

エネルギー×交通のセクターカップリングによる カーボンニュートラルへの貢献

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



自己紹介

- 名前:井原(武末)雄人
- 所属: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
:合同会社ビジュアライト 共同代表
:一般社団法人日本バス情報協会 監事
:公共交通マーケティング研究会 幹事
- これまでの研究開発プロジェクト
:電動車両の開発・実証(東京都、奈良県、本庄市、長野市、川崎市、周南市など)
:コミュニティ交通などの導入(瀬戸市、沼津市、気仙沼市、大井町、南三陸町など)



**20年間車の研究をしていますが
クルマの免許を持っていません**

**運転できないからこそ自分事として
「地域公共交通＝クルマの走らせ方」を考えています**



● 低炭素

- 炭素(CO₂)を以前より減らせばいい
- 自動車の燃費は、2000年以降45%(ハイブリッド車の普及)も改善している
- つまり、これまでもやってきたこと

● 脱炭素

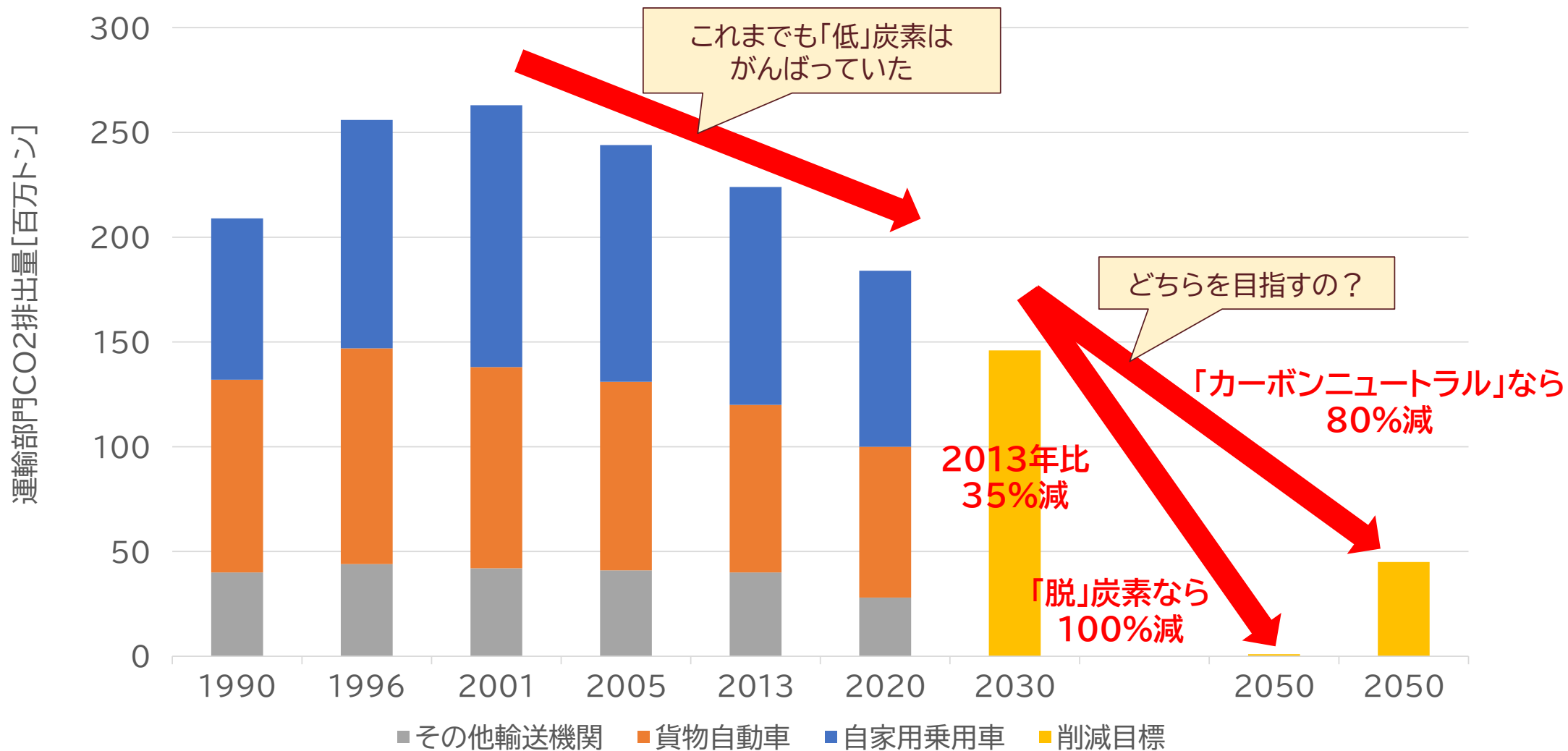
- 炭素(CO₂)を0にしなければいけない
- 内燃機関自動車(ガソリン・軽油)を0にしなければならない
- **電動化しても0になるのは走行時だけ**

● カーボンニュートラル(CN)

