

技術研究所管理棟の Z E B 化改修

ZEB Renovation of Technical Research Institute Head Office

松永智弘* 坂崎 隆** 中西史子** 岩下将也* 稲留康一*

要 旨

建物の一次消費エネルギー削減の取り組みとして、ネット・ゼロ・エネルギー・ビル（以下、ZEB）が推進されている。当社では、ZEB 化設計手法の検討や要素技術の開発を行うとともに、ZEB プランナーに登録し普及に努めている。技術研究所管理棟を汎用的で実効性の高い技術を組み合わせることで ZEB 化改修し、BELS（建築物省エネルギー性能表示制度）認証で Nearly ZEB の評価を取得した。

キーワード：ZEB、改修

1. まえがき

民生部門のエネルギー消費量は、他部門に比べ増加が顕著であり、省エネルギーの推進と再生可能エネルギーの活用が我が国にとって喫緊の課題となっている。その方策の一つとして、ZEB があり、エネルギー基本計画において、2030 年までに新築建築物の平均で ZEB の実現を目指すとする目標が掲げられている¹⁾。表-1 に ZEB の施策上の分類を示す²⁾。『ZEB』は建物の省エネルギーと敷地内に設置された再生可能エネルギー供給設備によって、消費エネルギーを年間で正味ゼロにする建物である。Nearly ZEB、ZEB Ready、ZEB Oriented は、その実現を指向した建物であり、どの程度『ZEB』に近いかを表している。建物の室用途などから定められる基準一次エネルギー消費量に対する削減率が一つの目安となるが、ZEB Ready では 50%以上、Nearly ZEB では再生可能エネルギー設備などの創エネルギーも加えて 75%以上の削減が必要となる。ZEB Oriented は、ZEB Ready や Nearly ZEB、『ZEB』の達成が難しいとされる大規模建物に限定し、未評価技術を加えることを条件に、建物用途によって 30%以上または 40%以上のエネルギー削減で達成されるよう定義が緩和されている²⁾。

当社においても、ZEB 化の試設計³⁾や要素技術の開発を行うとともに、ZEB プランナーに登録し、ZEB の普及に努めている。その取り組みの一つとして、写真-1 に示す日本初の実用免震建物として建築した技術研究所管理棟（茨城県つくば市：1986 年竣工、以下、本建物）の ZEB 化改修を行った。改修工事は、新築工事とは異なり法規制や施工可否の判断など様々な制約があることから、各々の技術を精査し、快適な執務空間を形成しながらも消費エネルギーを最大限削減できるような計

表-1 ZEB の施策上の分類

名称	定量的定義 (基準値からの削減率)		定性的定義
	創エネ 除く	創エネ 含む	
『ZEB』	50% 以上	100% 以上	年間の一次エネルギー消費量が正味ゼロまたはマイナスの建築物
Nearly ZEB	50% 以上	75% 以上	『ZEB』に限りなく近い建築物として、ZEB Readyの要件を満たしつつ、再生可能エネルギーにより年間の一次エネルギー消費量をゼロに近付けた建築物
ZEB Ready	50% 以上	50% 以上 75% 未満	『ZEB』を見据えた先進建築物として、外皮の高断熱化及び高効率な省エネルギー設備を備えた建築物
ZEB Oriented	事務所 学校 工場等	40% 以上	ZEB Readyを見据えた高性能化及び高効率な省エネルギー設備に加え、更なる省エネルギーの実現に向けた措置を講じた建築物
	ホテル等 病院等 百貨店等 飲食店等 集会所等	30% 以上	



写真-1 技術研究所管理棟南側外観

画とした。また、汎用的で実効性の高い技術の組み合わせにより Nearly ZEB の実現を目指した。

本稿では、今回の改修工事で採用した省エネルギー、創エネルギー技術の概要と、設計段階での適用効果について報告する。

*技術研究所環境研究グループ **東日本支社建築設計部

表-2 建物概要

建物名称	技術研究所管理棟
建築場所	茨城県つくば市大砂387
建物用途	事務所
延べ面積	1330.10 m ²
建築面積	362.82 m ²
階数	地上4階
構造	RC造 免震
竣工年月日	1986.9
改修	2005.9
	2016.9 (1階のみ)
ZEB改修	2020.1

