

# ZEBの デザイン メソッド

Design Method of  
Net Zero Energy Building

公益社団法人  
空気調和・衛生工学会 編

技報堂出版

## はじめに——省エネルギー建築からネット・ゼロ・エネルギー建築(ZEB)へ

日本の伝統的な家屋には、「夏のしつらえ」、「冬のしつらえ」というものがある。夏は、簾戸によって風通しを確保し、冬は障子や襖によって断熱性を高める。簾は朝夕の日射を遮る役割が、障子には光を拡散させて室内に取り込む役割がある。また、建物の形状や自然に生じる温度差を利用して通風力を高める工夫も随所に見られる。京町家に見られる奥庭と中庭との温度差を利用した自然通風のしくみはその代表的なものである。これらはいずれも、エネルギーに多くを頼ることなく、夏を涼しく、冬を温かく、快適に過ごすための先人たちの知恵と工夫の結晶であり、今日我々が、持続可能な都市や建築における省エネルギーを考えるうえでの重要な示唆を与えてくれる。

日本の近代建築においても、自然換気や自然採光といった省エネルギー手法は重要なデザイン要素であり続けてきた。しかし、高度経済成長期を経て、電力需要の増大、冷房負荷の増大などによって、しだいに空調や照明の化石エネルギーへの依存が高まり、日本のエネルギー需要の30%以上が住宅およびビルの空調や照明で消費されるようになってきた。その結果、資源の枯渇や地球温暖化、都市のヒートアイランド化など、深刻な問題が引き起こされている。

1970年代のオイルショック以後、「省エネルギー建築」、「環境共生建築」、「グリーンビルディング」等、呼び方はさまざまであるが、一貫して、エネルギー資源保護と地球温暖化防止をうたった建築の取り組みが継続されてきた。とくに1997年の地球温暖化防止条約(COP3)以後、持続可能な都市、社会の実現のために、建築レベルでの取り組みがきわめて重要であるという認識が強くなり、さまざまな「低炭素型建築」や「サステナブル建築」の取り組みがなされるようになった。とくに2000年以降、太陽光発電システムの技術

研究開発の進展に伴い、省エネルギー建築に太陽光発電システムを組み合わせ、建築物の更なる省エネルギー化をはかる試みがなされるようになった。

このような背景のもと、2008年の経済対策閣僚会議合同会議において、「建築物のゼロ・エミッション化」が議論され、それを受けて経済産業省の「ZEB(ゼロ・エネルギー・ビル)の実現と展開に関する研究会」<sup>1)</sup>が発足し、日本における建築物のゼロ・エネルギー化に向けての取り組みが開始された。さらに、2011年の東日本大震災での原子力発電所停止に伴う電力供給力不足、計画停電や節電要請等は、化石エネルギーや原子力エネルギーに依存してきた日本のエネルギー供給構造の問題を浮き彫りにし、日本のエネルギー構造の根本的な見直しが迫られる結果となった。代替エネルギーとして、太陽光や地熱などの再生可能エネルギーが注目され、再生可能エネルギーによって日本のエネルギー自給率を向上させることが、今後のわが国の課題であるということが、広く認識されるようになった。また、これまで以上に災害に強い建築計画やまちづくりが求められ、再生可能エネルギーによる持続可能な低炭素都市づくりが強く要望されるようになり、その基盤となるZEB(ゼロ・エネルギー・ビル)の早期実現が期待されるようになった。2014年4月に閣議決定された政府の「エネルギー基本計画」において、「2020年度までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEBを実現することを目指す」という政策目標がうたわれた。

一方、公益社団法人 空気調和・衛生工学会では、2012年の21世紀ビジョンの中で、2030年までの「ZEB化技術の確立」、2050年までの「関連分野のゼロ・エネルギー化完全移行」への圧倒的な寄与を重要テーマと位置づけ、ZEB定義検討小委

員会を設立，ZEBの定義や評価方法について，国内外の動向を踏まえた議論，検討を重ね，2015年9月にガイドライン（SHASE-G 0017-2015）としてとりまとめられた。この定義と評価方法は，その後発足した経済産業省のZEBロードマップ検討委員会<sup>2)</sup>，ZEBロードマップフォローアップ委員会<sup>3)</sup>において，その基本的な考え方が踏襲され，国のZEBの定義・評価方法として確立されるとともに，具体的な施策に用いられている。

ZEB定義検討小委員会は，その後，ZEB実現可能性検討小委員会（2015～2016年度），ZEB計画指針検討小委員会（2017～2018年度）と活動を継続し，国内外のZEBベストプラクティス調査，定義・評価方法の拡充，デザインメソッドの整理

