

# 交通産業GXロードマップの調査研究

## 【中間報告】

交通モード横断のシナリオ分析によるCO2削減量と脱炭素コストの見通しについて

エグゼクティブサマリー

---

2024年3月

(一財)運輸総合研究所  
研究協力:(株)日本総合研究所



# 本資料中で用いている主な略語・用語

分類	略語	意味
シナリオ関係	BEシナリオ	Best Effortシナリオ。詳細はスライド8参照
	ZEシナリオ	ゼロエミッションシナリオ。詳細はスライド8参照
	BAU	Business as Usual なんら改善策がとられず、現状のまま推移するシナリオ
排出量関係	TTW	Tank to Wheel(自動車の場合。船の場合はTank to Wake, 航空の場合はTank to Jetと呼ばれる) 自動車等輸送機器における燃料燃焼によって排出されるCO2排出量。 日本の運輸部門の排出量は、TTWの排出量に基づいて報告・計上されている
	WTT	Well to Tank 燃料の生産、精製、輸送から自動車等の燃料タンクへの供給までに発生するCO2排出量
	WTW	WTTとTTWの合計。燃料の生産から自動車等のタンクへの補給、自動車等での燃焼までを通じたCO2排出量
技術関係	パワートレイン	動力源
	ICE	Internal Combustion Engine 内燃機関
	FC	Fuel Cell 燃料電池
	EV	Electric Vehicle 電気自動車。 なお、この検討においては、プラグインハイブリッドEV(PHEV)及びバッテリーEV(BEV)を含む。ハイブリッド車(HV)は含まない。
その他	GRP	域内総生産

1. 調査研究の概要、検討体制
2. 主な検討結果
3. 各検討プロセスの結果概要(シナリオ設定と推計結果)
  - 3.1 長期輸送需要想定(人流・物流)
  - 3.2 脱炭素シナリオの設定、CO<sub>2</sub>排出量等の推計
  - 3.3 脱炭素コストの推計
4. まとめ
  - 4.1 シナリオ分析結果のまとめ
  - 4.2 考察(シナリオ分析から見えてきた課題、課題への対応策の考え方)

# 1. 調査研究の概要、検討体制

---

## 1.1 調査研究の概要

- 交通分野は我が国のCO2排出量の約2割を占めるが、トラック、船舶、航空機などは脱炭素化の技術的ハードルが高いモードもあり、いわゆる「Hard to abate」なセクターである。2030年前後を目標として各交通モードにおける電化や水素燃料、バイオ燃料、合成燃料といった様々な代替燃料を候補とする技術開発の取組が進められているが、それ以降2050年に至る方向性や普及の見通しは未だ見えていない。機器・燃料の供給や高コストに対する懸念に加え、中小・零細事業者が多くを占める業界構造もあって、交通産業側としては受け身の姿勢が見える状況。また、各交通モードが其々に描くカーボンニュートラル化の姿が相互にどのように作用・反作用するのも見通せておらず、交通分野全体のグリーントランジション(GX)のための共通の戦略が見えていない。
- 経済成長との両輪で戦略的に脱炭素を推進するEUをはじめとする諸外国に対して、統合的な戦略を欠如したままでは、交通業界の脱炭素の方向性が定まらず、国際競争力を失ってしまうおそれがある。受け身の姿勢でなく、日本の産業やエネルギーの構造、再生可能エネルギーへの地形的な適性などの環境を踏まえた取り組みを進めることで、日本の交通が環境面で世界をリードし、日本の経済成長につなげることが重要。交通機関の設備更新やインフラ整備などを考えれば、2050年までに残された時間は決して長くはない。
- こうした問題意識の下、運輸総合研究所では2023年度より2か年で、山内弘隆武蔵野大学特任教授/一橋大学名誉教授を座長とする「交通産業GXロードマップ検討委員会」を設置し、交通モード横断的に輸送需要や脱炭素技術の変化、カーボンプライシング等といった観点から複数のシナリオを作成して、交通産業のGXに必要な条件、課題、影響の分析を行い、交通産業のGX(グリーントランジション)の将来道筋、ロードマップと方策について調査研究を進めている。
- 2023年度の調査研究結果について中間報告としてとりまとめた。本資料はそのエグゼクティブサマリーである。

## 1.2 調査研究の検討体制

## 交通産業GXロードマップ検討委員会委員(2024年3月現在) \*はシナリオワーキンググループ委員

座長	山内 弘隆	武蔵野大学経営学部特任教授、 一橋大学名誉教授、一般財団法人運輸総合研究所研究アドバイザー
シナリオWG座長	大聖 泰弘*	早稲田大学理工学術院名誉教授
	秋元 圭吾*	公益財団法人地球環境産業技術研究機構主席研究員
	坂井 孝典*	東京海洋大学海洋工学部流通情報工学部門准教授
	柴山多佳児*	ウィーン工科大学交通研究所上席研究員 一般財団法人運輸総合研究所客員研究員
	田邊 勝巳	慶應義塾大学商学部教授、一般財団法人運輸総合研究所研究アドバイザー
	納富 信	早稲田大学理工学術院大学院環境・エネルギー研究科教授
	二村真理子	東京女子大学現代教養学部国際社会学科経済学専攻教授
	本郷 尚*	三井物産戦略研究所シニア研究フェロー
	松橋 啓介*	国立研究開発法人国立環境研究所社会システム領域地域計画研究室室長
	向井登志広	一般財団法人電力中央研究所社会経済研究所主任研究員
	清水 充	国土交通省総合政策局環境政策課長
	宿利 正史	一般財団法人運輸総合研究所会長
	佐藤 善信	一般財団法人運輸総合研究所理事長
	屋井 鉄雄	一般財団法人運輸総合研究所所長
	奥田 哲也	一般財団法人運輸総合研究所専務理事
	藤崎 耕一	一般財団法人運輸総合研究所主席研究員・研究統括

## 調査研究チーム(2024年3月現在)

竹内 智仁	主任研究員
菅生 康史	研究員
加藤 雄太	研究員
小倉 匠人	研究員
園田 薫	研究員
東山 祐也	研究員
堀尾 怜椰	研究員
協力	株式会社日本 総合研究所

## 1.3 調査研究の検討事項(2023~24年度)

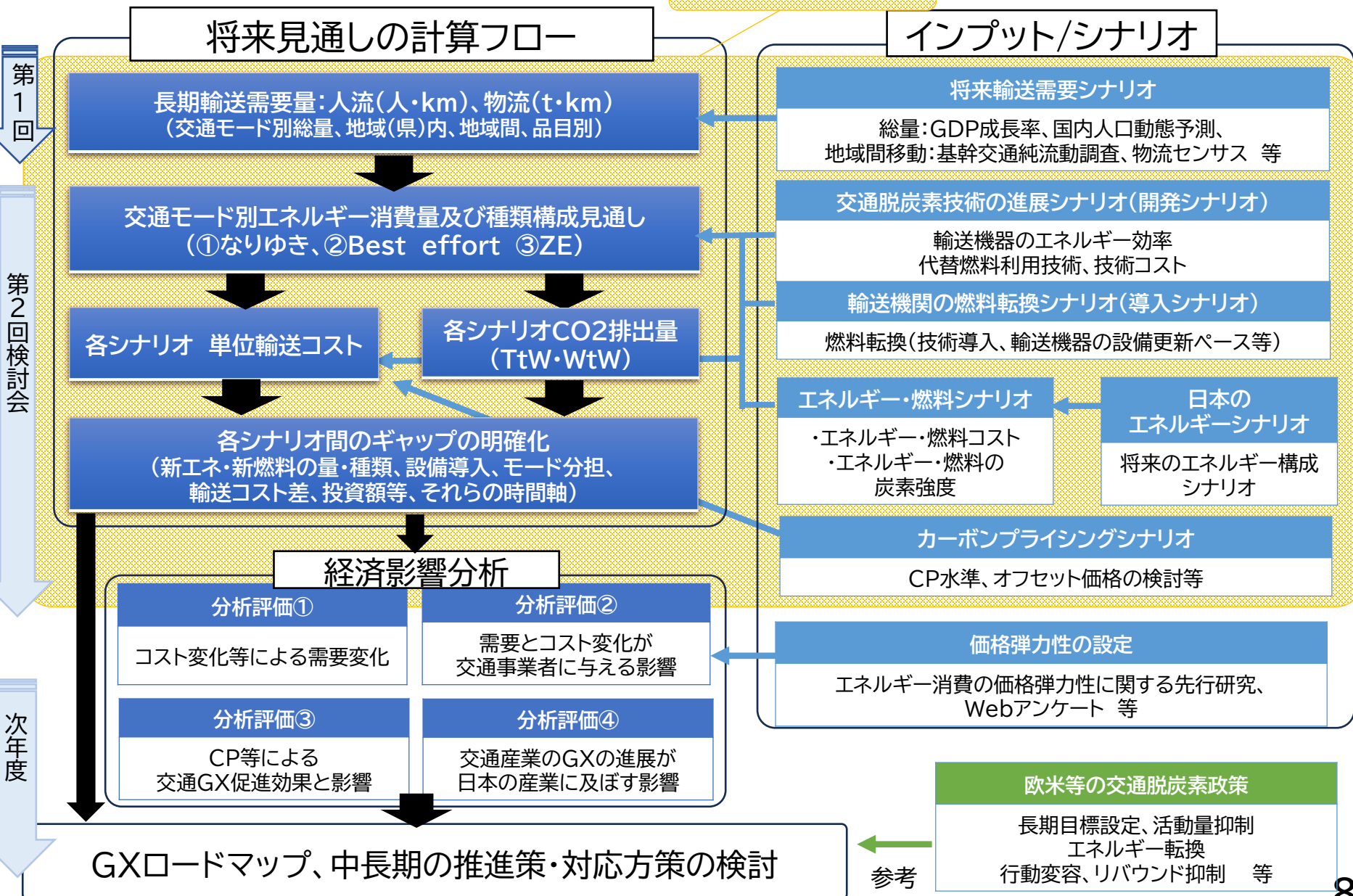
定量的なアプローチにより、以下について示す。なお、大きな枠組としてのシナリオを設定し、粒度は粗くても全体像を示すことを目指す(必要に応じ翌年度に精緻化)。

- ① 2020年から2050年までの間の日本国内の交通部門(自動車(旅客、貨物)、鉄道、内航海運、国内航空)のGHG排出量について、将来の国内輸送需要、設備・技術動向(各モードの設備更新や燃料転換など)に関する現状の取組状況及び関連政策動向)及びエネルギー動向を踏まえた「なりゆき」としての推移を推計し、ゼロエミッションにどの程度近づくのかを示す(シナリオ・シミュレーション)。
- ② 2050年にゼロエミッション化された状態を仮定し、そこからのバックキャストとしての設備構成や燃料利用の推移を算出する。
- ③ ①と②の比較により、ゼロエミッション化達成のための必要条件(必要エネルギー及び燃料の量と種類、設備更新等、また、これらの時間軸)を示す。
- ④ ゼロエミッション化に必要なコスト(非ゼロエミ化の交通モードとの価格差調整等のためのカーボンプライシングを含む)を踏まえ、コスト上昇が輸送需要(ユーザー)に与える影響、交通事業者の経営に与える影響について分析する。更に、交通産業として日本の輸送需要を支える上でどのような影響が生じるか、交通産業のGXが日本の経済社会の発展にどう寄与するか、について検討する(詳細は2024年度)。
- ⑤ ③と④を踏まえ、円滑な移行(トランジション)に必要な施策のあり方について検討する(具体的検討は2024年度)

# 1. 調査研究の概要、検討体制

## 1.4 GXロードマップ検討の流れ(計算フロー及びシナリオ設定)

WGのタスク範囲





## 1.5 シナリオ研究を通じた検討事項

シナリオ試算・検討対象 【人流】 自動車(自家用車、バス・タクシー)、鉄道(旅客)、航空  
【物流】 自動車(トラック)、鉄道(貨物)、内航海運

「2050に向けて、カーボンニュートラル化に向かいつつ必要な輸送サービスを提供するための必要条件」として、以下の事項について、シナリオ研究による見える化を通じて検討する。

### (1) 輸送需要(活動量の見通し、抑制)

- ・ 日本の将来の輸送需要の見通し。モノの移動量自体を減らすという方向性は考えられるか。
- ・ 輸送は派生需要であり、将来の社会経済のシナリオも考慮する必要

### (2) 燃料転換(エネルギー効率、炭素強度)

#### ① ゼロエミッションの輸送機器の数量

- ・ メーカーや政府が掲げる技術開発・生産のタイムラインは、需要に適合しているか

#### ② エネルギー、燃料(脱化石燃料と燃料中炭素強度の段階的削減)

- ・ どのような代替燃料がいつ、どの程度必要なのか(燃料サプライ側への打ち出し)。

### (3) CO2排出量(交通セクターの直接排出、ライフサイクル排出)

- ・ ゼロエミッション(TtW、交通セクターとしての排出量)とカーボンニュートラル(WtW、使用エネルギーや他の産業セクターとのオフセット等も含めた排出量)の見通し
- ・ ライフサイクル排出を踏まえた交通産業のCN化の姿

### (4) GXコスト(受入れ可能性、行動変容)

- ・ ゼロエミ化/CN化にはどの程度のコスト(必要投資額)が発生するのか(脱炭素のマージナルコスト。理論的にはこれと炭素課金額は同レベル。)
- ・ 輸送コストの上昇は、事業者や利用者にとって受け入れ可能なレベルか
- ・ CPIは、その程度によってどの程度の影響とGX促進効果を生じるのか(GX移行債の償還財源としてのCPも考慮)
- ・ 再エネ投資を早く開始することで、短期的にはコスト増となるが、長期的にはメリットがあるような姿は示せないか

### (5) モード間の相互作用・反作用

- ・ 各モードや企業が目指すCNのビジョンや取組が横並びになった時に、どのような相互作用または反作用があるのか。

## 1.6 2023年度に実施した検討の概要

- 2023年度は、2回の検討会(2023年12月、2024年3月)と3回のワーキンググループの開催を通じて、1.2に示す検討事項、シナリオ、計算モデルについて詳細に検討し、国内交通分野の2050年までの脱炭素の見通しについて、①なりゆき(現状考慮)、②Best Effort 3ケース(電化活用、水素化活用、合成燃料活用)、③ゼロエミッション(TTWベース。現在の交通セクターの排出量カウント方法)のシナリオを設定し、それぞれの脱炭素効果、及びこれに要する設備更新、燃料需要、コストを推計し、それぞれのシナリオ間の違いを定量的に示した。
- シナリオ推計結果の比較分析に基づく考察として、①シナリオから見えてきた課題、②課題へ対応策の考え方をまとめた。なお、このシナリオ分析は引き続き検討を深めることとしており、本資料にしめした考察は、現時点での暫定的なものである。

## 2. 主な検討結果

---

## 2. 主な検討結果

# 2.1 長期輸送需要の想定(人流・物流)

○ 経済成長ケース、人口は国立社会保障・人口問題研究所『日本の将来推計人口』の出生中位・死亡中位(1億2550万人(2021)→ 1億468万人(2050))

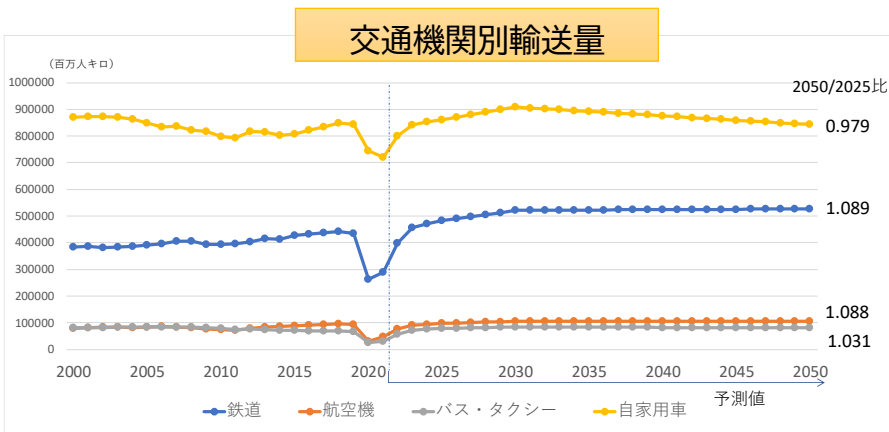
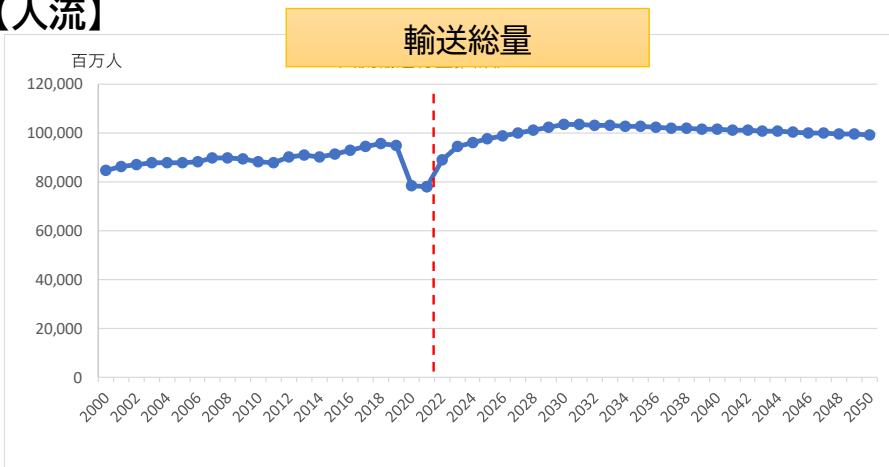
### 【人流】

- ・ 輸送総量は、2022年以降増加するが、2030年をピークに減少し、2050年では994億人(2019年比105%)
- ・ 交通機関別では、自家用車は減少傾向、バス・タクシーは横ばい、鉄道・航空は微増

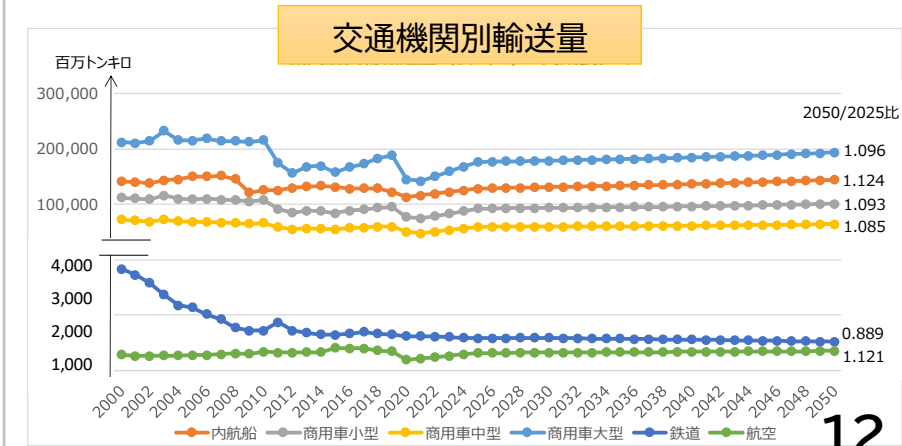
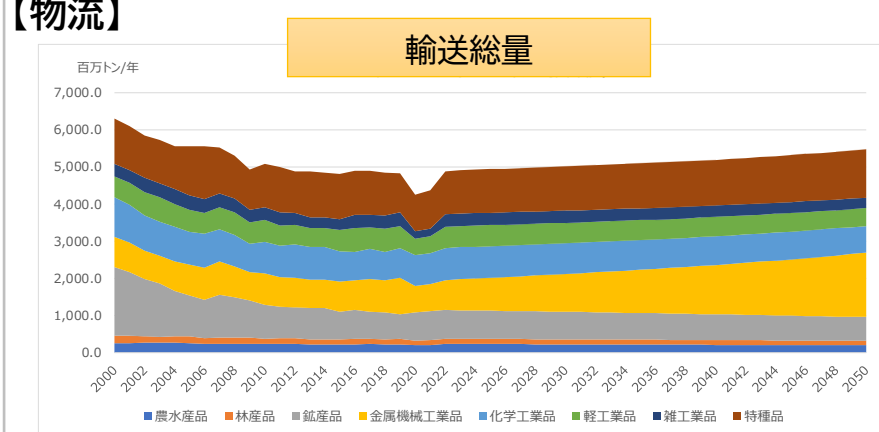
### 【物流】

