

世界のZEBからみた 日本のZEB化への道

2016年6月17日
 14:30～15:30
 千葉大学 川瀬 貴晴

内容

- 世界のZEB
- 日本のZEB化への道
 - 再生可能エネルギー
 - 階数
 - エネルギー消費量原単位
 - 機能・性能
 - 監視・制御の在り方
 - コスト
 - 検証
 - 設計
 - 基準・規制

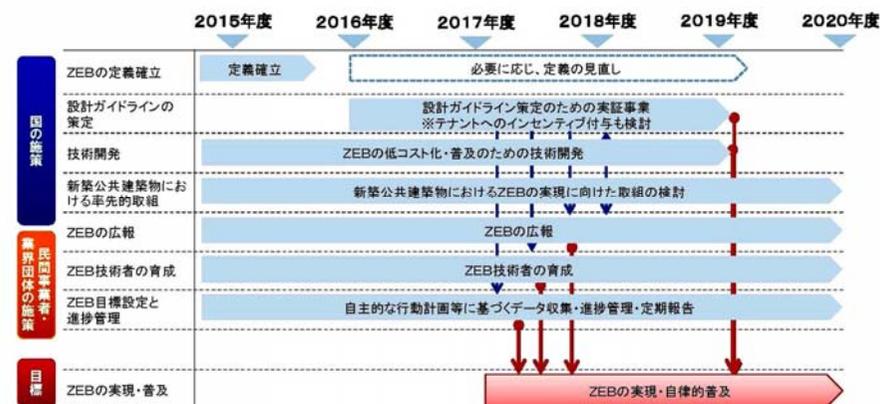
2014年エネルギー基本計画

平成26年4月11日閣議決定

建築物については、
 2020年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(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)**を実現することを目指す。

住宅については、
 2020年までに標準的な新築住宅で、**2030年までに新築住宅の平均でZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)**の実現を目指す。

