



公共施設のゼロエミッションビル化に向けて －エネルギー消費構造の分析及び先進事例の学び－

次世代エネルギー研究科 奥野 千央



ゼロエミッションビル※化に関連する研究 ※省エネや再エネ利用により、脱炭素化したビル

- 都府県施設のゼロエミッションビル※化に向けた調査研究
- わが国の脱炭素社会実現に向けた都道府県の脱炭素計画に係る課題の統合的分析



東京都内のエネルギー需要や
建物ごとのエネルギー消費構造に関する調査・分析を
実施中



公共施設のゼロエミッションビル化を目指す上で、
重要と考えられる知見を共有



- 1 背景（気候変動の現状、東京都の現状）
- 2 エネルギー消費調査
 - 東京都・業務部門におけるエネルギー消費の実態
 - 省エネを進めるにあたっての障壁とその対策案
 - 公共施設のゼロエミッションビル化に向けて
- 3 今後の展望、まとめ



1 背景（気候変動の現状、東京都の現状）

2 東京都におけるエネルギー消費調査

- 東京都・業務部門におけるエネルギー消費の実態
- 省エネを進めるにあたっての障壁とその対策案
- 公共施設のゼロエミッションビル化に向けて

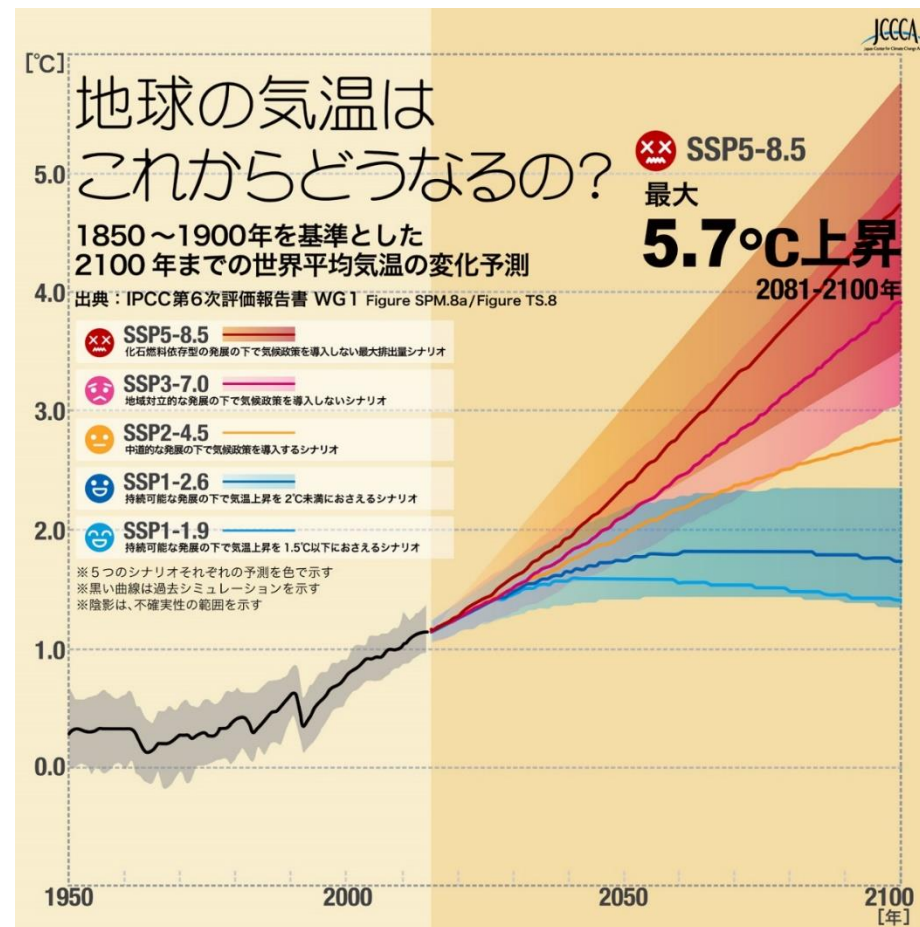
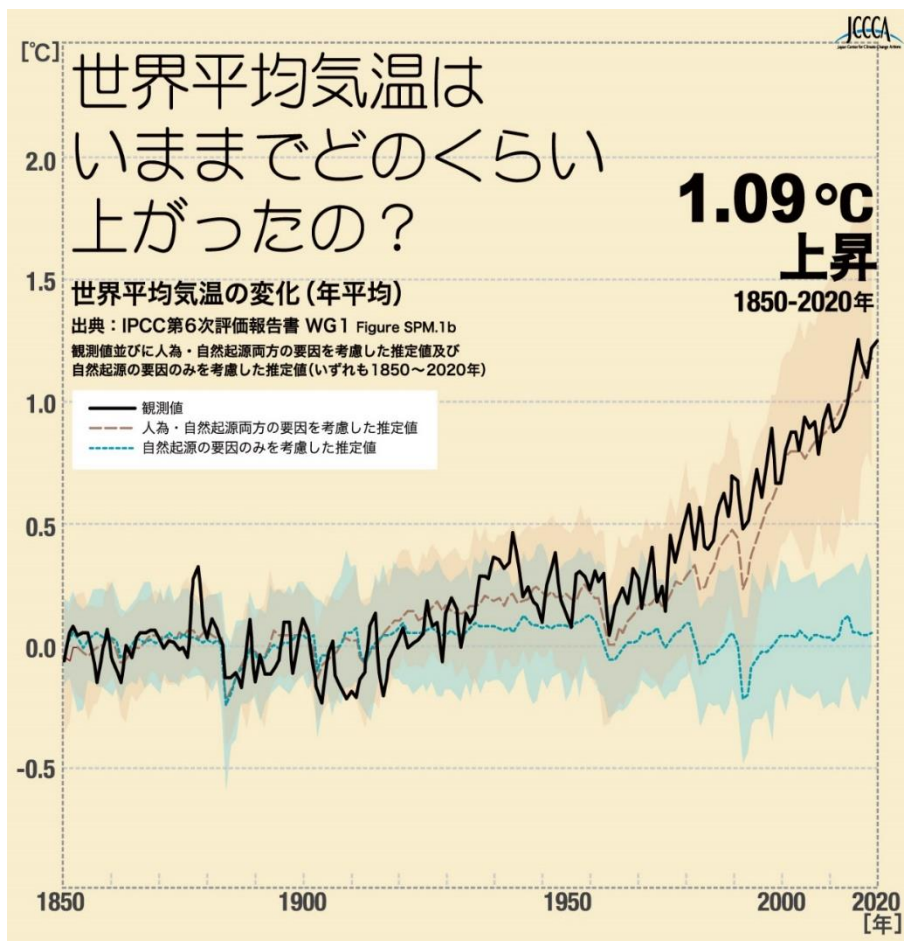
3 まとめ、今後の展望

気候変動の現状



人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには**疑う余地がない**。
大気、海洋、雪氷圏及び生物圏において、広範囲かつ急速な変化が現れている。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第6次評価報告書 (2021年8月9日)



出典: 温室効果ガスインベントリオフィス (<https://www.jccca.org/>)

気候変動の現状



人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには**疑う余地がない**。
大気、海洋、雪氷圏及び生物圏において、広範囲かつ急速な変化が現れている。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第6次評価報告書 (2021年8月9日)

