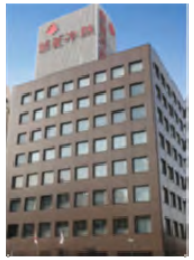
BA協会／カーボンニュートラルに貢献する建築設備の動向とBEMS活用

ZEBの動向とカーボンニュートラルの実現に向けて



日建設計総合研究所　丹羽英治

空気調和・衛生工学会／ZEB価値評価手法検討小委員会主査　経済産業省／ZEBロードマップフォローアップ委員会委員

Copyrights (c) 2018 NSRI All rights reserved.

これまでの背景

１）ZEB化の世界的な動向　2005年頃～

エネルギー資源保護・地球温暖化防止の観点から、ZEBの実現が急務であることが世界的に認識されてきた。

２）エネルギー自給（自立）の必要性　2010年頃～

特に日本では、東日本大震災以後、エネルギーセキュリティの観点から建築・都市のエネルギー自給（自立）の必要性が強く認識された。

３）ZEBの定義や評価方法の確立　2015年頃～

ZEB の定義や評価方法の確立、デザインメソッドの体系化が求められ、国や学会等での議論がなされた。また、普及・支援方策が検討された。

４）脱炭素・カーボンニュートラル社会への移行　2020年頃～

世界的な脱炭素・カーボンニュートラル社会への移行の要請を受けて、あらためて、建築物のZEB化の必要性が認識されてきた。

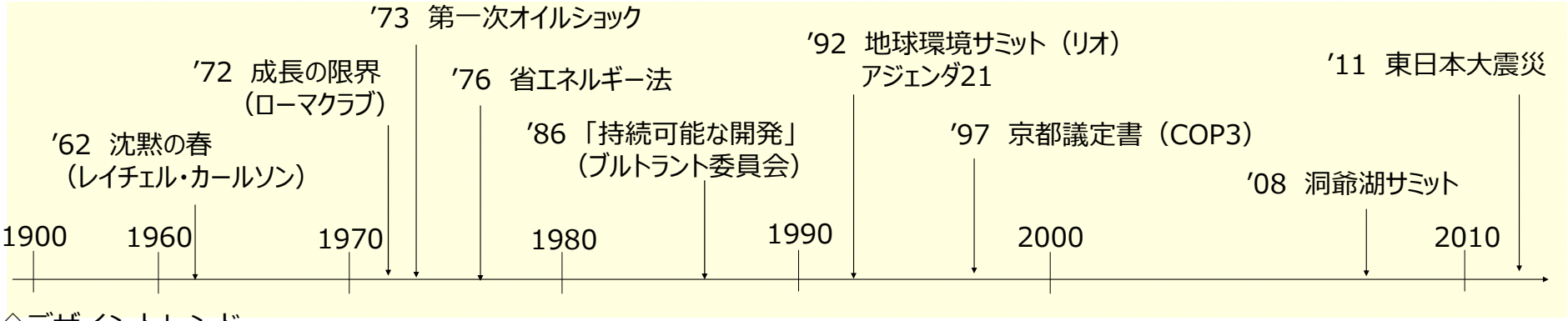
日本の伝統的家屋にみるエネルギー自立の手法

1）　室内環境の変化を享受する
2）　負荷を制御、抑制する
3）　自然エネルギーを利用する
4）　自然の素材を利用する

日本の伝統的家屋の例　“京町屋”

省エネルギー建築からZEBへ

◇サスティナビリティに関する動き



◇デザイントレンド

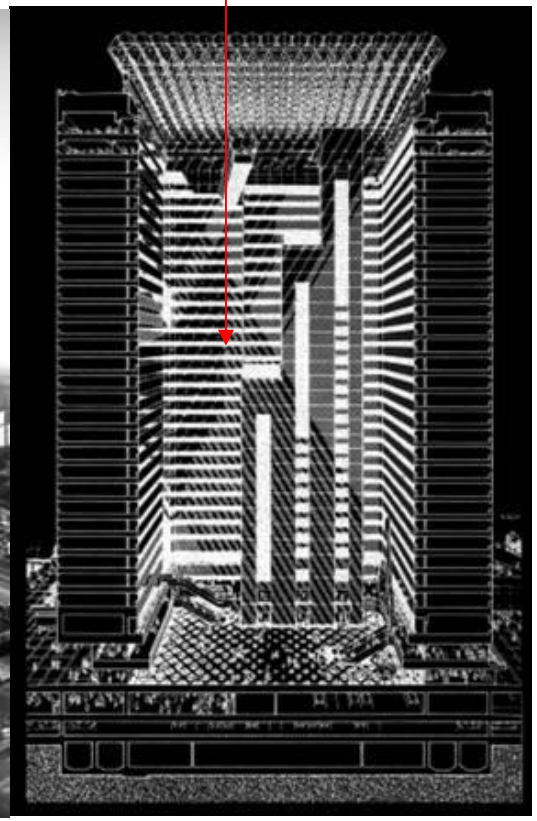
自然エネルギー利用	省エネルギー建築 パッシブデザイン	エコロジカル建築 グリーン建築	環境親話型建築 サスティナブル建築	低炭素建築	ZEB

