カーボンニュートラル実現に向けて求められる企業の取組とは

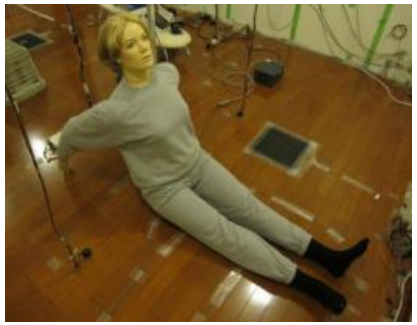
早稲田大学建築学科・教授
スマート社会技術融合研究機構・機構長
田辺新一

Shin-ichi Tanabe, Waseda University, all right reserved 2025

快適性・健康性に関する研究

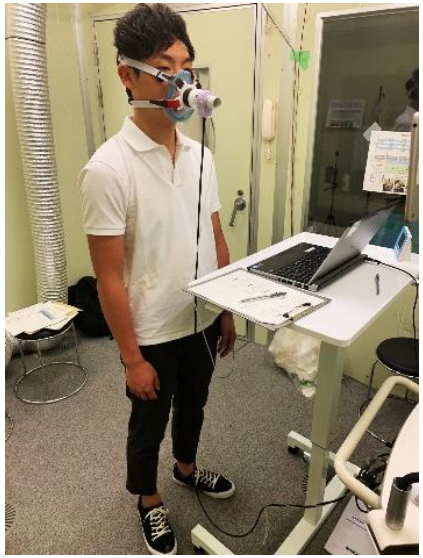
Activity Based Working

建材からの化学物質放散

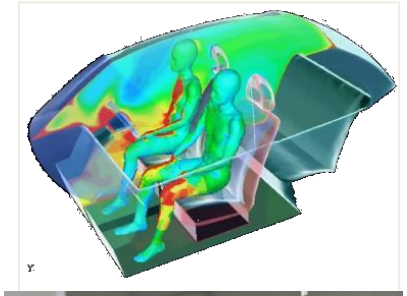


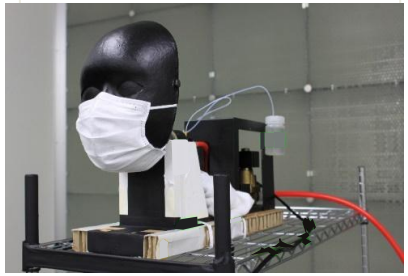
サーマルマネキン

空調家具

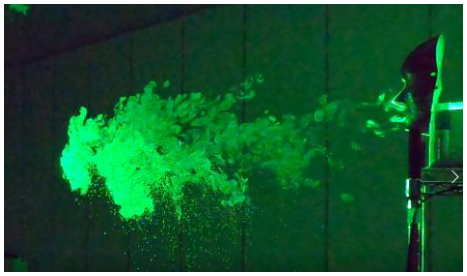


人体生理実験





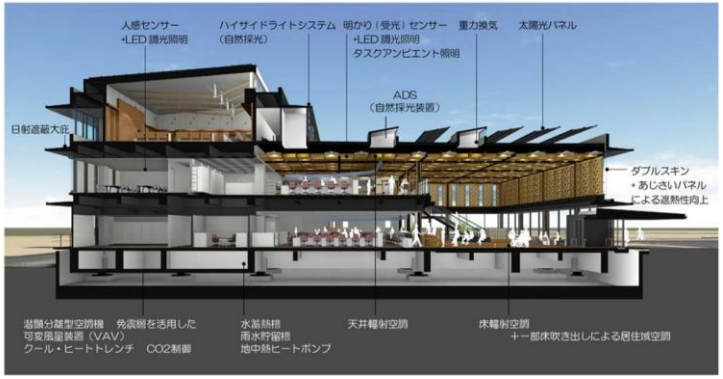
人体モデル



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

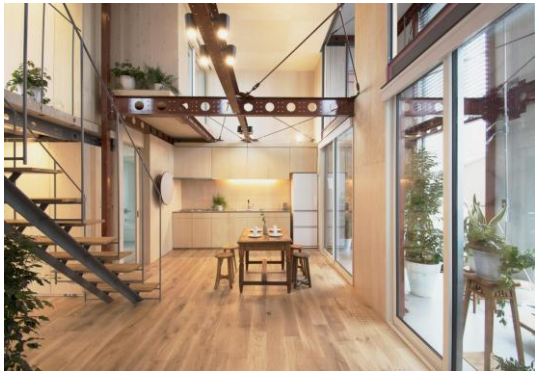


ネット・ゼロエネルギービル（ZEB)

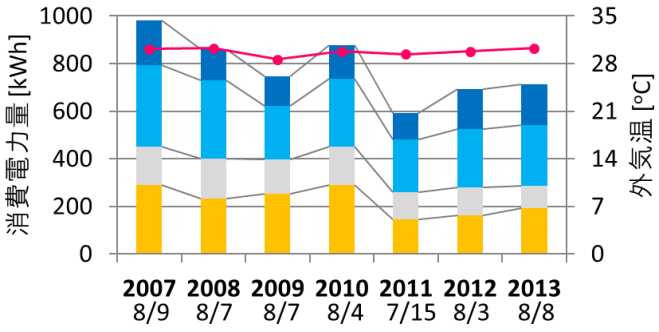
空港計画

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℃未満に抑える。

✓加えて、平均気温上昇1.5℃未満を目指す

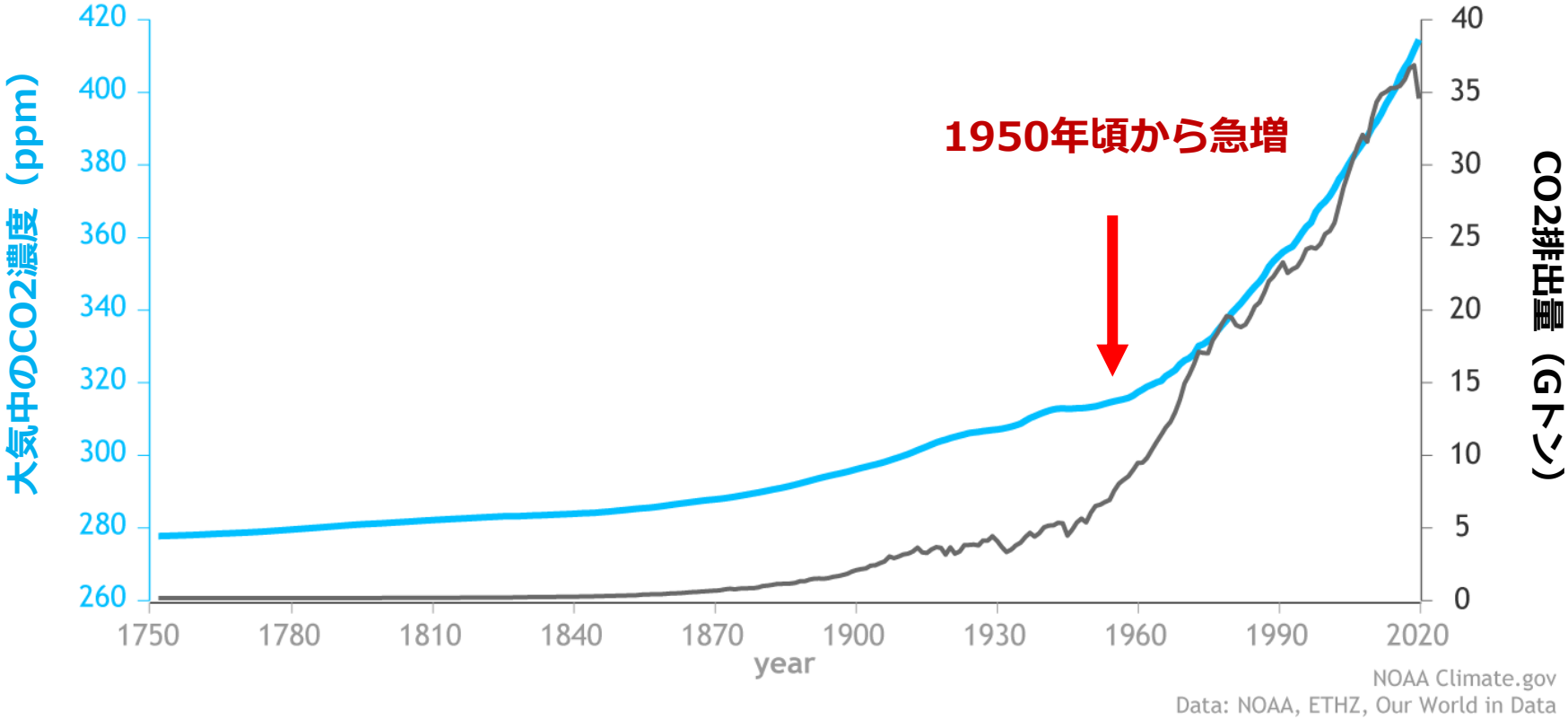
http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf

