

交通産業の CO2 削減見通しと 円滑な GX 推進策について 報告書

2025年4月



運輸総合研究所

はじめに

我が国では 2023 年 5 月に GX 推進法が成立し、2050 年カーボンニュートラル実現に向け脱炭素成長型経済構造への移行を推し進めており、GX 経済移行債の発行や多排出産業等に対する排出量取引制度の導入（2026 年度～）、化石燃料輸入事業者等に対する炭素賦課金の徴収（2028 年度～）及び発電事業者に対する有償オークションの導入（2033 年度～）といった取組が今後実施されていく予定である（※GX 経済移行債の一部は既に発行済み）。

我が国全体が 2050 年カーボンニュートラルに向けて動きだしている状況下において、地球温暖化対策計画で運輸部門は温室効果ガス排出量を 2013 年度比で 2030 年度は 35%削減、2040 年度は 64～82%削減、2050 年度はカーボンニュートラルという目標又は目安が定められている。目標達成に向け一層の GX 推進が求められるが、トラック、船舶、航空機、鉄道車両などは脱炭素化の技術的ハードルが高く、いわゆる「Hard to abate」な分野である。そのため、交通産業が GX を実現するためには輸送機関のゼロエミッション化、燃料サプライチェーンの変革、ユーザーや荷主の行動変容など、交通産業の GX に関わる業界、関係者が一定の方向性、道筋を共有しながら、相互に連携して取り組むことが必要不可欠である。

しかしながら、2030 年前後を目標とした各交通モードの電化や水素燃料、バイオ燃料、合成燃料といった代替燃料を候補とする技術開発・機器導入は進められているものの、それ以降 2050 年に至る代替燃料の方向性や機器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分野全体として、GX 実現に向けてどのように取り組んでいくか、未だ不透明な状況である。

世界を見渡すと先進国を中心に多くの国々が 2050 年カーボンニュートラル実現を表明している。戦略的に GX を推進している EU をはじめとした諸外国に対して、我が国の交通産業が統合的な戦略を有していなければ、脱炭素の方向性が定まらず、結果として国際競争力を失ってしまう恐れがある。GX に対し、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、日本の交通産業が環境面で世界をリードし、日本の経済成長に繋げることも可能ではないだろうか。なお、米国では第 2 次トランプ政権のもと、脱炭素化に逆行する動きが見られるものの、カリフォルニア州を筆頭に一部の州では依然として脱炭素政策を推進しており、米国における今後の脱炭素政策の方向性が不透明であるが、世界全体として 2050 年カーボンニュートラルという中長期的な方向性は変わらないという思想の下、検討を行った。

このような問題意識から運輸総合研究所では、2023 年 12 月に学識経験者、有識者、中央省庁からの委員で構成される「交通産業 GX ロードマップ検討会」（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）及びその下に「交通産業 GX ロードマップ検討会 シナリオ WG」（座長：大聖泰弘早稲田大学名誉教授）を立ち上げ、交通産業の 2050 年カーボンニュートラル実現に向けた将来の道筋を、輸送需要や脱炭素技術の変化といった観点から複数のシナリオを作成するとともに交通産業のみならず他産業に及ぼす影響を分析し、交通産業の GX に必要な条件、取組、課題について議論を行ってきた。本報告書は、これまでの委員会での議論を踏まえて、その成果としてとりまとめたものである。

主な用語、略語

分類	用語、略語	内容
シナリオ	BE シナリオ	Best Effort シナリオ
	ZE シナリオ	ゼロエミッションシナリオ
	CN シナリオ	カーボンニュートラルシナリオ
	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	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。
	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
機器、燃料	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。
	合成燃料	CO2 と H2 を合成して製造される燃料。本シナリオ分析では TtW での CO2 排出量を 0 と想定した。 本シナリオ分析では、「合成燃料」にバイオ燃料も含んでいる。ただし、合成燃料とバイオ燃料の区分けは難しいため、燃料コスト等は全て合成燃料のものと仮定して分析を行った。
コスト	輸送機器コスト	輸送機器（乗用車、商用車、船、航空機、鉄道）の購入費用。 （初期投資額であり、減価償却費は含まない）
	供給設備コスト	充電設備、水素充填設備、給油設備の本体コストと設置工事費
	燃料コスト	燃料（化石燃料、電気、水素、合成燃料）のコスト（原料、製造コスト、供給コストの合計であり諸税は含まない）
	カーボンコスト （炭素賦課金）	GX 移行債の償還財源に係る化石燃料賦課金及び特定事業者負担金の想定額の合計。
	脱炭素コスト	輸送機器コスト＋供給設備コスト＋燃料コスト（カーボンコストは含まない）