2. 改修建物の概要

表-2 に建物概要、図-1～3 に2、3、4階平面図を示す。RC造地上4階、延べ面積約1300m²の事務所である。1986年に竣工し、2005年に設備更新を含む大規模改修を実施した。建物形状は、東西に長い長方形であり真北から13°傾いている。2階は執務室と会議室、3階、4階は執務スペースと図書スペース、打合せスペースで構成されている。なお、1階はエントランスおよび展示スペースとなっている。南側は約1.5mのバルコニーが設けられている(写真-1)。断熱材は内断熱工法でスタイロフォーム20mm、窓ガラスはフロートガラス6mmである。

3. ZEB化の検討方針とその手順

3.1 Nearly ZEB 実現の検討方針

本建物は竣工後34年、大規模改修から15年が経過しており、改修に際しては、必要な機能について見直す必要がある。その機能要件を満たしたうえで、ZEBの実現を検討する方針とした。また、ZEBの普及を目的とした取り組みであることから、汎用的な技術の組み合わせによってZEBの実現が可能であることを検証する必要がある。そこで基本的な検討方針として、研究要素の高い特殊な省エネルギー技術は採用せず、国立研究開発法人建築研究所が公開する、建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報から利用できる建築物のエネルギー消費量計算プログラム(非住宅版)⁴⁾(以下、Webプログラム)で、評価可能な汎用的技術の組み合わせのみでNearly ZEBの実現を目指すものとした。また、今後の省エネルギー技術の評価制度拡充を想定し、代表的な未評価技術も試験的に導入を検討した。

3.2 検討の進め方

ZEB化のための検討手順を記したもの(以下、ZEBチャート)を図-4に示す。ZEBチャートは、表-1に示したカテゴリをエネルギー消費率とエネルギー供給率の2軸で示したものであり、ZEBの定義や実現状況を示す際に広く使用されている。

