

移動における脱炭素化への選択肢

早稲田大学スマート社会技術融合研究機構 電動車両研究所
研究院客員准教授 井原雄人



今日ここまで何できましたか？



駐車場はたくさんあるようだ



- 井原雄人
- 早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 電動車両研究所 客員准教授
 - 電気バスを作る仕事(=**vehicle**)
 - 東京都、奈良県、本庄市、長野市、川崎市、周南市など
- 合同会社ビジュアライト 共同代表
 - 電気バスを公共交通として走らせる仕事(=**mobility**)
 - 北九州市、桐生市、瀬戸市、沼津市、大井町、陸前高田市など



20年間車の研究をしていますが 車の免許を持っていません

自分で運転できないからこそ
移動するために公共交通のことを考えています



電気自動車って
火力発電の電気で走るから環境に良くないんじゃないの？
クルマをつくる時にCO2を出してるって聞いたけど？

YES

だけど正確には「思ったたより環境に良くない」

じゃあ、やっても意味ないの？

NO

組み合わせなきゃカーボンニュートラルは達成できない



●低炭素

- 炭素(CO₂)を以前(日野市の場合は2005年が基準)より「減らす」
- これは、今まででもやってきたこと

●脱炭素

- 炭素(CO₂)を0にしなければいけない
- 移動に関わる脱炭素は実は簡単。「移動しなければいい」

●カーボンニュートラル、実質排出ゼロ、ゼロカーボン

- 炭素(CO₂)の排出と吸収で±0にする
- 今までの低炭素だけでは間に合わなそう

今日はカーボンニュートラルの話をします



Mobility, モビリティ

=移動しやすさ、移動の仕組み

Vehicle, ヴィークル

=乗り物、移動手段、Electric Vehicle

どちらも「移動」に関わるもの、今日は両方の話をします

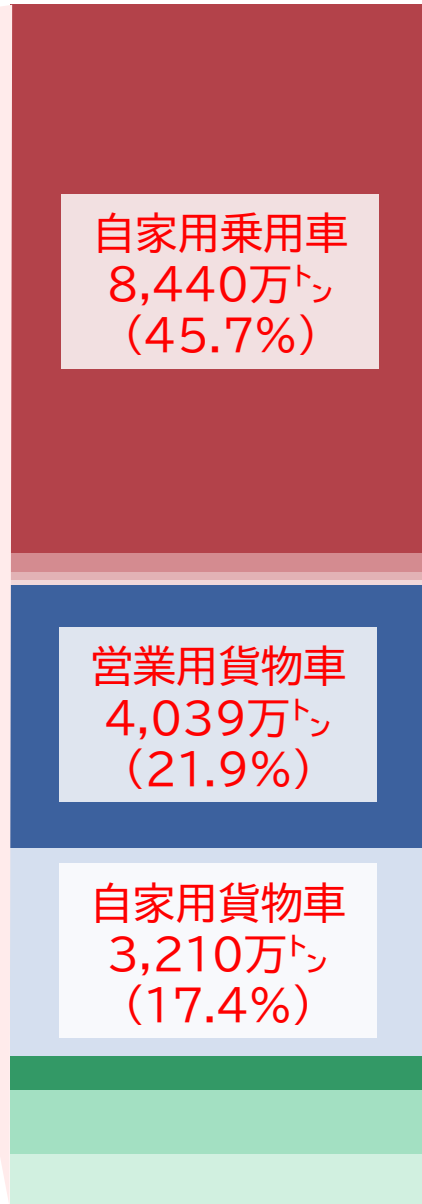
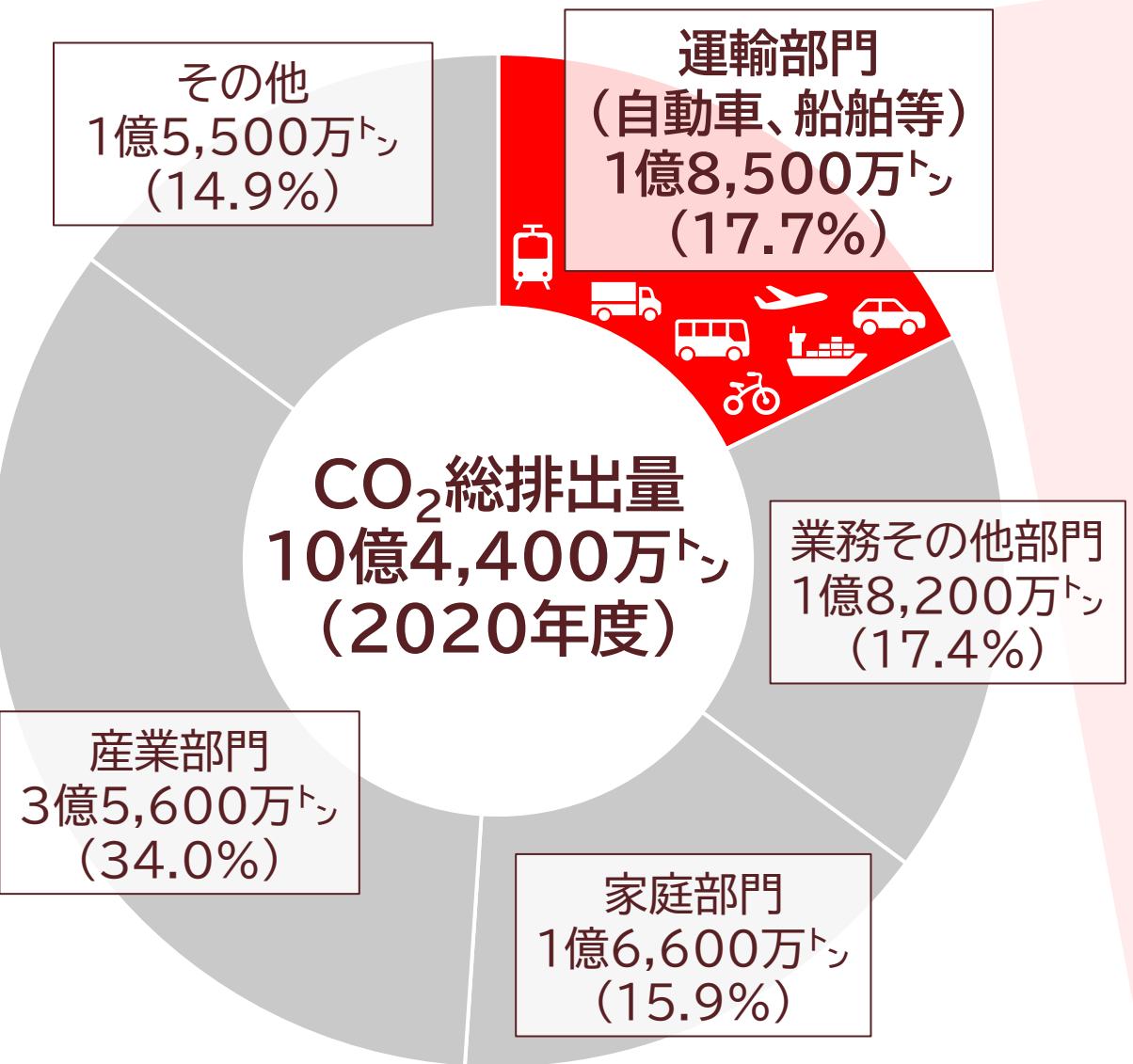