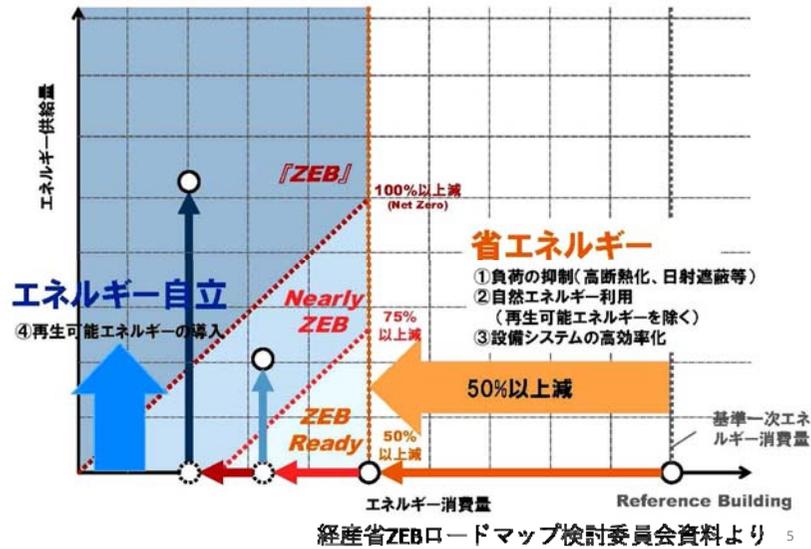
ZEB実現・普及に向けたロードマップ



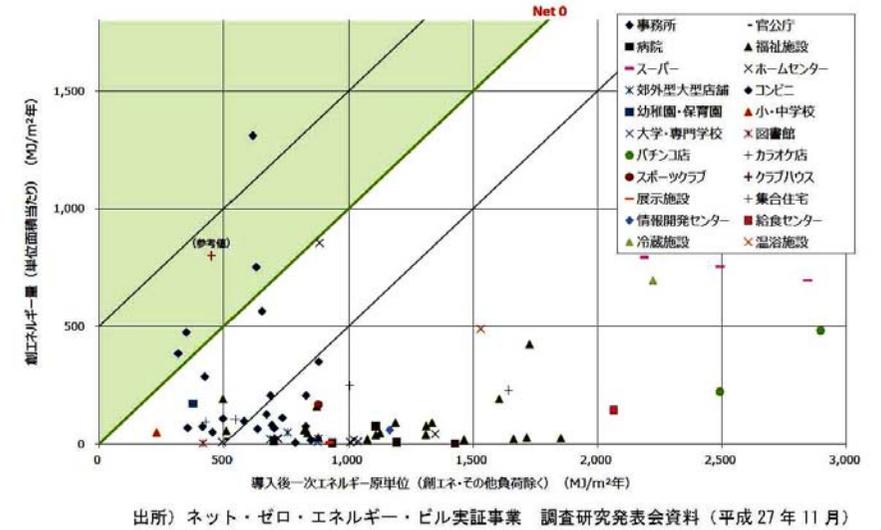
経産省ZEBロードマップ検討委員会資料より

ZEBの定義

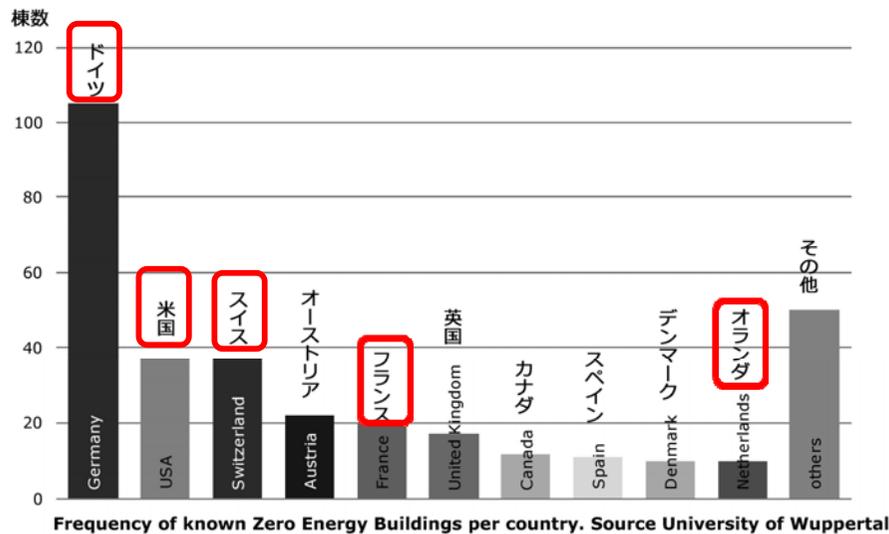
一次エネルギー消費量の対象は平成25年省エネルギー基準で定められる空調設備、空調設備以外の機械換気設備、照明設備、給湯設備及び昇降機とする（「その他一次エネルギー消費量」は除く）。また、一次エネルギー消費量は運用時ではなく設計時で評価する。



日本のZEBの現状



世界のZEB建設件数



米国のZEB



1. Aldo Leopold Legacy Center
2. Audubon Center at Debs Park
3. Challengers Tennis Club
4. Environmental Tech. Center, Sonoma State
5. Hawaii Gateway Energy Center
6. IDEAs Z2 Design Facility
7. Oberlin College Lewis Center
8. Science House
9. TB Bank-Cypress Creek Store

米国 RSF (Research Support Facility) ／NREL (National Renewable Energy Laboratory)

場所:コロラド州デンバー近郊

用途: 研究所

階数、延床面積: 4階(3階部分も有)、

太陽光発電能力: 1.67MW(建物設置は約450kW)

規模: 20624㎡

竣工: 2010年8月

在館人数: 825人

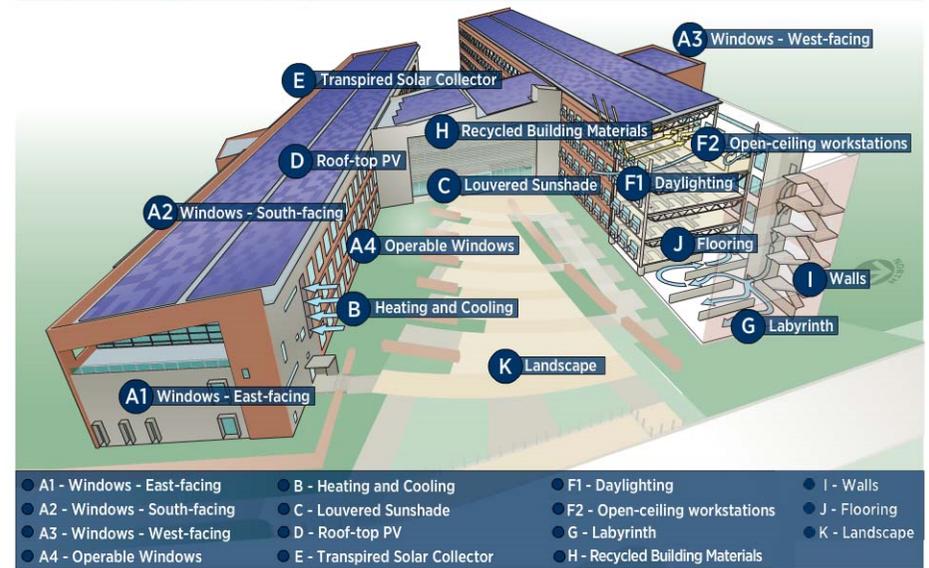
二次エネルギー消費量(予想)

: 398MJ/㎡・年

(従来オフィスの1/3)