- ・ 輸送総量は、2022年以降増加傾向を示し、2050年では55億トン(2019年比113%)
- ・ 交通機関別では、商用車、内航船、航空は増加傾向、鉄道は減少傾向

### 【人流】



### 【物流】



## 2.2 脱炭素のシナリオ設定(5シナリオ)について

- あまり積極的には脱炭素化が進まない「現状考慮のなりゆき」、公表政策・業界目標をベースに取組が進む「Best Effort (分岐3ケース)」及び「ゼロエミッション」の5つのシナリオを設定した
- また、これらシナリオとの比較のため、全く改善策がとられない「BAUシナリオ」を設定。

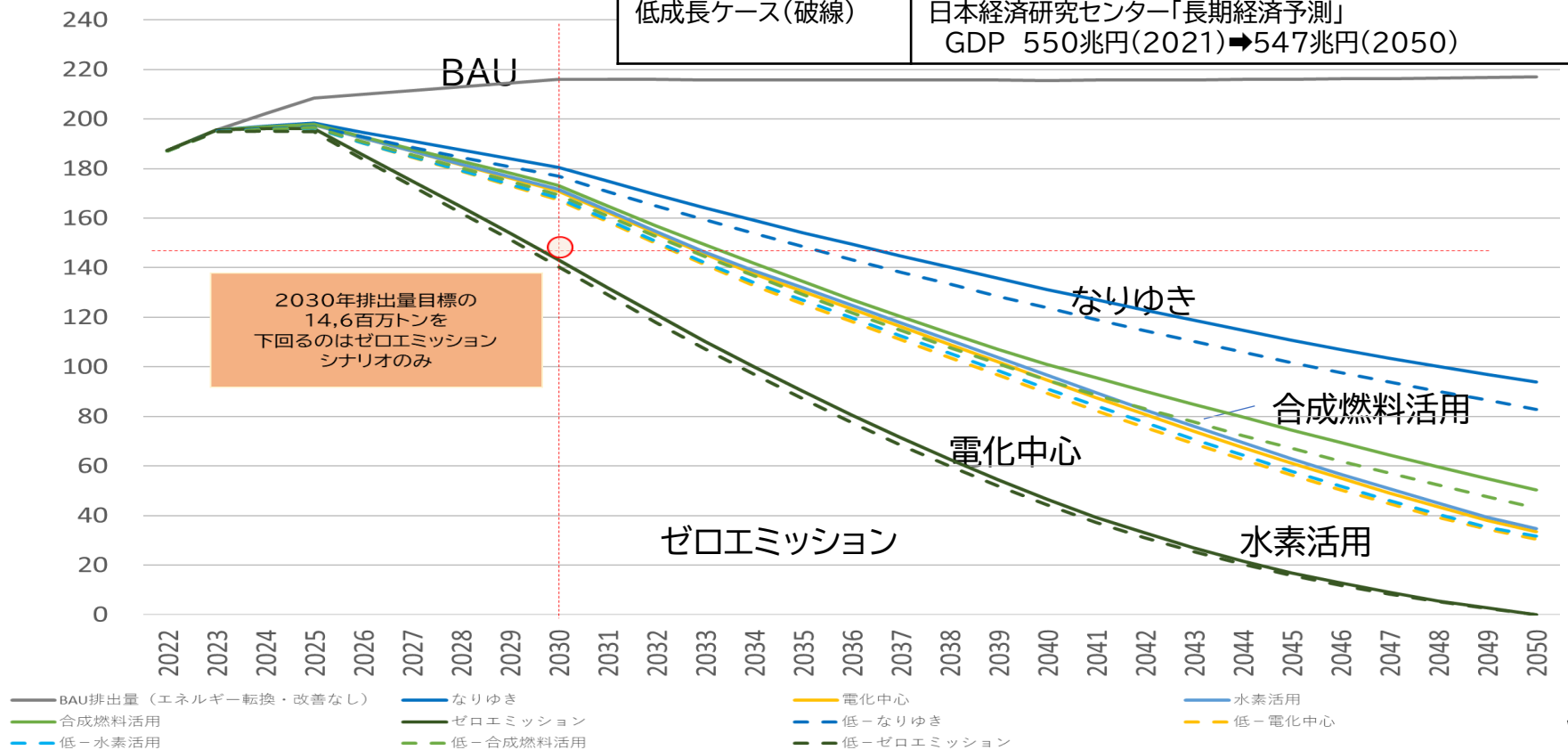
		機器・燃料導入(燃料転換)シナリオ	エネルギー・燃料シナリオ
① なりゆき(現状考慮)シナリオ		脱炭素に関して、技術導入、制度設計、人材教育やインフラ整備などの新たな支援施策が実施されず、燃料転換に関する課題が解決されない社会を想定 導入量はこれまでの実績を基に緩やかに進む設定	再エネ導入や新燃料利用が進まず、水素や合成燃料などの新燃料の供給コストが高止まりをするシナリオ
② Best Effortシナリオ (公表済み政策・業界目標ベースのシナリオ)	電化中心	技術的に電力利用・電動化が期待される領域を中心に、なりゆきシナリオよりも電化が進展するシナリオ	国内の再生可能エネルギーの導入が進み、電気代が低減する社会 水素・合成燃料コスト*はなりゆきシナリオよりも低減するが、政府目標までは下がらない社会を想定
	水素活用	電化が困難な領域に対して、水素燃料の活用が増加したシナリオ(水素FC、水素ICE) 水素活用シナリオにはアンモニアなどの活用も含む	社会全体で水素利用が進むシナリオ 十分な需要が創出され、なりゆきシナリオの半額以下である政府目標まで水素CIF価格*が低減する社会を想定
	合成燃料活用	なりゆきシナリオ程度のパートレイン転換しか進まないが、対策の必要性から合成燃料への転換により排出削減を実現するシナリオ	電力・水素利用が進まず、高価だが既存インフラを利用可能な合成燃料に頼りながら対策を進める社会 水素・合成燃料コストはなりゆきよりも低減するが、政府目標までは下がらない社会を想定
③ ゼロエミッションシナリオ		公表政策・業界目標ベースに加えて、目標のない輸送モードにおいても燃料転換が進むシナリオ 機器の早期退出は想定せず、合成燃料を活用	電化、水素活用に加え、合成燃料により最終的にゼロエミッションを達成するシナリオ 水素・合成燃料は十分な需要が創出され、政府目標まで水素価格が低減する社会を想定
【参考】BAUシナリオ		何ら対策がとられず、機器のエネルギー効率改善、燃料転換も現時点以上には進展しない社会	現状からなにも変化がない社会

# 2.3 我が国交通分野の脱炭素化見通し(シナリオ分析)

## 【CO2排出量見通し】

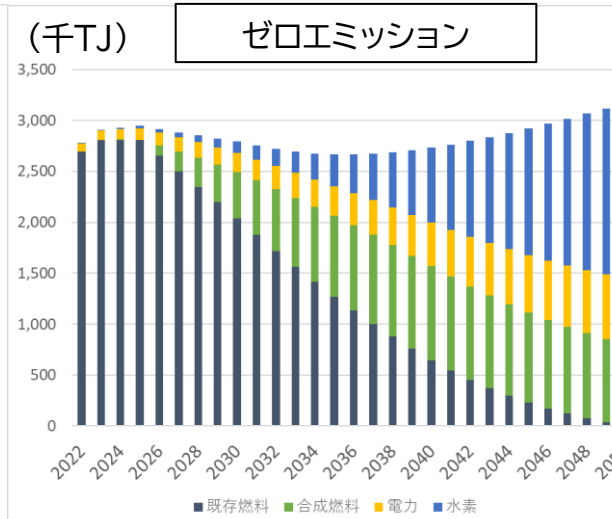
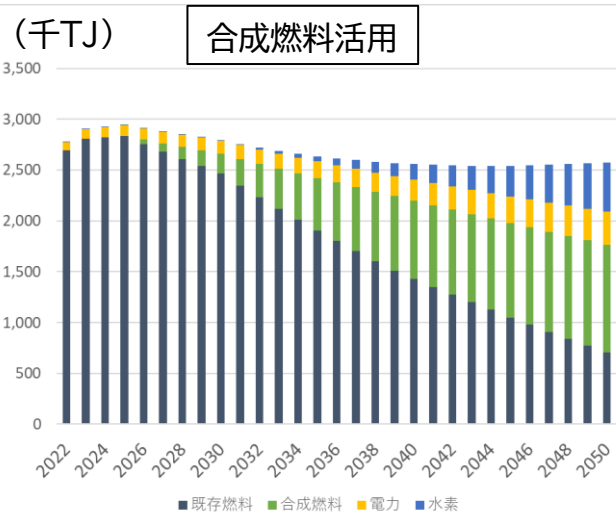
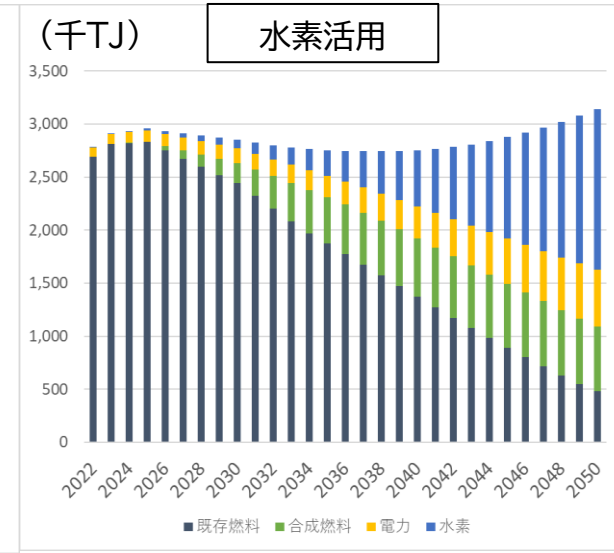
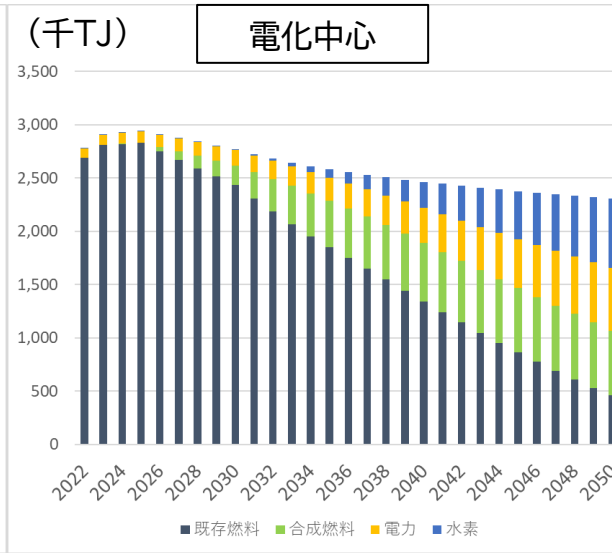
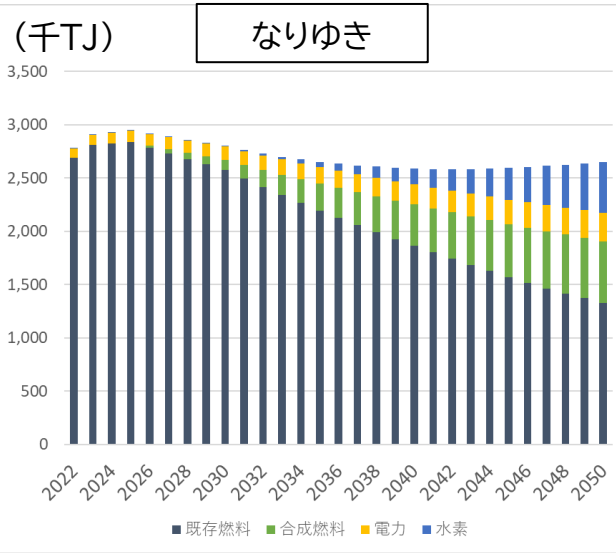
- 経済成長ケースにおいて、2050年のなりゆき(現状考慮)シナリオの排出量は9400万t-CO<sub>2</sub>となり、基準年2013年(2億2400万t-CO<sub>2</sub>)の42%程度残余。Best Effortの3シナリオの場合でも概ね2割(2013比)程度の排出が残る。
- 低成長ケースの場合のCO<sub>2</sub>排出量は、成長ケースと比べ若干は減少するが、影響は大きくはない。
- 本試算で考慮している各モード単体での対策のみでは、GDP低成長ケースを含めても、地球温暖化対策計画の交通分野の2030年目標(2013年比▲35%:1.46億トン)には、ゼロエミッションシナリオ以外は届かない可能性がある結果となった。
- 目標の達成には、燃料転換を一層進めるとともに、本試算で考慮していない共同輸配送やモーダルシフトの推進、道路交通流対策など、施策の総動員が必要。

経済成長ケース(実線)	内閣府「中長期の経済財政に関する試算 成長ケース」に準拠 GDP 550兆円(2021)→892兆円(2050)
低成長ケース(破線)	日本経済研究センター「長期経済予測」 GDP 550兆円(2021)→547兆円(2050)



# 2.4 脱炭素燃料の必要量

- 各シナリオにおける脱炭素燃料需要を算出。ゼロエミッションシナリオの場合、必要となる水素と合成燃料の量は、現在政府が想定する水素導入量では賅いきれないおそれ。



試算条件:

ガソリン	33.31	MJ/l
軽油	38.04	MJ/l
合成燃料	35.68	MJ/l
電力	3.60	MJ/kwh
水素	120.40	MJ/kg

\* 計算上、燃費改善を見込んでいるが、水素自動車等の燃費の改善が他よりやや劣るため、特にゼロエミと水素活用ではエネルギー量がリバウンドしている

## 2.5 モード別CO2削減コスト(機器導入+燃料コスト:ZEシナリオ)

- ゼロエミッションシナリオの2035、2040及び2050各年の脱炭素コスト(各年の機器導入、燃料利用によるコスト上昇分を、CO2排出削減量で除したものは、なりゆきシナリオよりもエネルギー単価が低い想定にも関わらず、4~6万円に達する(合計ケース)。なお、シナリオ間のエネルギー単価を共通とした場合には、6~10万円前後に上昇する試算結果となった。
- 機器転換に伴い燃料コストが低下する乗用車・商用車は2050年に向けて低下。乗用車はなりゆきとコストが逆転する。一方で、合成燃料の利用が増える内航船及び航空分野では上昇する。

モード別の削減t-CO2あたりコスト見通し

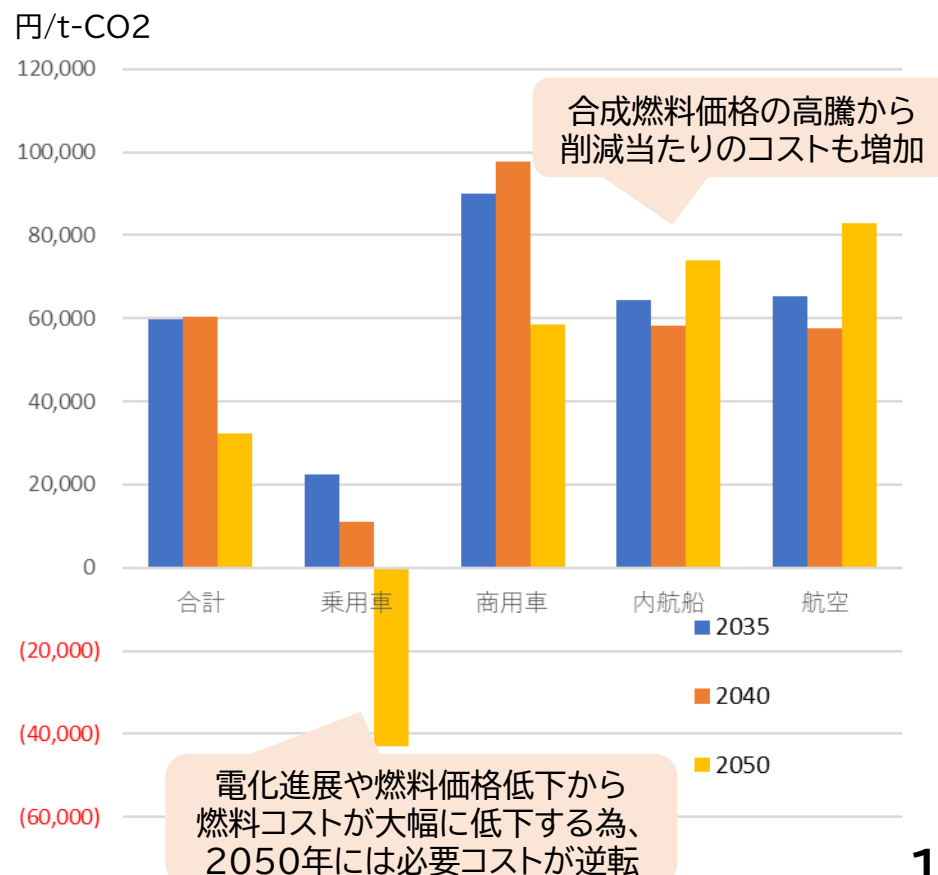
輸送モード別のコスト差 (ゼロエミッション-なりゆき)

(億円)	2035	2040	2050
合計	38,415	51,131	30,294
乗用車	5,906	3,514	-11,786
商用車	28,945	41,989	28,480
内航船	1,316	2,443	6,235
航空	2,243	3,161	7,359

シナリオ間の排出削減量 (ゼロエミッション-なりゆき)

(t-CO2)	2035	2040	2050
合計	64,379,602	84,824,914	93,676,288
乗用車	26,518,319	31,844,634	27,422,967
商用車	32,132,011	42,971,451	48,630,344
内航船	2,047,432	4,194,398	8,418,706
航空	3,435,217	5,478,851	8,866,229