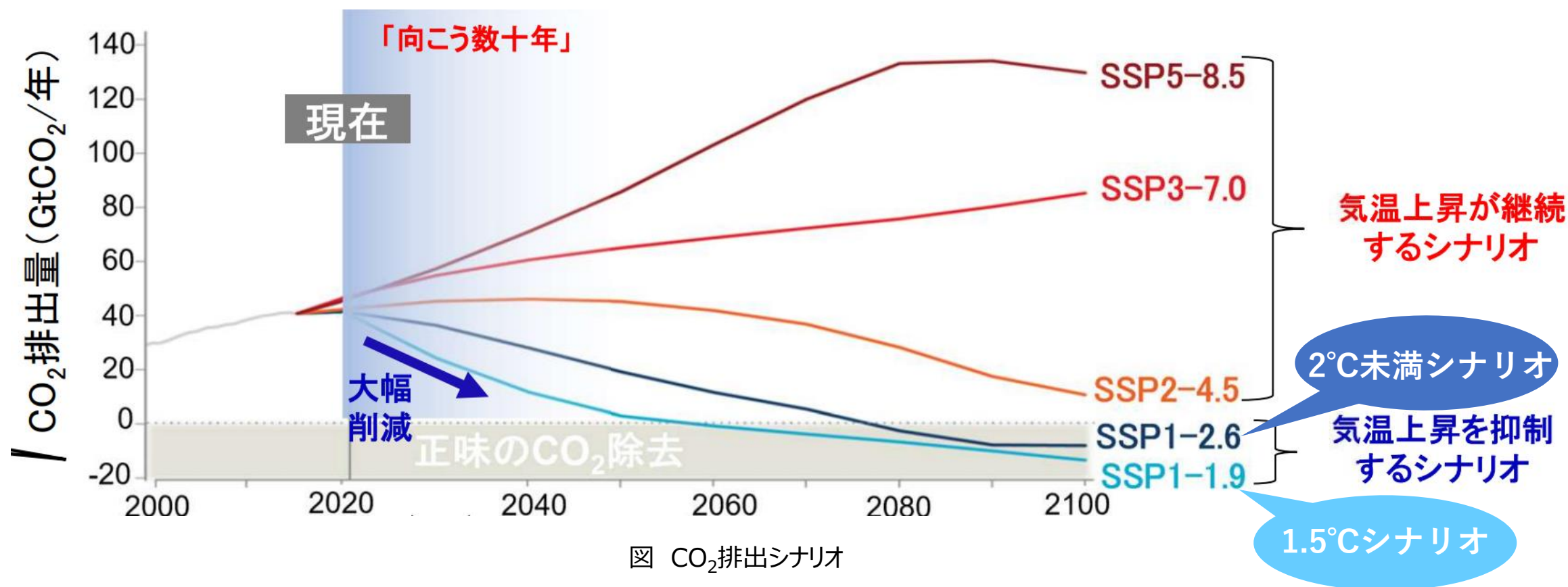


図 CO₂排出シナリオ

脱炭素に向けた東京都の取組



■ 2019.5 「2050年 ゼロエミッション東京の実現」を公表

■ 2019.12 「ゼロエミッション東京戦略」を策定

■ 2021.3

「ゼロエミッション東京戦略2020 Update & Report」を策定

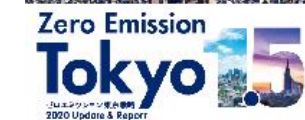
✓ 2030年までに温室効果ガス排出量を半減する「カーボンハーフ」を表明

■ 2022.2

2030年カーボンハーフに向けた取組の加速-Fast forward to “Carbon Half”- を策定

■ 2022.9

東京都環境基本計画 を改定



2050年の目指すべき姿

▶ 使用エネルギーが100%脱炭素化

▶ 都内全ての建物がゼロエミッションビルに※

2030年目標と現状

温室効果ガス排出量
(2000年比)
50%削減

エネルギー消費量
(2000年比)
50%削減

再エネ電力利用割合
50%程度

都内太陽光発電
設備導入量
130万kW

都有施設(知事部局等)
使用電力の再エネ
100%化

※RE100宣言企業等の拡大を促進

出典：業務・産業部門、家庭部門での2050年の目指すべき姿・2030年目標
(2030年カーボンハーフに向けた取組の加速より抜粋)

※省エネや再エネ利用により、脱炭素化したビル



2050年のあるべき姿

都内の全ての建物がゼロエミッションビル※に

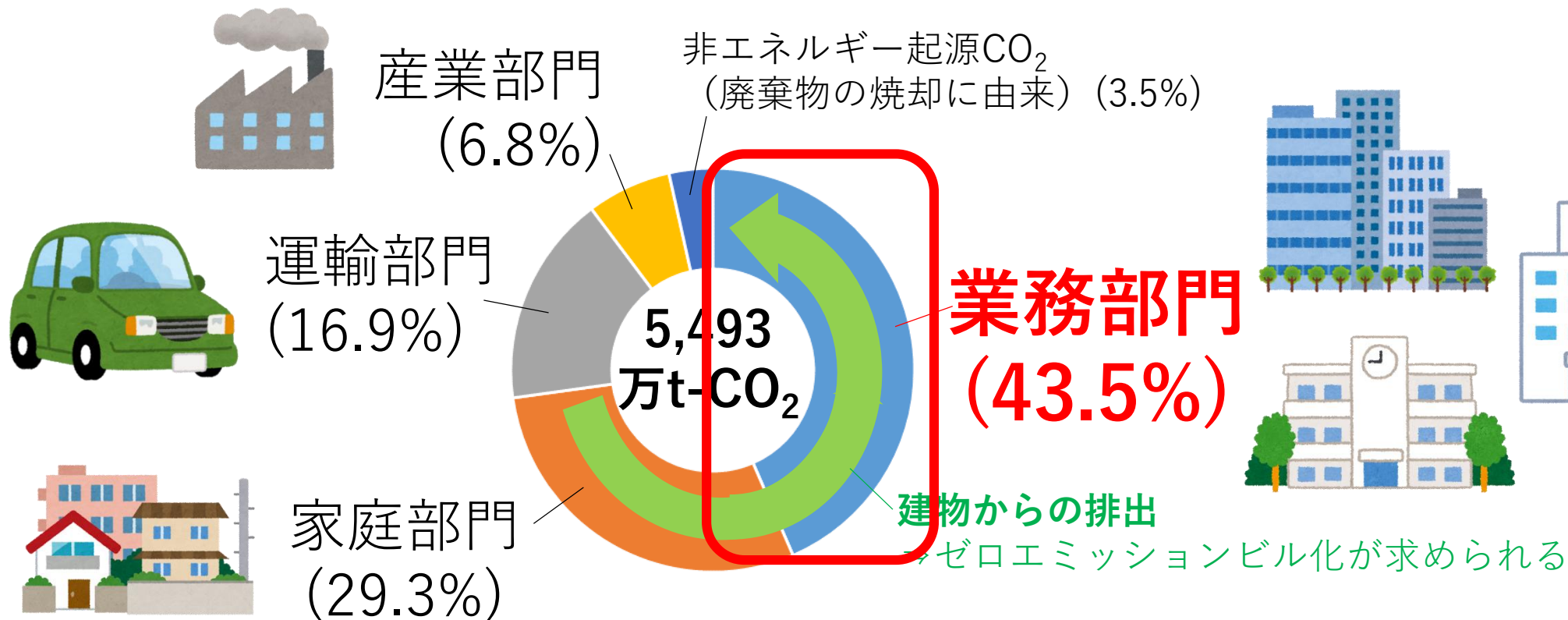
※省エネや再エネ利用により、脱炭素化したビル

施策の方向性

今後の新築ビル等では、**現時点で入手可能な技術を最大限活用**し、建物稼働時にCO₂排出量ゼロとレジリエンス向上を実現できる性能を備えた建物を標準化していく。あわせて、低炭素資材利用への転換等を促す取組を積極的に評価していく。