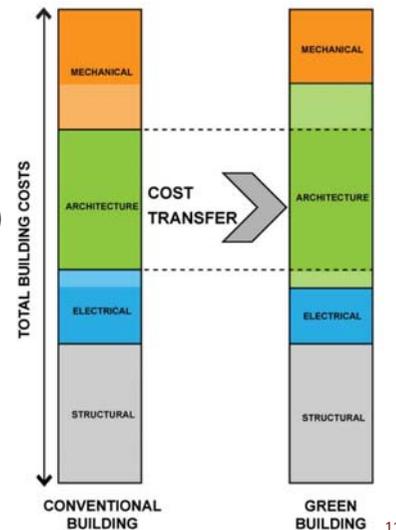
Research Support Facility



米国NRELビル：コスト配分の考え方

M&Eから建築へ

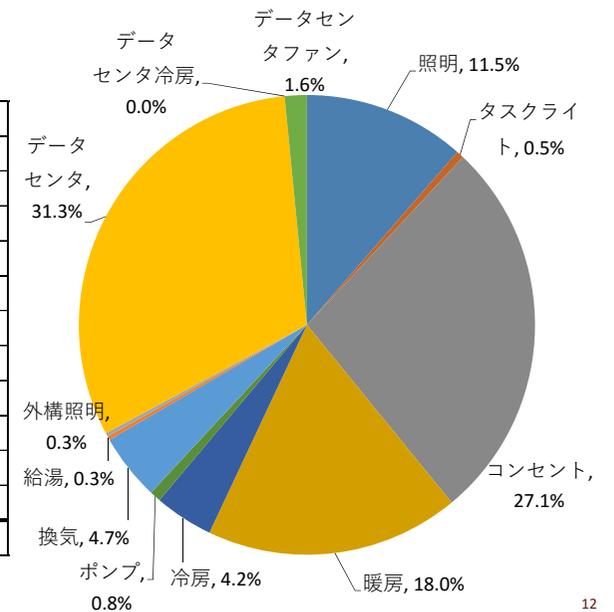
- ・全体コストは同じ
- ・M&Eコストは削減
- ・建築、計画、モデリングへの投資
- ・アクティブからパッシブへ
- ・脆弱から強靱へ (Fragile to Robust)
- ・長寿命
- ・ライフサイクルコスト削減
- ・簡素



年間エネルギー消費量計画値

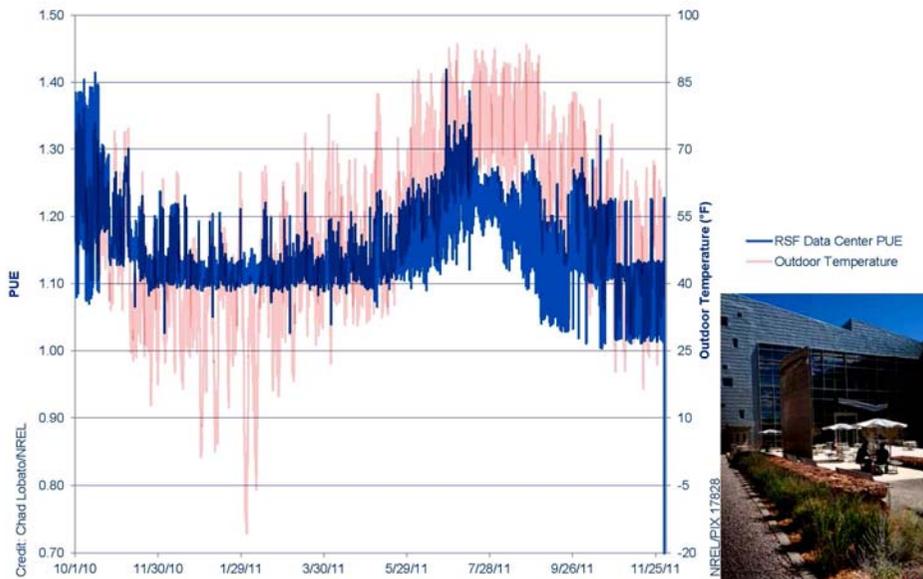
二次エネルギー消費量 (MJ/㎡・年)

照明	44
タスクライト	2
コンセント	104
暖房	69
冷房	16
ポンプ	3
換気	18
給湯	1
外構照明	1
データセンタ	120
データセンタ冷房	0
データセンタファン	6
合計	384



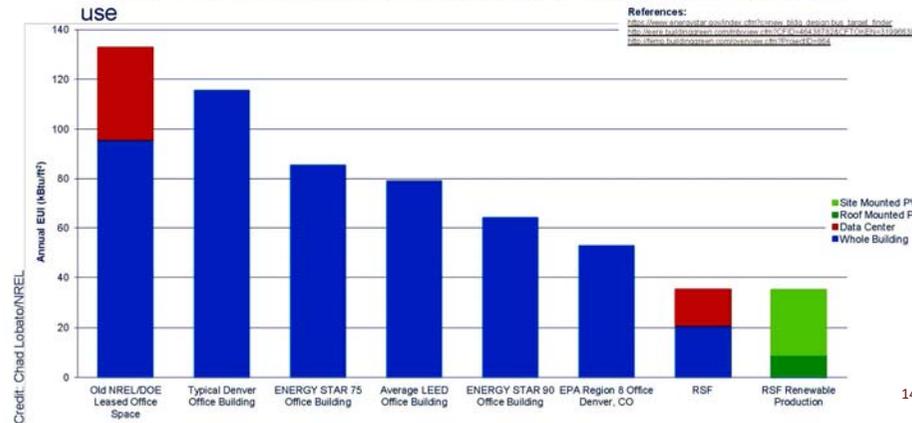
Data Center PUE

(Power Usage Effectiveness)



Energy Efficiency Design Requirements

- 25 kBtu/ft²/yr for standard office space occupant density and data center loads
 - Demand side energy use goal, not including renewables
 - Normalized up to 35.1 kBtu/ft²/yr for better space efficiency and to account for full data center load
- On site renewables sized to offset site energy use to reach net zero annual use



東,東南アジアのZEB



韓国: 国立環境研究院

台湾台南; MSGT (Magic School of Green ecology)

マレーシア: ZEO

シンガポール: 建設局 (Zero Energy Building)

韓国

- 名称: 気候変化研究棟
- 発注者: 国立環境研究院 (韓国環境省傘下機関)
- 場所: 韓国、仁川市
- 面積: 2500m²
- 竣工: 2011年4月
- 工費: 8億9千万ウォン (約6億2千万円)
- 用途: 研究施設
- PV規模: 1260m²、発電量460kWh /日