近代建築における省エネルギー手法

自然採光と自然換気による省エネルギー

自然換気を促進するアトリウム

1960年代

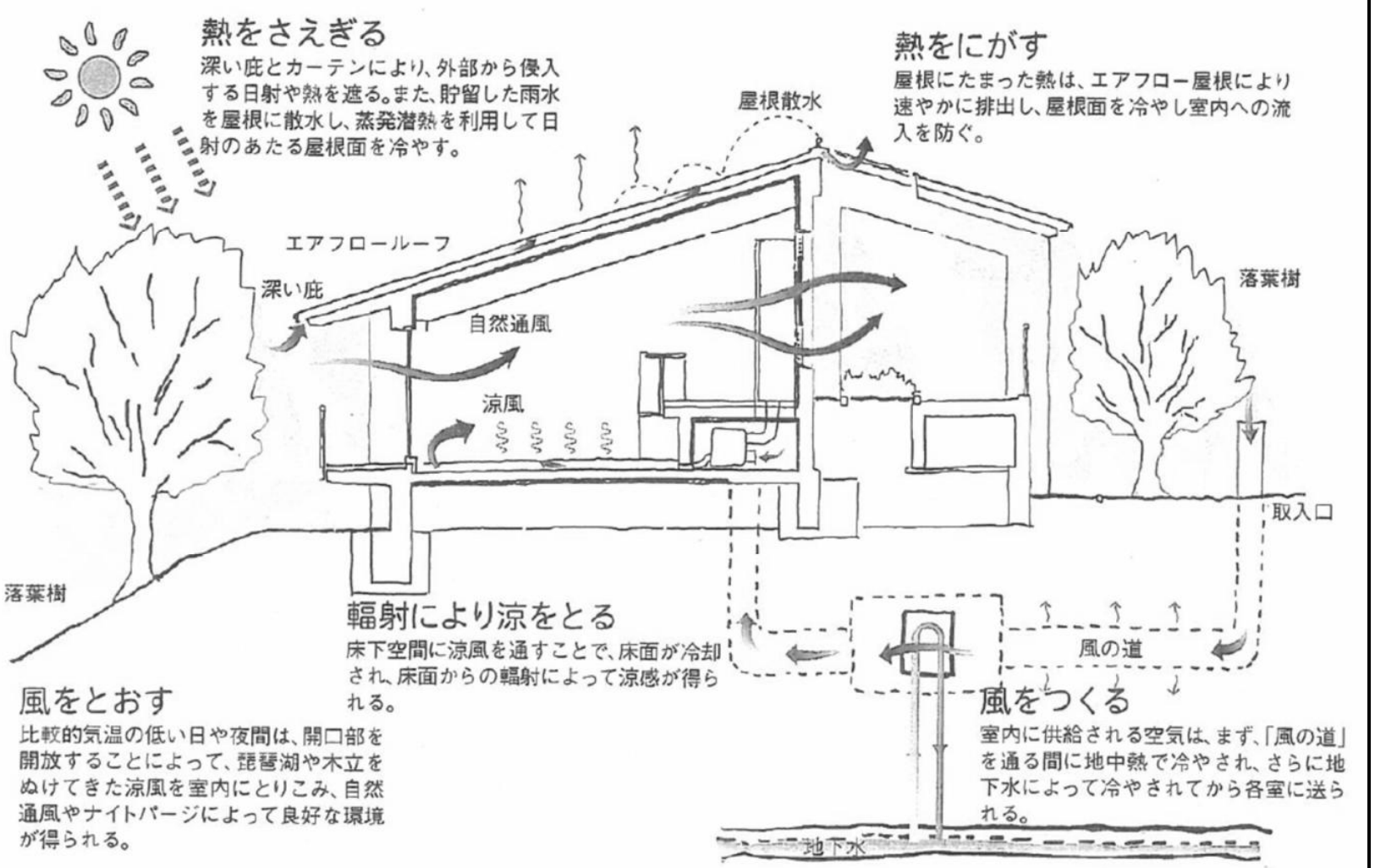


1980年代

日射を制御する庇

環境配慮型建築におけるパッシブデザイン手法

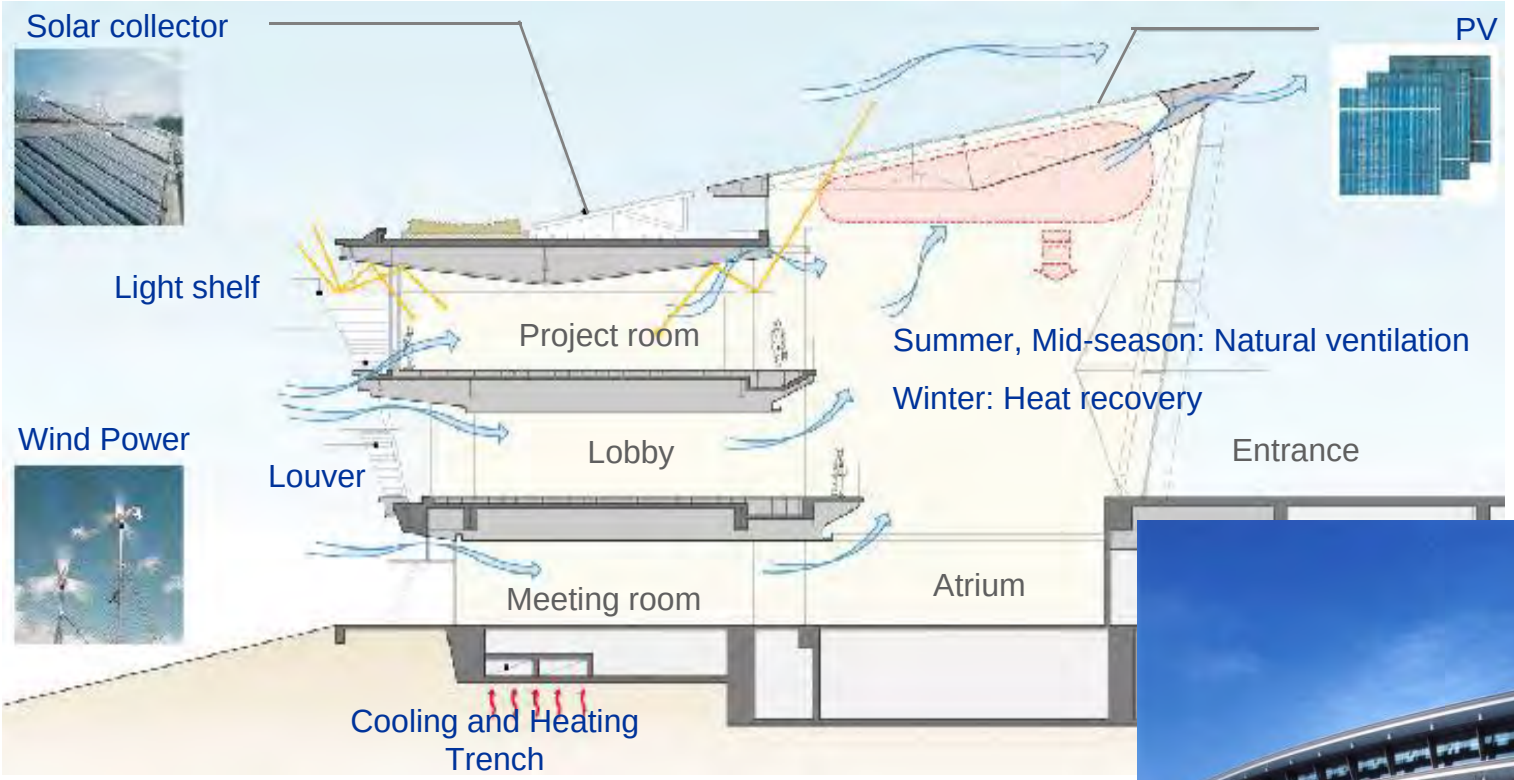
夏を涼しく過ごすために



パッシブデザイン手法の例　化石エネルギーに依存しない冷房システム（1995）

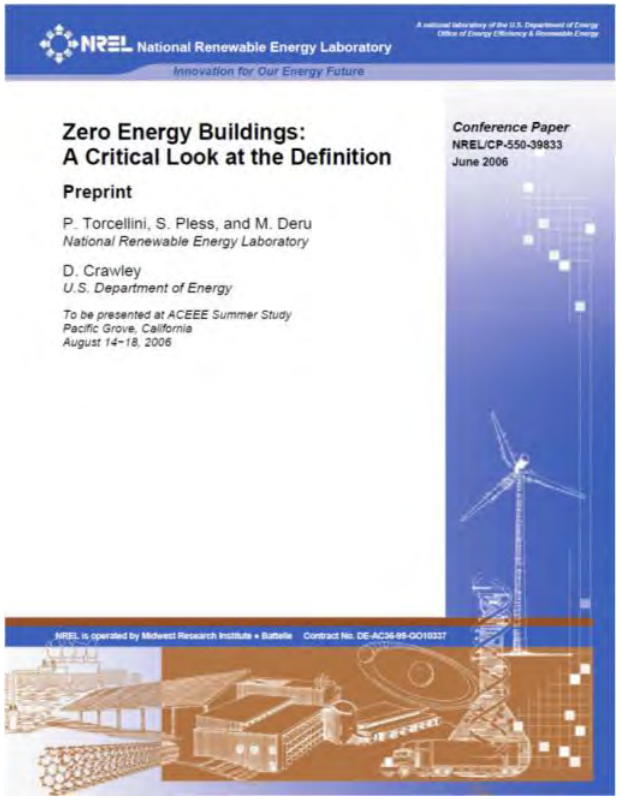
サスティナブル建築におけるデザイン手法

1) 自然換気
2) 自然採光
3) 地熱利用
4) 太陽光発電
5) 太陽熱利用



Completed in 2002

国際的なZEBの定義



NREL（2006年）

REHVA（2013年）

DOE（2015年）

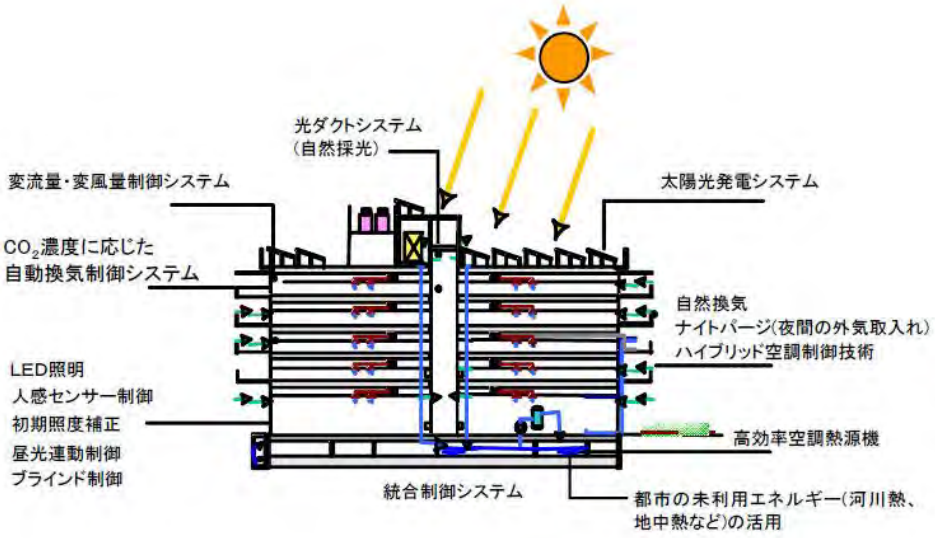
ZEBの実現と展開に関する研究会

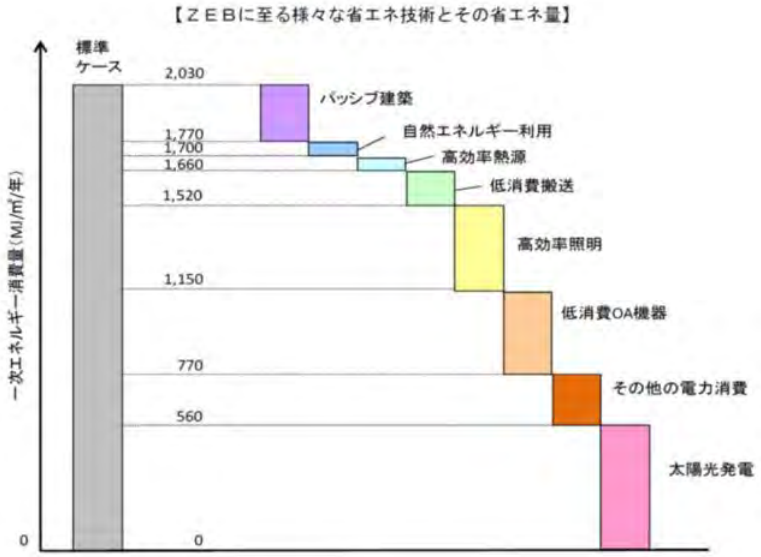
●2009年４月、経済対策閣僚会議合同会議において、

「建築物のゼロエミッション化加速

（2030年までに新築公共建築物での実現を目指した開発等）」

●経済産業省：「ZEBの実現と展開に関する研究会」





出典：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～

平成21 年11 月　ＺＥＢの実現と展開に関する研究会報告書

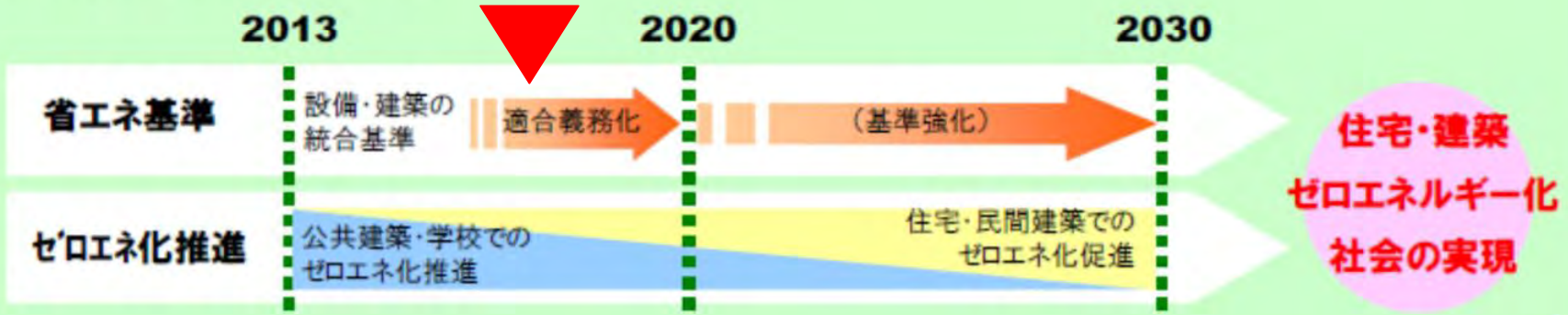
ゼロエネルギー化の推進施策

●国土交通省・文部科学省　2011年度
　学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会

●経済産業省資源エネルギー庁　2012年度
　ネット・ゼロ・エネルギー化推進事業（ネット・ゼロ・エネルギービル実証事業）

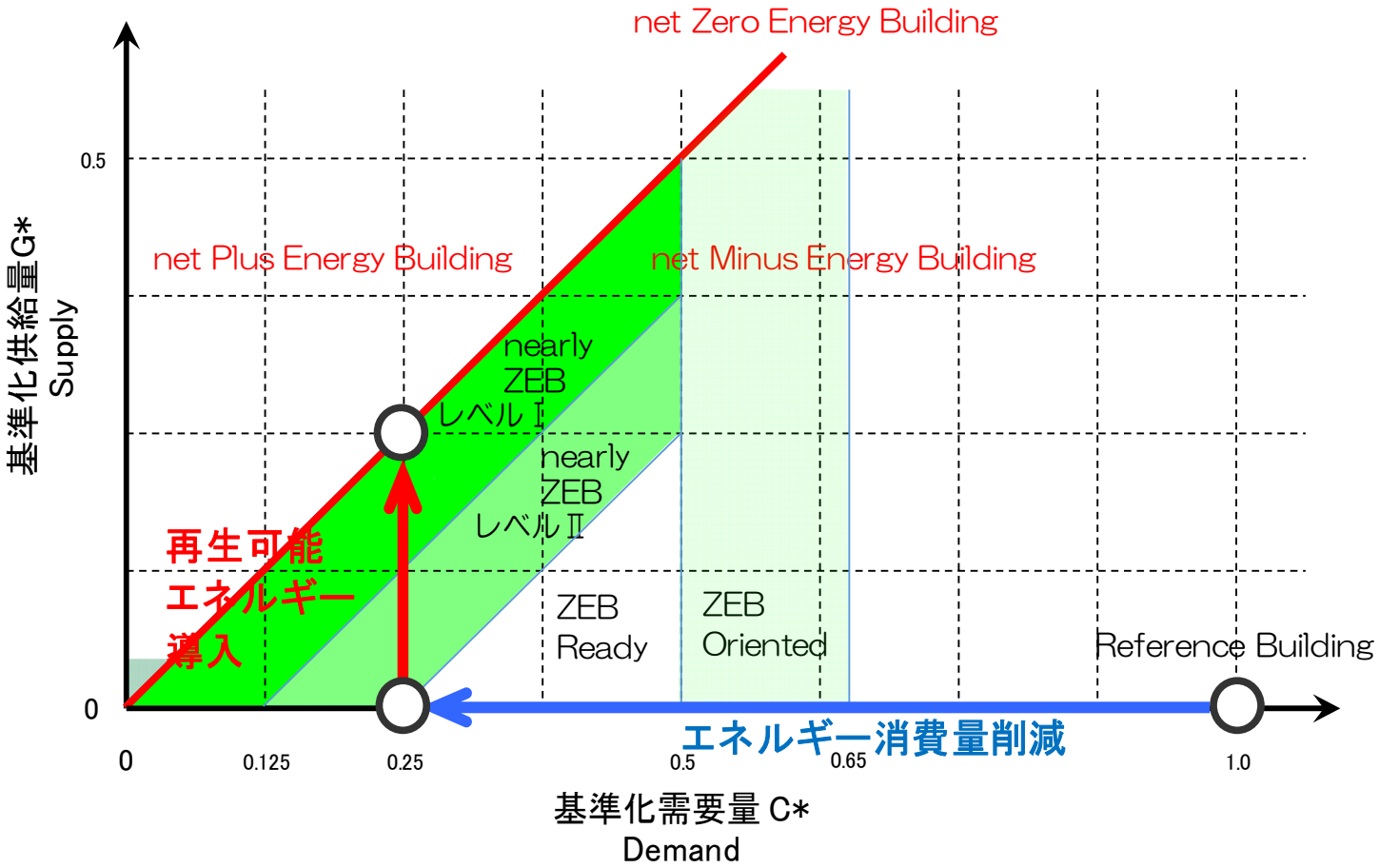
●環境省・国土交通省・経済産業省合同　2012年4月
　低炭素化社会に向けた住まいと住まい方推進会議　中間報告

