地域内旅客交通サービスの脱炭素化を実現するための地区別交通モード選定
－大量輸送機関のラストワンマイル充実を考慮して－

林　龍矢[1]・加藤　博和[2]・山田　祐磨[3]

[1]学生非会員　名古屋大学大学院　環境学研究科（〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町）
E-mail: rhayashi@urban.env.nagoya-u.ac.jp

[2]正会員　名古屋大学大学院教授　環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター
（〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町）
E-mail: kato@genv.nagoya-u.ac.jp

[3]学生非会員　名古屋大学大学院　環境学研究科（〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町）
E-mail: yyamada@urban.env.nagoya-u.ac.jp

公共交通機関の人キロあたり CO_2 排出量は，一般に鉄道のような大量輸送機関が小さいと認識されているが，人口密度が小さい都市では自家用乗用車が最小となる場合もありえる．一方，電動キックボードなどの端末交通機関が発達すれば，幹線として公共交通機関へのアクセスが向上する．それに伴って駅・停留所勢圏が拡大し，公共交通機関との乗継で CO_2 排出量を大幅削減できる場合も考えられる．このような都市の旅客交通システムの形態について，各輸送機関の CO_2 原単位や，将来の公共交通機関の乗客数減少のトレンドを踏まえつつ，再エネ導入による電力の CO_2 排出係数の低下や，端末交通機関の普及による駅勢圏域の拡大といった施策を講じた場合の CO_2 排出量変化を評価する．これを参考に，都市の人口規模別で幹線に CO_2 最小となる旅客交通システムを選定する．これにより，中長期における旅客交通システムの脱炭素化の方向性が示される．

Key Words: *CO_2 emission, LCA(Life Cycle Assessment), Carbon Neutral, Back casting, Electric Vehicle*

1. はじめに

(1) 研究の背景

近年，気候変動問題への対応が重要な課題となっている．2021 年改正の地球温暖化対策推進法に基づく日本政府の計画では，2050 年のカーボンニュートラル実現のため，2030 年までに 2013 年度比で温室効果ガス 46%の削減目標が掲げられている．

運輸部門は日本の総 CO_2 排出量の 2 割弱であり，自家用乗用車がその約半数を占める．削減策の 1 つとして自家用乗用車から公共交通機関への転換があるが，旅客輸送量(輸送人 km)の小さい都市では公共交通機関の低炭素性での優位は小さい．故に，最も CO_2 の大幅削減を実現できる施策とは，旅客輸送量や運行頻度，そしてその背景となる都市の規模や密度等に応じて最適な公共交通機関を都市に導入していくことである．

近年では，電動車両や近距離移動向けの端末交通機関の普及が考えられている．特に，端末交通機関の普及による近距離移動の利便性の向上に伴って，駅勢圏(駅から鉄道を利用する需要が存在する範囲)の拡大が見込めるため，幹線となる公共交通機関へのアクセス性が向上する．それに伴って，自家用乗用車から公共交通機関への転換が促進され，CO_2 排出量削減に繋がることが考えられる．

このように，自家用乗用車から「幹線公共交通機関＋端末交通機関」への転換がカーボンニュートラル実現に有効である．

(2) 研究の目的

本研究では，運輸部門のうち旅客交通起源の CO_2 排出量の市区町村単位での将来予測モデルを構築する．そのモデルを用いて中長期(2030 年・2050 年)における CO_2 排出量を予測する．

次に，CO_2 排出量の大幅削減を実現する施策を市区町村ごとに適用する．具体的には，端末交通機関の普及に伴う駅勢圏の拡大を想定し，最も CO_2 削減に寄与する旅客交通システムを選定し，自家用乗用車からの転換による削減量を算出する．

上記の結果より，2030年の旅客交通起源のCO_2排出量を 2013 年比で 35%の削減目標と，2050 年のカーボンニュートラルの実現可能性について評価する．