目次

1. 調査研究の背景と目的	1
(1)脱炭素化に向けた目標、進捗状況	1
(2)我が国における最近の政策動向	3
(3)交通産業における脱炭素化の課題（脱炭素化が進まない要因等）	3
(4)調査研究の目的・進め方	4
2. 日本の交通産業の脱炭素シナリオ分析	6
(1)シナリオ分析の概要	6
(2)長期輸送需要想定（人流、物流）	7
(3)脱炭素シナリオの設定、CO ₂ 排出量等の推計	8
(4)脱炭素コストの推計	12
3. 交通産業の脱炭素化による経済影響の分析	19
(1)交通産業の営業利益及び運賃への経済影響分析	19
(2)他産業への経済影響分析	22
(3)サプライチェーン排出対応（Scope 3 排出）	28
4. 欧米における交通分野の脱炭素政策	40
(1)欧州（EU）	40
(2)米国（カリフォルニア州）	43
5. 交通産業の GX 実現に向けて	45
(1)2 章～4 章のまとめ・考察	45
(2)交通産業が脱炭素を進める道筋（ロードマップ）	47
(3)交通産業の GX の進め方	48

1. 調査研究の背景と目的

気候変動対策は、1980年代に地球温暖化が問題視されて以来、世界的な課題の1つとして取り上げられ続けている。世界的な対策としては、1997年に採択された京都議定書（2005年発効）において初めて二酸化炭素（CO₂）に代表される温室効果ガス（Green House Gas：GHG）の削減が盛り込まれたが、削減義務が一部の国（先進国）に限定されたことから不十分となり、締約国すべてに義務をかけるかたちで2015年にパリ協定が採択、2016年11月に発効された。現在、世界的にこのパリ協定に基づくGHG削減として脱炭素化の動きが各国で取られている。本章では、パリ協定に基づく日本のNDC（Nationally Determined Contribution）を含めた日本政府が掲げる脱炭素化に向けた目標とそれを達成するために策定された計画と現状について概説した上で、本調査研究の目的および進め方について説明する。

（1）脱炭素化に向けた目標、進捗状況

① 脱炭素化に向けた政府目標・計画

日本は2015年12月にパリ協定が採択されるに先立ち、同年7月に「2013年比で2030年に26%削減」を日本の約束草案として国連に提出した。この目標は定期的に見直されており、直近では、2025年2月18日に2050年カーボンニュートラルと整合的で野心的な目標として、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指すこと、さらに2035年度に60%削減、2040年度に73%削減とすることが決定され、日本のNDCとして国連に提出されている。

一方、日本国内においては、2021年に地球温暖化対策推進法が改正され、2050年までの脱炭素社会の実現を基本理念として規定された。同法に基づいて環境省が定める地球温暖化対策計画が2025年2月18日に改定され、上述の日本のNDCが盛り込まれるとともに、運輸部門は、2013年比で2030年に35%削減、2040年に64～82%削減が目標となっている。なお、地球温暖化対策計画の改定と並行して第7次エネルギー基本計画（経済産業省）が同2月18日に策定され、環境行動計画（国土交通省）の改訂も近々行われる予定である。

また、近年では、2022年に省エネ法が改正され、非化石エネルギーへの転換が追加されるとともに、2023年にGX推進法、GX脱炭素電源法が成立、2024年には水素社会推進法、CCS事業法が成立するなど、脱炭素に向けた法制度の整備が進んでいる。これらの法整備に伴い、2026年度には排出量取引制度が本格稼働、2028年度には化石燃料賦課金が導入される予定である。

② 日本の排出削減の進捗

環境省の発表によれば、日本のGHG排出・吸収量は図1のとおり。2022年度の日本のGHG排出・吸収量はCO₂換算で約10億8500万トン、2013年度比22.9%削減となっており、2050年のカーボンニュートラル達成に向けてオントラックとなっている。

2030年度目標及び2050ネットゼロに対する進捗



- 2022年度の我が国の温室効果ガス排出・吸収量は約10億8,500万トン（CO₂換算）となり、2021年度比2.3%減少（▲約2,510万トン）、2013年度比22.9%減少（▲約3億2,210万トン）。
- 過去最低値を記録し、オントラック（2050年ネットゼロに向けた順調な減少傾向）を継続。