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

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

カーボンニュートラル

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

エネルギー基本計画　**地球温暖化対策計画**　**GX2040ビジョン**

https://public-comment.e-gov.go.jp/pcm/detail?CLASSNAME=PCMMSTDETAIL&id=620224019&Mode=0
https://public-comment.e-gov.go.jp/pcm/detail?CLASSNAME=PCMMSTDETAIL&id=595224049&Mode=0
https://public-comment.e-gov.go.jp/pcm/detail?CLASSNAME=PCMMSTDETAIL&id=195240104&Mode=0

第7次エネルギー基本計画

2024年5月15日から議論開始

分科会長	隅修三	東京海上日動火災保険株式会社相談役
	伊藤麻美	日本電鍍工業株式会社代表取締役
	遠藤典子	早稲田大学研究院教授
	工藤禎子	三井住友銀行取締役兼副頭取執行役員
	黒崎健	京都大学複合原子力科学研究所所長・教授
	河野康子	日本消費者協会理事
	小堀秀毅	旭化成株式会社取締役会長
	澤田純	日本電信電話株式会社代表取締役会長
	杉本達治	福井県知事
	高村ゆかり	東京大学未来ビジョン研究センター教授
	武田洋子	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
	田辺新一	**早稲田大学理工学術院創造理工学部教授**
	寺澤達也	日本エネルギー経済研究所理事長
	橋本英二	日本製鉄株式会社代表取締役会長兼ＣＥＯ
	村上千里	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
	山内弘隆	一橋大学名誉教授

G7各国のエネルギー自給率

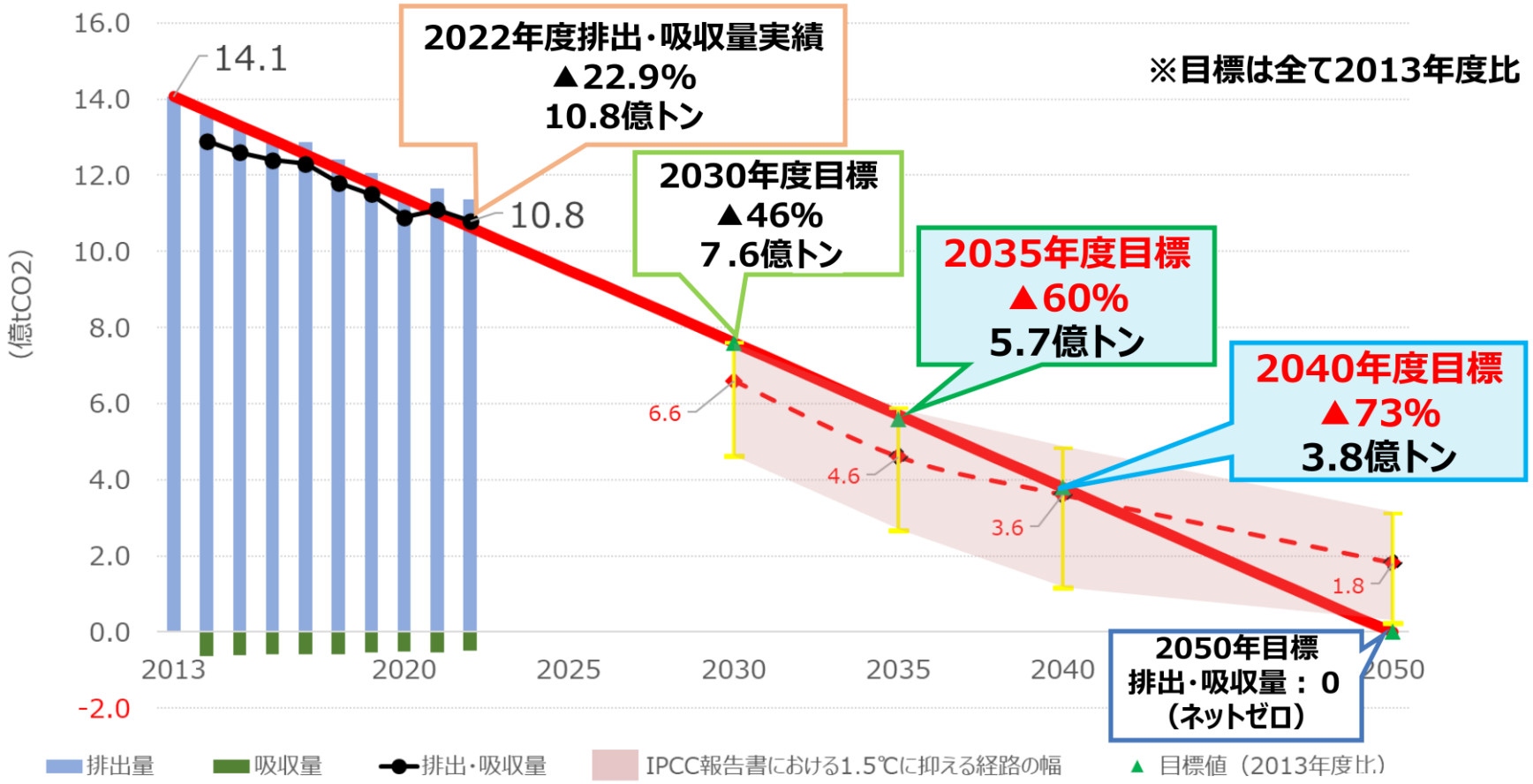
WASEDA University

- ✓ 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%

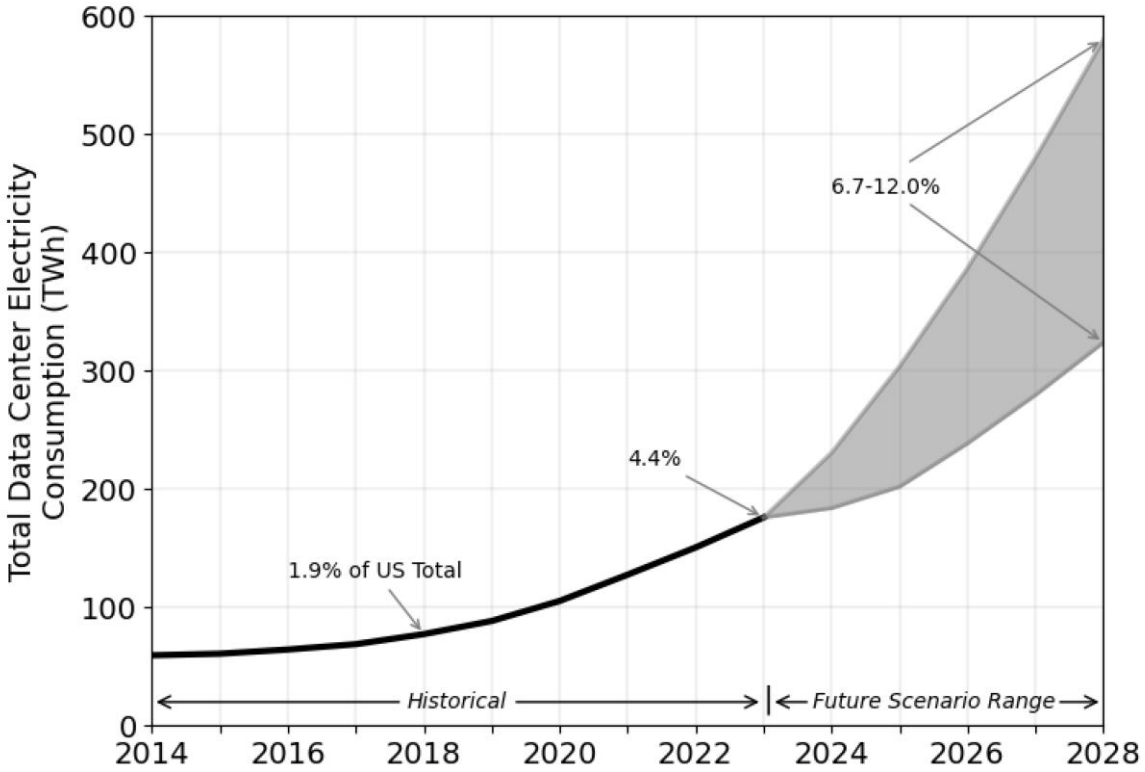
第53回 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（2023年6月28日)へ著者加筆
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/index.html