移動（運輸部門）に関わるCO₂排出の現状



運輸部門におけるCO2排出量

CO₂総排出量
10億4,400万トﾝ
(2020年度)

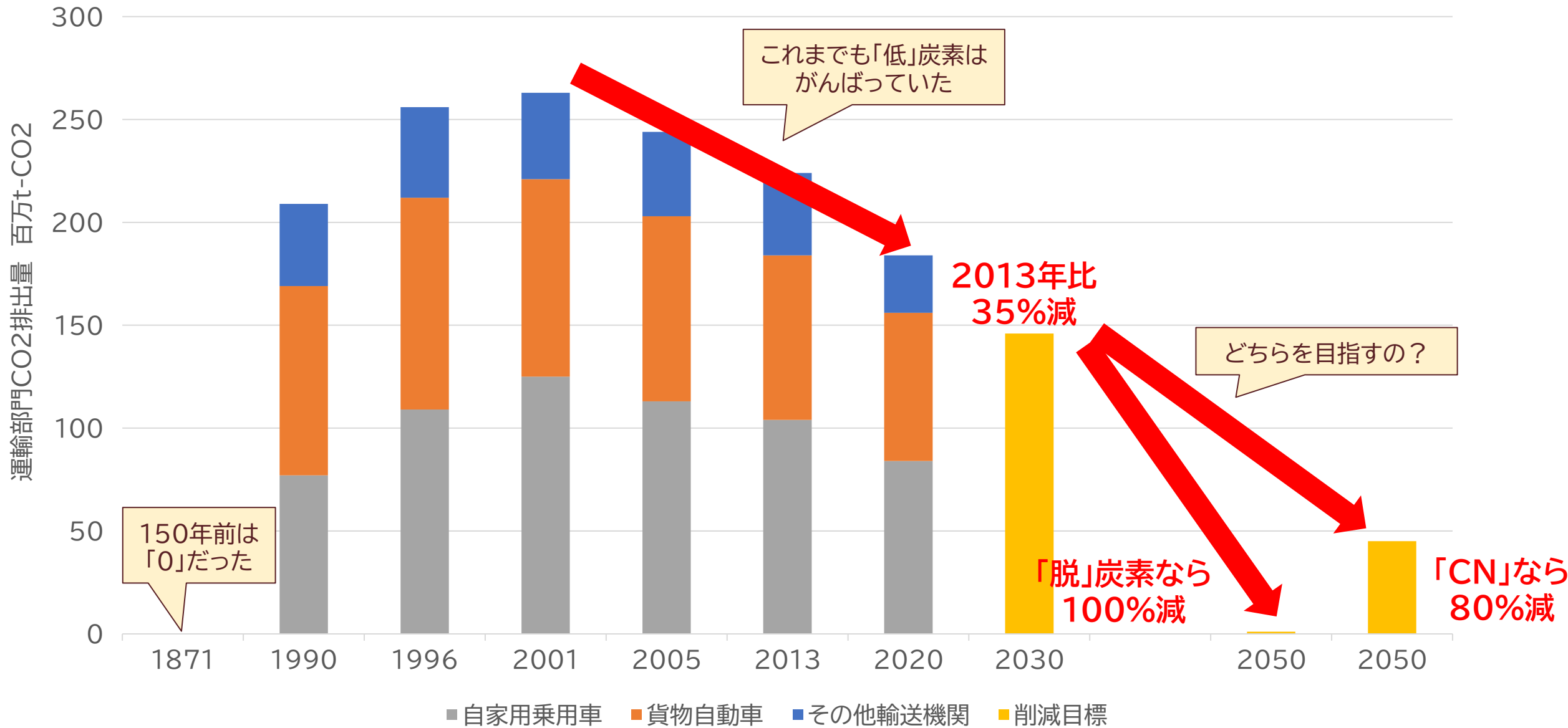


- **自動車全体**
 - 運輸部門の87.6%
 - 日本全体の15.5%
 - **旅客自動車(ヒトを運ぶ)**
 - 運輸部門の48.4%
 - 日本全体の8.6%
 - **貨物自動車(モノを運ぶ)**
 - 運輸部門の39.2%
 - 日本全体の6.9%
-
- | | | |
|-------|--------|--------|
| 自動車以外 | | |
| 航空 | 524万トﾝ | (2.8%) |
| 内航海運 | 986万トﾝ | (5.3%) |
| 鉄道 | 784万トﾝ | (4.2%) |

国土交通省,運輸部門における二酸化炭素排出量,https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment.tk_000007.html



運輸部門のCO2排出量と削減目標



国土交通省,運輸部門における二酸化炭素排出量,https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment.tk_000007.html

