

積雪寒冷地の公共建築物におけるZEBの可能性について

北海道開発局 営繕部 営繕整備課 ○高橋 勸名
酒井 達志

平成26年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」では、2020年までに新築公共建築物でZEB（ゼロ・エネルギー・ビル）を実現することを目指すとされているが、実現には建築設計による空調負荷の抑制や高効率な設備システムの導入等の対応が必要となる。

本報告は、積雪寒冷地に新築される公共建築物のZEBの可能性を検討するものである。

キーワード：ZEB、省エネルギー、積雪寒冷地

1. はじめに

日本のエネルギー消費構成比は運輸部門、家庭部門、業務部門及び産業部門の4部門に分類される（図-1）。4割以上を占める産業部門のエネルギー消費は減少傾向にあるが、業務部門（事務所、店舗、病院、学校等）のエネルギー消費は増加傾向を示している（図-2）。

増加の原因は事務所や小売店等の延床面積が増加したこと、それに伴う空調・照明設備の増加、そしてオフィスのOA化や営業時間の延長と考えられる。

国際情勢の変化によりエネルギー価格が高騰する等、エネルギー事情は厳しく、一層の省エネルギーの推進が求められている。

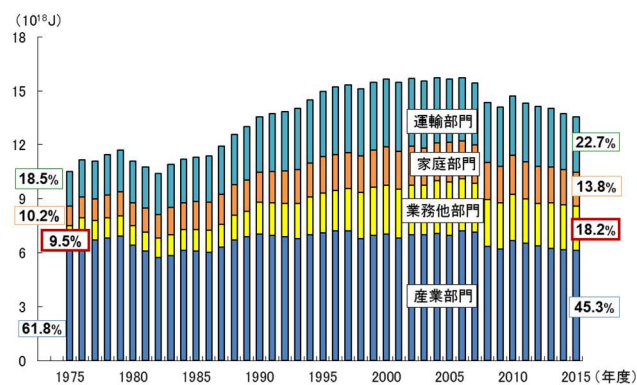


図-1 最終エネルギー消費の構成比推移¹⁾

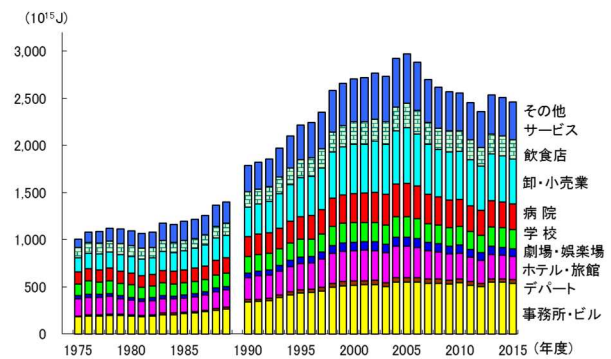


図-2 業務部門のエネルギー消費推移¹⁾

日本でのZEBは、2008年の洞爺湖サミットで国際エネルギー機関(IEA)よりG8各国に対して導入目標の設定が勧告されて、検討が始まった。2014年に閣議決定された「エネルギー基本計画」では、2020年までに新築公共建築物でZEBを実現することを目指すとされている。しかし、積雪寒冷地の新築公共建築物において、どのような技術を用いればZEBが実現可能となるか、解明されていない。

本報告では、北海道開発局営繕部が近年新築した2施設をケーススタディとして、ZEBの可能性についての検討を行った。

2. ZEBとは

ZEBとはZero Energy Buildingの略称である。ZEBロードマップ検討委員会により「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

一化を実現した上で、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⁾と定義されている。

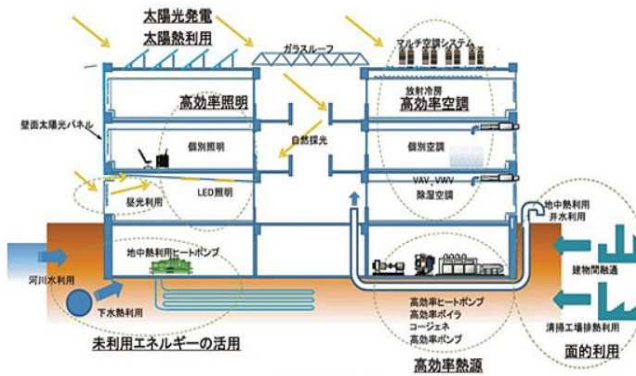


図-3 ZEBのイメージ³⁾

ZEBの対象となる設備は、空調設備、換気設備、照明設備、給湯設備及び昇降機の5設備である。ただし、照明を暗くするとか、暖房の設定温度を低くする等の運用面の努力は、ZEBに反映されない。これは利用者に負担をかけないようにするためである。

