

ZEBとウェルネス—これからの建築環境



早稲田大学建築学科・教授
スマート社会技術融合研究機構・機構長
田辺新一

快適性・健康性に関する研究



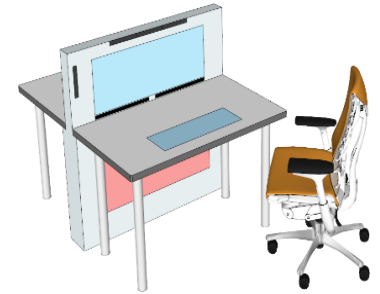
Activity Based Working



建材からの化学物質放散



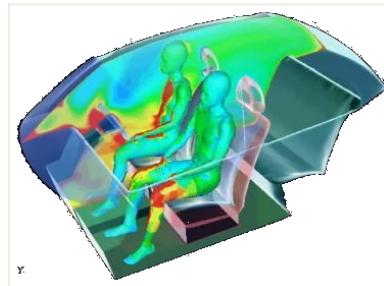
サーマルマネキン



空調家具



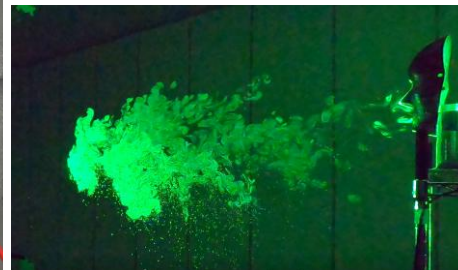
人体生理実験



人体モデル



コロナ対策



バイオフィリックデザイン



被験者実験

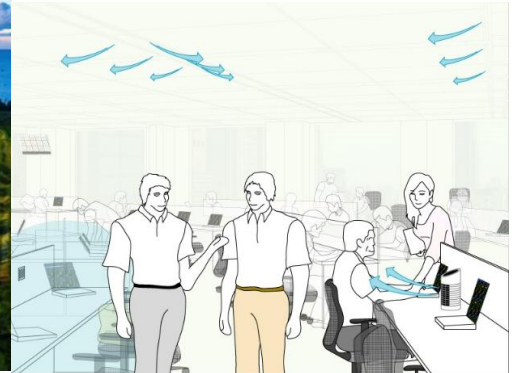
省エネルギーに関する研究



ネット・ゼロエネルギービル (ZEB)



空港計画



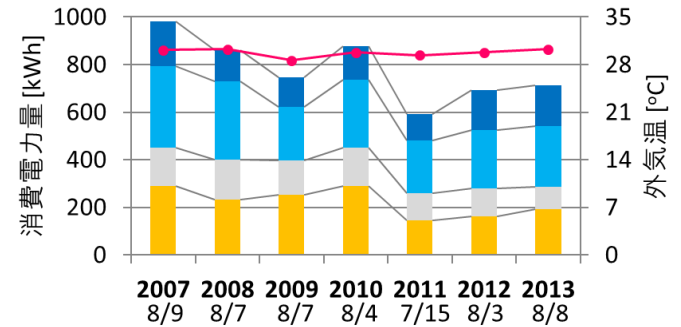
我慢をしないCOOL BIZ



農業分野のゼロエミッション化



ネット・ゼロ・エネルギーハウス (ZEH)



BEMSデータの解析・最適化

COP21(パリ協定) 2015



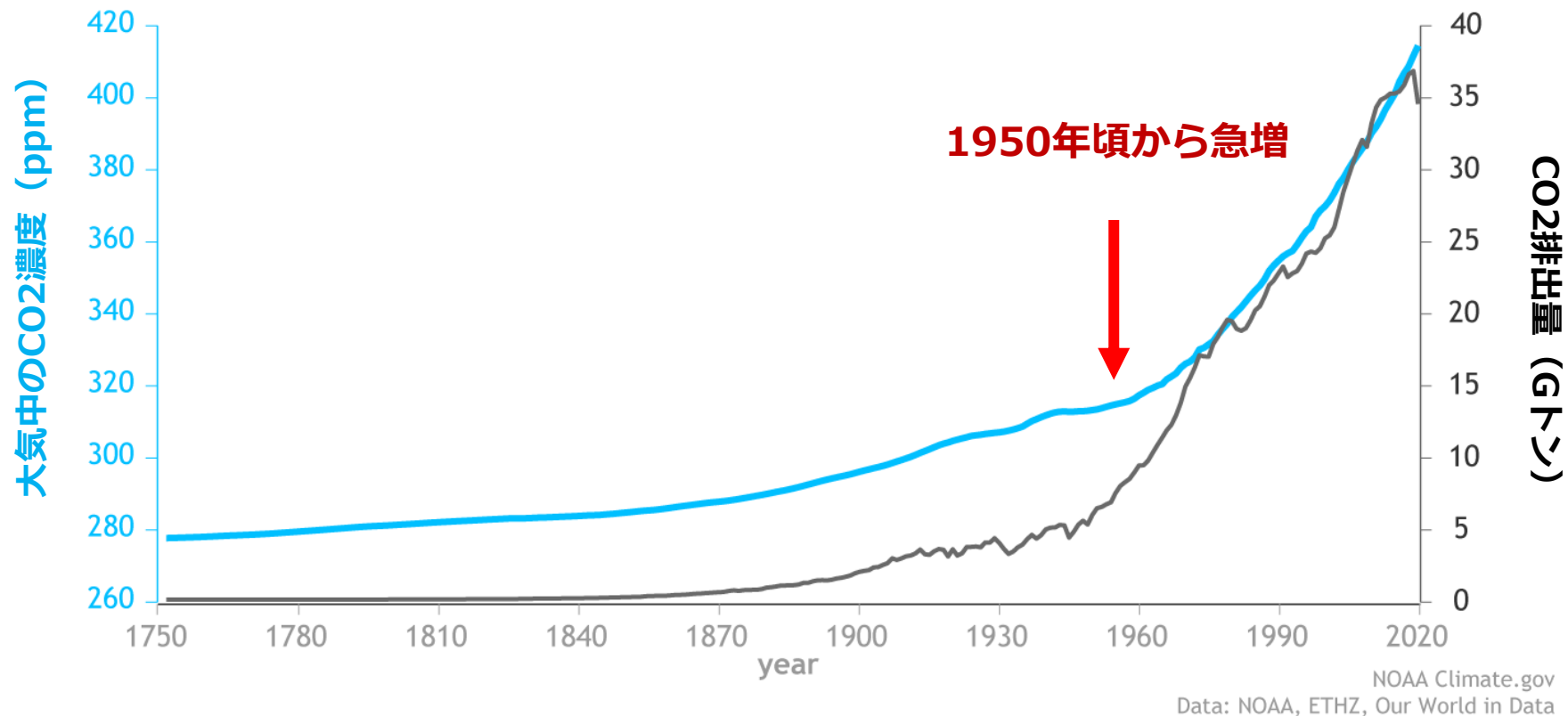
- ✓ **産業革命**前からの世界の平均気温上昇を**2°C**未満に抑える。
- ✓ 加えて、平均気温上昇**1.5°C**未満を目指す

<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>

産業革命とは

- ✓ 18世紀半ばから19世紀にかけて起こった一連の産業の変革と**石炭利用によるエネルギー革命**、それにともなう**社会構造の変革**
- ✓ 工場制機械工業が成立
- ✓ 蒸気船・鉄道による交通革命
- ✓ **近代住宅・建築・都市の出現**
- ✓ 一人あたりGDPの増加
- ✓ 世界人口の増加

産業革命からの大気中の二酸化炭素



- ✓ 1750年の産業革命以降、大気中の二酸化炭素濃度（青線）は人間からの排出量（灰色線）とともに増加
- ✓ 排出量は1950年までは年間約50億トンとゆっくりと増加してきたが、その後急増、年間350億トン以上になる

<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

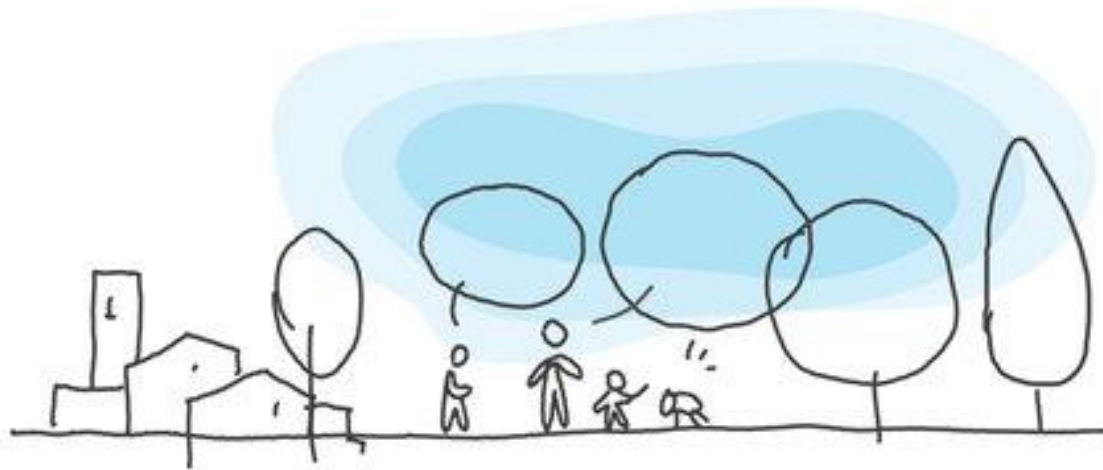
Bauhaus (バウハウス)

1926年に竣工したドイツにあるデッサウ校舎
鉄筋コンクリートとガラスを多用した革新的なデザイン
産業革命後の近代建築の象徴



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e1/Bauhaus.JPG/375px-Bauhaus.JPG>

New European Bauhaus



New European Bauhaus
beautiful | sustainable | together



<https://www.german-design-council.de/aktivitaeten/new-european-bauhaus>

環境対策



産業・社会構造の変革

2024年12月27日～2025年1月26日パブコメ

→2025年2月18日 閣議決定

<p>エネルギー基本計画</p> <p>令和7年2月</p>	<p>地球温暖化対策計画</p> <p>令和7年2月18日 閣議決定</p>	<p>GX2040ビジョン ～脱炭素成長型経済構造移行推進戦略 改訂～</p> <p>令和7年2月</p>
--------------------------------	--	---

エネルギー基本計画

地球温暖化対策計画

GX2040ビジョン

https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/250218.html>

<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218004/20250218004.html>

2024年5月15日から議論開始



分科会長

隅修三
伊藤麻美
遠藤典子
工藤禎子
黒崎健
河野康子
小堀秀毅
澤田純
杉本達治
高村ゆかり
武田洋子
田辺新一
寺澤達也
橋本英二
村上千里
山内弘隆

東京海上日動火災保険株式会社相談役
日本電鍍工業株式会社代表取締役
早稲田大学大学院教授
三井住友銀行取締役兼副頭取執行役員
京都大学複合原子力科学研究所所長・教授
日本消費者協会理事
旭化成株式会社取締役会長
日本電信電話株式会社代表取締役会長
福井県知事
東京大学未来ビジョン研究センター教授
三菱総合研究所 執行役員 (兼) 研究理事 シンクタンク部門長
早稲田大学理工学術院創造理工学部教授
日本エネルギー経済研究所理事長
日本製鉄株式会社代表取締役会長兼CEO
日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会 理事
一橋大学名誉教授