既存ビル等は、**省エネの深掘りと再エネ利用の拡大**を更に促進し、ゼロエミッションビルへの移行を開始していく。

東京都の部門別CO₂排出量



東京都における総CO₂排出量（部門別）の構成比（2019年度実績）

出典：都における最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量総合調査（2019年(令和元) 度実績）

東京都におけるCO₂排出量のうち、
業務部門のCO₂排出量が最大の割合



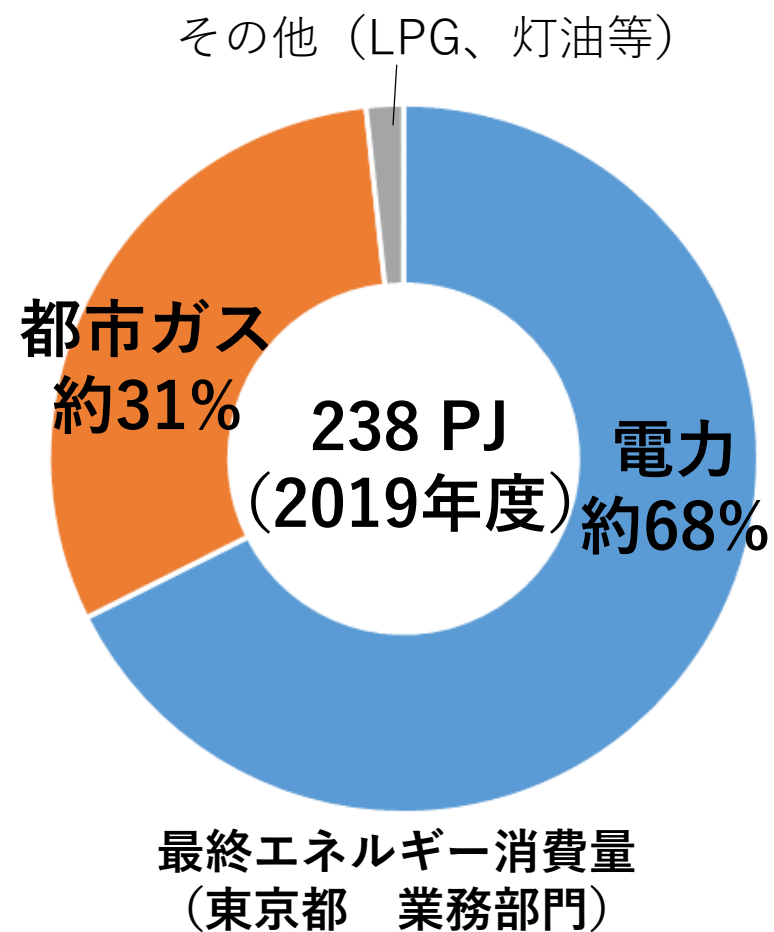
1 背景（気候変動の現状、東京都の現状）

2 エネルギー消費調査

- **東京都・業務部門におけるエネルギー消費の実態**
- 省エネを進めるにあたっての障壁とその対策案
- 公共施設のゼロエミッションビル化に向けて

3 今後の展望、まとめ

東京都・業務部門の最終エネルギー消費量（燃料種別）



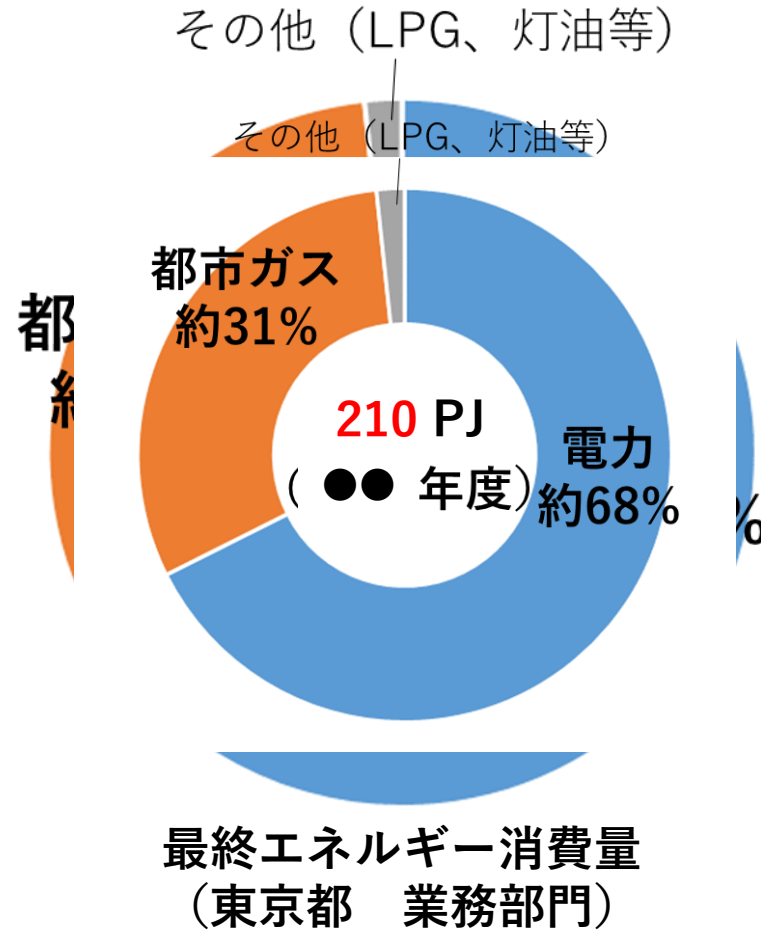
出典：都における最終エネルギー消費及び温室効果ガス
排出量総合調査（2019(令和元)年度実績）

- 東京都業務部門において、使われているエネルギー種は電力と都市ガスが大半を占める ⇒ 電力と都市ガスの脱炭素化が課題

ゼロエミッションビル（省エネ、エネルギーの脱炭素化）を目指すには



現時点で入手可能な技術の一例



①省エネ

機器の運用改善、高効率機器への更新、
建物全体での熱や照度などの最適化等

出典：都における最終エネルギー消費及び温室効果ガス
排出量総合調査（2019(令和元)年度実績）

ゼロエミッションビル（省エネ、エネルギーの脱炭素化）を目指すには



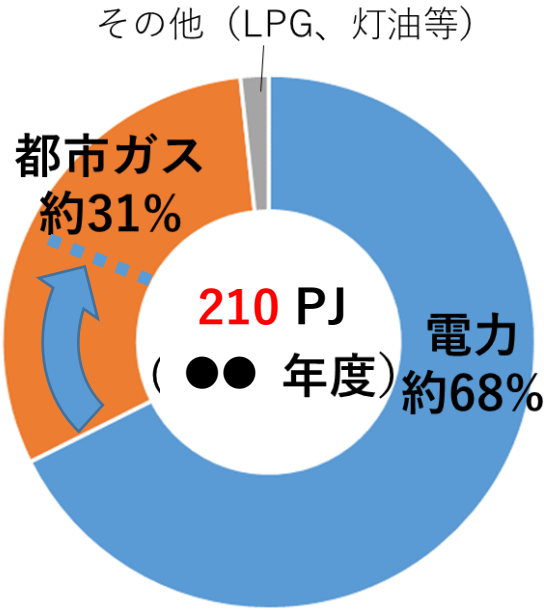
現時点で入手可能な技術の一例

④カーボン・オフセット※

電化等で代替困難な分野・CO₂排出が避けられない分野

③電化

化石燃料機器から電気機器に切り替える



最終エネルギー消費量
(東京都 業務部門)