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

(1) LCA と SyLCEL

一般的に，輸送機関のCO_2排出量を算出する際，車両走行時に使用されたエネルギーに対するCO_2排出量のみ考慮されることが多い．しかし実際には，車両の製造・走行・廃棄の際に使用されたエネルギーに対するCO_2排出量も，輸送によって生じたものである．そのため，輸送のCO_2排出量変化を定量評価する場合，製造から廃棄までのライフサイクル全体におけるCO_2排出量を算出する Life Cycle Assessment(LCA)の手法を適用するべきである．

また公共交通機関を新たに導入する場合，車両だけでなく，軌道や駅などのインフラ構造物の建設・維持管理に伴うCO_2排出量をも考慮する必要がある．これらの輸送システムを構成する車両とインフラ構造物のライフサイクル全体でのCO_2排出量を考慮する概念が System Life Cycle Environmental Load(SyLCEL)である(加藤ら 2009)[1]．本研究では，これらを加味した分析を行う．

(2) 既往研究の整理と本研究の位置づけ

旅客交通起源のCO_2排出量を，マクロ分析の手法を用いて推計した既往研究を見ると，伊藤ら(2011)[2]は，2050 年のCO_2排出目標値達成のために，地域交通圏別に導入すべき乗合輸送機関の選択方法と必要整備量の決定手法を構築することで行っている．

また朴ら(2023)[3]は，パーソナルモビリティの LC-CO_2排出量の推計式を構築し，それを用いて自家用乗用車から鉄道・バス+パーソナルモビリティへ転換した際のCO_2排出量変化を推計している．

これらの既往研究において，自家用乗用車から乗合輸送機関・端末交通機関それぞれに転換した際のCO_2排出量の削減効果について評価している．しかし，端末交通機関の普及を想定した上で，自家用乗用車から公共交通機関へ転換した際のCO_2排出量の削減効果を評価した研究は存在しない．

そのため本研究では，中長期における旅客交通起源のCO_2排出量を予測する際，将来の技術向上やモビリティ革命に伴う電動キックボード等の端末交通機関の普及を想定したCO_2排出量の予測を行うことで，今後のカーボンニュートラルを実現する環境・交通施策の検討に資することを目指す．

3. 旅客交通システムの LC-CO_2排出量推計方法

(1) 旅客交通システムの対象機関

伊藤ら(2011)では，「幹線」(代表交通手段)のみに着目し，LC-CO_2排出量が最小となる代表交通機関を決定していた．本研究では「幹線」に加え，「端末」を合わせた「旅客交通システム」を考えることで，端末交通機関の充実による「幹線」利用の増大(自家用乗用車からの転換)を評価可能とする．

(2) 旅客交通システムの LC-CO_2排出量推計式

都市の「幹線」を走る公共交通機関の SyLC-CO_2排出量は，中大量乗合輸送機関のCO_2排出原単位より推計可能である．その際，a)車両製造段階，b)インフラ建設段階，c)車両走行段階，d)インフラ運用段階に分け，中大量乗合輸送機関mの SyLC-CO_2排出量を推計する(式(1)～式(3))．

$$E_{SyLC}^{m} = \left(\frac{e_{v,c}^{m} \times x^{m}}{{T_v}^{m}}\right) + \left(\frac{e_{I,c}^{m} \times y^{m}}{{T_I}^{m}}\right) + E_{v,r}^{m} + E_{I,r}^{m} \quad (1)$$

$$E_{v,r}^{m} = e_{v,r}^{m} \times P \quad (2)$$

$$E_{I,r}^{m} = E_{v,r}^{m} \times b^{m} \quad (3)$$

E_{syLC}：中大量乗合輸送機関の SyLC-CO_2排出量[CO_2]，v：車両，I：インフラ，$e_{v,c}$：車両製造時 CO_2排出原単位[CO_2/台]，x：想定区間での必要車両台数[台]，$e_{I,c}$：インフラ建設時 CO_2排出原単位[CO_2/m，本，駅]，y：想定区間でのインフラ構造物投入量[m，本，駅]，T：ライフタイム，$E_{v,r}$：車両走行時 CO_2排出量[CO_2]，$E_{I,r}$：インフラ運用時 CO_2排出量[CO_2]，$e_{v,r}$：車両走行時 CO_2排出原単位[CO_2/台 km]，P：輸送量[人 km]，b：車両走行時に対する比率