国立環境研究院 気候変化研究棟

■ BEMSと見える化

◇BEMS

- ・1階管理室に設置したBEMSにより常時エネルギーモニタリング

◇個別モニター

- ・各研究室には個別モニター設置
 - ①当日、前日、前々日の消費電力表示画面
 - ②月別の電灯、空調エネルギー消費及び当該研究室のエネルギー消費の全体に占める割合を表示



台湾

名称:MSGT(Magic School of Green ecology)

場所、用途:台南、学校・オフィス

階数、延床面積:4階、4,799㎡

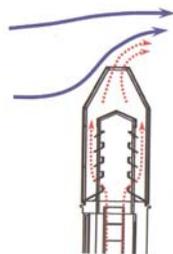
太陽光発電:17.6kW

その他:LEEDプラチナ取得、エミッションZEB



表3 アジア六都市におけるシーリングファン通風と冷暖房期間のシミュレーション

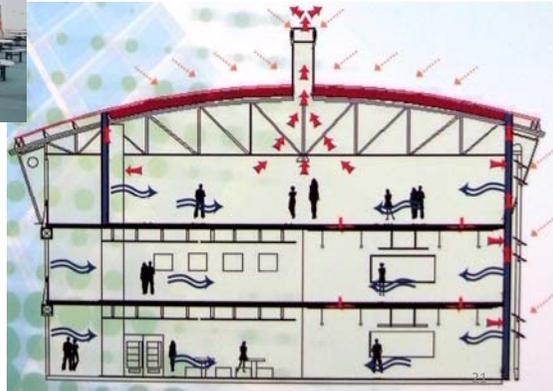
都市	緯度	暖房期間 (<15℃)		自然通風可能な期間 (15℃~26℃)		機械 通風可能な期間 (26℃~29℃)		冷房期間 (>29℃)	
		hours	%	hours	%	hours	%	hours	%
北京	39° 54' N	4,792	54.70	2,979	34.01	628	7.17	361	4.12
東京	35° 42' N	4,095	46.75	3,663	41.82	609	6.95	393	4.49
上海	31° 11' N	3,861	44.08	3,220	36.76	1,066	12.17	613	7.00
台北	25° 03' N	673	7.68	4,899	55.92	1,737	19.83	1,451	16.56
シンカポール	1° 29' S	0	0.00	3,275	37.39	3,945	45.03	1,540	17.58



シンガポール



名称: Zero Energy Building (BCA Academy)
 発注者: シンガポール建設局
 場所: Braddell Road Campus, Singapore
 面積: 4500㎡
 竣工: 2009年10月
 工費: 1100万シンガポールドル(約6億8000万円)
 用途: 政府事務所+大学施設
 PV規模: 1540㎡、年間発電量20.7万kWh



大面積の太陽電池 (PV) の設置



- 合計1,540㎡のPV (最大出力190kW) を
屋根・ファサード・駐車場上部などに設置
- BCAの電力供給グリッドに送電
- 発電量は年間207MWh
- シリコンウェハー型 (単結晶、多結晶)、
薄膜型 (アモルファス)、ノンシリコン型
(CIGS)、ハイブリッド型 (HIT Double) など

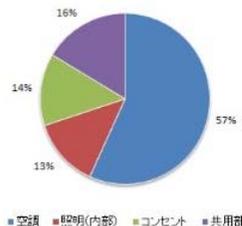


ANNUAL ENERGY USE

	Total	Intensity
Electricity Consumption	183 MWh	41 kWh/sq.m.
	日本の換算係数を使うと(408MJ/㎡)	
Renewable Energy Production	203 MWh	45 kWh/sq.m
Carbon Emissions from Imported Energy, 2009	0.48 kg CO ₂ /kWh	N/A

ENERGY END-USE REQUIREMENTS

Air Conditioning	104 MWhr
Building Internal Lighting	24 MWhr
Building Internal Plug Loads	25 MWhr
Common Area Lighting and Power	30 MWhr



ヨーロッパのZEB



フランス

建物名称: ELITHIS Tower
建築主: ELITHIS Groupe
建築場所: ディジョン
延床面積: 5,000m²
建物構成: 地上10階
建物用途: 事務所、店舗
竣工年月: 2009年3月
備考:



年間エネルギー消費量348.8MJ/m²・年
年間創エネルギー量144.7MJ/m²年
(世界で一番早く完成したPEBと言っている)

25

プロジェクトの流れ

コンセプトをエンジニアから
デザイナーへ伝達

- Project's birth
- Research & developement (R&D)
- Conception ideas
- Architectural program and design
- Clean technologies recommendations
- Competitiveness
- Building / Construction
- Delivery
- Production management
- Usage follow-up



26

フランス

建物名称: Green Office Meudon
建築主: Bouygues Immobilier
建築場所: パリ郊外
延床面積: 23,200m²
建物構成: 地上8階、地下3階
建物用途: 事務所、駐車場(地下)
竣工年月: 2011年7月
備考: フランス初めてのPEB