輸送モード別 削減t-CO2あたりコスト見通し

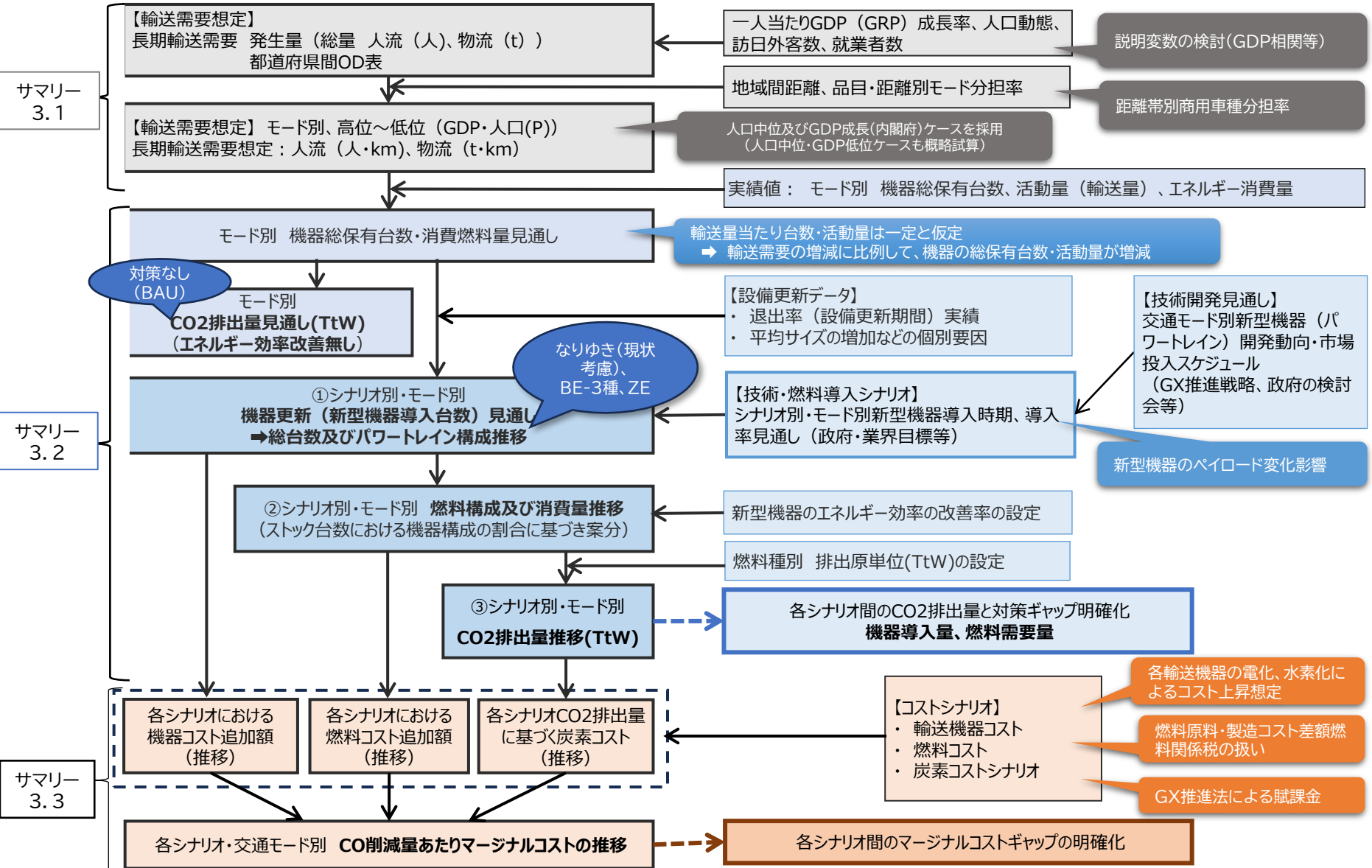




### 3. 各検討プロセスの結果概要 (シナリオ設定と推計結果)

---

# 3 検討・推計のフロー



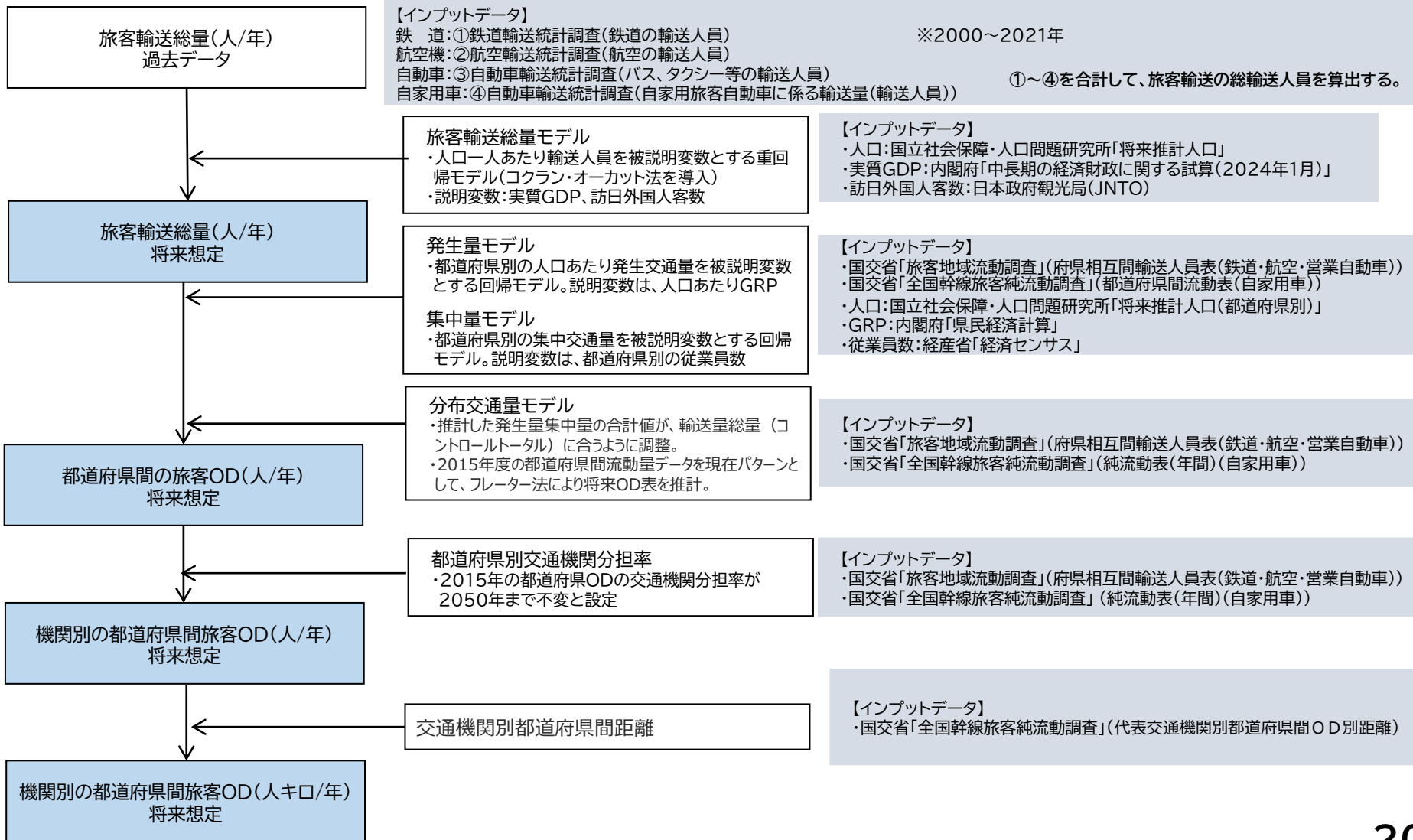
## 3.1 長期輸送需要想定(人流・物流)

---

### 3. 各検討プロセスの結果概要(シナリオ設定と推計結果)

## 3.1.1 計算フロー(人流)

- 既存の統計資料を用いて、鉄道、航空機、自動車、自家用車の各モードにおける都道府県間ODの将来想定を行う算定フローを以下に示す。
- 輸送総量の推計には、人口・GDPの他、訪日外国人客数を説明変数とする重回帰モデルを構築した。推計した輸送総量をコントロールトータルとして、都道府県別のOD表を作成し、さらに交通機関別に割り振り、交通機関別・都道府県別のOD表を作成した。

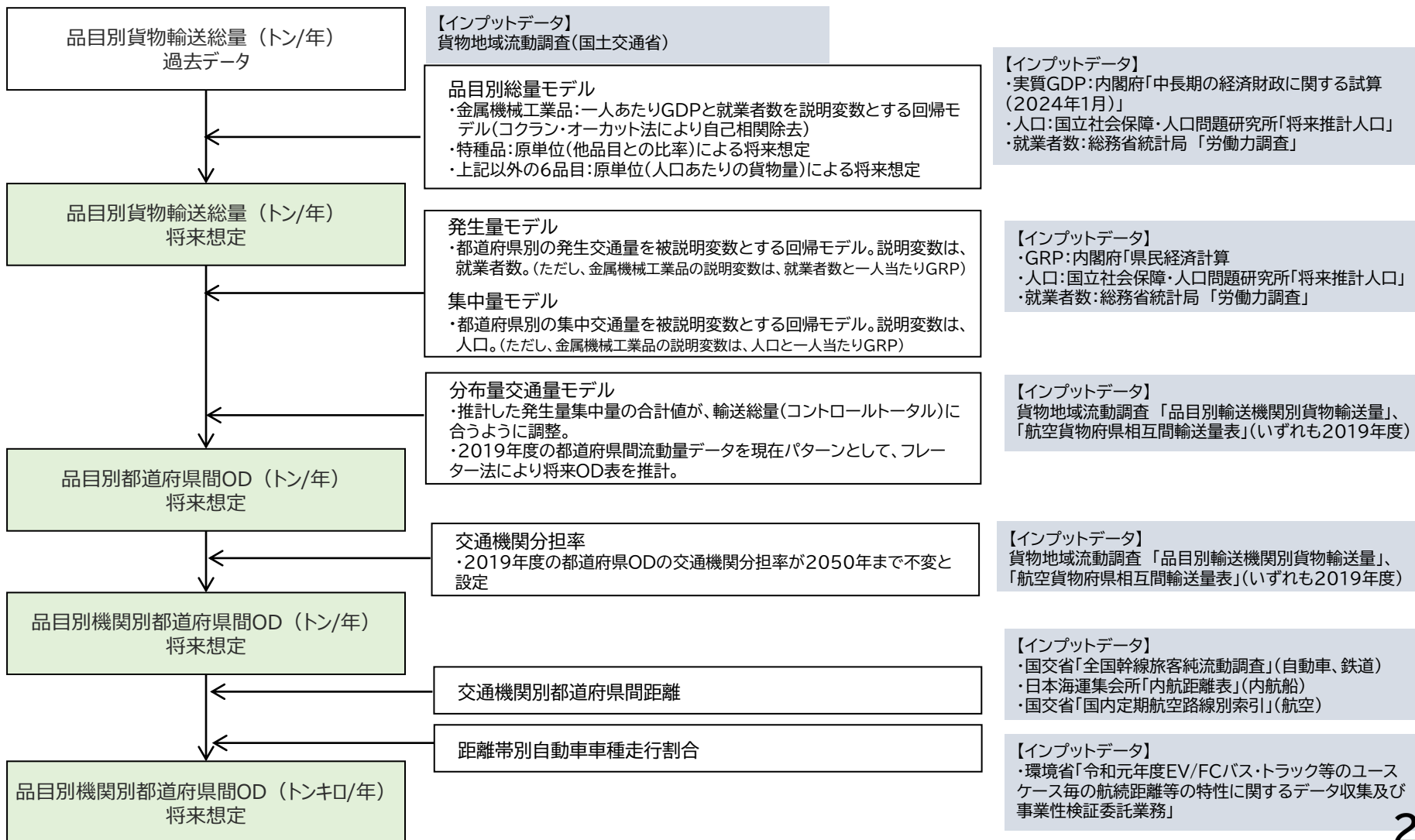


### 3. 各検討プロセスの結果概要(シナリオ設定と推計結果)

## 3.1.2 計算フロー(物流)

- 既存の統計資料を用いて、鉄道、航空機、商用車、内航船の各モードにおける都道府県間ODの将来想定を行う算定フローを以下に示す。
- 品目別の貨物総量の推計には、金属機械工業品は一人あたりGDPと就業者数を説明変数とする重回帰モデルを構築、金属機械工業品以外の品目はGDPとの相関が無かったため、原単位(人口あたり貨物量、他品目との比率)による将来想定を行った。想定した総量をコントロールトータルとして、都道府県別のOD表を作成し、さらに交通機関別に割り振り、品目別・交通機関別・都道府県別のOD表を作成した。

※脱炭素化により化石燃料の輸送量は減ると考えられるが、この推計においてはそのシナリオは置かないこととし、各品目は過去の実績から将来の貨物量を推計している。



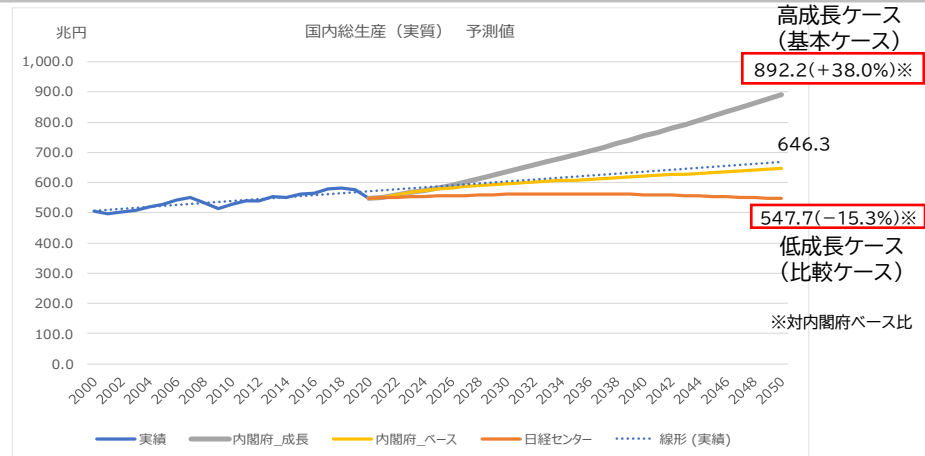
### 3. 各検討プロセスの結果概要(シナリオ設定と推計結果)

## 3.1.3 シナリオ(使用データ)

・主な説明変数として、GDP・人口・訪日外国人数は以下のデータを使用した。なお、**GDP内閣府成長シナリオ×社人研中位推計を基本ケース(高成長ケース)と設定し**、GDP日本経済センター予測×社人研中位推計を比較ケース(低成長ケース)として設定する。

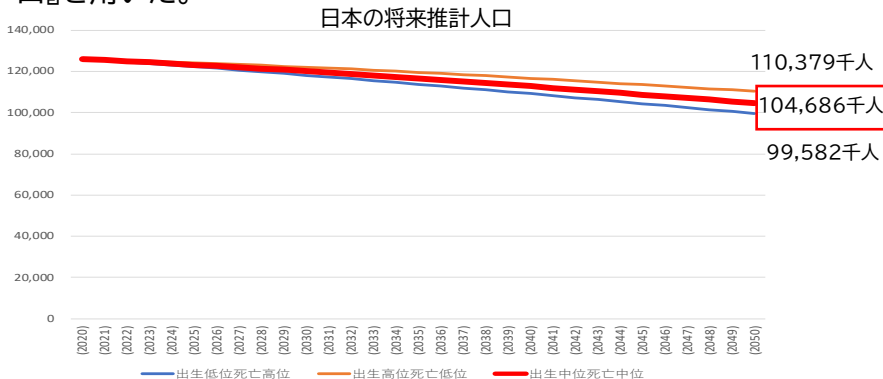
### ①GDP

- ・ 実質GDPの予測値は、内閣府「**中長期の経済財政に関する試算(2024年1月)**」における「**成長実現ケース**」の値を基本ケース(高成長ケース)として使用した。なお、内閣府の予測は2033年までのため、2034年以降の伸び率は2033年と同値とした。
- ・ また、比較のため、日本経済研究センターの長期経済予測の値を比較ケース(低成長ケース)として使用した。
- ・ なお、発生集中量モデルに使用する都道府県の一人あたり域内総生産(GRP)は、内閣府県民経済計算(実質平成27年度基準係数)を用い、将来値は一人あたりGDPの伸び率と同様に推移するとして算定した。



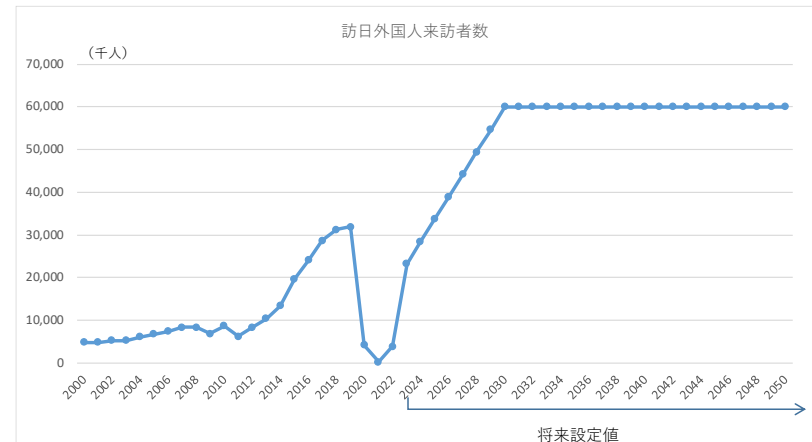
### ②人口

- ・ 将来人口の予測値については、国立社会保障・人口問題研究所『**日本の将来推計人口**』の**出生中位死亡中位データ**を使用した。
- ・ この予測値における、最大値(出生高位死亡低位)と最小値(出生低位死亡高位)も併せて以下グラフに示すが、概ね上下5%の振れ幅となっている。
- ・ なお、発生・集中量モデルにおいては、同『日本の地域別将来推計人口』を用いた。



### ③訪日外国人数(人流のみ)

- ・ 訪日外国人来訪者数については、2024年度以降、政府目標を踏まえて2030年に6千万人まで増加し、以降据え置きとした。



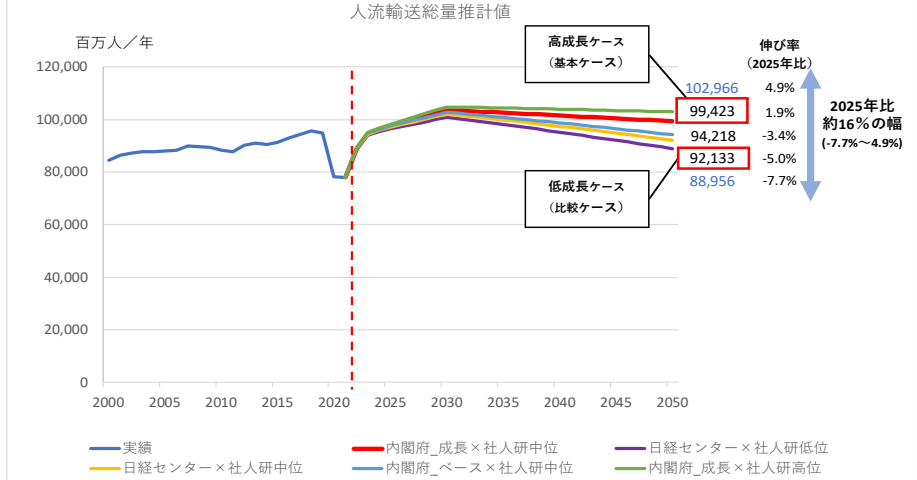
(出典) 国土交通省観光庁

### 3. 各検討プロセスの結果概要(シナリオ設定と推計結果)

## 3.1.4 計算結果(人流)

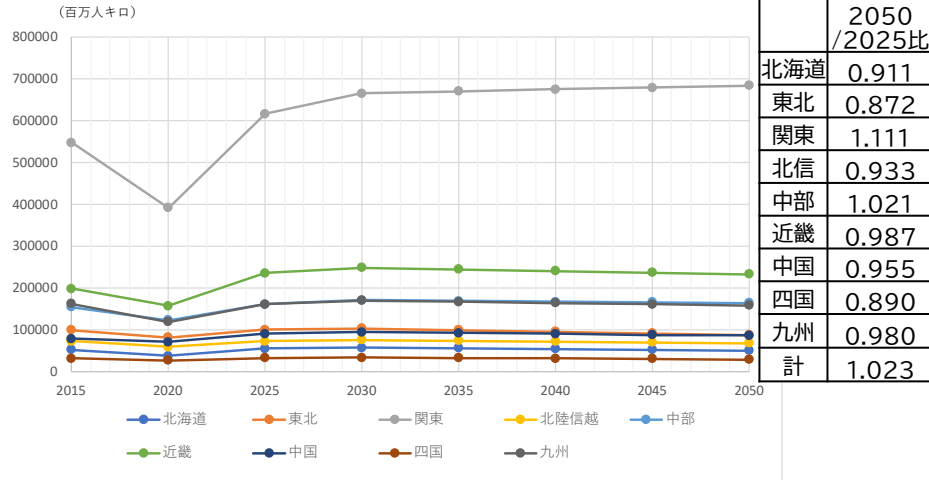
### ①輸送総量

- 輸送総量は、新型コロナによる輸送量減から回復後、2030年をピークに減少に向かう傾向を示し、2050年の輸送総量は994億人(基本ケース)となった。(2019年比105%)
- この傾向は、2030年までは訪日外国人来訪者数が6000万人まで増加しその後は据え置きとしていることと、国内の人口が減少することが要因と考えられる。
- GDPと人口の予測値による振れ幅を分析したところ、最大(GDP:内閣府・成長実現ケース、人口:出生高位・死亡低位)と最小(GDP:日本経済研究センター、人口:出生低位・死亡高位)の差異は、約16%との結果となった。