「低炭素社会に向けた住まいと住まい方推進会議（2012.4、環境省、国交省、経産省合同）」の中間まとめにより、建築物の省エネ基準は 2020 年程度を目途に全面適合義務化、2030 年には平均的な水準としてゼロエネルギー化を目指すという方向性が示されており、世界においても同様の情勢にあります。



ZEBのデザインアプローチ（SHASE-G）

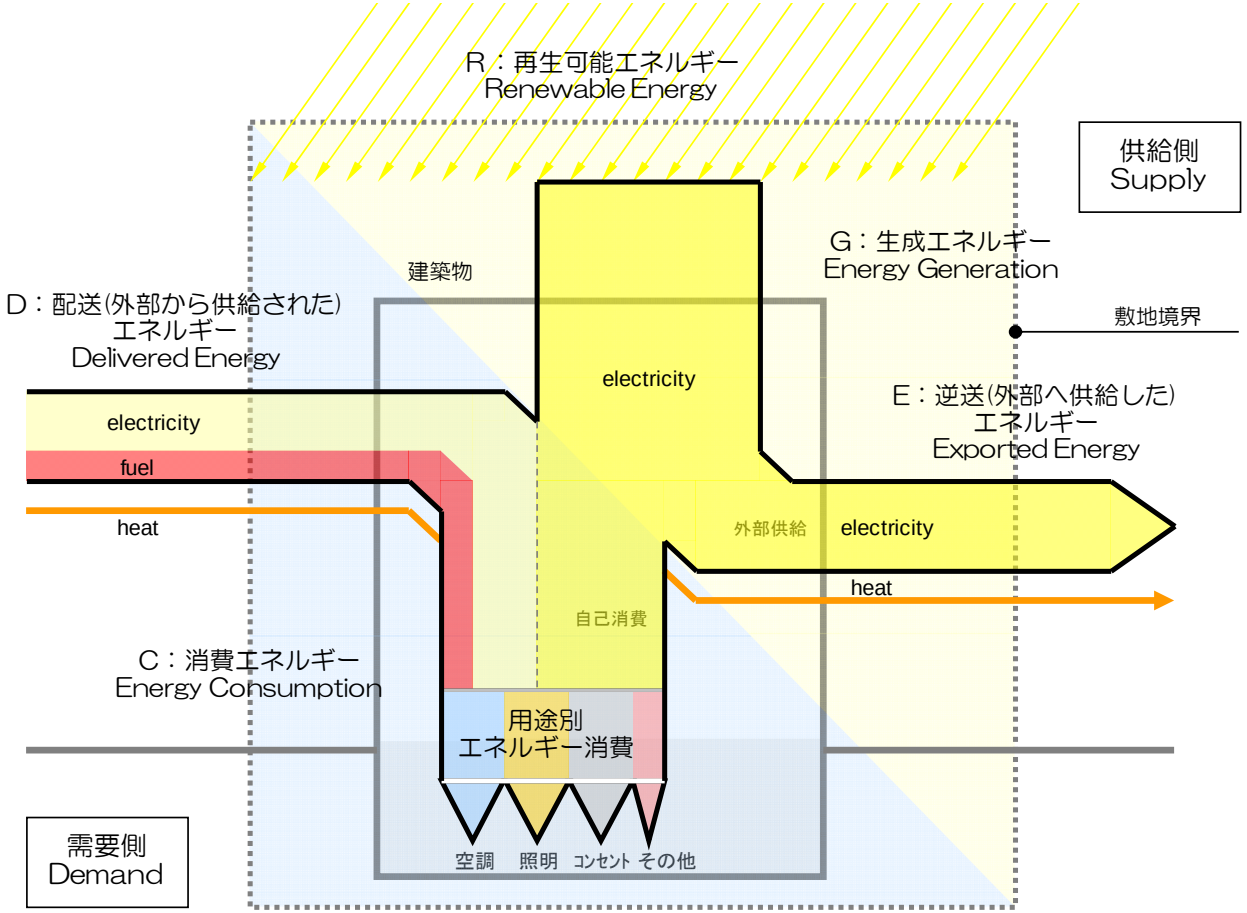
ガイドライン「ZEBの定義と評価方法」（SHASE-G-0017-2015）より



G*:基準化需要量＝評価対象建築物の生成エネルギー／レファレンスビルの消費エネルギー
C*:基準化供給量＝評価対象建築物の消費エネルギー／レファレンスビルの消費エネルギー

ZEBの段階的評価とアプローチ方法

ZEBの定義と評価方法（SHASE-G）

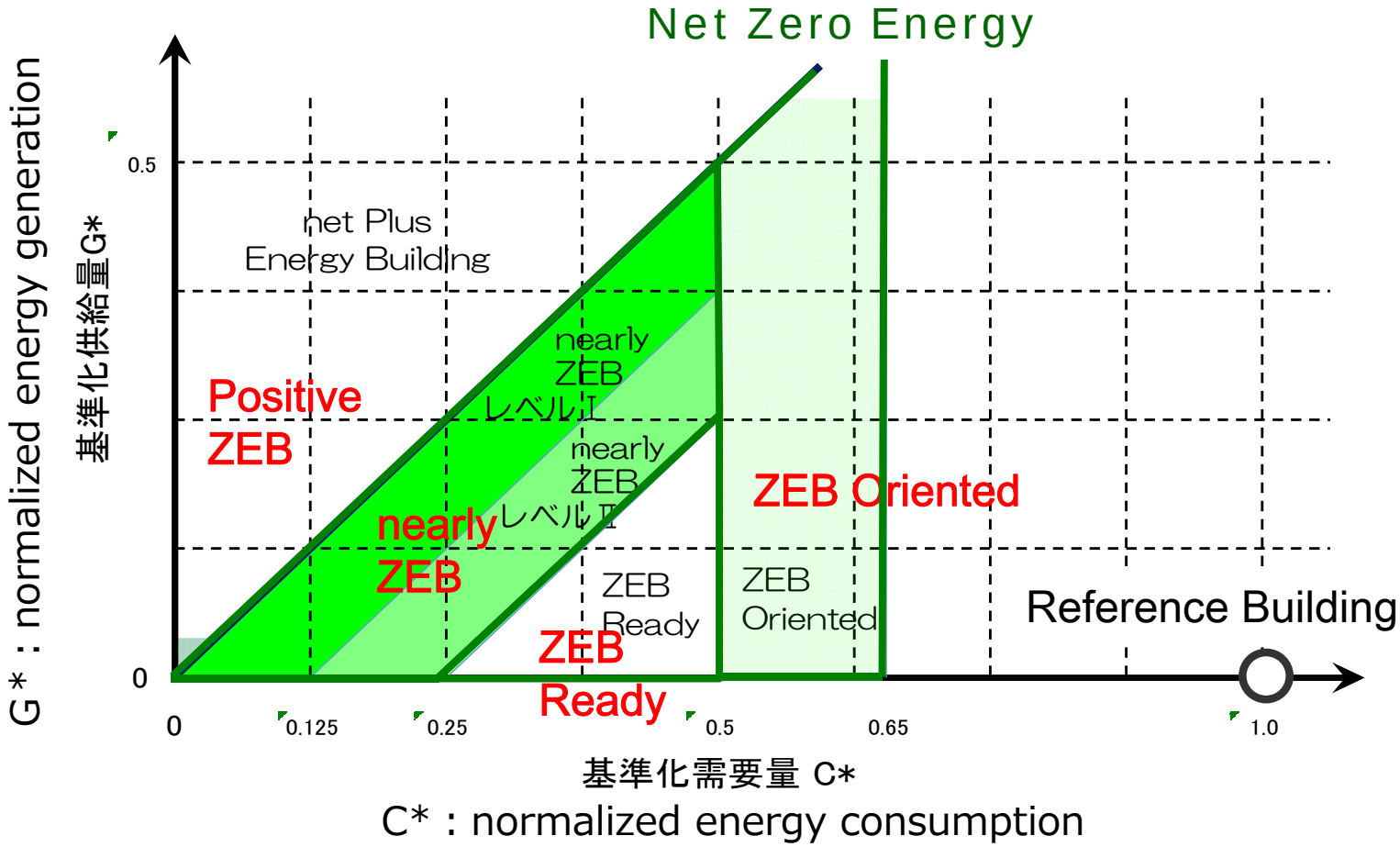


- 敷地境界線を物理的な境界とする。
- G（生成エネルギー）／C（消費エネルギー）バランス、
  D（配送(外部から供給された)エネルギー）／E（逆送(外部へ供給した)量）バランス
- 原則として年間積算値で評価する。
- 消費用途は、空調・照明・コンセント・その他（換気・衛生・EV等）とする。
- コンセントの消費電力については、建築物の品質に直接関係しないこと、設計者がコントロールできないこと等から、計量可能な場合、対象消費用途から外してもよい。

ZEBの需要と供給のバランス

ZEBの定義と評価方法（SHASE-G）

ガイドライン「ZEBの定義と評価方法」（SHASE-G-0017-2015）より

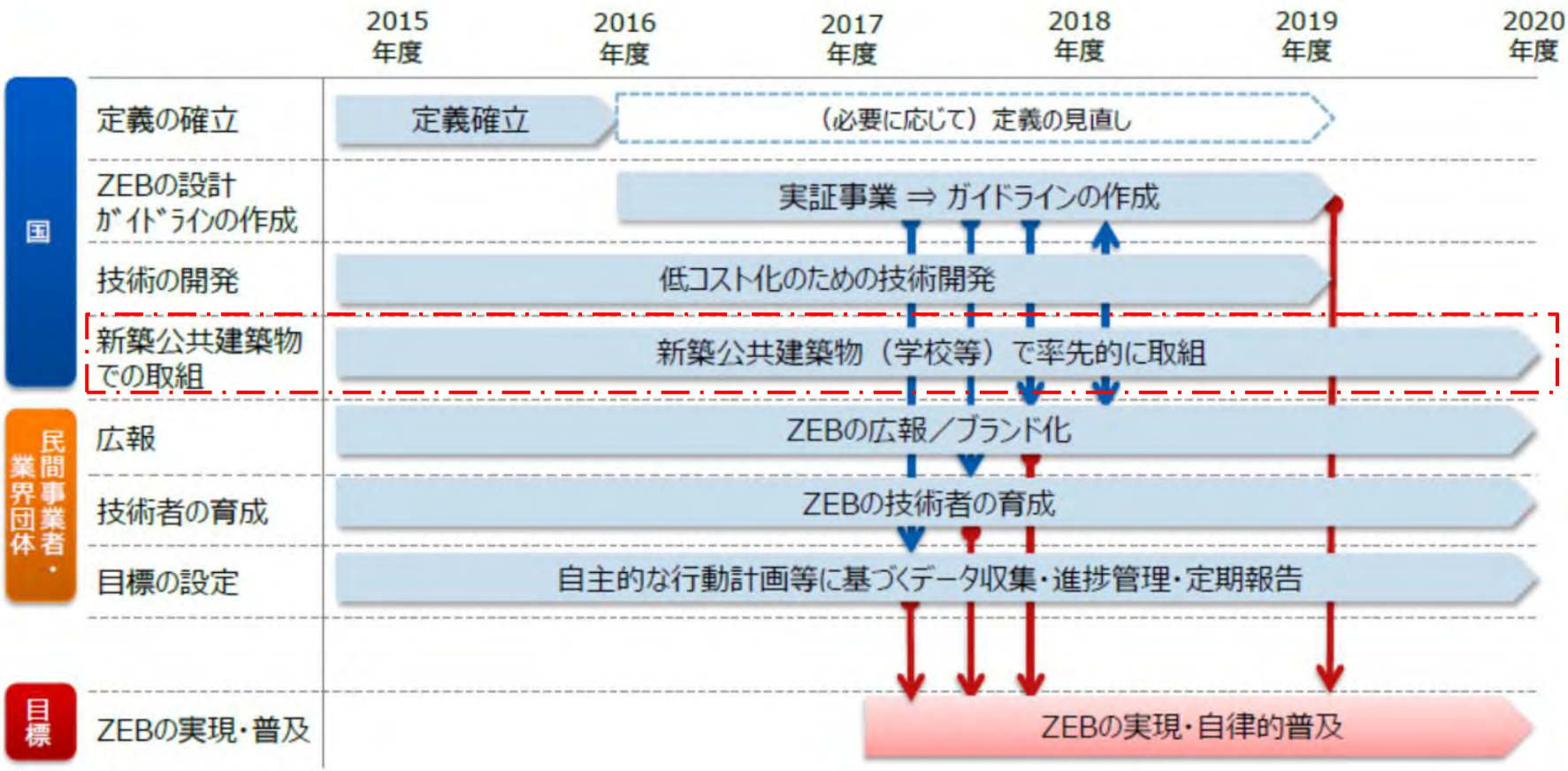


G*：基準化供給量＝評価対象建築物の生成エネルギー／レファレンスビルの消費エネルギー
C*：基準化需要量＝評価対象建築物の消費エネルギー／レファレンスビルの消費エネルギー

ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）の段階的評価

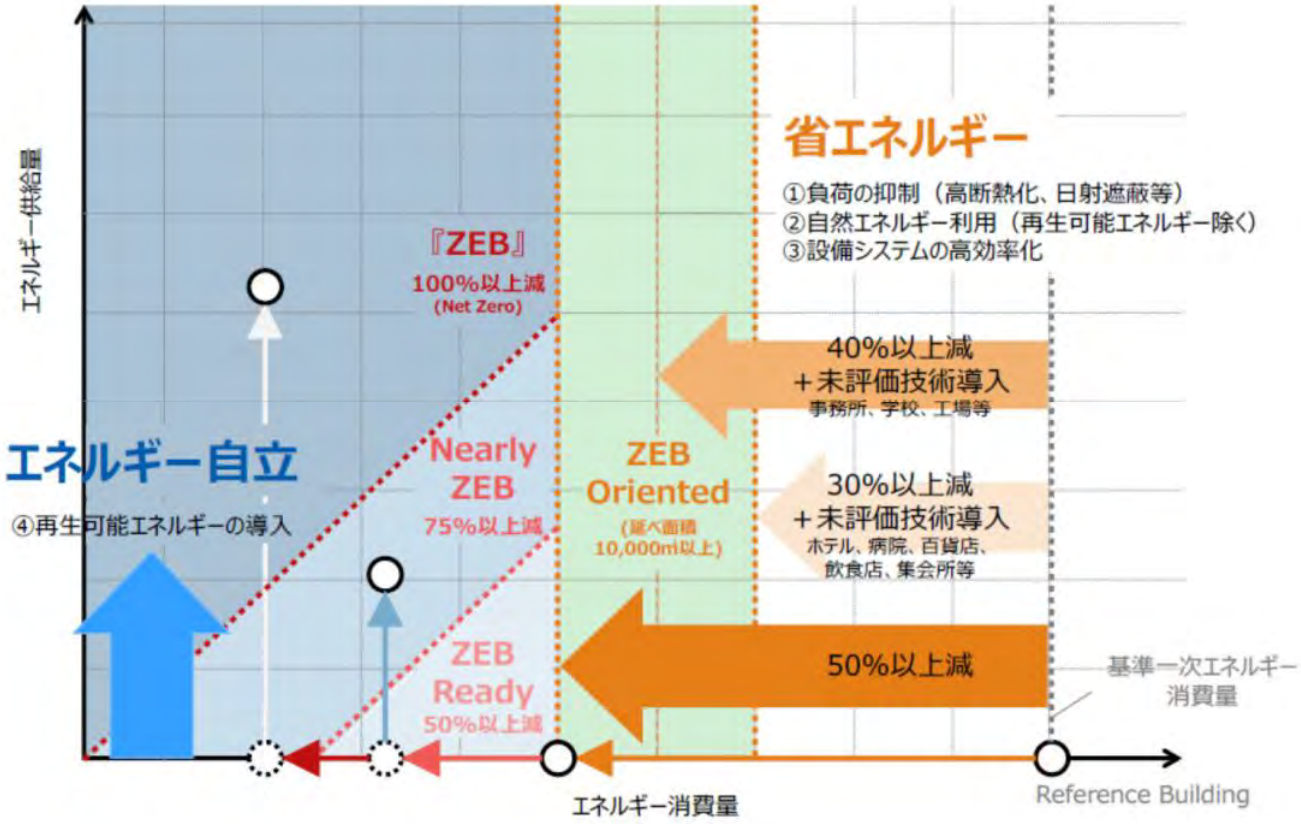
経済産業省のZEBロードマップ

●経済産業省　2015年12月
ZEBロードマップ検討委員会とりまとめ　定義・評価方法とロードマップ



経済産業省／ZEBの定義

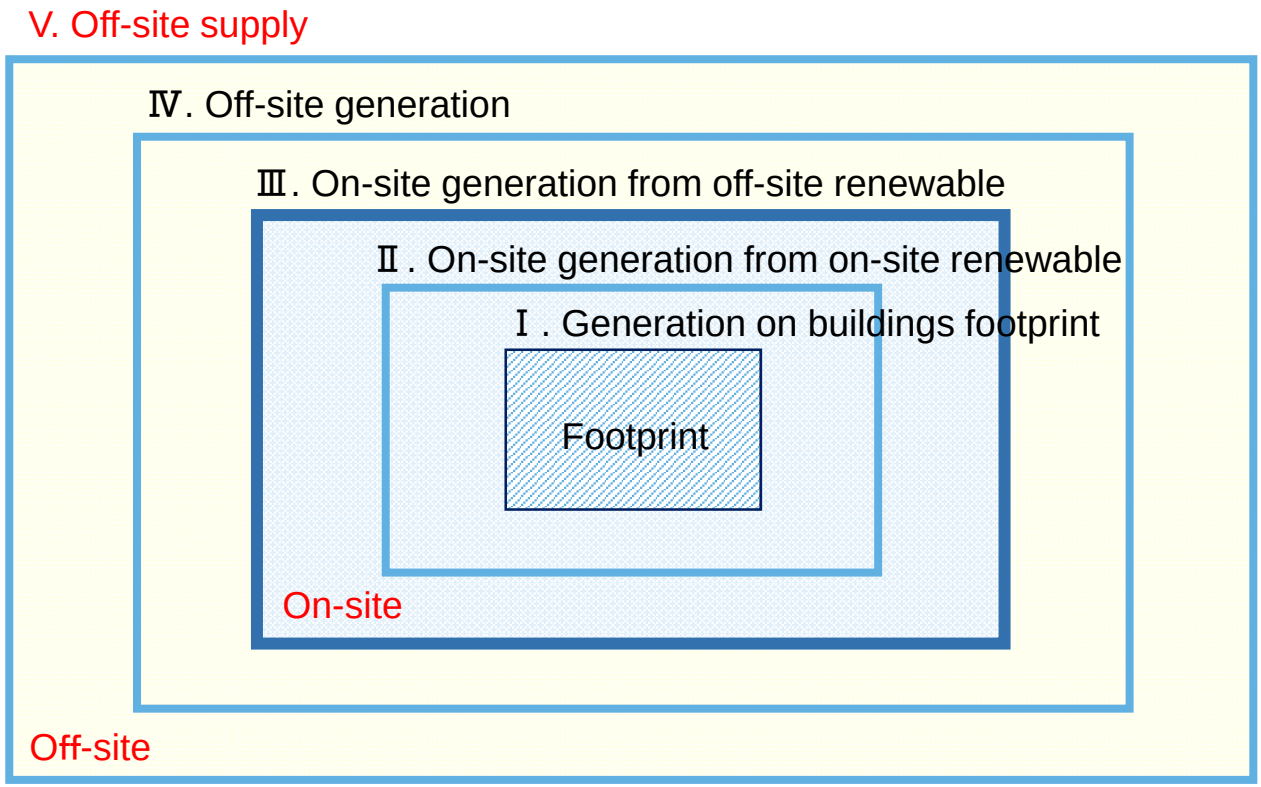
国の定義　SHASEの定義を踏襲



出典：経済産業省　「平成30年度／ＺＥＢロードマップフォローアップ委員会とりまとめ」

オンサイトZEBからオフサイトZEBへ

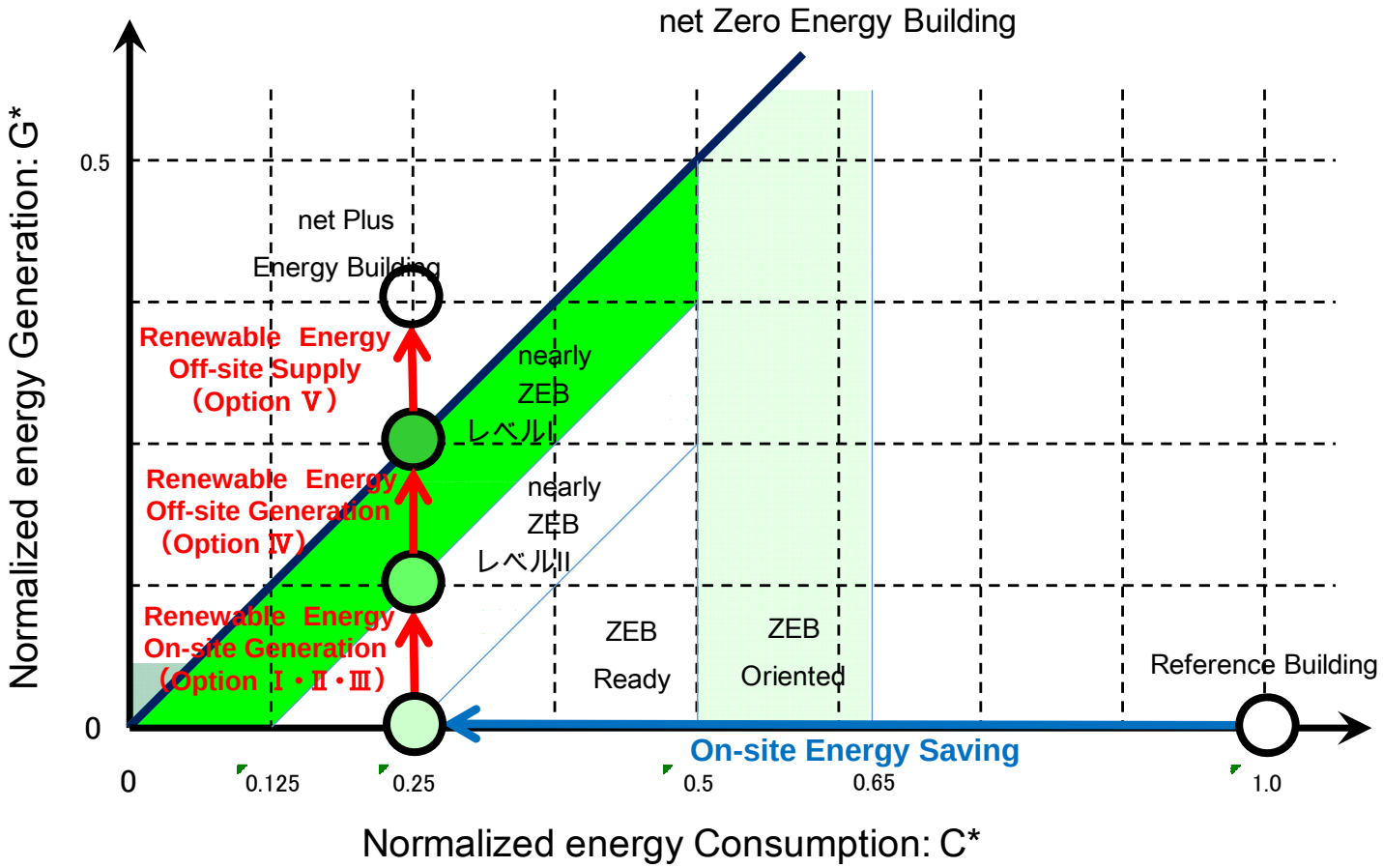
再生可能エネルギーの供給方法分類Ⅰ～ⅢによるZEBを「オンサイトZEB」、分類ⅣによるZEBを「オフサイトZEB」、分類ⅤによるZEBを「オフサイト・サプライZEB」と称する。