等を行ってきた。本書はそれらの成果を体系的に整理し，デザインメソッドとしてとりまとめ，発刊に至ったものである。建物オーナーや設計者をはじめとするZEBを実現しようという建設関係者や建築・エネルギー関係の教育・研究に携わる学識者のガイドライン的な書となれば幸いである。

#### 【参考・引用文献】

- 1) ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の実現と展開について～2030年でのZEB達成に向けて～，ZEBの実現と展開に関する研究会，2009.11
- 2) ZEBロードマップ検討委員会とりまとめ(案)，経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー対策課，2015.11
- 3) ZEBロードマップフォローアップ検討委員会とりまとめ(案)，経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー対策課，2018.3



公益社団法人 空気調和・衛生工学会

出版委員会 ZEB のデザインメソッド編集小委員会

主査 丹羽 英治

空気調和設備委員会 ZEB 計画指針検討小委員会

主査 丹羽 英治

幹事 竹部 友久 尹 奎 英

委員 鵜飼真貴子 大岡 龍三 大和田 淳 奥宮 正哉 木虎 久隆

木村 員久 倉 渕 隆 坂井 友香 笹本 太郎 佐藤 孝輔

清 水 洋 田中 拓也 田辺 新一 富樫 英介 中川 優一

野部 達夫 山 川 智 和田 一樹

執筆者一覧（五十音順）

植田 俊克	新菱冷熱工（株）
鵜飼真貴子	名古屋大学
大岡 龍三	東京大学生産技術研究所
大和田 淳	鹿島建設（株）
奥宮 正哉	名古屋大学
木虎 久隆	関西電力（株）
木村 員久	（株）大林組
倉 渕 隆	東京理科大学
坂井 友香	（株）日建設計総合研究所
笹本 太郎	東京ガス（株）
佐藤 孝輔	（株）日建設計
清 水 洋	清水建設（株）
竹部 友久	（株）日本設計
田中 拓也	大成建設（株）
田辺 新一	早稲田大学
富樫 英介	工学院大学
中川 優一	（株）日本設計
丹羽 英治	（株）日建設計総合研究所
野部 達夫	工学院大学
山 川 智	東京電力エナジーパートナー（株）
山本 雄三	日本ファシリティ・ソリューション（株）
尹 奎 英	名古屋市立大学
米 澤 仁	高砂熱学工業（株）
和田 一樹	（株）竹中工務店
渡邊美奈子	新日本空調（株）

# 目 次

<b>第 1 章 ZEB の動向</b>	<b>1</b>
1.1 米国の建築物省エネルギーと ZEB の動向	2
1.1.1 エネルギー・スター	2
1.1.2 2006 年の NREL の定義	2
1.1.3 2010 年の NREL の定義	2
1.1.4 DOE の定義	3
1.1.5 LEED	3
1.1.6 単体建築物からエリアへ	3
1.2 英国の動向	4
1.2.1 英国の ZEB に関する動向	4
1.2.2 英国の ZEB 定義とその変遷	5
1.2.3 ゼロカーボンに向けた戦略とみなし削減	6
1.2.4 おわりに	6
1.3 EU 諸国の動向	7
1.3.1 はじめに	7
1.3.2 EU 諸国のエネルギー事情	7
1.3.3 EU の省エネルギー政策	7
1.3.4 EPBD 改訂とゼロ・エネルギー・ビル	7
1.3.5 REHVA におけるゼロ・エネルギー・ビルの定義	8
1.3.6 REHVA による再生可能エネルギー利用率の提案	9
1.3.7 EU 諸国における ZEB の実例	10
1.4 アジア諸国の動向	11
1.4.1 中国の動向	11
1.4.2 韓国の動向	12
1.4.3 東南アジア諸国の動向	13
1.5 日本の動向	15
1.5.1 ZEB 普及推進の背景	15
1.5.2 ZEB 普及のための各種施策	15
1.5.3 ZEB 実証事業	17
1.5.4 今後の課題	18