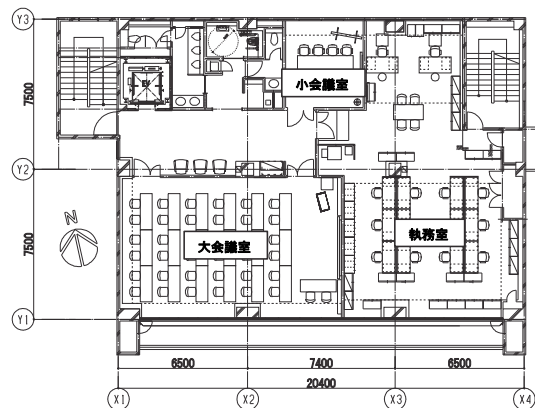


図-1 2階平面図

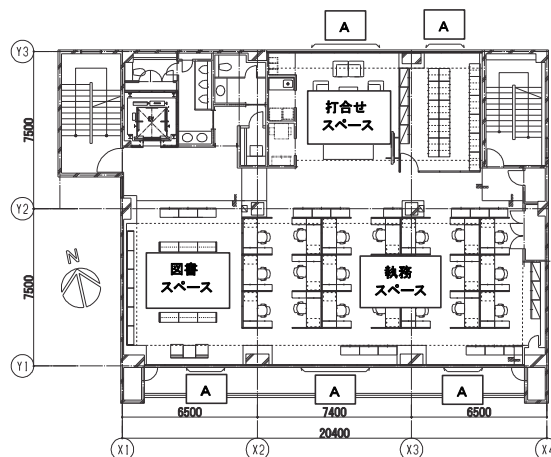


図-2 3階平面図

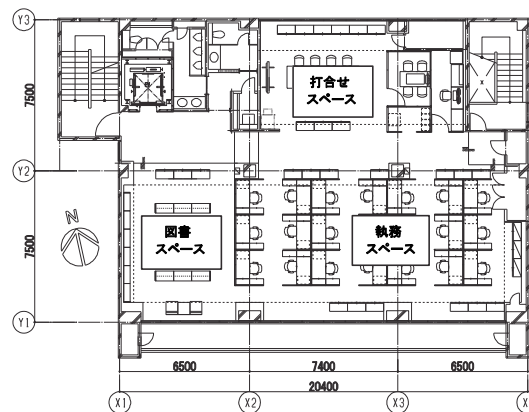


図-3 4階平面図

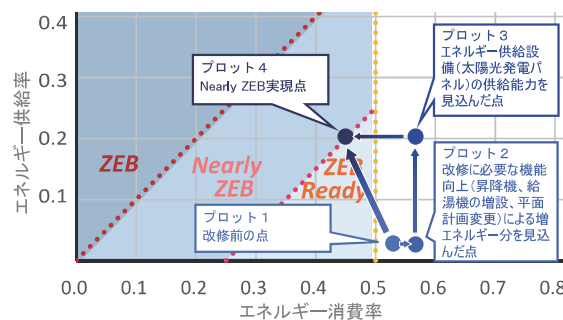


図-4 ZEBチャートを用いた検討手順

まず、現状把握として、改修前の設計値を ZEB チャート上にプロットした（プロット 1）。続いて、今回の改修によって新たに追加すべき機能要件を定め、これにより、新設、増設される設備とそのエネルギー消費量を求めた（プロット 2）。なお、基本的な平面プランに大きな変更はないものの、会議室の配置など軽微な変更をしている。これに伴い、基準値もわずかに変わっており、プロット 2 ではそれらの計画変更も加味した値とする。次に、屋上に敷設可能な太陽光発電パネルの面積・方位・傾斜角・性能を決定し、そこから算出されるエネルギー供給量を定めた（プロット 3）。最後に、Nearly ZEB を実現するために必要な省エネルギー量を求め、これを実現するための具体的な設備計画を検討した。

3.3 各プロットの内訳

各プロットにおけるエネルギーの内訳を図-5に示す。

a. プロット 1

本建物の執務スペースについては、改修前から照明の LED 化、高効率機器を用いた床吹き出し空調システムの採用、置換空調による搬送動力低減などの様々な省エネルギー技術を取り入れて、基準値に対し既に 47%のエネルギー削減が実現されていた。また、自家消費型の太陽光発電パネルを設置していた。

b. プロット 2

本改修では、エネルギー消費量に影響する設備として、昇降機の新設、全階の便所への給湯器の増設がある。また、平面プランについては大きな変更はないものの、昇降機の設置などから執務室のレイアウトの見直しをしている。これにより、エネルギー消費量が 5%増大する。

c. プロット 3 および必要なエネルギー削減量の計算

太陽光パネルの改修前後の設備仕様を表-3、その設置状況を図-6に示す。屋上北側にはキュービクルや室外機等の設備機器を配置していることから、太陽光パネルは南側に集中して敷設し、システム容量 32.5kW、年間 323.6GJ の発電量を得る計画とした。

これらの検討から、Nearly ZEB 実現に必要なエネルギー削減率 11.3%を求めた。

4. 採用した省エネルギー技術

オフィスビルでエネルギー消費量の大部分を占める設備は照明と空調である。その中でも空調設備が占める割合は最も高く、室内において人やパソコンなどの機器類から発生する内部負荷と、屋外から侵入する外部負荷を処理するためにエネルギーを消費する。内部負荷は、執務などにより生じるものであり、これを削減することは難しいが、外部負荷は、外皮（窓や外壁、屋根など）の高断熱化や熱回収可能な換気システムの採用により削減することができる。本章では、エネルギーを削減するた

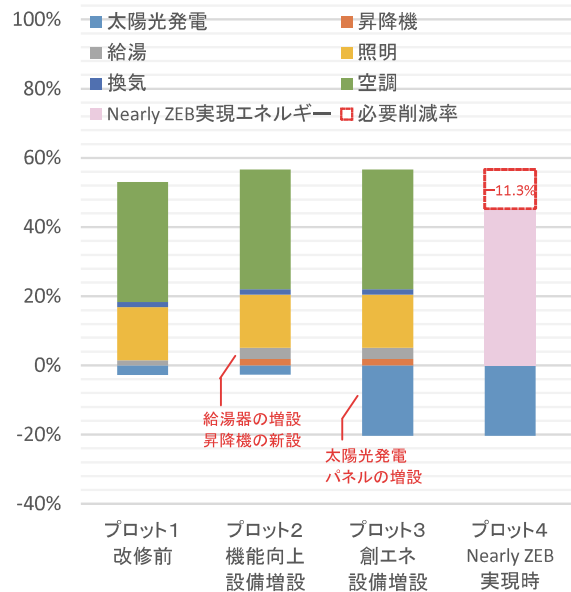


図-5 各プロットの内訳と Nearly ZEB 実現に必要なエネルギー削減率

表-3 改修前後の太陽光パネルシステムの仕様

	パワーエディ シヨナ効率	システム 容量	アレイ 面積	パネル 方位角	パネル 傾斜角	年間発電量
改修前	94%	4.4kW	26.2㎡	13°	10°	42.2 GJ/年
改修後	95.5%	32.5kW	167.6㎡	13°	15°	323.6 GJ/年