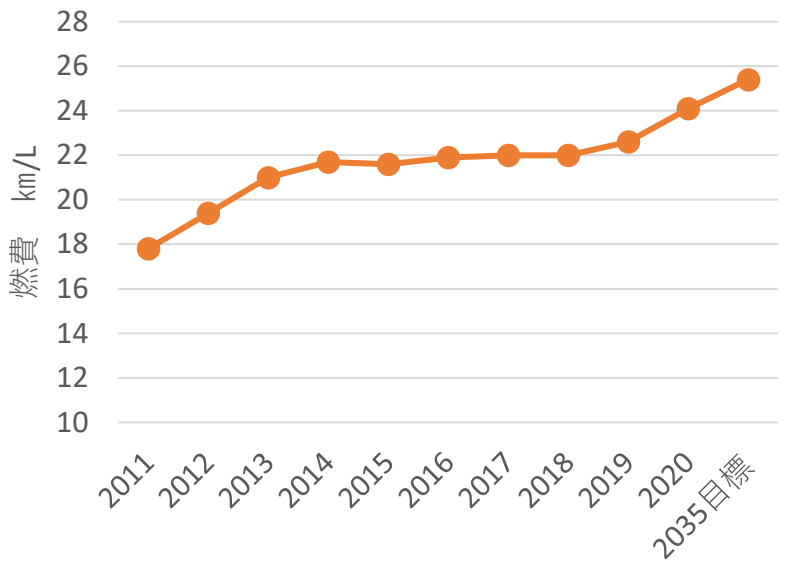


Vehicle視点でのCO2排出削減 =クルマ1台あたりのCO2排出を減らすには



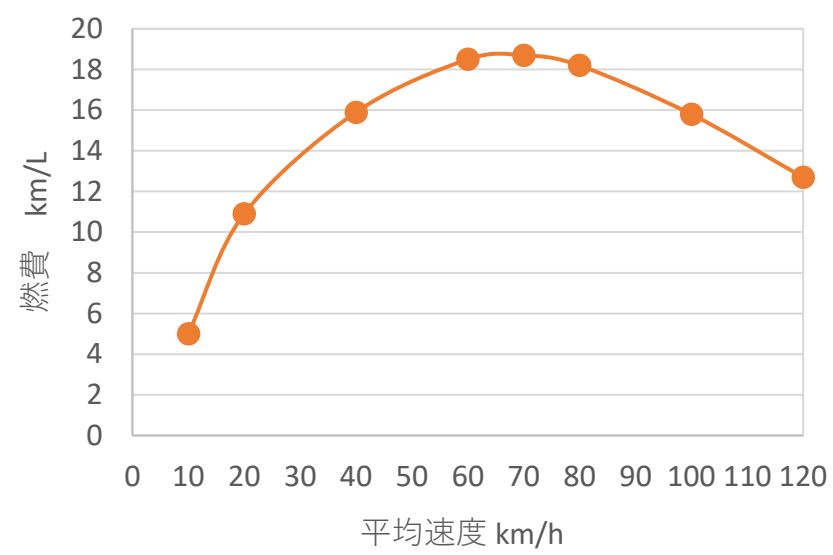
低炭素だけなら進んでいる

燃費は良くなっている



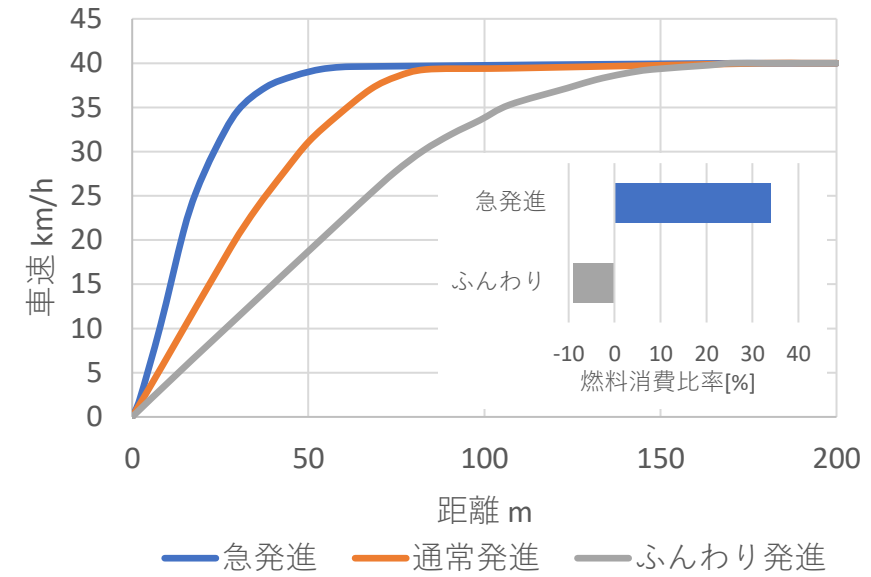
この10年でクルマの燃費は27%良くなっている

車速をあげる(渋滞をなくす)



平均車速が10km/h上がれば燃費は23%向上

ゆっくり発進(急発進しない)



ふんわり発進(20km/hまで5秒) 燃費は8-9%向上

これだけではカーボンニュートラルには全然足りない

(財)省エネルギーセンター,エコドライブ技術情報, https://www.eccj.or.jp/eco-drive/index.html#02_02

低炭素ではなくCNを達成するには電動化と再エネ利用が不可欠



- 第3世代プリウス(2009年発売)以降、国内ではハイブリッド車を中心に急速に普及が進んでいる。
- PHEV.EV.FCVを合わせて2022年でようやく1.7%

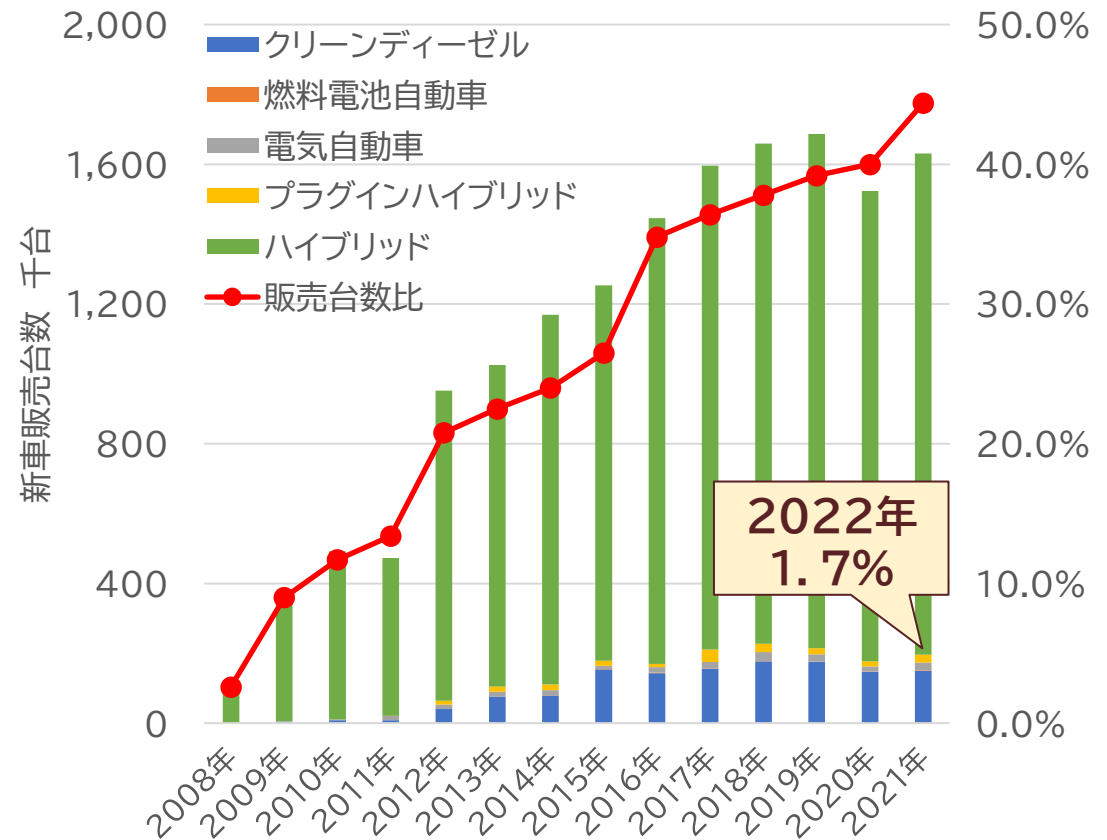
次世代自動車

今後も含まれるか議論中

- ハイブリッド(HEV)
- プラグインハイブリッド(PHEV)
- 電気自動車(EV)
- 燃料電池自動車(FCV)
- クリーンディーゼル(CDV)