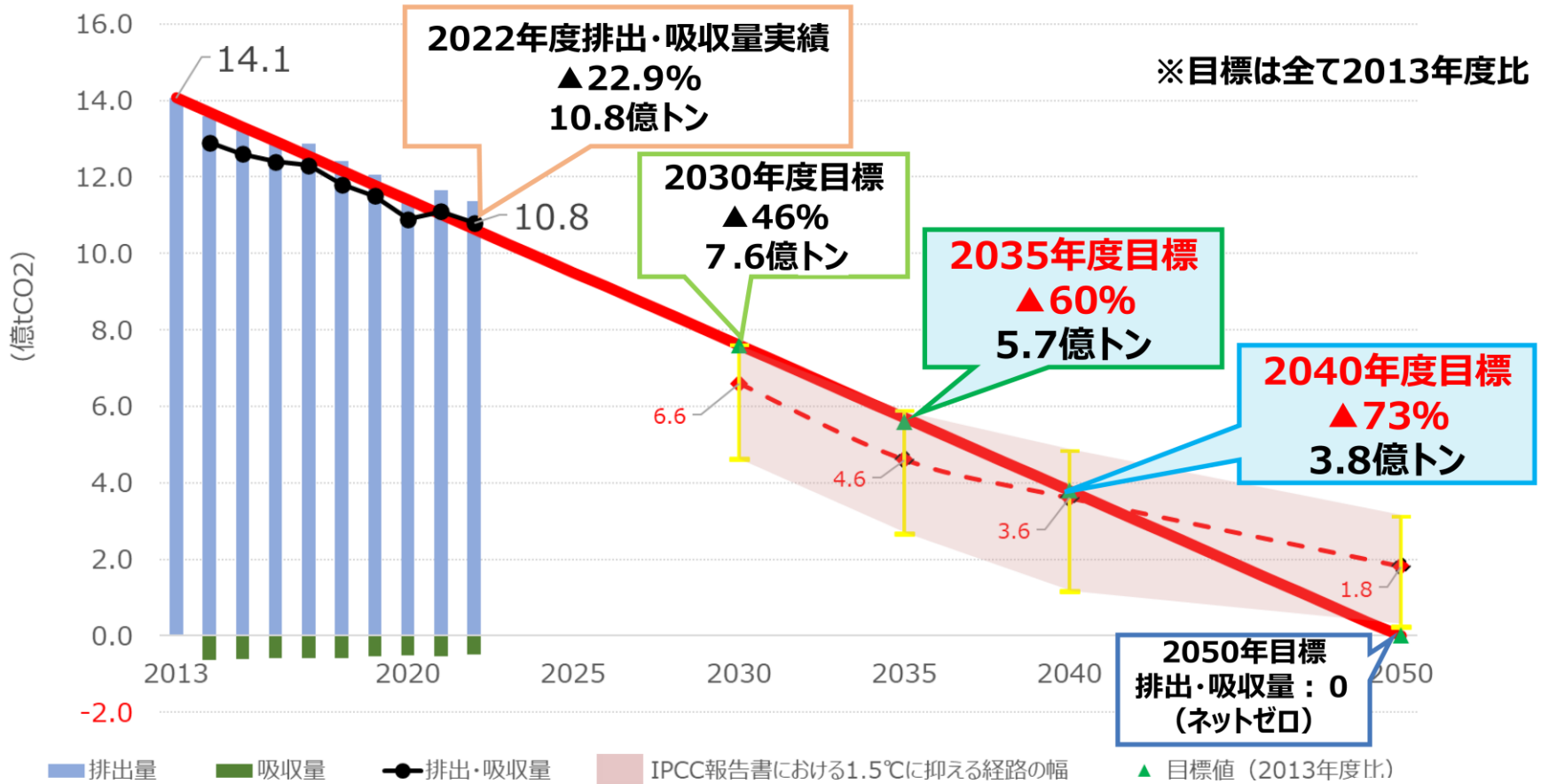
G7各国のエネルギー自給率

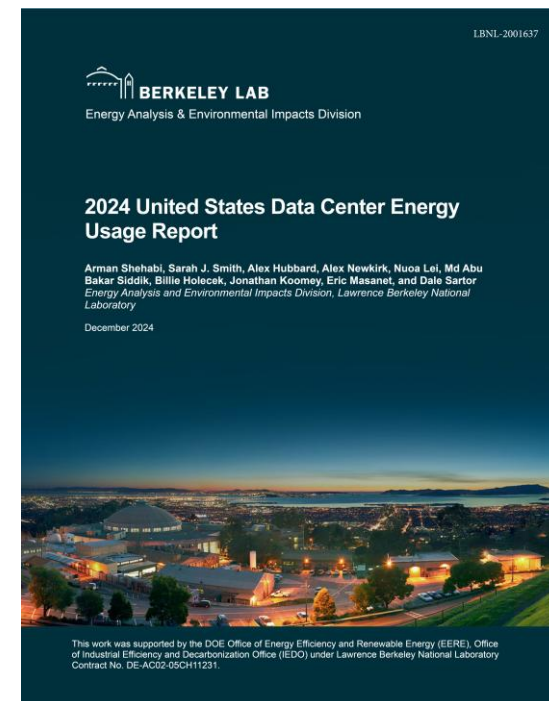
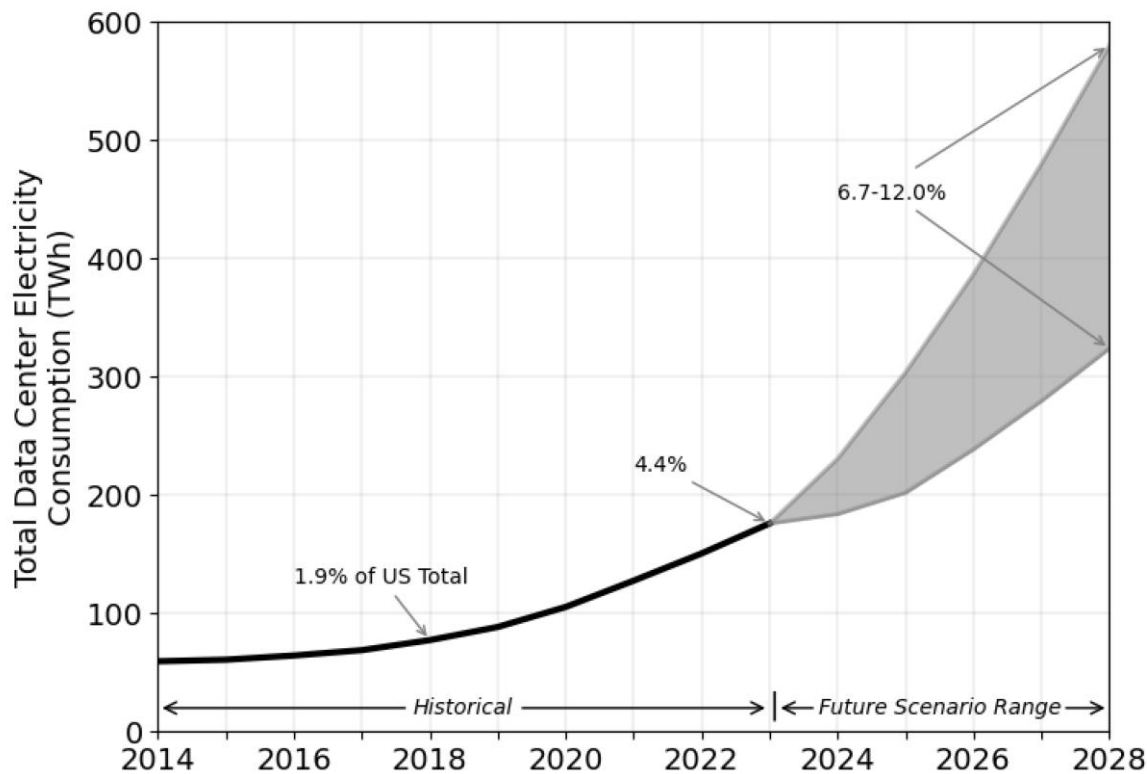
- ✓ 日本の一次エネルギー自給率は**13% (→15.2%)**と極めて低い
- ✓ エネルギー安全保障・食料安全保障の問題あり

	エネルギー自給率	食料自給率
日本	13%→15.2%	38%
米国	104%	121%
英国	63%	70%
フランス	54%	131%
ドイツ	35%	84%
イタリア	23%	58%
カナダ	186%	233%

第53回 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 (2023年6月28日)へ著者加筆
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/index.html

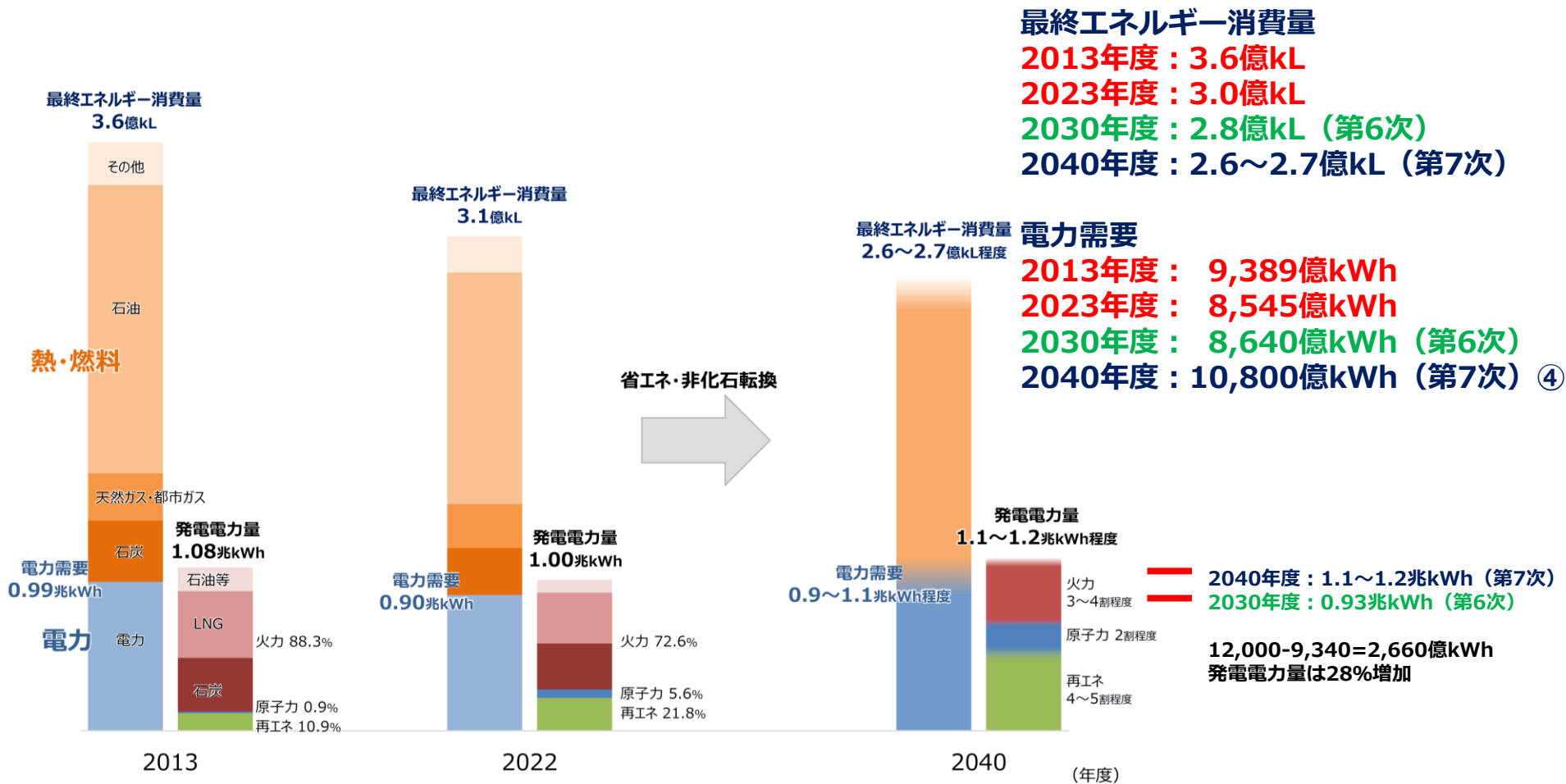
次期削減目標 (NDC) (案)





積み上げ方式による予測で2023→2028年で3倍

エネルギー需給の見通し（イメージ）



（注）左のグラフは最終エネルギー消費量、右のグラフは発電電力量であり、送配電損失量と所内電力量を差し引いたものが電力需要。

【参考】温室効果ガス別の排出削減・吸収量の目標・目安

【単位：100万t-CO₂、括弧内は2013年度比の削減率】

	2013年度実績	2030年度（2013年度比）※1	2040年度（2013年度比）※2
温室効果ガス排出量・吸収量	1,407	760（▲46%※3）	380（▲73%）
エネルギー起源CO ₂	1,235	677（▲45%）	約360～370（▲70～71%）
産業部門	463	289（▲38%）	約180～200（▲57～61%）
業務その他部門	235	115（▲51%）	約40～60（▲74～83%）
家庭部門	209	71（▲66%）	約40～60（▲71～81%）
運輸部門	224	146（▲35%）	約40～80（▲64～82%）
エネルギー転換部門	106	56（▲47%）	約10～20（▲81～91%）
非エネルギー起源CO ₂	82.2	70.0（▲15%）	約59（▲29%）
メタン（CH ₄ ）	32.7	29.1（▲11%）	約25（▲25%）
一酸化二窒素（N ₂ O）	19.9	16.5（▲17%）	約14（▲31%）
代替フロン等4ガス	37.2	20.9（▲44%）	約11（▲72%）
吸収源	-	▲47.7（-）	▲約84（-）※4
二国間クレジット制度（JCM）	-	官民連携で2030年度までの累積で1億t-CO ₂ 程度の国際的な排出削減・吸収量を目指す。我が国として獲得したクレジットを我が国のNDC達成のために適切にカウントする。	官民連携で2040年度までの累積で2億t-CO ₂ 程度の国際的な排出削減・吸収量を目指す。我が国として獲得したクレジットを我が国のNDC達成のために適切にカウントする。