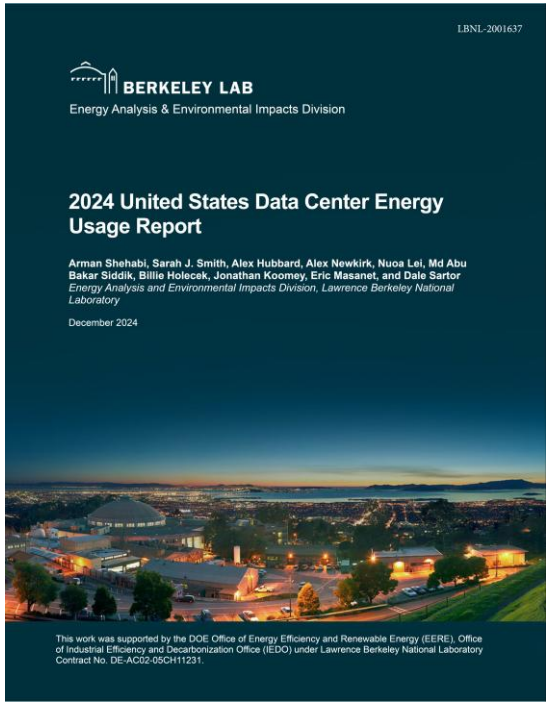
次期削減目標（NDC）（案）



内閣官房 地球温暖化対策推進本部 (第52回) 配布資料「地球温暖化対策計画（案）の概要」令和6年12月 より抜粋

米国LBNLデータセンターに関する報告書（2024年12月23日）

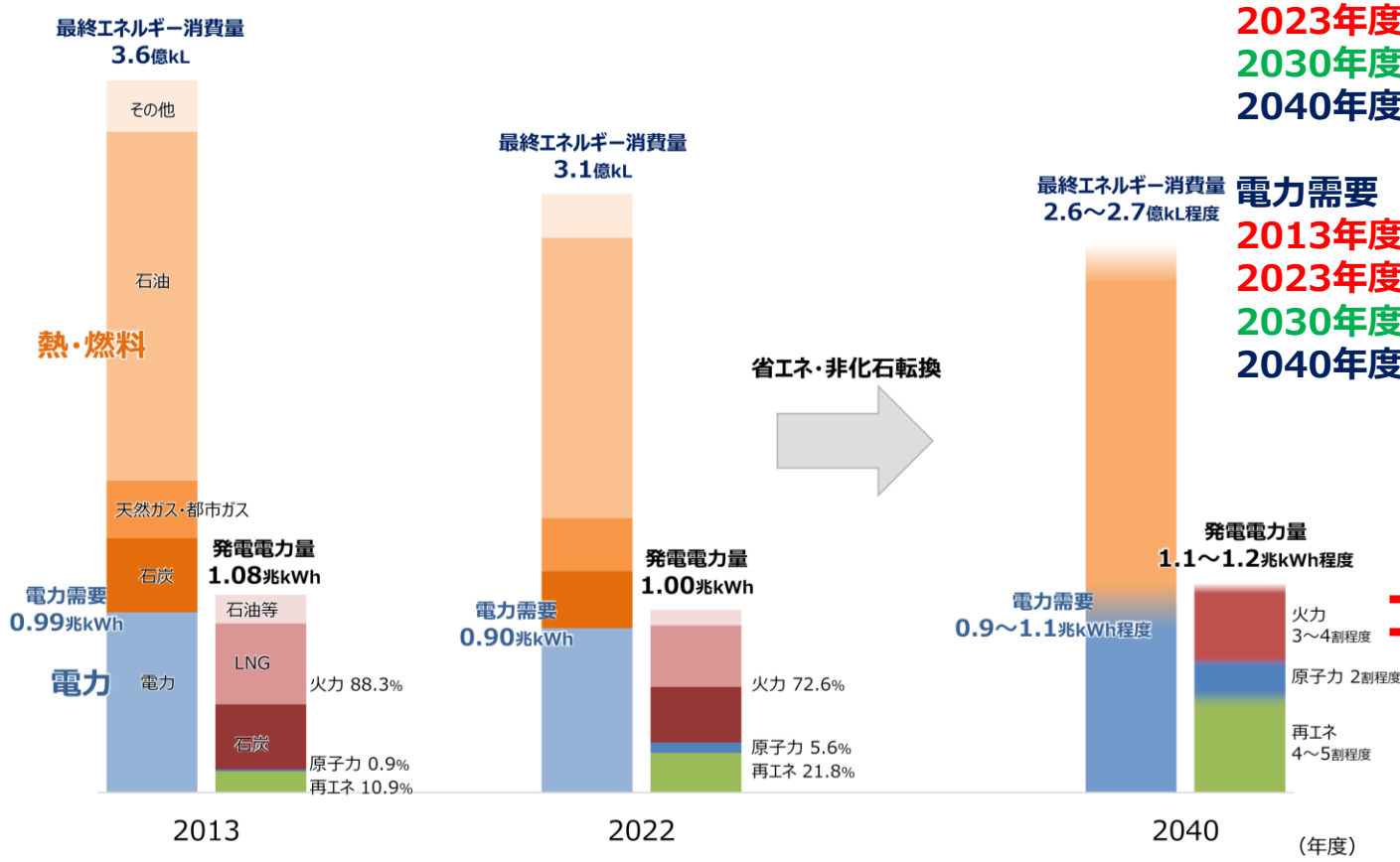




積み上げ方式による予測で2023→2028年で3倍

https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/2024-12/lbnl-2024-united-states-data-center-energy-usage-report.pdf

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。

最終エネルギー消費量
2013年度：3.6億kL
2023年度：3.0億kL
2030年度：2.8億kL（第6次）
2040年度：2.6～2.7億kL（第7次）

電力需要
2013年度：　9,389億kWh
2023年度：　8,545億kWh
2030年度：　8,640億kWh（第6次）
2040年度：10,800億kWh（第7次）④

2040年度：1.1～1.2兆kWh（第7次）
2030年度：0.93兆kWh（第6次）

12,000-9,340=2,660億kWh
発電電力量は28%増加

総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第68回会合）配布資料「2040年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）」
令和6年12月 資源エネルギー庁 より、一部抜粋し登壇者一部加筆

【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-CO_2、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%）
一酸化に窒素（N_2O）	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。

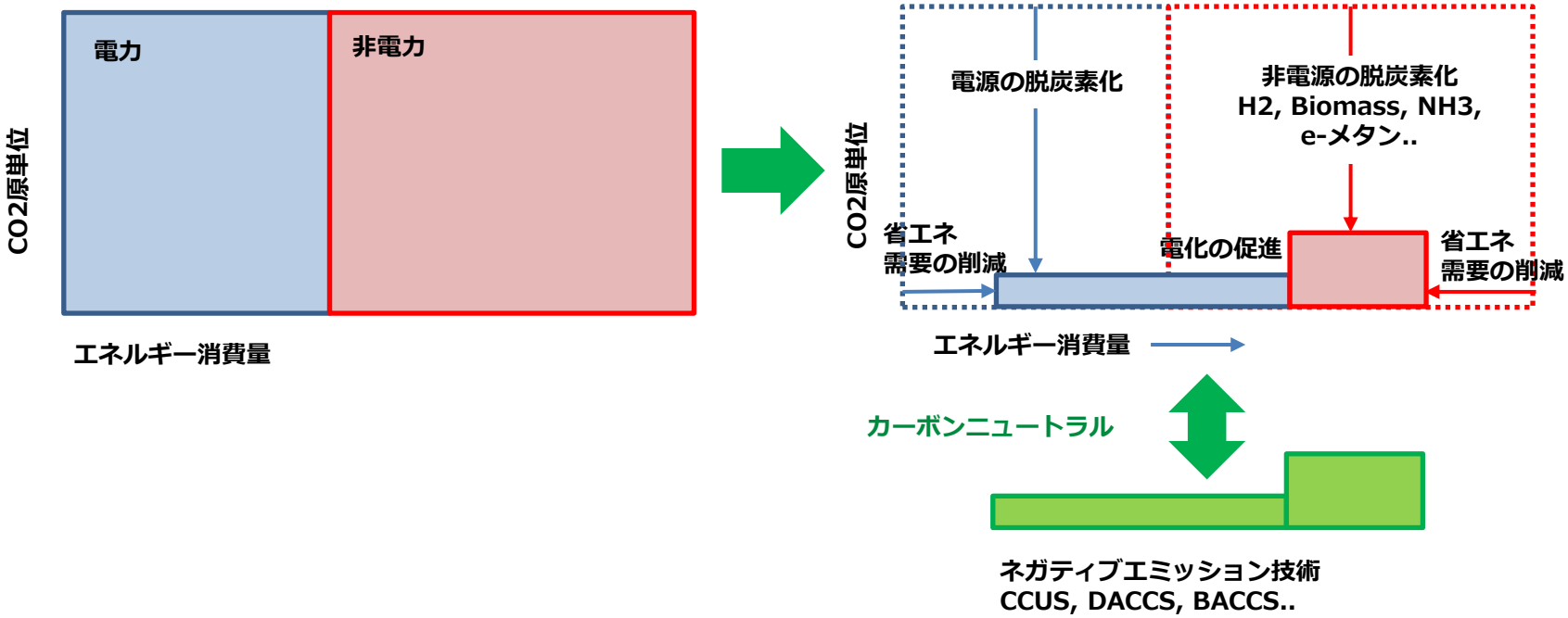
内閣官房 地球温暖化対策推進本部（第52回）配布資料「地球温暖化対策計画（案）の概要」令和6年12月 より、抜粋し登壇者一部加筆