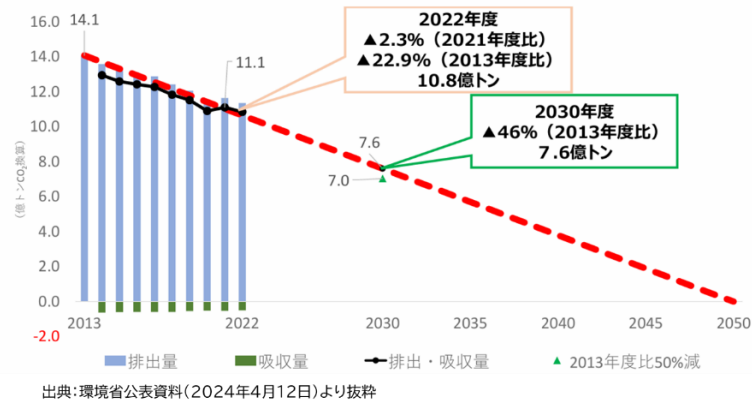


図 1 日本の温室効果ガス排出・吸収量の推移

③ CO₂ 排出量の部門別内訳

日本の CO₂ 排出量の部門別推移を図 2 に、2022 年度の排出量を部門別、モード別に図 3 に示す。日本の CO₂ 排出量に占める運輸部門の割合は約 2 割を占めており、そのうちの 9 割程度を自動車セクター（4 割は貨物自動車）が占めている。運輸部門全体としては、他の部門と同様その排出量は減少傾向にあるが、2020 年のコロナ禍による減少以降は若干微増傾向が見られるところ今後どのように推移するかが注目される。

また、2013 年から 2022 年に至る排出削減の大部分が自動車セクターからの削減となっている。当面は自動車セクターからの排出削減が運輸部門全体からの排出量削減に効果が高いと考えられるが、2050 年カーボンニュートラルを達成するためには、鉄道、内航海運、航空の各セクターでも脱炭素を進めることが重要となってくる。

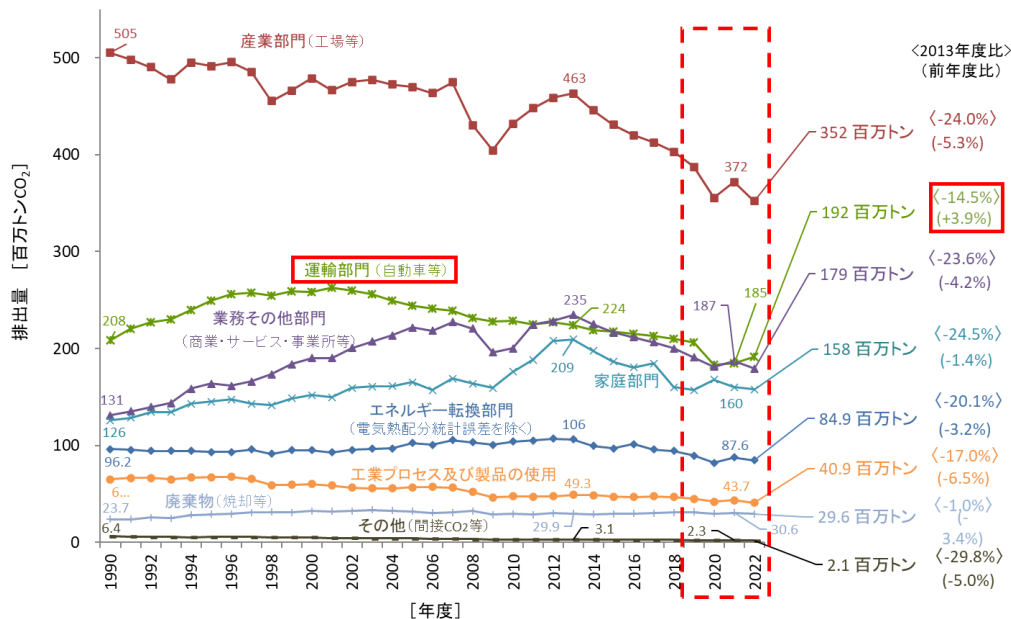
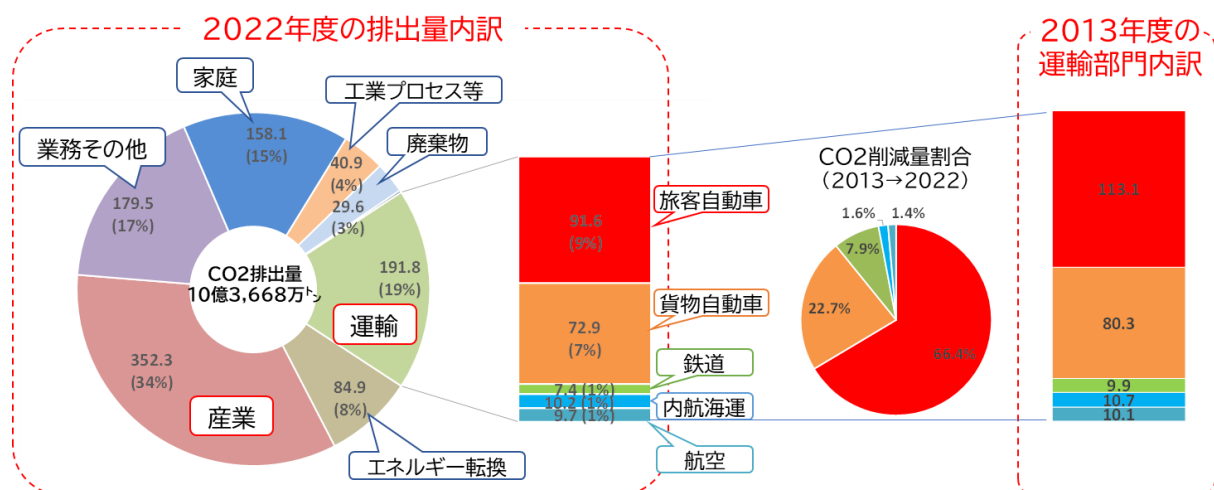


