

脱炭素時代の建築設備



2020年12月21日
早稲田大学建築学科
田辺新一

コロナ禍による長期トレンドとして考えられる方向性（現時点の見込み）

- コロナ禍により、あらゆる分野での不確実性はますます高まっている。
- 国際的なサプライチェーン/人の流れや、各国の産業構造、社会のあり方が、今後どのように進展していくか、**その道筋すらまったく見通せない状況。**

従来のトレンド		With コロナ、Afterコロナのトレンド
①気候変動	・国際世論の高まり ・ESG投資の拡大	●2050年カーボンニュートラル表明国の増加 ●EUなどのグリーンリカバリー政策
②国際関係	・主要国の対立（通商/技術） ・国際レジームの動揺 ・経済安全保障の高まり	●サプライチェーンの強靱化・多元化 ●世界の不確実性の高まり
③産業構造	・第4次産業革命の進展	●非接触/省人化/合理化の要請 ●デジタル化の加速
④生活	・シェアリングエコノミー	●ニューノーマル（新たな生活様式） ●テレワーク、職住不近接
⑤地域	・人口減少・少子高齢化の進展 ・働き手と需要の減少	●観光需要の蒸発 ●地方への分散化の動き
⑥エネルギー	・エネルギー自給率の回復 ・インフラ強靱化の要請	●エネルギー消費の不可逆な構造変化 （デジタル化による電力需要増など）

どのような社会になるのか？

3D

- ✓ 超分散社会 (DCEN)
- ✓ デジタル社会 (DX)
- ✓ 脱炭素社会 (DCO2)

三 グリーン社会の実現

菅政権では、成長戦略の柱に経済と環境の好循環を掲げて、グリーン社会の実現に最大限注力してまいります。

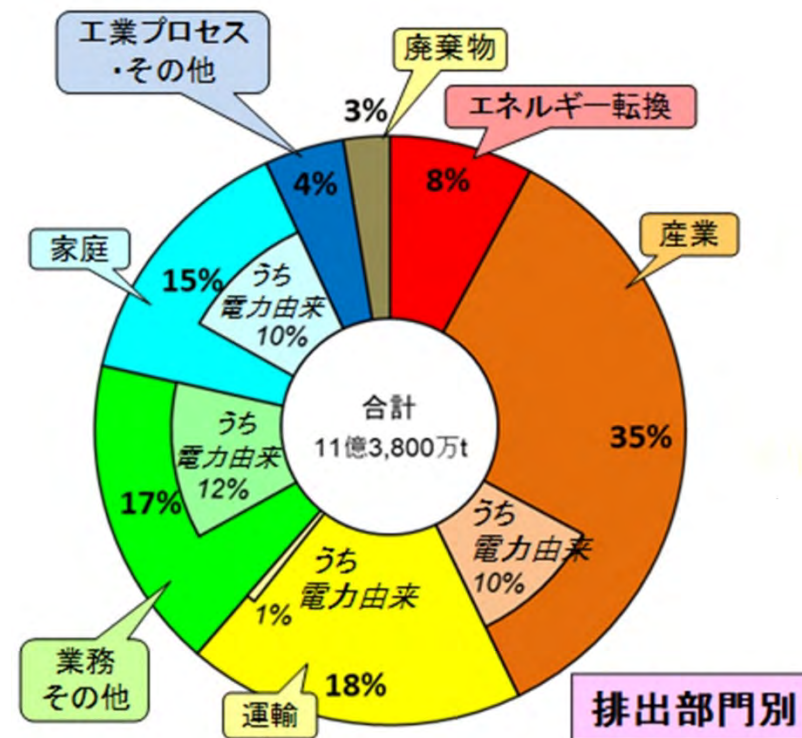
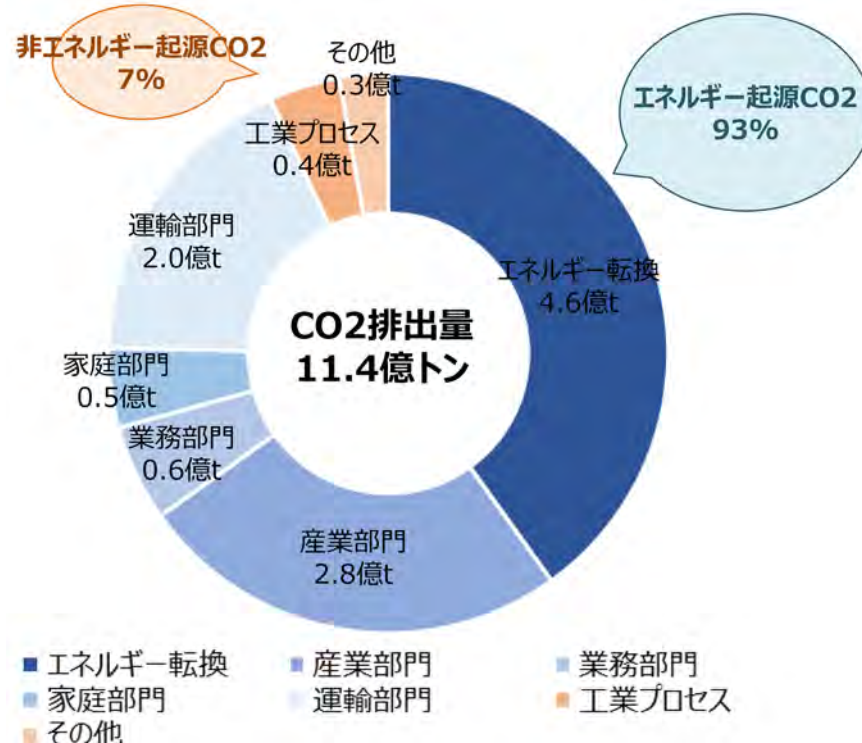
我が国は、**二〇五〇年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち二〇五〇年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします。**

もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではありません。積極的に温暖化対策を行うことが、産業構造や経済社会の変革をもたらし、大きな成長につながるという発想の転換が必要です。

鍵となるのは、次世代型太陽電池、カーボンリサイクルをはじめとした、革新的なイノベーションです。**実用化を見据えた研究開発を加速度的に促進**します。規制改革などの政策を総動員し、グリーン投資の更なる普及を進めるとともに、脱炭素社会の実現に向けて、国と地方で検討を行う新たな場を創設するなど、総力を挙げて取り組みます。**環境関連分野のデジタル化により、効率的、効果的にグリーン化を進めていきます。**世界のグリーン産業をけん引し、経済と環境の好循環をつくり出してまいります。

省エネルギーを徹底し、再生可能エネルギーを最大限導入するとともに、安全最優先で原子力政策を進めることで、安定的なエネルギー供給を確立します。長年続けてきた石炭火力発電に対する政策を抜本的に転換します