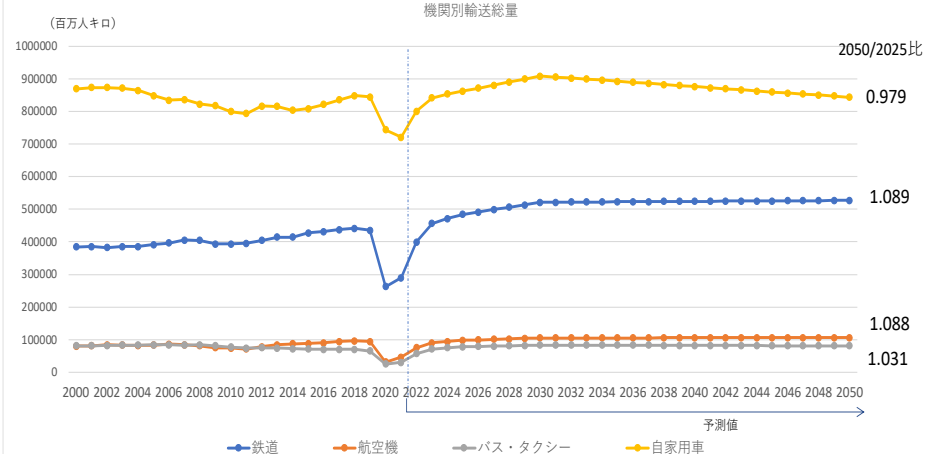
### ②OD交通量(発地ベース)

- ①の輸送総量をもとに、都道府県別のOD表を作成した。下図は、運輸局別のOD交通量(発地ベース)の推移を示す。
- 2025年⇒2050年の増減率を見ると、関東や中部等の都市部は2050年においても交通量は減らないが、北海道・東北・四国等の地方は2050年において、交通量が減少する結果となった。



### ③交通機関別輸送量

- 下図に、交通機関別の輸送総量の推移を示す。
- 各交通機関とも概ね2030年以降は減少傾向にあるが、地方部における人口減少等を踏まえ、自家用車の減少幅が大きい。一方、都市部への人口集中傾向を反映して鉄道はほぼ横ばいとなり、航空機、自動車もほぼ横ばいで推移している。

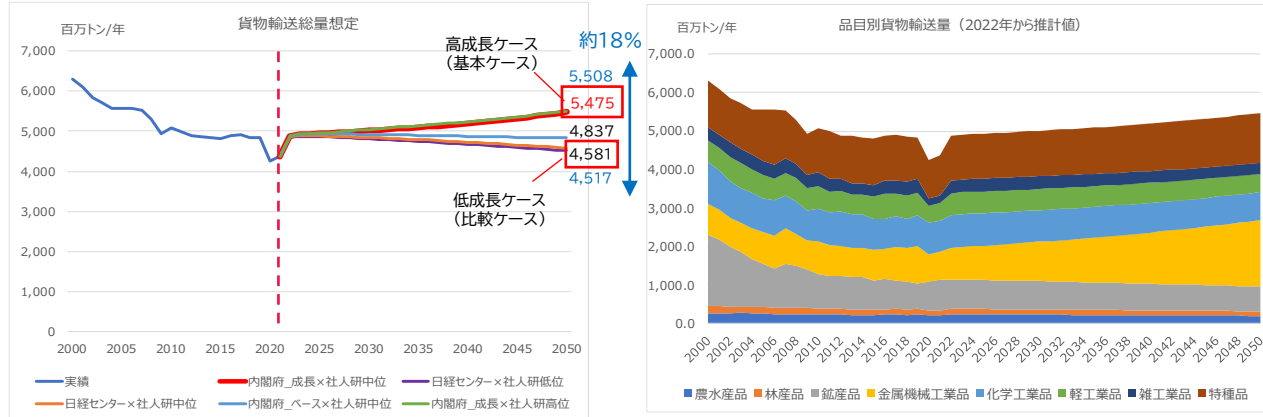


### 3. 各検討プロセスの結果概要(シナリオ設定と推計結果)

## 3.1.5 計算結果(物流)

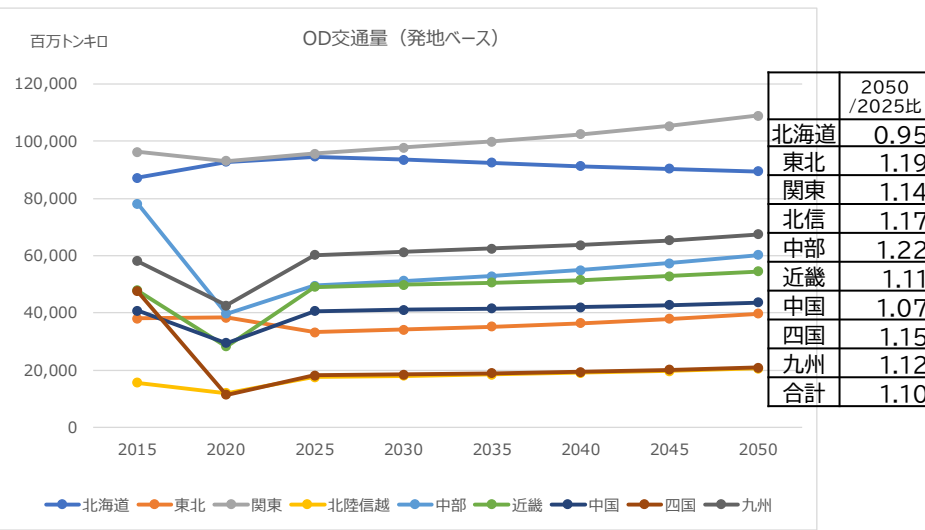
### ① 輸送総量

- 2050年の輸送総量は55億トン(基本ケース)となり(2019年比113%)、2022年以降増加傾向となった。
- GDPと人口の予測値による振れ幅を分析したところ、最大(GDP:内閣府・成長実現ケース、人口:出生高位・死亡低位)と最小(GDP:日本経済研究センター、人口:出生低位・死亡高位)の差異は、約18%の結果となった。
- 品目別で見ると、2022年以降、金属機械工業品は増加、特種品は微増、その他6品目は微減という結果となった。



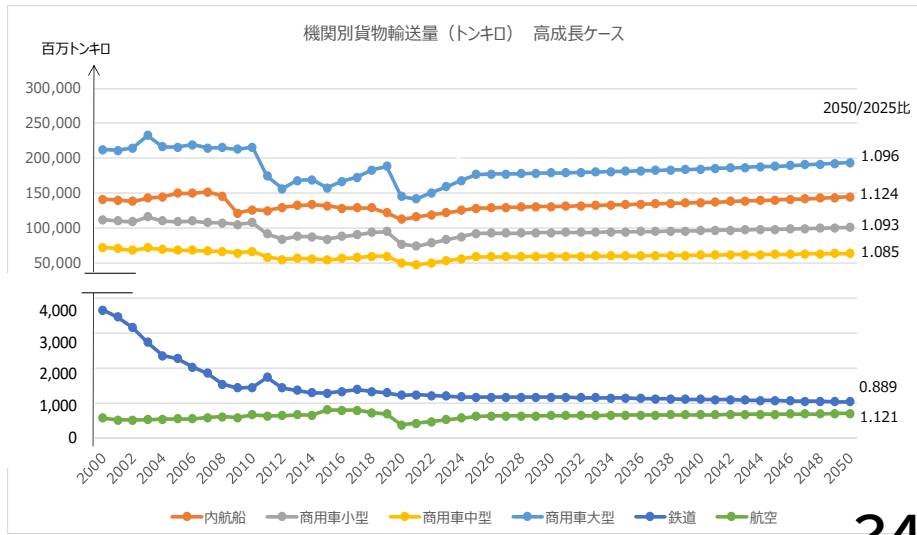
### ② OD交通量(発地ベース)

- ①の輸送総量をもとに、都道府県別のOD表を作成した。下図は、運輸局別のOD交通量(発地ベース)の推移を示す。
- 地域別では、北海道が減少、その他地域は増加。特に中部は大きく増加(自動車部品等の金属機械工業品の増加の影響と考察)



### ③ 交通機関別輸送量

- 下図に、交通機関別の輸送総量の推移を示す。(商用車は、サイズ別に大型、中型、小型の3種類に分類した)
- 金属機械工業品の増加に伴い、その輸送分担率が比較的高い商用車、内航船、航空は増加傾向、鉄道は減少傾向の結果となった。



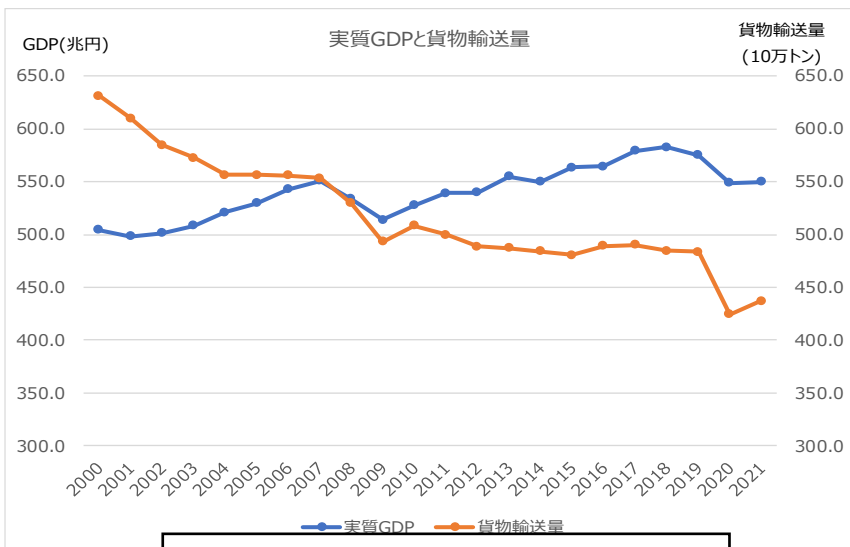


### 3.1.6 【検討事項例】 説明変数の検討(物流)

・物流における、品目別の総量モデルの説明変数は、以下の通り検討した。

品目	説明変数	説明変数の検討
金属機械工業品(※)	人口あたりGDP	金属機械工業品のみ、貨物量とGDPに正の相関があった(下図)ため、GDP(人口あたり)を説明変数として採用
	就業者数	GDPと同様、金属機械工業品の貨物量と就業者数には正の相関があったため、説明変数として採用
特種品	他品目との比率	特種品は他品目の排出物や輸送資材で構成されるため、他品目の輸送量に影響されると考え、他品目との比率を説明変数とした
その他6品目	一人あたり貨物量	金属機械工業品以外の品目はGDPと負の相関となっている(下図)が、各品目の人口一人あたり貨物量はここ10年安定した数値となっているため、一人あたり貨物量を説明変数として採用

※)金属機械工業品について、一人あたり貨物量を説明変数として計算したものを、感度分析としてスライド37に掲載



GDPと貨物輸送量は正の相関がない

説明変数候補と品目別貨物量の相関関係

	説明変数	品目別貨物量					
		実質GDP	農水産品	鉱産品	金属機械工業品	化学工業品	軽工業品
線形回帰直線の傾き※	4.05	-2.46	-53.6	3.77	-11.14	-1.34	-2.32
GDPとの相関係数		-0.78	-0.85	0.56	-0.71	-0.14	-0.28

※ 線形回帰直線の傾き

実質GDPと品目別貨物量の経年変化を、直線回帰した場合の傾き(下式の $\alpha$ )。プラスの場合増加、マイナスの場合減少傾向を示す。

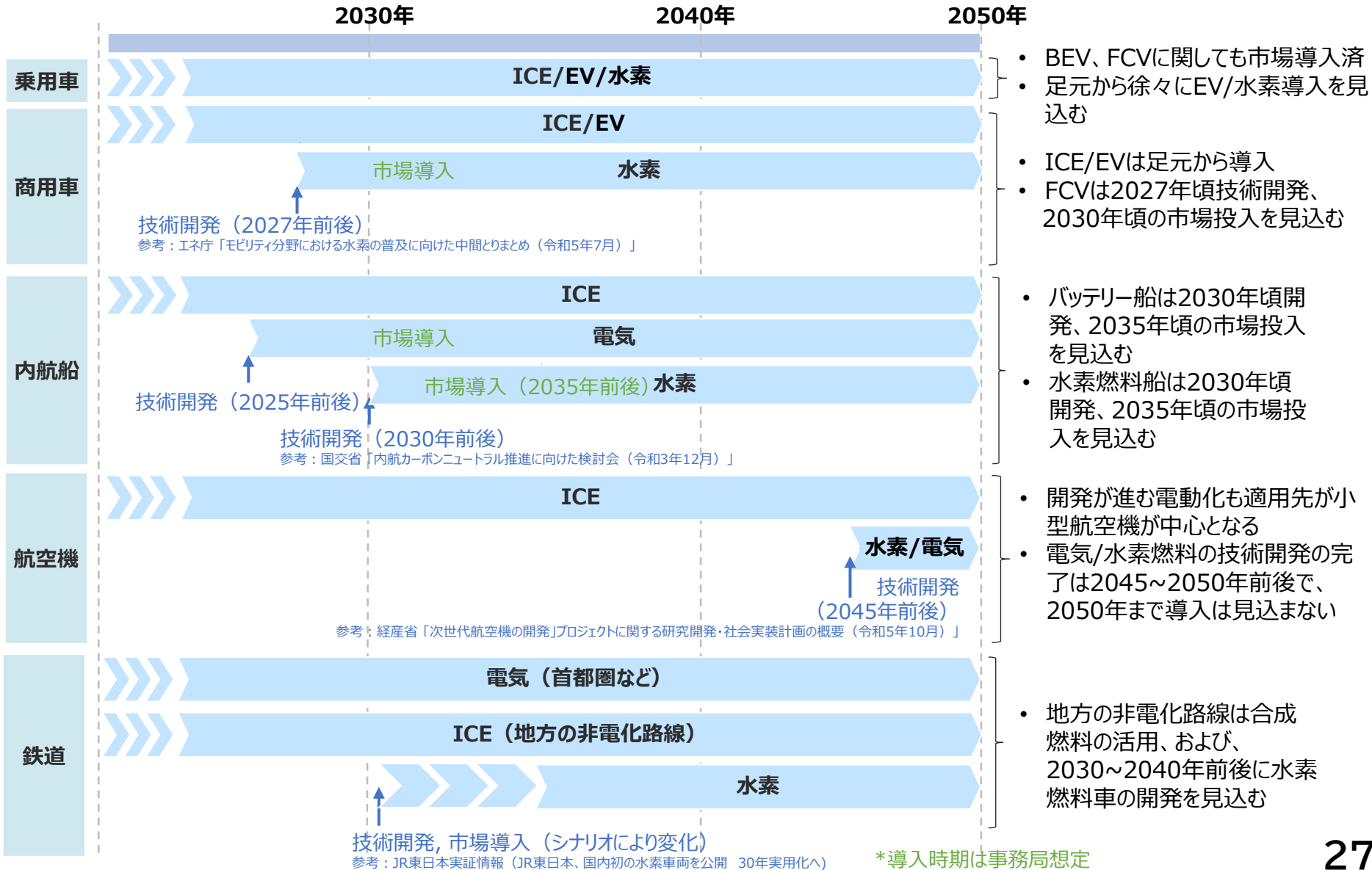
$$y = \alpha x + \beta \quad y: \text{年次} \quad x: \text{変数または貨物量}$$

## 3.2 脱炭素シナリオの設定、CO2排出量等の推計

---

# 3.2.1 技術開発シナリオ | 市場導入可能時期想定

・ 今回想定した技術開発、市場投入スケジュールは以下の通り。



3. 各検討プロセスの結果概要(シナリオ設定と推計結果)

# 3.2.2 技術・燃料導入シナリオ



GX推進戦略に記載の政府目標、業界団体が掲げる目標等を踏まえて、各シナリオにおける技術・燃料導入のシナリオを以下の表のように設定した

	なりゆき（現状考慮）シナリオ	Best Effortシナリオ			ゼロエミッションシナリオ
		電化中心	水素活用	合成燃料活用	
乗用車	2050年でBEVとPHEVの新車販売台数割合は4割程度	2050年の新車販売に占めるBEVシェアがほぼ100%の見通し	BEV/PHEV新車販売シェアが100%程度と見込む	BEV/PHEV新車販売シェアが70%程度と見込む	BEV/PHEVシェアが100%程度と見込む 合成燃料も導入拡大
商用車	小型車、大型車合わせて2050年でBEVとPHEVの新車販売台数割合は3割程度  バスに関しても2030年でEVバスがストックで1000台導入されることを見込む	小型車：電動化が進み2040年で電動化・脱炭素車両の導入となる	小型車：電動化が進み2040年で電動化・脱炭素車両の導入となる	小型車：現状考慮シナリオ目安で切替が進む 合成燃料の導入が進む。	2050年の約100%がBEV(一部FCEV)の見通し 合成燃料の導入拡大も実施
		大型車：2030年までEV5000台が導入され、2050年まで拡大を見込む	大型車：2030年までFC5000台が導入され、2050年まで拡大を見込む	大型車：現状考慮シナリオ目安で切り替えが進む	
		バス：2030年ごろまでにEVバスがストックで10000台導入	バス：2030年ごろまでにFCバスがストックで10000台導入	バス：2030年でEVバス・FCVバスがストックで計5000台導入	
内航船	パワートレインの変化は生じず、2050年段階で10%のCN燃料導入にとどまる	2030年以降、～999G/Tの船腹に関して、バッテリーへ転換	2030年以降、～999G/Tの船腹に関して、圧縮水素へ転換	2030年以降、1000G/T～の船腹を中心に混合（メタノール）燃料を導入	Best Effortシナリオの導入領域に合わせて、機器入れ替えが進み、残りはCN燃料で達成
航空機	電化・水素ともに2050年段階で影響を与える規模の導入が見込めない				
	SAFを国際航空に優先的に導入し、2030年では国内航空では利用しない	SAFを国際航空に優先的に導入されるとし、法令基準（6%）まで供給		SAFの国内供給目標水準（10%）まで供給	2050年段階でSAFの導入割合が100%となる
鉄道	架線拡大による電化区間拡大は想定せず、30年以降でバイオ燃料の導入が拡大、50年に向けた水素活用により転換を進める。				
	変化なし	蓄電池の活用拡大	水素車両早期導入	合成燃料導入拡大	水素シナリオにてCN達成