0.7×0.7＝0.49

省エネ X 原単位の改善

kWh × CO2/kWh=CO2

どのようにして脱炭素社会にするのか

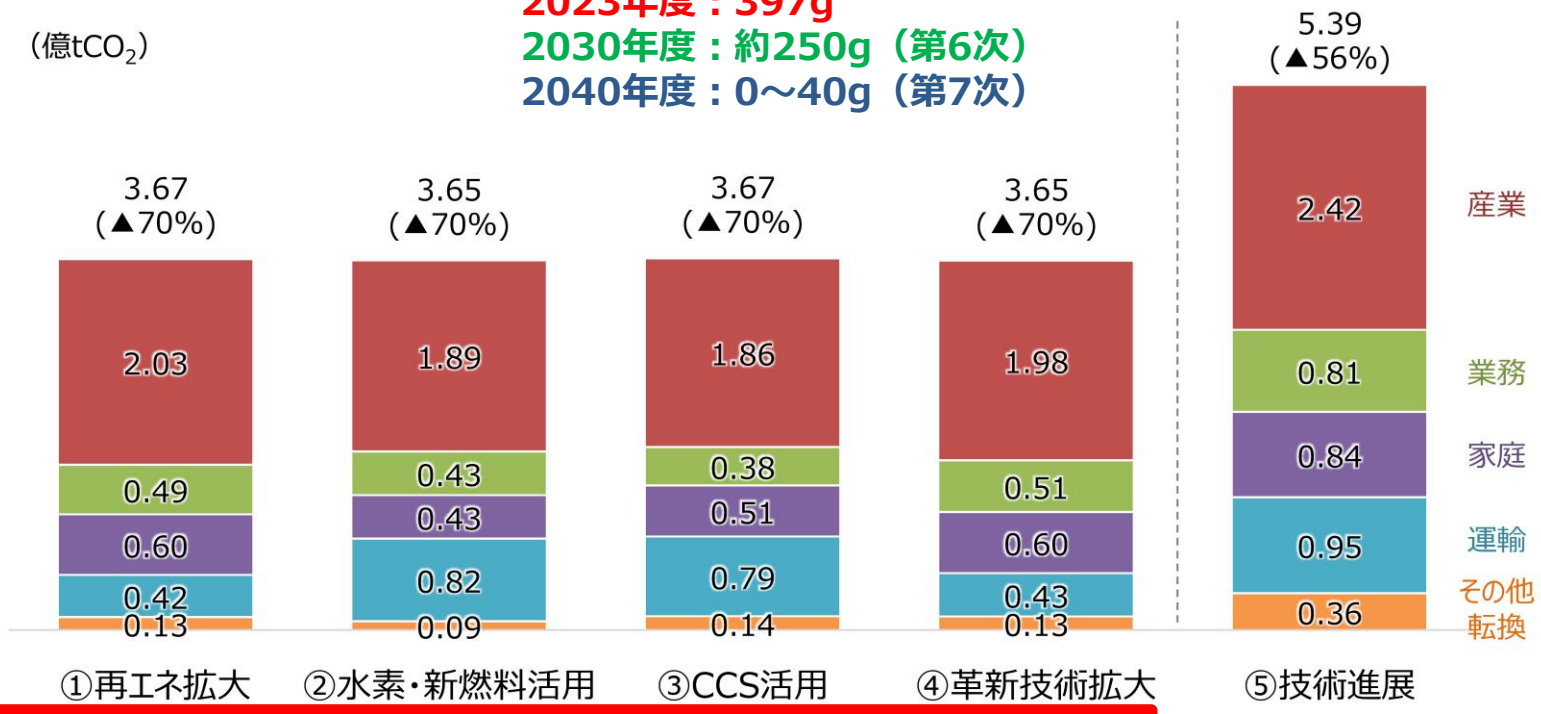


省エネと需要の削減は同じ意味ではない！

Source: Modified from METI, Green Innovation

シナリオ別エネルギー起源CO_2排出量
2040年度に電力はほぼ非化石化

電力排出係数(kgCO2/kWh)
2013年度：572g
2023年度：397g
2030年度：約250g（第6次）
2040年度：0～40g（第7次）



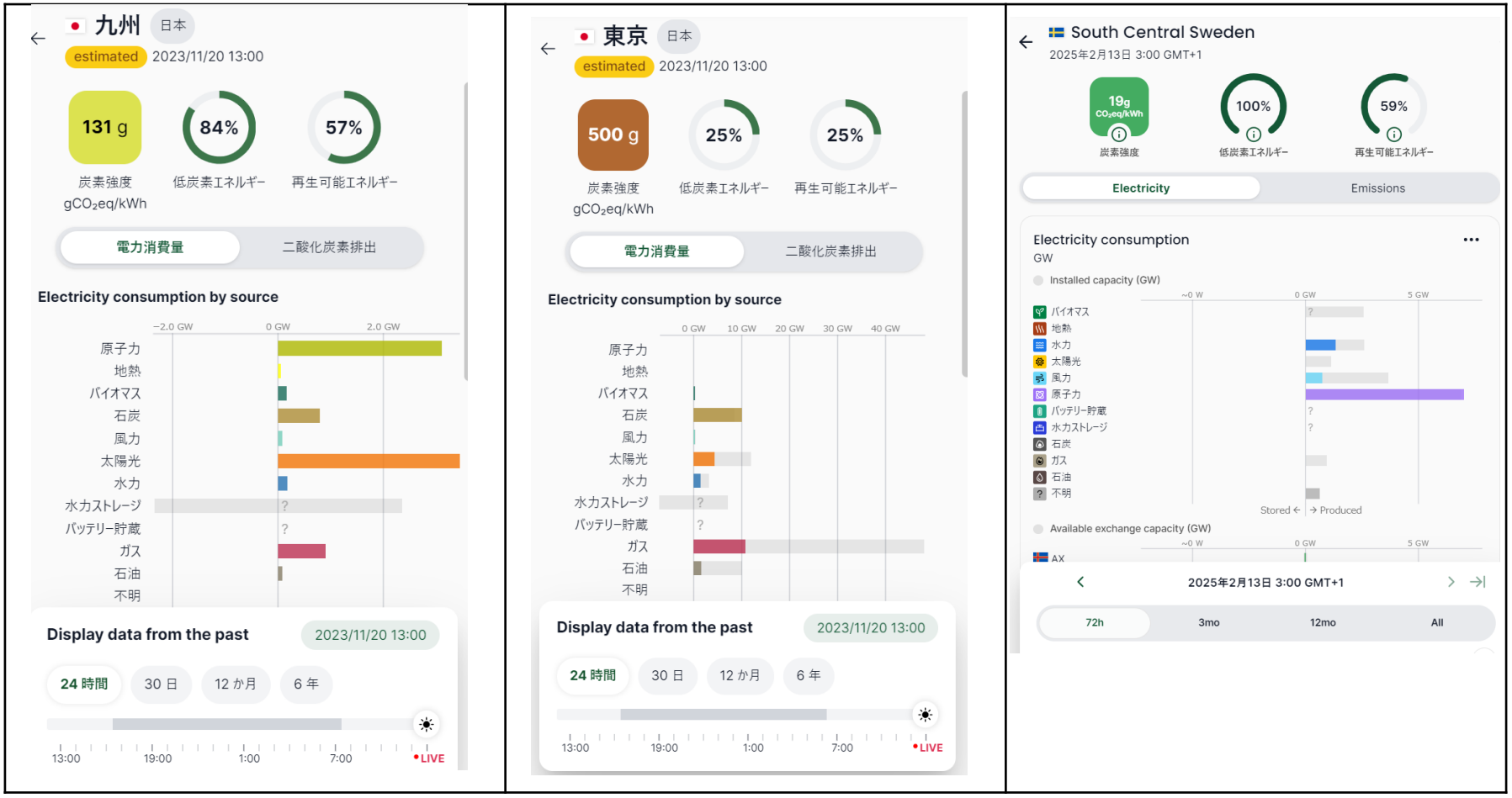
電力排出係数 ($kgCO_2$/kWh)	①再エネ拡大	②水素・新燃料活用	③CCS活用	④革新技術拡大	⑤技術進展
全電源平均	0.04	0.03	0.00	0.04	0.13
火力平均	0.20	0.15	0.08	0.18	0.31