電「動」自動車

販売台数



日本自動車工業会,日本の自動車工業2022,

https://www.jama.or.jp/library/publish/mioj/ebook/2022/MIoJ2022_j.pdf#page=17



電動車両 (EV, ECV, PHEV, HEV) の比較

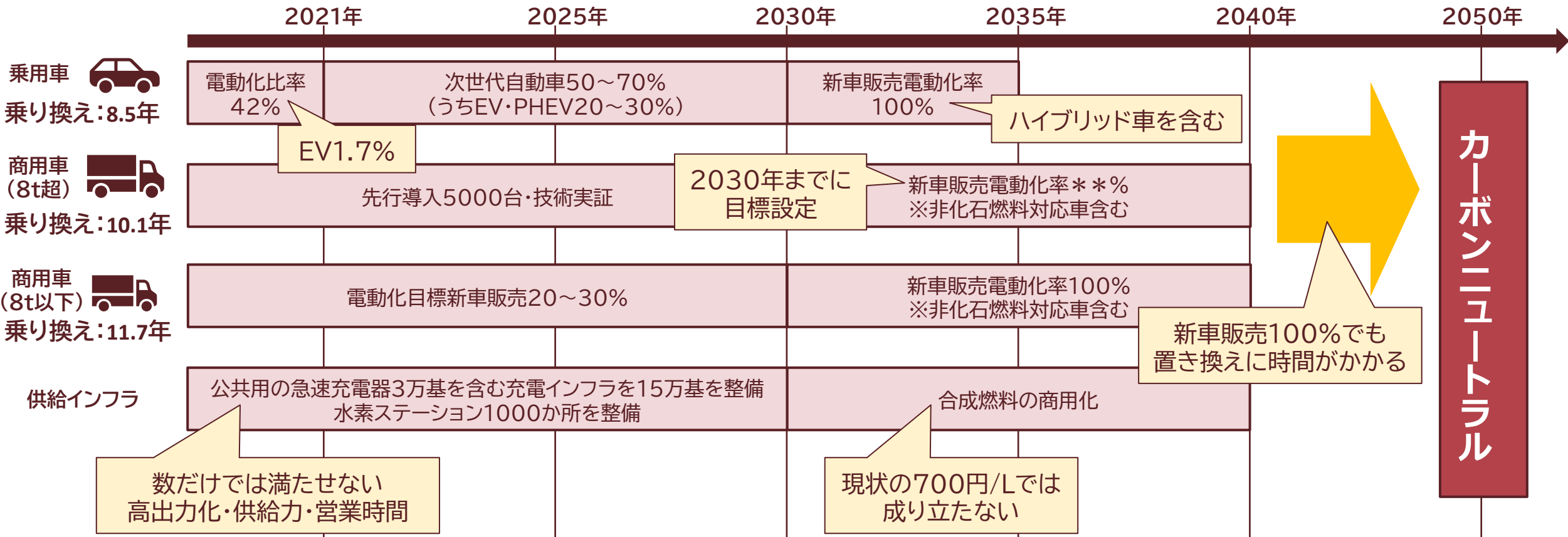
— 動力 — バッテリーへの給電(充電) — モーターへの給電

| | | 電気自動車 (EV) | 燃料電池車 (FCV) | プラグインハイブリット (PHEV) | ハイブリット (HEV) | |
|--------|------|--|--|--|---|--|
| | | | | | ストロングハイブリット (トヨタ プリウス等) | シリーズハイブリッド (日産 e-Power等) |
| 構造 | | <p>プラグ(外部給電)</p> | | <p>プラグ(外部給電)</p> | | |
| 動力源 | | モーター | モーター | モーター + エンジン | モーター + エンジン | モーター |
| エネルギー源 | 外部給電 | ○ | - | ○ | - | - |
| | 化石燃料 | - | - | ○ | ○ | ○ |
| | 水素 | - | ○ | - | - | - |
| 特徴 | | <ul style="list-style-type: none"> ● 充電は外部給電のみ ● バッテリーが重い ● 充電に時間がかかる | <ul style="list-style-type: none"> ● 水素と空気中の酸素により発電 ● 充填は比較的短時間 ● 水素価格が高い | <ul style="list-style-type: none"> ● エンジンでの発電と外部給電により充電 ● 化石燃料を使用 ● 短距離は電気で走行 | <ul style="list-style-type: none"> ● エンジン発電と動力に使用 ● 化石燃料を使用 ● 電動車の扱いが検討中 | <ul style="list-style-type: none"> ● エンジン発電のみに使用 ● 化石燃料を使用 ● 電動車の扱いが検討中 |



カーボンニュートラルに向けた導入目標

- 乗用車: 2035年までに新車販売の100%を電動化(HEVを含む)
- 商用車: 中型以下は2040年までに新車販売の100%を電動化または合成燃料等の非化石燃料対応車へ転換
大型車は先行導入車両での技術実証を踏まえ、2030年までに目標設定
- 供給インフラ: EV用急速充電器15万基、水素ステーション1000か所、合成燃料の早期商品化(コスト削減)



※経済産業省, <https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>, 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略より作成