2018年 日本のCO2排出量



資源エネルギー庁、環境省資料から引用

» 2014年4月11日閣議決定・2018年7月3日閣議決定

**2020年までに新築住宅・建築物について
段階的に省エネルギー基準の適合を義務化する。**

- 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。**

**生活の質を向上させつつ省エネルギーを
一層推進するライフスタイルの普及**

<http://www.meti.go.jp/press/2014/04/20140411001/20140411001.html>

エネルギー基本計画の見直しに向けて

令和2年10月13日
資源エネルギー庁

2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討

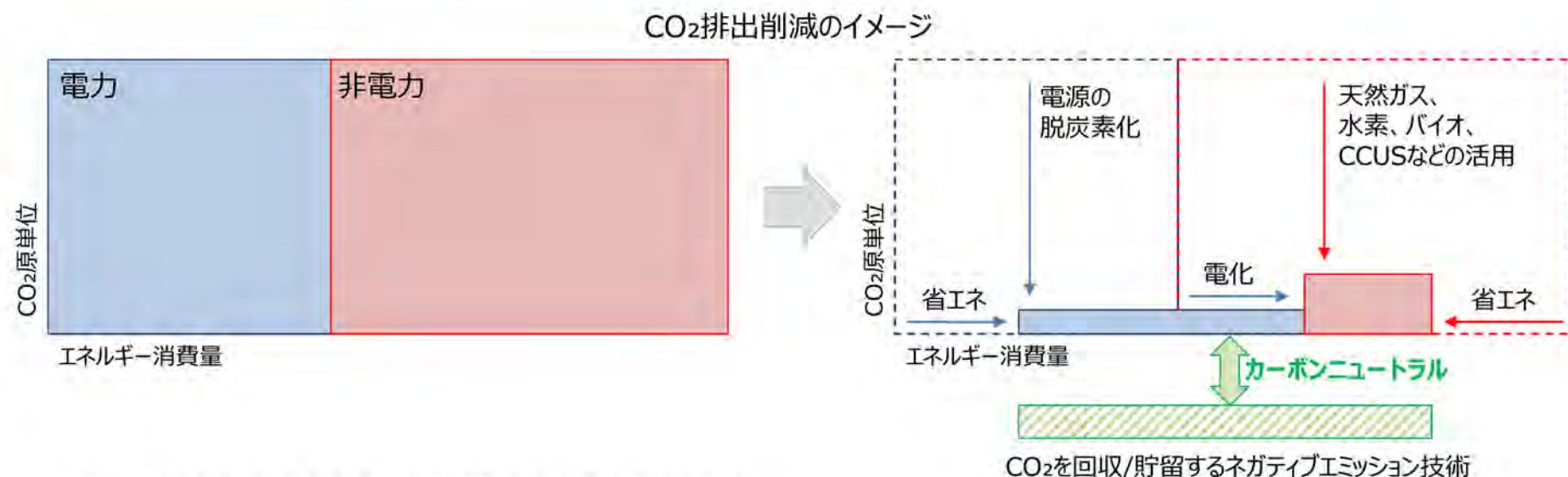
令和2年11月17日
資源エネルギー庁

資源エネルギー庁基本政策分科会

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/

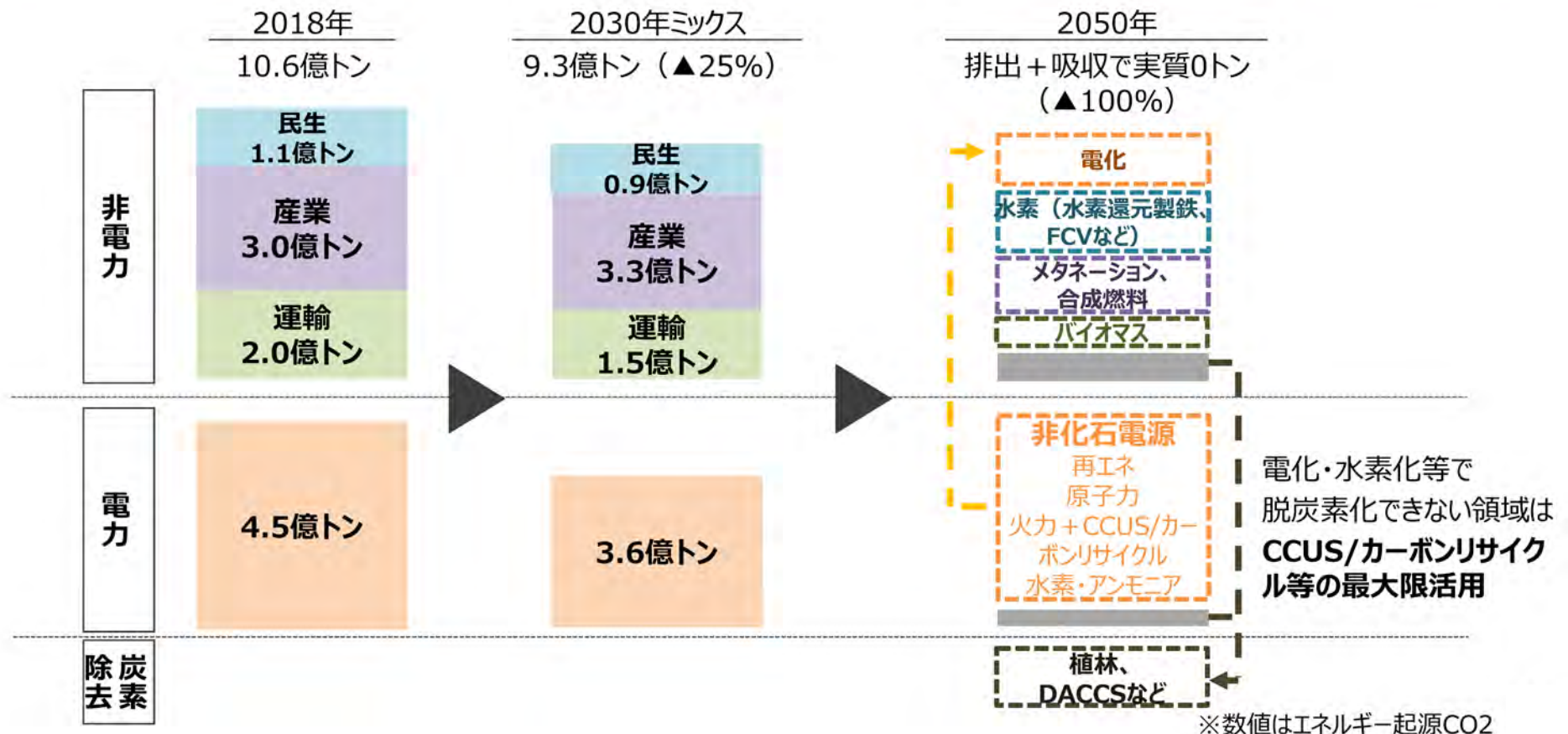
グリーンイノベーションの方向性

- 2050年カーボンニュートラルという困難な課題を実現するためには、
 - ①既存の技術を最大限に活用・普及を推進し、**新たな技術の社会実装**に重点的、計画的に取り組むことが重要。各国ともこれに取り組んでいる。
 - ②省エネ、電化、電源の脱炭素化、水素化を進めても、化石燃料を使わない姿は現実的ではなく、**CO₂を回収・貯留するネガティブエミッション技術も重要**であること
 - ③**脱炭素化が難しい産業部門における技術・対策**については、長期的な不確実性があるため、**複数のオプション**で取り組んでいく必要があることも、十分に意識して検討する必要がある。



出所) (公財) 地球環境産業技術研究機構秋元氏資料を簡略化

- 社会全体としてカーボンニュートラルを実現するには、電力部門では非化石電源の拡大、産業・民生・運輸（非電力）部門（燃料利用・熱利用）においては、脱炭素化された電力による電化、水素化、メタネーション、合成燃料等を通じた脱炭素化を進めることが必要。
- こうした取組を進める上では、国民負担を抑制するため既存設備を最大限活用するとともに、需要サイドにおけるエネルギー転換への受容性を高めるなど、段階的な取組が必要。



 WASEDA University

表明市区町村 (2,797万人)



自治体数	令和元.9	令和元.12	令和2.3	現在 (11/25)
人口 (万人)	195.6	~95	~130	820.6
自治体数	4	~250	~450	175