図 2 日本の産業部門別 CO₂ 排出量推移



出典: 国立研究開発法人 国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ(1990~2022年度)(確報値)からJTTRI作成

図 3 2022 年度の CO2 排出量におけるモード別内訳

(2) 我が国における最近の政策動向

(1)①で紹介したとおり NDC は 5 年ごとに見直しを行うこととなっている。2025 年が見直しのタイミングに当たることから、次期 NDC の決定に向けた議論が 2024 年 7 月に開始され、2025 年 2 月、新たな NDC が閣議決定され国連に提出された。

また、(1) ①で紹介した各種計画も 3~5 年が対象期間として設定されており、NDC の見直しと同じタイミングで見直しが進んでいる。

事業者が自社の温室効果ガス排出量 (Scope1,2) だけではなく、輸送・配送等も含めた事業活動に関連する他社の排出量 (Scope3) も加えたサプライチェーン排出量の算定・報告に関する基準化や情報開示等の国際的な動きが活発化しており、我が国においてもサプライチェーン全体での排出量の把握・管理に向けた取組が求められてきている。

現在、各輸送モードで、CO2 排出量削減や脱炭素化に向けた取組が進められているが、コストや給電時間等の問題から EV トラックの導入はまだ進んでいない状況にある。また、大量輸送機関として中長距離輸送での活用が期待される鉄道・内航海運による輸送も、コストやリードタイム等の問題から鉄道・内航海運の輸送機関分担率は長年横ばいで推移しており、トラックからのモーダルシフトの受け皿となり得ていない状況にある。このため、脱炭素社会の実現に向けて、物流分野においては、特にトラック輸送における脱炭素に向けた取組を一層進めることが求められている。

(3) 交通産業における脱炭素化の課題 (脱炭素化が進まない要因等)

日本全体での脱炭素化に向けた取り組みが進む中、交通産業においてもモード別に排出量削減に向けた取り組みは行われているが、(1) で述べたとおり自動車以外での排出量削減はそれほど進んでいないように見える。しかし、特に中長距離の輸送を担う交通モードは、脱炭素化を進めにくい Hard to Abate なセクターの 1 つであることに注意が必要である。ここでは、交通分野が Hard to Abate とされる要因について触れる。

一般的に、GHG 排出量は以下の計算式で算出される。

$$\text{GHG Emission} = \text{Activity Volume} \times \text{Energy} / (\text{Unit of Activity}) \times (\text{GHG Emissions}) / (\text{Unit of Energy}) - \text{Removal of GHG}$$

ここで、排出量削減として一般的にはエネルギー効率の改善や活動量の制限が行われる。ただし、排出ゼロを達成するには、これらの取り組みだけでは限度があることから、単位エネルギーあたりの GHG 排出量（排出強度）をゼロにしていく、あるいは CCS（Carbon dioxide Capture and Storage：二酸化炭素回収・貯留）のように排出される GHG を除去することが必要となる。

これを運輸に当てはめて考えると、活動量は輸送量に当たるが、移動や物資の輸送量（輸送需要）を運輸業界がコントロールすることは難しい。エネルギー効率の改善は運輸業界の努力で可能であり既に取り組まれているが、これだけで排出ゼロにすることはできない。また、エネルギー効率を改善した以上に需要が増加すれば、結果的に総排出量が増えることもあり得る。排出強度の低減は、燃料またはエネルギー源を化石燃料由来のものからクリーンなものに転換することを意味する。GHG 排出の除去は、輸送中に排出される GHG を回収、貯蔵することは困難と考えられる。

つまり、運輸業界が自主的に実施できる効果的な対応は燃料転換となるが、一般的に燃料コストが高くなる。荷主をはじめとする利用者はコストの安い輸送手段を選ぶ傾向にあるため、利用者がコストは高くとも脱炭素ができるものを選択する意識が醸成されなければ、運輸業界が積極的に燃料転換を進めることは難しい。

(4) 調査研究の目的・進め方

① 調査研究の目的

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様々な代替燃料を候補とする技術開発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不十分である。

また、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である。加えて、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・反作用するのもも見通せておらず、交通分野全体の GX のための共通の戦略がない。

さらに、経済成長との両輪で戦略的に GX 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相対的に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、日本の経済成長につなげることが重要である。

こうした問題意識の下、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 ロードマップ検討会」を設置した。交通モード横断的に輸送需要や脱炭素技術の変化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 の将来道筋と方策を明らかにすることを目的に調査研究を行った。