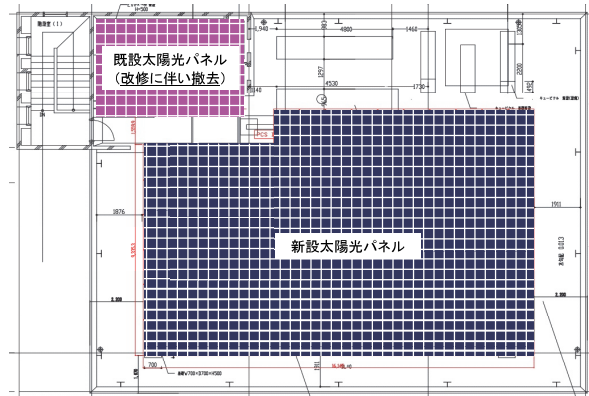


図-6 改修前後の太陽光パネルの設置状況

めに、検討・採用した技術について示す。

4.1 照明設備

照明機器は全館に LED を採用し、照明方式をタスクアンビエントとした。またアンビエント照明には、昼光センサーを設置することで昼光を有効利用し、照明エネルギーの削減を行った。

タスクアンビエント照明は、執務空間をタスクエリア（机上面）とアンビエントエリア（それ以外のエリア）に分割し、それぞれのエリアで必要照度を確保することで照明エネルギーを削減する技術である。今回採用したシステムは、調光タイプの汎用のベース照明と、机上に設置したタスクライトで各エリアの照明を確保する方式



写真-2 オフィス(日中)



写真-3 オフィス(夜間)

である。設定照度は、アンビエント照明で机上面高さの平均照度として 300lx、これにタスク照明を加えることにより机上面で 750lx (オフィスの照明照度推奨基準値) 以上を確保した。なお、内装は反射率の高い白色系とし明るさ感が向上する工夫をしている (写真-2、写真-3)。これにより、エネルギー削減率で 7.8%の低減が得られた。

4.2 空調設備

4.1 に示したように、照明で 7.8%のエネルギー削減が可能であるため、空調設備で 3.5%以上のエネルギー削減を図れば、目標である 11.3%を満足できる。

空調の一次エネルギー消費量を低減させるためには、建物を高断熱化することによって熱負荷を抑え、定格能力の小さい空調機を選定することが有効となる。以下に、検討内容を示す。

a. 開口部の高断熱化

窓面は、日射による熱取得量が最も高く、室内環境への影響が大きい。そのため、ガラスの高断熱化を検討した。検討したガラスは、Low-E 複層ガラス、三層複層ガラスとした。

表-4 に単板ガラス (6mm)、Low-E 複層ガラス、三層複層ガラスとした場合の室内熱負荷 (南側バルコニーによる日射遮蔽効果を考慮) の計算結果、表-5 に空調能力表を示す。

室内熱負荷を処理するためには、単板ガラスの場合は 10 馬力の空調能力が必要であったが、三層複層ガラスや Low-E 複層ガラスにすることで 8 馬力の空調能力で処理することができる結果となった。

b. 外壁の高断熱化

開口部を Low-E 複層ガラスもしくは三層複層ガラスとし、断熱材厚さ 40 mm (付加厚さ 20mm) と 70 mm (付加厚さ 50mm) と想定した場合の室内熱負荷計算結果を表-6 に示す。断熱材の厚さが増せば室内熱負荷が減ると予想したが、南面の大半を開口部が占めていることから、外壁部分の断熱材を増しても大きな効果は現れなかった。そのため、いずれのパターンでも空調能力を上げるまでには至らなかった。これらの検討結果から、