次に自家用乗用車，および端末交通機関の LC-CO_2排出量は，以下の式より推計可能である．(式(4))

$$D_{LC}^{m} = \left(\frac{D_c^{m} \times x^{m}}{T^{m}}\right) + (D_r^{m} \times x^{m} \times K_r^{m}) \quad (4)$$

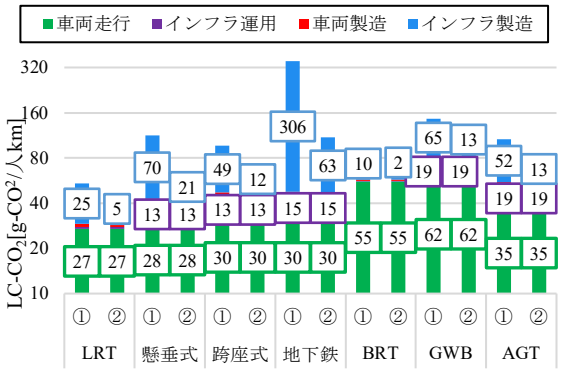
D_{LC}：自家用乗用車・端末交通機関mの LC-CO_2排出量[CO_2]，D_C：製造時 CO_2排出原単位[CO_2/台]，x：必要台数[台]，T：ライフタイム，D_r：走行時 CO_2排出原単位[CO_2/km]，K_r：走行距離[km/台]

また，電力消費起源の走行時CO_2排出原単位は，式(5)より推計する．

$$D_r^{m} = e_r^{m} \times \gamma^{e} \quad (5)$$

e_r^{m}：電力消費量[Wh/km]，γ^{e}：電力の CO_2排出係数[CO_2/Wh]

なお，LCA の各段階における CO_2 排出原単位について，「幹線」を走る公共交通機関は，著者らが事業者から取得した電力消費量や走行実測データより整備した中大量乗合輸送機関の LC-CO_2 排出量の値を用いる．（図-1）



①輸送量：6,000[人/day]，②輸送量：30,000[人/day]

図-1 中大量乗合輸送機関の LC-CO_2 排出量の値

また，端末交通機関については，朴ら(2023)が算定した CO_2 排出原単位を用いる．対象とする機関は，HV，EV，超小型モビリティ，電動キックボードとする．

なお，旅客交通システムの車両・インフラ構造物の廃棄時に排出される CO_2 については，長田ら(2006)[4]，森本ら(2012)[5]により，車両走行分に比べ無視できるほど小さいことが示されているため，計算に含めていない．

4. 旅客交通起源 CO_2 排出量の予測手法

(1) 地域特性に応じた対象地域の類型区分化

旅客交通起源の CO_2 排出量を算出する際，各市区町村を，以下の要素を基に分類する．(表-1)

表-1 将来予測に用いる各市区町村の分類方法

大分類	人口規模	昼間人口と夜間人口の比	小分類
大都市	70 万人～	-	*a*.大都市
中核都市	20 万人～	1.0～	*b*.中心都市
		～1.0	*c*.周辺都市
中小都市	～20 万人	1.0～	*d*.中心都市
		～1.0	*e*.周辺都市
農山漁村	～1 万人	-	*f*.農山漁村

(2) 2019 年の CO_2 排出量の把握

初めに，現況(2019 年)での旅客交通起源の CO_2 排出量を推計する．まず，自家用乗用車の CO_2 排出量については，石河ら(2022)[6]の値を用いる．石河らは，自動車検査証の個別統計を用いて，市区町村別の CO_2 排出量を推計している．その際，自動車の 1 台当たり走行距離と可住地人口密度の関係を定式化しており，人口密度変化の影響予測が可能になっている．次に鉄道の CO_2 排出量を推計する．本研究では，入手できる最新のデータである，令和元年度の鉄道統計年報[8]を用いて推計した CO_2 排出量を，現況での鉄道起源の CO_2 排出量とみなす．まず，鉄道統計年報の「（17）運転用電力，燃料及び油脂消費額」の事業者別の電力消費量[kWh/year]と軽油量[kL/year]を各運輸局別で集計する．運輸局別で集計されたエネルギー消費量を，市区町村の鉄道路線長比で按分し，按分した電力・燃料消費量に，使用エネルギー別 CO_2 排出係数(電力係数，燃料係数)(表-2)を乗じて，鉄道路線の存在する市区町村別で CO_2 排出量を推計する．