- 炭素(CO₂)の排出と吸収で±0にする
- 低炭素だけでは達成できない。電動化だけでも達成できない
- **再生可能エネルギーとの組み合わせが必要不可欠**



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

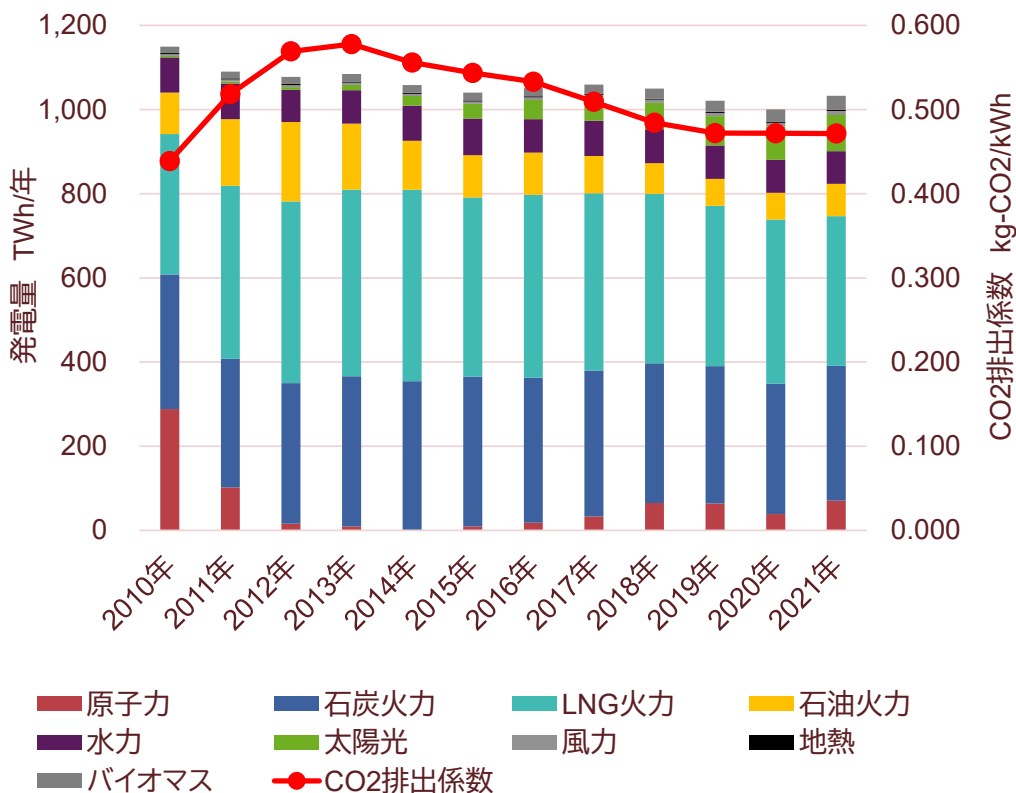


再生可能エネルギーと時間帯別排出係数



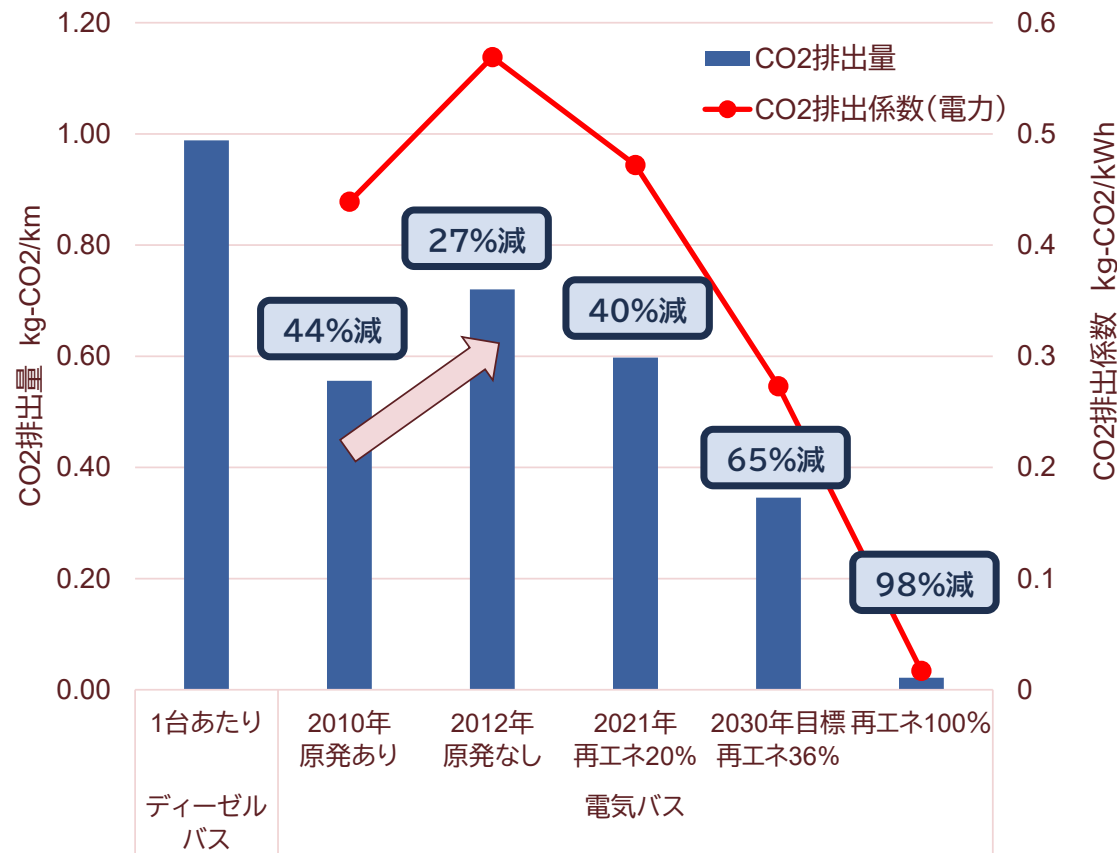
発電構成と電気バスのCO2削減量

発電構成と排出係数の推移



環境省2022年度 温暖化効果ガス排出量 算定・報告・公表制度

ディーゼルバス比のCO2排出量



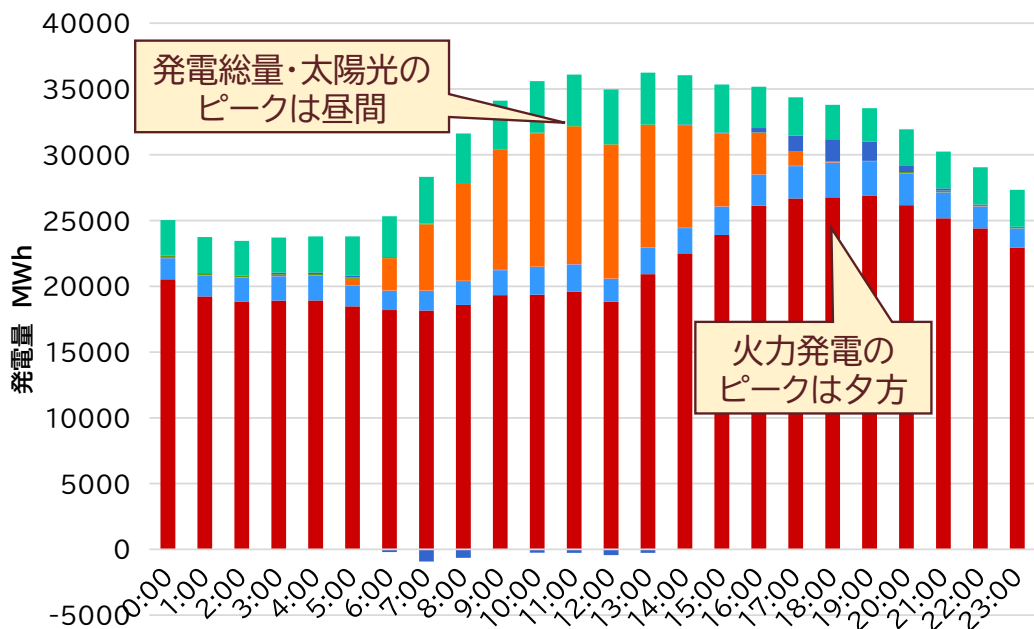
電動化によるCO2削減には再生可能エネルギーの利用が必要不可欠