ZEBには、ZEB Ready、Nearly ZEB、ZEBの3つの定義があり、以下に定量的な定義(判断基準)を示す。

ZEB Ready : 再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から50%以上の一次エネルギー消費量削減

Nearly ZEB : ZEB Readyに加え、基準一次エネルギー消費量から75%以上100%未満の一次エネルギー消費量(再生可能エネルギーを加えて)削減に適合した建築物

ZEB : ZEB Readyに加え、基準一次エネルギー消費量から100%以上の設計一次エネルギー消費量(再生可能エネルギーを加えて)削減に適合した建築物



図4 ZEBの定量的イメージ⁴⁾

なお、基準一次エネルギーとは平成25年時点での標準的な仕様、設計と定義されており、照明設備の照明器具、照明率、光源光束及び保守率の設定は、「国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監修 建築設備設計基準(平成21年版)」に拠ることとされている。

3. ZEBの評価方法

ZEBは、エネルギー消費性能計算プログラム⁵⁾を用いて計算を行い、設計段階のBEI (Building Energy Index) を指標として評価することとされている。

BEIは、平成25年省エネルギー基準を満たすモデルビルと設計建築物の一次エネルギー消費量の比率であり、次式のようにBEIが0.5以下の場合にZEB (ZEB Ready含む)と判定される。

なお、ZEBの判定には、エネルギー利用効率化設備(太陽光発電等)とその他一次エネルギー消費量は加味されない(図-5)。

$$BEI = \frac{\text{設計一次エネルギー消費量}}{\text{基準一次エネルギー消費量}} \leq 0.50$$

		設計一次エネルギー消費量 [GJ/年MJ/延床㎡年]	基準一次エネルギー消費量 [GJ/年MJ/延床㎡年]
内訳	空調設備	670.75 (565.08)	700.65 (590.27)
	換気設備	164.22 (138.35)	205.65 (173.25)
	照明設備	186.36 (157.42)	357.44 (292.7)
	給湯設備	5.36 (4.51)	2.62 (2.21)
	昇降機	36.00 (30.33)	36.00 (30.33)
	効率化設備	0.00 (0.00)	—
	その他	158.17 (133.25)	158.17 (133.25)
合計		1,221.4 (1,028.98)	1,450.6 (1,222.07)
合計(その他抜き)		1063.2 (895.70)	1292.4 (1,088.10)

本計算結果は、当該建築物が建設される地域区分及び設計内容に、一定の運用スケジュールに基づく設備機器の運転条件等を想定し計算されたもので、実際の運用に伴うエネルギー消費量とは異なります。

4. 判定結果

BPI (PAL*設計値/PAL*基準値)	0.6
BEI (「その他」を除く一次エネ設計値/「その他」を除く一次エネ基準値)	0.83

図-5 BEI計算イメージ

4. 検討方法

北海道開発局営繕部で近年新築した2施設を設計段階、最新設計基準適用、更なる省エネルギー技術を導入した場合について検討した。

5. 検討

(1) A庁舎

a) 建物概要

鉄筋コンクリート造2階建て 延べ床面積 1,195 m²

b) 所在地・工程

北海道網走市、平成23年度設計、平成27年8月竣工



図-6 A庁舎外観

c) 主な環境配慮技術

外断熱工法、断熱サッシ、断熱複層ガラス、LED照明（事務室、廊下、ホール、トイレ等）、照明制御（初期照度補正、昼光利用制御及び在/不在調光制御）、太陽光発電設備、ヒートポンプ空調システム、排気熱交換等