## 3.2.2 技術・燃料導入シナリオ | ZEシナリオ

- 特に2030年以降に政府・業界団体が掲げる目標よりも加速度的に進むとして、技術の市場導入の主なスケジュールを以下の通り見込む。
- ゼロエミッション達成のために、既存ストックの燃料として合成燃料を利用するとして、強制的な機器退出や技術開発前の機器導入は想定しない。

2025年                      2030年                                      2040年    2050年

乗用車		<p>政府目標: 35年に電動化(HEV、FCVを含む)</p> <p>BEVとPHEVの新車販売台数割合は10割達成</p> <p>合成燃料導入開始</p>	<p>既存燃料の利用分を合成燃料が 全量代替(利用率100%)となるように混合率拡大</p>	
(大型) 商用車		<p>5,000台のストック先行導入</p>	<p>事務局想定: 大型車新車販売2050年100%がZE化(電気:水素 7:3)</p> <p>既存燃料の利用分を合成燃料が 全量代替(利用率100%)となるように混合率拡大</p>	
(小型) 商用車		<p>政府目標: 小型車新車販売割合20%</p>	<p>事務局想定: 小型車新車販売2040年100%ZE化(電気:水素 9:1)</p> <p>既存燃料の利用分の合成燃料が 全量代替(利用率100%)となるように混合率拡大</p>	
(バス) 商用車		<p>10,000台のストック先行導入</p>	<p>事務局想定: バス新車販売2050年ZE化(電気:水素 5:5)</p> <p>既存燃料の利用分を合成燃料が 全量代替(利用率100%)となるように混合率拡大</p>	
内航船	<p>30年ごろから電動船導入</p> <p>35年ごろから水素船導入</p> <p>30年ごろからバイオ燃料導入</p>	<p>小型・中型船に対して電動船の導入拡大</p> <p>小型・中型船に対して水素船の拡大</p> <p>大型船に対して、合成燃料の導入拡大</p>		
航空機		<p>SAF導入10%達成</p>	<p>SAF導入100%達成</p> <p>2040年以降に飛行実証を完了し、商用規模での導入は2050年以降</p>	
鉄道		<p>Best EffortシナリオにてZE達成</p>		

## 3.2.3 機器の退出率(更新期間)の設定、燃費改善見通し

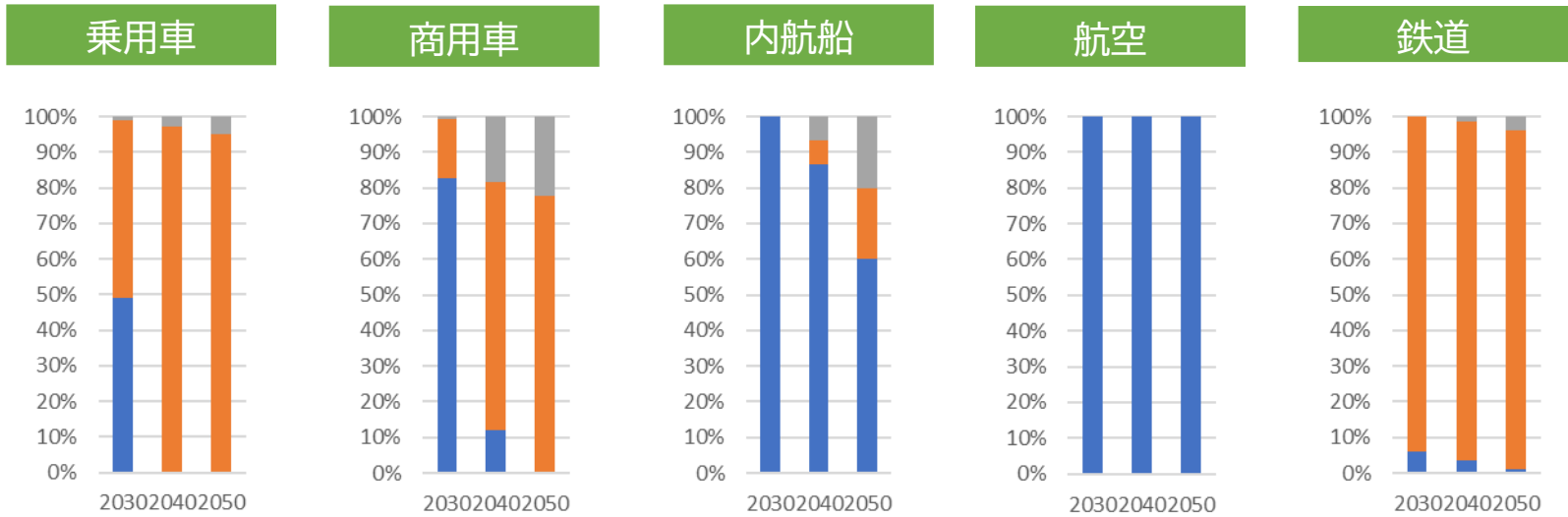
	退出率	燃費改善*	
乗用車	車齢別保有台数の実績から算出	燃費基準に基づく	ICE:年0.4~0.5km/L 程度改善 (2030年以降一定)最大25.4km/L PHEV:EVに準じる。 但し、最大15%かつ2035年以降一定 EV:年1.5%程度(2020年比)改善 (2040年以降一定)最大20%(2020年比)
商用車		トップランナー基準に基づく	バス・トラック:年0.05km/L 程度改善 (2030年以降一定)最大4.99km/L
内航船	30年で代替	国際海運のEEDIに準ずる	年1%程度(2008年比)改善(2040年以降で一定)最大30%(2008年比)改善
航空機	20年で代替	毎年1%改善(2050年時点でICAOレポートと同等の改善)	年1%程度改善(2050年で30%(2020年比)改善)
鉄道	30年で代替	車両あたりの消費エネルギーの実績推移に基づく	全体で年0.5%程度改善

\*鉄道のみフローベースでの改善ではなく、ストックベースでの改善

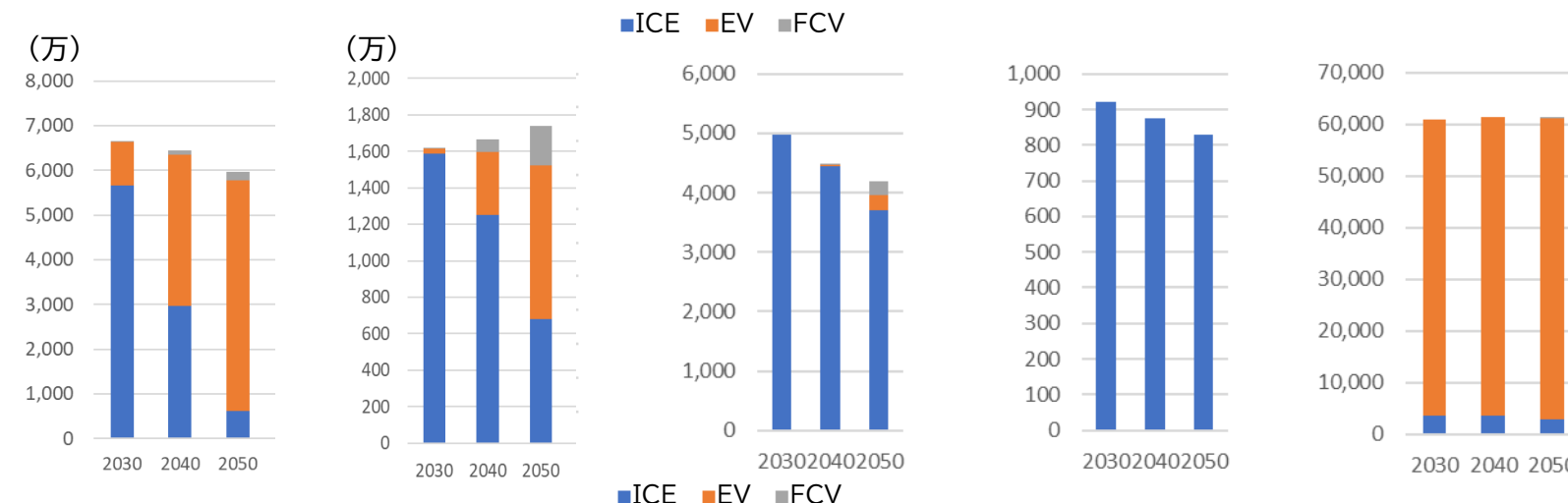
### 3.2.4 燃料種別新機器導入率・ストック構成|ZEシナリオ

- 各シナリオの新型機器の導入率の設定(グラフ上段)に基づいて、総台数におけるパワートレインの構成(ストック構成)を算出
- 以下は、ZEシナリオにおける各モードの機器導入率とストック構成の試算結果

新機器導入率



ストック構成

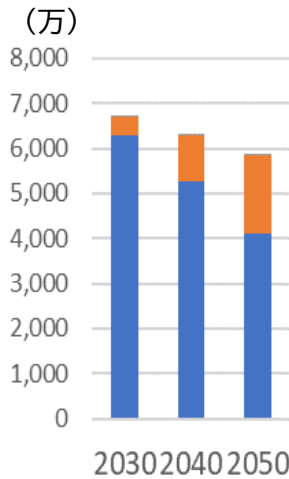


## 3.2.4 燃料種別ストック構成 | なりゆき、ZEのシナリオ比較

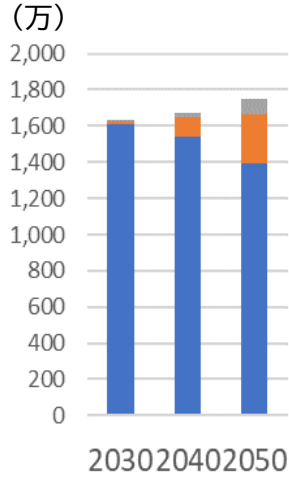
- なりゆきとZEシナリオを比較すると、2040年以降の乗用車・商用車におけるゼロエミッション機器(電化、水素化)の構成が大きく異なる。ZEでは乗用車はほぼEV化するが、商用車は2050年時点でもICE(内燃機関)が多く残る。
- 内航船は設備更新時期が長いいため、ZEでも新機器導入が進んでいない。航空は、SAF利用のため、引き続きエンジン使用。

なりゆきシナリオ

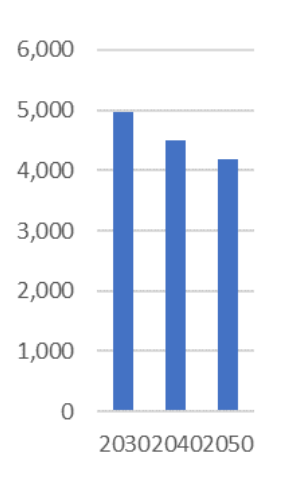
乗用車



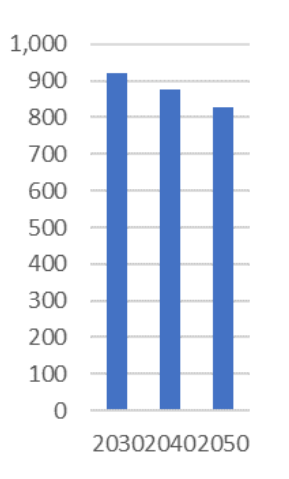
商用車



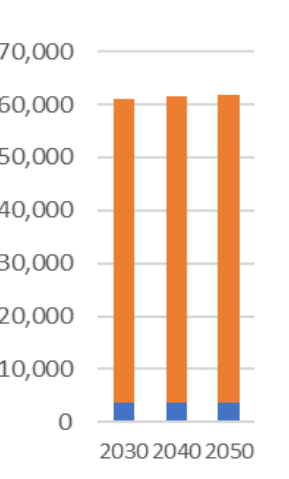
内航船



航空

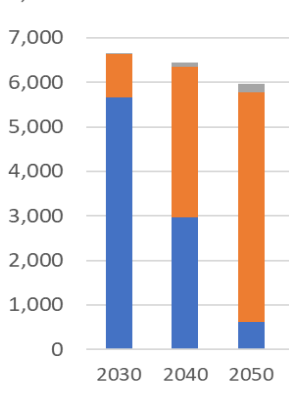


鉄道

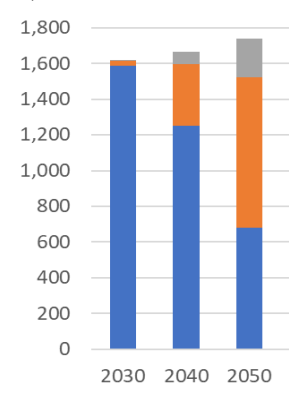


ZEシナリオ

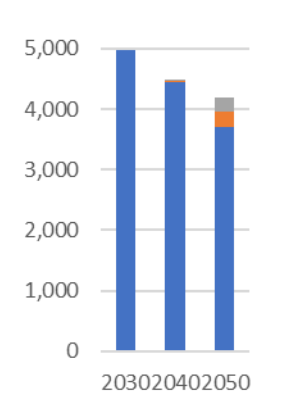
乗用車



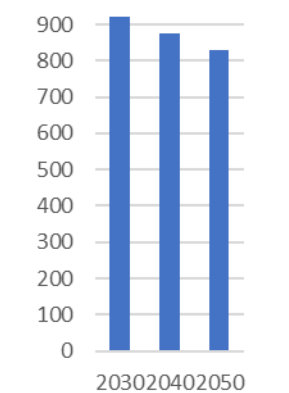
商用車



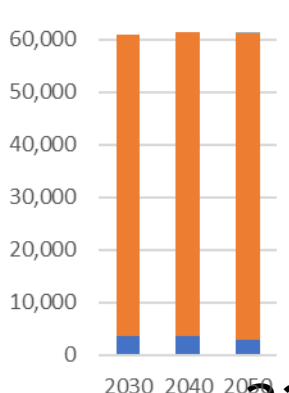
内航船



航空



鉄道



■ ICE ■ EV ■ FCV

■ ICE ■ EV ■ FCV

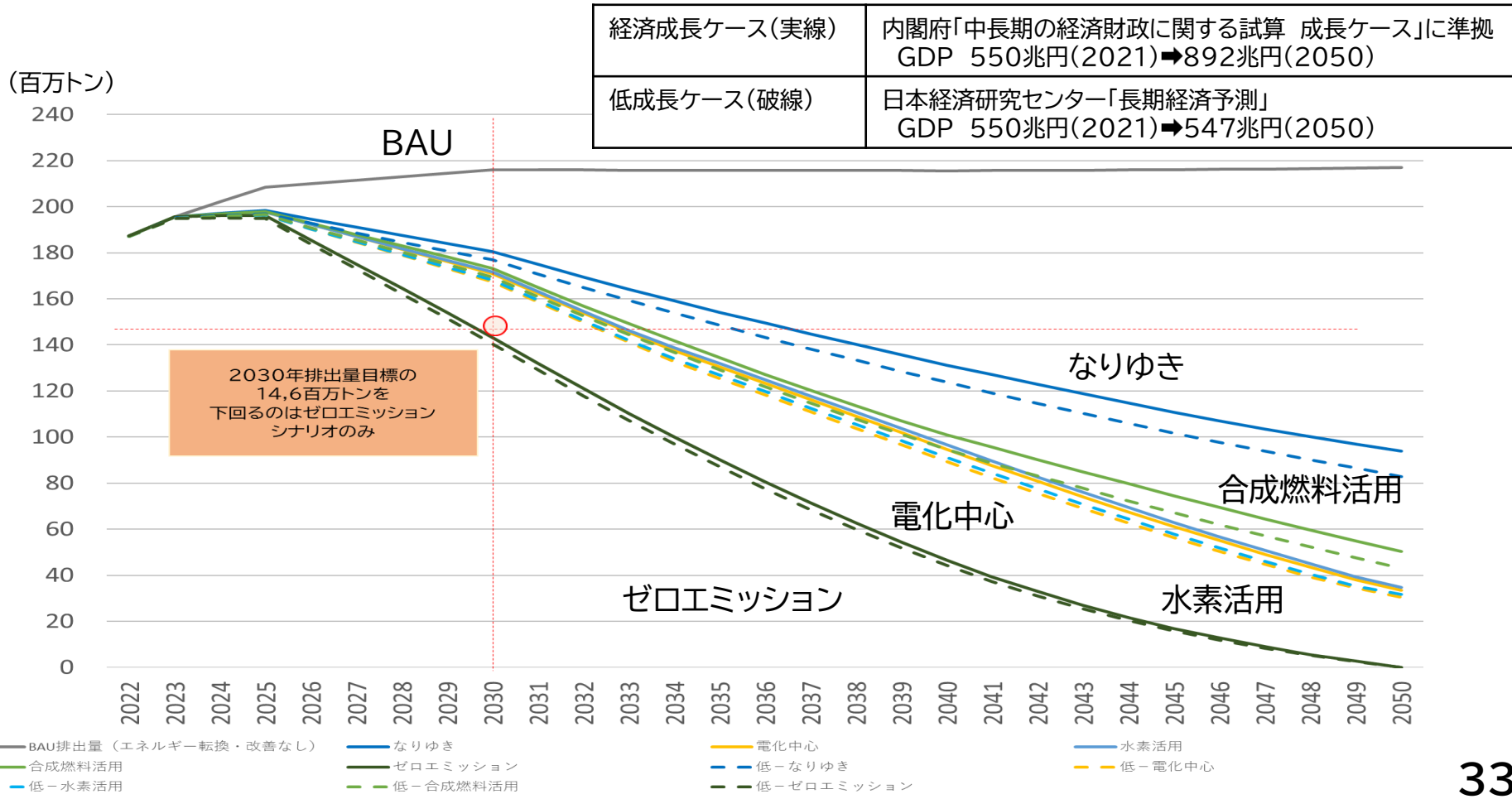


### 3. 各検討プロセスの結果概要(シナリオ設定と推計結果)

## 3.2.5 CO2排出量 | シナリオ別排出見通し TtWベース

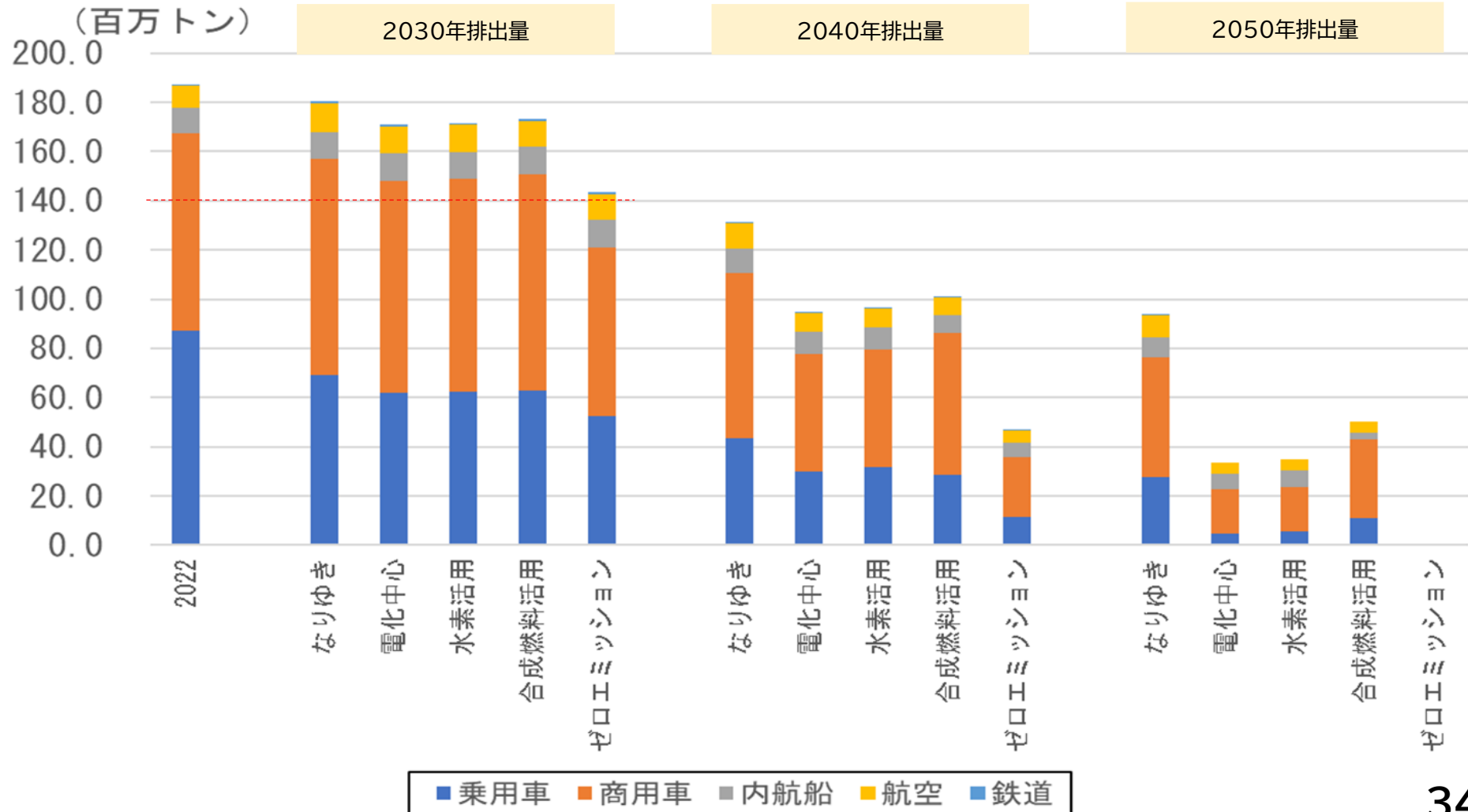


- 経済成長ケースにおいて、2050年のなりゆき(現状考慮)シナリオの排出量は9400万t-CO<sub>2</sub>となり、基準年2013年(2億2400万t-CO<sub>2</sub>)の42%程度残余。Best Effortの3シナリオの場合でも概ね2割(2013比)程度の排出が残る。
- 低成長ケースの場合のCO<sub>2</sub>排出量は、成長ケースと比べ若干は減少するが、影響は大きくはない。
- 本試算で考慮している各モード単体での対策のみでは、GDP低成長ケースを含めても、地球温暖化対策計画の交通分野の2030年目標(2013年比▲35%:1.46億トン)には、ゼロエミッションシナリオ以外は届かない可能性がある結果となった。
- 目標の達成には、燃料転換を一層進めるとともに、本試算で考慮していない共同輸配送やモーダルシフトの推進、道路交通流対策など、施策の総動員が必要。