発電手法の割合と時間帯別CO2排出係数の推計結果

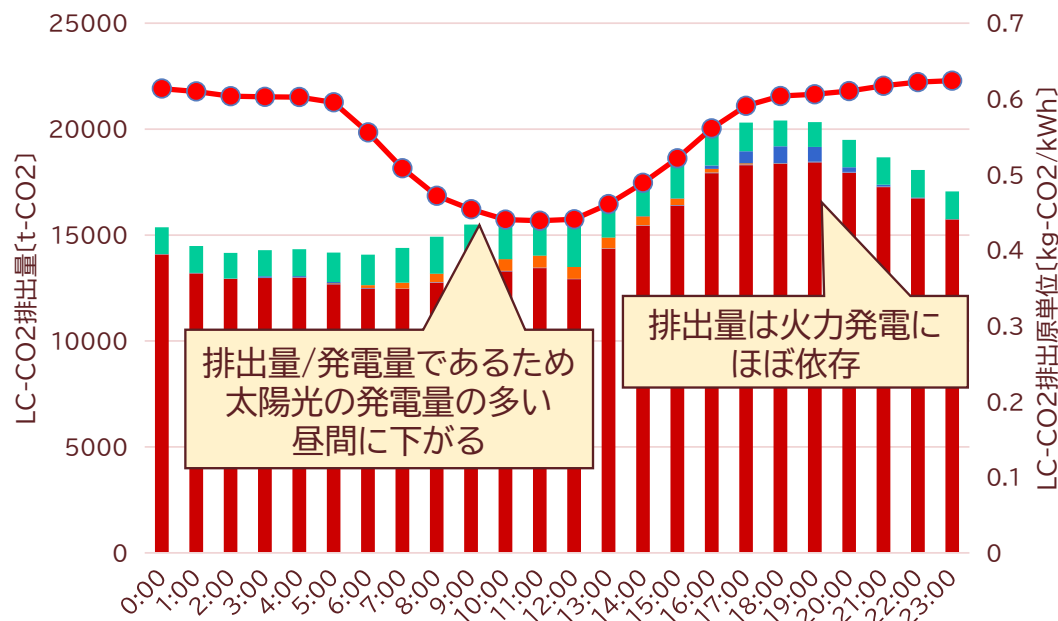
- 電力広域的運営推進機関から公表している電力需給実績より時間帯別の発電手法の割合を把握
- 発電手法ごとのCO2排出原単位(LC-CO2)を用いることで時間帯別の排出係数を推計

発電量



- 原子力[MWh]
- 地熱[MWh]
- 太陽光(出力制御量)[MWh]
- 揚水[MWh]
- 火力[MWh]
- バイオマス[MWh]
- 太陽光(実績)[MWh]
- 風力(実績)[MWh]
- 風力(出力制御量)[MWh]
- 水力[MWh]
- 連系線[MWh]

時間帯別排出係数

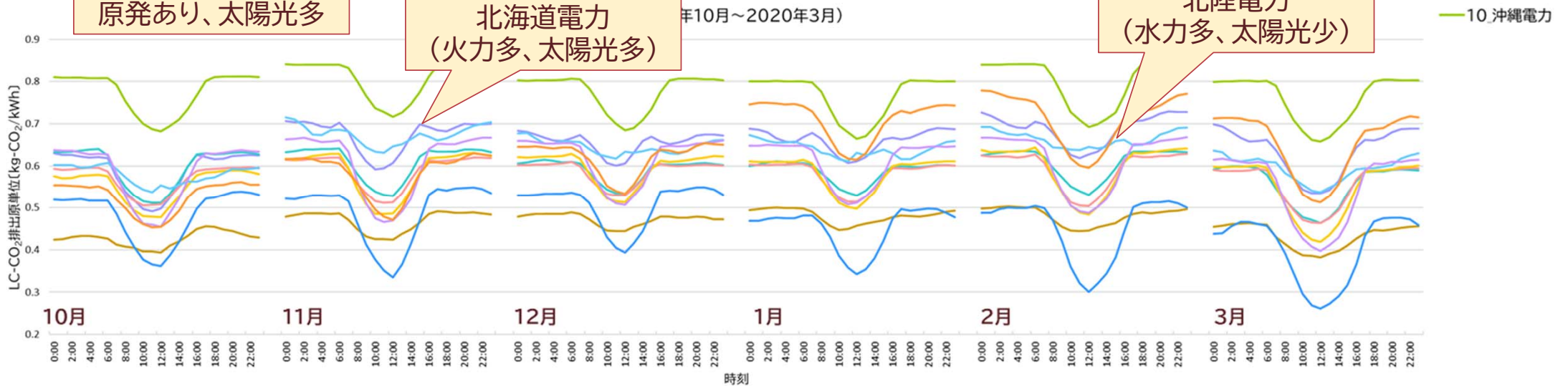
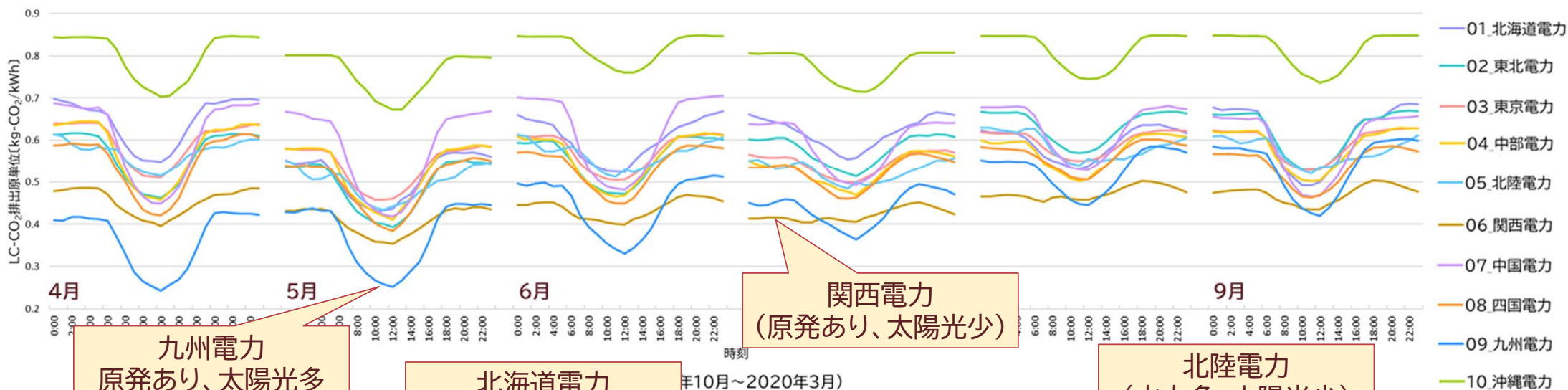