表-2 2019 年のエネルギー別の CO_2 排出係数

電力の CO_2 排出係数 [g-CO_2/Wh]	燃料の CO_2 排出係数 [g-CO_2/L]
0.503	2.848

最後にバスの CO_2 排出量は，全国の市区町村別で得られる道路交通センサス自動車起終点調査の結果を用いている．ただし，同調査が 2019 年度には行われていないため，直近の 2015 年(平成 27 年)に行われた調査の結果を現況での CO_2 排出量とみなす．

以上の各輸送機関の CO_2 排出量の合計値を，2019 年における旅客交通起源の CO_2 排出量とする．

(2) 中長期 CO_2 排出目標値の設定

本研究で想定する中長期 CO_2 排出量の削減目標量は，2030 年については 2013 年比で 35%削減，2050 年についてはカーボンニュートラルの実現とする．ここで，2050 年のカーボンニュートラルを実現する旅客交通部門の CO_2 排出量の目標値を設定する．林野庁では，令和 3 年 10 月に改訂された地球温暖化対策計画において，森林の整備等による CO_2 吸収源の増加対策に取り組むことにより，2030 年に約 3,800 万[t-CO_2/年]の森林による CO_2 吸収量を確保する目標を掲げている[9]．本研究では，地球温暖化対策計画における 2030 年の日本全体のエネルギー起源の CO_2 排出目標値と運輸部門の CO_2 排出目標値の比(0.192)を，2030 年の森林吸収量の目標値(3,800 万[t-CO_2/年])に乗ずることで算出された約 730 万[t-CO_2/年]を，2050 年の旅客交通部門の目標値とする．

(4) 中長期の CO_2 排出量予測モデルの構築

自家用乗用車，端末交通機関の CO_2 排出量は，人口，道路延長，DID 人口密度，駅密度について将来の予測値を与えることで予測する．（図-2）その際，伊藤ら(2011)が用いたコブ・ダグラス型関数による保有台数モデルを参考にした(式(6)，式(7))．

$$H_i = POP_i \cdot y_i \tag{6}$$

$$y_i = \exp(\gamma_1) \cdot R_i^{\gamma_2} \cdot \left(\frac{1}{DID_i}\right)^{\gamma_3} \cdot \left(\frac{1}{d_i}\right)^{\gamma_4} \tag{7}$$

i：市区町村，H_i：自家用乗用車保有台数[台]，POP_i：夜間人口[人]，y_i：自家用乗用車保有率，R_i：人口当たり道路延長[km/人]，DID_i：DID 人口密度[人/km²]，d_i：駅密度[駅数/km²]，γ_1～γ_4：パラメータ

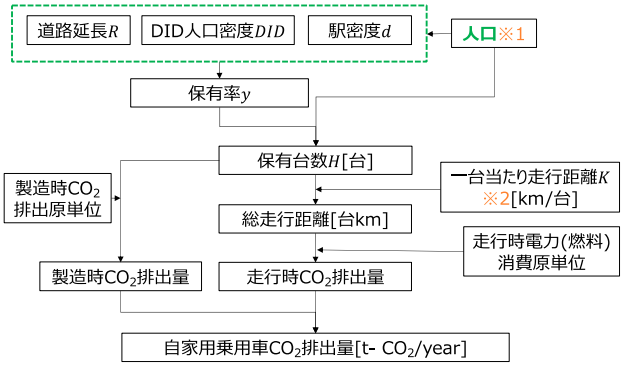


図-2 自家用乗用車・端末交通機関の LC-CO_2 予測フロー

人口については，人口問題研究所が算出した値[10]を用いる．ただし，2050 年の人口については，2015～2045 年の日本の総人口を年で線形回帰することで 2050 年の総人口を求めた上で，2045 年と 2050 年の人口比を 2045 年の市区町村別人口に乗ずることで算出する．道路延長，DID 人口密度・可住地人口密度は，「e-Stat 統計で見る日本」より取得した値[11]を用いる．駅密度は，市区町村別の鉄道の駅数を可住地面積で除することで算出する．また，道路延長，DID 人口密度・可住地人口密度は中長期において変化しないものとする．