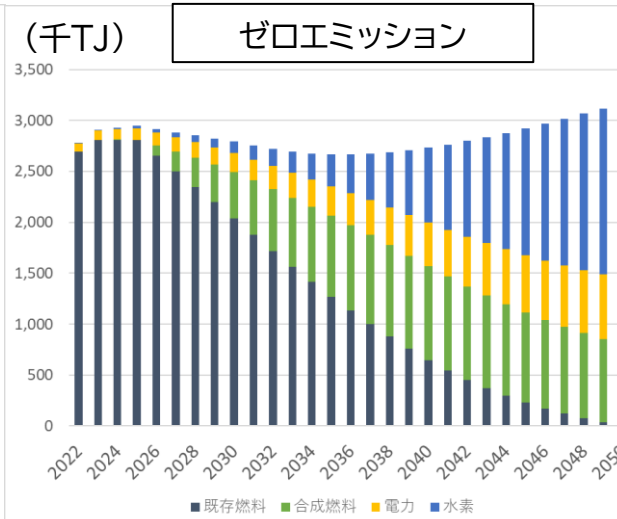
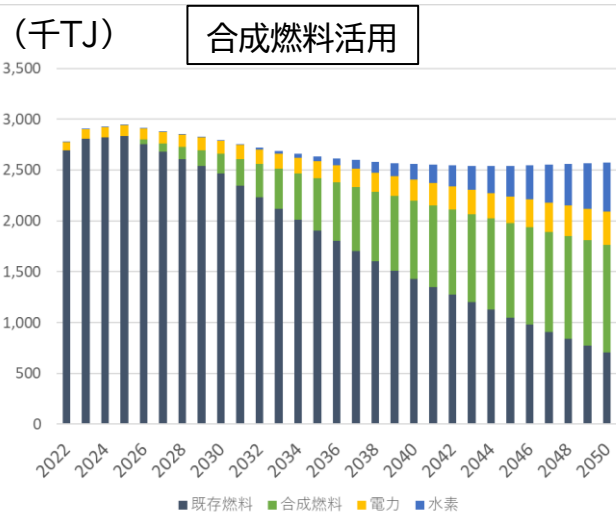
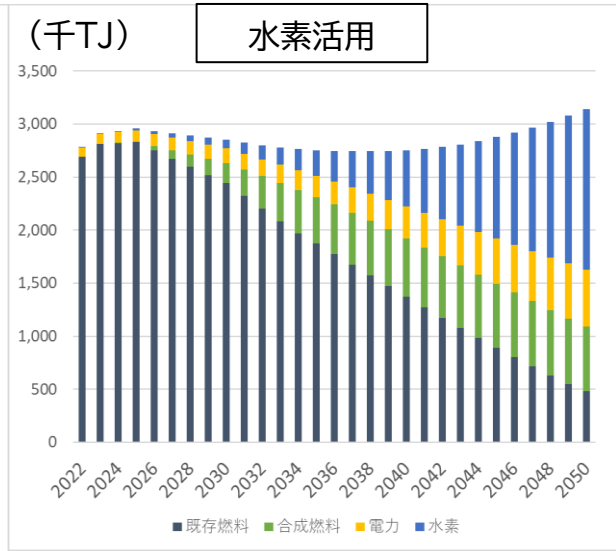
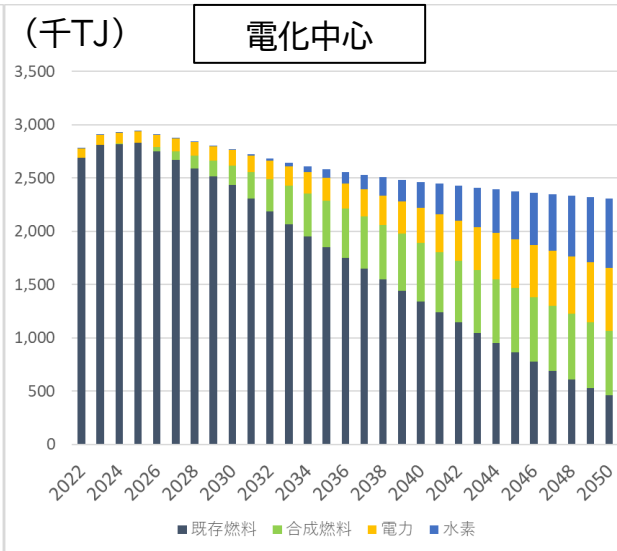
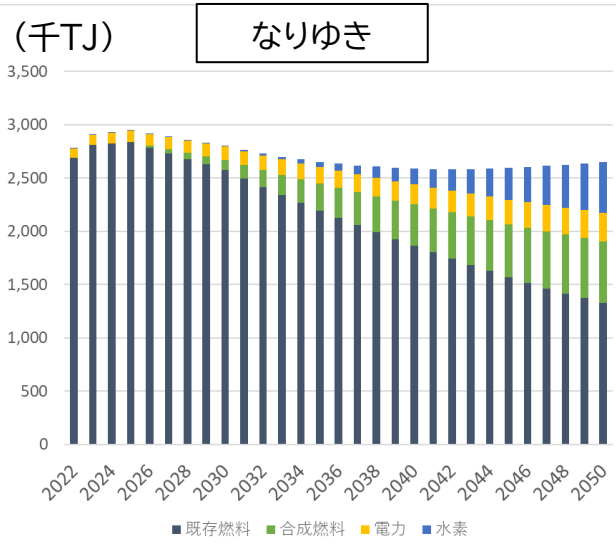
## 3.2.5 CO2排出量 | シナリオ別 各輸送モード構成

- 2030年時点では、削減量のほとんどは乗用車によるもの。商用車や内航海運などは、BEのいずれのシナリオでもまだ技術開発・市場導入が進んでいないため削減が進まず、なりゆきとあまり差がない。
- 2040年から2050年にかけて、BE、ZEで商用車等でも削減が大きく進むが、全体としては残余排出の多くが商用車から発生。



# 3.2.6 燃料の需要量

- 各シナリオにおける脱炭素燃料需要を算出。ゼロエミッションシナリオの場合、必要となる水素と合成燃料の量は、現在政府が想定する水素導入量では賅いきれないおそれ。



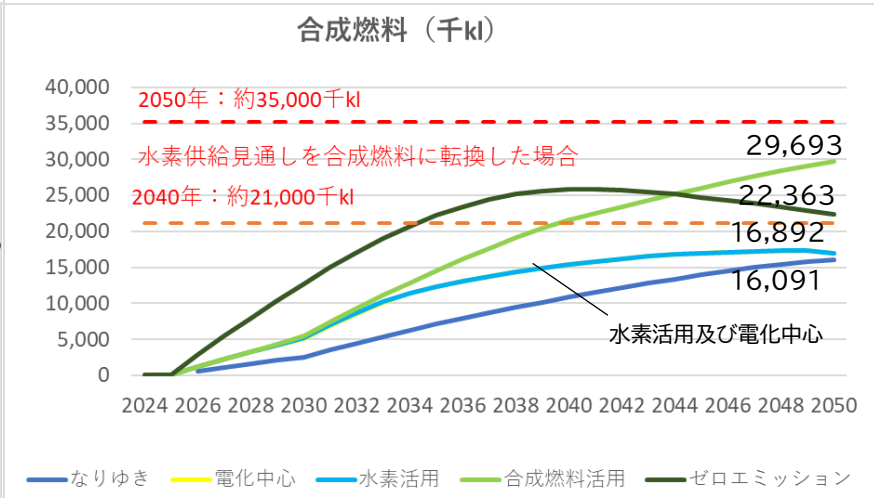
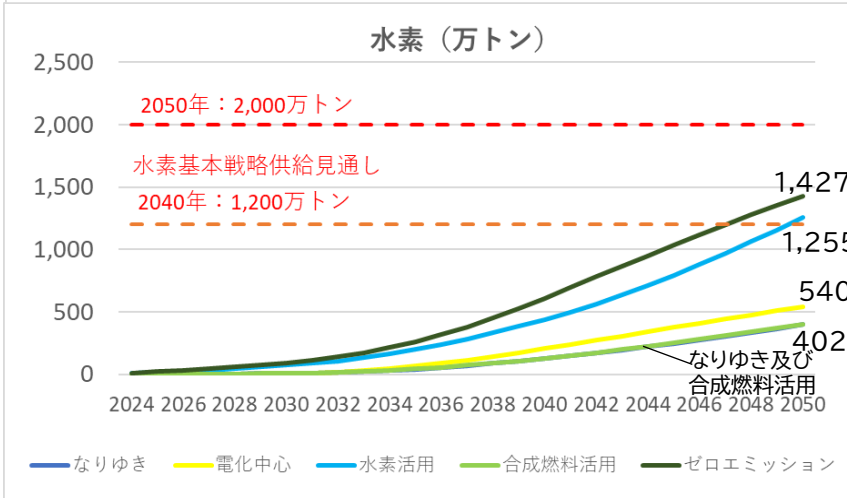
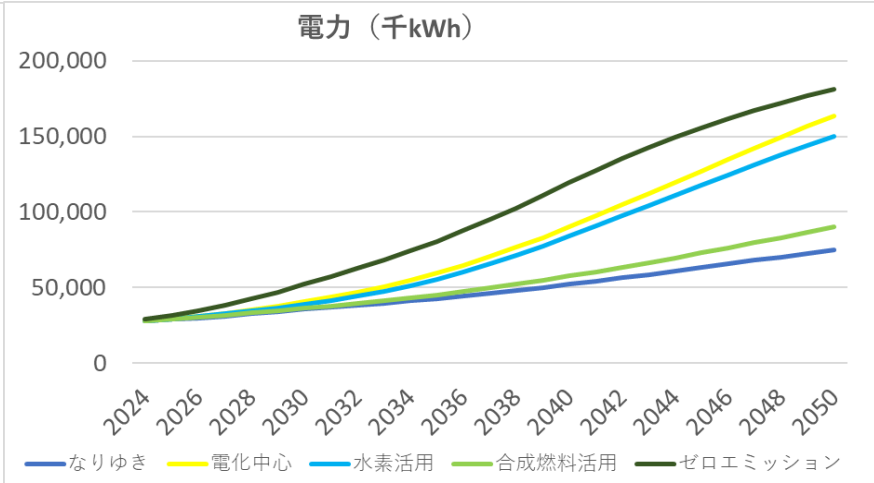
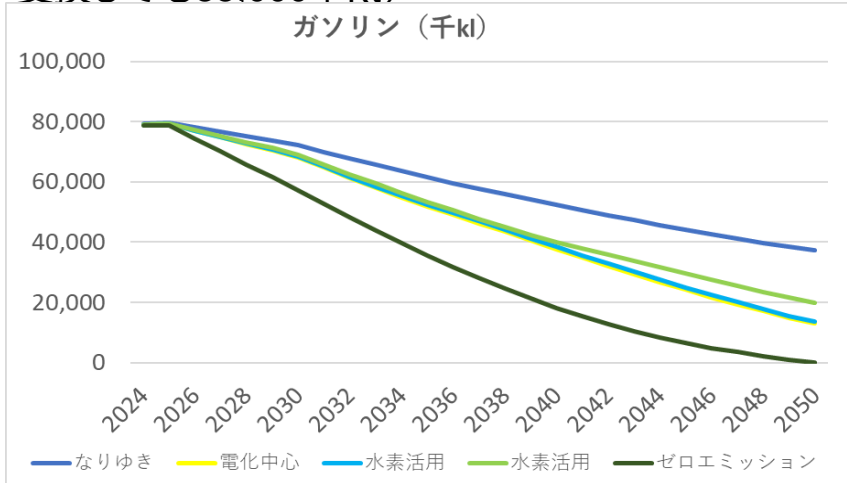
試算条件:

ガソリン	33.31	MJ/l
軽油	38.04	MJ/l
合成燃料	35.68	MJ/l
電力	3.60	MJ/kwh
水素	120.40	MJ/kg

\* 計算上、燃費改善を見込んでいるが、水素自動車等の燃費の改善が他よりやや劣るため、特にゼロエミと水素活用ではエネルギー量がリバウンドしている

# 3.2.7 燃料の需要量と国内供給見通しの関係

- 今回の検討では各燃料の供給制約は設定していない。しかし、各燃料の供給量に対する規模感を把握する為、各燃料の供給見通しに関する情報を整理した。
- 現在の日本の水素供給目標は2040年に1200万トン、2050年で2000万トン。これに対し、ゼロエミッションシナリオの場合、水素燃料の需要は2040年に593万トン、2050年に1390万トン発生。これに加え、合成燃料も2040年に2600万kl、2050年に3000万klの需要が発生する見通し（水素供給見通し2000万トン全量を合成燃料に変換しても35,000千kl）



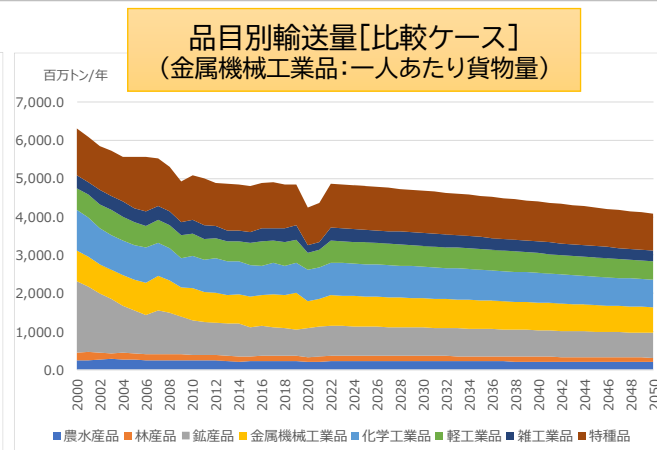
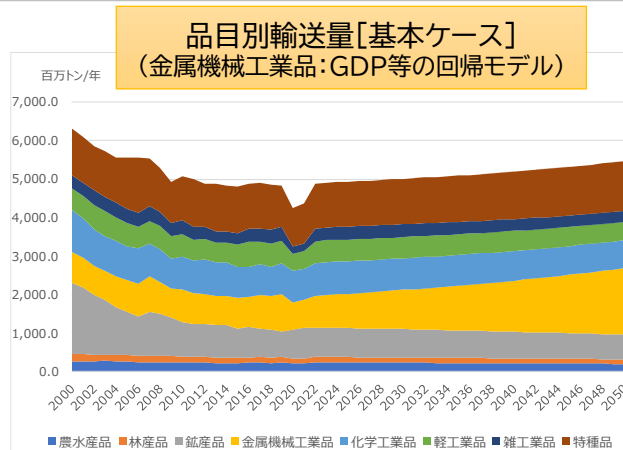
# 参考:感度分析

## 長期輸送需要 全品目の説明変数を一人当たり貨物量とした計算例

- 物流の輸送需要想定において、金属機械工業品をその他の品目と同様に、一人あたりの貨物量による推計とした場合(比較ケース)の感度分析を実施した。

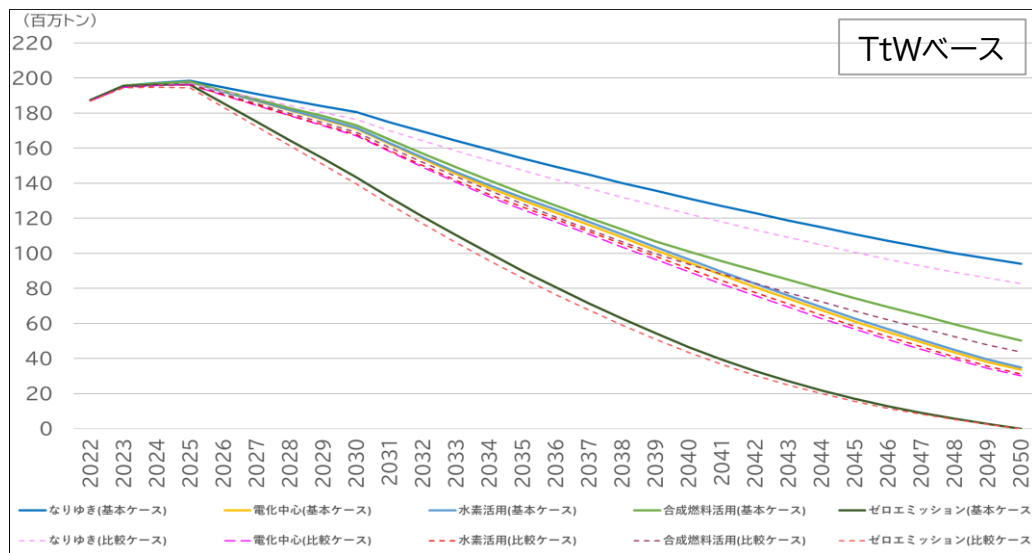
### 【輸送需要計算結果(物流)】

- 比較ケースにおいて、金属機械工業品の輸送量は、他品目と同様2050年に向けて輸送量は減少
- 比較ケースの輸送総量は2050年に向けて減少し、2050年では41億トン(2019年比84%)
- 比較ケースの輸送総量は、基本ケースと比較して、75%となった(基本ケースでの輸送総量は55億トン)