- 原子力[t-CO2]
- 水力[t-CO2]
- バイオマス[t-CO2]
- 太陽光(出力制御量)[t-CO2]
- 風力(出力制御量)[t-CO2]
- 連系線[t-CO2]
- 火力[t-CO2]
- 地熱[t-CO2]
- 太陽光(実績)[t-CO2]
- 風力(実績)[t-CO2]
- 揚水[t-CO2]
- 原単位(制御量含む)[kg-CO2/kWh]



月別・事業者別の時間帯別CO₂排出係数の分析

平日 (2019年4月~2019年9月)



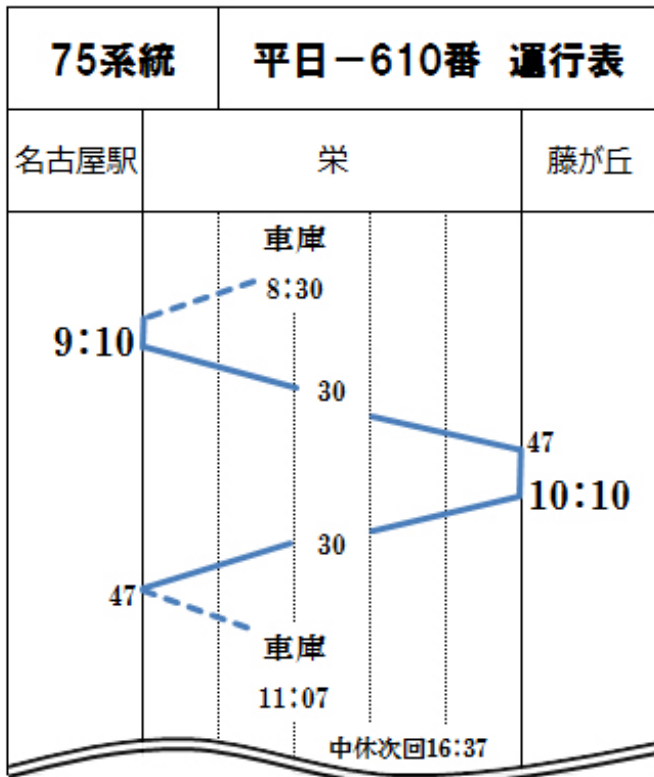


バスの電動化によるCO2削減



そもそもバスがどのように走っているか（= 仕業）の把握

- バス事業に対して電動バスを導入するにあたり、現在の仕業を満たす稼働時間・航続距離が確保できなければ、現状より多い台数の車両を確保する必要がある。最低限、**現在の仕業を維持することが必要不可欠**である。



【仕業表型】

一日のスケジュールと一体となっているのが特徴

75系統		平日610
		1/4
	車庫	8:30
整理券 ↓		
-	名古屋	9:10
1	笹島	13
2	納屋橋	17
3	広小路伏見	22
3	広小路本町	24
4	広小路栄	27
5	栄	30
6	東新町	33
6	新栄町	37
6	車道	40
7		43

【時刻表型】

バス停ごとの時刻が印刷されているのが特徴

- 多くのバス会社においては仕業表(乗務行路表、運行表、香盤表、スターフ、ダイヤ板とも呼ぶ)は紙で管理
- ダイヤ編成システムにからのデータ出力も困難

紙対応



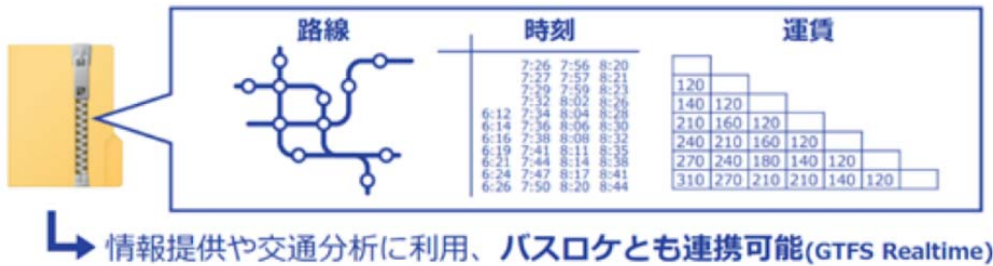
- オープンデータとして公開されている**GTFS-JP**および**GTFS-RT**を用いて仕業パターンのデジタル化を実施



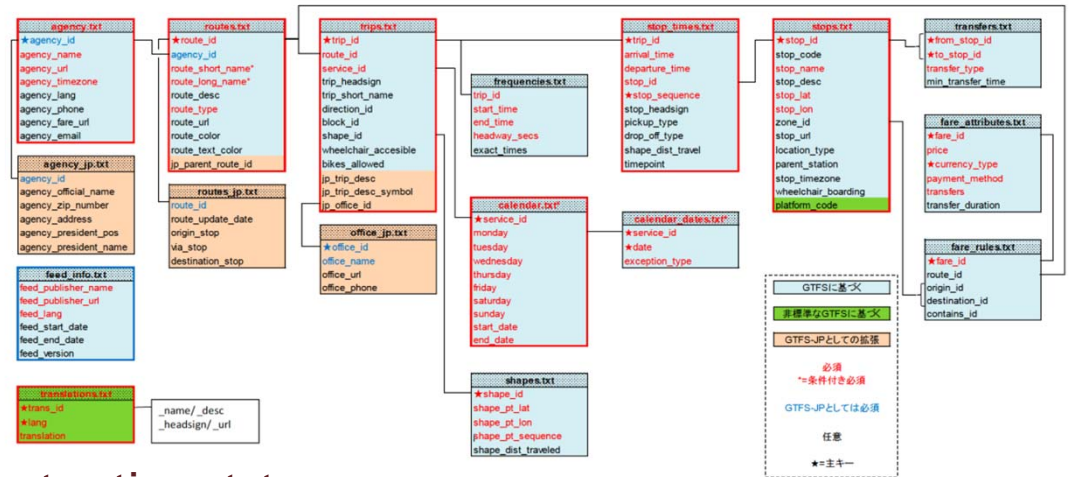
GTFS-JP/RT (標準的なバス情報フォーマット)

- バス事業者と経路検索等の情報利用者との情報の受渡しのための共通フォーマット
- 静的データ「GTFS-JP」と動的データ「GTFSリアルタイム」を包含

包含されるデータ



データ構造



フォーマット名	情報粒度	対象とする情報	ファイル形式
GTFS-JP	静的データ	停留所 路線 時刻表 運賃 等	csvを zipで圧縮
GTFS リアルタイム (GTFS-RT)	動的データ	遅延 到着予測 車両位置 運行情報 等	Protocol Buffers

stop_times.txt
 >trip_id(系統)
 >arrival_time(出発時間)
 >departure_time(到着時間)
 >stop_id(バス停番号)