自家用乗用車 1 台当たり走行距離は，石河ら(2022)が算出した 1 台当たり走行距離と市区町村別の可住地人口密度の関係より算出する．（式(8)）

$$K_i = -896 \ln R_H + 15978 \tag{8}$$

K_i：1 台当たり走行距離，R_H：可住地人口密度

また，将来の鉄道の CO_2 排出量は公共交通機関の式(1)-式(3)に車両台数，輸送量の将来値を与えることで予測する．(式(6)その際，パラメータは国土交通省の「国土数値情報ダウンロードサービス」の駅別乗降者数[12]を輸送量として，それを基に推定する．

$$De_i = \exp(\gamma_5) \cdot R_i^{\gamma_6} \cdot \left(\frac{1}{R_{H,\,i}}\right)^{\gamma_7} \cdot \left(\frac{1}{d_i}\right)^{\gamma_8} \tag{9}$$

公共交通機関の輸送量De[人]i：市区町村，R：1 人当たり道路延長[km/人]，R_H：可住地人口密度[人/km²]，d：駅密度[駅数/km²]，γ_5～γ_8：パラメータ

5. 将来シナリオ適用時の CO_2 予測

(1) 技術固定シナリオ

技術固定シナリオでは，現在の技術水準が将来においても同じレベル(燃料・電力消費量や CO_2 排出係数が不変)だとし，日本の市区町村の人口・出生率・生存率・純移動率が現状通り推移すると仮定する．

(2) 技術向上シナリオ

技術向上シナリオでは，旅客交通部門における車両性能やエネルギー効率の向上を考慮する．

自家用乗用車については，経済産業省の「カーボンニュートラルに向けた自動車政策検討会」における「次世代自動車の普及目標」[13]と「EV/PHV 普及の現状について」[14]に従って，自家用乗用車における HV・EV の普及を想定する．(表-3)

表-3 EST1 次世代自動車の普及率の設定

	2030 年	2050 年
GV	50%	0%
HV	30%	0%
EV	20%	100%

また，シェアリングカーが普及することで，将来の車両の保有台数が変化することを想定する．本研究では，東京都都税局の「乗用車市場の見通し」[15]に従う．具体的には，シェアリングカー維持に必要な利用人数，利用されうる割合と許容距離（利用される距離），非保有者 1 台あたり運転者より，シェアリングカーの影響を考慮した際の自家用乗用車の保有台数を予測する．

さらに，環境省の「次世代自動車普及戦略」[16]に従って，自家用乗用車のライフタイムの向上を想定する．(表-4)

表-4 自家用乗用車のライフタイムの設定

	2019 年	2030 年	2050 年
ライフタイム[年]	10	12.5	13

次に，バスについては，自家用乗用車と同様に車両の電動化が進展することを想定する．なお，バスの電費については，井原ら(2022)[17]の電費予測式を用いる．(式(10)

$$EC = f(V) = 0.00091V^2 + 0.35 + \frac{0.17}{V} \tag{10}$$

EC：電費[kWh/km]，V：平均速度[m/s]

各輸送機関の電動化に加え，電力の CO_2 排出係数の改善も考慮する．経済産業省の「エネルギー基本計画の概要」の「2030 年におけるエネルギー需給の野心的見通し」[18]に従って，電力の電源構成の変化に伴うライフサイク

ル CO_2 排出係数の改善を想定する．(表-5)