<b>第2章 ZEBの定義と評価方法</b>	19
2.1 ZEBの意義	20
2.1.1 ZEB化の目的・意義, 波及効果	20
2.1.2 ZEB化の目標時期	20
2.1.3 ZEB化の対象建築物	20
2.2 ZEBの定義	20
2.2.1 定性的な定義	20
2.2.2 定量的な定義	20
2.2.3 境界条件	21
2.3 ZEBの評価方法	21
2.3.1 評価指標	21
2.3.2 評価期間, 評価時間	22
2.3.3 配送(外部から供給された)エネルギーの扱い	22
2.3.4 逆送(外部へ供給した)エネルギーの扱い	22
2.4 ZEBの評価基準	22
2.4.1 室内環境の評価基準	22
2.4.2 ネット・エネルギー量の評価基準	22
2.4.3 再生可能エネルギーの供給方法によるZEBの分類	23
コラム ESG投資とZEB	23
<b>第3章 ZEBのデザインメソッド</b>	25
3.1 ZEBへのアプローチ	26
3.1.1 アプローチの考え方	26
3.1.2 二次側×一次側の省エネルギー効果	26
3.1.3 デザインプロセスとデザインメソッド	26
3.2 屋外環境を適正化する	28
3.2.1 建物配置の適正化	28
3.2.2 外構計画の適正化	30
3.3 屋内環境を適正化する	31
3.3.1 ワークプレイスの適正化	31
3.3.2 温熱環境の適正化	33
コラム 「ZEB」と「WELL」	35
3.3.3 光環境の適正化	36
3.4 負荷を抑制する	39
3.4.1 日射の遮蔽	39
コラム 昼光利用と知的生産性	43
3.4.2 外皮の断熱強化	44
3.4.3 内部発熱の実態把握	46

3.4.4	外気負荷の低減	48
3.4.5	すきま風の防止	49
	コラム 打ち水の知恵, 細霧冷房システム	49
3.5	自然エネルギーを利用する	50
3.5.1	昼光利用(自然採光)	50
3.5.2	自然換気	55
3.5.3	地中熱の利用(クール/ヒートチューブ)	60
3.5.4	太陽熱の利用	64
3.6	未利用エネルギーを活用する	66
3.6.1	温度差エネルギー	66
3.6.2	排熱の活用	69
3.7	設備・システムの高効率化をはかる	71
3.7.1	照明システムの高効率化	71
3.7.2	放射空調システム	74
3.7.3	デシカント空調システム	77
3.7.4	個別分散空調システムの高効率化	80
	コラム コージェネレーションシステムの動向	82
3.7.5	高効率ヒートポンプと蓄熱システム	83
3.7.6	高効率吸収式冷凍機	87
3.7.7	蓄電システム	90
3.7.8	自動制御による省エネルギーシステム	94
3.7.9	IoT/AI の活用	99
3.8	再生可能エネルギーを導入する	101
3.8.1	太陽光発電	101
3.8.2	バイオマス	104
3.8.3	オフサイト再生可能エネルギー	106
3.9	エネルギーマネジメントを実施する	107
3.9.1	BEMS の活用	107
3.9.2	ライフサイクルエネルギーマネジメントの実施	109
3.9.3	エネルギーの見える化	111
3.9.4	スマートエネルギーシステム	113
<b>第4章 ZEB の先進事例</b>		<b>115</b>
4.1	先進事例の概要	116
4.2	雲南市役所新庁舎——地域の歴史・風土・資源を活かした ZEB 庁舎	118
4.3	清水建設本社ビル——持続可能な社会に貢献する都市型超環境オフィス	122
4.4	大成建設 ZEB 実証棟——都市型 ZEB の実現に向けたパイロットプロジェクト	126
4.5	KT ビル——都市型中規模オフィスの汎用型 ZEB モデルの実践	130

4.6	竹中工務店東関東支店——稼働オフィスビルの ZEB 改修	134
4.7	大林組技術研究所本館——高い知的生産性と ZEB を両立させたオフィス	138
4.8	東京大学 21KOMCEE ——大学発 ZEB	142
4.9	ダイキン・テクノロジー・イノベーションセンター ——機器製造・開発の実践の場としての進化・普及型 ZEB	146
4.10	関西電力南大阪営業所——個別空調最適制御を用いた中規模 ZEB オフィス	150
4.11	東京ガス立川ビル——再生可能エネルギーとガスシステムの親和型 ZEB	154
4.12	三建設備工業つくばみらい技術センター ——太陽と風と大地，身近な自然と共生する ZEB	158
4.13	エネフィス九州——光と空気と水をデザインした ZEB オフィス	160
4.14	新日本空調工学センター ——省エネ・創エネ技術の効果を実証する ZEB 改修オフィス	162
4.15	新菱冷熱工業本社ビル——省エネで快適な執務環境を目指した ZEB 改修	164
4.16	秋田市新庁舎——冬に強く季節の変化にも上手につきあう ZEB 庁舎	166
4.17	生長の家“森の中のオフィス”	170
4.18	大成札幌ビル——寒冷地における既存ビルの ZEB 化	174
<b>第 5 章 ZEB の展望</b>		179
5.1	ZEB の位置づけ	180
5.1.1	省エネ建築との違い	180
5.1.2	ZEB の貢献先	180
5.2	産業としての ZEB	180
5.2.1	オートクチュール空調の疲弊	180
5.2.2	評価の不在	180
5.2.3	空調のコンフェクションモデル	181
5.2.4	コンフェクション構築の効能	181
5.2.5	オートクチュールとの相乗効果	181
5.3	全体最適化	182
5.4	技術の継承	182