② 調査研究の進め方

上述の目的を踏まえ、本調査研究は図 4 のような流れにて調査研究を実施し、その結果を本報告書にて取り纏めた。

調査研究の進め方(交通産業GXロードマップに関する調査研究)

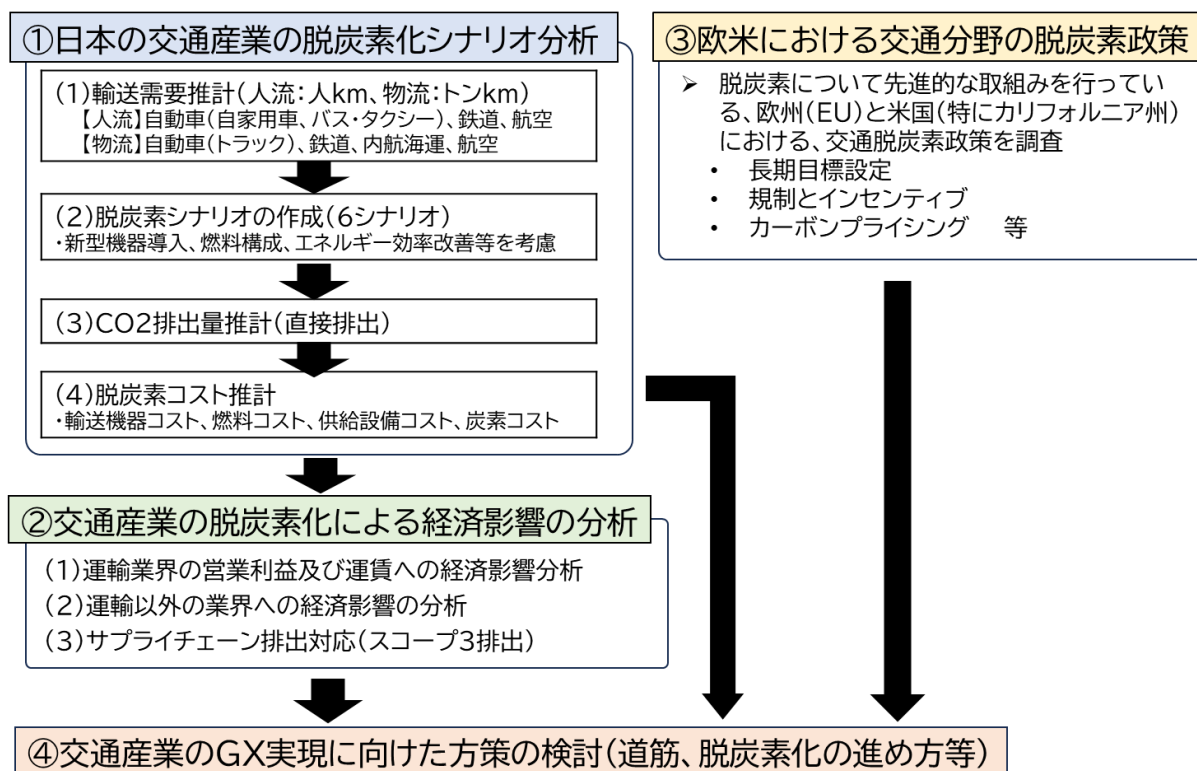


図 4 交通産業 GX ロードマップに関する調査研究の進め方

2. 日本の交通産業の脱炭素シナリオ分析

日本政府が宣言する 2050 年カーボンニュートラルに向けて、我が国の交通産業が現状の脱炭素化の進捗で達成できるのか、又は達成に向けて各交通モードがどのように脱炭素化を進める必要があるのかを明らかにする必要がある。そこで本章では、交通産業における将来の脱炭素化について 6 つのシナリオを作成し、交通産業のカーボンニュートラルに必要な条件、課題等を分析した。

(1) シナリオ分析の概要

交通モード横断的に将来の輸送需要を想定した上で、新型機器の導入速度や燃料構成等を考慮した複数のシナリオを作成することによって、2050 年までの「CO₂ 排出量」及び「脱炭素コスト」について試算・分析を行った。

① 検討対象（国内の全交通モード）

- ・人流：自動車（自家用車、バス、タクシー）、旅客鉄道、航空
- ・物流：自動車（トラック）、貨物鉄道、内航海運、航空

② 6 つの脱炭素シナリオ設定

- ・ なりゆきシナリオ
- ・ Best Effort シナリオ（電化中心）
- ・ Best Effort シナリオ（水素活用）
- ・ Best Effort シナリオ（合成燃料活用）
- ・ カーボンニュートラルシナリオ（以下、CN シナリオという）
- ・ ゼロエミッションシナリオ（以下、ZE シナリオという）（各シナリオの詳細は後述）