※ 発電に由来するCO_2排出量は、部門ごとの電力需要に応じて各部門に配分。
※ カッコ内の数字は2013年度比のエネルギー起源CO_2排出削減率。

1kWhで僅か40gCO_2排出

総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第68回会合）配布資料「2040年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）」令和6年12月 資源エネルギー庁 より、一部抜粋し登壇者一部加筆

脱炭素エネルギーの自給率が高くなる必要がある



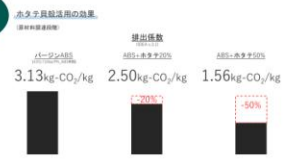
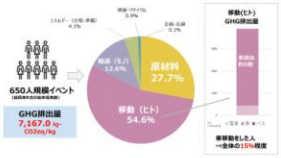
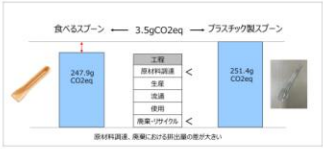
2023年11月20日 13:00　1kWhの電気のCO2排出量

九州　131g-CO2　　**東京　500g-CO2**　　**南中央スウェーデン　19g-CO2**

ELECTRICITY MAPS

引用：https://app.electricitymaps.com/map　著者加筆

カーボンフットプリント（CFP）

	甲子化学工業株式会社	チヨダ物産株式会社	株式会社ハースト婦人画報社	マルハニチロ株式会社	ミニストップ株式会社
対象製品・サービス（予定）					
	HOTAMET （防災ヘルメット）	HYDRO-TECH ビジネスシューズ	イベント 「ELLE ACTIVE! FESTIVAL 2023」	市販冷凍食品 （白身魚フライ）	ソフトクリーム （食べるスプーン付）
実績（一例）					
	廃棄されていたホタテの貝殻を使用することでプラスチックのみで作られたヘルメットよりも原材料調達段階の排出量において優位性が認められた	新製品のCFPの算定結果を製品に表示することで、顧客向けのブランディングとして活用した	イベントにおける大きな排出源は人の移動段階であり、特に関係者や機材の移動に係る車の移動による排出が多いことを確認した	MSC認証のアラスカ産すけとうだらの排出係数を用いることにより、一般的なすけとうだらと比較してGHG排出量を削減した	従来プラスチックスプーンと比較して、食べるスプーンの方が原材料調達及び廃棄・リサイクル段階において優位性が認められた

環境省　https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/topics/20250214-topic-67.html

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

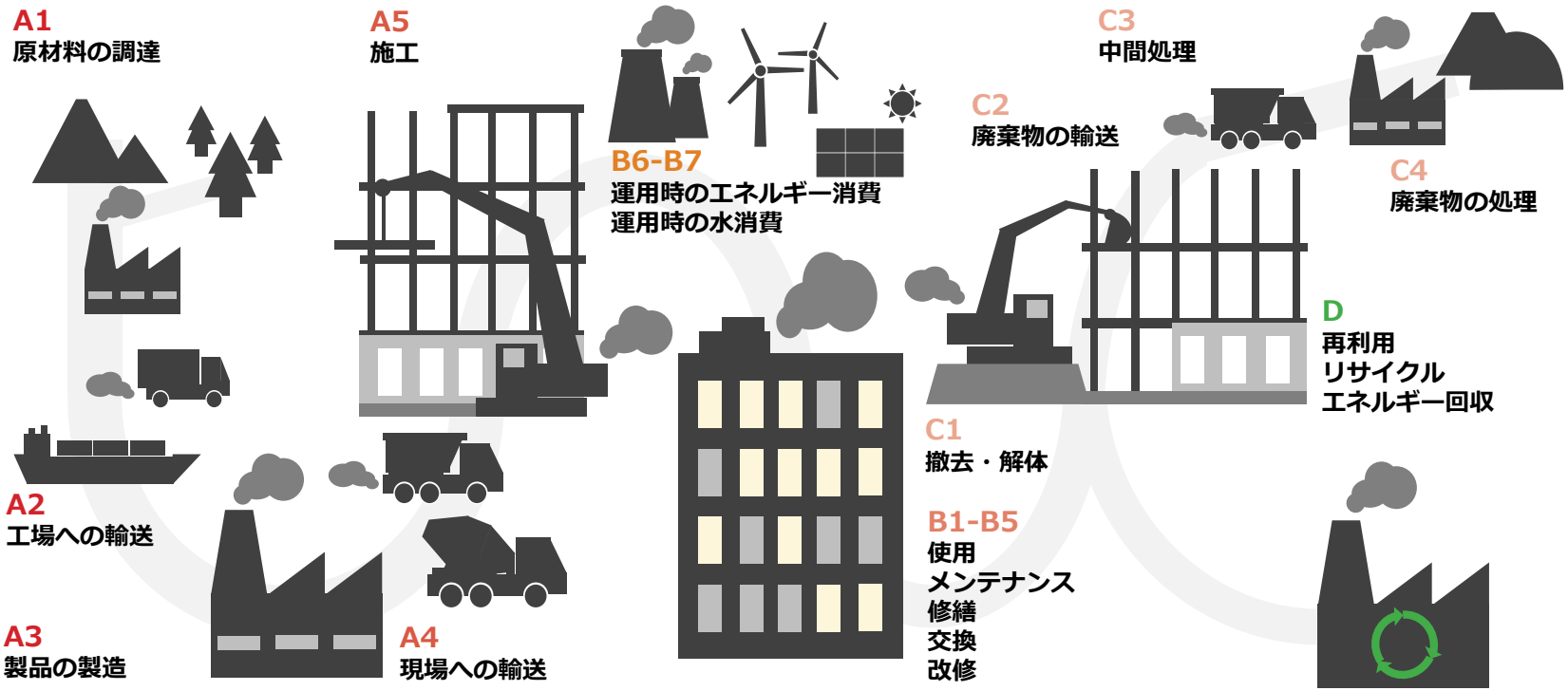
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/supply_chain.html

ホールライフカーボン評価

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



省エネ法の改正（2023年4月施行）

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エネ法関連法案審議（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）