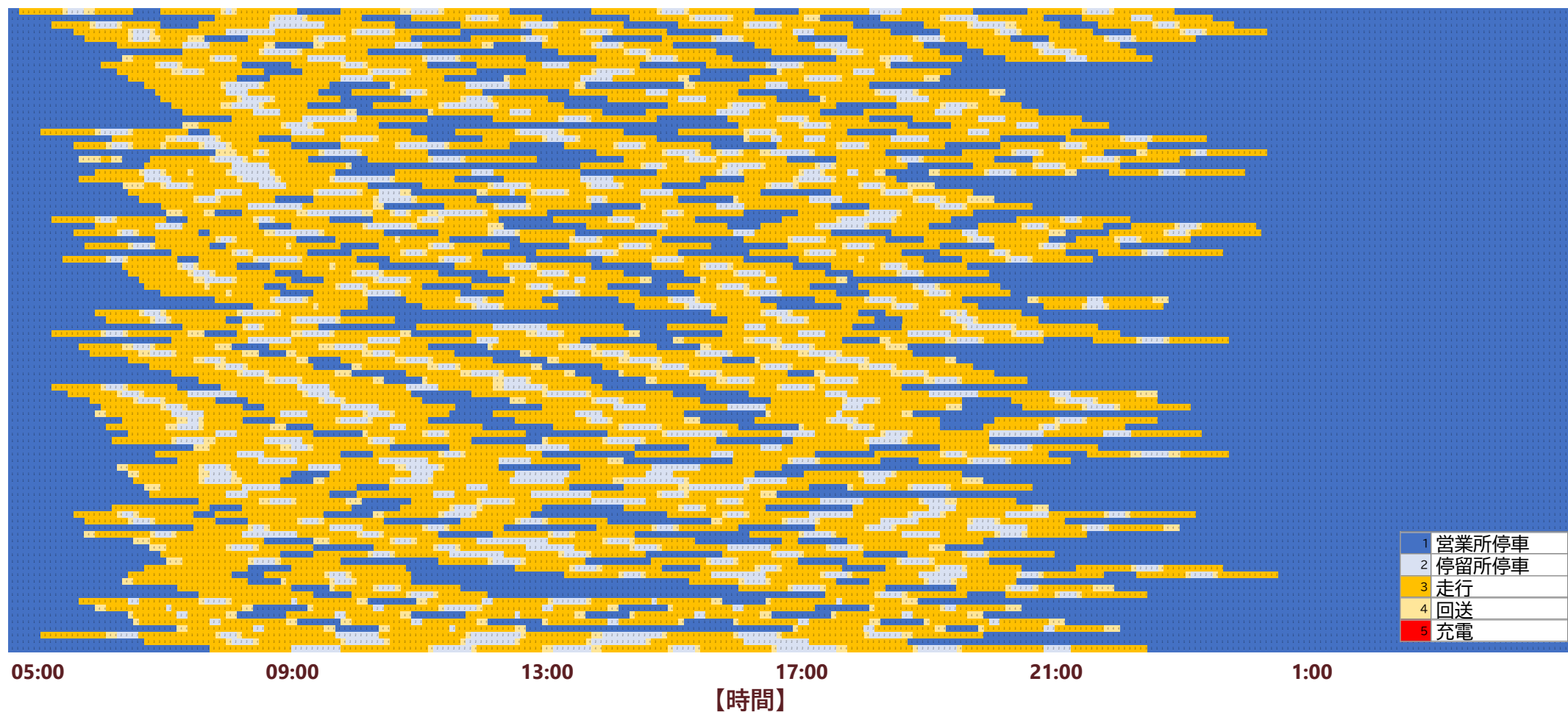
stops.txt
 >stop_id
 >stop_lat(バス停場所)
 >stop_lon(バス停場所)
 >stop_name(バス停名)

Tripupdate
 >stop_id
 >VehicleDescriptor
 >id(車両番号)



営業所ごとの稼働状況（車両単位）

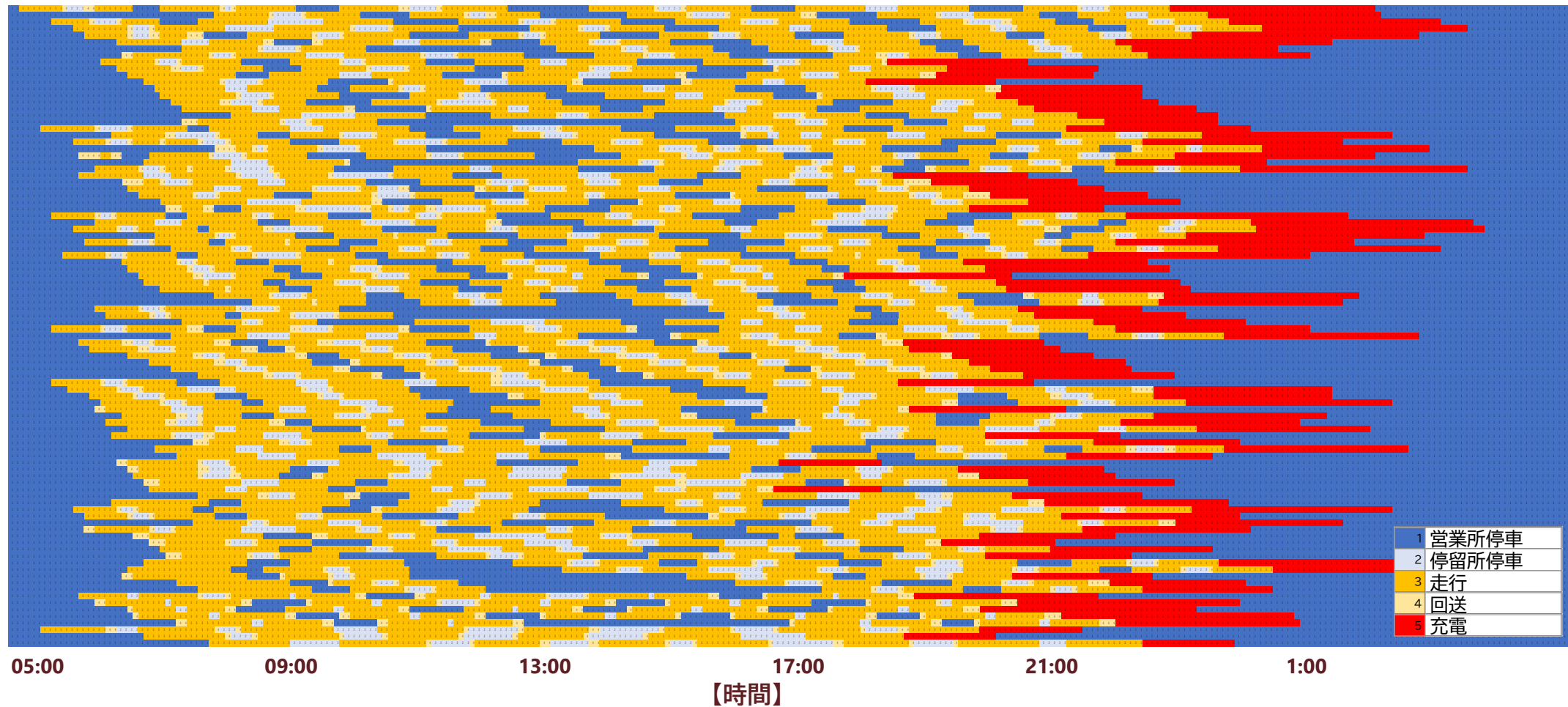
- 車両1台・1日ごとの稼働状況を、営業所での停車、停留所での停車、走行、回送に分類
- 営業所での停車時間 = 電動化した際に充電が可能な時間を把握