表-4 開口部の熱負荷比較

室名	大会議室(2階)	執務室(3階)	執務室(4階)	
面積[m ²]	81.9	248.2	243.5	
単板ガラス (改修前)	熱負荷[W]	14,855	23,658	23,625
	基準	1	1	1
Low-E複層ガラス	熱負荷[W]	13,898	19,843	20,225
	改修前との割合	0.94	0.84	0.86
三層複層ガラス	熱負荷[W]	13,775	19,344	19,779
	改修前との割合	0.93	0.82	0.84

表-5 空調能力表

システム 相当馬力	6馬力	8馬力	10馬力
定格冷房能力[W]	16,000	22,400	28,000

表-6 ガラスと断熱材厚さによる熱負荷比較

		大会議室(2階)	執務室(3階)	執務室(4階)
		81.9 m ²	248.2 m ²	243.5 m ²
Low-E 複層ガラス	断熱厚さ40mm	13,857 W	19,588 W	19,963 W
	断熱厚さ70mm	13,838 W	19,459 W	19,829 W
	70mm/40mm	1.00	0.99	0.99
三層 複層ガラス	断熱厚さ40mm	13,743 W	19,089 W	19,517 W
	断熱厚さ70mm	13,715 W	18,997 W	19,384 W
	70mm/40mm	1.00	1.00	0.99

断熱材厚さは 40mm 以上、ガラスは Low-E 複層ガラスとした。これにより、エネルギー削減率で 4.7%の低減が得られ、目標値を達成することができた。

c. 空調方式の選定

改修前は、高効率機器を用いて床置型空調機による床吹出空調を採用していたが、汎用的な設備ではないため、室外機を一般的な中小規模オフィスで採用することが多いビル用マルチエアコンの高効率モデル、室内機を天井カセットとした全体空調を採用した。また、集中リモコンを設置し、中央制御可能な計画とした。なお、換気方式は、全熱交換器 (排気から熱と湿気を回収し給気と熱交換する機器) による第一種換気とすることで、外気負荷の軽減を図った。

4.3 未評価技術

省エネルギーに寄与する技術の性能検証を目的に、未評価技術として、自然換気窓と空調の高効率運用システム (パッシブリズム空調) を採用した。



写真-4 北側自然換気窓

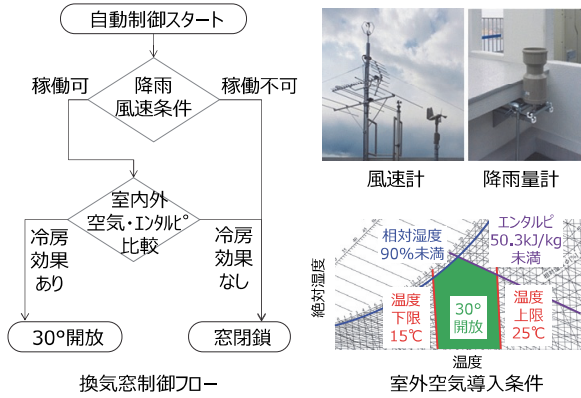


図-7 自然換気窓の開閉制御フロー

a. 自然換気窓

自然換気窓は、屋外の気象状況と室内外の温湿度を測定し、外気の取り込みによって冷房の省エネルギーが図れる状況を自動的に判断し、窓を開閉する技術である。図-7に、自然換気窓の開閉制御フローを示す。なお、導入外気の温度が低すぎると肌寒さなどにつながるため、下限値として15℃を設定している。適用効果の検証を目的に、これらを3階の南北窓面(図-2中のA部分)にのみ適用した。写真-4に北側に設置した自然換気窓を示す。

b. パッシブリスズミング空調

パッシブリスズミング空調⁵⁾は、室温を監視しながら、快適性を損なわない一定サイクルで空調機を発停する技術である。図-8に、パッシブリスズミング空調の概要を示す。本空調は、快適性を維持しながら空調設備のエネルギー削減が図れるもので、独自技術であり、Webプログラムでは評価されないものの、実態的な省エネルギー効果が狙えることから、3階、4階に導入している。

5. 省エネルギー性能評価の認証取得

4.1および4.2に示した技術を適用し、Webプログラムで一次エネルギー消費量を求めた結果を図-9に示す。基準値に比べ、各項目のエネルギーは、空調49%、換気39%、照明78%の削減ができており、建物全体では55%のエネルギーを削減できている。これに太陽光発電による創エネルギー分を反映させると、76%（基準建築物と比較したときの設計建築物の一次エネルギー消費量の比率であるBEI=0.24）となり、Nearly ZEBを達成で