自分で乗り換えるのも大切だけど、乗り換えている事業者を選ぶことも大切

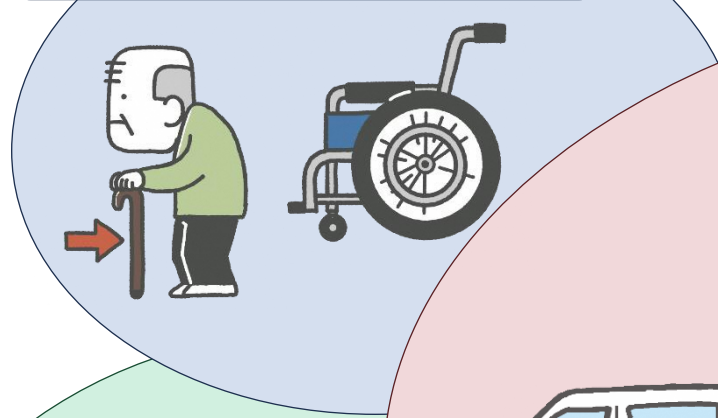


**Mobility視点でのCO2排出削減
= 1人あたりのCO2排出を減らすには**



Mobility = 移動を助けるもの

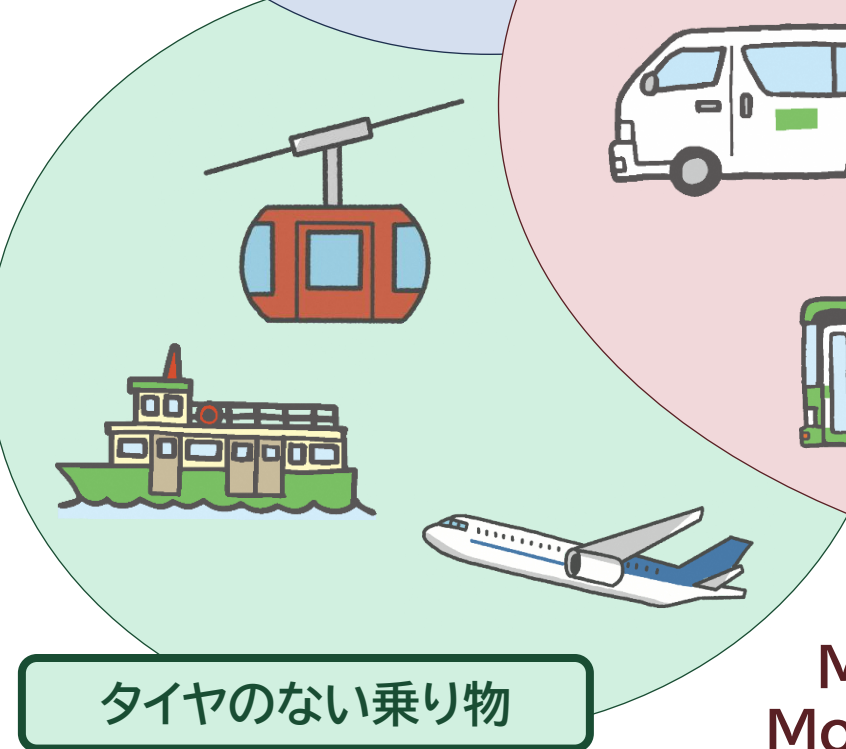
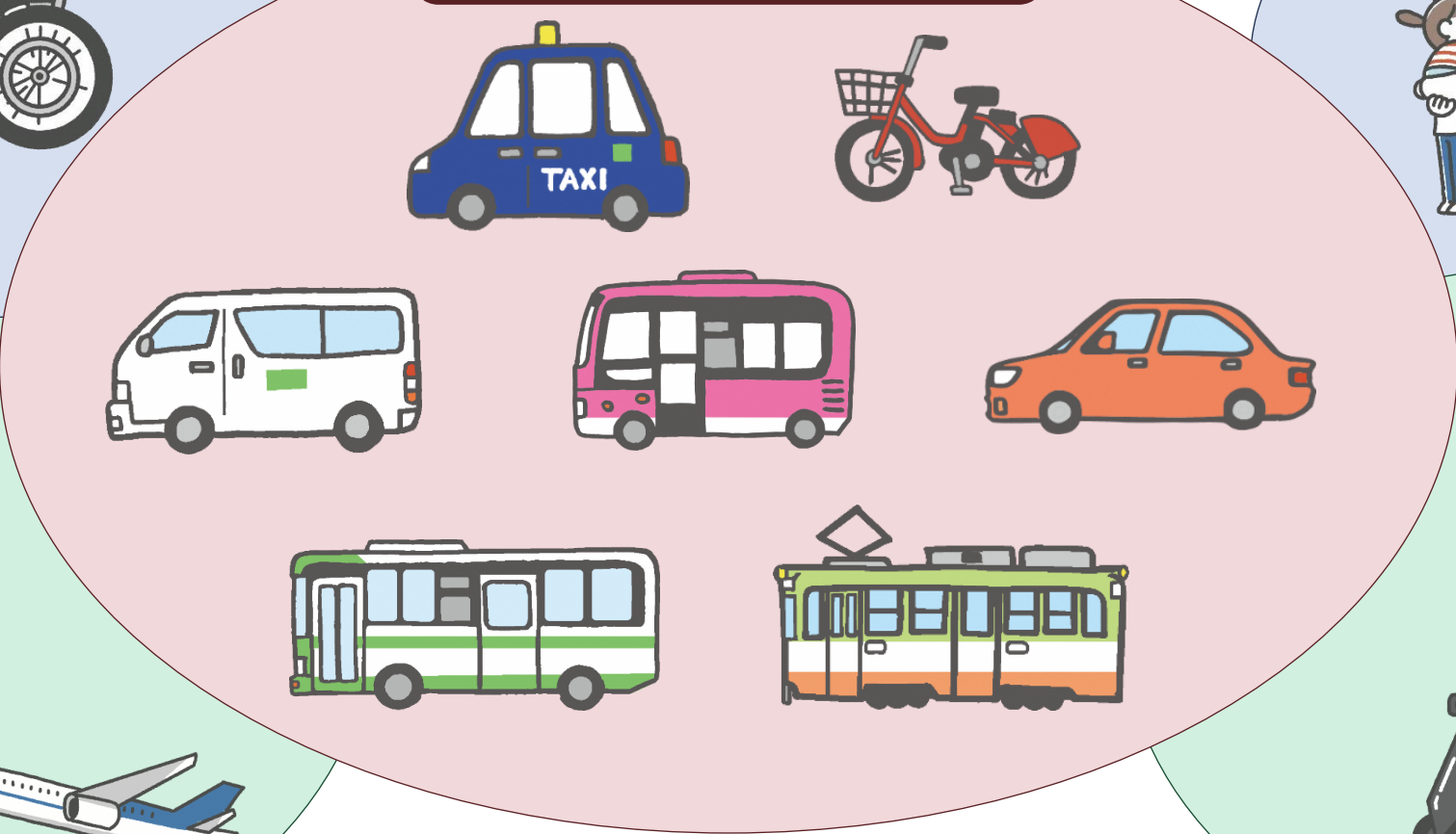
おじいちゃん・おばあちゃん
の乗り物



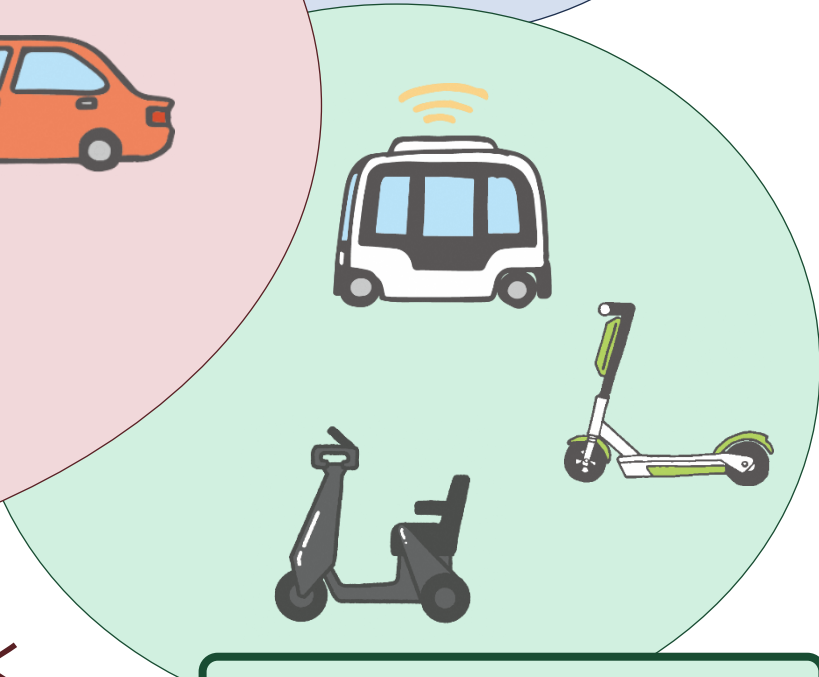
赤ちゃんの乗り物



身近な乗り物



タイヤのない乗り物



これからやってくる乗り物

MobilityがCO2を減らすのではなく
Mobilityに「乗り合う」ことでCO2を削減



1人あたりのCO2排出量の考え方

| | 自動車 | ハイエース | バス |
|--------------|---------|---------|---------|
| 車の種類 | | | |
| 動かすためのエネルギー | 100 | 150 | 200 |
| 乗る人数 | 2人 | 5人 | 20人 |
| 一人運ぶためのエネルギー | = 50 | = 30 | = 10 |