表-5 電力の CO_2 排出係数の設定値

	2019 年	2030 年	2050 年
CO_2 排出係数 [g-CO_2/Wh]	0.503	0.287	0.026

(3) 交通施策シナリオ

技術向上シナリオに加え，CO_2 排出量の削減を実現する交通施策シナリオを想定する．本研究では，「① SyLC-CO_2 が最小となる中大量乗合輸送機関の導入」，「②端末交通機関の普及による駅勢圏の拡大，およびそれに起因する自家用乗用車から公共交通機関への転換」を想定する．

①については鉄道駅が存在する都市の幹線部を走る公共交通機関において，SyLC-CO_2 排出量が最小となる輸送機関を選定し，公共交通機関のモードの転換を想定する．(図-3)対象とする機関は，図-1 に示すものとする．

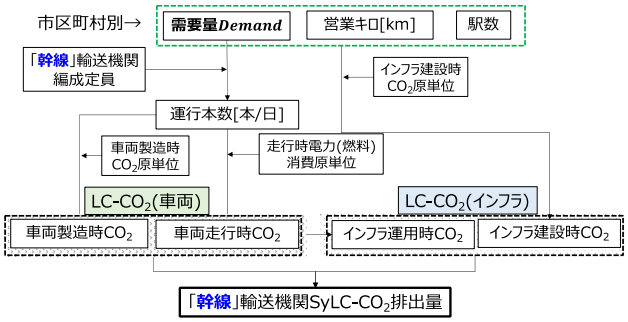


図-3 公共交通機関の SyLC-CO_2 排出量推計フロー

②は，端末交通機関（電動キックボード）の普及による駅勢圏の拡大，およびそれに起因する自家用乗用車から公共交通機関への転換を想定する．その際，駅勢圏に住む人口の全員が，自家用乗用車から「端末交通機関+公共交通機関」へ転換すると仮定する．このとき，①の施策の適用によって選定された中大量乗合輸送機関が導入され転換すると想定する．また，市区町村別の駅勢圏人口は，市域平均での人口密度に駅数と駅勢圏面積を乗じることで算出する．なお，駅勢圏は駅勢圏半径 R の正円を仮定し，圏内の自家用乗用車の保有者が公共交通機関へ転換することを想定する．

(4) 交通モード選定結果

2050 年において，表-1 の分類別で LC-CO_2 排出量が最小となる中大量乗合輸送機関を選定した．(表-6)その結果，大都市や中核都市では LRT が最小だが，一部の中小都市や農山漁村では BRT が最小となることが分かる．

(5) シナリオ適用時の CO_2 排出量予測結果

各シナリオを適用した際の，CO_2 排出量の予測結果を図-4，図-5，図-6 に示す．技術向上シナリオ適用により，2030 年における CO_2 排出量は，2013 年比で 49.0[%]削減される．つまり HV・EV の普及，および電力の CO_2 排出係数の改善により，2030 年の目標値を達成できることが分かる．また，技術向上シナリオ・交通施策シナリオの両方を適用すると，2050 年における CO_2 排出量は 2013 年比で，最大で 90.1[%]削減できる．一方で，2050 年におけるカーボンニュートラルの実現には，交通施策シナリオ適用時からさらに 40.0[%]の CO_2 排出量の削減が必要である．また，2050 年の各駅勢圏半径での CO_2 排出量の差分は，2030 年の差分と比べて小さい．これは，2050 年では再エネ普及率を 100%としており，車両走行時 CO_2 排出量の変化が小さいためである．

表-6 SyLC-CO_2 最小の輸送機関の選定結果(2050)

小分類	選定都市数		
	鉄道駅数	LRT	BRT
a.大都市	23	23	0
b.中心都市	53	53	0
c.周辺都市	55	55	0
d.中心都市	242	239	3
e.周辺都市	672	667	5
f.農村漁村	224	148	76

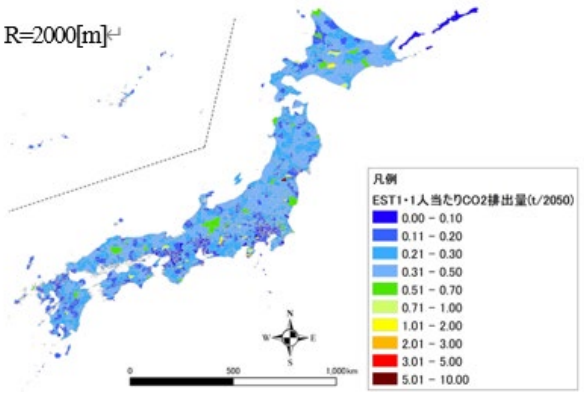


図-4 一人当たり旅客交通 CO_2 排出量(2050)