d) 設定条件ごとのBEIの検討

■設計段階

照明設備：Hf蛍光灯（事務室以外の執務室）、LED照明（事務室、廊下、ホール、トイレ等）、照明制御（初期照度補正、昼光利用及び在/不在調光）

空調設備：パッケージ形空気調和機（空冷式）、外気処理ユニット（空冷式）

換気設備：全熱交換ユニット、送風機

給湯設備：電気温水器

昇降機：速度制御方式 VWF

■最新設計基準適用

照明設備：全ての照明をLED照明に変更

他設備は設計段階と同じ

■更なる省エネルギー技術導入

照明設備：事務室他に照明制御（タイムスケジュール）を追加

空調設備：パッケージ形空気調和機（空冷式）を（水冷式地中熱）に変更（外気処理ユニットは変更無し）

換気設備：全熱交換ユニット及び送風機を全てインバーターで制御に変更

昇降機：速度制御方式 VWFに電力回生・ギアレスを追加

表-1 A庁舎のBEIの検討

設定条件	照明設備	空調設備	換気設備	給湯設備	昇降機	BEI
設計段階	<ul style="list-style-type: none"> Hf 蛍光灯(事務室以外の執務室) LED照明(事務室、廊下等) 照明制御(初期照度補正、昼光利用、在/不在調光) (0.54)	<ul style="list-style-type: none"> パッケージ形空気調和機(空冷式) 外気処理ユニット(空冷式) (0.96)	<ul style="list-style-type: none"> 全熱交換ユニット 送風機 (0.80)	<ul style="list-style-type: none"> 電気温水器 (2.05)	<ul style="list-style-type: none"> 速度制御方式:VWF (1.00)	0.83
最新設計基準適用	<ul style="list-style-type: none"> LED照明(全て) 照明制御(初期照度補正、昼光利用、在/不在調光) (0.36)	同上 (0.96)	同上 (0.80)	同上 (2.05)	同上 (1.00)	0.78
更なる省エネルギー技術導入	<ul style="list-style-type: none"> 照明制御(初期照度補正、昼光利用、在/不在調光、タイムスケジュール) (0.33)	<ul style="list-style-type: none"> パッケージ形空気調和機(水冷式地中熱タイプ1) (0.88)	<ul style="list-style-type: none"> 全熱交換ユニット及び送風機を全てインバーター制御 (0.48)	同上 (2.05)	<ul style="list-style-type: none"> 速度制御方式:VWF(電力回生・ギアレス) (0.80)	0.67

※括弧内の数値は各設備毎のBEIを示す。

(2) B庁舎

a)建物概要

鉄筋コンクリート造3階建て 延べ床面積1,266㎡

b)所在地・工程

北海道滝川市、平成20年度設計、平成22年11月竣工



図-7 B庁舎外観

c)主な環境配慮技術

外断熱工法、断熱サッシ、断熱複層ガラス、LED 照明（廊下、ホール、トイレ等）、照明制御（初期照度補正、昼光利用及び在/不在調光）、太陽光発電、ヒートポンプ空調システム、排気熱交換等

d)設定条件ごとのBEIの検討

■設計段階

- 照明設備：Hf蛍光灯（事務室、会議室、倉庫等）、LED照明（廊下、ホール、トイレ等）、照明制御（初期照度補正、昼光利用、在/不在調光及びタイムスケジュール）
- 空調設備：パッケージ形空気調和機（空冷式）、外気処理ユニット（空冷式）
- 換気設備：送風機
- 給湯設備：電気温水器
- 昇降機：速度制御方式 VWF

■最新設計基準段階

- 照明設備：全ての照明をLED照明に変更
- 他設備は設計段階と同じ

■更なる省エネルギー技術導入

- 照明設備：事務室他に照明制御（在/不在感知、タイムスケジュール）を追加
- 空調設備：パッケージ形空気調和機（空冷式）を（水冷式地中熱）に変更（外気処理ユニットは変更無し）
- 換気設備：送風機を全てインバーター制御に変更
- 昇降機：速度制御方式 VWFに電力回生・ギアレスを追加

表-2 B庁舎のBEIの検討

設定条件	照明設備	空調設備	換気設備	給湯設備	昇降機	BEI
設計段階	<ul style="list-style-type: none"> ・Hf 蛍光灯(事務室等) ・LED 照明(廊下等) ・照明制御（初期照度補正、昼光利用、在/不在調光、タイムスケジュール） (0.59)	<ul style="list-style-type: none"> ・パッケージ形空気調和機(空冷式) ・外気処理ユニット(空冷式) (1.29)	<ul style="list-style-type: none"> ・送風機 (0.62)	<ul style="list-style-type: none"> ・電気温水器 (1.83)	<ul style="list-style-type: none"> ・速度制御方式:VWF (1.00)	1.02
最新設計基準適用	<ul style="list-style-type: none"> ・LED 照明(全て) ・照明制御（初期照度補正、昼光利用、在/不在調光、タイムスケジュール） (0.38)	同上 (1.29)	同上 (0.62)	同上 (1.83)	同上 (1.00)	0.95
更なる省エネルギー技術導入	<ul style="list-style-type: none"> ・照明制御（初期照度補正、昼光利用、在/不在調光、タイムスケジュール）(対象範囲の拡大) (0.36)	<ul style="list-style-type: none"> ・パッケージ形空気調和機(水冷式地中熱タイプ1) (1.15)	<ul style="list-style-type: none"> ・送風機を全てインバーター制御 (0.30)	同上 (1.83)	<ul style="list-style-type: none"> ・速度制御方式:VWF（電力回生・ギアレス） (0.80)	0.83