再生可能エネルギー供給方法の概念図

再生可能エネルギーの段階的導入によるZEBの実現

省エネルギーと再生可能エネルギー供給オプションを組み合わせることで
ネット・ゼロ・エネルギーを実現することが可能となる



再生可能エネルギーの段階的導入によるZEBの実現

日本のZEB指向建築

公共建築物

民間建築物（都心型）

民間建築物（郊外型）

（寒冷地）

世界のZEB指向建築

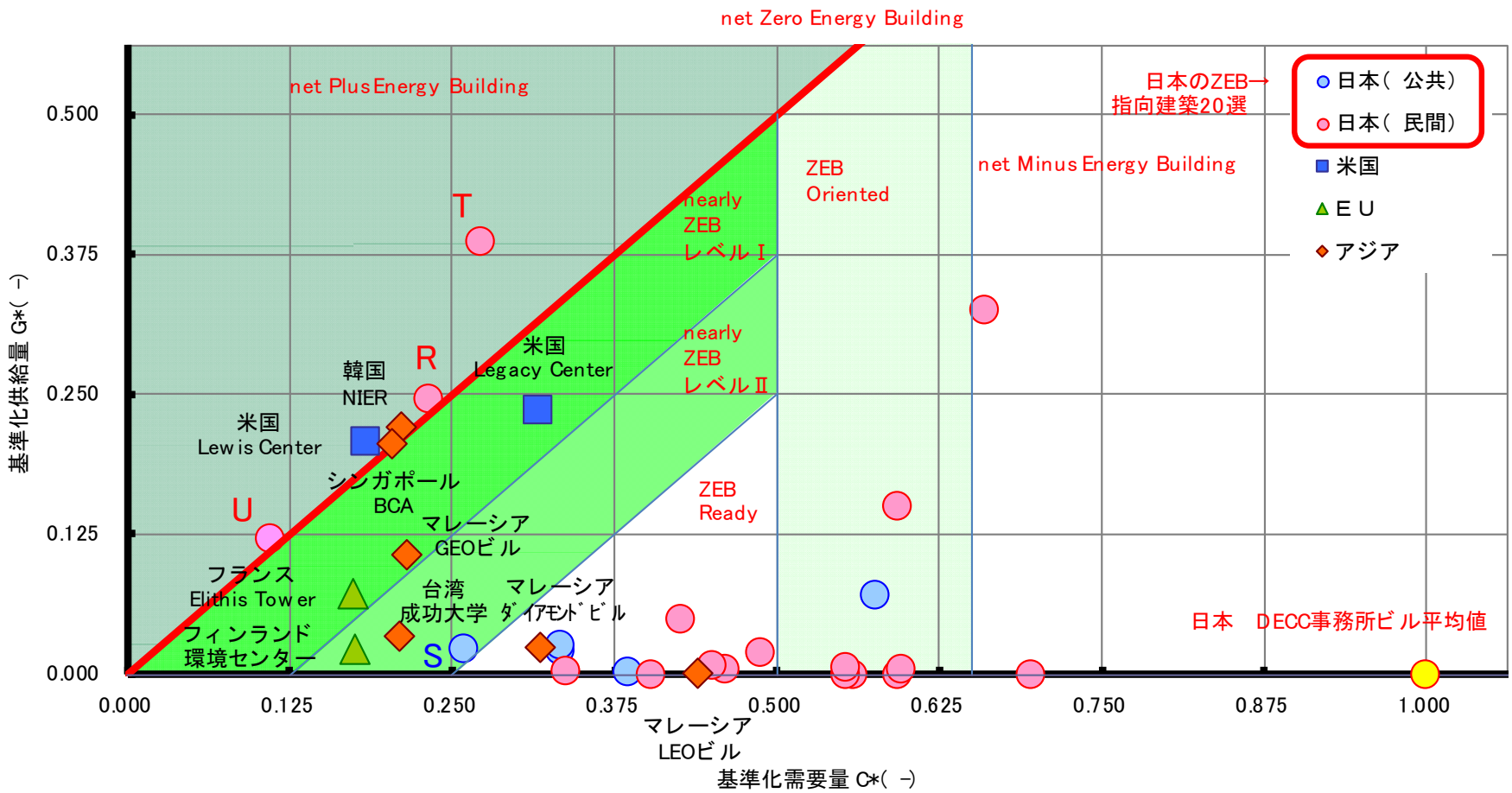
Dijon, Elithis Tower
(Hernandez REHVA Journal 3/2011)

Helsinki, Environmental Centre
Ympäristötalo (Kurnitski REHVA Journal 2/2012)

換気塔
屋上庭園
庇
太陽光
パネル

ZEBの実現状況調査　2013年

空気調和・衛生工学会／ZEB定義検討小委員会　2013年調査



G*: 基準化供給量＝評価対象建築物の生成エネルギー／レファレンスビルの消費エネルギー

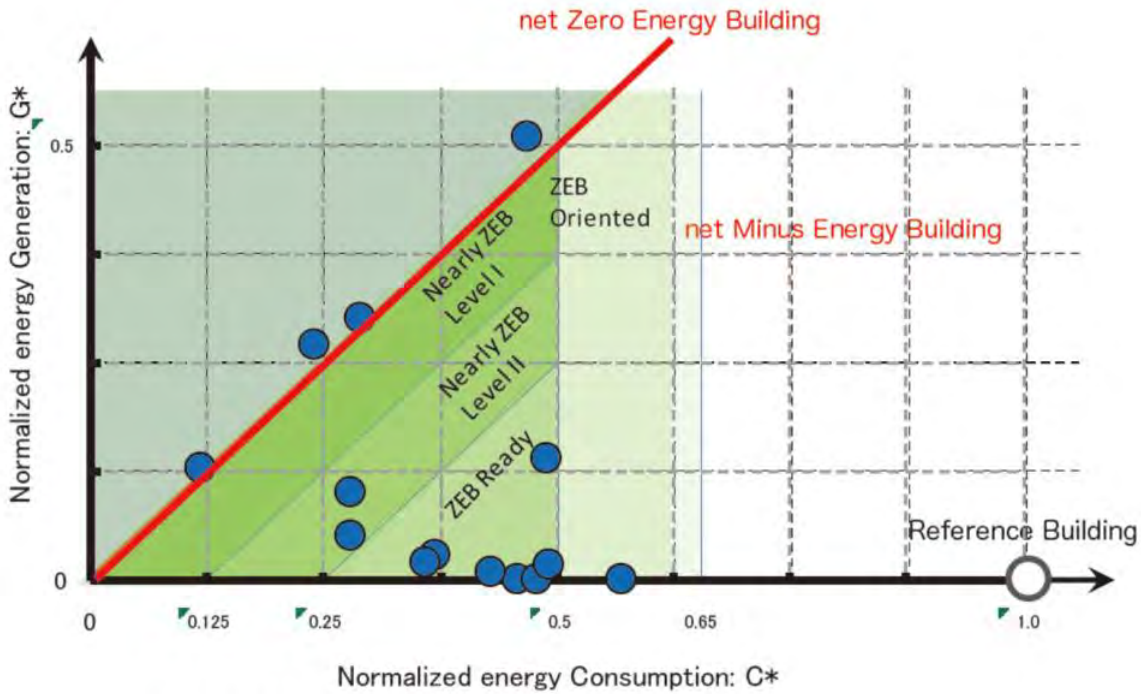
C*: 基準化需要量＝評価対象建築物の消費エネルギー／レファレンスビルの消費エネルギー

※)本グラフ中のレファレンスビルの消費エネルギーは一律2000MJ/m²・年(日本のDECC事務所ビル平均値)とした

ZEBの実現状況調査　2016年

空気調和・衛生工学会／ZEB定義検討小委員会　2016年調査

4 ZEB
2 nearly ZEB
7 ZEB Ready
1 ZEB oriented



Mapping of Best Practices of nZEB in Japan

No.	
1	Unnan City Hall
2	Shimizu Corporation Headquarters
3	TAISEI Corporation ZEB Demonstration Building
4	KT Building
5	Takenaka Corporation Higashi Brunch office
6	OBAYASHI Technical Research Institute Main Building "Techno-Station"
7	21 KOMCEE, Tokyo University
8	DAIKIN Technology & Innovation Center, DAKIN Co., Ltd.
9	Minami-Osaka Sales office of Kasai Electric Power Company
10	Tokyo Gas Tachikawa Builidng
11	SANKEN Environ. Eng. Tsukuba Mirai Technology Center
12	Daidan Kyushu Branch Office "Enefice Kyushu"
13	The Engineering Center of SNK -"Demonstration Labo"
14	SHINRYO Corporation Headquarters Building

ZEBからカーボンニュートラルへ

◆**2015年12月**　パリ協定／「2050年までにカーボンニュートラル社会の実現」

◆**2020年10月**　菅義偉総理大臣所信表明

「2050年までに温室効果ガスの排出をゼロ、すなわち、カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」