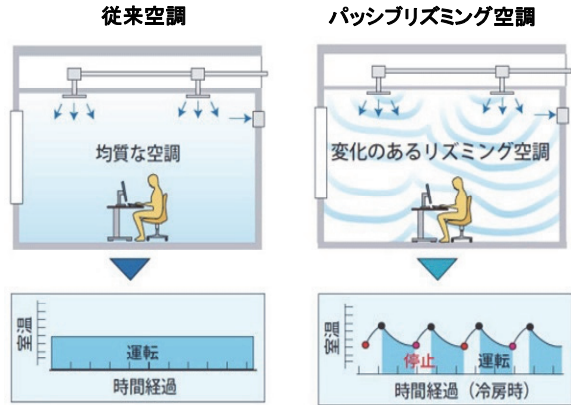


図-8 パッシブリスズミング空調の概要

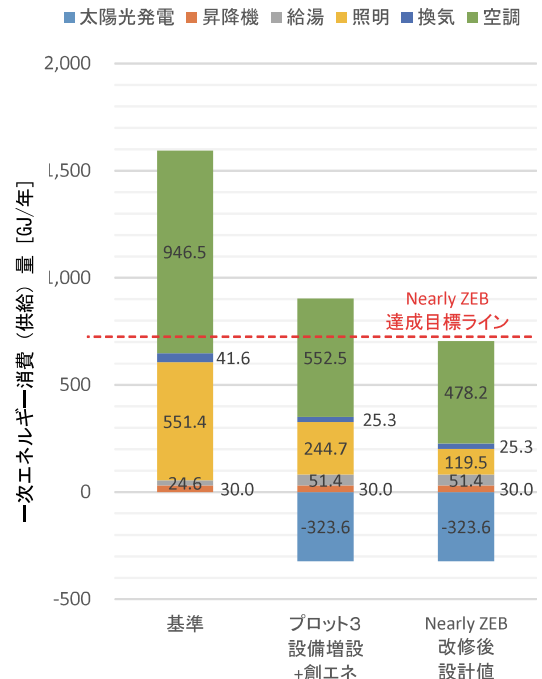


図-9 省エネルギー化によるエネルギー削減量



写真-5 BELS 認証

きている。

この結果をもとに、BELS（建築物省エネルギー性能表示制度）認証で、Nearly ZEB の評価を取得した（写真-5）。

6. まとめ

技術研究所管理棟の ZEB 化改修の概要について報告した。汎用の技術を効果的に利用することで Nearly ZEB を達成できた。今後、本建物において、未評価技術も含め、各技術の効果を検証していくとともに、オフィスとしての使い心地や快適性についても確認していく予定である。

なお、本改修工事は、「2019 年度（平成 31 年度）業務用施設等におけるネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）化・省 CO₂ 促進事業」のうち「ZEB 実現に向けた先進的省エネルギー建築物実証事業」における「『ZEB』・Nearly ZEB 実現に向けた先進的省エネルギー建築物実証事業」（一般社団法人静岡県環境資源協会）に採択され、一般社団法人環境共創イニシアチブが公募する ZEB リーディング・オーナーの認定登録をしている。

【参考文献】

- 1) 内閣府、「エネルギー基本計画」、2014.4
- 2) 経済産業省、「ZEB ロードマップ検討委員会 とりまとめ」、2019.3
- 3) 岩下将也、「建築環境シミュレーション技術を活用したゼロエネルギービルの試設計」、奥村組技術研究年報、No.42、pp.95-100、2016.9
- 4) 国立研究開発法人建築研究所、「建築物のエネルギー消費量計算プログラム（非住宅版）」
<https://building.app.lowenergy.jp/>
- 5) 坊垣和明、有川悦朗、福森幹太、角谷三夫、宮城啓吏、「パッシブリスミング空調における快適性と省エネルギーに関する研究：第 1 報—パッシブリスミング空調が快適性に及ぼす影響に関する実験：夏期実験結果について」、空気調和・衛生工学会論文集、No64、pp.61-71、1997.1