※括弧内の数値は各設備毎のBEIを示す。

6. 検討結果

各設定条件のBEI及び設備ごとの設計一次エネルギー消費量を以下に示す(図-8)。

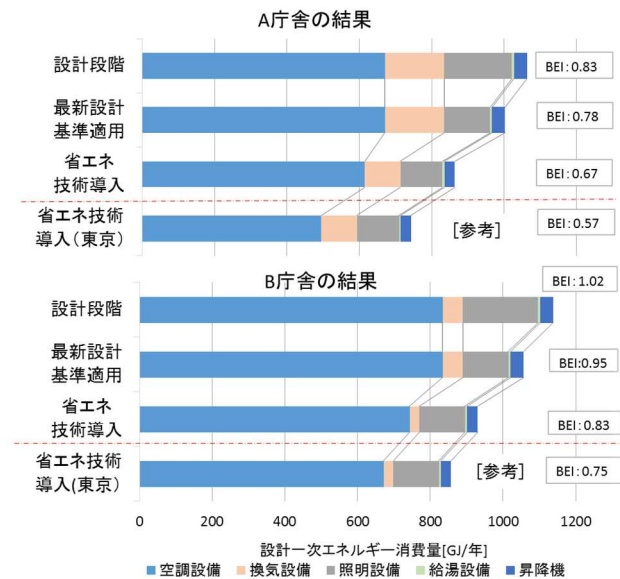


図-8 BEI と設計一次エネルギー消費量

どちらの庁舎においても、現時点で採用可能な省エネルギー技術を全て採用した場合であっても、ZEB Ready を達成することはできなかった。

7. 考察

両庁舎でZEBを達成させるためには、エネルギー消費量で大きな割合を占める空調設備のエネルギー(図-8参照)を更に下げる必要がある。仮に庁舎が東京都(23区)で建設されたとして計算すると、図-8の[参考]に示すように空調設備のエネルギー消費量が大きく減少する。東京では夏場の冷房でのエネルギー消費量が大きく、約40℃の外気を室温28℃にするためには、約12℃下げるためのエネルギーが必要である。

一方、北海道では冬場の暖房でのエネルギー消費量が大きく、約-15℃の外気を室温19℃にするためには、約34℃上げる必要があり、空調設備の容量が増大し、東京よりエネルギー消費量が増加する。このように、エネルギー消費性能プログラムでは東京に比べ、北海道のBEIが下がりづらくなっている。

また図-9は両庁舎の実際のエネルギー消費量を示したものである。プログラムによる算定結果とは異なり、BEIはA庁舎が0.49、B庁舎が0.50であった。

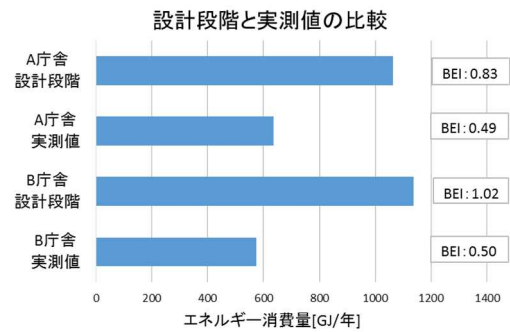


図-9 設計段階と実測値の比較

計算値と実際の消費量の違いの要因の一つとして、プログラムの地域区分が考えられる。プログラムでの地域区分は、東京都で4区分、北海道で3区分となっている。広大な北海道では、内陸部と沿岸部での気象条件はかなり異なり、沿岸部でも日本海側、太平洋側、オホーツク海側では気象条件がそれぞれ異なっている。プログラムにその地域の気象条件を入力できる柔軟性がないと実情を反映した結果とならない。

実質的なZEBの評価が可能となる算定プログラムや適切な運用によって削減されるエネルギー消費量も考慮できる仕組みが望まれる。また、省エネルギー技術は日々進展しているため、技術の進展にあわせて弾力的なプログラムの改良も望まれる。

8. おわりに

ZEBを達成するためには、当該施設において最適な省エネルギー技術を採用することと、負荷の抑制対策を統合的に検討することが必須と考えられる。しかし、これらの整備にはイニシャルコストが増大するため、企画段階から必要なコストを見込み、予算を確保する必要がある。また、負荷を抑制するためには、周辺環境や室内環境を適切に保ち、自然エネルギーを活用するといった対策が必要であり、敷地に特有な気象条件を考慮した建物配置や建築計画を行うことで空調負荷を抑制する必要がある。

参考文献

- 1) 経済産業省：エネルギー白書2016
- 2) ZEBロードマップフォローアップ委員会：ZEB設計ガイドライン
- 3) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：ZEB・ZEHの最新動向の調査分析ならびに普及に向けた取り組みに関する検討(成果報告会)
- 4) 環境共創イニシアチブ：ZEBのすすめ(事務所編)
- 5) 国立研究開発法人建築研究所：エネルギー消費性能プログラム