◆**2020年12月**　経済産業省

「2050年カーボン・ニュートラルに伴うグリーン成長戦略」

◆**2021年6月**　国・地方脱炭素実現会議

地域の脱炭素ロードマップの策定、100か所以上の脱炭素先行地域

◆**2021年7月**

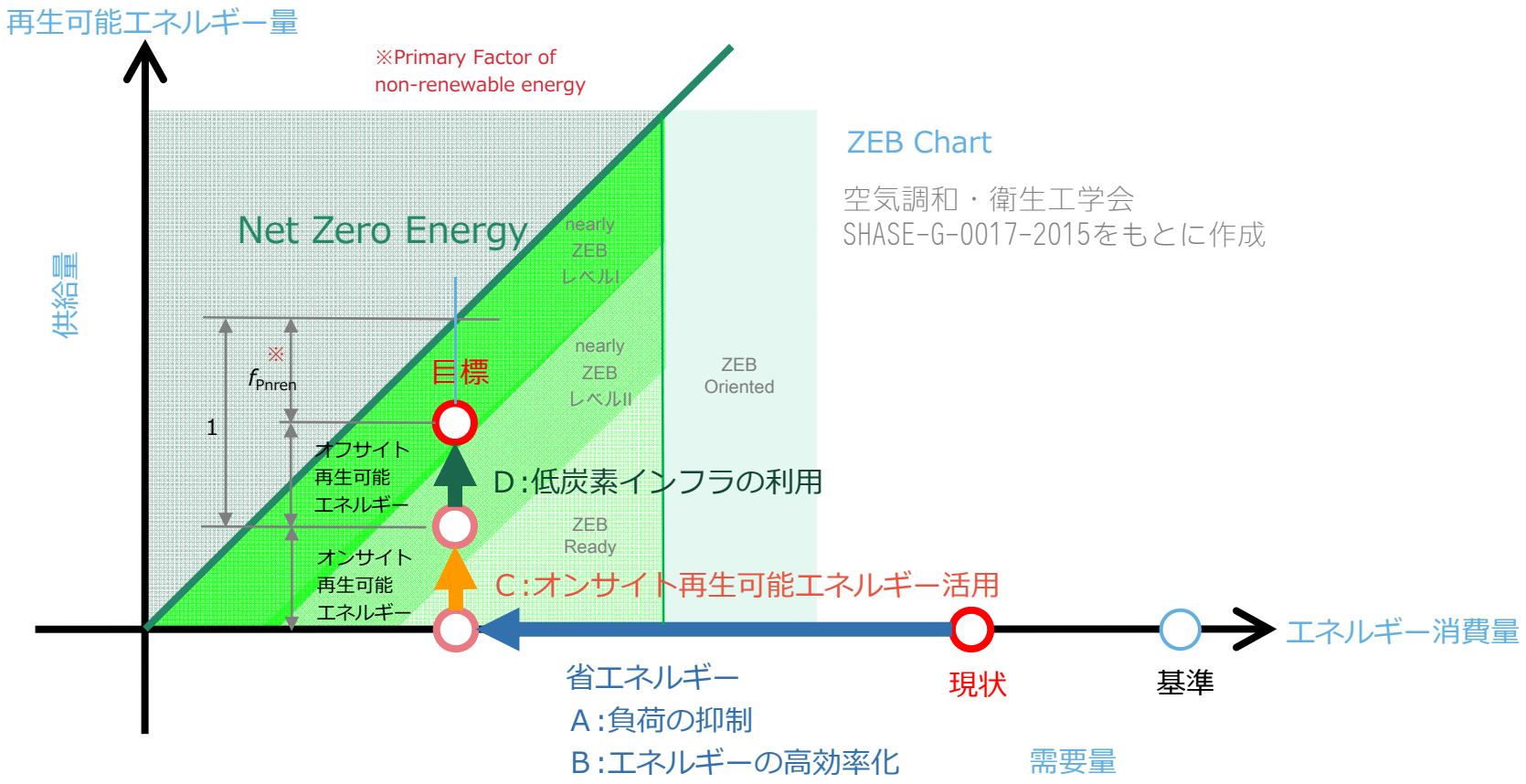
「2050年カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」設立

ロードマップ策定へ

◆**2021年8月**　国・地方脱炭素実現会議

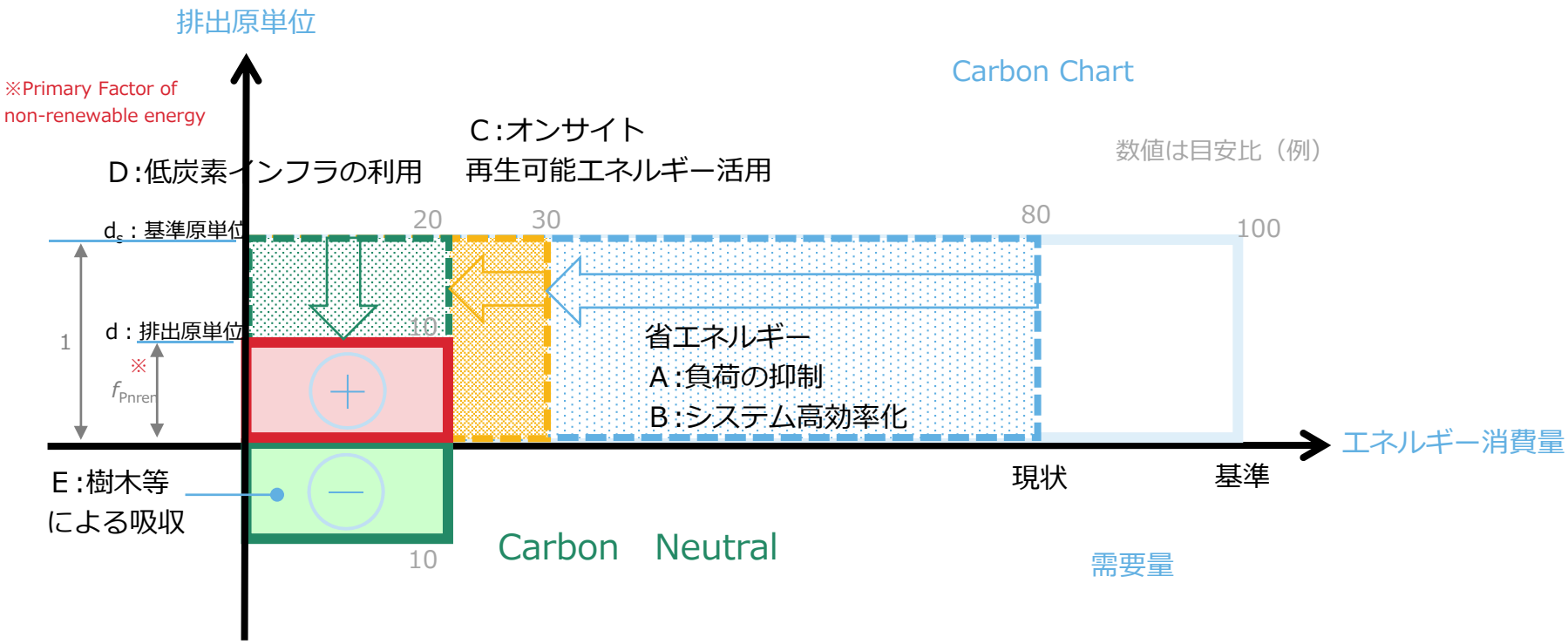
経済産業省の「脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会」

カーボンニュートラル実現へのアプローチ（1）



①省エネルギー（負荷の抑制×エネルギーの高効率化）
②オンサイト再生可能エネルギーの活用
③オフサイト再生可能エネルギーの利用（低炭素インフラの利用）

カーボンニュートラル実現へのアプローチ（2）



A：負荷を抑制する（断熱を高める、自然エネルギー利用等）
B：システムを高効率化する（エネルギー効率を高める）
C：オンサイトの再生可能エネルギーを活用する（太陽光発電等）
D：低炭素インフラを利用する（排出原単位を小さくする）
E：樹木等により温室効果ガスを吸収・除去する

カーボンニュートラルの評価方法と実現の目安

需要側：オンサイトの取り組み × **供給側：オフサイトの取り組み**

A:負荷の抑制

B:システムの高効率化

C:オンサイト再生可能エネルギーの活用

D:低炭素インフラの利用
- **オフサイトの再生可能エネルギー**
- **カーボンニュートラル燃料等**

E:CO_2の吸収・除去

$$\left[a\ \text{負荷} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{負荷}}\ (b\ \text{エネルギー効率}) - c\ \text{オンサイト再生可能エネルギー活用量} \right] \times \frac{CO_2\ \text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}} \times f_{Pnren}\ ※ \fallingdotseq e\ CO_2\text{吸収量・除去量}$$

d　排出原単位

※Primary Factor of non-renewable energy

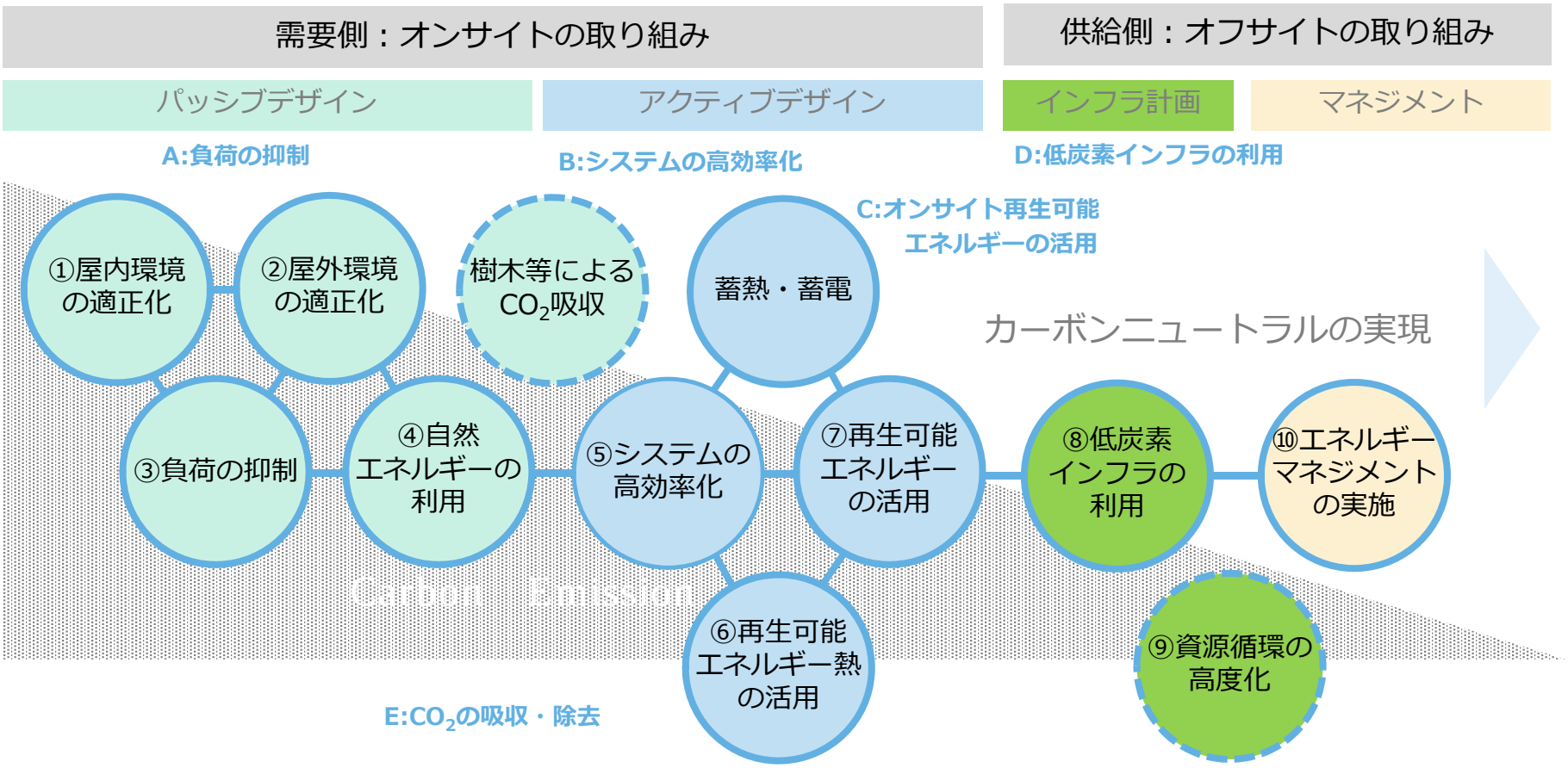
d_s：基準排出原単位

カーボンニュートラル実現の目安（目標設定例）

$$\left[\underset{\text{負荷40\%低減}}{0.6} \times \underset{\text{効率２倍相当}}{0.5} - \underset{\text{１／３再エネ活用}}{0.1} \right] \times \underset{\text{PF0.5相当}}{0.5} = \underset{\text{基準値の10\%相当}}{0.1}$$