* 朱書きは表明都道府県、その他の色書きはそれぞれ共同表明団体

<https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html>

ゼロ・エミッション東京戦略

2019年12月27日公表

Zero Emission
Tokyo
ゼロエミッション東京戦略

Image Scene in 2050

建物・車の省エネルギー化や、モノを無駄にせず循環する社会の確立、都市活動に必要な全てのエネルギーの太陽光発電等への切替えなどにより、地球環境に優しく快適な街を構築するとともに、気候変動による災害に負けない強い都市になる。東京は2050年までに「ゼロエミッション東京」の実現を目指します。



https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/policy_others/zeroemission_tokyo/strategy.html

衆議院本会議 2020年11月19日
参議院本会議 2020年11月20日

「気候非常事態宣言決議案」可決

近年、地球温暖化も要因として、世界各地を記録的な熱波が襲い、大規模な森林火災を引き起こすとともに、ハリケーンや洪水が未曾有の被害をもたらしている。我が国でも、災害級の猛暑や熱中症による搬送者・死亡者数の増加のほか、数十年に一度といわれる台風・豪雨が毎年のように発生し深刻な被害をもたらしている。

これに対し、世界は、パリ協定の下、温室効果ガスの排出削減目標を定め、取組の強化を進めているが、各国が掲げている目標を達成しても必要な削減量には大きく不足しており、世界はまさに気候危機と呼ぶべき状況に直面している。

私たちは「もはや地球温暖化問題は気候変動の域を超えて気候危機の状況に立ち至っている」との認識を世界と共有する。そしてこの危機を克服すべく、**一日も早い脱炭素社会の実現に向けて、我が国の経済社会の再設計・取組の抜本的強化を行い、国際社会の名誉ある一員として、それに相応しい取組を、国を挙げて実践していくことを決意する。**その第一歩として、ここに国民を代表する国会の総意として気候非常事態を宣言する。

環境対策



産業構造の变革

ESG (Environment, Social, Governance) 要素を考慮する投資

投資の際に企業の価値を測る材料

定量的な財務情報
(利益率など)



未財務情報
→ ESG要素

Environment

地球温暖化
生物多様性など

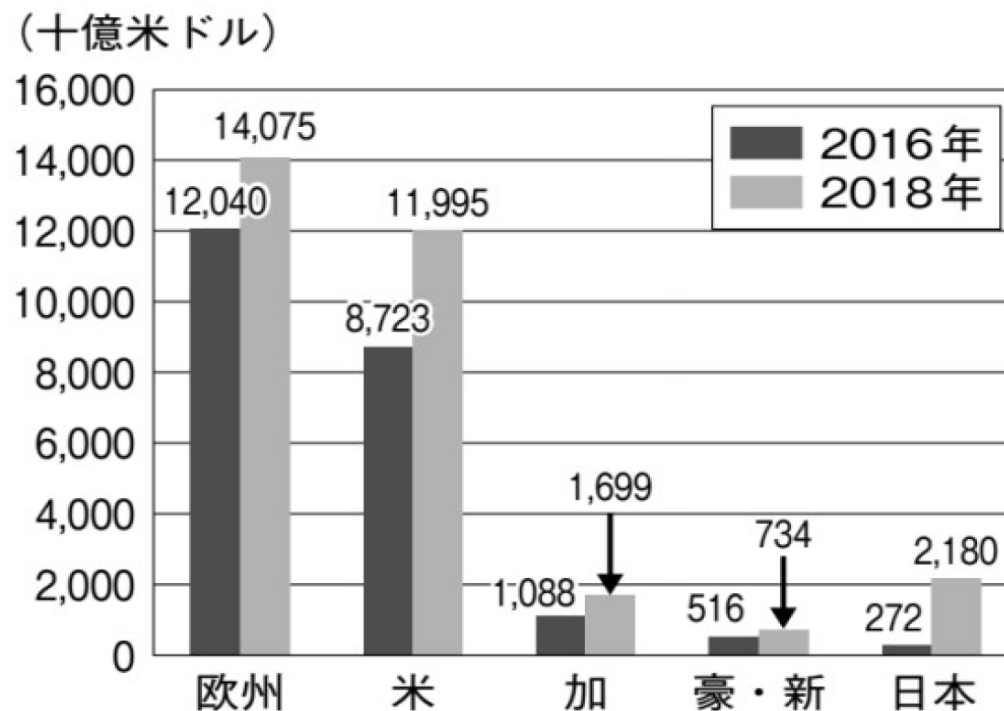
Social

従業員の健康
女性の活躍
快適・健康性など

Governance

取締役の構成
公正な競争など

- ✓ 企業経営のサステナビリティを評価するという概念が普及
- ✓ 気候変動などを念頭においた長期的なリスクマネジメントや、企業の新たな収益創出の機会を評価するベンチマークとして、SDGsとともに注目
- ✓ **国・地域別のESG資産保有残高は2016年ー2018年比で増大している。**



引用：務省広報誌ファイナンス「ESG投資の動向と課題」（2020年1月）

https://www.mof.go.jp/public_relations/finance/denshi/202001/html5.html#page=45

背景・必要性

- 我が国のエネルギー需給構造の逼迫の解消や、地球温暖化対策に係る「パリ協定」の目標*達成のため、住宅・建築物の省エネ対策の強化が喫緊の課題

*我が国の業務・家庭部門の目標(2030年度)：温室効果ガス排出量約4割削減(2013年度比)

*本法に基づく段階的な措置の強化は、「地球温暖化対策計画(2016.5閣議決定)」「エネルギー基本計画(2018.7閣議決定)」における方針を踏まえたもの

- ⇒ 住宅・建築物市場を取り巻く環境を踏まえ、規模・用途ごとの特性に応じた実効性の高い総合的な対策を講じることが必要不可欠



法律の概要

オフィスビル等

オフィスビル等に係る措置の強化

法公布後2年以内施行

建築確認手続きにおいて省エネ基準への適合を要件化

- 省エネ基準への適合を建築確認の要件とする建築物の対象を拡大(延べ面積の下限を2000㎡から300㎡に見直すことを想定)

複数の建築物の連携による取組の促進

法公布後6ヶ月以内施行

複数の建築物の省エネ性能を総合的に評価し、高い省エネ性能を実現しようとする取組を促進

- 省エネ性能向上計画の認定(容積率特例)*の対象に、複数の建築物の連携による取組を追加(高効率熱源(コージェネレーション設備等)の整備費等について支援(※予算関連))

*新築等の計画が誘導基準に適合する場合に所管行政庁の認定を受けることができる制度。認定を受けた場合には、省エネ性能向上のための設備について容積率を緩和

マンション等

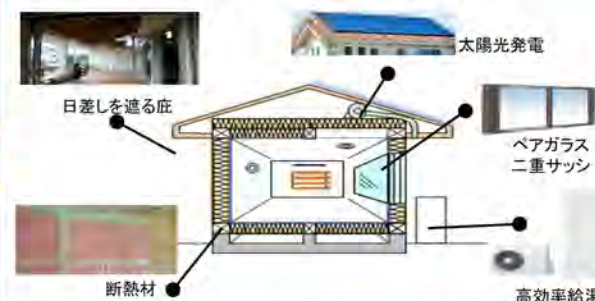
マンション等に係る計画届出制度の審査手続の合理化

法公布後6ヶ月以内施行

監督体制の強化により、省エネ基準への適合を徹底

- 所管行政庁による計画の審査(省エネ基準への適合確認)を合理化(民間審査機関の活用)し、省エネ基準に適合しない新築等の計画に対する監督(指示・命令等)体制を強化

[省エネ性能向上のための措置例]



戸建住宅等

戸建住宅等に係る省エネ性能に関する説明の義務付け

法公布後2年以内施行

設計者(建築士)から建築主への説明の義務付けにより、省エネ基準への適合を推進

- 小規模(延べ面積300㎡未満を想定)の住宅・建築物の新築等の際に、設計者(建築士)から建築主への省エネ性能に関する説明を義務付けることにより、省エネ基準への適合を推進