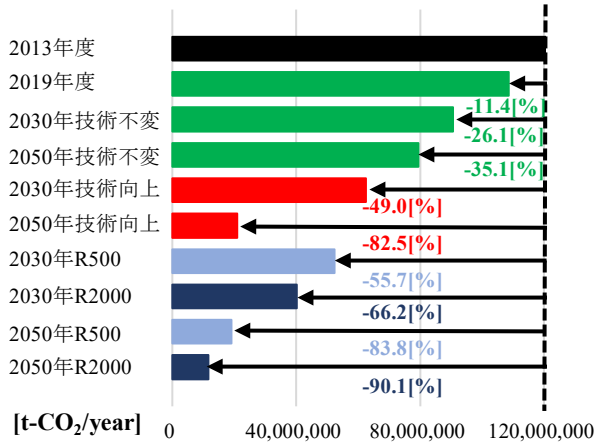


図-5 各シナリオと CO_2 排出量の関係

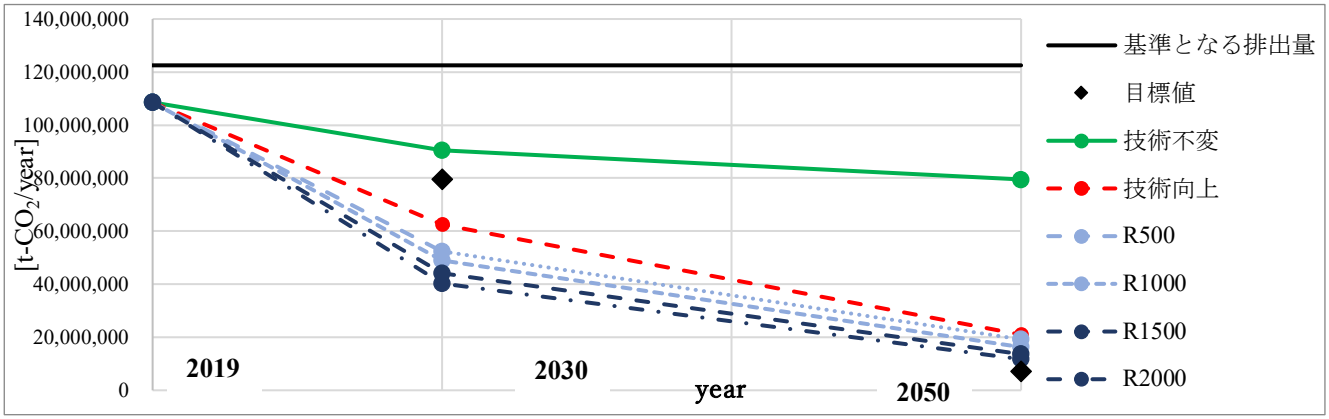


図-6 旅客交通 CO_2 排出量の将来予測

6. おわりに

本研究では，車両の電動化や，シェアリングカー・新しい端末交通機関の普及に伴う，自家用乗用車から公共交通機関への転換による，日本の旅客交通起源の CO_2 排出量の削減効果を予測した．また，「幹線」を走る公共交通機関のうち，市区町村別で SyLC-CO_2 排出量が最小となる中大量乗合輸送機関を選定した．その結果，大都市や中核都市では LRT が，旅客輸送量の小さい一部の中小都市や農山漁村では BRT が選定され，自家用乗用車から公共交通機関と端末交通機関を組み合わせた旅客交通システムの転換により，CO_2 排出量の削減効果が見込まれることが分かった．今後は，輸送機関の CO_2 排出量の予測の際，運行可能のモデル化を行い，運行本数に上限がある点を考慮すべきである．