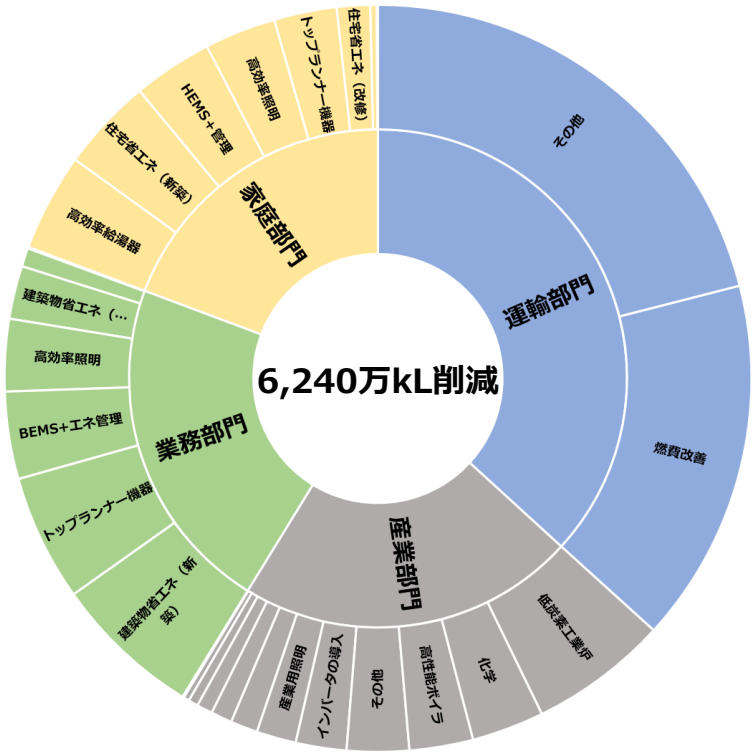
① 非化石エネルギーを含むエネルギー全体の使用の合理化

② 非化石エネルギーへの転換の促進

③ ディマンドリスポンス等の電気の需要の最適化

第6次エネルギー基本計画：省エネの深掘り

総計6,240万kLは、日本の家庭で使用されているエネルギーを全て0にしても不足する（家庭のエネルギー消費の1.3倍に相当）



エネルギー需要
2013年度：36,300万kL
2019年度：33,904万kL
2021年度：31,705万kL
2030年度：28,000万kL

2013－2030年度
=8,300万kL

↓

2013-2030年度省エネ量
6,240万kL

＋需要が2,060万kL減少

第48回 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（2021年8月4日)から著者作成
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/index.html

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）

撮影：田辺新一

おはよう日本で解説してきました（2022年9月16日）

再生可能エネルギーの進捗状況（2024年6月13日）

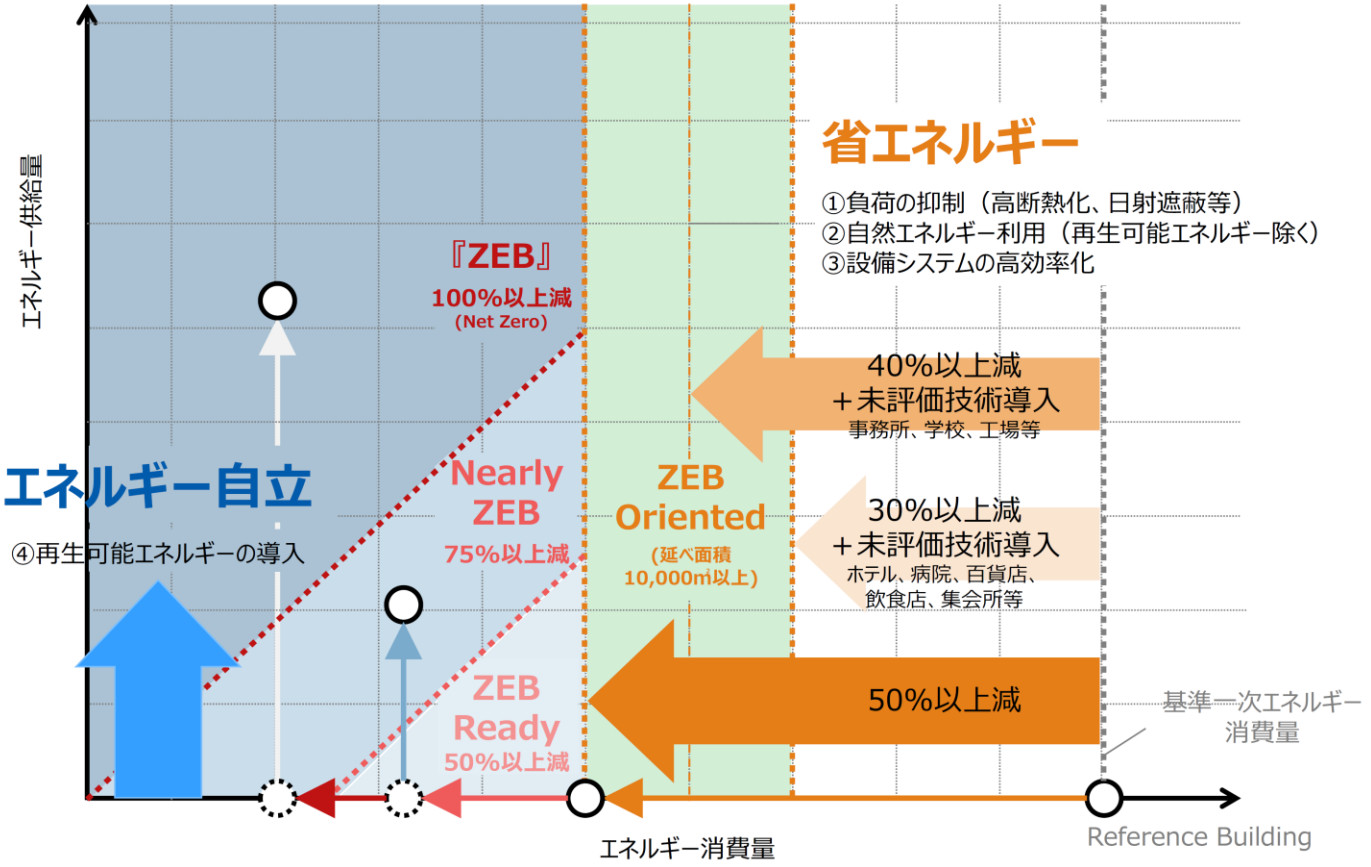
WASEDA University

	各電源の導入量				関係省庁における施策の進捗状況			
	① ミックス 2030年 目標	② 導入量 2023.12 時点	（参考） 導入量 ＋FIT/FIP 認定済未稼働	（①－②） ミックス達成 に必要な 残容量	施策名	担当 省庁	A 2030年 目標	B 2020～ 2023年度の 導入量
太陽光	103.5 ～ 117.6GW	73.1GW	79.8GW	30.4 ～ 44.5GW	公共部門の率先実行	環ほか	6.0GW	0.1GW
					地域共生型太陽光発電の導入等 *1	環・農	8.2GW	0.7GW
					空港の再エネ拠点化	国	2.3GW	0.2GW
					民間企業による自家消費促進	環	10.0GW	0.6GW
					新築住宅への施策強化	国・経・環	60% *2	31%
陸上 風力	17.9GW	5.5GW	15.9GW	12.4GW	環境アセスの対象の適正化等	経・環	2.0GW	－
					改正温対法による促進	環	0.6GW	－
					系統増強等	経	2.0GW	－
洋上 風力	5.7GW	0.15GW	5.1GW *3	5.55GW	ハンズオンサポートの実施等	経・国	2.0GW	－
					系統増強等	経	2.0GW	－
地熱	1.5GW	0.6GW	0.7GW	0.9GW	JOGMECによるリスクマネーの供給等 *4	経・環	0.3GW	0.01GW
					自然公園内での先導的資源量調査等 *5	経・環	0.5GW	－
					旧ミックス達成に向けた施策強化	経・環	50億kWh	0.１億kWh
水力 *6	10.4GW	9.9GW	10.2GW	0.5GW	既存設備の最適化・高効率化等 *7	経・国	80億kWh	3.8億kWh
					旧ミックス達成に向けた施策強化	経・国・農	50億kWh	0.2億kWh
バイオ マス	8.0GW	7.4GW	10.8GW	0.7GW *8	国産木質バイオマス利活用の拡大等 *9	経・農	0.08GW	0.13GW
					廃棄物発電の導入加速	環	0.6～0.7GW	0.01GW

*1 地域共生型太陽光発電の導入（環境省施策）と地域共生型再エネの導入促進（環境省・農水省施策）の合計
*2 新築戸建住宅への太陽光発電設備設置率60%を目標としており、この設置率においてフォローアップを行っている
*3 再エネ海域利用法等に基づく公募済又は公募中の案件を含む　*4 JOGMECによるリスクマネーの供給・先導的資源量調査や掘削技術開発の成果の共有等の実施を指す
*5 自然公園内を中心としたJOGMEC自らが行う「先導的資源量調査」の実施等を指す　*6 ミックス2030年目標（10.4GW）とそれに対する進捗状況は中小水力に限るが、関係省庁における施策には大水力を含む
*7 既存設備の最適化・高効率化/長時間流入量予測技術の活用等による効率的な貯水池運用の実施を指す　*8 四捨五入の関係で①欄と②欄の単純な差分と一致しない
*9 国産木質バイオマス利活用の拡大やバイオマス燃料の持続可能性確保を指す
出典：再エネ大量導入・次世代電力NW小委員会における関係省庁のプレゼン資料等に基づき作成。