大手住宅事業者の供給する戸建住宅等へのトップランナー制度の全面展開

法公布後6ヶ月以内施行

大手ハウスメーカー等の供給する戸建住宅等について、トップランナー基準への適合を徹底

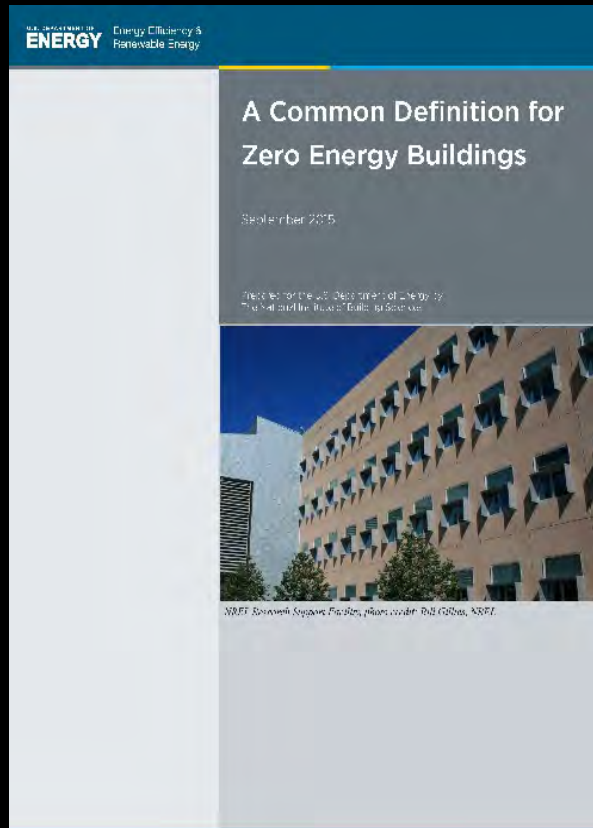
- 建売戸建住宅を供給する大手住宅事業者に加え、注文戸建住宅・賃貸アパートを供給する大手住宅事業者を対象に、トップランナー基準(省エネ基準を上回る基準)に適合する住宅を供給する責務を課し、国による勧告・命令等により実効性を担保