③ 検討・推計のフロー

輸送需要想定から各シナリオの CO₂ 排出量推計・脱炭素コスト推計までのフローは以下の通り。

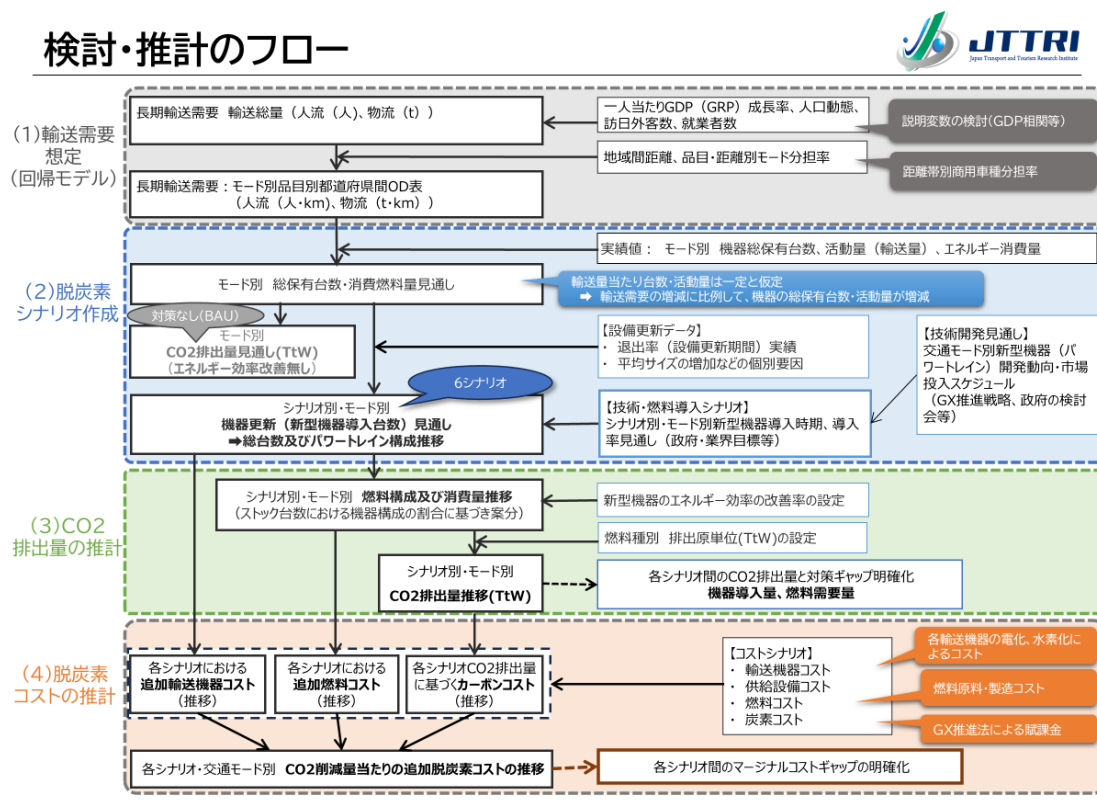


図 5 脱炭素シナリオ分析の検討・推計フロー

(2) 長期輸送需要想定（人流、物流）

各交通機関別の CO2 排出量を算定するために、2050 年までの国内輸送に係る交通機関別の輸送需要を想定する。人流と物流に区分し、各交通機関の輸送量実績データをもとに、交通機関別の輸送量（人・km/トン・km）を想定した。なお、人流・物流とも、過去からの回帰分析により将来の輸送需要を推計しており、モーダルシフトの影響等は考慮していない。

① 計算方法

1) 人流

人流は、鉄道、航空機、自動車（バス・タクシー）、自家用車を対象として、各モードの輸送人員の統計データを用いて、人口・GDP・訪日外国人客数を説明変数とする重回帰モデルにより、将来の輸送需要量を推計した。推計した輸送需要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振り、交通機関別・都道府県別の OD 表を作成した。

2) 物流

物流は、鉄道、航空機、トラック、内航船を対象として、各モードの輸送量の統計データを用いて、品目別に将来の輸送需要量を推計した。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により、金属機械工業品以外の品目は GDP 等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。推計した輸送需要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振り、交通機関別・都道府県別の OD 表を作成した。

② 計算結果

人流の輸送量は、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%）となり、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・航空は微増の結果となった。

物流の輸送総量は、2022 年以降増加傾向を示し、2050 年では 55 億トン（2019 年比 113%）となり、交通機関別では、商用車、内航船、航空は増加傾向、鉄道は減少傾向の結果となった。