省エネルギー率70%

カーボンニュートラル実現のためのデザインメソッド



カーボンニュートラル実現のためのデザインメソッド

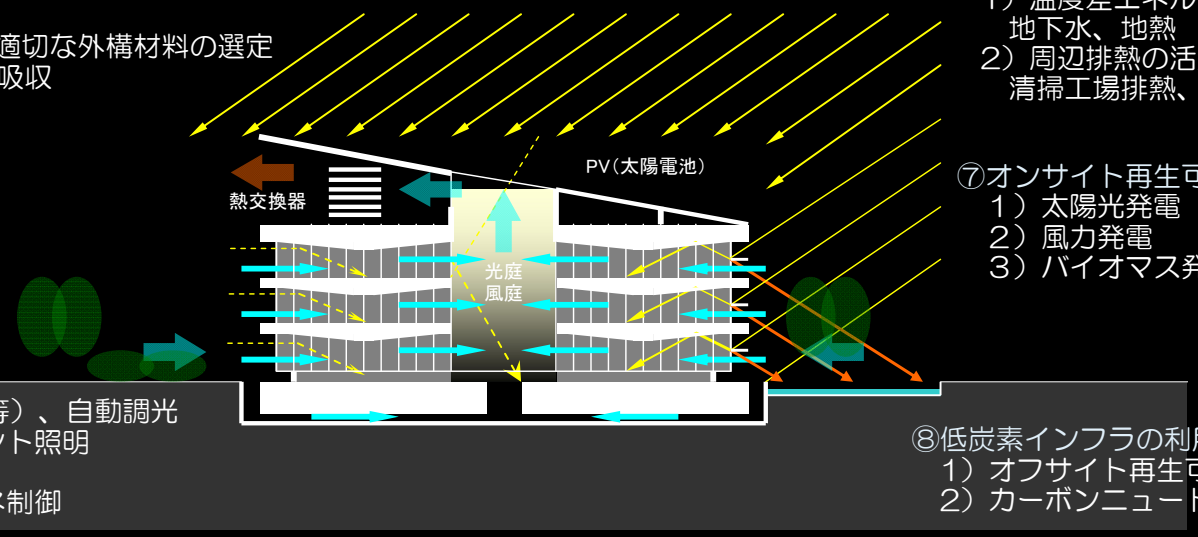
カーボンニュートラル実現のためのデザインメソッド

①屋内環境の適正化
1）温熱環境の適正化
適正な温湿度条件、放射、気流の考慮
2）光環境の適正化
適正な照度設定
3）空気質の適正化
適正な外気量設定、換気量設定

②屋外環境の適正化
1）建物配置の適正化
敷地内風通しの確保、適切な建物配置・方位
2）外構計画の適正化
緑地、水面の確保、適切な外構材料の選定
3）樹木等によるCO_2吸収

③負荷の抑制
1）日射の遮蔽
落葉樹等、建物形状による遮蔽
2）外皮の断熱強化
窓面積比の適正化、複層ガラス
ダブルスキン、屋上緑化
3）内部発熱の低減
待機電力の低減、クラウド化、ナイトパージ

④自然エネルギーの利用
1）自然採光
トップライト、ライトシェルフ、光ダクト
2）自然換気
重力式自然換気、風力式自然換気
3）地熱の利用
アースチューブ、地中熱ヒートポンプ
4）太陽熱の利用
パッシブ利用、アクティブ利用



⑤システムの高効率化
1）照明設備
高効率照明（LED等）、自動調光
タスク＆アンビエント照明
2）空調・換気設備
高効率機器、省エネ制御
3）熱源設備
高効率機器、高効率システムの採用
4）電気設備
高効率トランス、高効率配電方式
5）その他設備
高効率給湯、昇降機、節電衛生器具
6）制御
潜顕分離制御、ゼロエナジー制御

⑥再生可能エネルギー熱の活用
1）温度差エネルギーの活用
地下水、地熱
2）周辺排熱の活用
清掃工場排熱、下水処理水排熱

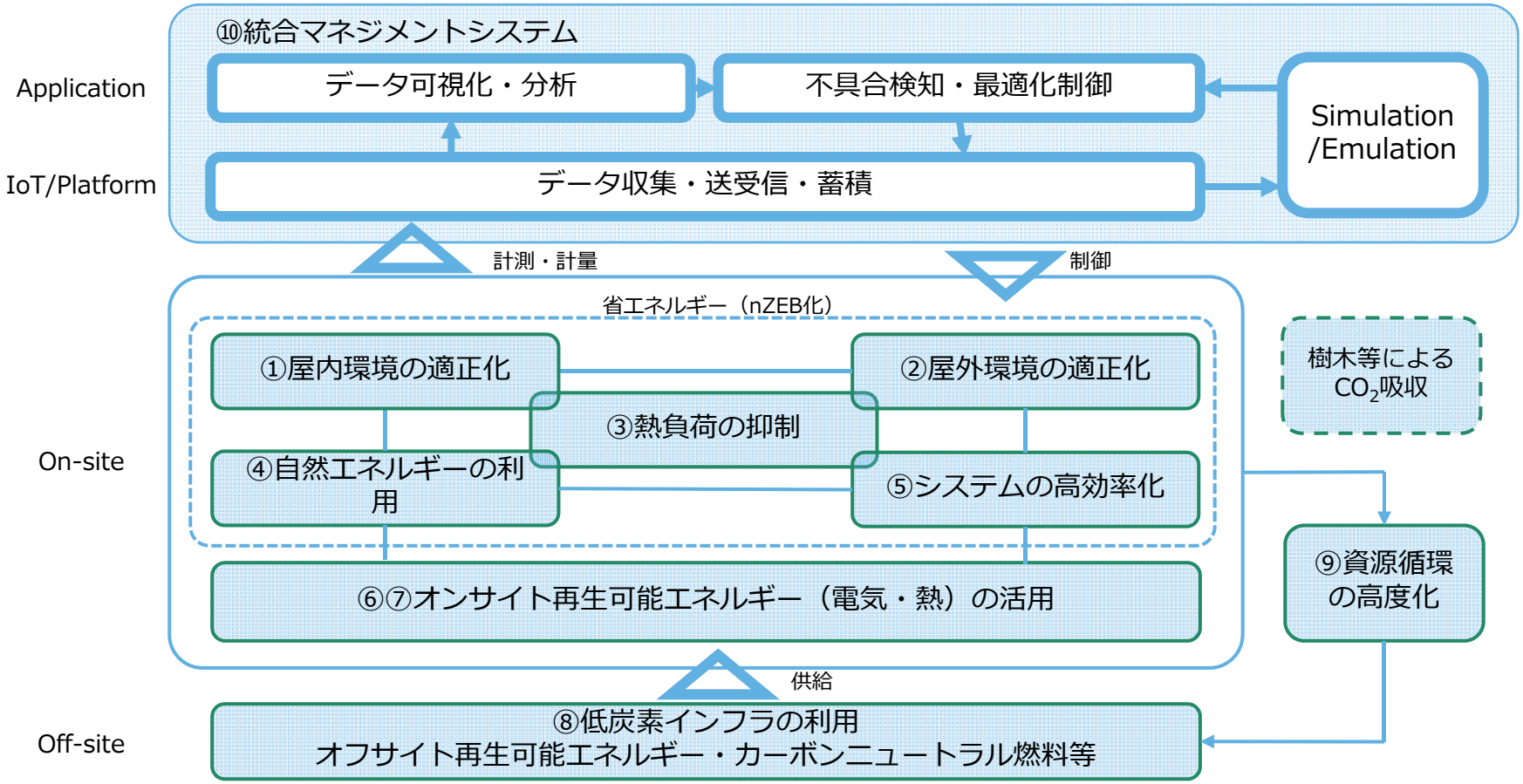
⑦オンサイト再生可能エネルギーの活用
1）太陽光発電
2）風力発電
3）バイオマス発電等

⑧低炭素インフラの利用
1）オフサイト再生可能エネルギー利用
2）カーボンニュートラル燃料の利用

⑨資源循環の高度化
1）水資源
2）材料
3）廃棄物
4）CO_2の吸着・除去

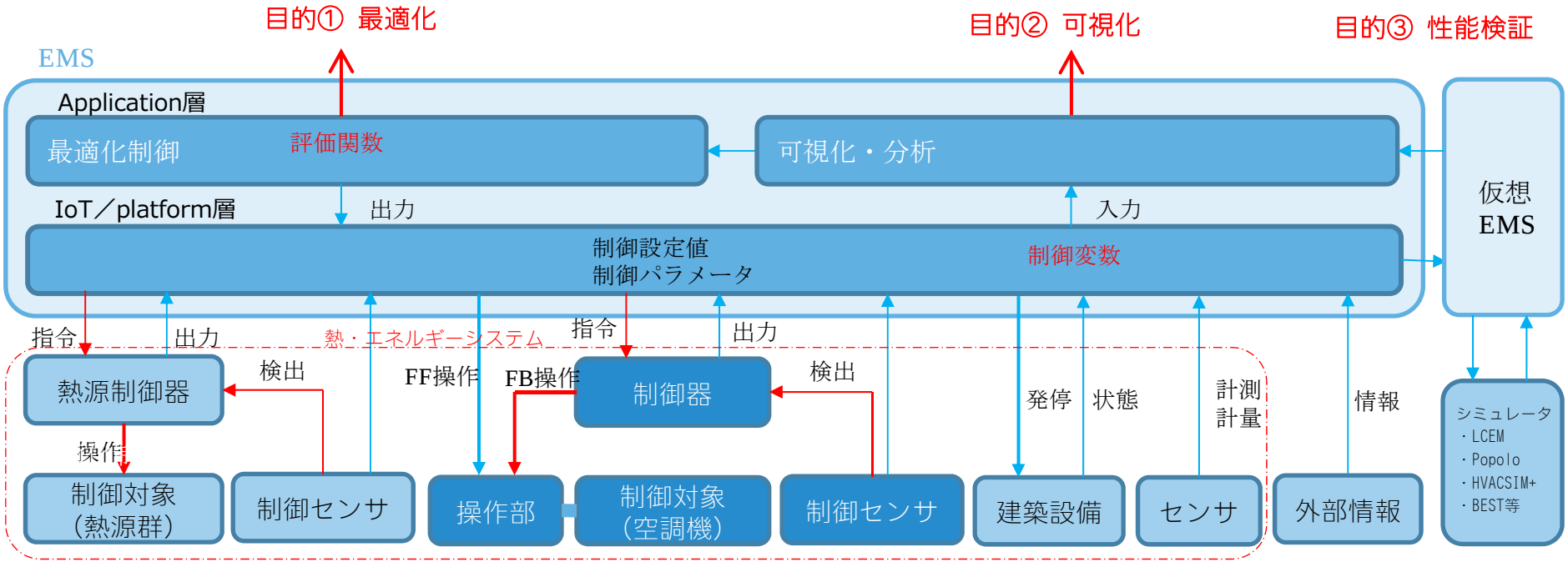
⑩エネルギーマネジメントの実施
1）統合EMSの構築
2）Cx・LCEMの実施
3）可視化・AI分析・最適化制御