# 第 1 章 ZEBの動向

# 1.1 米国の建築物省エネルギーとZEBの動向

## 1.1.1 エネルギー・スター

日本の建築物に比較すると面積当たりの年間一次エネルギー消費量原単位は大きいですが、米国でも省エネ努力が行われていない訳ではない。ベンチマークを利用して実際のエネルギー消費量を標準化して、上位25%に入った建物に与えられるエネルギー・スターは近年取得数が増えている。取得した年も表示されるため繰り返しの取得も多い。米国EPAは、このプログラムにより、2016年に企業や組織は約100億ドルのエネルギー費を節約し、1992年以来累積エネルギー費を1500億ドル以上節約したとしている。2017年には9500以上の建物がエネルギー・スターを取得し、合計で32000を超えた。平均して、エネルギー・スター認定建物は、全国の典型的な建物よりも35%エネルギー消費量が少ない。調査結果によると、認定建物は、販売価格と賃貸料で最高16%のプレミアムがあるとしている。ベンチマークには、商業建物エネルギー消費量調査(CBECS: Commercial Buildings Energy Consumption Survey)が利用されている。上位25%に入らずエネルギー・スターを取得できなくても1~100で点数化され、その建物の省エネ性が評価できる。2017年末現在、26の地方自治体と2つの州は、採点を行うためのツールとしてENERGY STAR Portfolio Managerツールを用いている。カリフォルニア州では同様の制度を条例として適用している。

また、カリフォルニア州では、2013年4月に新たな省エネ基準を適用し、基準を満たしていない場合には、住宅・建築物の建設・使用許可が下りなくなっている。省エネ基準は3年ごとに改訂されることになっている。さらに、2020年までにすべて



図 1.1-1 米国エネルギー・スター認証

の新築住宅、2025年までに政府系建物、2030年までにすべての商業ビルのZEBを目標としている。

## 1.1.2 2006年のNRELの定義

2006年1月に国立再生可能エネルギー研究所(NREL)が発表した“Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition”(ZEB定義の明確化)<sup>1)</sup>がZEBの動きに先導的な役割を与えた。二次エネルギー消費量、一次エネルギー消費量に加えて温室効果ガス、コストによる評価を行っている。

表 1.1-1 NRELにおけるZEBの評価

定義	
Site	二次エネルギー評価(例:電気)
Source	一次エネルギー評価
Cost	コスト評価
Emission	温室効果ガス換算

## 1.1.3 2010年のNRELの定義<sup>2)</sup>

ZEBをA~Dに分類した定義で、日本でも多くの人がこの定義を用いている。比較的受け入れやすい定義である。

**ZEB-A:** 省エネと建築物の再生可能エネルギーによりZEBを達成する。単体建築物の完全なZEB。

**ZEB-B:** 省エネと敷地内の再生可能エネルギーによりZEBを達成する。

**ZEB-C:** 建築物および敷地内に加えて、オフサイトの再生可能資源を現場に持ち込むことを可

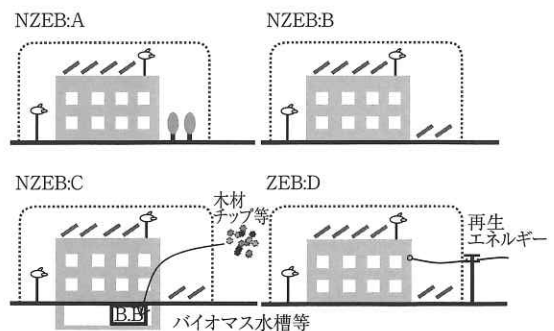


図 1.1-2 NRELのZEB定義(堀川)