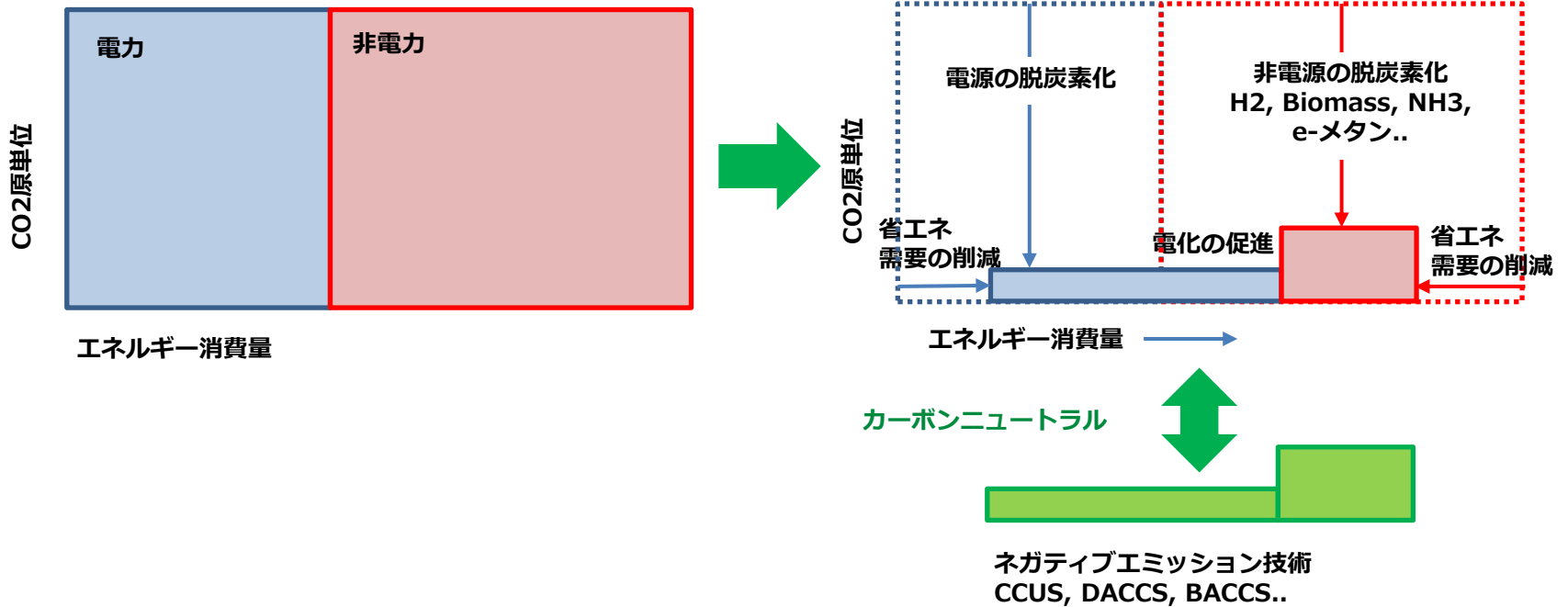
※1 2030年度のエネルギー起源二酸化炭素の各部門は目安の値。

※2 2040年度のエネルギー起源二酸化炭素及び各部門については、2040年度エネルギー需給見通しを作成する際に実施した複数のシナリオ分析に基づく2040年度の最終エネルギー消費量等を基に算出したもの。

※3 さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていく。

※4 2040年度における吸収量は、地球温暖化対策計画第3章第2節3（1）に記載する新たな森林吸収量の算定方法を適用した場合に見込まれる数値。

どのようにして脱炭素社会にするのか



省エネと需要の削減は同じ意味ではない！

$$0.7 \times 0.7 = 0.49$$

省エネ X 原単位の改善

$$\text{kWh} \times \text{CO}_2/\text{kWh} = \text{CO}_2$$

エネルギーの使用の合理化等に関する法律



**エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの
転換等に関する法律**

衆議院経済産業委員会省工不法関連法案審議 (2022年4月20日)



https://www.shugiintv.go.jp/jp/index.php?ex=VL&deli_id=53935&media_type=



https://www.shugiintv.go.jp/jp/index.php?ex=VL&deli_id=53935&media_type=

省エネ法の改正

(2022年5月13日成立、2023年4月1日施行)

- ① 非化石エネルギーを含むエネルギー全体の使用の合理化
- ② 非化石エネルギーへの転換の促進
- ③ デイマンドリスポンス等の電気の需要の最適化

2015年 建築物省エネ法

**エネルギーの使用の合理化等に関する法律
(省エネ法)**



建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律

BEI (Building Energy Index)

設計一次エネルギー消費量

BEI =

基準一次エネルギー消費量

1.0が最低基準、小さくなるほど良い！

太陽光発電



5kW = 20 パネル × 250W
1kW=5m² 設置には約10m² 必要

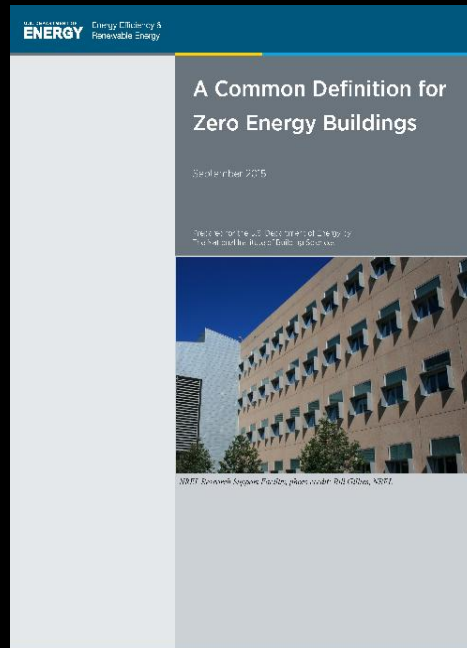
浮体式洋上風力（長崎・五島）



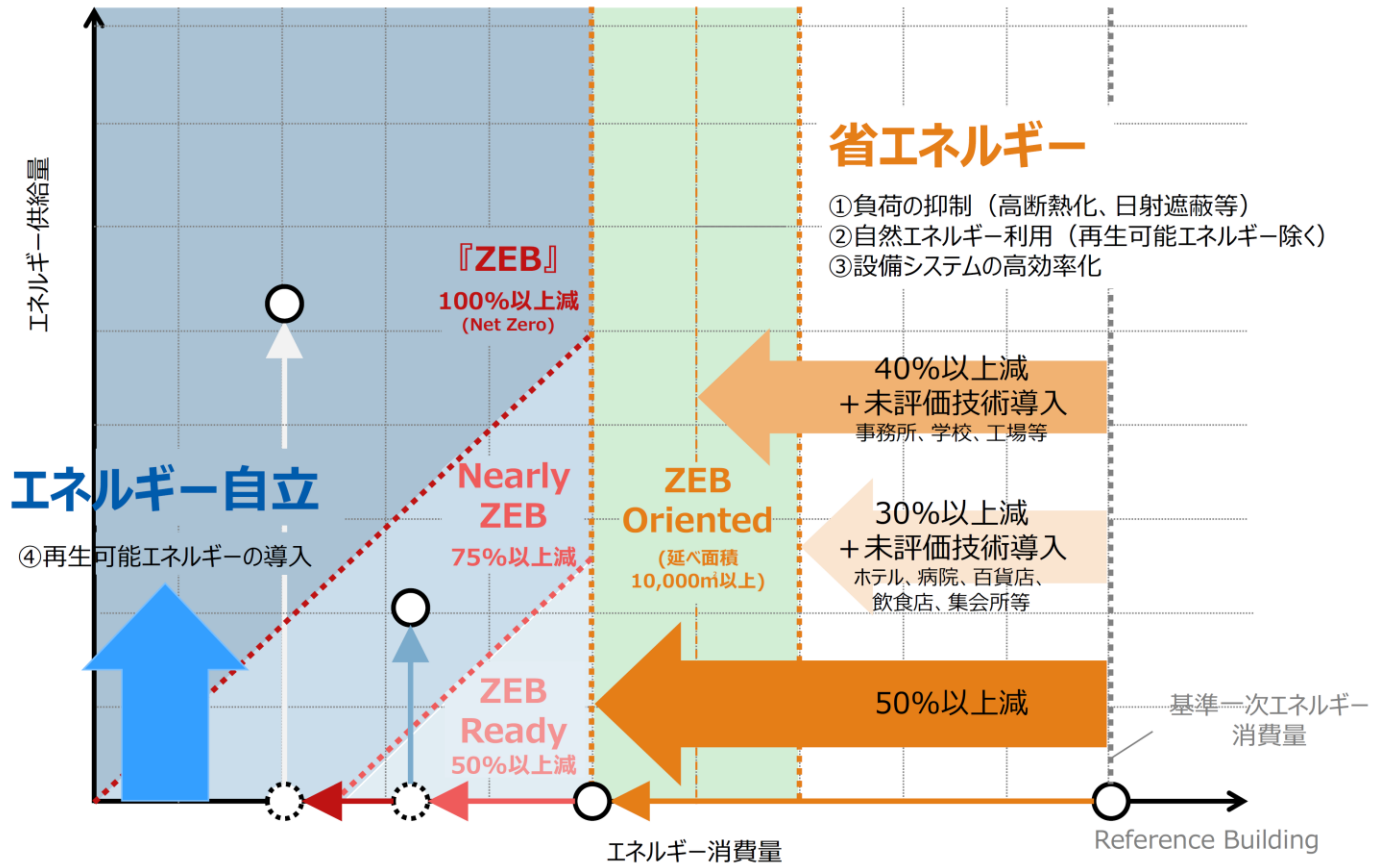
おはよう日本で解説してきました (2022年9月16日)



ZEB



ZEB (ネット・ゼロ・エネルギービル)



ZEB→ネット・ゼロ・エミッションビルへ

神奈川県・開成町

設計コンセプト

北部地域、南部地域の交流の拠点となり、周辺地域を含めた地域連携の中核拠点をなす人と人とのつながりを深める庁舎をつくります

開成町らしい“田舎モダンを象徴する庁舎”に向けて、自然環境を効率よく活用し、極めて高度に洗練された技術を備えた建築とします。自然光や通風を単に採り入れるのではなく、そこに高度な省エネ技術等を連携させることで、町内外に誇れる“低炭素型庁舎”として、町のブランディング・イメージに寄与するものとなります。その成果として新庁舎が町のシンボルとなり、人と人とのつながりを一層深める場となります。



北側エントランスイメージパース

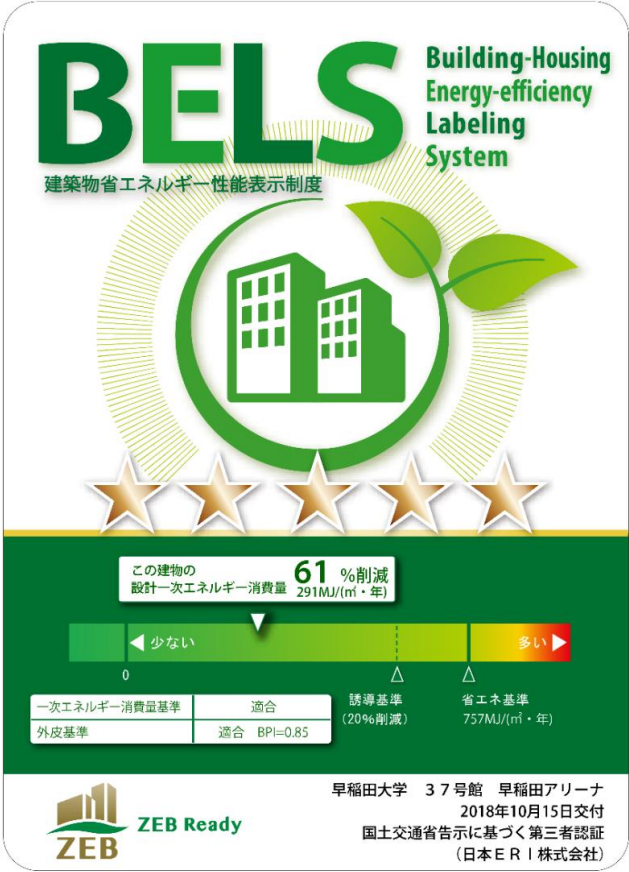
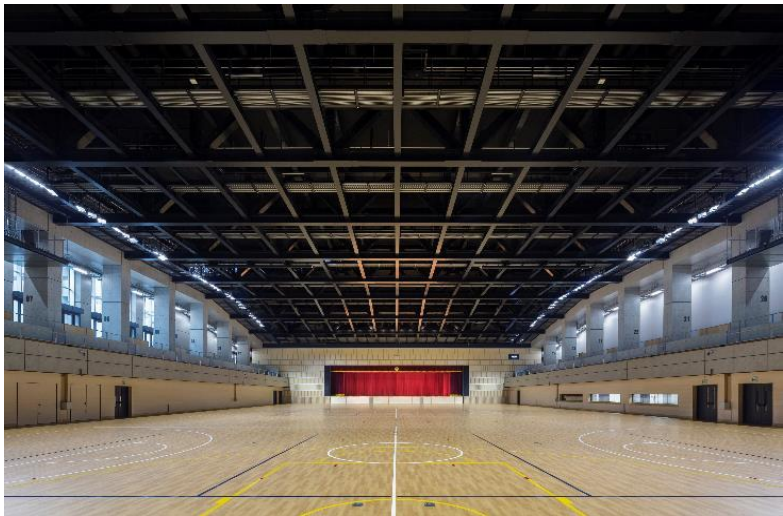
開成町は、開成町新庁舎の設計段階において、建築物省エネルギー性能表示制度（BELS）の「Nearly ZEB」及び「最高ランク☆☆☆☆☆」の認証を庁舎として全国で初めて取得した