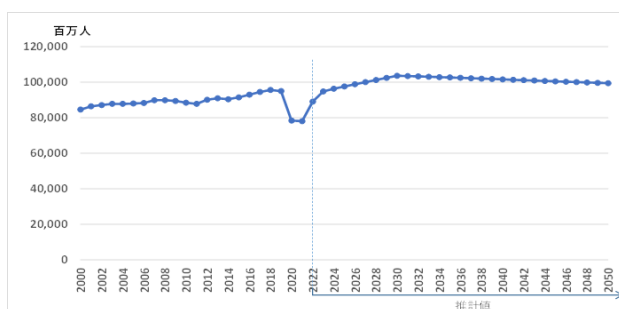


図 6 輸送量（人）

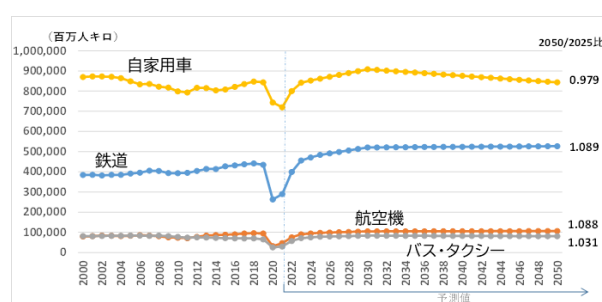


図 7 交通機関別輸送量（人・キロ）

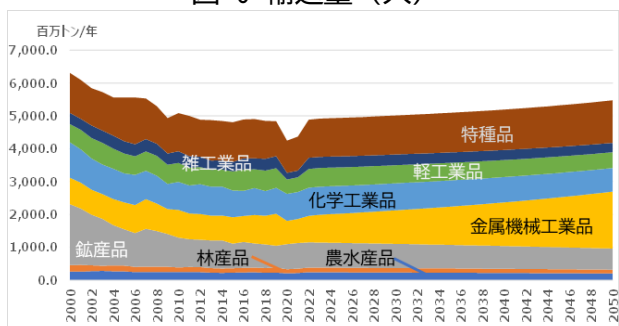


図 8 輸送量（トン）

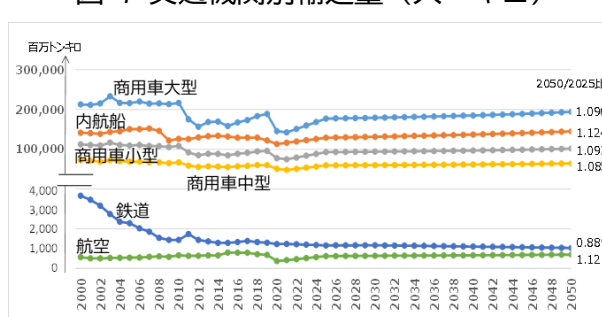


図 9 交通機関別輸送量（トン・キロ）

(3) 脱炭素シナリオの設定、CO2 排出量等の推計

① 交通産業の脱炭素シナリオの概要

現在の脱炭素の現状や政府目標、業界団体などが表明している目標を考慮し、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 (BE：分岐 3 ケース)」、全交通モードで 2050 年に CO2 排出量 (TtW) 0 を達成する「ゼロエミッション (ZE)」、2050 年の CO2 排出量(TtW)が 2013 年比▲90%になると設定¹した「カーボンニュートラル (CN)」の 6 つのシナリオを設定した。なお、なりゆきシナリオおよび BE シナリオは足元データや現状政策からの積み上げとして「フォアキャスティング」にてシナリオ設定を行い、CN シナリオおよび ZE シナリオは、2050 年の目標値から「バックキャスティング」にてシナリオ設定を行った。

各シナリオは交通機関に導入される機器の側面から設定した「機器・燃料導入（燃料転換）シナリオ」とその背景にある社会をエネルギー利用の側面から設定した「エネルギー・燃料シナリオ」から構成されている。

表 1 脱炭素シナリオ概要

		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
Best Effortシナリオ (公表済み政策・業界目標ベースのシナリオ)	②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、特に電化が進展するシナリオ	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
	③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
	④合成燃料活用	なりゆきシナリオ程度のパワ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
⑤カーボンニュートラルシナリオ		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機器・燃料転換が進むシナリオ 2050年のCO2排出量(TtW)は、2013年比▲90%と設定(残余排出はネガティブエミッションにて相殺することを想定するが、その除去量やコストは未考慮)	電化、水素活用に加え、合成燃料により最終的にカーボンニュートラル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
⑥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機器・燃料転換が進むシナリオ 2050年のCO2排出量(TtW)は、0と設定。	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

各モードの燃料転換に必要な機器の導入に関してシナリオ別に傾向をまとめたものを表 2 に示す。機器入れ替え時に電化、水素利用の機器の比率や、合成燃料の導入率に違いを設けてシナリオを設定している。

機器の燃費に関しては全シナリオ共通であるが、モード別に内燃機関も含め一定の数値まで年々改善していく設定としている。また、輸送機器のリプレイス率に関しては、全シナリオ共通でモード別に統計データを参考として一定の期間を設定した。

なお、トラックに関しては、大型と小型で導入される機器・燃料の傾向が大きくことなることが想定されるため、大型トラック・小型トラックに分けて燃料転換シナリオを設定した。