能としている。具体的には木質チップなどのバイオマスの利用が考えられる。

ZEB-D：A から C の定義に加えて太陽光や風力のオフサイトの再生エネルギーを利用して ZEB を達成する。

## 1.1.4 DOE の定義

2015 年 9 月 16 日に米国エネルギー省 (DOE) が ZEB の定義に関する文章を公表した<sup>3)</sup>。その定義では、「An energy-efficient building where, on a source energy basis, the actual annual delivered energy is less than or equal to the on-site renewable exported energy.」とされている。和訳すると「省エネルギー建築であり、実際に外から供給されるエネルギーが境界内での再生可能エネルギーが外部に供給されるエネルギーと等価か低くなる状態であること。」と定義されている。また、DOE の定義では net (正味) という言葉は極力避けたと記述されている。

建物だけではなく、Zero Energy Campus (ゼロ・エネルギーキャンパス)、Zero Energy Portfolio (ゼロ・エネルギーポートフォリオ)、Zero Energy Community (ゼロ・エネルギーコミュニティ) に関しても定義が行われている。また、欧州や日本の定義とは異なり、OA 機器に関しては含むとしている。産業界から ZEB Ready などの緩和した ZEB の広義の定義を定めて欲しいとの要望があったが、まずは (完全) ZEB の定義を定めてから、これらに拡張を行っていくとの考えの

ようである。原単位に関しては、全国的に統一した値を一覧表として示している。

一方、Olesen によれば、ASHRAE (米国暖房冷凍空調学会) では建物の消費エネルギーが可視化されることから省エネと再生可能エネルギー

を用いた NREL 形の定義を支持する考えが多いとのことである。

## 1.1.5 LEED

2018 年 11 月に米グリーンビジネス協議会 (USGBC) は、脱炭素、エネルギー、水、または廃棄物に関する新しい認証制度について発表した<sup>4)</sup>。これを達成するためには、建物は、建築設計と建設のための LEED (BD+C：建物設計と建設、デザインとコンストラクション) または既存建物の LEED (EBOM：既存ビルのオペレーションとメンテナンス) のいずれかの認定を受けなければならない。所有者は、1 年分の運用データを示して、ネットゼロ状態が認証機関のよって確認されることになるかと予想されている。採点方法の詳細についてはまだ検討中であるとしている。例えば、オフサイトの再生可能エネルギーが許容されるかどうかは、まだ明確ではない。

## 1.1.6 単体建築物からエリアへ

ASHRAE 前会長の Hayter 博士は、NREL の研究員であるが、New Energy Future という論文<sup>5)</sup> を 2018 年に公表している。単体の ZEB から配送電網 (グリッド) を通じた省エネと ZEB かが重要であると述べている。変動が大きい再生可能エネルギーを有効に利用するためには、建築物もグリッドに対応するものではないと述べている。

### 【参考文献】

- 1) NREL: "Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition" 2006 年 1 月
- 2) Shanti Pless and Paul Torcellini, Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options Technical Report, NREL/TP-550-44586 June 2010
- 3) Prepared for the U.S. Department of Energy by The National Institute of Building Sciences, A Common Definition for Zero Energy Buildings, September 2015
- 4) <https://www.buildinggreen.com/newsbrief/net-zero-certification-usgbc>
- 5) ASHRAE, New Energy Future, [https://www.ashrae.org/File%20Library/About/Leadership/new\\_energy\\_future\\_web\\_061518.pdf](https://www.ashrae.org/File%20Library/About/Leadership/new_energy_future_web_061518.pdf)

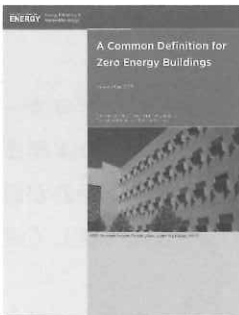


図 1.1-3 DOE の ZEB 定義 (2015)

ZEBのデザインメソッド

定価はカバーに表示してあります。

2019年9月20日 1版1刷発行

ISBN 978-4-7655-2613-5 C3052

編 集 公益社団法人 空気調和・衛生工学会  
発 行 者 長 滋 彦  
発 行 所 技報堂出版株式会社

日本書籍出版協会会員  
自然科学書協会会員  
土木・建築書協会会員

〒101-0051  
電 話

東京都千代田区神田神保町1-2-5  
営 業 (03)(5217)0885  
編 集 (03)(5217)0881

F A X  
振 替 口 座  
U R L

00140-4-10  
<http://gihodobooks.jp/>

Printed in Japan

装幀：高砂 航

印刷・製本：愛 甲 社

© The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, 2019

落丁・乱丁はお取り替えいたします。

**JCOPY** <(社)出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構(電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, E-mail: info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。