営業所ごとの稼働状況（車両単位）_ 夜間充電

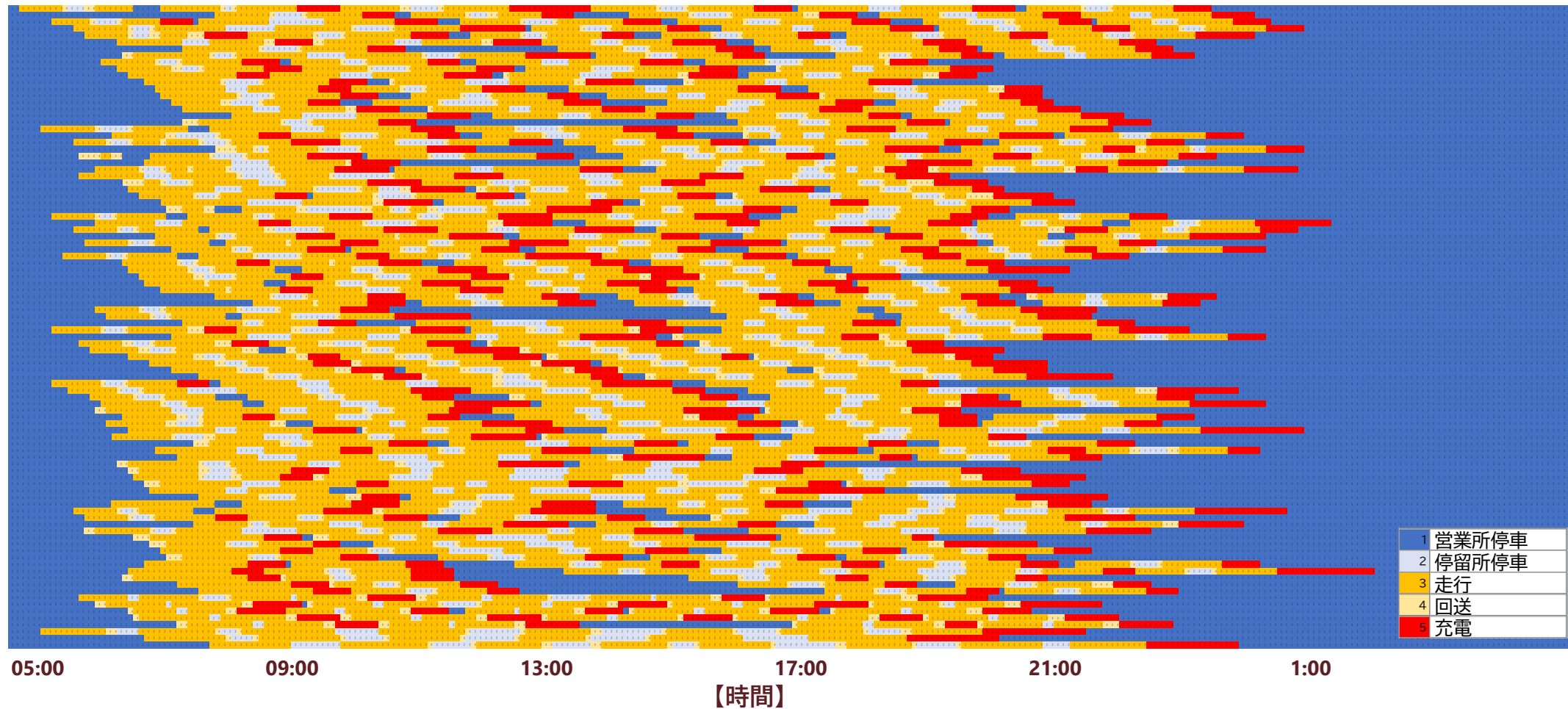
- 車両1台・1日ごとの稼働状況を、営業所での停車、停留所での停車、走行、回送、充電に分類
- 仕業終了後に営業所に帰庫した車両から充電(運転手の負担増なし)





営業所ごとの稼働状況（車両単位）_成行充電

- 車両1台・1日ごとの稼働状況を、営業所での停車、停留所での停車、走行、回送、充電に分類
- 日中も営業所に帰庫した車両から充電(充電回数により運転手の負担増)