需要に合わせて小さくする+ (その中で) たくさん乗り合うことが大切



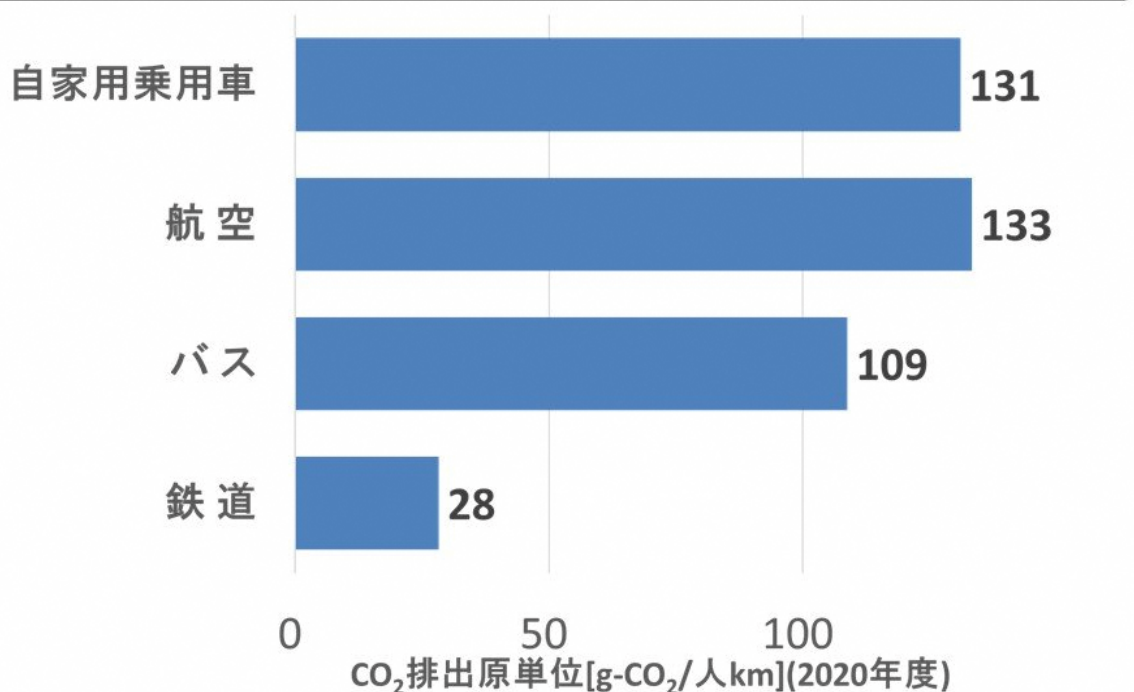
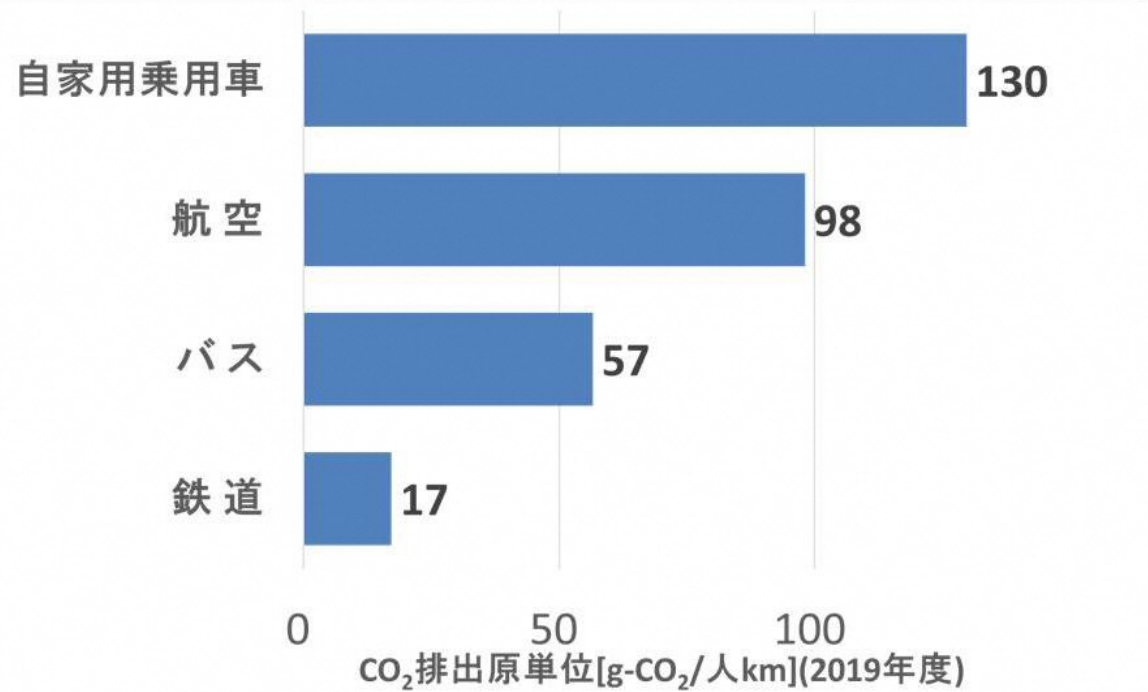
乗り合う人が少なければ意味がない

2019年度

2020年度(コロナ禍)

輸送量当たりの二酸化炭素の排出量(旅客)

輸送量当たりの二酸化炭素の排出量(旅客)



※温室効果ガスインベントリオフィス:「日本の温室効果ガス排出量データ」、国土交通省:「自動車輸送統計」、「航空輸送統計」、「鉄道輸送統計」より、国土交通省 環境政策課作成

※温室効果ガスインベントリオフィス:「日本の温室効果ガス排出量データ」、国土交通省:「自動車輸送統計」、「航空輸送統計」、「鉄道輸送統計」より、国土交通省 環境政策課作成