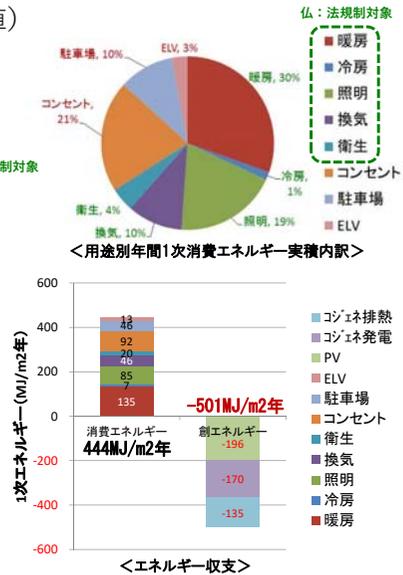


27

28

■ 年間エネルギー消費量と収支（実績値）

項目	2次エネルギー		1次エネルギー	
	(kWh/m2年)	(kWh/m2年)	(MJ/m2年)	(MJ/m2年)
暖房	37.5	37.5	135	
冷房	0.7	1.8	7	
照明	9.2	23.7	85	
換気	5.0	12.9	46	
衛生	2.1	5.4	20	
コンセント	9.9	25.5	92	
駐車場	5.0	12.9	46	
ELV	1.4	3.6	13	
合計	70.8	123.4	444	
創エネルギー				
PV	21.1	54.4	196	
CGS発電	18.3	47.2	170	
CGS排熱	37.5	37.5	135	
合計	76.9	139.1	501	



*1次エネルギー換算係数：暖房、CGS排熱=1、その他は電気=2.58として換算

フランス

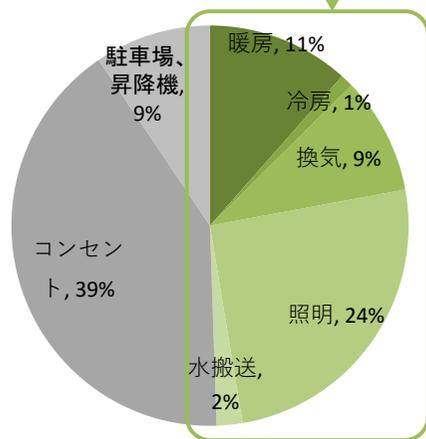
建物名称: Woopa
 建築主 : Woopa組合
 建築場所: リヨン郊外
 延床面積: 20,500m²
 建物構成: 地上7階、地下2階
 建物用途: 事務所、店舗、駐車場
 竣工年月: 2012年6月
 備考: PEB
 年間エネルギー消費量 341MJ/m²・年
 年間創エネルギー量 364MJ/m²・年
 (内訳: PV231、コジェネ133)



菜種油コジェネ

WOOPAのエネルギー消費実績

フランスの現行省エネ基準で対象となるエネルギー用途



エネルギー消費量	MJ/m ² ・年
暖房	40
冷房	4
換気	32
照明	86
水搬送等	7
規定項目消費量	169
コンセント	140
駐車場、昇降機	32
消費量合計	341
製造エネルギー	
太陽光発電	-230
コジェネレーション	-133
製造合計	-363
エネルギー収支	-22 MJ/m ² ・年

消費エネルギーを最小に抑え
 PVとバイオエネルギーで創エネしてPEB達成

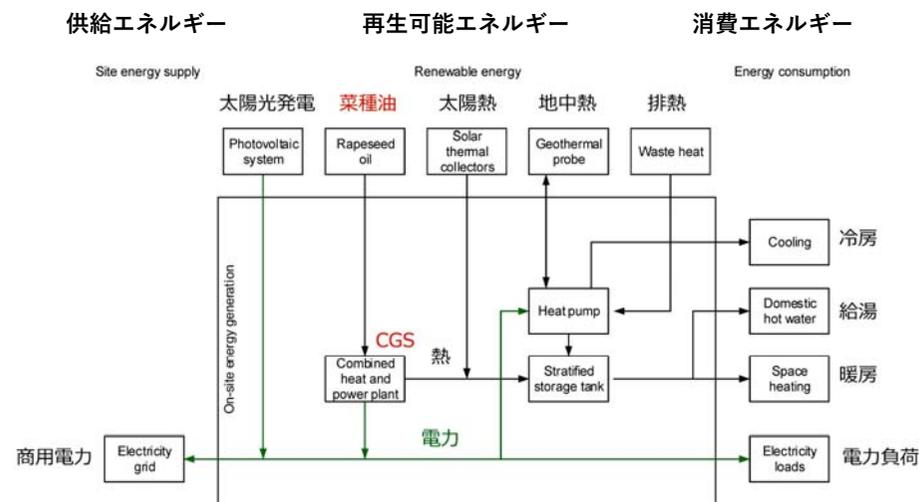
オランダ



建物名称：WWFオランダ
 建築主：世界自然保護基金 World Wide for Nature
 建築場所：オランダ、ユトレヒト郊外
 延床面積：3,800㎡
 建物構成：地上3階
 建物用途：事務所
 竣工年月：2006年9月 ZEB化改修
 備考：オランダ初のゼロカーボン建築

33

エネルギーバランス



34

各種諸元

エネルギー供給；電力、菜種油
 敷地太陽エネルギー；990kW/㎡・a
 年間平均温度；9.7℃
 利用者；200人
 延床面積；3800㎡ (net3360㎡=A)
 外皮面積S；2850㎡， S/V 0.2㎡/r
 体積V；14360㎡
 壁U-value；0.31W/㎡・K， 窓壁U-value；0.90W/㎡・K
 建設費 14.7万円/㎡ (1050€/㎡)
 最大電力；7.1kWh/㎡・a
 一次エネルギー需要247kWh/㎡・a (889MJ/㎡・a)
 一次エネルギー生産量326kWh/㎡・a
 PV面積；300㎡， PV面積/A；0.09
 PV発電量；41kWp， PV発電量/A；12.2Wp/㎡
 CHP能力；45kWth 25kWel
 CHP能力/㎡；13.8Wth/㎡ 7.5Wel/㎡