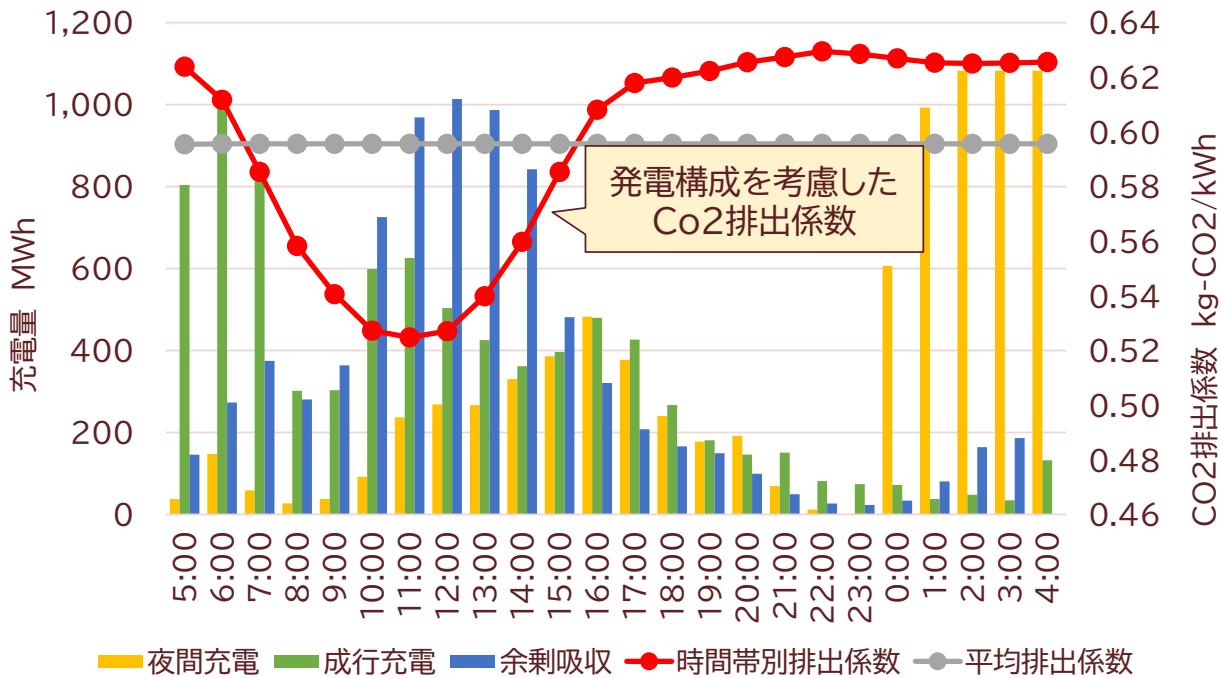




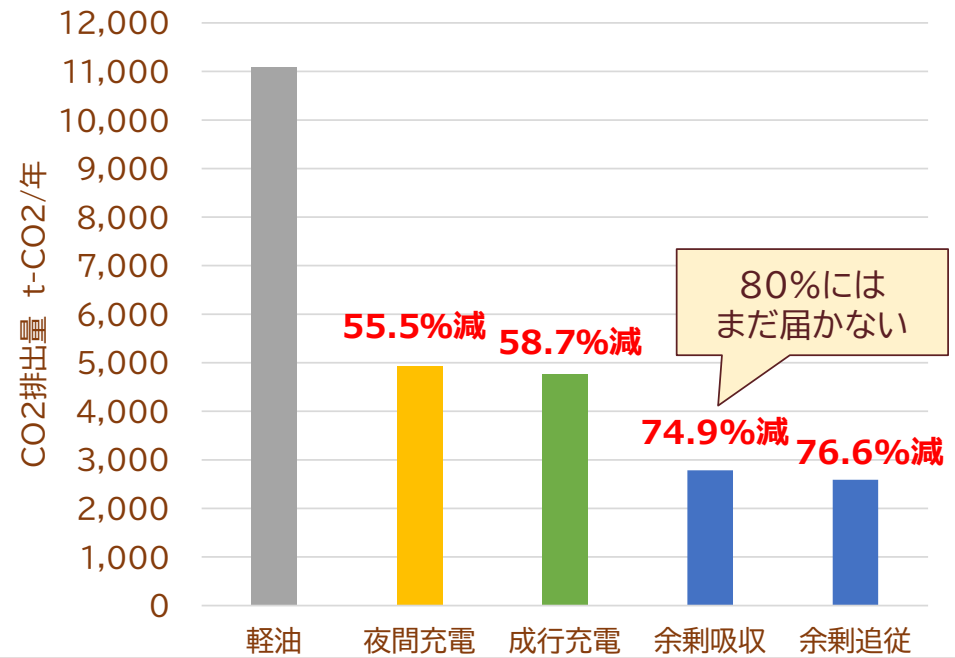
セクターカップリングによるCO2削減ポテンシャル

- 夜間充電: 1日の作業終了後に充電
- 成行充電: 営業所に帰庫ごとに充電
- 余剰吸収: 成行充電時に地域内の太陽光余剰を前日予測に基づき吸収
- 余剰追従: 当日(30分前)の太陽光余剰に対して充電時間を動的に追従