①省エネ

機器の運用改善、高効率機器への更新、建物全体での熱や照度などの最適化等

②再エネ電力等導入



出典：都における最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量総合調査（2019(令和元)年度実績)



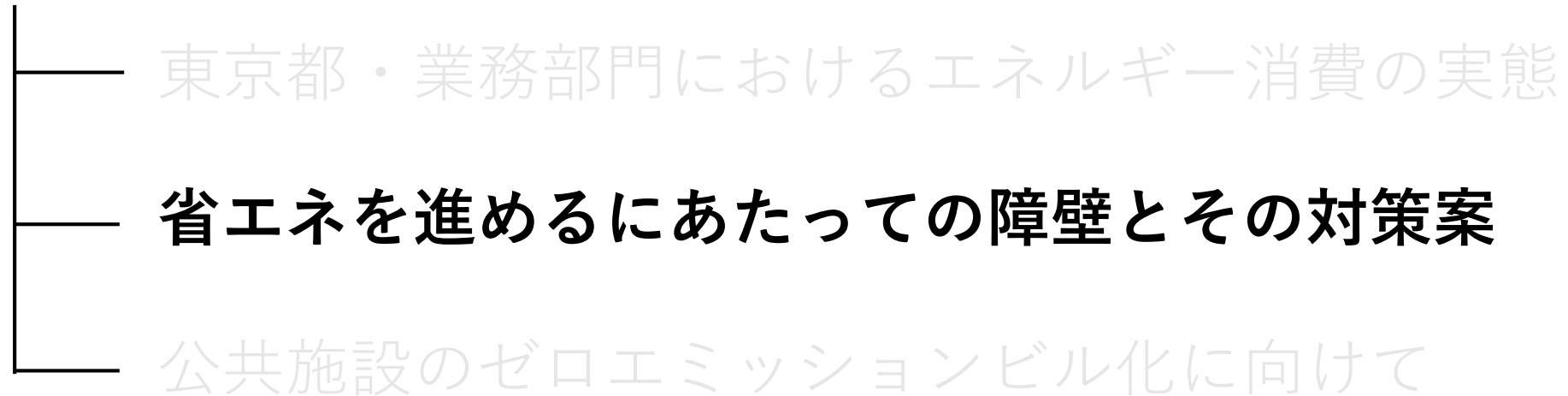
※排出量に見合った温室効果ガスの削減活動に投資すること等により、排出される温室効果ガスを埋め合わせる

(出典：環境省 J-クレジット制度及びカーボン・オフセットについて https://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/carbon_offset.html)



1 背景（気候変動の現状、東京都の現状）

2 エネルギー消費調査



3 今後の展望、まとめ

都有施設へのヒアリングの概要



実施時期	2021年11月から2022年2月
実施対象	知事部局等の中の主な14部局（施設管理部署12部署、22施設） ※省エネ対策に伴う予算要求から現場対応まで、そのプロセスを幅広く調査するため、施設管理部署及び各個別施設の現場担当者を対象
実施方法	・対面形式またはオンライン形式 ※ただし、難しい部署や施設は、文書回答
ヒアリング内容	・省エネ対策を実施するプロセス ・省エネ対策を阻害する要因 等

調査対象の施設管理部署

対象部署	調査数
▶複数の個別施設を統括し、 管理している本庁側の施設管理部署 ・総務部施設課 ・総務部総務課施設担当 ・総務部経理課施設担当 等	12部署

調査対象の個別施設

施設用途	調査数	原油換算 エネルギー消費量 (2019年度実績)
庁舎等	7箇所	約40～約9,930 kL/年
学校・教育施設等	3箇所	約170～約380 kL/年
文化施設等	3箇所	約520～約1,470 kL/年
その他（展示施設、研究所等）	9箇所	約30～約6,800 kL/年

省エネ対策を阻害する要因



情報不足

- ・ 専門性を有する対策の実施は難しい可能性がある。
- ・ 省エネに関する知識・ノウハウがない。等

予算制約

- ・ 省エネ対策のみを理由として、予算を確保するのが難しい。
- ・ 設備が壊れたり、職場環境的に問題が起きたりしないと更新はなかなか難しい。等

人員不足

- ・ 施設管理部署の職員や現場担当者が少ない。
- ・ 設備の不具合対応で手いっぱいである。等

工事スケジュール調整の困難さ

- ・ 工事を実施する際は、施設の休館等が必要なため、**数年前からスケジュールの確保が必要。**
- ・ 施設が24時間稼働しているため、**居ながら改修**になる。等