<その他> ○ 気候・風土の特殊性を踏まえて、地方公共団体が独自に省エネ基準を強化できる仕組みを導入

法公布後2年以内施行

等

ZEB

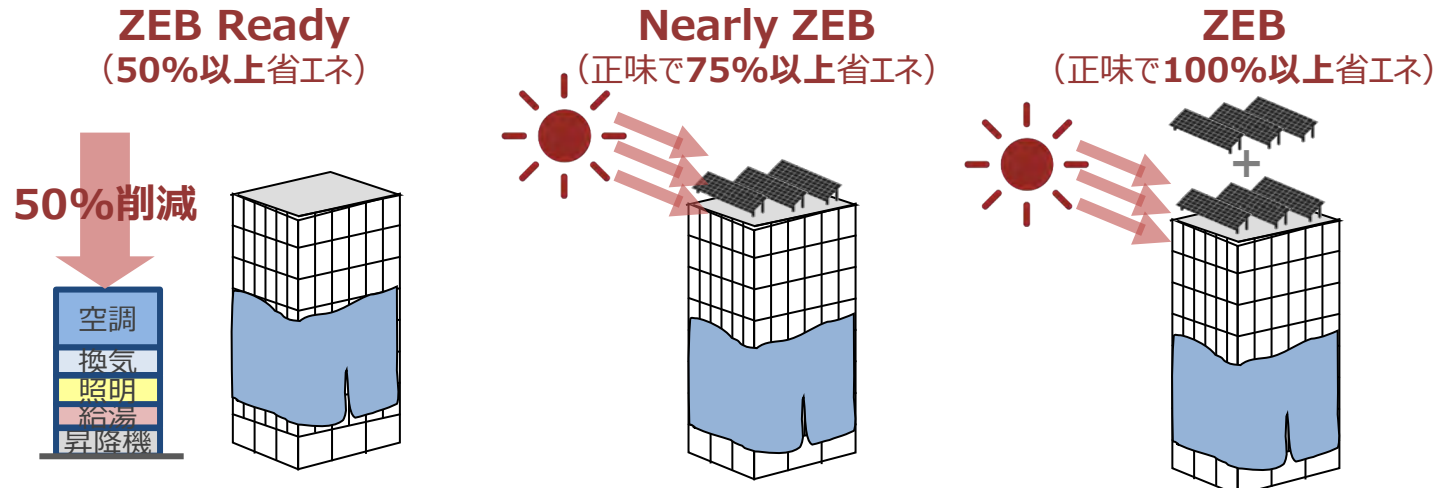


➤ **50%以上省エネ（ZEB Ready）**を満たした上で、
太陽光発電等によりエネルギーを創ることで、
正味でゼロ・エネルギーを目指す

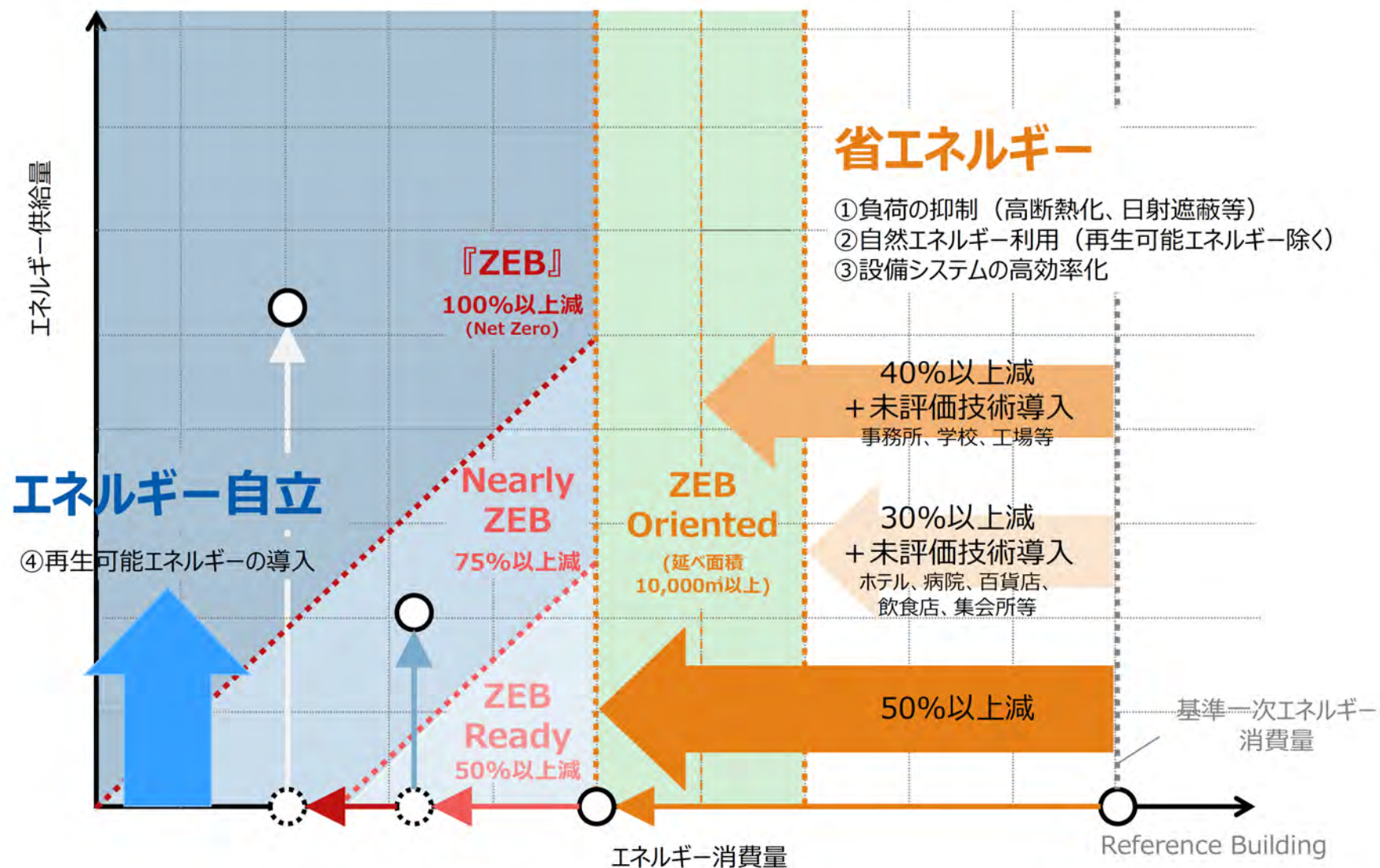
ただし、

高層の大規模建築物等では屋上面積が限られ、
エネルギーを創ることに限界がある ➡ **評価に考慮する必要**

正味で75%以上省エネを達成したものを**Nearly ZEB**
正味で100%以上省エネを達成したものを**ZEB**



Pictgram created by Muharrem Senyil, Lance Hambly from Noun Project



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。

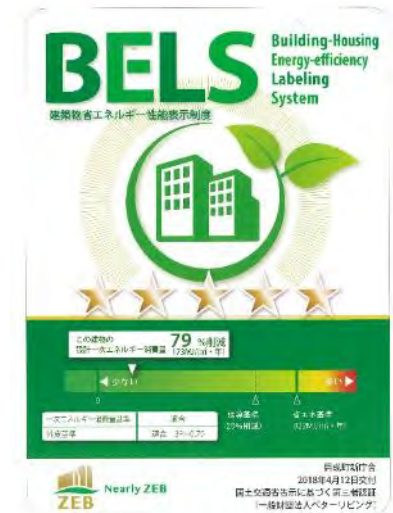


北側エントランスイメージパース

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

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

Department of Architecture, WASEDA University





- ゼッチ ゼブ
- ZEH・ZEBの導入は進んでいるものの、目標達成のためには、更なる取組が必要。

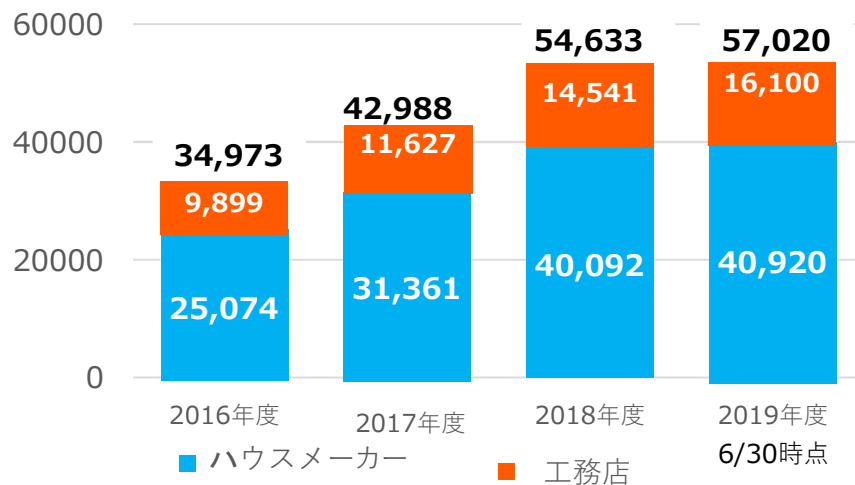
*ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）／ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）：

断熱性能の向上・高効率設備導入による省エネ＋再生可能エネルギー導入により、年間のエネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した住宅／建築物

■ZEH・ZEBの目標と進捗

	目標		進捗
ZEH	2020年まで	ハウスメーカー等が新築する注文戸建住宅の半数以上	● 2019年度の新築注文戸建住宅（約28万戸）におけるZEH供給戸数実績は5.7万戸※（20.3%） * 目標達成には更なる努力が必要 ※ ZEHの設計・建築を行うZEHビルダー/プランナー4,856社の実績（2020/6/30時点）
	2030年まで	新築住宅の平均	
ZEB	2020年まで	学校や病院といった新築公共建築物等について、 用途・規模別の計8区分（※下右表）のそれぞれ一棟以上	● 2020年目標については、下記実績のとおり2019年度 時点で概ね達成 * 2030年目標の達成に向けて、更なる努力が必要
	2030年まで	新築建築物の平均	

■新築注文戸建ZEHの供給戸数推移



■公共建築物等におけるZEB実績状況

	延床面積10,000㎡未満 （Nearly ZEB以上）	延床面積10,000㎡以上 （ZEB Ready以上）
庁舎	Nearly ZEB : 2件 ZEB Ready : 2件	ZEB Ready : 2件
学校	ZEB Ready : 2件	ZEB Ready : 1件
病院	実績なし （民間の実績件数 : 45件）	実績なし （民間の実績数 : 4件）
集会所	Nearly ZEB : 2件	実績なし （民間の実績件数 : 3件）

※民間建築物の実績数：BELS件数（2020/5時点）より

適切な運用管理が重要

Cx（コミッショニング）

30年しか時間はない
既存建築物は**設備改修が2回**
あるいは1回しかできないか



設備改修は非常に重要になる

サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合

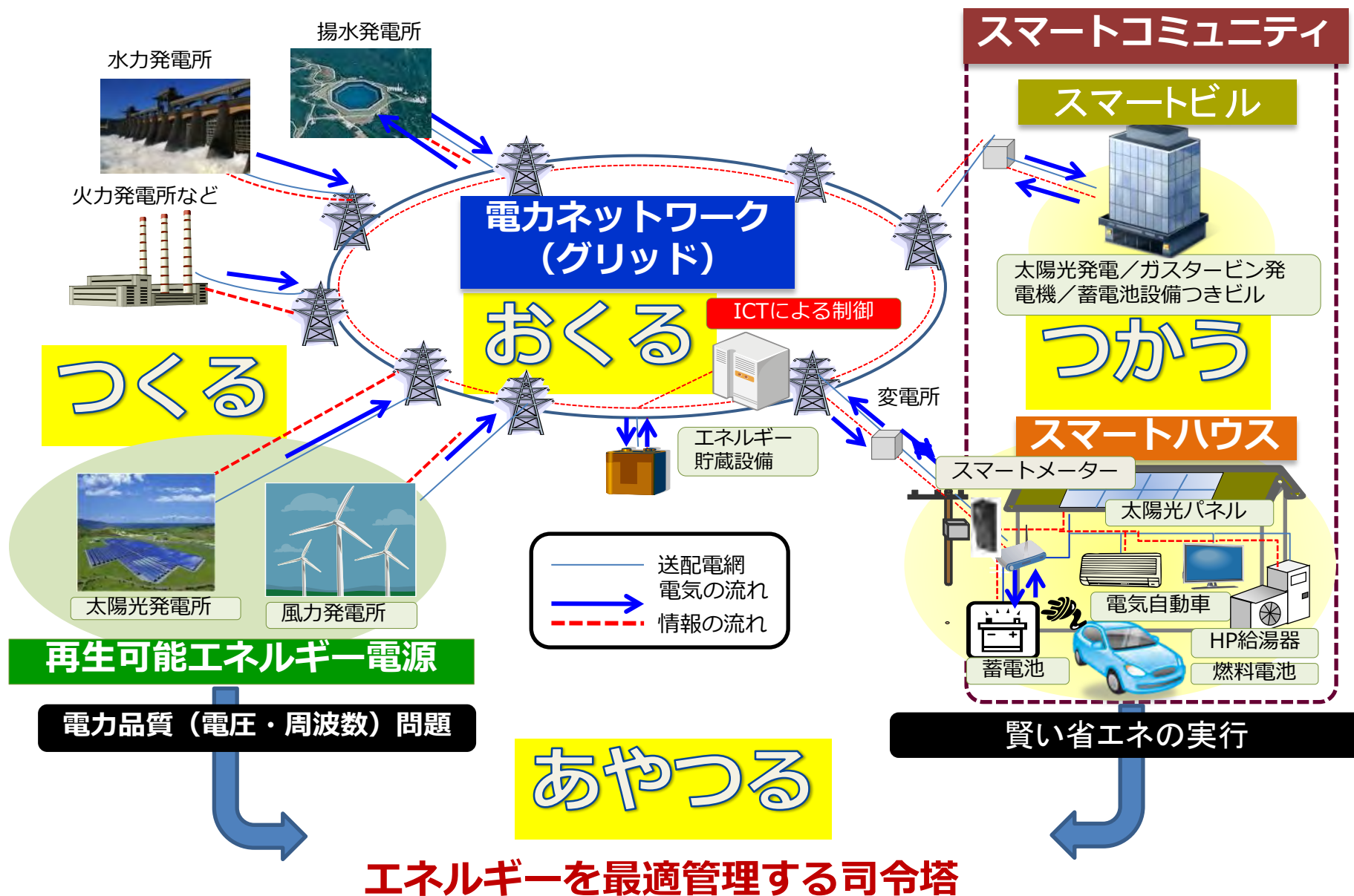
フィジカル（現実）空間から**センサー**と**IoT**を通じてあらゆる情報が集積（**ビッグデータ**）
人工知能（AI）がビッグデータを解析し、高付加価値を**現実空間にフィードバック**