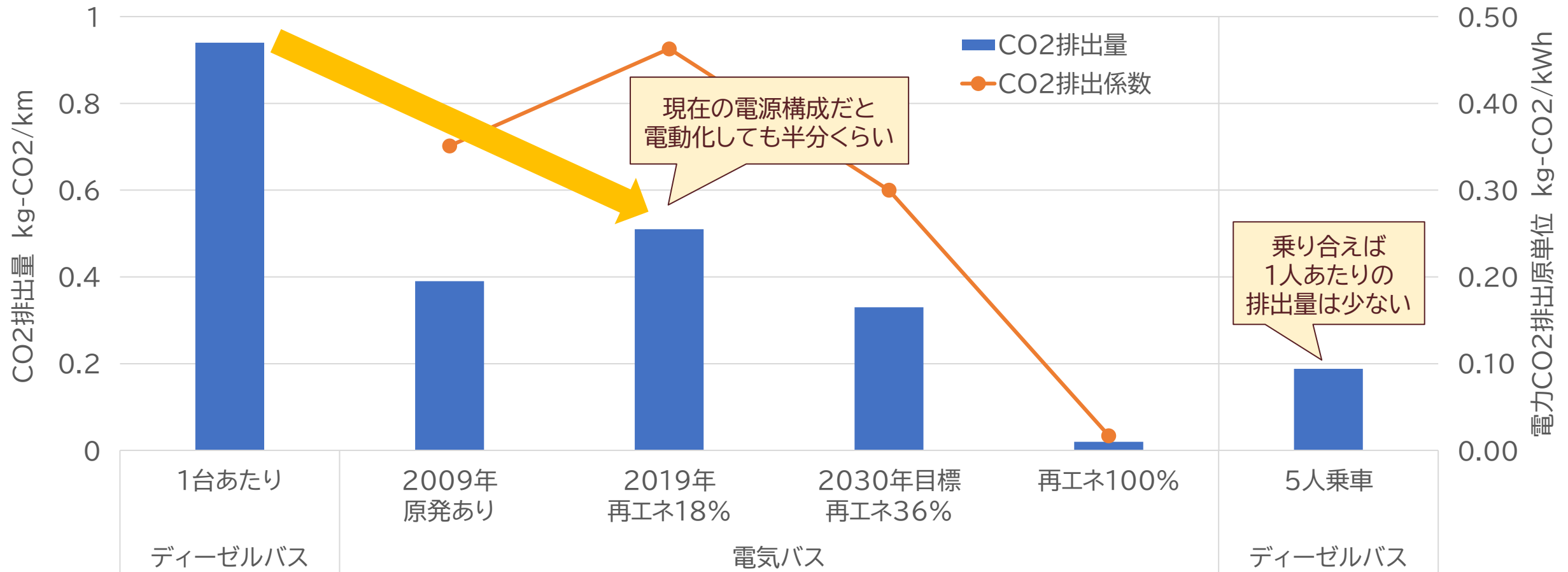
国土交通省,輸送量あたりの二酸化炭素の排出量, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

バス・鉄道の走ってる距離は変わらないけど乗ってる人が減ったので大幅に悪化



電動化と乗り合いによるCO2排出量の比較

- 電動化した際の車両1台あたりのCO2排出量と乗り合いを促進することによるCO2排出量を比較
- 電気バスのCO2排出量の推計には電力のCO2排出係数の変化を考慮



環境省,温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧,<https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>

電動化しただけではあまり減らないし、どんなに乗り合っても「脱」にはならない



移動のどの部分で減らしていくのか



本源的需要

- 移動すること自体が目的
- 散歩、クルーズ、観光列車など

マニアな私は減らしたくない

派生的需要

- 目的を果たすために必要な移動
- 自宅から目的地

生活の移動

- 通勤・通学(頻度高)
- 買い物(頻度中)
- 通院(頻度小)