省エネ対策を阻害する要因



情報不足

- ・ 専門性を有する対策の可能性はある。
- ・ 省エネに関する

予算制約

- ・ 省エネ
- ・ 設備の更新は難しい。
- ・ 設備の更新は難しい。

⇒ 福岡県久留米市の事例

人員不足

- ・ 施設管理員
- ・ 設備の不具合対応

工事スケジュール調整の困難さ

- ・ 工事を実施する際は、施設の休館等が必要なため、数年前から
- ・ 施設が24時間稼働しているため、なかなか改修になる。等

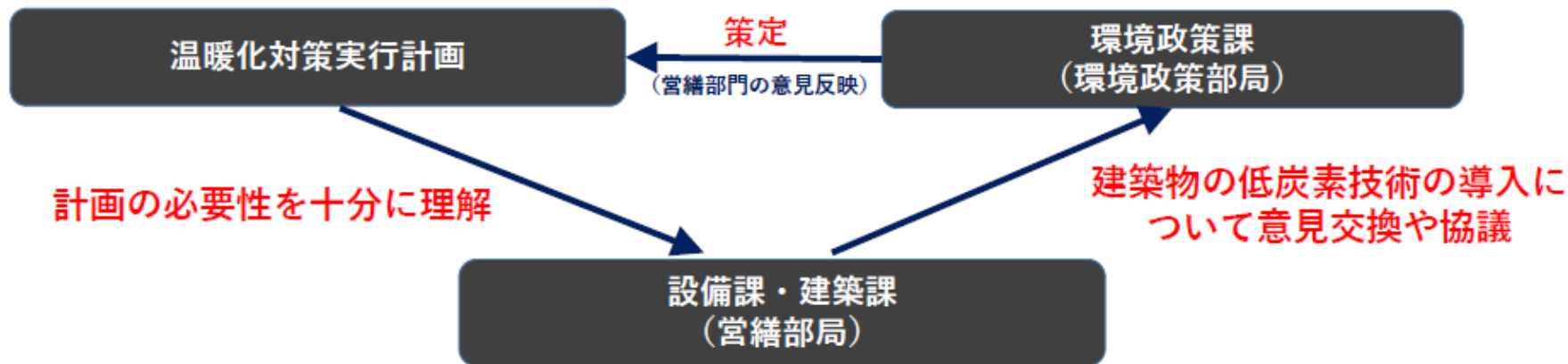
⇒ 福島県浪江町の事例

先進的な取組み ～福岡県久留米市の事例～



※ ZEBチーム結成

■ ZEBチーム結成の下地



■ ZEBチーム結成のきっかけ

- ・環境部庁舎の空調改修が必要。
- ・施設所管課の環境部総務の担当者と環境政策課が温室効果ガス削減と財政面を考慮した改修手法を検討
- ・ZEB化によって国庫補助の活用が可能になり、財政面、環境面で有利なのではないかとの見解を持つ
- ・営繕部局である、設備課、建築課にZEB化の相談（すでに設備課・建築課はZEBに関心を持っていた）
- ・**環境政策課、設備課、建築課の有志が集まりZEBチームを結成**
- ・庁内、特別職、議会などに対して丁寧に説明することでZEB化実施の合意形成（**ボトムアップ型によりZEBを実現**）

ZEBチーム構成のメリット

- ・ ZEB改修担当者の負担の減少
- ・ ZEB実施のノウハウ共有の容易化
- ・ 異動などによるノウハウ消失を防ぐ

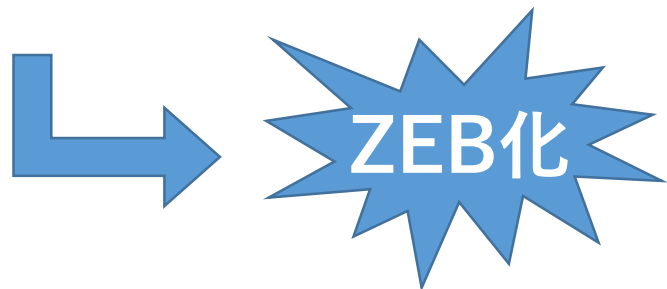
※Net Zero Energy Building (ZEB)

建物で消費する年間の一次エネルギーの収支をゼロにすることを目指した建物

先進的な取組み ～福岡県久留米市の事例～



ゼロカーボンシティ宣言により2050年までにCO₂排出量実質ゼロ
老朽化した公共施設の増加に伴う施設維持管理費の増加



- ✓ 市有施設からの温室効果ガスの削減
- ✓ 既存建築物への対策
- ✓ 施設改修経費とランニングコストの削減

久留米市環境部庁舎



1990年竣工 『ZEB』※

久留米市中央図書館



1978年竣工 ZEB Ready※

上下水道部合川庁舎



1969年竣工 ZEB Ready※

※認証機関による一次エネルギー消費量削減率に応じたランク。
ZEB Ready < Nearly ZEB < 『ZEB』の順で削減率が上がる。

令和6年度以降も3施設のZEB化改修を予定

省エネ対策を阻害する要因



情報不足

- ・ 専門性を有する対策の可能性はある。
- ・ 省エネに関する

予算制約

- ・ 省エネ
 - ・ 設備の更新は難しい。
- ⇒ 福岡県久留米市の事例

人員不足

- ・ 施設管理
- ・ 設備の不具合対応

工事スケジュール調整の困難さ

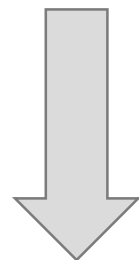
- ・ 工事を実施する際は、施設の休館等が必要なため、**数年前からスケジュール調整が困難**
 - ・ 施設が24時間稼働しているため、**活なから改修になる。**等
- ⇒ 福島県浪江町の事例

先進的な取組み ～福島県浪江町の事例～



浪江町役場本庁舎の例

平成8年竣工の既設建築物



浪江町ゼロカーボンシティ宣言を
きっかけにZEB改修を検討

居ながら改修でNearly ZEBを達成
(令和5年1月竣工)

通常の役所業務を止めることなく改修を実施

- ⇒ 工事は土日(閉庁日) に集中して行う
- ⇒ 空調工事は気候の良い時期で調整
- ⇒ 内部調整のため、事前周知は徹底的に行った





省エネ対策を阻害する要因

情報不足

予算制約

人員不足

工事スケジュール
調整の困難さ



福岡県久留米市の事例

独自で勉強会や情報収集。ノウハウをチームで共有。

予算部署に対して事前にZEBチームから助言、補助金申請支援。

部署を跨いだZEBチームの結成。ノウハウの共有化により異動によるノウハウの流出を防ぐ。

福島県浪江町の事例

徹底した内部調整、工事調整を行った上で、居ながら改修を実施。



1 背景（気候変動の現状、東京都の現状）

2 エネルギー消費調査

東京都・業務部門におけるエネルギー消費の実態

省エネを進めるにあたっての障壁とその対策案

公共施設のゼロエミッションビル化に向けて

3 今後の展望、まとめ



都自らの率先行動を大胆に加速

（東京都環境基本計画 第2部/戦略1より）

都は、多くのエネルギーや資源を消費する「大規模事業者」として、「隗より始めよ」の意識の下、率先して改革を実行していく姿を示し、社会全体の脱炭素化を力強く牽引していく。



ゼロエミッション都庁行動計画で建物のゼロエミッション化に向けた省エネの推進・再エネの利用拡大について、都有施設での目標を掲げている。

ゼロエミッション都庁行動計画
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/own_efforts/zero_emi_plan.html

⇒ 都有施設を始めとする公共施設のゼロエミッションビル化に向けた検討は重要

ゼロエミッションビル（省エネ、エネルギーの脱炭素化）を目指すには



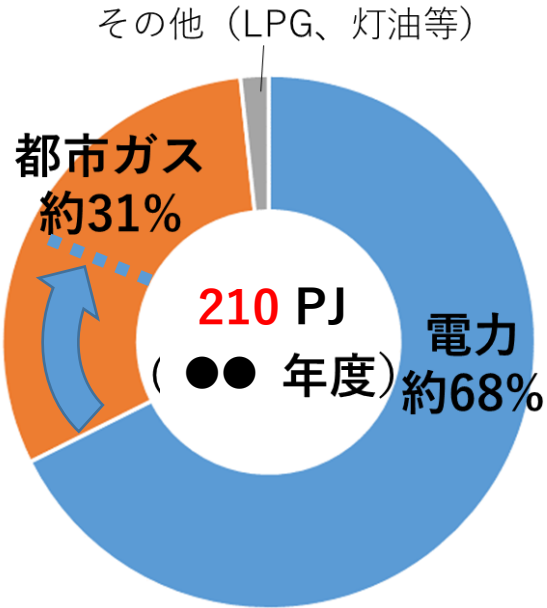
現時点で入手可能な技術の一例

④カーボン・オフセット※

電化等で代替困難な分野・CO₂排出が避けられない分野

③電化

化石燃料機器から電気機器に切り替える



①省エネ

機器の運用改善、高効率機器への更新、建物全体での熱や照度などの最適化等

②再エネ電力等導入



出典：都における最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量総合調査（2019(令和元)年度実績)