これまでの情報社会(4.0)

Society 5.0

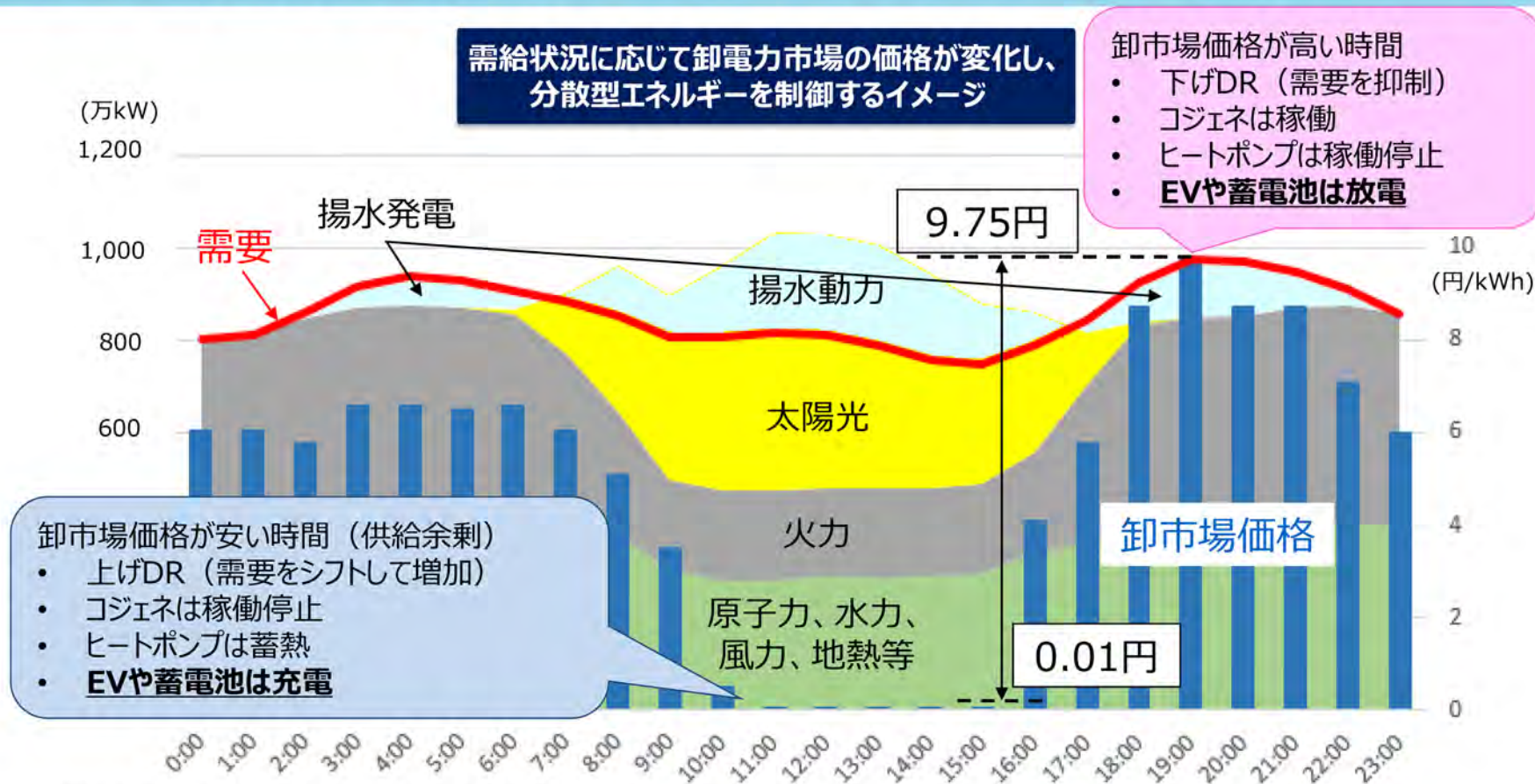


新しい省エネの概念



価格シグナルに基づき、分散型エネルギーリソースを制御する例

- 電力の需給状況により卸電力市場価格は変動するが、電気料金もそれに連動して変動することも可能（ダイナミックプライシング）。
- 電力システムに存在する価格シグナルに基づき、分散型エネルギーリソースを制御し出力を増減させることで、電力システム全体で効率的なエネルギー利用が可能となる。



（出典）九州電力「エリア需給実績」及びJEPX「2018年度スポット市場取引結果」より、資源エネルギー庁作成

① 出力変動への対応 (調整力の確保)

- 変動再エネ（太陽光・風力）は、自然条件によって出力変動するため、需給を一致させる「調整力」が必要。現在は調整電源として火力・揚水に依存。
- 調整力が適切に確保できないと、再エネを出力制御する必要。結果として、再エネの収益性が悪化し、再エネ投資が進まない可能性。
- 今後、変動再エネの導入量が増加する中で、①調整力の脱炭素化（水素、蓄電池、CCUS/カーボンリサイクル付火力、バイオマス、デマンドレスポンス等）を図りつつ、②必要な調整力の量を確保する、といった課題をどのように克服していくか。

② 送電容量 の確保

- 再エネポテンシャルの大きい地域（北海道等）と大規模需要地（東京等）が離れているため、送電容量が不足した場合には、物理的に送電ができず再エネの活用が困難。
- 特に北海道については、北海道内の需要規模が小さいこともあり、導入拡大が難しい状況。
- 社会的な費用に対して得られる便益を評価しながら、どのように送電網の整備を進めていくか。

③ 系統の安定性維持 (慣性力の確保)

- 突発的な事故の際に、周波数を維持しブラックアウトを避けるためには、系統全体で一定の慣性力（火力発電等のタービンが回転し続ける力）の確保が必要。
- 太陽光・風力は慣性力を有していないため、その割合が増加すると、系統の安定性を維持できない可能性。
- その克服に向けて、疑似慣性力の開発等を進めていく必要があるが、現時点では確立した技術がない状況。