35

スイス

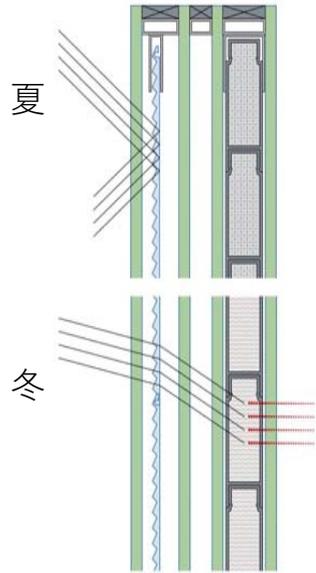
建物名称：Marche International Support Office
 建築主：Marche Restaurants
 建築場所：チューリッヒ郊外
 延床面積：1,550㎡
 建物構成：地上3階
 建物用途：事務所
 竣工年月：2007年3月
 備考：スイス初めてのZEB



年間エネルギー消費量239MJ/㎡・年
 年間創エネルギー量239MJ/㎡・年

36

プリズム+潜熱蓄熱材



37

スイス

建物名称: Self

建築主: Swiss Federal Laboratories

for Material Sciences and Technology

建築場所: デューベンドルフ

延床面積: 7.5m × 3.6m

建物構成: 地上1階

建物用途: 住居

竣工年月: 2010年公開

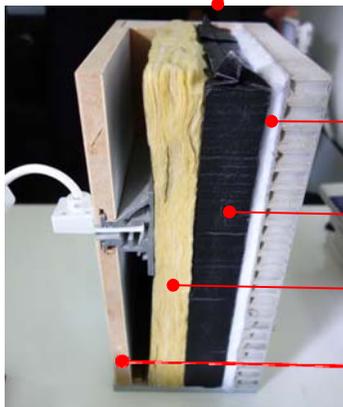
備考: チューリッヒ、ダボスではほぼZEH
PVの余剰電力を水素吸蔵合金に蓄エネルギー



38

外壁断面

合成樹脂製
サンドイッチ
パネル



エアロジェル
(15mW/m · K)

真空断熱パネル
(5mW/m · K)

グラスウール
(36mW/m · K)

硬質繊維板



燃料電池補給用水素ポンペ庫

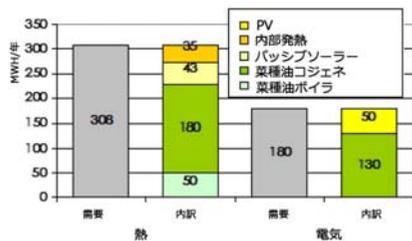
39

ソーラー・ファブリック本社ビル (ドイツ)
世界で初めてのZEB工場



40

Raps – Felder mit 37 ha



延床面積 4 260㎡、4階
 1998年竣工
 太陽光発電 + 菜種油コージェネ + 菜種油ボイラ

ドイツ
 スタンドアロンZEB

名称 EnFa Die Energiefabrik
 建築主 Widmann Energietechnik
 所在地 Wilhelm Maybachstr
 規模 地上2階
 延床面積 約1000㎡
 竣工 2014年