①省エネ

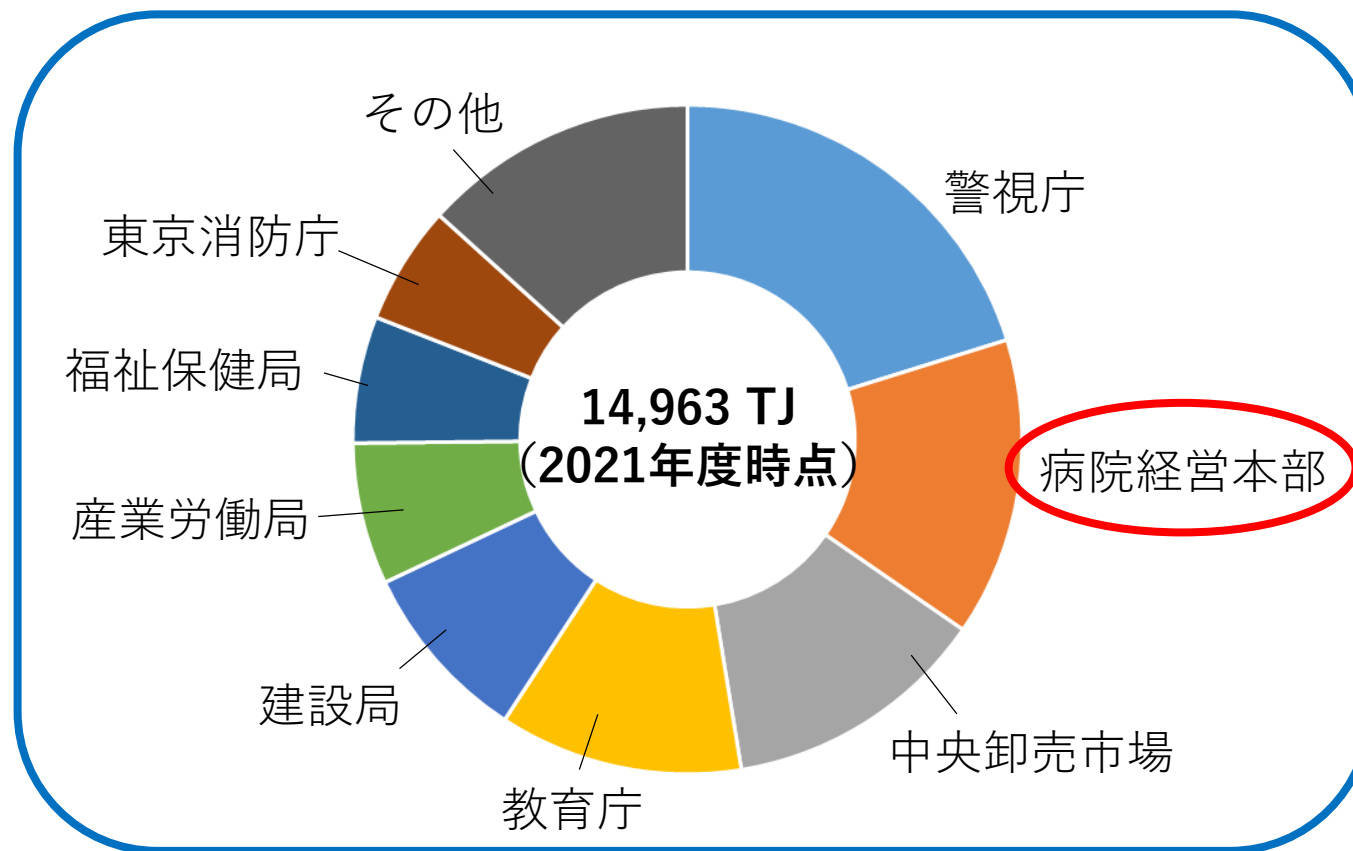
電力 ②再エネ電力等導入

都市ガス等 ③電化 ④カーボン・オフセット※

※排出量に見合った温室効果ガスの削減活動に投資すること等により、排出される温室効果ガスを埋め合わせる

(出典：環境省 J-クレジット制度及びカーボン・オフセットについて https://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/carbon_offset.html)

各局のエネルギー消費量（一次エネルギー換算）



⇒ 事務所

⇒ 病院

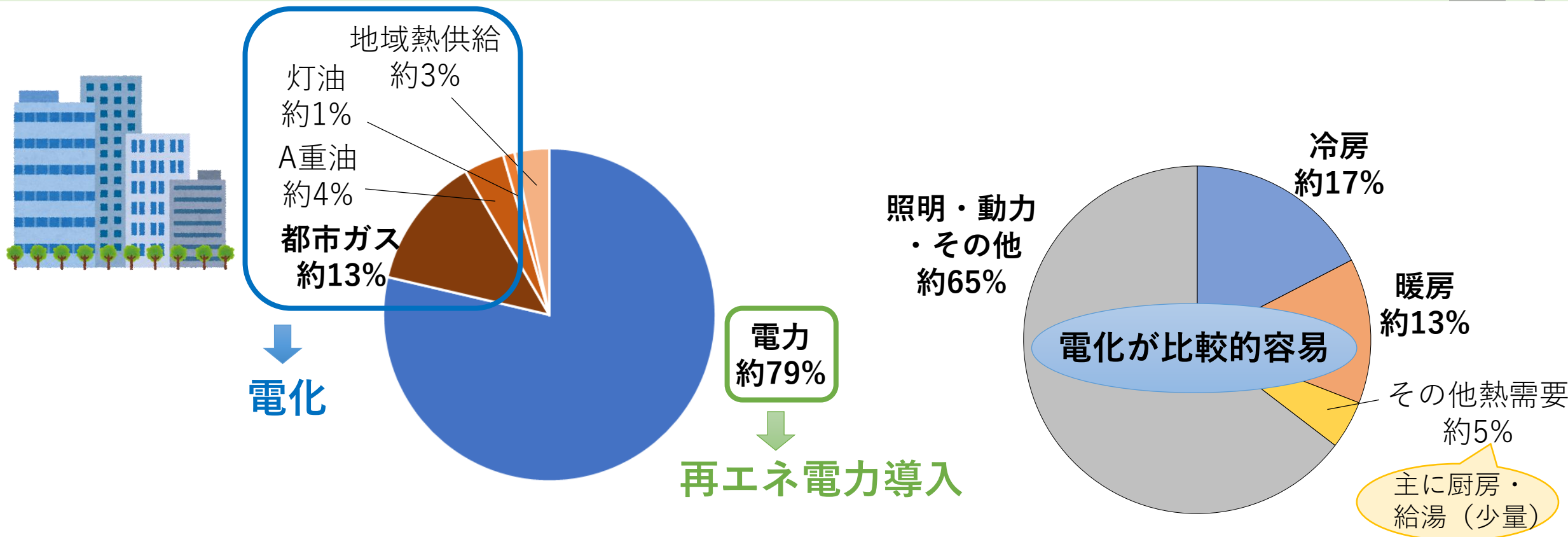
エネルギー消費量（一次エネルギー換算、知事部局等別）

出典：ゼロエミッション都庁推進会議（第5回）

参考資料2 各局のエネルギー消費量及び温室効果ガス排出量

- ・ 事務所：施設数が多く、対策を実施した場合の波及効果が大きいの。
- ・ 病院：24時間稼働の設備が多いため、エネルギー消費量が大きいの。

事務所ビルのエネルギー消費の特徴



事務所ビルのエネルギー消費の内訳
(燃料種別・一般的な事務所ビル)