謝辞

本研究は（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20201G01）により実施した．また，ここでは事業者の希望により名称を明らかにすることができないが，複数の公共交通事業者からデータの提供や実験の許諾をいただいた．これなしに本研究は成立しなかった．この場を借りて最大級の感謝を示す．

REFERENCES

1) 加藤博和，柴原尚希(2009)：ELCEL 概念による Social/Dynamic LCA への挑戦，日本 LCA 学会誌，Vol.5，No.1，pp.12-19
2) 伊藤圭，加藤博和，柴原尚希(2011)：日本における地域内旅客交通 CO_2 大幅削減のための乗合輸送機関導入必要量の算定，土木学会論文集 D3，Vol.67，No.5，pp.I_145-I_153
3) 朴秀日，加藤博和，大石直毅：土木学会論文集 D3（土木計画学），78 巻，5 号（2023），中大量輸送機関の端末交通としてのパーソナルモビリティツール導入に関する低炭素性評価
4) 長田基広，渡辺由紀子，柴原尚希，加藤博和(2006)：LCA を適用した中量旅客輸送機関の環境負荷評価，土木計画学研究・論文集，No.23，pp.355-363
5) 森本涼子，伊藤圭，山本充洋，加藤博和，柴原尚希(2012)：都市内旅客交通手段のライフサイクル CO_2 排出量比較，土木学会論文集 D3，Vol.68，No.5，pp.I_285-I_290
6) 石河正寛，加藤秀樹，有賀敏典，金本有子，金炅敏，崔文竹，松橋啓介(2022)：自動車検査証の個別統計を用いた全国地域別乗用車 CO_2 排出量の試算，交通工学論文集，第 8 巻，第 5 号，pp.1-10
7) 環境省：運輸部門(自動車)CO_2 排出量推計データ(令和 4 年 3 月) https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/tools/car.html(最終閲覧日 2023.1.26)
8) 国土交通省：鉄道統計年報[令和元年度] https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk2_000053.html(最終閲覧日 2023.10.13)
9) 林野庁：森林による二酸化炭素吸収量の算定方法について https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kikaku/211227.html(最終閲覧日 2023.10.13)
10) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の地域別将来推計人口(平成 30(2018)年推計) https://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson18/t-page.asp(最終閲覧日 2023.10.13)
11) e-Stat 統計で見る日本：都道府県・市区町村のすがた(社会・人口統計体系) https://www.e-stat.go.jp/regional-statistics/ssdsview(最終閲覧日 2023.10.13)
12) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス 駅別乗降者数データ https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-S12-

v3_0.html (最終閲覧日 2023.10.13)
13) 経済産業省：第 3 回カーボンニュートラルに向けた自動車政策検討会 https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001400612.pdf(最 終 閲覧日 2023.10.13)
14) 経済産業省：EV/PHV 普及の現状について https://www.mlit.go.jp/common/001283224.pdf(最 終 閲 覧 日 2023.10.13)
15) 東京都都税局：乗用車市場の見通し https://www.tax.metro.tokyo.lg.jp/report/material/pdf/r0303/car/02.pdf(最終閲覧日 2023.10.13)
16) 環境省：次世代自動車普及戦略　2. 自動車の開発動向と普及見通し https://www.env.go.jp/air/report/h21-01/2.pdf(最 終 閲 覧 日 2023.10.13)
17) 方亦園，田沼英紘，黄施豪，小林王義，楊イ翔，井原雄人，紙屋雄史：第 66 回土木計画学研究発表会（2022）「電気バス・トラックの導入前性能予測に活用する事を目的とした簡易電費予測理論式の構築」
18) 資源エネルギー庁：エネルギー基本計画の概要(令和 3 年 10 月)　2030 年におけるエネルギー需給の野心的見通し https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_02.pdf(最 終 閲 覧 日 2023.10.13)

(Received October 13, 2023)

Selecting Transport Modes by District to Decarbonize Regional Passenger Transport Services
-Taking into account the last mile enhancement of mass transit -

Ryuya Hayashi, Hirokazu KATO, Yuma Yamada