公共建築では設計・施工のプロセスが大切

https://www.town.kaisei.kanagawa.jp/forms/info/info.aspx?info_id=9152から引用



早稲田アリーナ



2018年12月
山下設計
清水建設

ダイダン：支店をZEB化



2016年竣工 九州支社 ZEB Ready



2019年竣工 四国支店『ZEB』



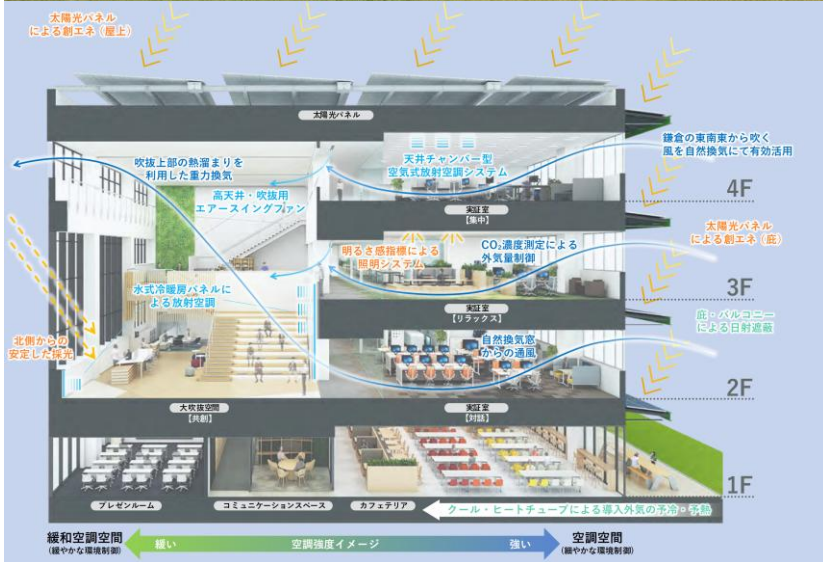
2021年竣工 北海道支店『ZEB』



2022年竣工 北陸支店 ZEB Ready

<https://www.daidan.co.jp/>

三菱電機ZEB関連技術実証棟「SUSTIE」



<https://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/randd/sustie/index.html>

横浜市役所



用途：事務所、集会所、物販店舗、飲食店舗、駐車場

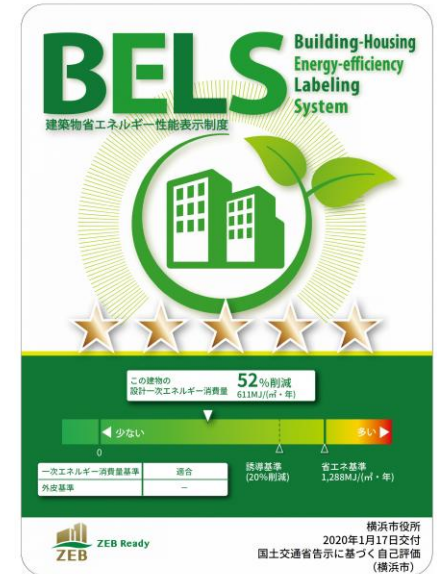
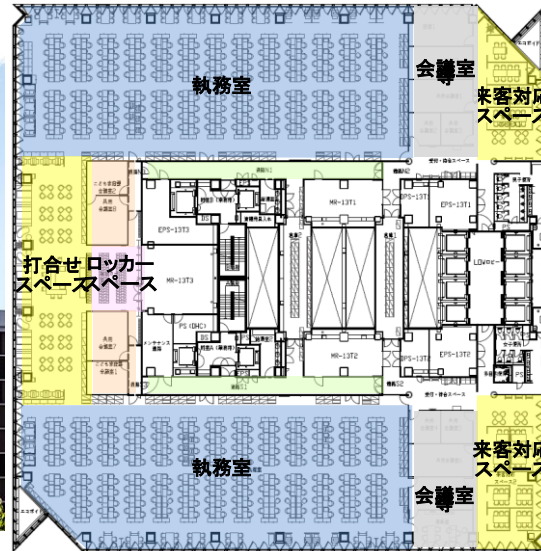
面積：敷地：13,143㎡，建築：7,941㎡，延床：142,582㎡

階数・構造：地下2階、地上32階、塔屋2階

工期：2017年8月～2020年5月

デザイン監修者：槇文彦、設計：竹中工務店・槇総合計画事務所

施工：竹中・西松建設共同企業体



資料：竹中工務店提供

高砂熱学工業イノベーションセンター

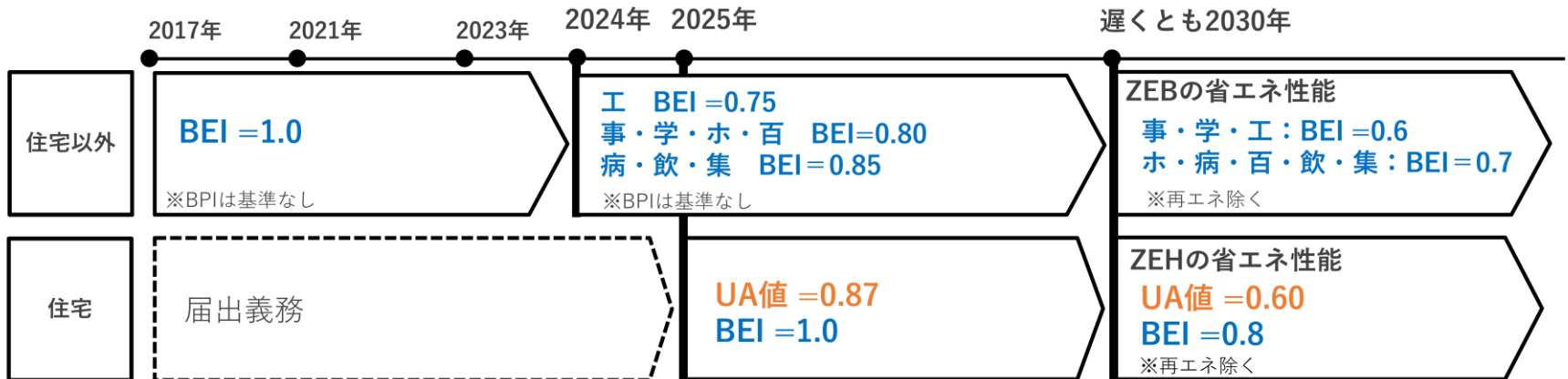


富山県氷見市新文化交流施設：ZEB認証を取得



国の省エネ基準（適合義務基準）

2000m²以上の大規模建築物と住宅の規制強化



※国の「脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策等のあり方・進め方」（令和3年8月）及び2省合同会議（令和4年6月及び7月）の資料より

※工：工場等、事：事務所等、学：学校等、ホ：ホテル等、百：百貨店等、病：病院等、飲：飲食店等、集：集会所

適合していない建築物は座礁資産になる可能性

全国知事会（2022年7月5日） 脱炭素・地球温暖化対策行動宣言

1. 都道府県が整備する新築建築物について、**ZEB Ready 相当(50% 以上の省エネ)**を目指します
2. 都道府県が新たに導入する公用車は、原則**電動車**を目指します
3. 都道府県有施設で使用する電力について、**再エネ電力**への切り替えに最大限取り組みます

「ひと」が輝くカーボンニュートラル社会へ



フランスの不動産屋の店頭表示

À VENDRE APPARTEMENT NANCY

PRIX* : 145 000 € - Honoraires charge vendeur
(*) Prix hors frais notariaux, d'enregistrement et de publicité foncière

EXCLUSIVITÉ

stéphaneplaza
immobilier

C'EST LE COEUR QUI PARLE

CLASSE ÉNERGIE

Consommation énergétique

5 à 10	A
11 à 15	B
16 à 20	C
21 à 25	D
26 à 30	E
31 à 40	F
41 à 50	G

Logement énergivore

CLASSE GES

Faible émission de GES

5 à 10	A
11 à 15	B
16 à 20	C
21 à 25	D
26 à 30	E
31 à 40	F
41 à 50	G

Faible émission de GES

→ **エネルギー**

→ **CO₂**

1 terrasse Jardin 0 m² 1 chambre 52 m² RDC 3 pièces

APPARTEMENT 3 pièces - 52 m²

VISITE VIRTUELLE 100% IMMERSIVE de ce bien : A découvrir sur notre site web ou en agence.
 NANCY - Rue de Metz, dans une petite copropriété récemment rénovée, découvrez cet Appartement type loft de 64 m², dont 52 m² Carrez, en second corps de bâtiment. Il est composé d'une grande pièce de vie avec cuisine ouverte meublée et équipée, une chambre, un bureau, une salle de bains, une buanderie.
 Calme et luminosité pour ce bien rare dans un esprit "petite maison de ville". A découvrir sans tarder !
 Réf. 2540.

Copropriété de 8 lots
 Charges courantes : 816 €/an
 Procédures en cours de syndicat de copropriété : Pas de procédure en cours

Votre contact

Charles DIDIER
 Directeur

06 71 22 54 79

Retrouvez l'ensemble des offres immo sur notre site
nancy.stephaneplazaimmobilier.com

撮影：田辺新一

英国不動産の環境規制



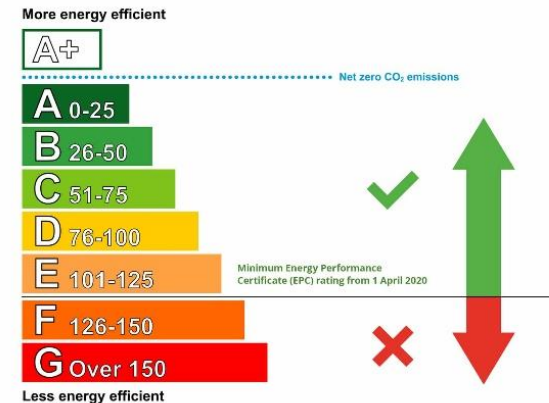
Department for
Business, Energy
& Industrial Strategy

- ✓ F, Gランクの建物は賃貸などができない
- ✓ 英国で2030年から環境規制強化により、EPCがBランク以上のみのビル以外は賃貸できなくなる方針
- ✓ しかし、オフィスストックのうち、EPCがB以上は20%程度しかない

The Non-Domestic Private Rented Sector Minimum Energy Efficiency Standards

Implementation of the EPC B Future Target

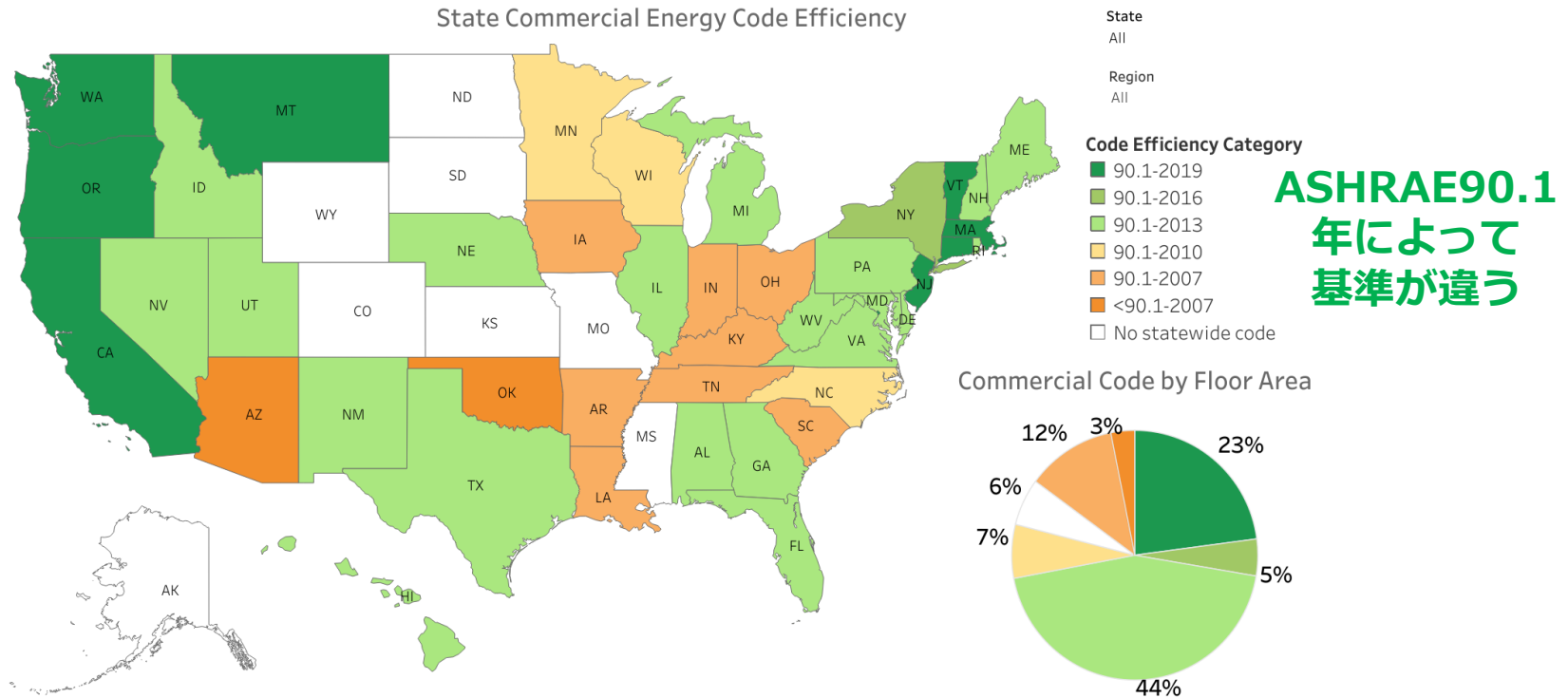
Closing date: 9 June 2021



<https://urpltd.co.uk/landlords-mees/>

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/970192/non-domestic-prs-mees-epc-b-future-trajectory-implementation