④ 自然条件や 社会制約への 対応

- 自然条件に左右される再エネの導入にあたっては、平地や遠浅の海が少なく、また日射量も多くない我が国の自然条件を考慮する必要。
- また、他の利用（農業、漁業）との調和、景観・環境への影響配慮を含む地域等との調整が必要。
- 導入できる適地が限られている中で、各電源毎の現状・課題を踏まえ、どのように案件形成を進めていくか。

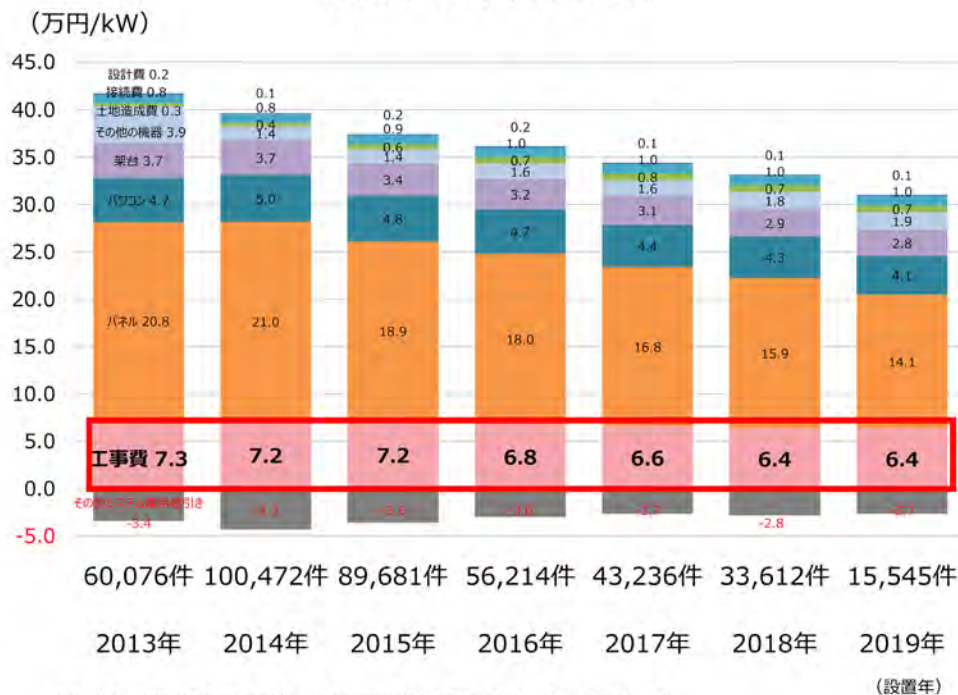
⑤ コストの受容性

- 上記のような諸課題を克服していくためには、大規模な投資が必要。また、適地が限られている中で大量導入した場合には、適地不足により今後コストが上昇するおそれ。
- 既に再エネ賦課金の負担が大きくなっている中で、こうしたコスト負担への社会的受容性をどのように考えるか。また、イノベーションの実現が不確実な中で、どのようにリスクに備えた対応をしていくべきか。

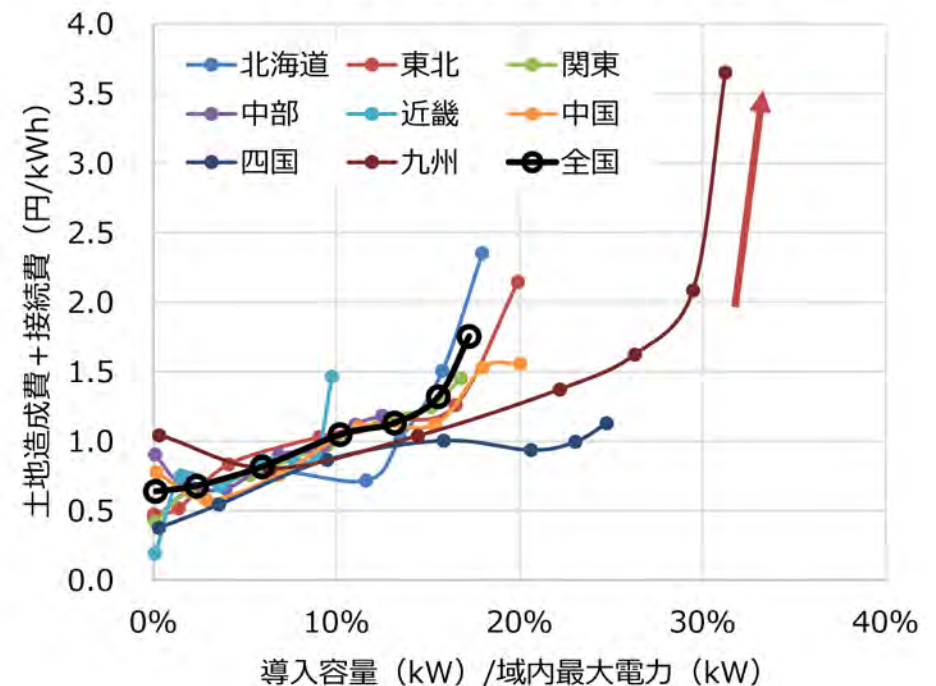
（注）これらの課題以外にも、今後検討を深める中で生じる様々な課題について対応策を検討する必要がある。

- 資本費のうち、パネルの価格は減少傾向で推移している一方、パネルに次いで割合を占める工事費部分は下げ止まり。
- また、域内最大電力に占める導入容量が増えれば増えるほど、土地造成費と接続費は増加する傾向。これは、適地ではないところへの導入等により、より多くのコストが必要となると考えられる。
- 例えば、導入が進んでいる九州地方では、域内最大電力に占める導入容量の割合が30%から31%に増加した際、土地造成費と接続費は2.1円から3.7円に上昇。