### 【CO2排出量の計算結果】

- 物流の比較ケースにおけるCO2の総排出量は輸送量が減少した分、各シナリオで基本ケースを下回る排出量となった。
- 比較ケースの輸送総量は2050年では基本ケースの75%となっているが、CO2排出量では各シナリオとも基本ケースの約90%となった。(ゼロエミッションシナリオ除く)



## 3.3 脱炭素コストの推計

---

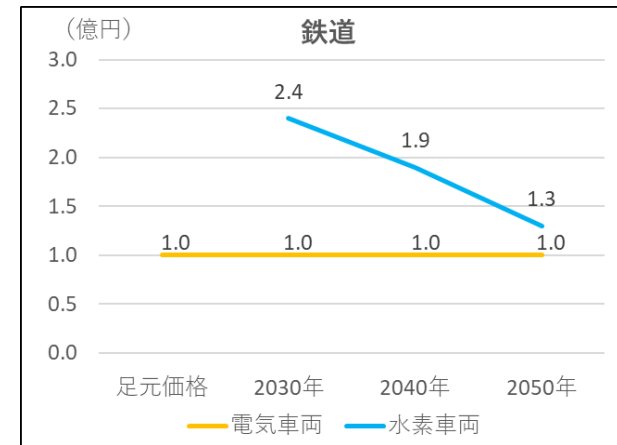
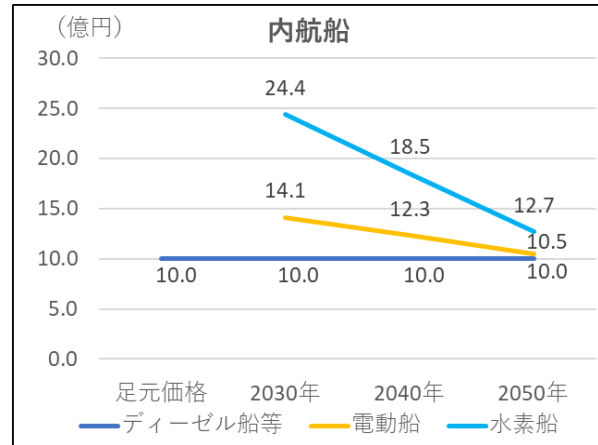
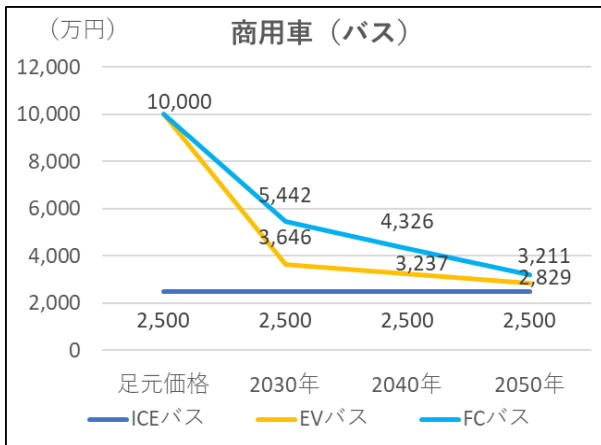
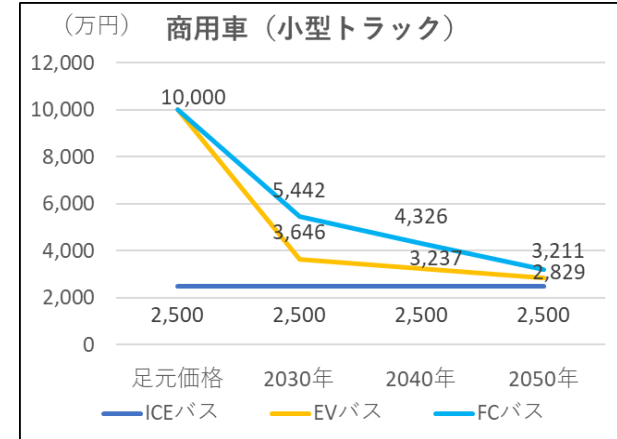
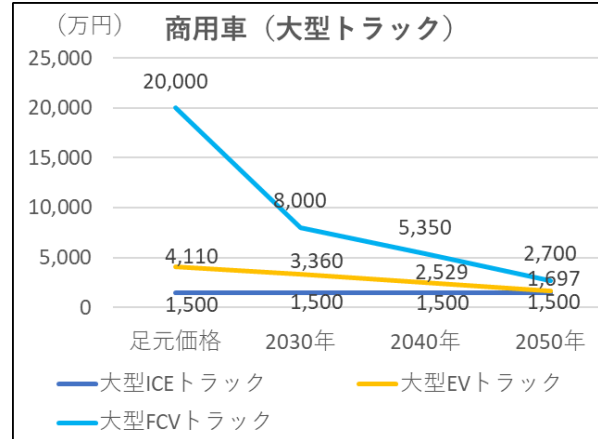
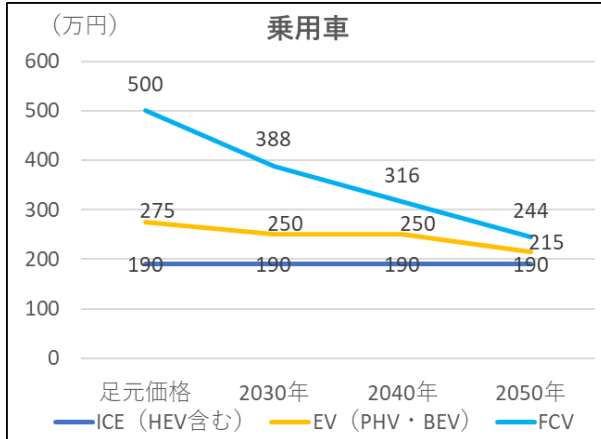
## 3.3.1 脱炭素コスト試算項目と目的

- 機器導入において検討される総保有コスト(Total Cost of Ownership)には様々なものがあるが、今回は明示的に試算可能な初期投資と燃料コスト、炭素課金に関して算出。コストは各年での必要となる投資額を試算した
- 今回のコストの試算目的は、脱炭素化に必要なコストの規模感を把握するためのもの。なお、現時点では見えていないコストや今後の技術進展により大きく変わるコストが多くあることから、本コスト検討結果をもって各シナリオ間の経済的優位性を比較・検討することは目的としていない。**



## 3.3.2 機器導入コスト(単価)の推移の想定

- 既存の価格が存在しない機器コスト(台・隻・機当たり単価)に関して、機関部関係のコストを参照し内燃トラックとFCトラックと同水準の関係まで低下すると見込み想定価格を設定した。
- また機器コストは国内状況ではなく国際的な要因によって決定されるとして、現在はシナリオごとの価格設定は行っていない。



\* 内航船の足元価格に関しては、主に新型燃料機器への転換が予測される、999G/T以下の船型の価格を想定

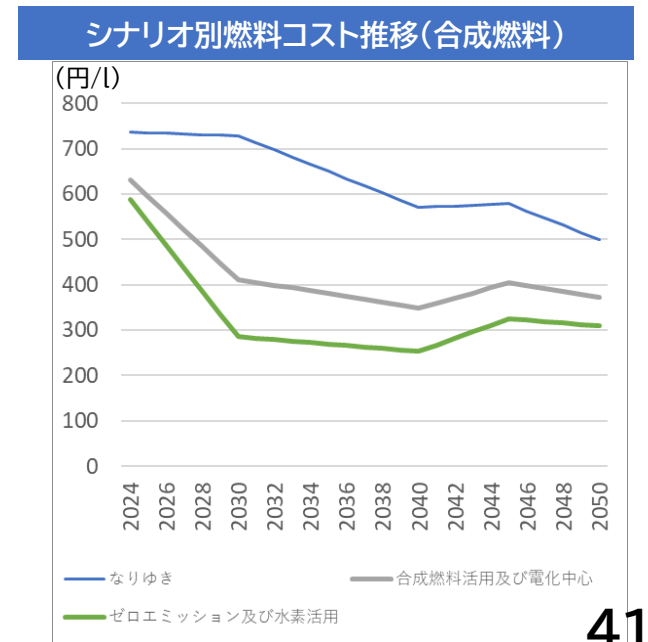
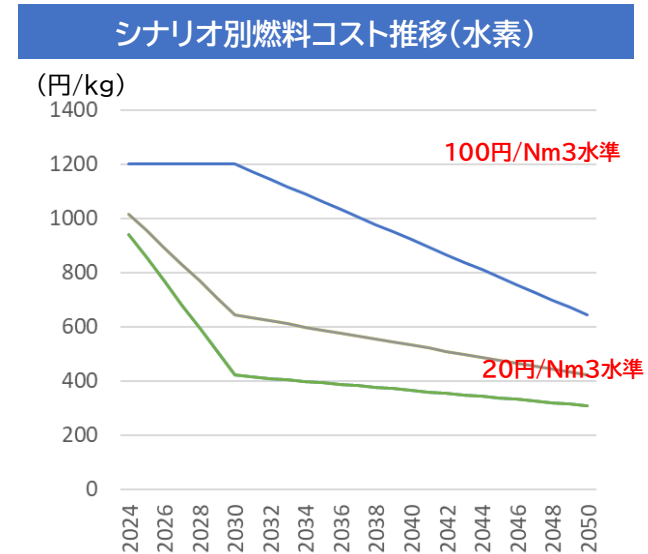
\* 航空機は新たな機器導入を想定しないため導入コストは考慮しない



# 3.3.3 燃料コスト(単価)の推移の想定

● 燃料コストの推移は以下の通り。(諸税含まない)

		化石燃料	電気	水素	合成燃料	
なりゆき	2030年	72円/l	34.9円/kWh	1200円/kg	740円/l	
	2040年	78円/l		922円/kg	581円/l	
	2050年	82円/l		644円/kg	527円/l	
Best Effort	電化中心	2030年	32.4円/kWh	643円/kg	422円/l	
		2040年		78円/l	532円/kg	359円/l
		2050年		82円/l	421円/kg	400円/l
	水素活用	2030年	33.5円/kWh	421円/kg	296円/l	
		2040年		78円/l	365円/kg	264円/l
		2050年		82円/l	310円/kg	337円/l
	合成燃料活用	2030年	34.9円/kWh	643円/kg	412円/l	
		2040年		78円/l	532円/kg	360円/l
		2050年		82円/l	421円/kg	295円/l
ゼロエミッション	2030年	34.9円/kWh	421円/kg	296円/l		
	2040年		78円/l	365円/kg	264円/l	
	2050年		82円/l	310円/kg	337円/l	
考慮しているコスト	原料及び製造コスト	IEEJの将来見通しを参照	発電限界費用	政府想定CIF価格を参照	水素価格・CO2コストに応じて設定	
	供給コスト	精製費・輸送費など	送配電費用	化石燃料と同様に設定	水素供給拠点までの輸送コスト	



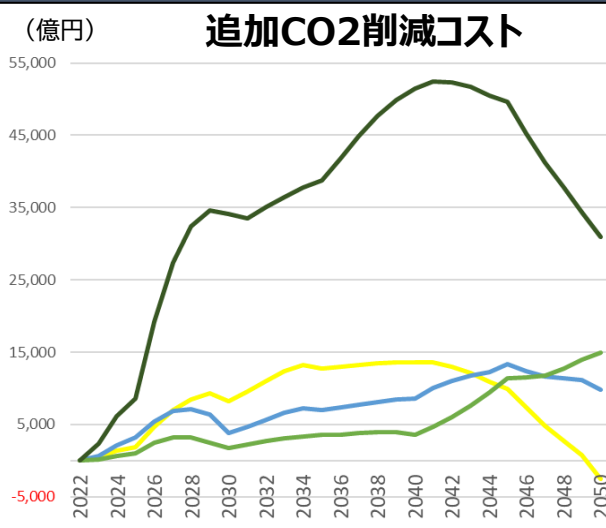
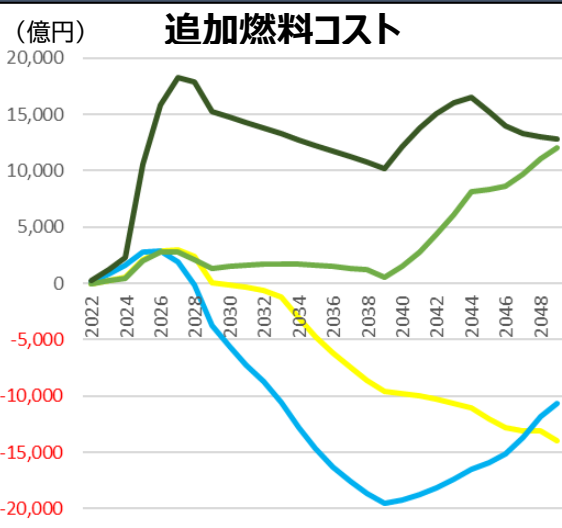
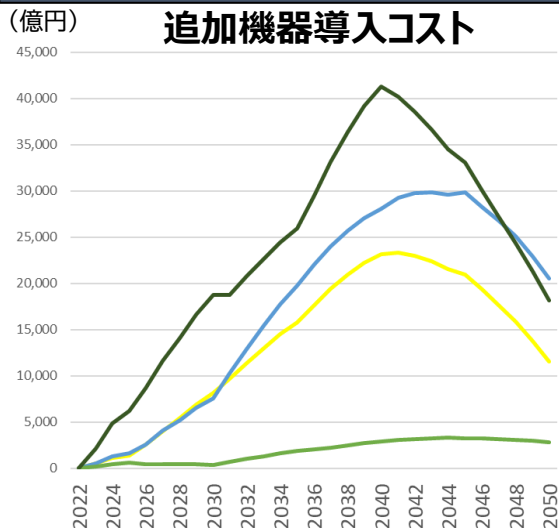
### 3.3.4 CO2削減コスト(機器導入+燃料)の試算結果

- 2024-2050累計のCO2削減コスト(機器導入+燃料)のなりゆきとの差額はBEで約15~24兆円、ZEで約101兆円。CO2削減コストは非常に高額のため、交通事業者が脱炭素の取組を進めるには、CO2削減コストの大幅な低減が不可欠。
- 追加機器導入コストは水素中心、電化中心が高く、2040年~45年がピーク
- 追加CO2削減コストは2040年以降、電化中心は下落し、2045年頃に他のBEシナリオと逆転

(単位：兆円)

(2024-2050年累計)	なりゆき	Best Effort			ゼロエミッション
		電化中心	水素活用	合成燃料活用	
機器導入コスト	30.3	69.0	80.7	34.0	98.0
燃料コスト	324.2	309.9	296.4	334.6	358.1
CO2削減コスト (機器導入+燃料)	354.5	378.9	377.1	370.2	456.1
追加CO2削減コスト (なりゆきとの差額)		24.4	22.6	15.7	101.6

追加コスト(なりゆきとの差額)のシナリオ別推移



— 電化中心 — 水素中心 — 合成燃料中心 — ゼロエミッション

### 3.3.5 CO2削減コスト(機器導入+燃料) | 交通モード別

- 輸送モード毎に、各年の機器コストと燃料コストの合計及びCO2排出削減量(なりゆき排出量-ゼロエミッション排出量)から、当該年度単年の削減t-CO2あたりコストを試算した。
- 早期に機器転換が進み燃料コストが低下する乗用車・商用車は2050年に向けて削減コストが低下。対して機器交換が遅れ合成燃料の利用が多くなる、内航船・航空分野は2050年に向けて、削減コストが高まる。

モード別の削減t-CO2あたりコスト見通し

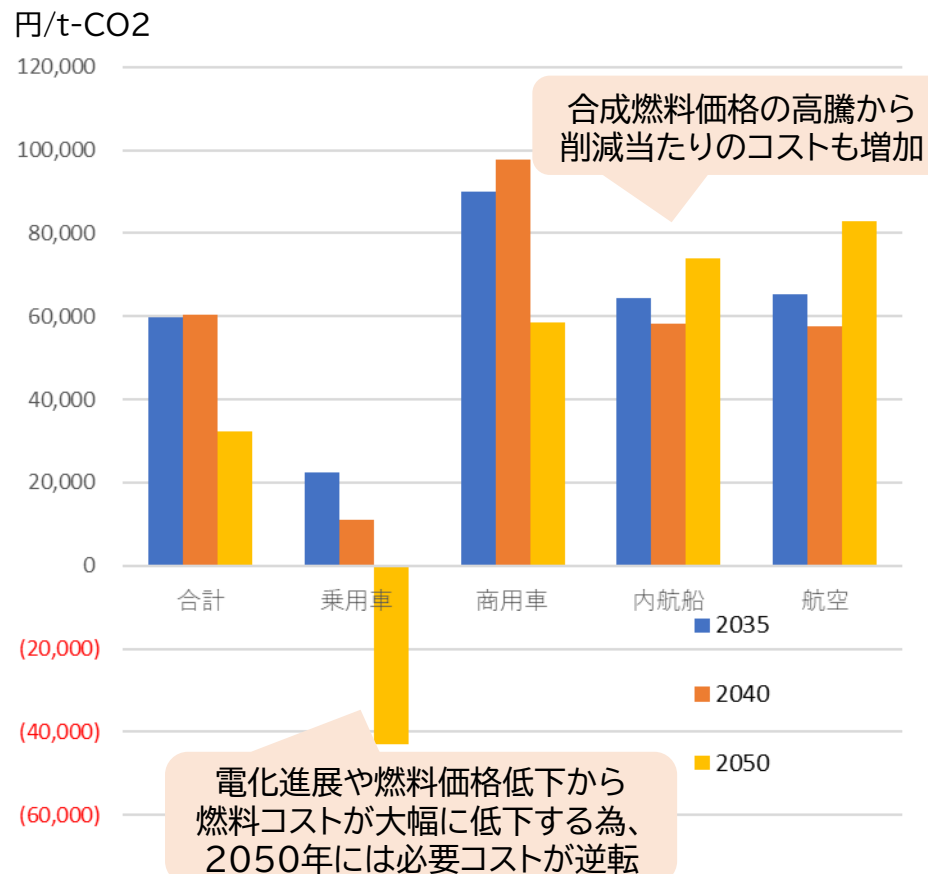
輸送モード別のコスト差 (ゼロエミッション-なりゆき)

(億円)	2035	2040	2050
合計	38,415	51,131	30,294
乗用車	5,906	3,514	-11,786
商用車	28,945	41,989	28,480
内航船	1,316	2,443	6,235
航空	2,243	3,161	7,359

シナリオ間の排出削減量 (ゼロエミッション-なりゆき)

(t-CO2)	2035	2040	2050
合計	64,379,602	84,824,914	93,676,288
乗用車	26,518,319	31,844,634	27,422,967
商用車	32,132,011	42,971,451	48,630,344
内航船	2,047,432	4,194,398	8,418,706
航空	3,435,217	5,478,851	8,866,229