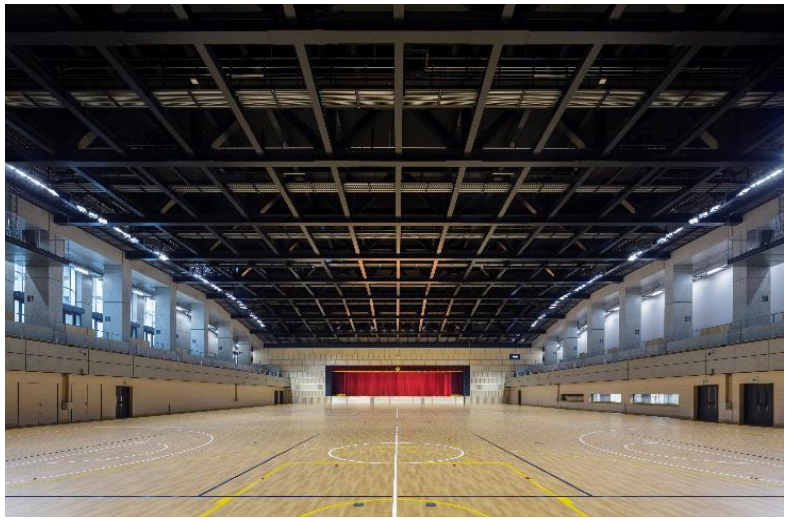
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/index.html