米国の各州建築物省エネ規制（非住宅建築物）

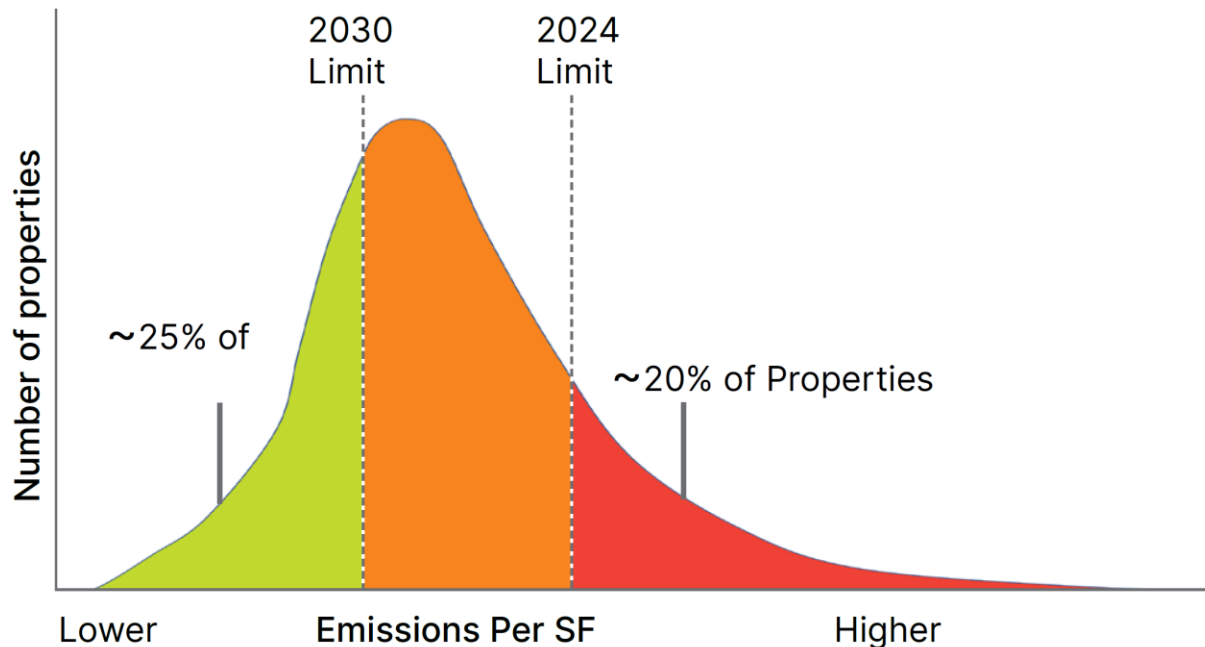


州によって規制値が大きく異なる、規制のない8州ある

<https://public.tableau.com/app/profile/doesbecp/viz/BECPStatusofStateEnergyCodeAdoption/ResidentialDashboard>

ニューヨーク市の規制（LL33+97）

- ✓ 2024年から原則25,000sft（約2,500m²）の建築物に対して排出規制を実施、60の用途に分類
- ✓ **2030年には更なる規制強化を行う**
- ✓ 対象は約50,000棟、住宅59%、非住宅41%をカバー
- ✓ 再生可能エネルギー等によるオフセット選択可能
- ✓ 年間排出量制限値と実排出量の差に**268ドルを乗じた罰金**



<https://www.nyc.gov/site/sustainablebuildings/ll97/local-law-97.page>

ニューヨーク市の規制 (LL33+LL97)

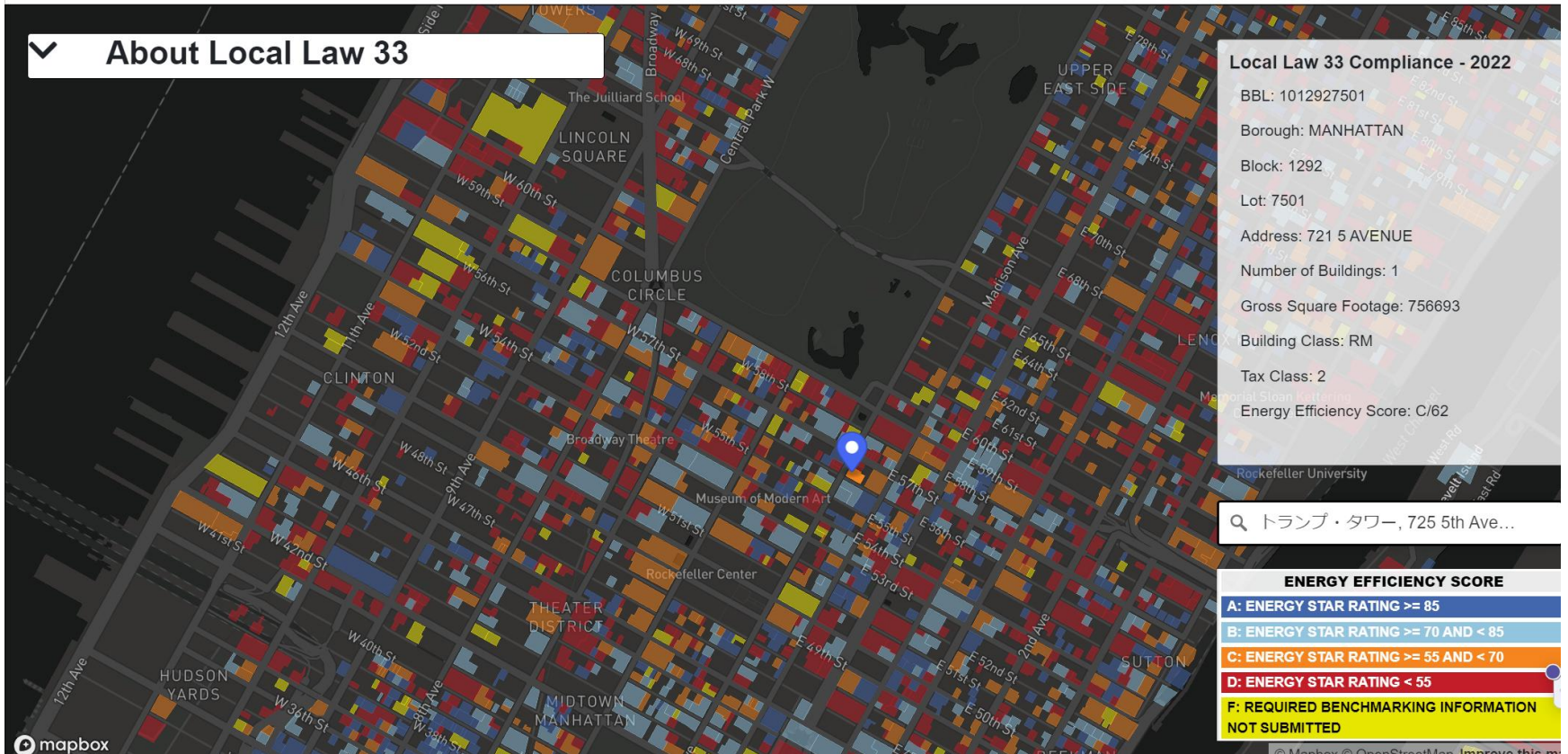
Sustainability Compliance Maps

LL97 | GHG Emission LL33 | Energy Grades



Terms of Use

▼ About Local Law 33



<https://www.nyc.gov/assets/sustainablebuildings/html/LL97-n-LL33-map.html>

建築物(住宅・非住宅)の販売・賃貸に携わる事業者の皆様へ

2023年11月版

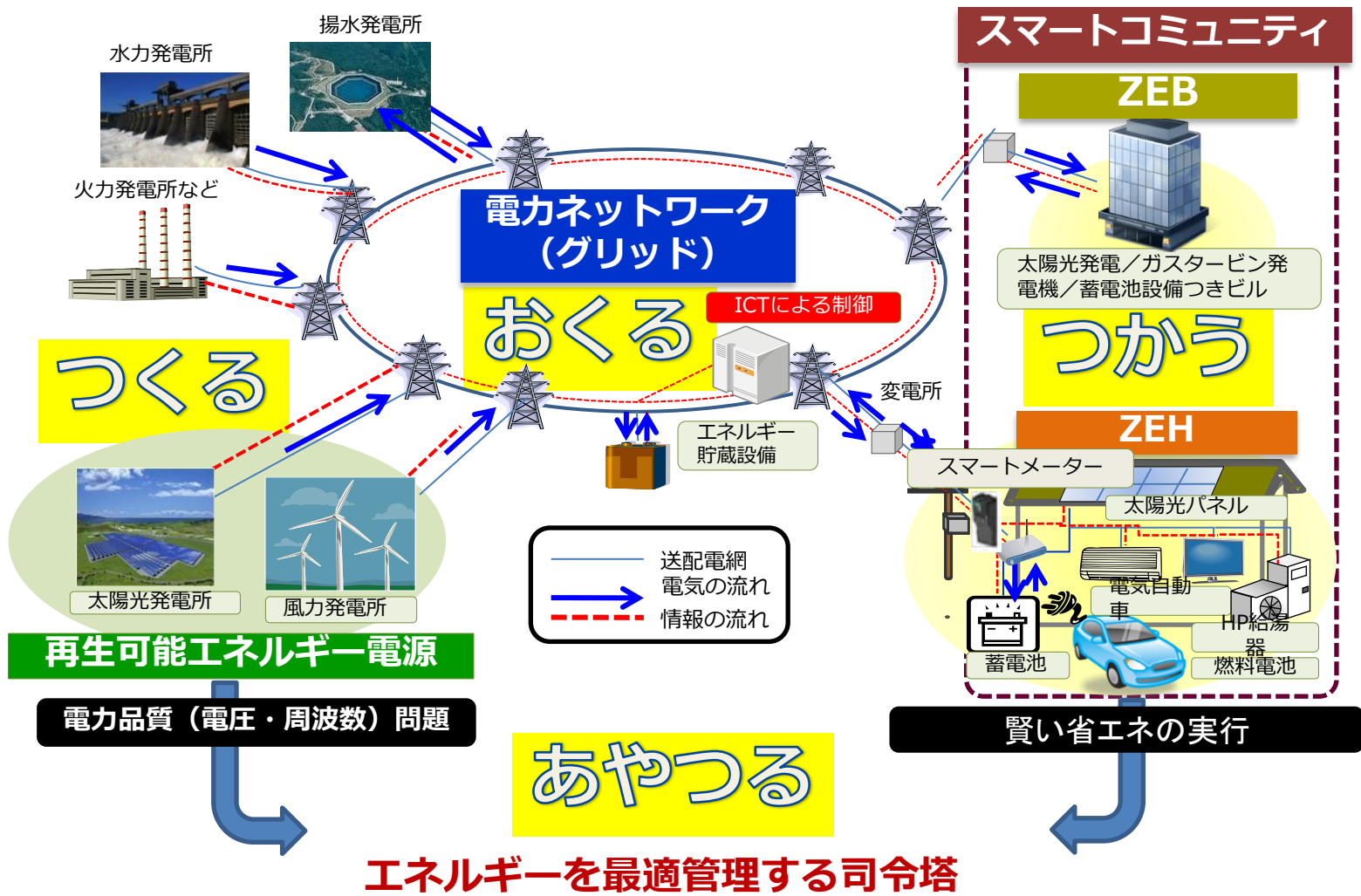
2024年4月以降、建築物の販売・賃貸時に 省エネ性能の表示が 求められます



省エネ性能表示制度の3つのポイント

- 1** **2024年4月から**、
新たな省エネ性能表示制度が始まります。
- 2** **建築物の販売・賃貸事業者**は、販売等の
際に省エネ性能の表示が求められます[※]。^{※努力義務}
- 3** 新築建築物の販売等の際は、**所定のラベル**を
広告等に表示する必要があります。(既存建築物についても表示を推奨)

変動型再エネを有効活用するには



早稲田大学スマート社会技術融合研究機構 (機構会長: 林泰弘 ACROSS <http://www.waseda.jp/across/>)

早稲田大学 新宿実証センターの設備



自動DRサーバ
(Open ADR 2.0b)



スマートハウス(4棟)