ないと日常生活で困る
最悪生きていけない

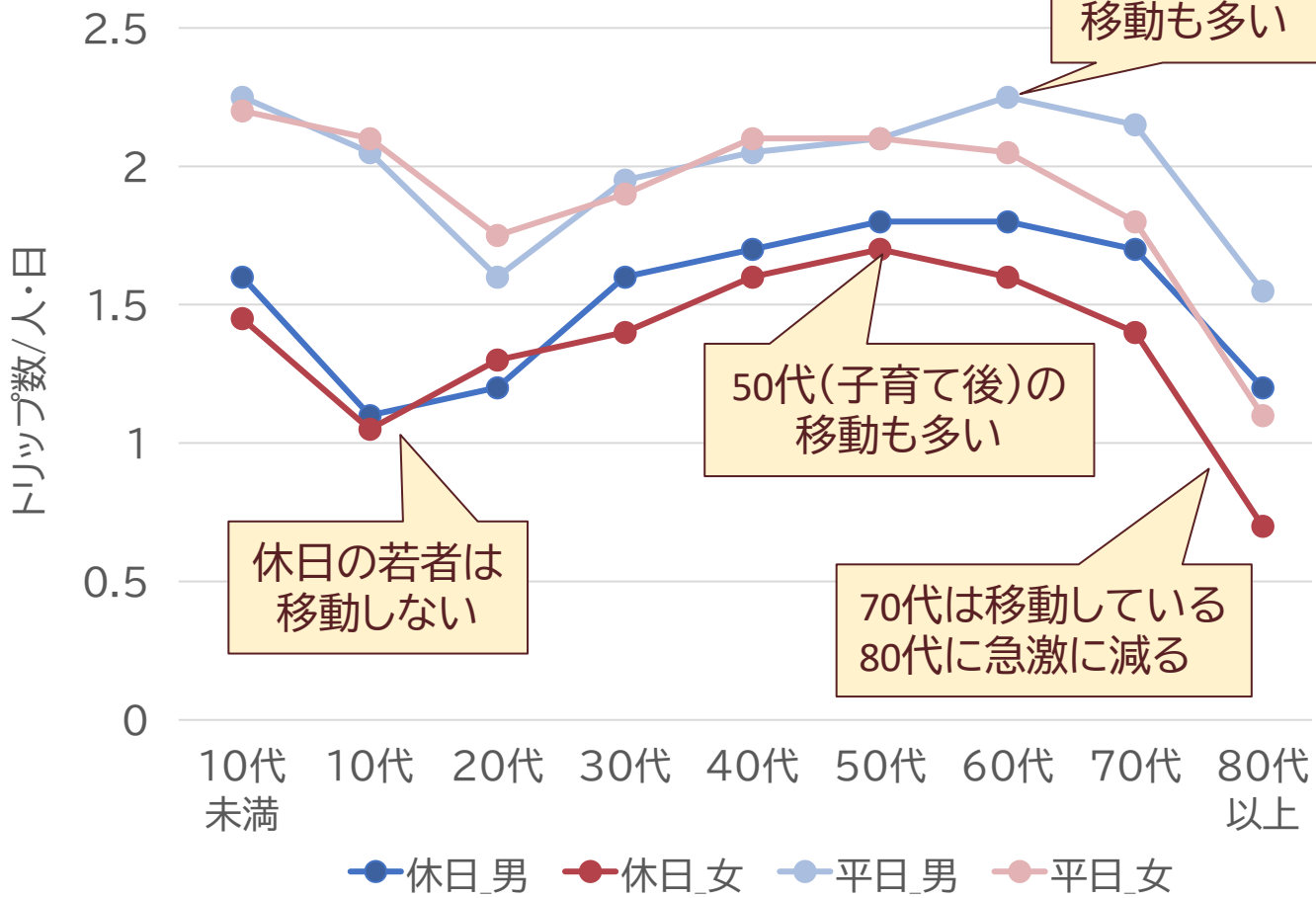
余暇の移動

- 観光
- 地域・文化活動
- 娯楽・遊び

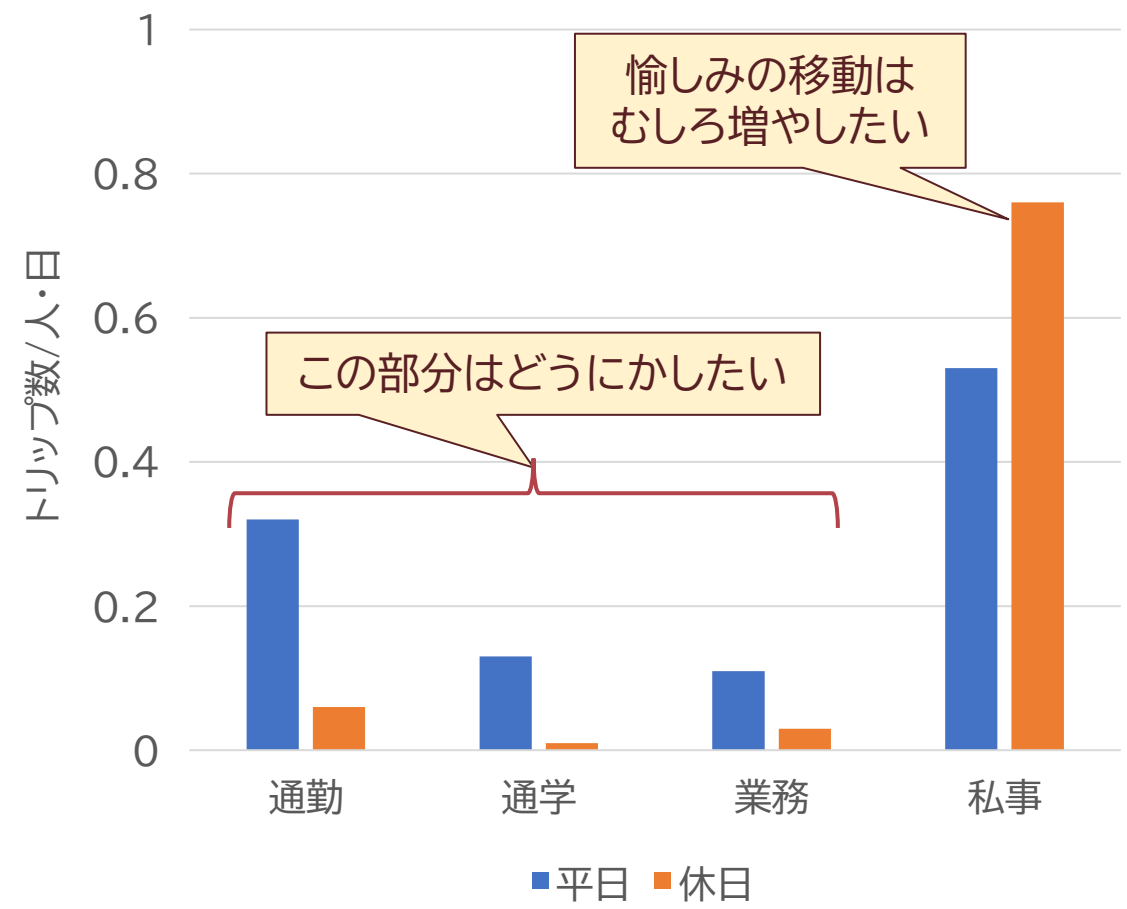
なくても困らないけど
ないと愉しくない



年齢・男女別トリップ数



目的別トリップ数



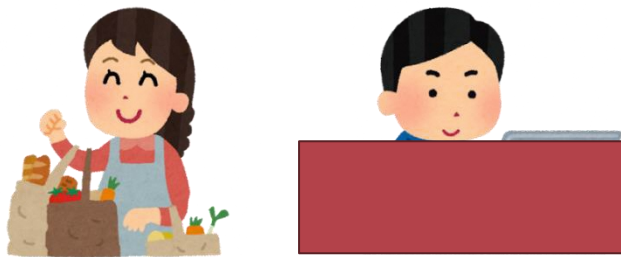
国土交通省,全国都市交通特性調査(全国PT調査), https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000033.html

移動に困っている人と実際に移動する(しない)人は必ずしも一緒じゃない



(クルマでの)移動を減らす

- 徒歩や自転車での移動に変える
- 買い物をまとめてする
- 再配達を減らす
- テレワークの推進



走り方を変える

- エコドライブ = 運転の仕方を変える
- 渋滞を減らす = 車速をあげる (効率の良い車速で走る)



使い方を変える(乗り合う)

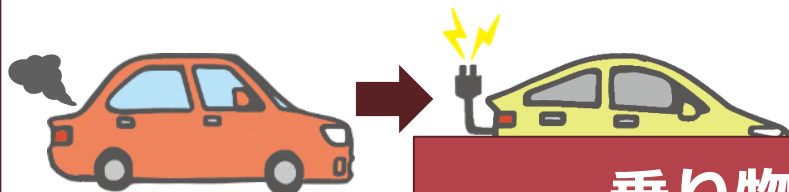
- 公共交通を使う
- 環境対応車を使う事業者を選ぶ
- カーシェアリングを使う(所有しない)
- マイカーでも知り合いと一緒に乗る



生活習慣の転換

クルマを変える

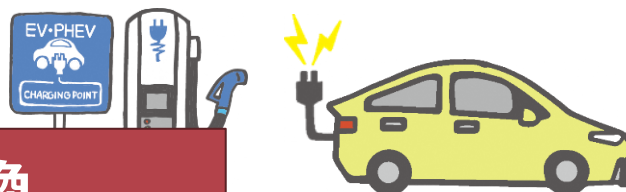
- ガソリンなどの内燃機関からハイブリッドや電気自動車に変える
- 用途に合わせて、小さくて軽い、燃費の良い車に変える



乗り物の転換

車両性能をあげる

- バッテリー・モータなどの効率を上げる
- 車両を軽量化する
- 充電効率をあげる



充電方法を変える

- 再生可能エネルギーによる発電の多い時間に充電する(夜より昼間)
- 使い切れない太陽光発電を優先的に充電する



エネルギーの転換



提言書作成に向けて



目標

運輸部門におけるカーボンニュートラルを達成する

問題

あるべき姿と
現実の乖離

自家用車によるCO2排出が多い

課題

目標と問題の
乖離を埋めるた
めに必要なこと

電気自動車の
導入を増やす

公共交通機関へ
転換する

徒歩・自転車を
利用しやすい街にする

取組み

課題解決する
ために行う
具体的な事業

- 内燃機関自動車の税金を上げる
- 電気自動車の購入に補助
- 充電器の整備 など

- ダイヤや運行便数を見直し
- 公共交通の利用に補助
- ノーマイカーデーを導入 など

- 歩道や自転車レーンを整備
- 中心部のマイカー進入を規制
- 健康ポイントなどと連動 など

これは主語が自治体や事業者になっている。主語を自分にしてみると…

買い替え時に電気自動車を選ぶ

週に1回はバス・鉄道に乗る

短距離は徒歩・自転車で移動する



仲間を増やす

やると「損」をする

- 環境に悪いことをしたら罰金
- 損をしたくないからやる

やると「得」をする

- 環境に良いことをしたらインセンティブ
- 得をするから積極的にやる

やると「徳」が高まる

- 当たり前に行って徳を高める
- 人知れず褒められることはあるかも

無理せず続ける

「我慢」はきっと続かない

- 環境に良いことは自由や便利との交換
- 安全や健康など環境より大切なこともある

「受容」が増えるといいかも

- 「まあ、これでもいいか」「しかたないなあ」
- 「これも面白いかも」⇒ここまで行けたら最高

自分に「できること」をする

- 今できないことは、誰かにやってもらう
- その代わりに今できることは、できるだけやる

新宿や立川に出た方が便利だけど「日野でもいいか」
「豊田の方が面白い」を当たり前にしていこう