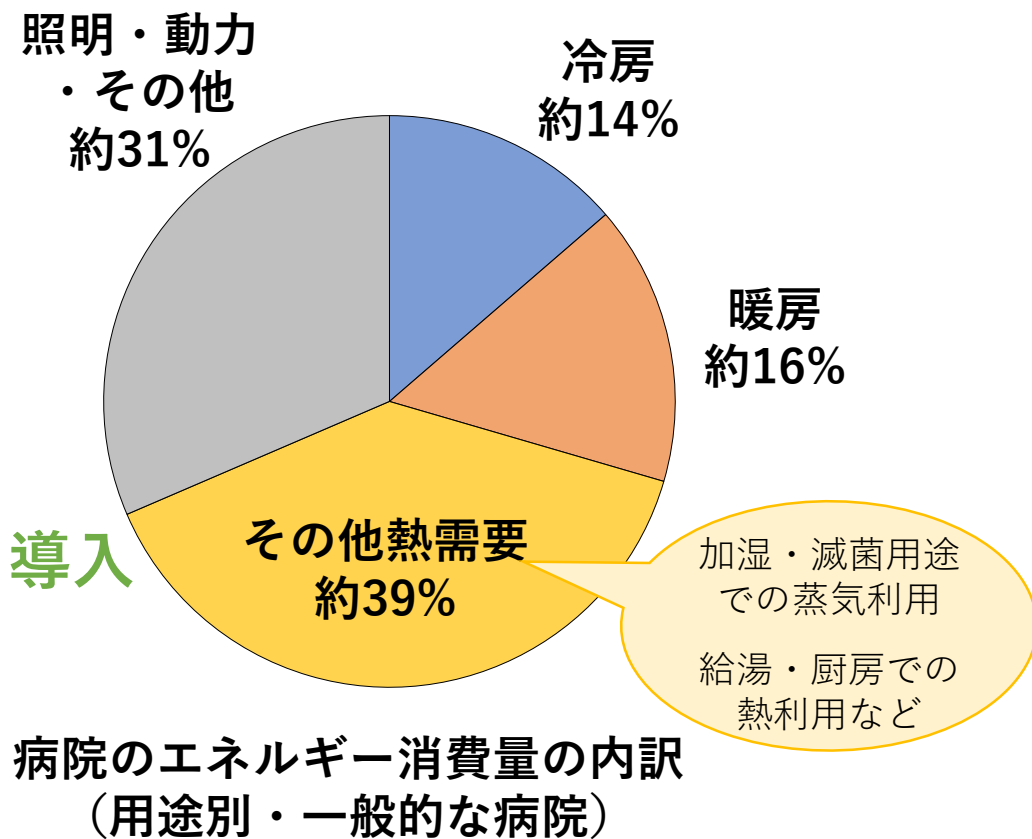
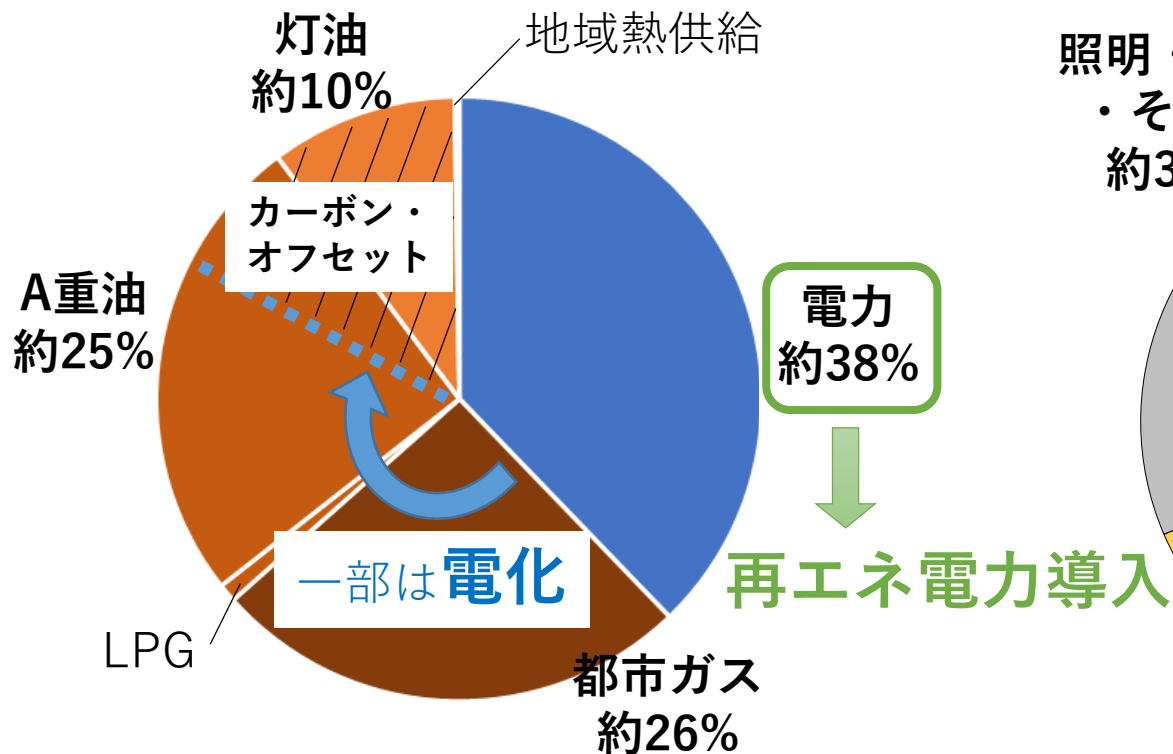
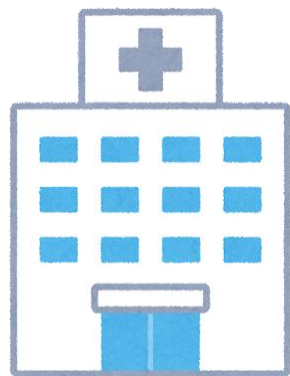
事務所ビルのエネルギー消費の内訳
(用途別・一般的な事務所ビル)

- ✓ 事務所ビルでは電化が導入しやすい
- ✓ 再エネ電力の導入による効果は大きい

【参考文献】

今枝寿哉・柳美樹 (2004) 民生部門のエネルギー消費実態調査について, 日本エネルギー経済研究所HP, https://eneken.ieej.or.jp/report_detail.php?article_info__id=824.

病院のエネルギー消費の特徴



- ✓ 用途によっては電化が難しい
- ✓ 化石燃料部分のできる部分での電化、再エネ電力導入が重要

【参考文献】

- ・今枝寿哉・柳美樹 (2004) 民生部門のエネルギー消費実態調査について, 日本エネルギー経済研究所HP, https://eneken.ieej.or.jp/report_detail.php?article_info_id=824.
- ・一般社団法人 日本医療福祉設備協会 (2013) 医療福祉施設におけるエネルギー使用実態調査 2012年度報告書



- ・エネルギー機器は、長期間、使用されるため、**機器を更新する機会が少ない**。
- ・エネルギー機器には「**ロックイン**」があり、一度、導入されたガス機器を**電化することは容易ではない**。

ロックイン

製品やサービスが、何らかのきっかけも手伝ってひとたび市場優位性を獲得すると、その後も利用され続けることがある。こうした現象を「ロックイン」と呼ぶ。



QWERTY配列

- ・タイプライターで採用
- ・PCキーボードのスタンダードに

参考文献：西尾健一郎・大藤建太（2018）CO₂の長期大規模削減とロックイン問題，電力経済研究，65，136-144.