スマートメーター



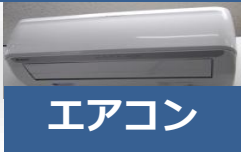
スマート
ガスメーター



配電システムシミュレータ
ANSWER



次世代HEMS



エアコン



PHV/EV 充電器



燃料電池



ヒートポンプ
給湯機



蓄電池



分電盤

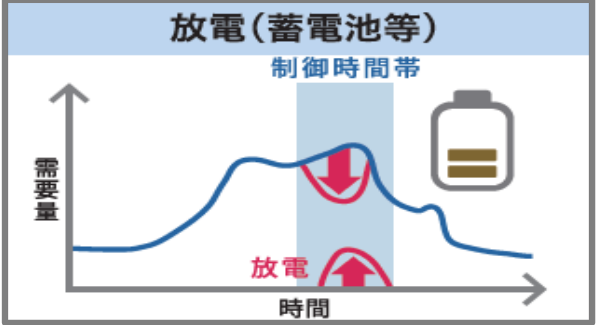


太陽光パワコン

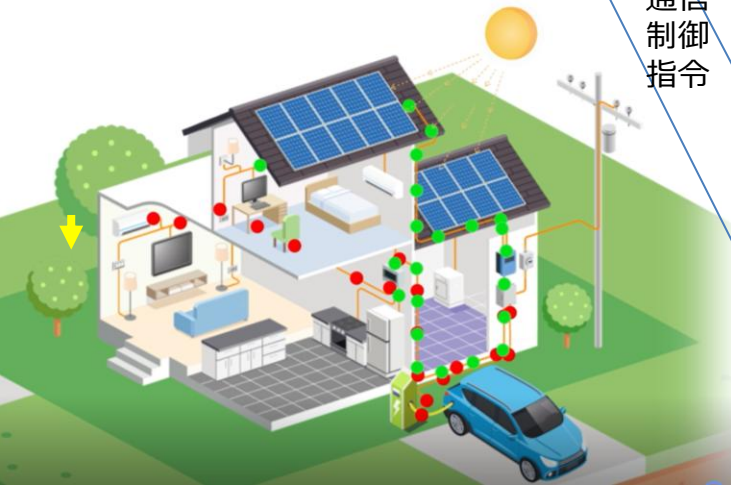
早稲田大学スマート社会技術融合研究機構 (機構会長: 林泰弘 ACROSS <http://www.waseda.jp/across/>)

需要削減のための最適需要制御

電気が不足するとき
(電気代の高騰時、停電時)

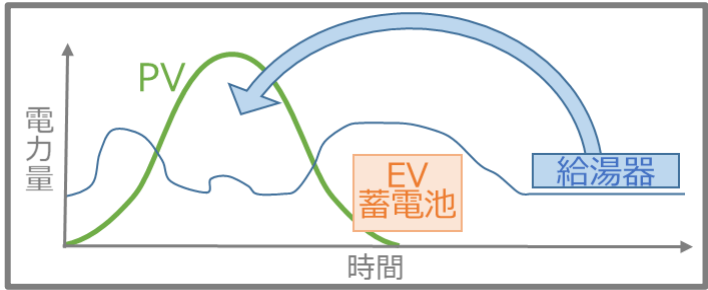


電気が足りないとき
(需要 > 発電)

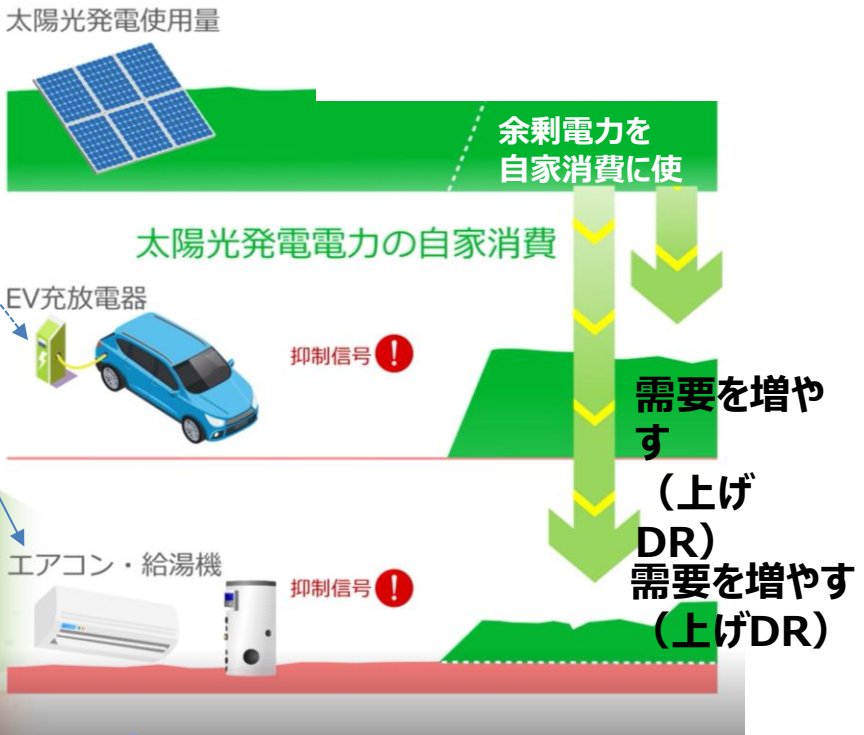


太陽光発電の最大利用のための最適需要制御

電気が余るとき (電気代の低廉時)



電気が余るとき
(需要 < 発電)



サプライチェーン排出量とは

事業者自らの排出だけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量を指す。つまり、原材料調達・製造・物流・販売・廃棄など、一連の流れ全体から発生する温室効果ガス排出量のこと



サプライチェーン排出量 = Scope1排出量 + Scope2排出量 + Scope3排出量

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/supply_chain.html

ホールライフカーボン (A1-A5, B1-B5, B6-B7, C1-C4, D)