輸送モード別 削減t-CO2あたりコスト見通し

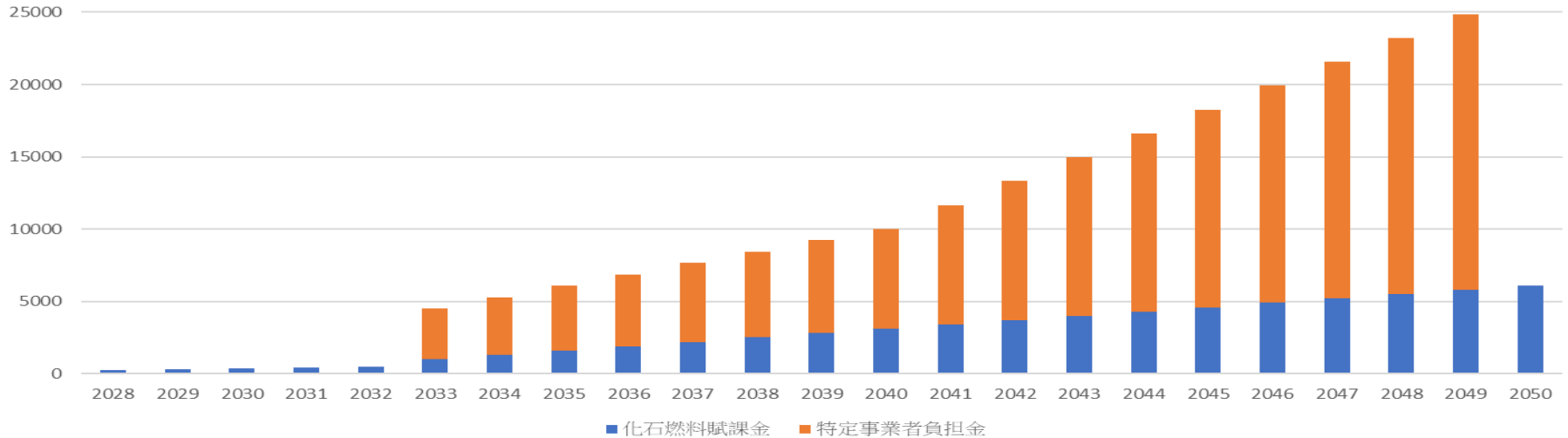


# 3.3.6 カーボンコスト(炭素課金)の想定

- 脱炭素コストの推計にあたり、GX移行債の償還財源に係る化石燃料賦課金、特定事業者負担金については、今後制度上見込まれるカーボンコストとして、これを算入することとした。
- 賦課金等の金額の想定は、IEEJが行った試算の90%削減ケースを採用
- なりゆきシナリオでは、2050年迄の累計で27兆円の課金額を負担。GX移行債の償還をほぼ運輸部門で負担する計算となった。
- なりゆきと比べて、BEは約8~10兆円、ZEは約20兆円少なく、脱炭素化を早い段階から進める方が将来的な負担がかなり小さくなる結果に。

炭素課金（化石燃料賦課金、特定事業者負担）単価推移

(円/t-CO2)



	なりゆき (現状考慮)	Best Effort (電化中心)	Best Effort (水素活用)	Best Effort (合成燃料活用)	ゼロエミッション
カーボンコスト見通し (円/t-CO2)	日本エネルギー経済研究所「20兆円の歳入を生むカーボンプライス」の試算（排出量90%削減ケース）に基づき設定 化石燃料賦課金：2028年224円/t-CO2～2050年6094円/t-CO2 特定事業者負担金：2033年3500円/t-CO2～2040年10790円/t-CO2～2049年19078円/t-CO2 (2050年は発電セクターでCN達成を見込むため0円/t-CO2)				
TtWベースで運輸セクターに かかるカーボンコスト (2024～2050年累計)	27.2兆円	16.7兆円 (なりゆき比 10.4兆円減)	17.1兆円 (なりゆき比 10.0兆円減)	19.3兆円 (なりゆき比 7.8兆円減)	7.0兆円 (なりゆき比 20.2兆円減)

### 3. 各検討プロセスの結果概要(シナリオ設定と推計結果)

## 3.3.8 交通モード別CO2削減コスト | ZEシナリオ 燃料コスト共通ケース

- 交通事業者サイドにおいて機器・燃料導入を行うか否かによる脱炭素コストの違いをみる上では、燃料コストの低減ラインを全シナリオで共通としたほうが理解しやすいことから、このケースも試算した。なお下記のコスト差にはカーボンコストを含んでいる。
- 燃料コスト共通とした場合、CO2削減量当たりのコストは6~10万円前後に上昇し、なりゆきとのコストの逆転が発生するのは電化が進む乗用車に限られる。

モード別の削減t-CO2あたりコスト見通し

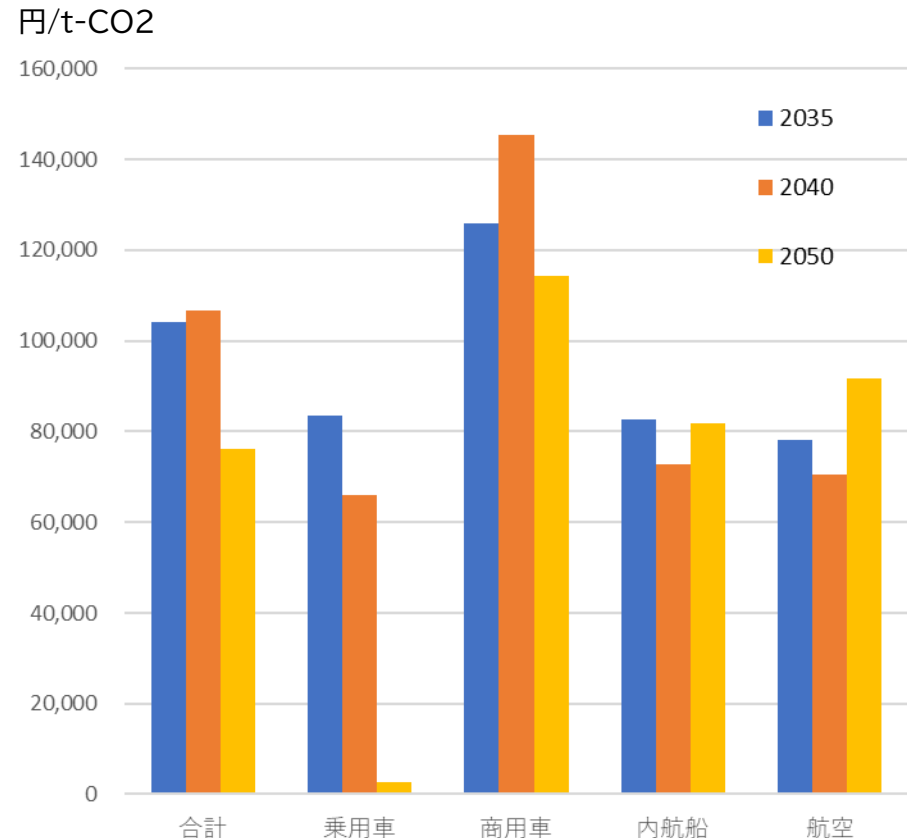
輸送モード別のコスト差 (ゼロエミッション-なりゆき)

(億円)	2035	2040	2050
合計	66,997	90,518	71,287
乗用車	22,183	21,045	702
商用車	40,431	62,535	55,576
内航船	1,694	3,049	6,886
航空	2,685	3,866	8,120

シナリオ間の排出削減量 (ゼロエミッション-なりゆき)

(t-CO2)	2035	2040	2050
合計	64,379,602	84,824,914	93,676,288
乗用車	26,518,319	31,844,634	27,422,967
商用車	32,132,011	42,971,451	48,630,344
内航船	2,047,432	4,194,398	8,418,706
航空	3,435,217	5,478,851	8,866,229

輸送モード別 削減t-CO2あたりコスト見通し



## 4 まとめ

---

### (1) 輸送需要

#### ○ 人流

- ・ 輸送総量は、2022年以降増加するが2030年をピークに減少し、2050年では994億人(2019年比105%)
- ・ 地域別では、関東・中部等の都市部は増加する一方、北海道・東北・四国等の地方は交通量が減少(各都道府県の将来の人口減少の影響と考察)
- ・ 交通機関別では、自家用車の利用率が高い地方の人口減少により自家用車は減少傾向となる。鉄道は都市圏の人口集中による漸増ないし横ばい。自動車(バス・タクシー)は横ばい、鉄道・航空は微増

#### ○ 物流

- ・ 輸送量(総量)は、2022年以降増加傾向を示し、2050年では55億トン(2019年比113%)
- ・ 地域別では、北海道が減少、その他地域は増加。特に中部は大きく増加(自動車部品等の金属機械工業品の増加の影響と考察)
- ・ 交通機関別では、金属機械工業品の増加に伴い、その輸送分担率が比較的高い自動車、内航船、航空は増加傾向、鉄道は減少傾向

### (2) CO2排出量及び機器・燃料の必要量の見通し

#### ① CO2排出量(TTWベース ※今試算結果はTTWのみ。なお、我が国の対策を考える上では、WTWベースの視点・検討が重要である)

- ・ なりゆきシナリオでは2030年:1.80億トン(15%削減、2013年比)、2050年:0.94億トン(56%削減、2013年比)の排出量
- ・ Best Effort(電化・水素・合成燃料)のシナリオでは、2030年:1.71~1.73億トン(約21%削減、2013年比)、2050年:0.34~0.50億トン(79~85%削減、2013年比)
- ・ ZEシナリオでは2030年:1.43億トン(43%削減、2013年比)、2050年:0 の排出量
- ・ 低成長ケースの場合、各シナリオで約1~5%排出量が減少する。
- ・ 多くのシナリオで2040年以降に削減が進むものの、商用車の排出割合が多く残る結果。
- ・ Best Effortシナリオは各モード毎に当面の政府目標や業界目標をベースとしたシナリオであるが、本試算で考慮している各モード単体での対策のみでは、交通分野の2030年排出削減目標(2013年比▲35%)に届かない可能性がある結果となった。2050年のカーボンニュートラルの達成には、燃料転換を一層進めるとともに、本試算で考慮していない共同輸配送やモーダルシフトの推進、道路交通流対策など施策の総動員が必要。

## ② 機器・燃料の導入量・需要量

- 輸送機器のストック構成：技術導入時期が遅く、設備更新期間が長い商用車、内航船では2050年でも相当量の既存型の内燃機関が残存する。このため、ゼロエミッションを達成するには、これらの機器でも利用可能な合成燃料を利用するか、早期に電化・水素化のための設備更新が必要。
- 燃料需要：BE(電化及び水素活用)シナリオでは2030年代後半から需要が拡大。合成燃料及びZEシナリオでは2030年代前半から合成燃料の需要が急拡大する。特にゼロエミッションシナリオでは、2030年代に必要な合成燃料の量は、我が国の水素供給目標(2040年に1200万t)の全量以上の水素量を必要とする。このような需要量の見通しが日本の将来のエネルギー需要の検討においても考慮する必要。

(3) 脱炭素コスト

機器・燃料導入において検討される総保有コスト(TCO)には様々なものがあるが、今回は明示的に試算可能な機器購入コスト(初期投資)と燃料コスト、炭素課金に関して算出。機器購入コストは各年での投資額であり、償却年数を踏まえた毎年の償却額ではない。

## ① 機器コスト

- 電化・水素化の各機器の価格低減傾向の設定及び導入台数の関係から、2040年前後が最もコストが発生する見通し。機器の転換が少ない合成燃料シナリオでは機器コストは低い。

## ② 燃料コスト

- このコスト推計においては、なりゆきシナリオのエネルギー価格が高い(社会全体として脱炭素化が進んでおらず、再エネ電気や水素のコストが高止まり)ため、これらのエネルギー価格が大きく下落するシナリオである電化、水素化シナリオでは、なりゆきよりも燃料コストが安くなる。➡ 社会全体の再エネ化、水素化が進めば、そのコストメリットは交通分野においても大きい。
- 合成燃料シナリオ及び合成燃料を多く使うゼロエミシナリオは、原料となるCO<sub>2</sub>の価格の変動によって増減する。2040年以降は原料CO<sub>2</sub>として高コストの大気中から回収したCO<sub>2</sub>の利用が増加し、合成燃料コストが大きく上昇する。



### (3) 脱炭素コスト(つづき)

#### ③ 機器コスト+燃料コスト

- なりゆきと比較した場合、BEシナリオは毎年概ね1.5兆円程度の追加額が必要。ZEシナリオの場合、3~5兆円規模となり、2024-2050までの累計は約100兆円。CO<sub>2</sub>削減コスト(機器導入+燃料)は非常に高額のため、交通事業者が脱炭素の取組を進めるには、CO<sub>2</sub>削減コストの大幅な低減が不可欠。
- 電化中心シナリオは、機器価格および電気コストの下落により、2040年代後半からなりゆきシナリオを下回る

#### ④ カーボンコスト(炭素課金)

- 現在想定される2050年までの化石燃料賦課金額は、なりゆきと比べて、BEは約8~10兆円、ZEは約20兆円少なく、脱炭素化を早い段階から進める方が将来的な負担がかなり小さくなる結果に。

#### ⑤ CO<sub>2</sub>削減量当たりの追加的なCO<sub>2</sub>削減コスト(追加コスト、2025年~50年累計)

- BEシナリオで2.5~3万円/t-CO<sub>2</sub>程度、ZEシナリオでは6万円/t-CO<sub>2</sub>に達し、GX推進法による化石燃料賦課金の想定額(2050年時点で6000円/t-CO<sub>2</sub>程度)や、IEA等が予想するカーボンプライス(2~3万円/tCO<sub>2</sub>)と比して高額。
- モード別にみると、早期に機器転換が進み燃料コストが低下する乗用車・商用車は2050年に向けて低下。対して機器交換が遅れ合成燃料の利用が多くなる、内航船・航空分野は2050年に向けて増加。(ZEシナリオ)
- カーボンコストを加えた追加コストは、BEシナリオで1.2~1.7万円/t-CO<sub>2</sub>程度、ZEシナリオで4.8千円/t-CO<sub>2</sub>。

## ⑥ エネルギーコストを共通とした場合のCO<sub>2</sub>削減量当たりのCO<sub>2</sub>削減コスト(モード別)

- 交通事業者サイドにおいて機器・燃料導入を行うか否かによる脱炭素コストの違いをみるため、燃料コストの低減ラインを各シナリオで共通とした場合の脱炭素コストを試算。各モードの脱炭素コストは6~10万円/t-CO<sub>2</sub>前後に上昇し、なりゆきとのコストの逆転が発生するのは電化が進む乗用車に限られる。

### ➡ コストに関する分析

- 交通分野における脱炭素コストは全体平均よりもかなり高額になると予想され、脱炭素に向けて取り組む事業者におけるコスト負担分を軽減する(機器・燃料価格の大幅な低減)ことが必要である。
- また、カーボンコスト(炭素課金)の観点からは、脱炭素化を早い段階から進める方が将来的な負担がかなり小さくなる結果に。
- 交通事業者の脱炭素コストは全体平均に比べてかなり高額であり、交通事業者の事業の持続可能性に大きな影響を与える恐れがある。このような脱炭素が交通産業に与える影響、国民の移動可能性の維持に与える影響について考慮する必要がある。

本年度のシナリオ分析から見えてきた主な課題を示す。なお、今後もシナリオの分析・検討を深めることとしており、現時点での暫定的なものである。

1. 各モード単体での対策のみを考慮した場合、現在の燃料転換のペースでは、2030年の交通分野のCO2排出削減目標に届かないおそれ。また、2050年の排出量はBEシナリオでも2013年比で約2割程度残余。
  - ・ 現時点で公表されている政策目標(2030年に5000台導入)や業界目標に基づくシナリオでは、我が国の交通分野の2030年削減目標を達成できないおそれが高い。特に、商用車や内航海運など物流分野の削減の遅れが大きい。
  - ➔ 2030目標に向けては、モーダルシフト等現在の施策を総動員し輸送量の抑制及び輸送エネルギー効率の改善を進めるとともに、現在掲げる目標を上回る積極的な新機器導入・新燃料利用が必要(※今回の推計には、モーダルシフトの効果は見込んでいない)
2. 交通分野のゼロエミッション達成に必要なゼロ炭素燃料・エネルギーの需要量は、我が国の電力・水素導入予定量と比べて相当に大きい
  - ・ 交通分野のZEシナリオを達成するために必要な燃料・エネルギーの量は、日本が導入しようとしている水素等新燃料のかなりの量を占めると想定されるが、この需要が生産側で十分認識され、必要な供給量が確保されるかどうかは不透明
  - ➔ 日本のエネルギー・燃料の開発・生産計画において、交通分野の将来の需要量を考慮した開発促進が不可欠
3. 交通分野の脱炭素コストは高額になると見込まれる
  - ・ 各年の交通分野の脱炭素コスト(機器導入コスト及び燃料コスト、なりゆきとの差額)は少なくとも4~6万円/t-CO2に達し、かなり高額。
  - ・ カーボンコスト(炭素課金)は、脱炭素化を早い段階から進める方が将来的な負担がかなり小さくなる結果に。
  - ➔ 交通事業者が脱炭素に向けて取り組むには、十分なインセンティブの付与により、機器導入・燃料コストの大幅な低減を図り、早期の投資を促進していくことが必要。

## 4. まとめ

### 4.2.2 考察② 課題への対応策の考え方について(暫定)

以上のまとめ・考察を踏まえるに、交通分野の円滑な脱炭素化(燃料転換)のためには以下のような方策が有効ではないか(以下、考えられる主なものであり、方策はこれらに限らない)

#### 1. 交通事業者におけるゼロエミッション機器と燃料・エネルギー導入の加速

イノベーションの加速による機器・燃料の早期のコストダウンが重要である。また、コストダウンだけでなく、早期の技術導入の促進によって脱炭素化へのサイクルが加速できるような仕組みが必要ではないか。

##### ① 市場育成・拡大のためのインセンティブ(長期を見越した支援、共同と連携)

- ・需要量の拡大: 需要家の連携(交通事業者(モード内・モード間)やセクター間)による導入計画に対する長期的支援
- ・需要と供給の連携: 双方の関係者が連携して、需要と供給をパッケージで導入する計画等に対する長期的支援
- ・公的機関や大手事業者による導入リスク低減支援: ゼロエミ機器を購入・保有し、下請事業者にリースなど
- ・機器・燃料コストの大幅低下につながるイノベーションの加速

##### ② 規制的手法による投資見通しの明確化(炭素強度低下規制、機器導入率の義務化)

##### ③ 上記の基盤となる共通のロードマップ、基本方針(CO2削減目標のほか、代替燃料や機器の導入量も)

#### 2. 燃料転換に取り組む交通事業者に、経済的メリットが生じる仕組(カーボンプライシングと給付、他のセクターとのバランス)

現在のGX政策は、課金は薄く広くかけ、給付(補助金)を組み合わせることで移行インセンティブを与える仕組みとなっている。技術・燃料導入等の脱炭素コストが全体平均よりも高い「Hard to abate sector」である交通分野については、高額な移行コストを考慮した適切な給付との組合せにより、十分なインセンティブが生じるような仕組みをより強化していくことが必要ではないか。

・化石燃料由来の課金では脱炭素化で先行する産業から課金が少なくなるため、運輸業界のようなhard to abateな産業に負担が集中するのではないかと。より薄く幅広い課金が必要ではないか。

・課金収入のうち相当量を交通分野の脱炭素化支援(上記1. のインセンティブ等)に充てる必要があるのではないかと。

#### 3. 荷主、ユーザーの行動変容促進

・GX移行期間が終了に近づくにつれ給付財源はなくなっていくことから、いずれ利用者へのコスト転嫁が必要。コスト増を世の人々に理解してもらうことが必要ではないか

・荷主の行動変容を促す仕組みが必要ではないか

- 荷主におけるSCOPE3排出の管理責任、公開など

・公共交通や自転車・徒歩利用への誘因、自動車の市内入域規制など、活動量を抑制する仕組み。土地利用などこれまで交通脱炭素とは関係性が薄い政策領域も含めた幅広い政策分野の検討や、どの地域から導入していくのかといった戦略も有用ではないか。

#### 4. 定期的なシナリオ分析とアップデート

技術等のシナリオは今後の技術進展が予想とは違う進み方をするケースも多々あるので、一定期間ごとにアップデートを行い、分析を行うことが必要。ネットゼロの達成の手段としてネガティブ・エミッションも考慮する必要があるのではないかと。