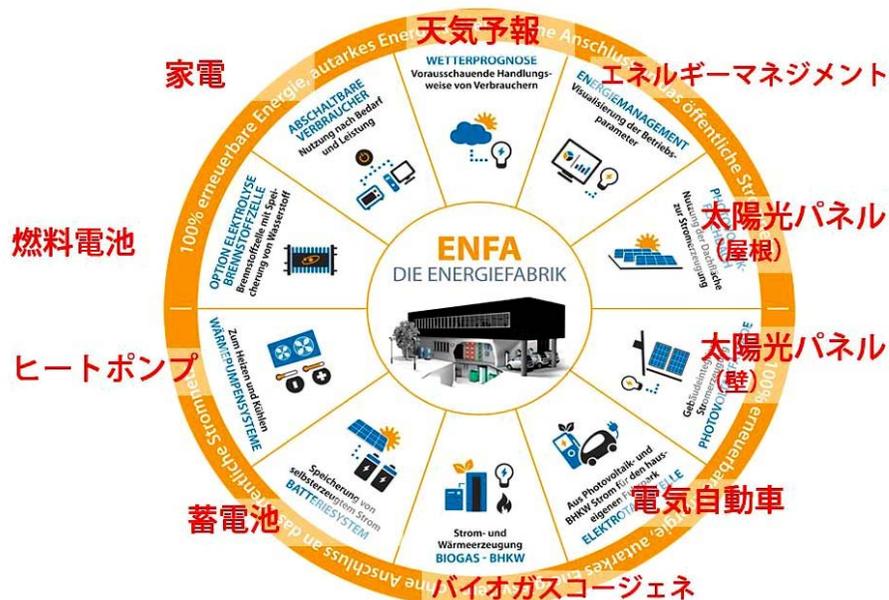
TOWARDS A NEW ARCHITECTURE + ENERGY

www.architectscience.com



► Werner + Mertz Solar Plus Offices in Mainz, Germany • Ries + Ries

44
 Net Positive Energy



ZEB化への道

45

○再生可能エネルギー

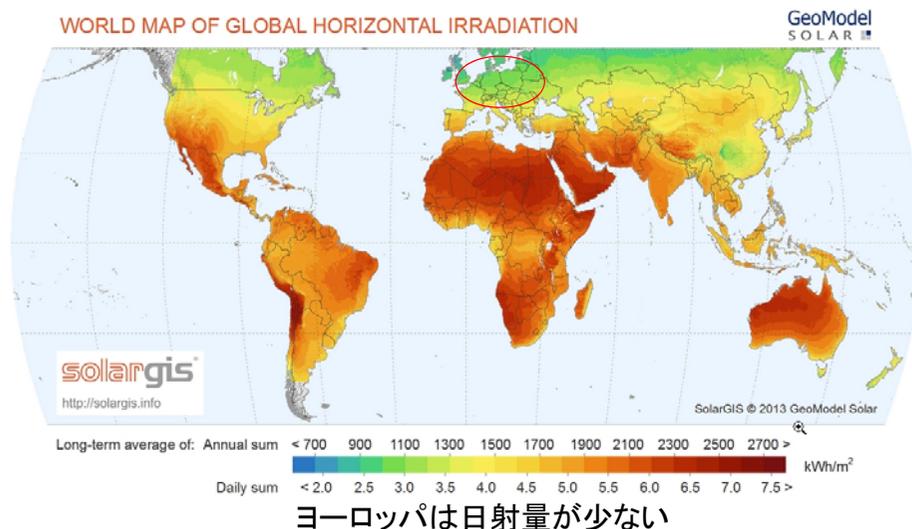
米国、東南アジアは太陽光中心で階数は4階まで（台湾はオフサイトCO2吸収によるエミッションZEB）。

ヨーロッパはバイオエネルギー利用によるエミッションZEBが多い（あるいは化石燃料ベースでのZEB）。階数は8階のものもある。

日本もZEBを増やすためにはバイオエネルギー利用を検討する必要がある。

46

地域と太陽エネルギー



47

○階数

太陽エネルギーのみを使用する場合は4階あるいは5階程度まで。

但し、オフサイトエネルギーも利用するのであれば高層も可能。

バイオエネルギーを利用すれば階数の制限は無くなる。

48

○エネルギー消費量原単位

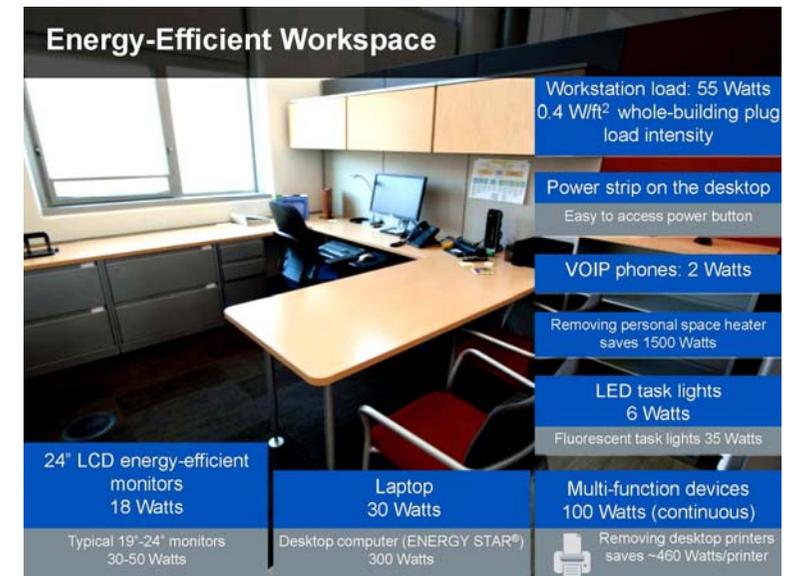
エネルギー消費量はレファレンスビルの半分以下（経産省）。オフィスビルの場合400MJ/m²以下を目標にしたい。