設置年別 資本費内訳



太陽光発電に係る土地造成費 + 接続費



出所) 定期報告データを元に資源エネルギー庁作成

太陽光発電をさらに設置するとこれまでよりコスト増になる



省エネ

Persistent low energy use minimizes demand on grid resources and infrastructure



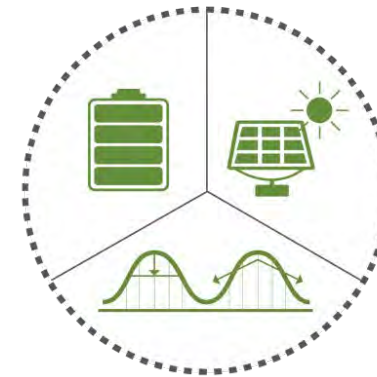
コネクト

Two-way communication with flexible technologies, the grid, and occupants



スマート

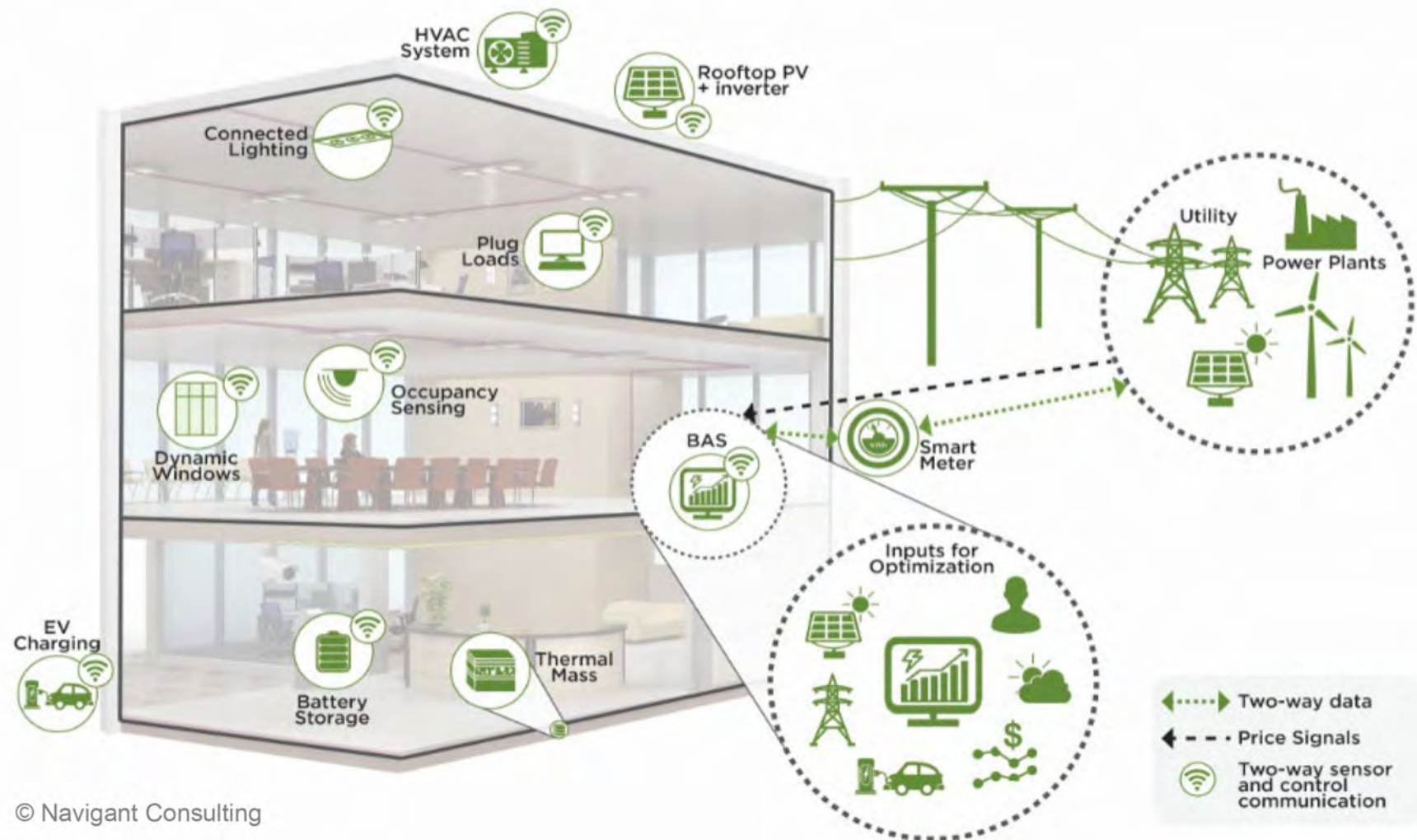
Analytics supported by sensors and controls co-optimize efficiency, flexibility, and occupant preferences



フレキシブル

Flexible loads and distributed generation/storage can be used to reduce, shift, or modulate energy use



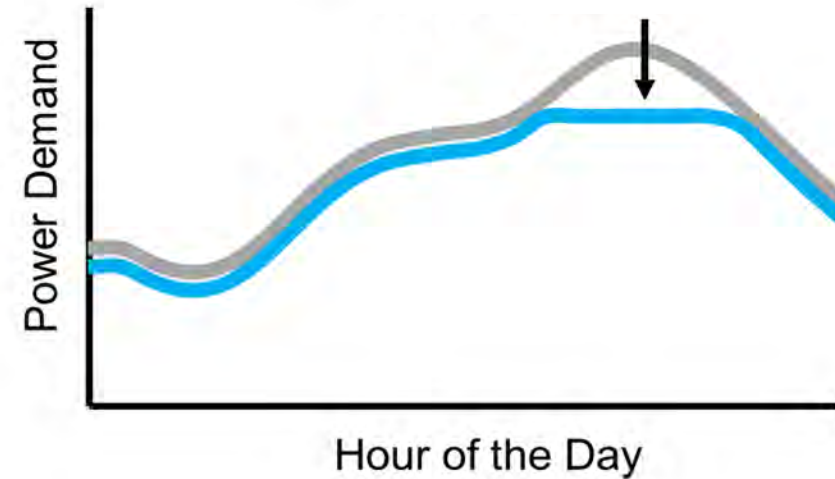


GEB：利用者数や利用者位置、買電価格、天気予報、オンサイト発電状況等のデータを収集・分析し、建物内のエネルギー需要に合わせ、効率的なエネルギーマネジメントを実現する建物（DOEから資料引用）

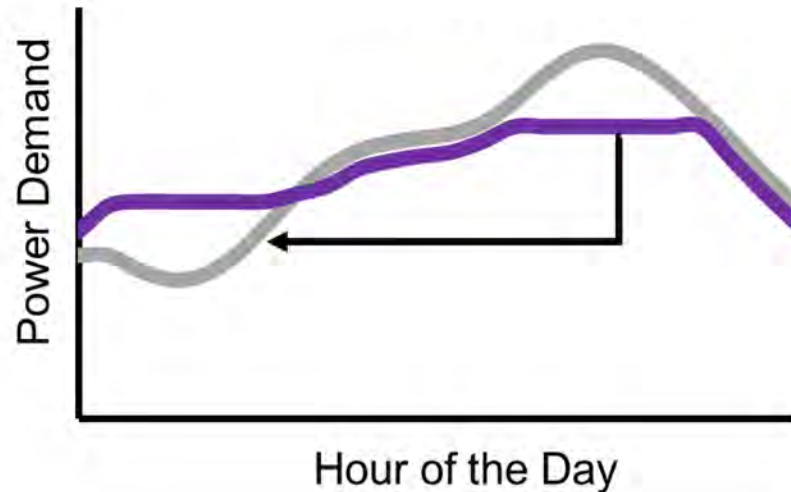
省エネ(効率改善)



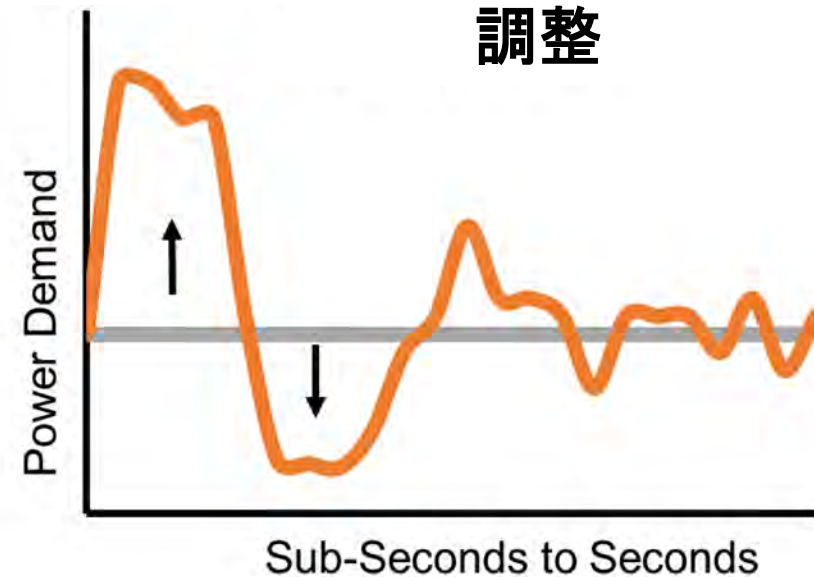
ピーク抑制



ピークシフト



調整



どのような社会になるのか？

3D

- ✓ 超分散社会 (DCEN)
- ✓ デジタル社会 (DX)
- ✓ 脱炭素社会 (DCO2)