EN15978, 2011

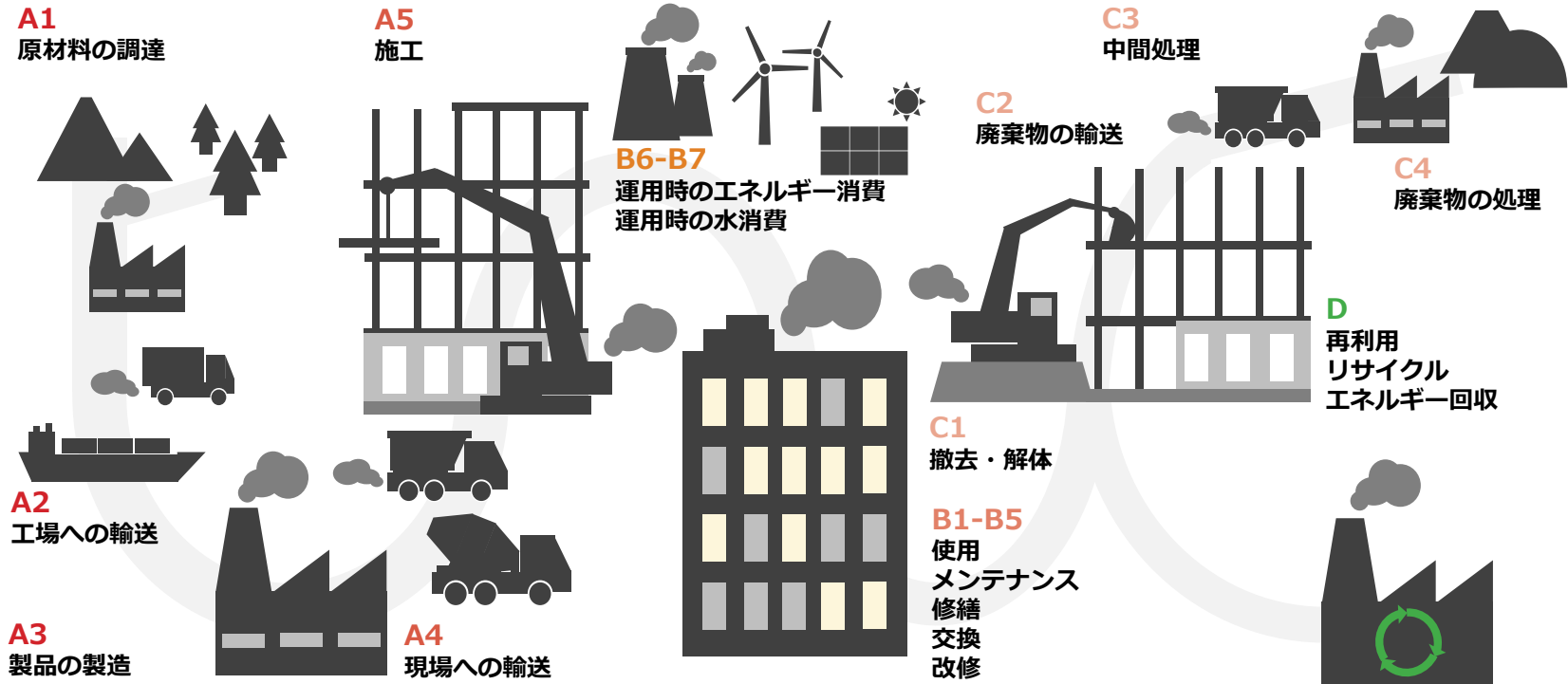
A1-A3:
資材製造段階

A4-A5:
建築施工段階

B1-B5, B6-B7:
使用段階

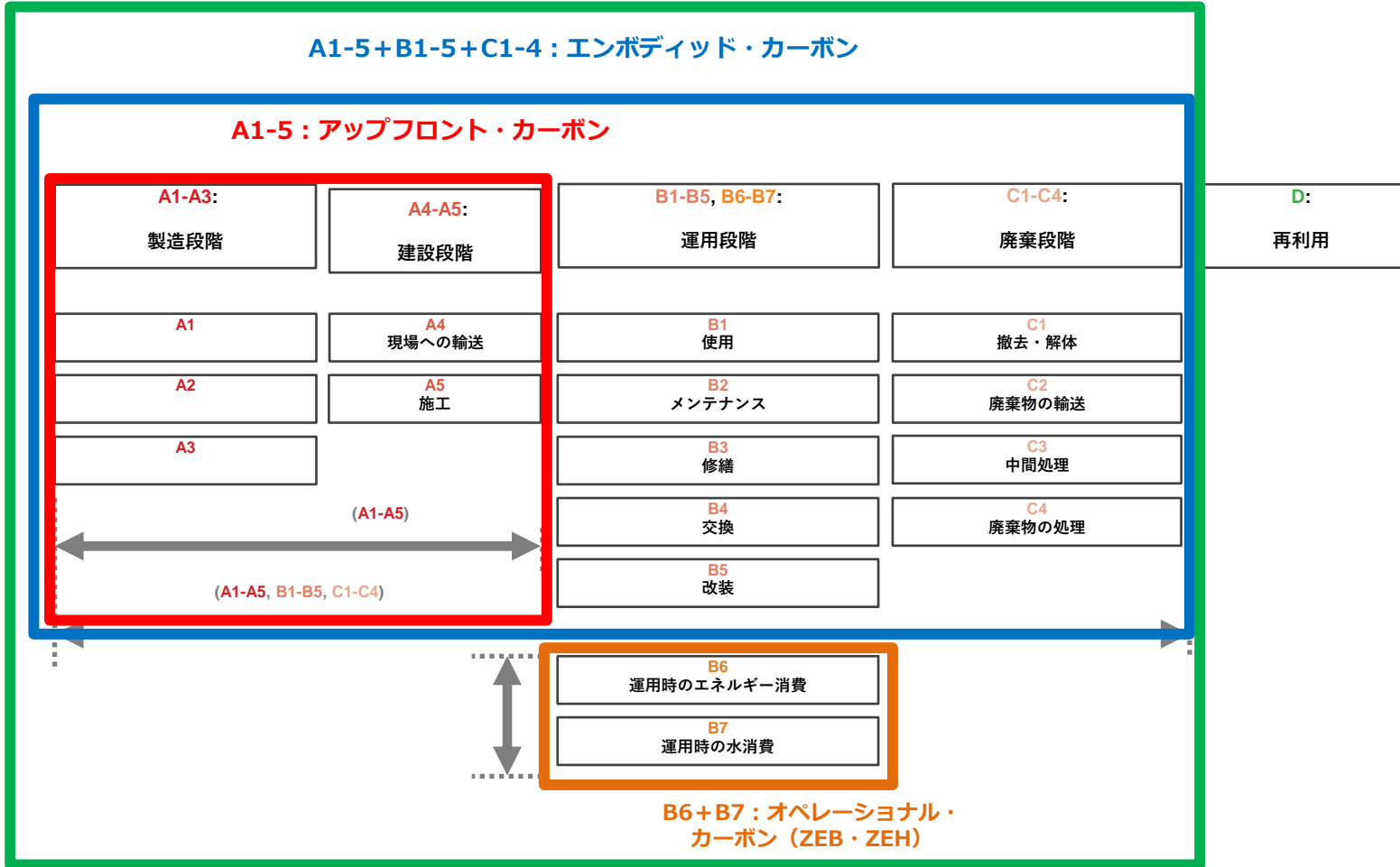
C1-C4:
解体段階

D:
リサイクル再利用

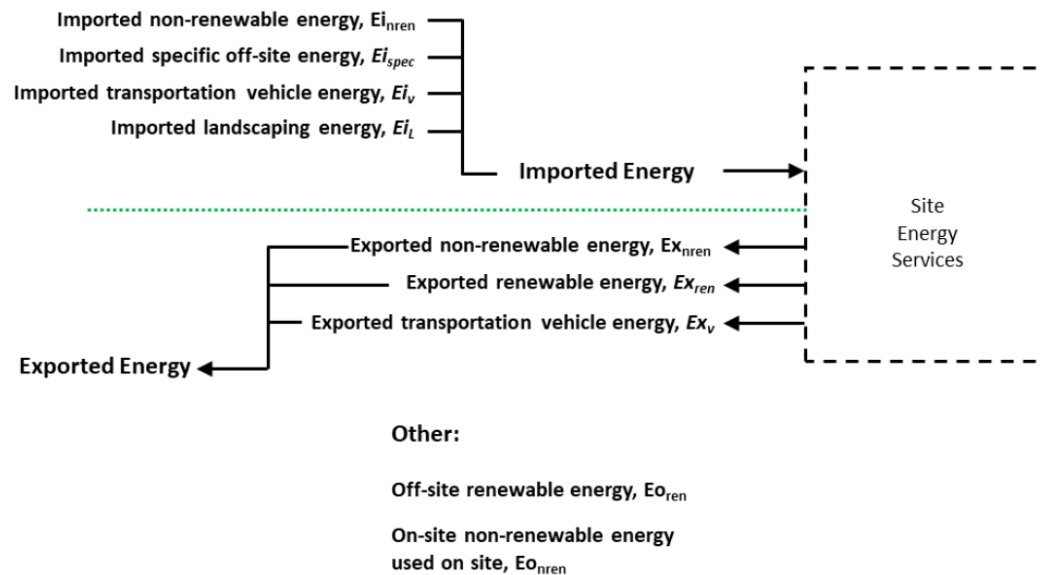
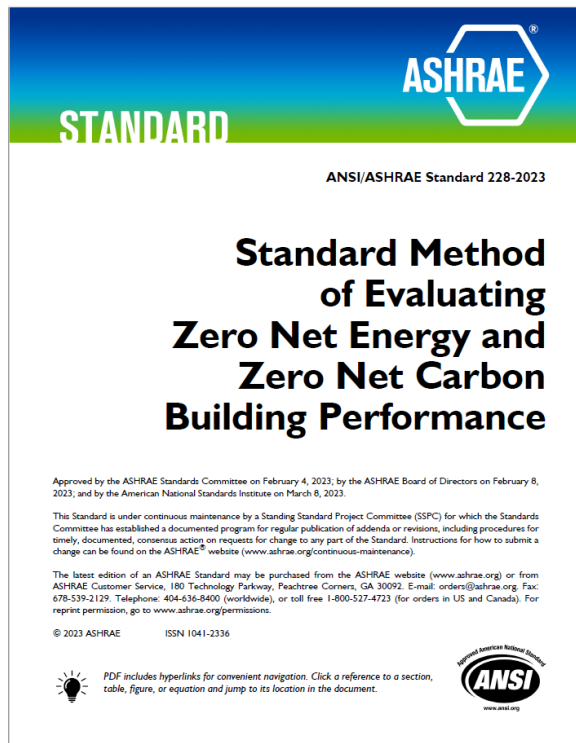


建物ライフサイクル全体でのCO₂排出量

A1-5+B1-7+C1-4 : ホール・ライフ・カーボン



ASHRAE / ANSI Zero Net Energy and Zero Net Carbon Building



新たな評価方法公開 : OC+冷媒リーク、LCAも記述

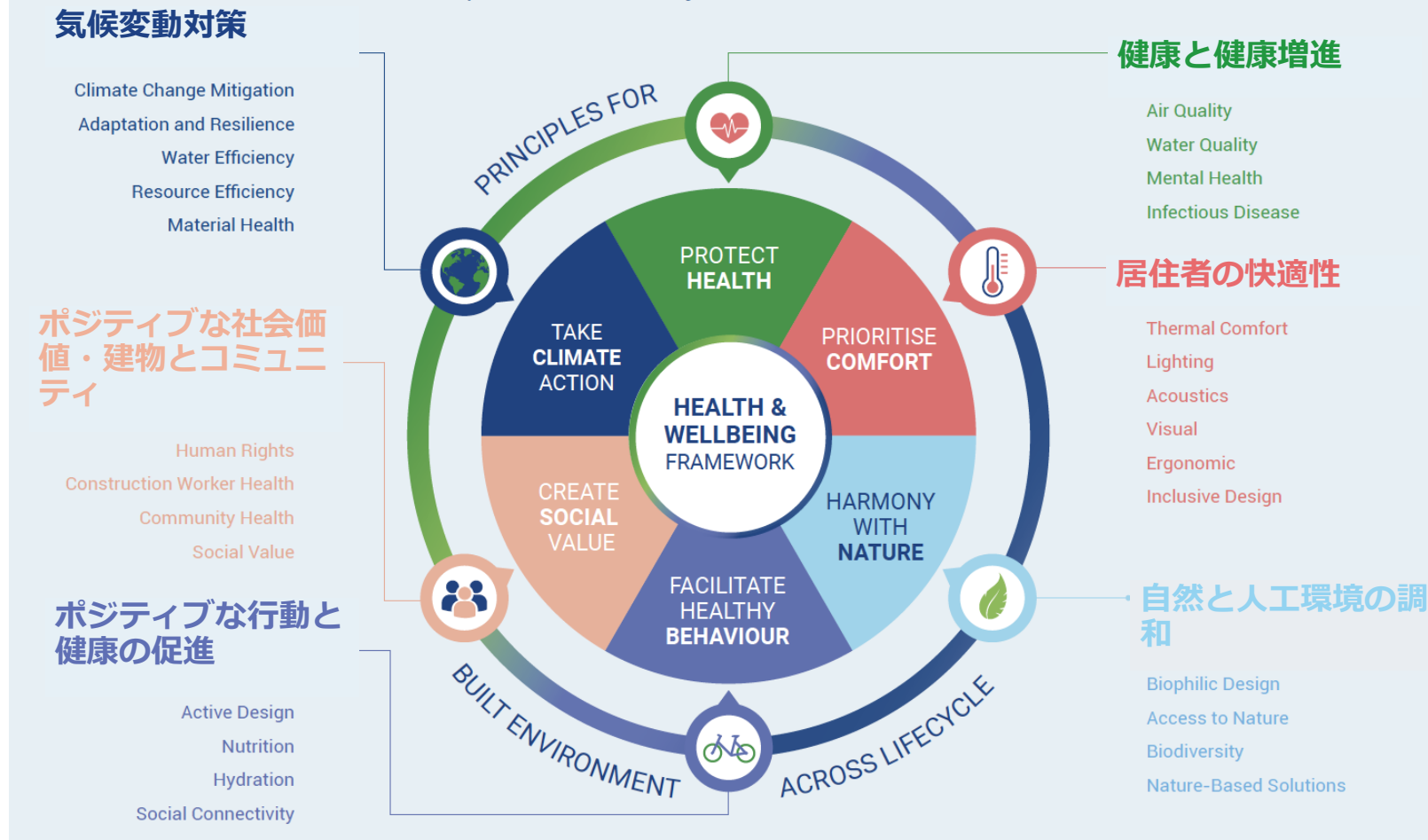
Quay Quarter Tower (シドニー)

元 AMP Centre (1976年竣工) 構造の65%、オリジナルのコアの95%を再利用し、新築と比較してCO₂排出量を約12,000トン削減。エンボディド・カーボンを大幅に削減し、持続可能な都市再生のモデルケースとなっている

<https://3xn.com/project/quay-quarter-tower-2>

The WorldGBC Health & Wellbeing Framework

Six Principles for a Healthy, Sustainable Built Environment



World Green Building Council, Health & Wellbeing Framework; Six Principles for a Healthy, Sustainable Built Environment, (2020). <https://worldgbc.org/better-places-for-people/health-framework>

CASBEE-オフィス健康チェックリスト簡易版の質問項目

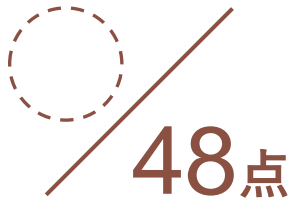
実際に働く執務者の
オフィスに対する評価を、
細かく得点化するツール

まったく当てはまらない
よくある **0点**

あまり当てはまらない
たまにある **1点**

やや当てはまる
めったにない **2点**

非常によく当てはまる
ない **3点**



48点

得点が高いほど、実際に働く執務者の
健康性・快適性・知的生産性の
向上を促すオフィスとされる

ポジティブ要因の充足 | 機能促進要因の充足

- a** | 働きやすい内装・インテリアとなっている
- b** | 利用しやすいリフレッシュスペースがある
- c** | 利用しやすい社内情報共有インフラがある
- d** | 利用しやすい会話を促進する空間がある（ホワイエ、ラウンジ等）
- e** | ビル内でバリアフリー化が進んでいる
- f** | 設備等が充実した、快適なトイレがある
- g** | 充実した健康増進プログラムが実施されている
（クラブ活動・フィットネスクラブ利用等への費用補助）
- h** | まちなみや周辺の建物と景観が調和している
- i** | 非常時対応マニュアルが作成されており、十分に周知されている

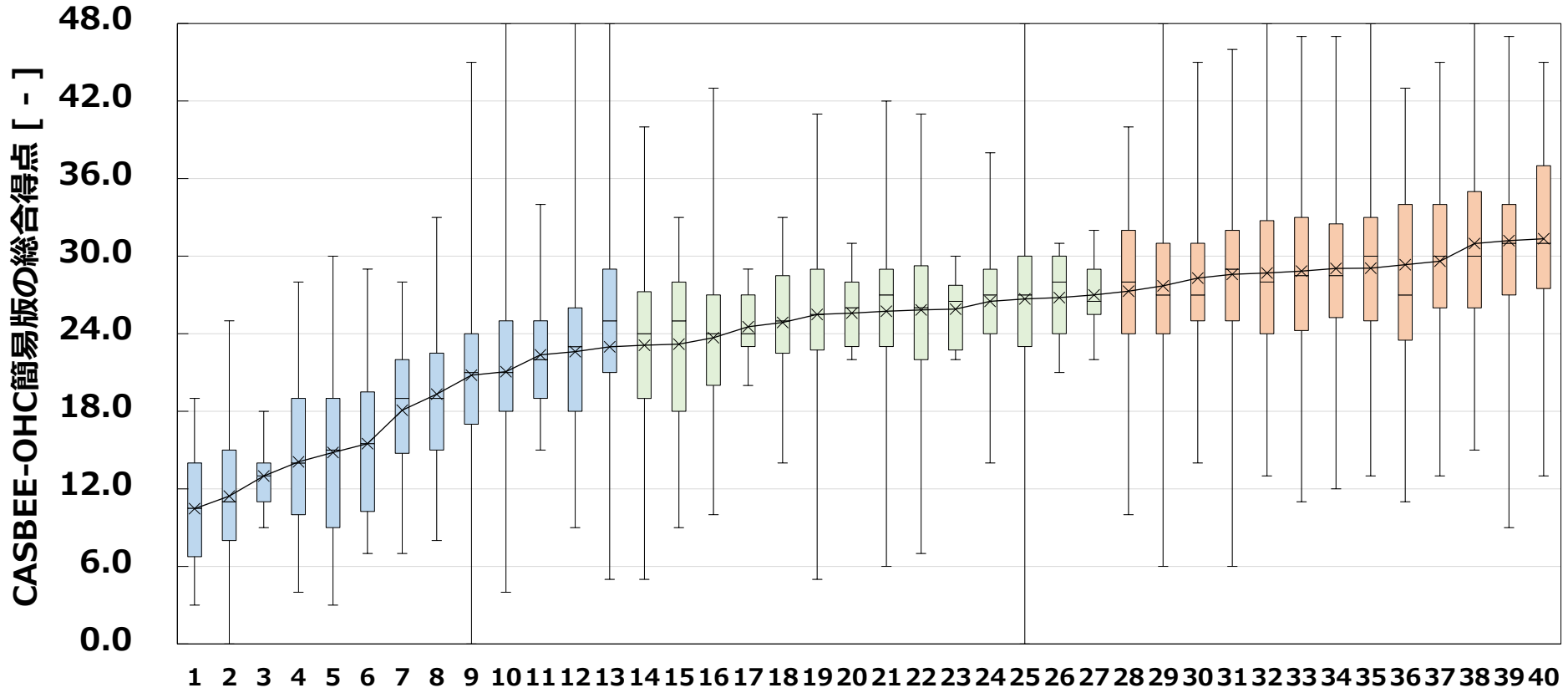
充実していると
高得点の項目

ネガティブ要因の除去 | 機能阻害要因の除去

- j** | 暑さや寒さによって不快に感じる事
- k** | 空気のだよみや埃っぽさ、嫌な臭いを感じる事
- l** | 明るさのムラを感じる事
- m** | 水道水に嫌な味やにおいを感じる事
- n** | コンセント容量、配線等に不満を感じる事
- o** | 打合せスペースが足りないと感じる事（会議室、打ち合わせブース等）
- p** | ビル全体を通して、不衛生さを感じる事