カーボンニュートラル実現のための統合マネジメントシステム



カーボンニュートラル実現のための統合マネジメントシステム

統合マネジメントシステムの基本フレーム



・ヒートポンプ　・温度
・冷温水ポンプ　・流量

・コイル
・送風機

・温度
・湿度
・風速
・

・照明
・換気
・ＥＶ
・

・PMV
・CO_2濃度
・人流
・照度

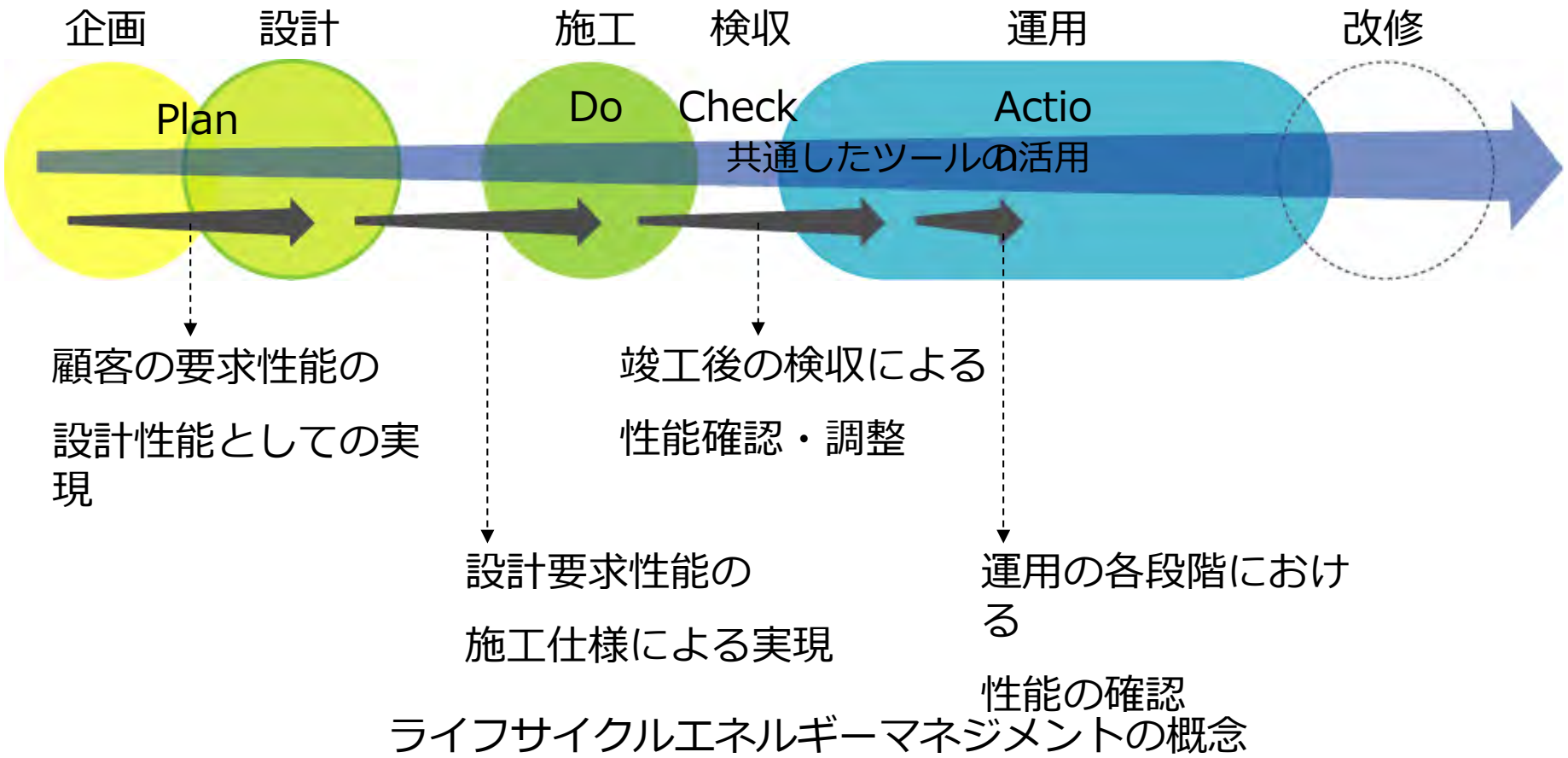
・気象条件
・スケジュール
・イベント情報
・

統合マネジメントシステムの基本フレーム

ライフサイクルエネルギーマネジメント

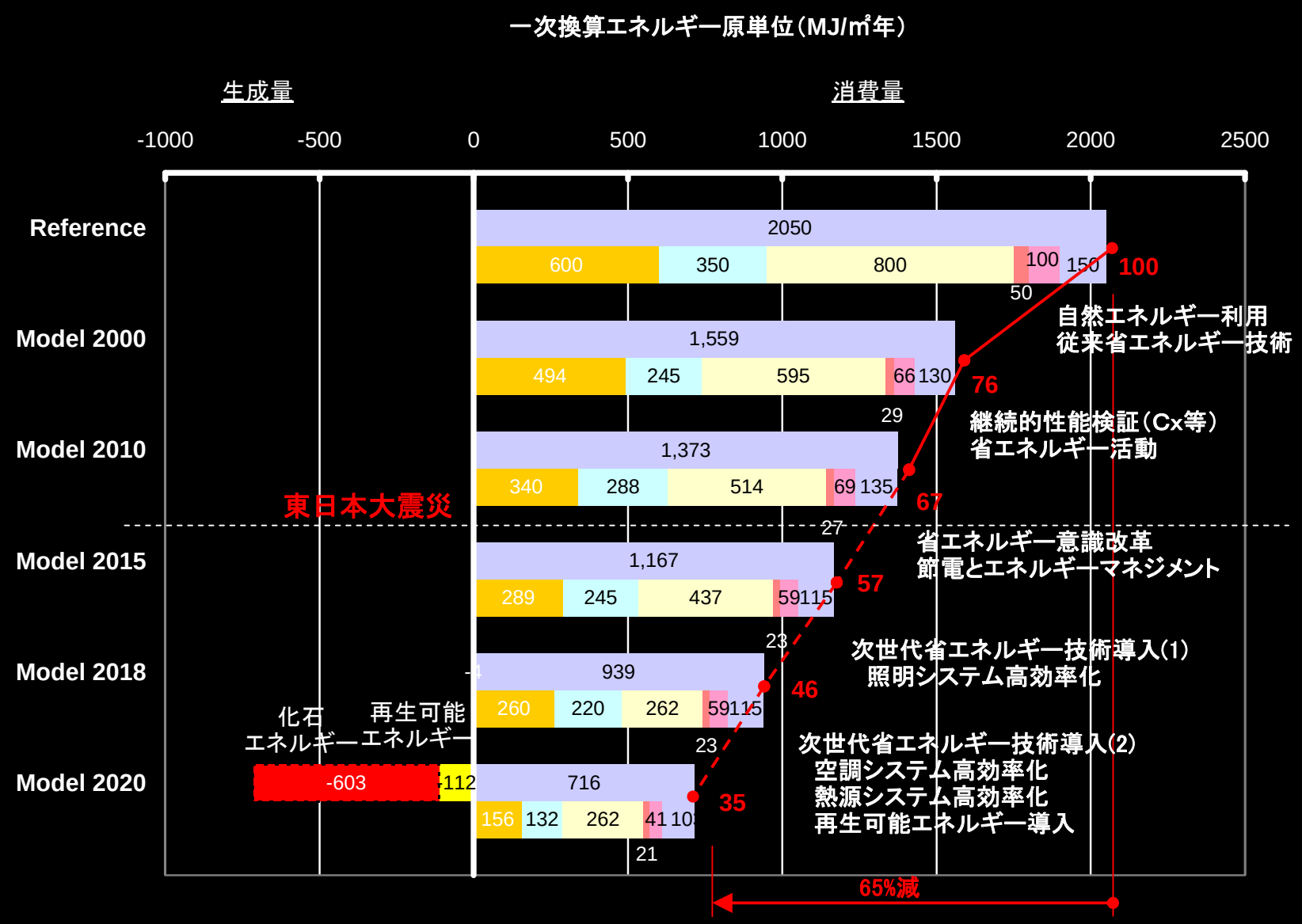
◆企画・設計～運用のライフサイクルのエネルギーマネージメントの普及が重要

◆現状では業務用ビルの一部を除き、同上の考えは殆ど適用されていない



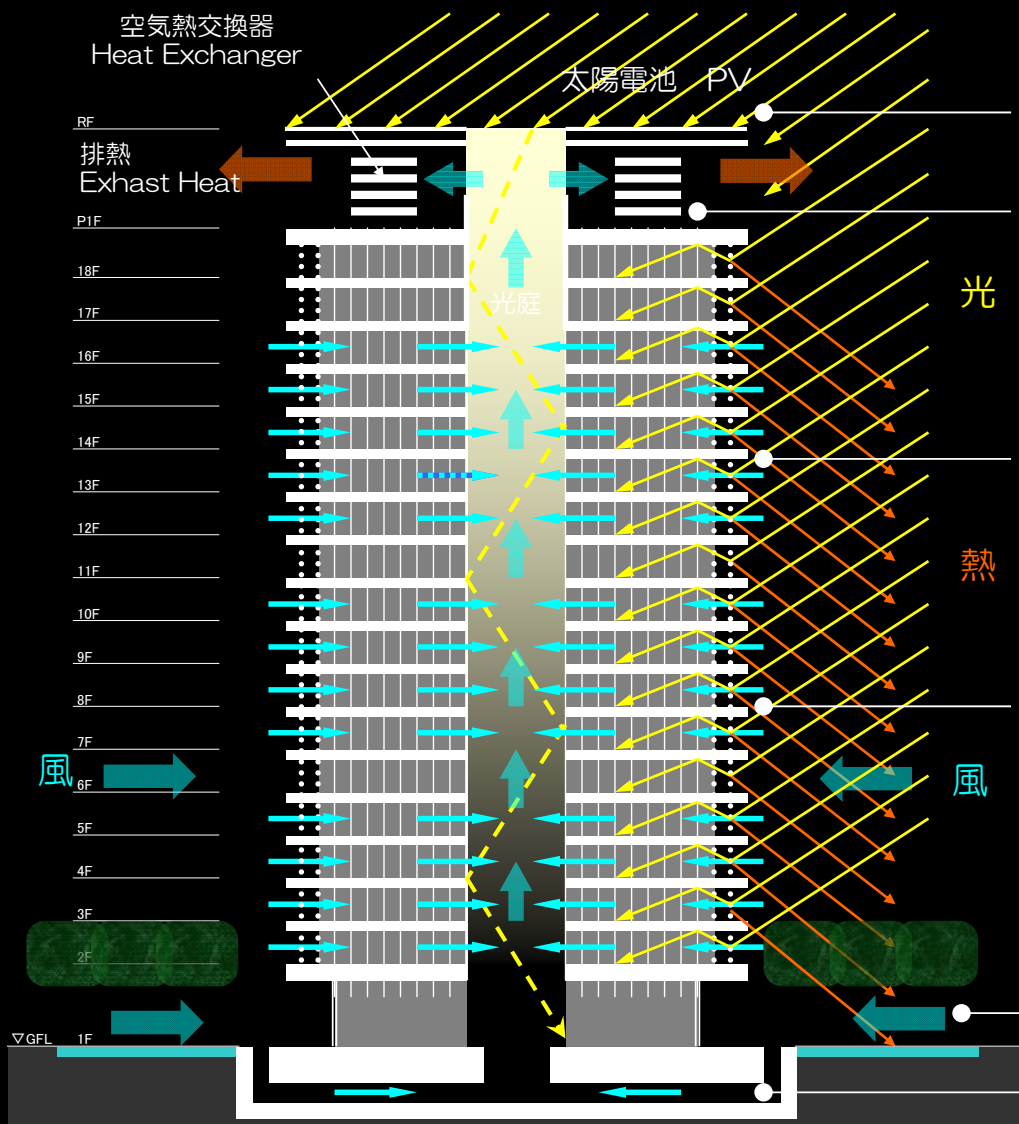
ライフサイクルエネルギーマネジメントの概念

今後の展望　ストック建築のカーボンニュートラル化



Copyrights (c) 2018 NSRI All rights reserved.

今後の展望　カーボンニュートラル建築は実現可能か？



■エネルギーを創る
ー発電する屋根ー

屋根や外壁の一部を建材一体型PV（太陽電池）とし、建物外皮を最大限に利用して太陽光発電を行う。

■熱をくみ上げる
ー吸熱・放熱する外皮ー

ペントハウスレベルに空気熱交換器をビルトインし、空調ヒートポンプの放熱（冬は吸熱）を効率的に行う。

■光を取り込み、熱を遮る
ー光と熱の選択ガラスー

ガラス面は、Low-eエアフローガラスに自動角度制御ブラインド、ライトシェルフ、光ダクト、ライトウェル（光庭）等を組み合わせることにより、熱を遮りつつ、光を建物奥深くに取り込む。

■風をよびこみ、熱を逃がす
ー呼吸する外皮ー

外気温度が建物内温度より低い場合、建物内温度上昇を感知して外皮から必要量の外気を導入する。そして、内外温度差によって光庭に生じる通風力によって建物全体を換気し、熱を逃がす。

■緑と水で冷やす
ークールトンネルー

緑と水の蒸発冷却で風を冷やす。

■大地の熱を使う
ーアースチューブー

地中空気熱交換器により、新鮮外気を冷却・加熱し、建物内に導く。

進化する高層建築のパッシブ制御技術と
再生可能エネルギーによるエネルギー自立型建築

Copyrights (c) 2018 NSRI All rights reserved.