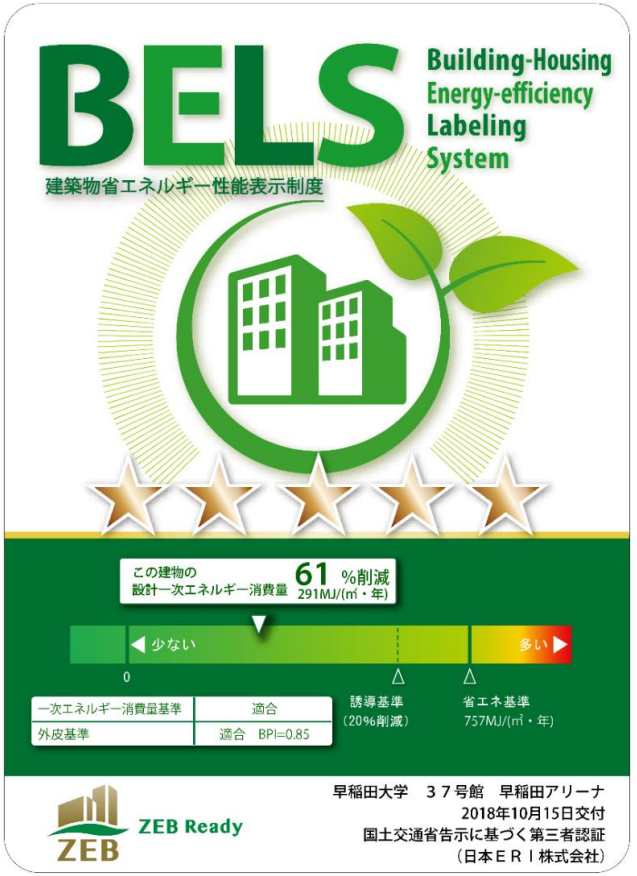
ZEB（ネット・ゼロ・エネルギービル）



ZEB→ネット・ゼロ・エミッションビルへ

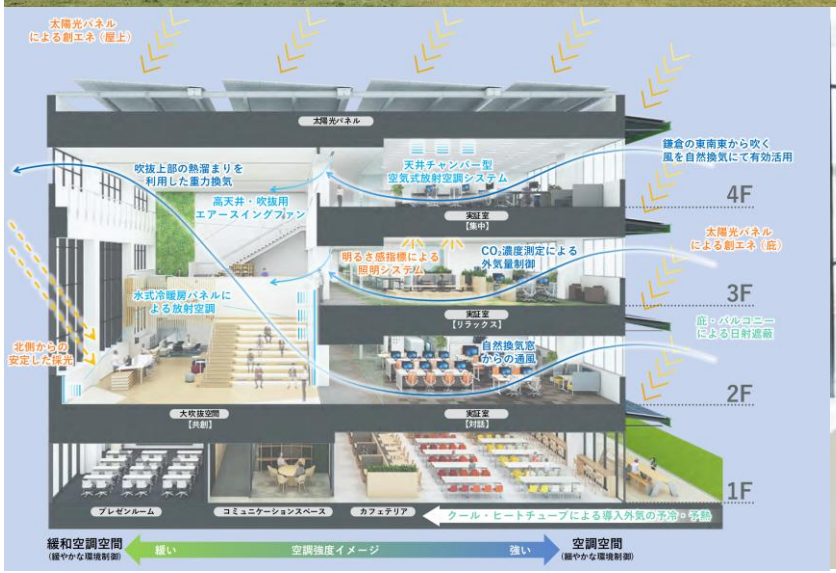
早稲田アリーナ





2018年12月
山下設計
清水建設

三菱電機ZEB関連技術実証棟「SUSTIE」



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

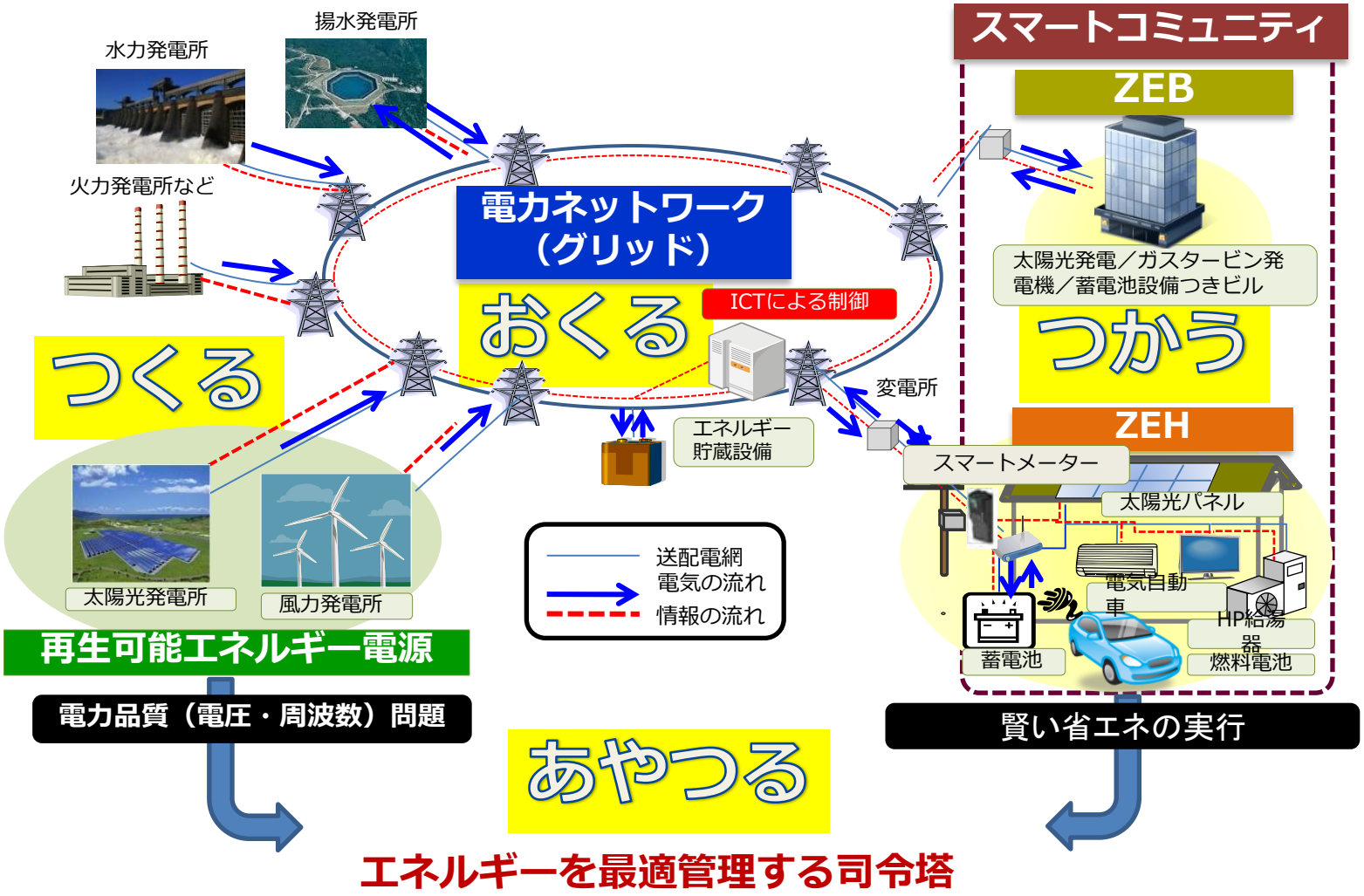
フランスの不動産屋の店頭表示

→エネルギー

→CO_2

撮影：田辺新一

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

配電系統シミュレータ
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

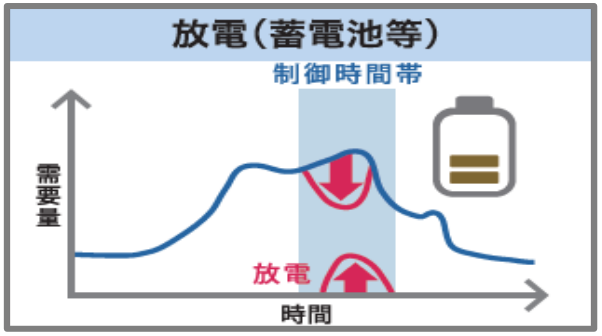
分電盤

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）

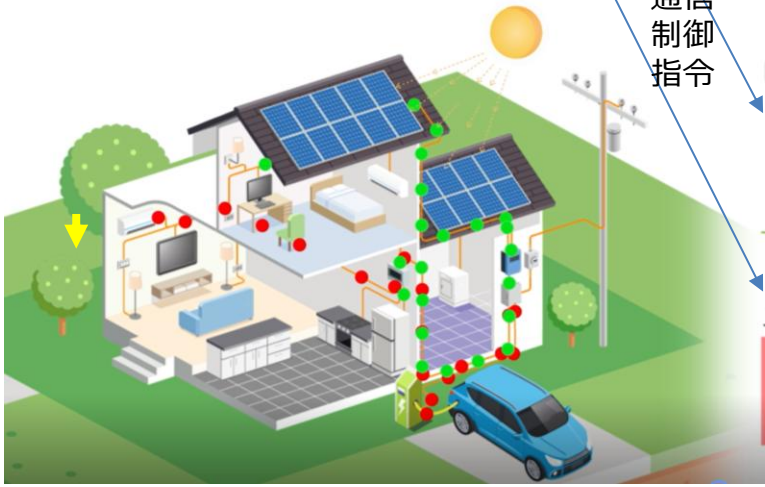


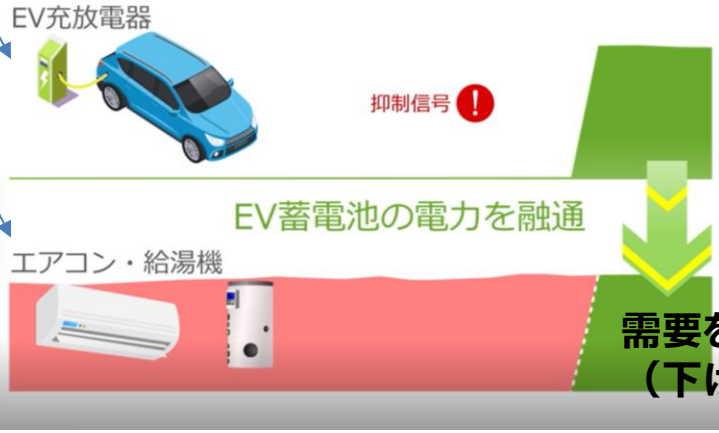
電気が足りないとき
（需要＞発電）

電力系統

計測・制御
の司令塔

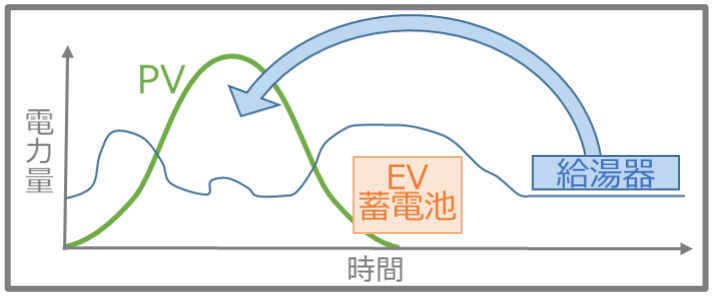
通信
制御
指令



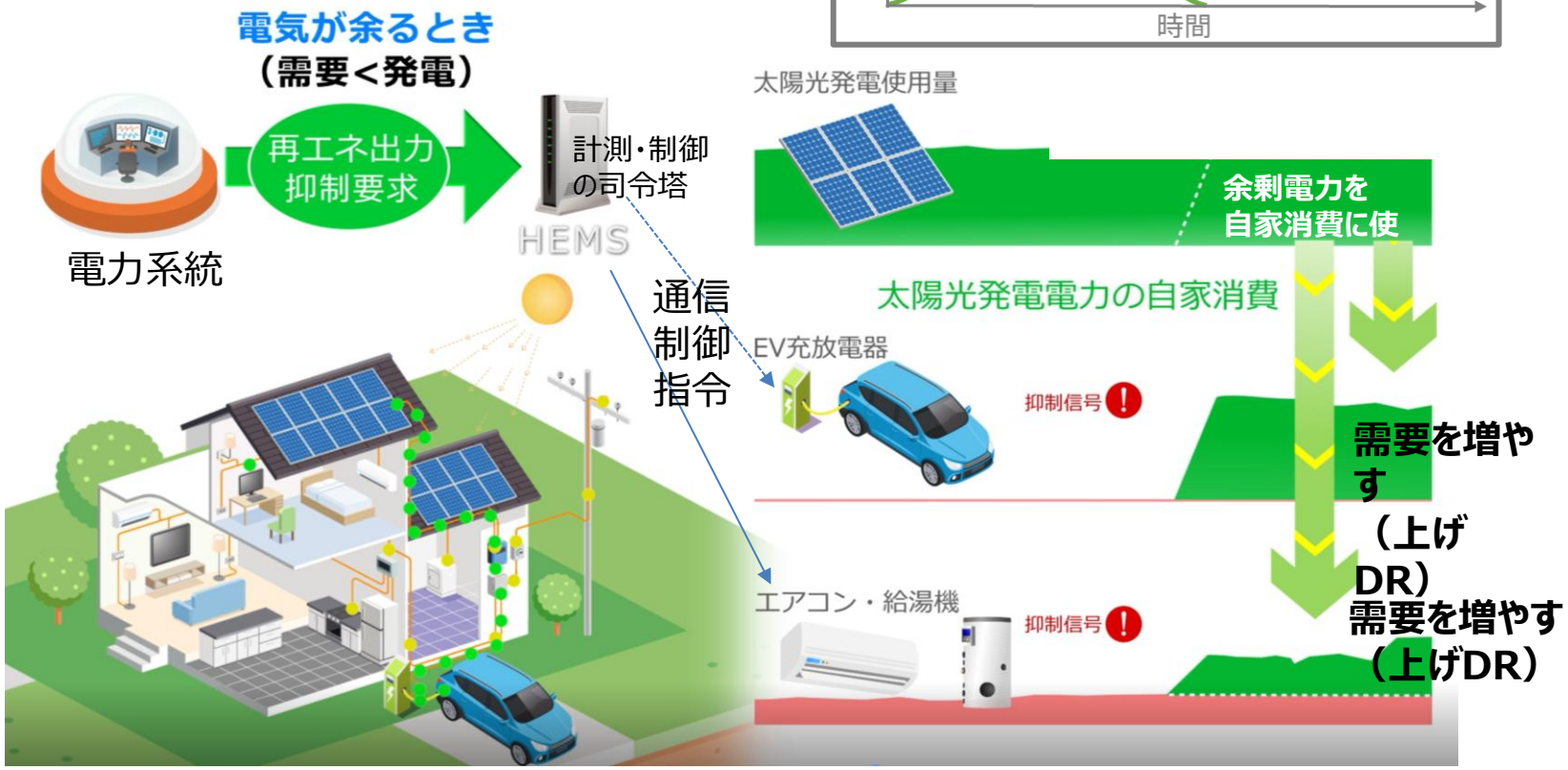


需要を減らす
（下げDR）

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）



健康とウェルビーイングのフレームワーク

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