除外されていると
高得点の項目

CASBEE-オフィス健康チェックリスト簡易版の結果

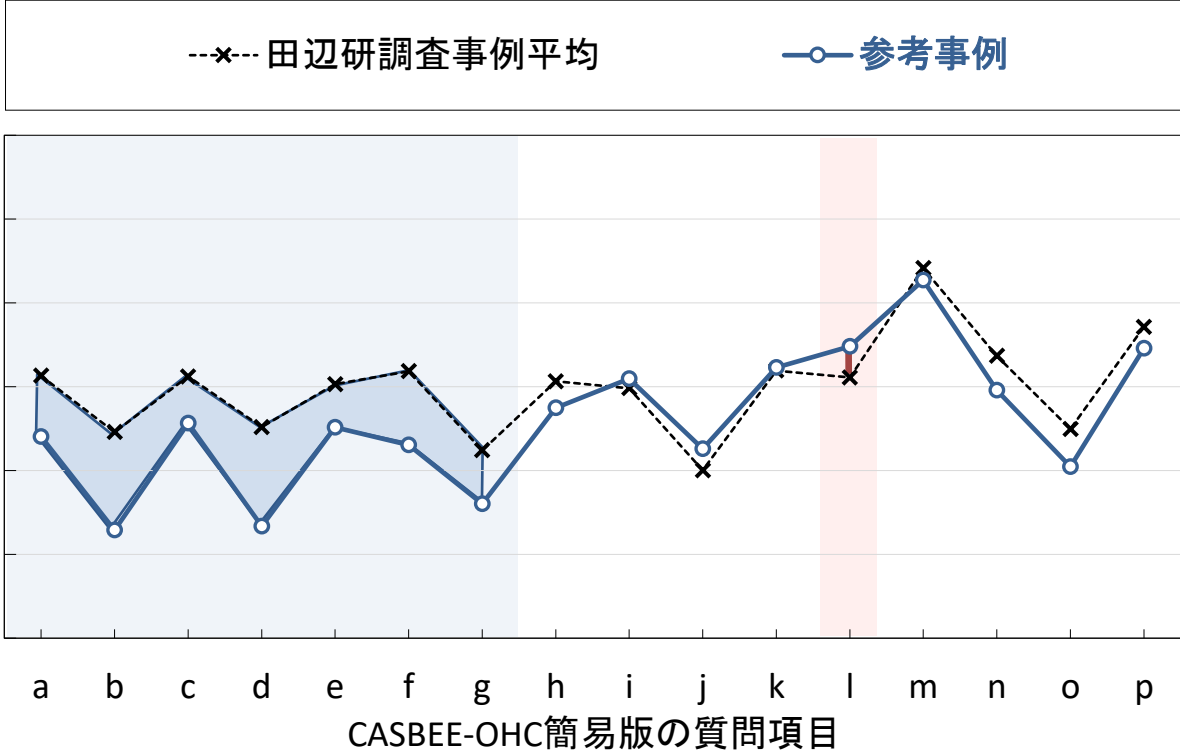


CASBEE-OHC簡易版の平均点

田辺研究室において調査した全40事例の平均点は24.0点

CASBEE-オフィス健康チェックリスト簡易版の結果

CASBEE-OHC簡易版各項目の平均点 [-]



ポジティブ要因の充足

- a | 内装・インテリア
- b | リフレッシュスペース
- c | 情報共有インフラ
- d | 会話を促進する空間
- e | バリアフリー化
- f | 快適なトイレ
- g | 健康増進プログラム
- h | 景観
- i | 非常時対応マニュアル

ネガティブ要因の除去

- j | 暑さや寒さ
- k | 空気のよどみ
- l | 明るさのムラ
- m | 水道水
- n | コンセント容量、配線等
- o | 打合せスペース
- p | 不衛生さ

■得点が低い質問項目

a: 内装・インテリア b: リフレッシュスペース、c: 情報共有インフラ

d: 会話を促進する空間、e: バリアフリー化、 f: 快適なトイレ、

g: 健康増進プログラム

■得点が高い質問項目 l: 明るさのむら

「b: リフレッシュスペース」、「d: 会話を促進する空間」、「f: 快適なトイレ」といった ポジティブ要因の充足 に関する項目に関して、不満が見られた

ワーク・エンゲージメント

仕事に対して感じるポジティブで充実した心理状態



活力



熱意



没頭

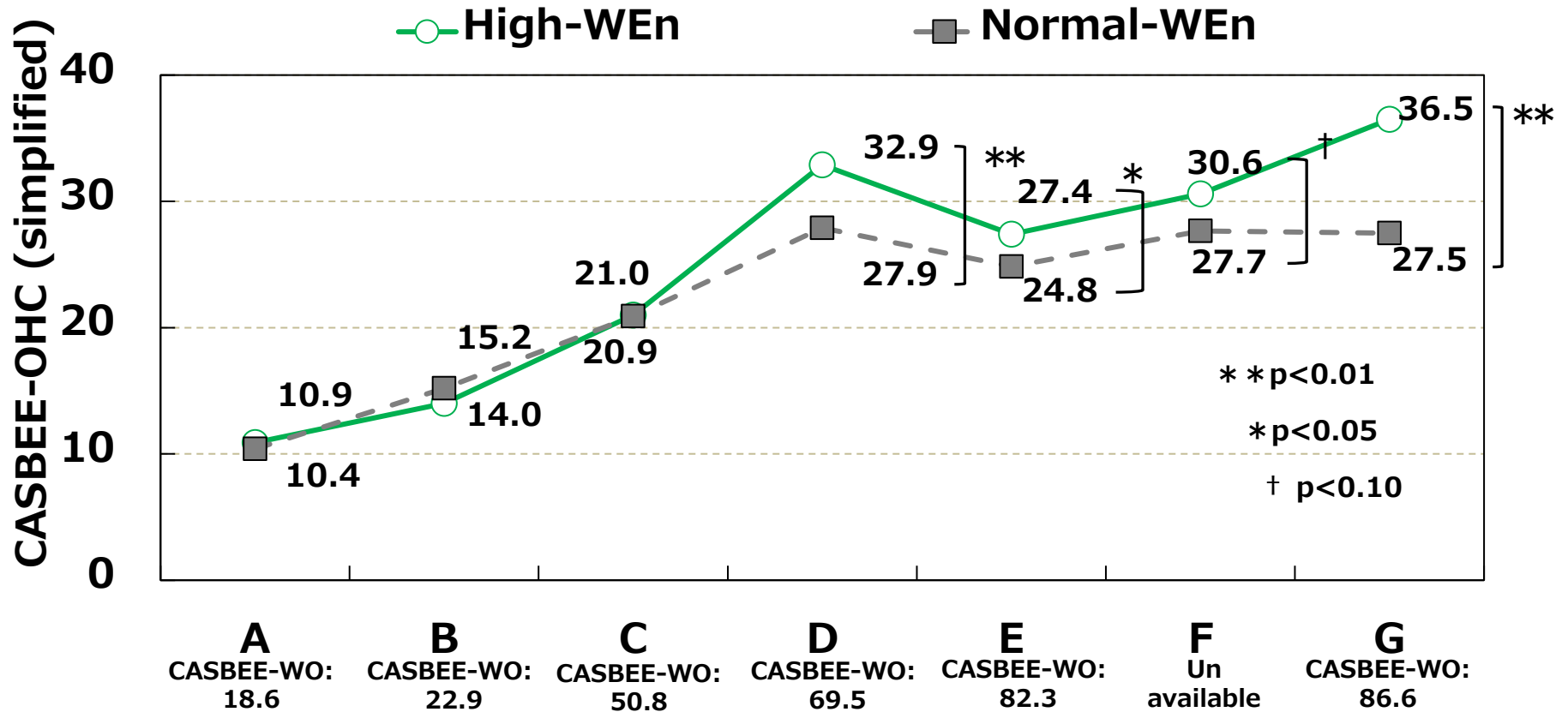
日本語版 UWES-3 ²⁾

-
- a) 仕事をしていると、活力がみなぎるように感じる
 - b) 仕事に熱心であると感じる
 - c) 仕事に没頭していると感じる
-

それぞれ、感じた頻度を **0~6点** で得点化 → **18満点**

得点が高いほど執務者は仕事にやりがいを感じ、熱心に取り組み、生き生きとした状態である

ワーク・エンゲージメントの分類とCASBEE-OHC簡易版



ワーク・エンゲージメントが高い執務者は良いオフィスを求める
良いオフィスにいれば単純にワークエンゲージメントが向上する訳ではない

Building and Environment 262 (2024) 111827



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Building and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/buildenv



Influence analysis of environmental factors on the subjective well-being of office workers in Japan: A structural equation modeling approach

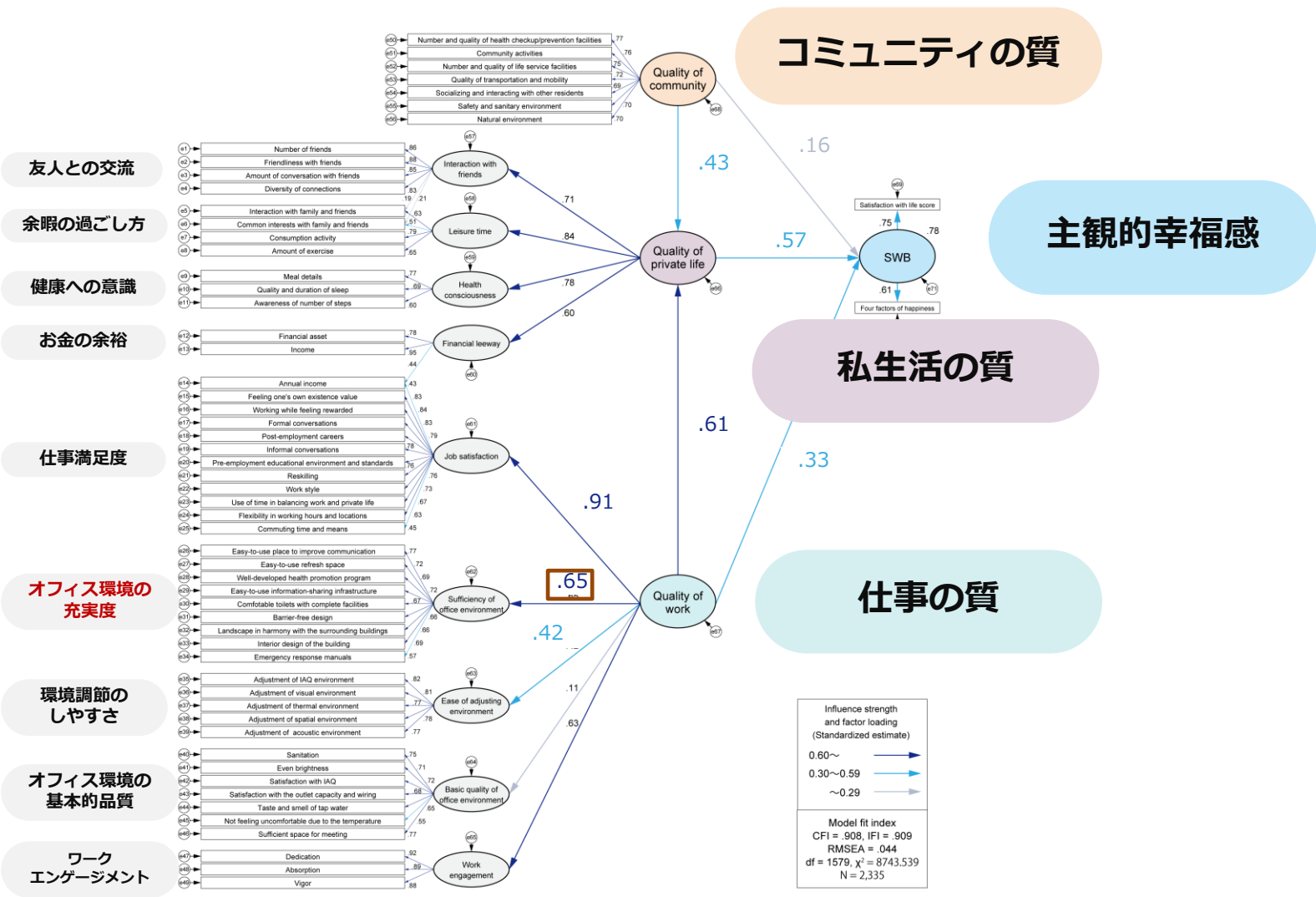
Yuta Fukawa^{a,*}, Mayumi Ohba^{a,2}, Nami Akamatsu^a, Ryosuke Onoda^{a,3}, Kosuke Ikeuchi^{a,3}, Kazuhiro Minami^b, Noriko Takahashi^b, Futa Watanabe^{b,4}, Takayoshi Iida^b, Yosuke Kaneko^b, Shin-ichi Tanabe^a

^a Department of Architecture, Waseda University, 169-8555 3-4-1, Okubo, Shinjuku, Tokyo, Japan

^b Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation, 247-8501 5-1-1, Ofuna, Kamakura, Kanagawa, Japan



SEMを用いた主観的幸福感に関する影響構造



- ✓ 主観的幸福感は、私生活の質、仕事の質、コミュニティの質で構成
- ✓ 「仕事の質」評価における**オフィス環境の充実度**は重要