バイオエネルギーの原単位計算法のオーソライズが望まれる。

コンセント負荷は対象外になったが、コンセント負荷削減も大きなテーマ。

49

米国 NRELのコンセント負荷削減対策



50

○機能・性能

一般ビルと同等以上の機能・性能を保持する。

居住人員・ビル使用時間は通常ビルと同等と言えることが好ましい。

エネルギーデータだけでなく居住環境にかかるデータも蓄積する。

51

○監視・制御の在り方

監視・制御にかかわるエネルギー消費量の削減（必要最小限化）が重要。

ライフスタイルに依存する手法の効果は不安定。→自動制御化が望ましい。

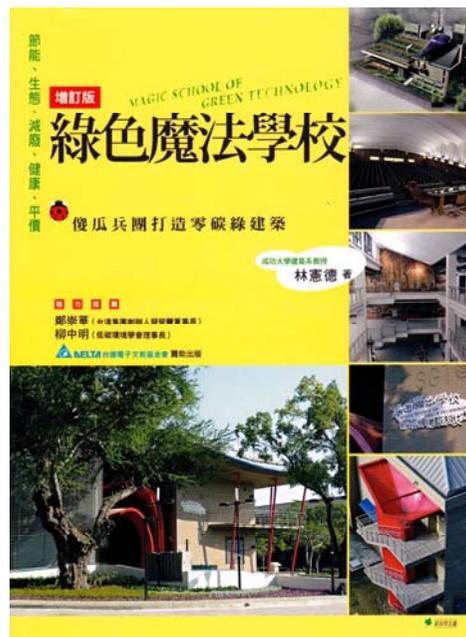
クラウド化も検討課題

52

失敗1
中間季における天井扇の利用は、出社した人がすぐに空調ONしてしまっうまくいかなかった。

失敗2
エネルギー管理システムは、センサーや機器の故障が多く、維持費がかかるため当初予定どおりにいかなかった。

失敗3
屋上の植栽等は自動散水設備の不調により、枯れたため植栽の種類を変えて再導入。

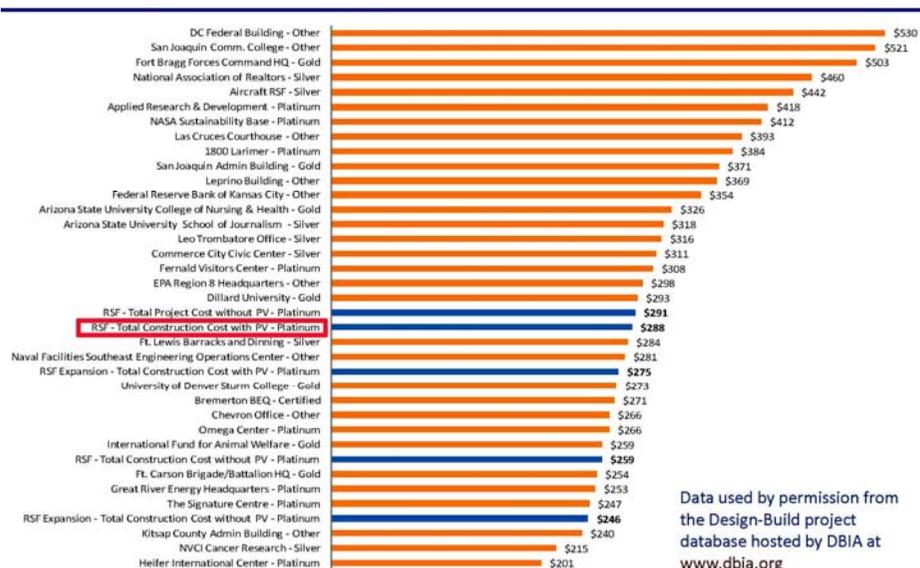


○コスト

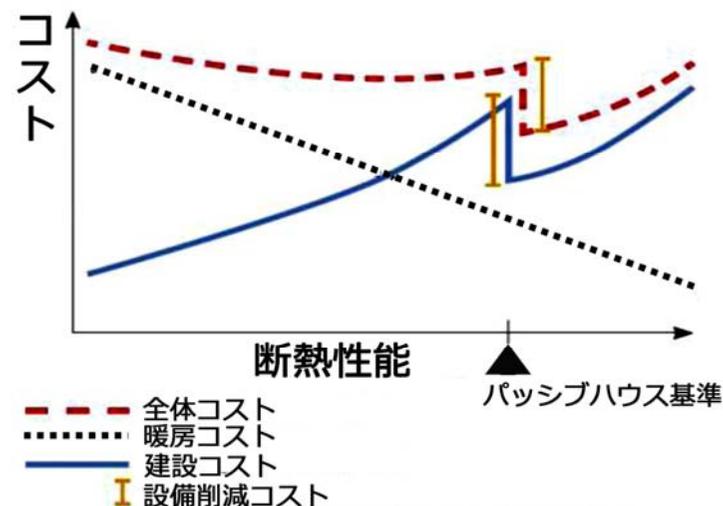
基本的には従来ビルと同等と言えると良い。

イニシャルコストで従来ビルの15%程度upが限度であろう。その場合でも、ライフサイクルコストで従来ビルと同等以下。

米国 NRELの建設コストの位置づけ



パッシブハウス基準



○検証

検証することが重要

データによるエネルギー計算精度の向上を考慮する

データベース化が望まれるが、そのためのエネルギーデータやビルの仕様・使用法の表示フォーマット作りを行う必要がある。

57

○設計

エネルギー計画・設計者の位置づけ確立

エネルギー検討のFEEの算定法確立

デザイナーとエネルギー計画者との役割分担と責任分担の考え方の確立

大学教育におけるエネルギー計画の位置づけ

58

○基準・規制

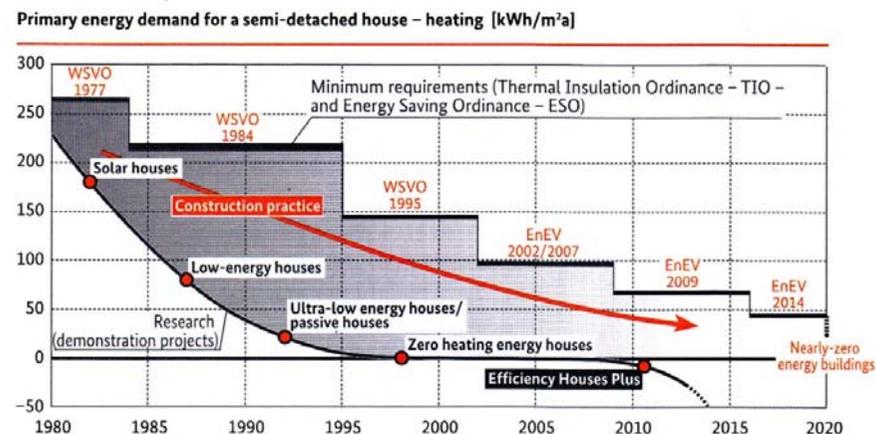
省エネ強化に伴い、より高い計算精度が求められる。

計算精度を上げるためには細かな数値設定が必要。かつ、チェックも手間がかかる。

計算精度を上げつつ、チェックの手間を減らす手法が求められる。

59

ドイツの省エネ基準強化の取組経緯
法改正、モデルプロジェクト、建設実態の関係



60