時間帯別充電量・排出係数



充電パターンごとのCO2排出量



現状の電力構成でも太陽光余剰の積極活用により76.6%まで削減効果を拡大可能

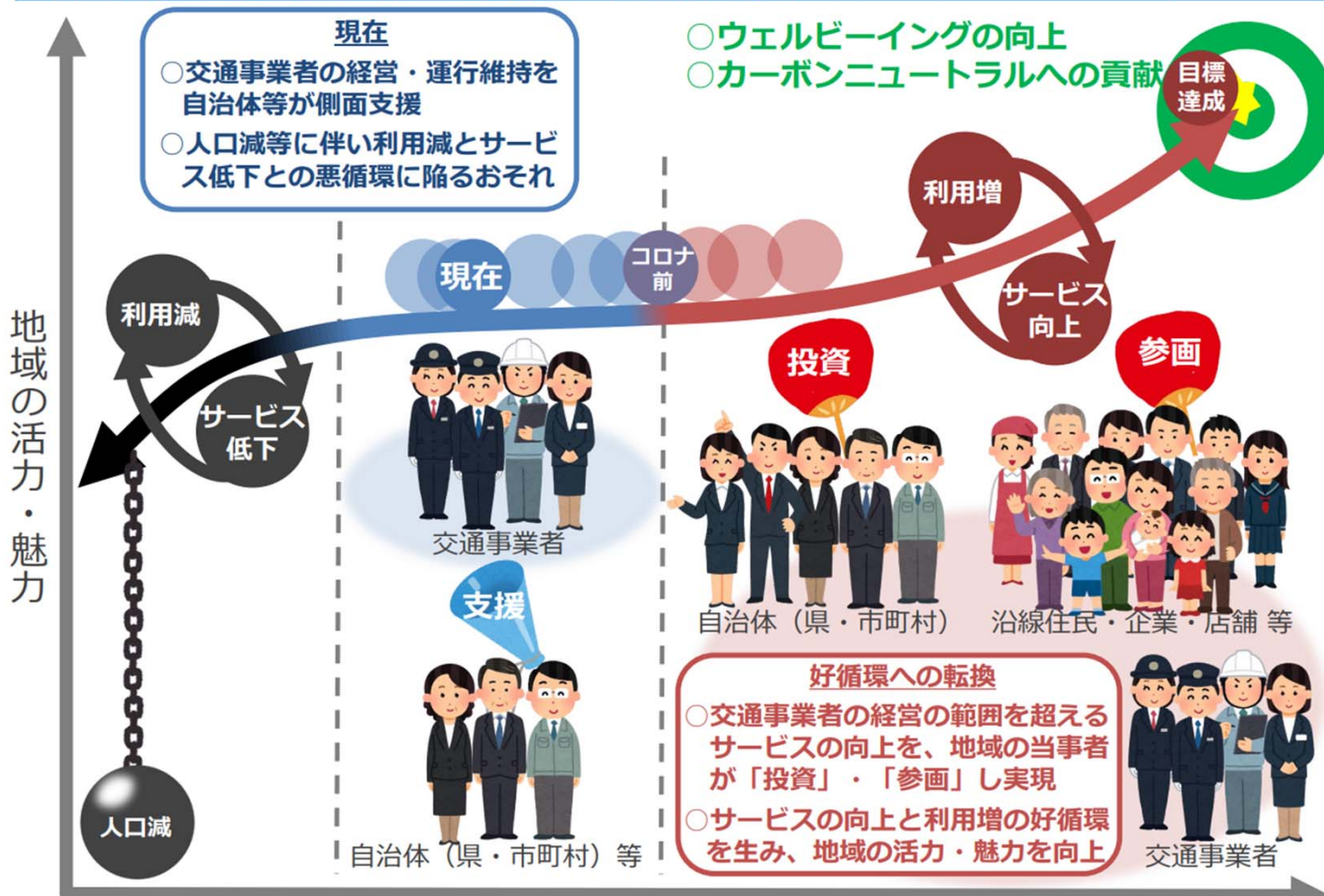


ここまでは事前に作った資料
ここからは昨日のセッションを見てつくった資料



地域の活力・魅力の向上に向けた役割分担・責任分担（案）のイメージ

資料3別紙



限られた資源（お金）を 何に**投資**するのか

市民が**参画**するなら 価値あるものにすべき

電動化にお金を使うより **公共交通を便利にした方が 良いのではないのか？**

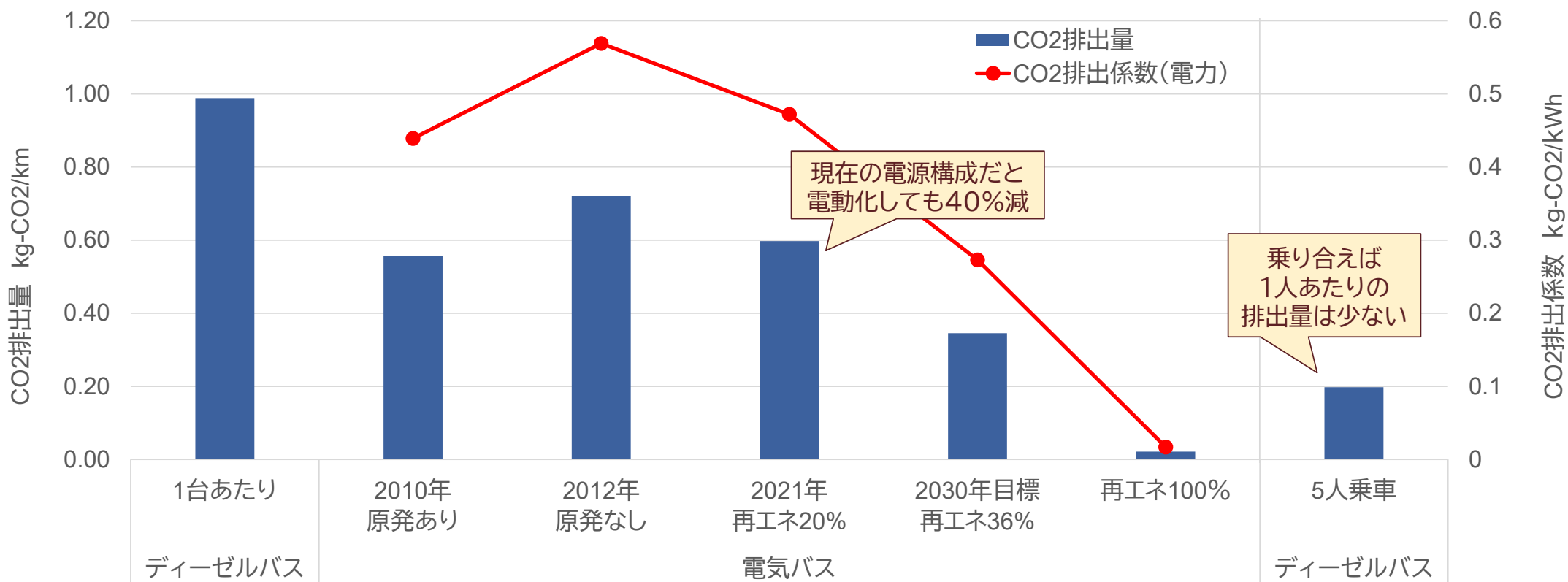
地域の当事者としての関与

第5回富山県地域交通戦略会議資料より



電動化と乗り合いによるCO2排出量の比較

- 発電構成を踏まえたCO2排出係数を考慮し、電気バスのCO2排出量を推計
- 車両1台あたりのCO2削減量と乗り合いうことでのCO2削減を比較



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>

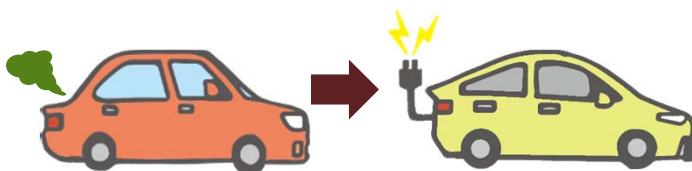
1台あたりで考えるのか（環境省）、1人で考えるのか（国交省）



移動による脱炭素化への選択肢

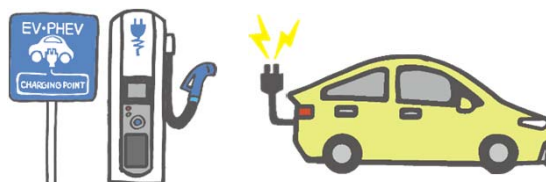
クルマを変える

- 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



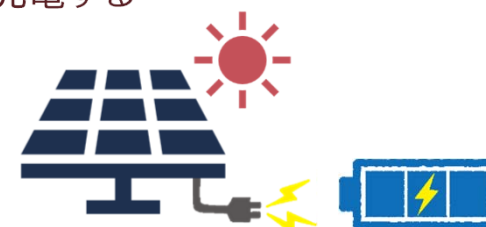
車両性能をあげる

- 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



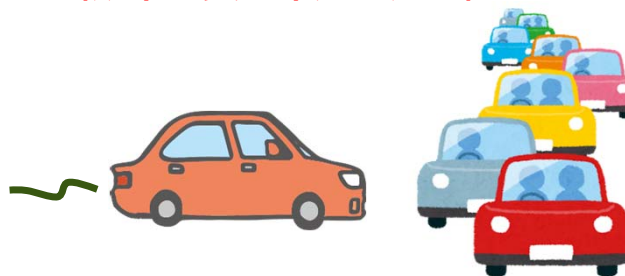
(クルマでの)移動を減らす

- 徒歩や自転車での移動に変える
- 買い物をまとめてする
- 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**
- 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





ご清聴ありがとうございました

あなたのまちの **地域公共交通** の
ためにどこにでもいきます

連絡先

ihara@aoni.waseda.jp