家庭用給湯機器の事例

出典：西尾健一郎・中野一慶（2023）脱炭素化のために需要サイドの電化にどう向き合うかーバリアへの対応と便益の追求ー．電力経済研究，69，1-17.

技術的側面

設置スペースや重量、給排水配管、電源容量確保などの課題が存在

組織的側面

エネルギー事業者や機器販売者による顧客囲い込み戦略が成功した結果として、現状の構造が固定化している

行動的側面

利用者は故障や不具合が出てからその場しのぎの交換をしがちであり、販売者も同じタイプの機器を提案することが多い

- ✓ 業務用の空調や給湯機器の電化を進める際にも同様の障壁が存在すると推測される
- ✓ エネルギー機器への投資機会は少ないため、早めに対応策を講じる必要があると考えられる
- ✓ 新築など導入しやすいタイミングで将来的に電化を選択できるようなインフラ整備（電化レディ）



アメリカの事例

●米国エネルギー省 ※1

劣化したガスボイラーのエネルギー効率を一定水準以上にする住宅用ガスボイラー規制案を発表
(2029年発効を目指している)

●カールスバッド市 ※2

新築住宅の非ガス給湯器設置義務化

●バーリントン市 ※3

新築建築物が化石燃料インフラに接続する際に炭素料金の支払いを義務付ける条例が提案

●カリフォルニア州 ※4

将来的に容易に電化できる環境を整えるため、新築時に十分な電気容量の確保や事前配線を求める (電化レディ)

※1 出典：US Department of Energy
(<https://www.energy.gov/articles/biden-administration-proposes-new-cost-saving-energy-efficiency-standards-home-furnaces>)

※2 出典：Carlsbad Ordinance CS348
(<https://efiling.energy.ca.gov/Lists/DocketLog.aspx?docketnumber=16-BSTD-07>)

※3 出典：Lyon (2022) 「Armed with new regulatory power, Burlington City Council commissions plan to reduce carbon output」 (<https://vtdigger.org/2022/05/10/armed-with-new-regulatory-power-burlington-city-council-commissions-plan-to-reduce-carbon-output/>)

※4 出典：2022 State SIP Strategy
(https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2022-08/2022_State_SIP_Strategy.pdf)



欧州の事例

●EU ※1

- ✓ 今後5年間で電気ヒートポンプの投入割合を倍増させる（累計導入数で1000万台）
- ✓ REPowerEU計画(2022年)の一環で、電気ヒートポンプ等の設置許可手続きの簡略化案を提出

●ドイツ ※2

2026年以降、石油・固体化石燃料ボイラーの設置を原則禁止する。

●オランダ ※3

およそ300あるすべての**自治体**に天然ガスからのフェーズアウトを行う計画（熱移行計画）の策定を求めた。

※1 出典：REPowerEU Plan
(https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF)
(https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6657)

※3 出典：National Climate Agreement - The Netherlands, 2019/6/28
(<https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/national-climate-agreement-the-Netherlands>)

※2 出典：Gebäudeenergiegesetz2020
(<https://www.bmi.bund.de/EN/topics/building-housing/building/energy-efficient-construction-renovation/buildings-energy-act/buildings-energy-act-node.html>)



✓ 公共施設には事務所のように電化への転換がしやすい建物から、病院のように蒸気・給湯などの用途において電化が難しい可能性がある建物など様々である。

⇒ **その施設の用途や特徴を踏まえ、施設ごとに最適な対策を検討する必要がある。**

✓ 既設の建物などを後から電化することはハードルが高い。（ロックイン問題）

⇒ **新築時に電化レディをしておくなど、長期的な設備投資計画が重要。**
（欧米の先進事例も参考に）



1 背景（気候変動の現状、東京都の現状）

2 エネルギー消費調査

- 東京都・業務部門におけるエネルギー消費の実態
- 省エネを進めるにあたっての障壁とその対策案
- 公共施設のゼロエミッションビル化に向けて

3 今後の展望、まとめ

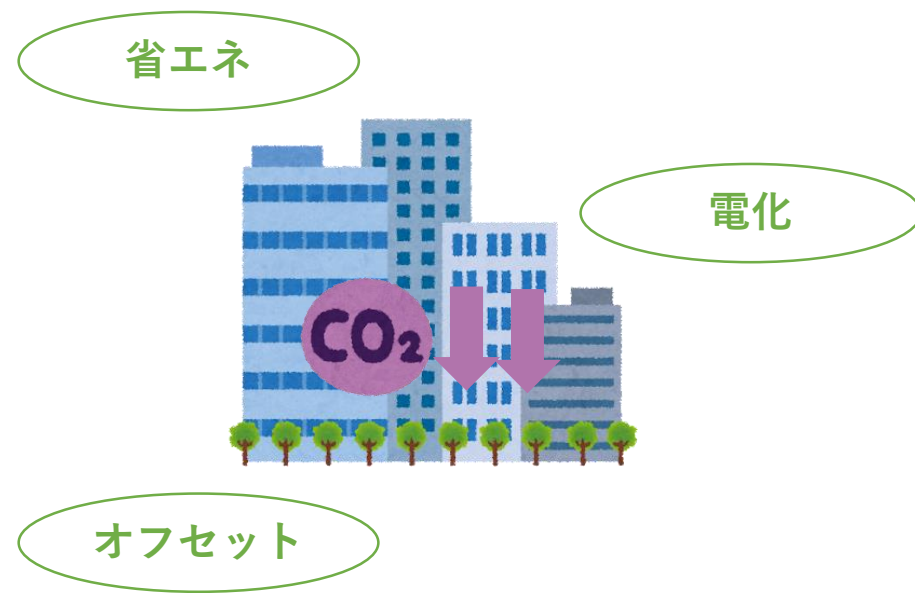


都府施設のゼロエミッションビル化に向けた調査研究

様々な対策のCO₂排出削減効果の推計

中長期的な電力消費量の変化の推計

脱炭素化が困難なエネルギー消費用途の調査



⇒ 今後定量的な分析を行い、**各施設ごとの特徴を踏まえて**どのようなゼロエミッションビル化のアプローチができるのか探っていく



- 東京都は、2030年カーボンハーフ、2050年に建物のゼロエミッションビル化を目指している。
- 建物をゼロエミッションビル化するためには、省エネの推進のみならず、機器の電化等の活用などを追求することが重要である。
- 複数の自治体で、ZEB化に向けた積極的な取組みが進められ、欧米では、電化に向けた仕組みが導入されつつある。都有施設を含め、公共施設のゼロエミッションビル化を目指す上で、貴重な事例と考えられる。
- 公共施設では、様々な用途にエネルギーが使われている。その用途を踏まえ、機器の電化の可能性を含め、長期的な設備投資の計画が必要である。
- 今後定量的な分析を都有施設で行っていく。



ご清聴ありがとうございました

