZEB」の実現は現実的と考えられる。

ペロブスカイト太陽電池は技術の確立やエネルギー変換効率の不安定さなどの課題を残しているが、本研究で導入に向けた省エネ試算を行い、有効性を明らかにしたことでペロブスカイト太陽電池の研究開発・利用の促進に繋げるだけでなく、公共建築物におけるゼロカーボン化の実現に向けた取組の一助となることを願いたい。

参考文献

- 1) 環境省 脱炭素社会移行推進室, 国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス: 2023 年度の温室効果ガス排出量及び吸収量 (概要), <https://www>

表-3 各施設のBEI試算結果

	庁舎A	庁舎B	庁舎C	庁舎D
①BEI(既存)	0.61	0.41	0.95	1.83
②BEI(太陽光含む)	-0.61	-0.16	0.17	1.32
①と②の差	1.22	0.57	0.78	0.51

w. env. go. jp/content/000310278. pdf. ; 2026 年 1 月 6 日閲覧

- 2) 令和 7 年 2 月 18 日閣議決定：政府がその事務及び事業に関し温室効果ガスの排出の削減等のため実行すべき措置について定める計画, <https://www.env.go.jp/content/000291719.pdf>. ; 2025 年 9 月 24 日閲覧
- 3) 国土交通省：国土交通省がその事務及び事業に関し温室効果ガスの排出の削減等のため 実施すべき措置について定める計画, <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/content/001964797.pdf>. ; 2025 年 10 月 27 日閲覧
- 4) 経済産業省資源エネルギー庁：2023 年度エネルギー需給実績(確報) 参考資料, <https://www.meti.go.jp/press/2025/04/20250425004/20250425004-1.pdf>. ; 2025 年 12 月 22 日閲覧
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁：日本の再エネ拡大の

切り札、ペロブスカイト太陽電池とは？（前編）～今までの太陽電池とどう違う？, https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/perovskite_solar_cell_01.html ; 2025 年 9 月 24 日閲覧

- 6) 経済産業省資源エネルギー庁：ZEB ロードマップ検討委員会, <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9766998/www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217002/20151217002-1.pdf>. ; 2025 年 9 月 24 日閲覧
- 7) 環境省：ZEB PORTAL ZEB の定義, <https://www.env.go.jp/earth/zeb/detail/01.html> ; 2025 年 9 月 24 日閲覧
- 8) 経済産業省：次世代型太陽電池の導入拡大及び産業競争力強化に向けた官民協議会 次世代型太陽電池戦略, https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/perovskite_solar_cell/pdf/20241128_1.pdf. ; 2025 年 11 月 20 日閲覧