¹ EU では運輸部門の排出量目標が基準年(1990 年)比で▲90%であることを参考に設定した。ただし、カーボンニュートラルを実現するためには、残余排出をネガティブエミッションにて相殺することになるが、本シナリオ分析では、ネガティブエミッションによる除去量やそのコスト等については検討していない。

表 2 シナリオ別、交通モード別燃料転換シナリオ

	①なりゆき (現状考慮)	②電化中心	③水素活用	④合成燃料活用	⑤カーボンニュートラル	⑥ゼロエミッション
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	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	小型トラック、大型トラック合わせて2050年でBEVとPHEVの新車販売台数割合は3割程度	小型トラックは2050年の約100%がBEV(一部FCEV)の見通し	小型トラックは2050年の約100%がBEV(一部FCEV)の見通し	小型トラックは現状考慮シナリオ目安で切り替えが進む バイオディーゼル燃料の導入が進む。	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	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
	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。	大型トラックは2030年までにストックでEV5000台が導入され、2050年まで拡大を見込む	大型トラックは2030年までにストックでFC5000台が導入され、2050年まで拡大を見込む	大型トラック現状考慮シナリオ目安で切り替えが進む		
		2030年ごろまでにEVバスがストックで10000台導入	2030年ごろまでにFCバスがストックで1200台導入	バスは2030年以降合成燃料の導入拡大		
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、機器入れ替えが進む。合成燃料の導入拡大も実施	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の導入割合が約60%となる	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年以降で合成燃料の導入が拡大、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	③にてCN達成	③にてCN達成

② 各シナリオのストック台数

シナリオ別の技術導入に合わせて機器の入れ替えが進んだ場合の機器ストック台数を図 10 に示す。ICEV については化石燃料のみを使用する機器と合成燃料のみを使用し CO2 排出 0 の機器とに分けて表示する。なお、ここではなりゆきシナリオと CN シナリオのみについて示す。

■化石燃料 ■EV ■水素 ■合成燃料

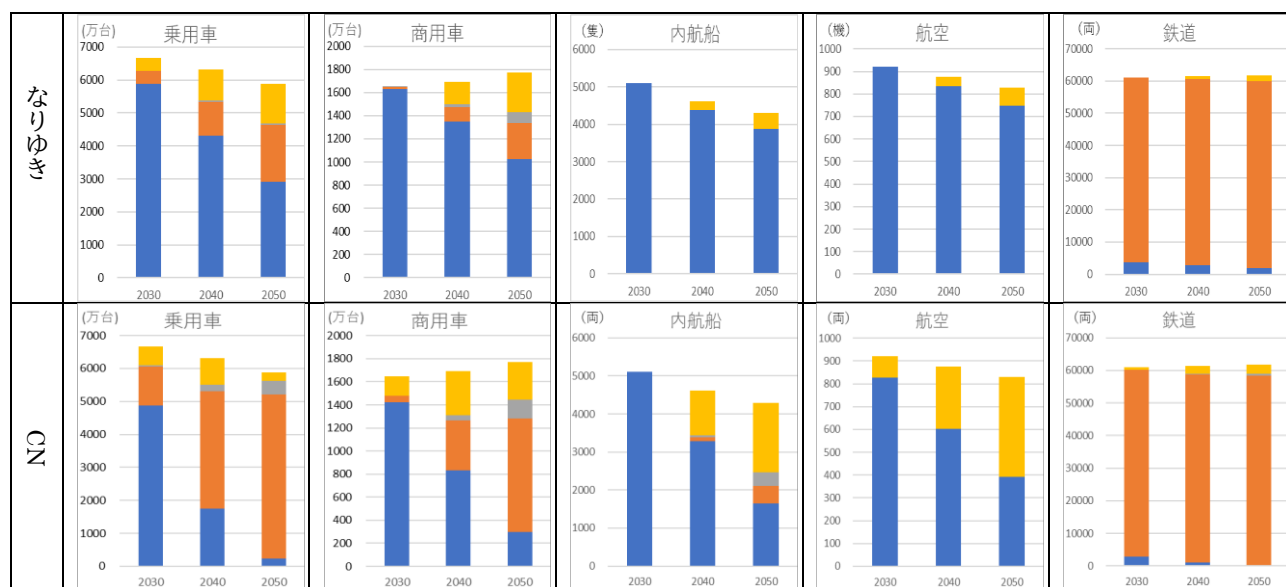


図 10 なりゆきシナリオ(上段) CN シナリオ(下段)における機器ストック数

③ 各シナリオでの燃料消費量

各シナリオの機器ストックに沿って燃料消費量の計算を行った。計算結果はシナリオごとにグラフで示す。燃料の換算は、ガソリン：33.31MJ/l 軽油：38.04 MJ/l 合成燃料：35.68MJ/l 電力：3.60MJ/kwh 水素：120.40MJ/kg として計算を行った。なお、本推計では、「合成燃料」にバイオ燃料も含んでおり、図 11 の合成燃料はバイオ燃料も含んだ燃料消費量を示す。

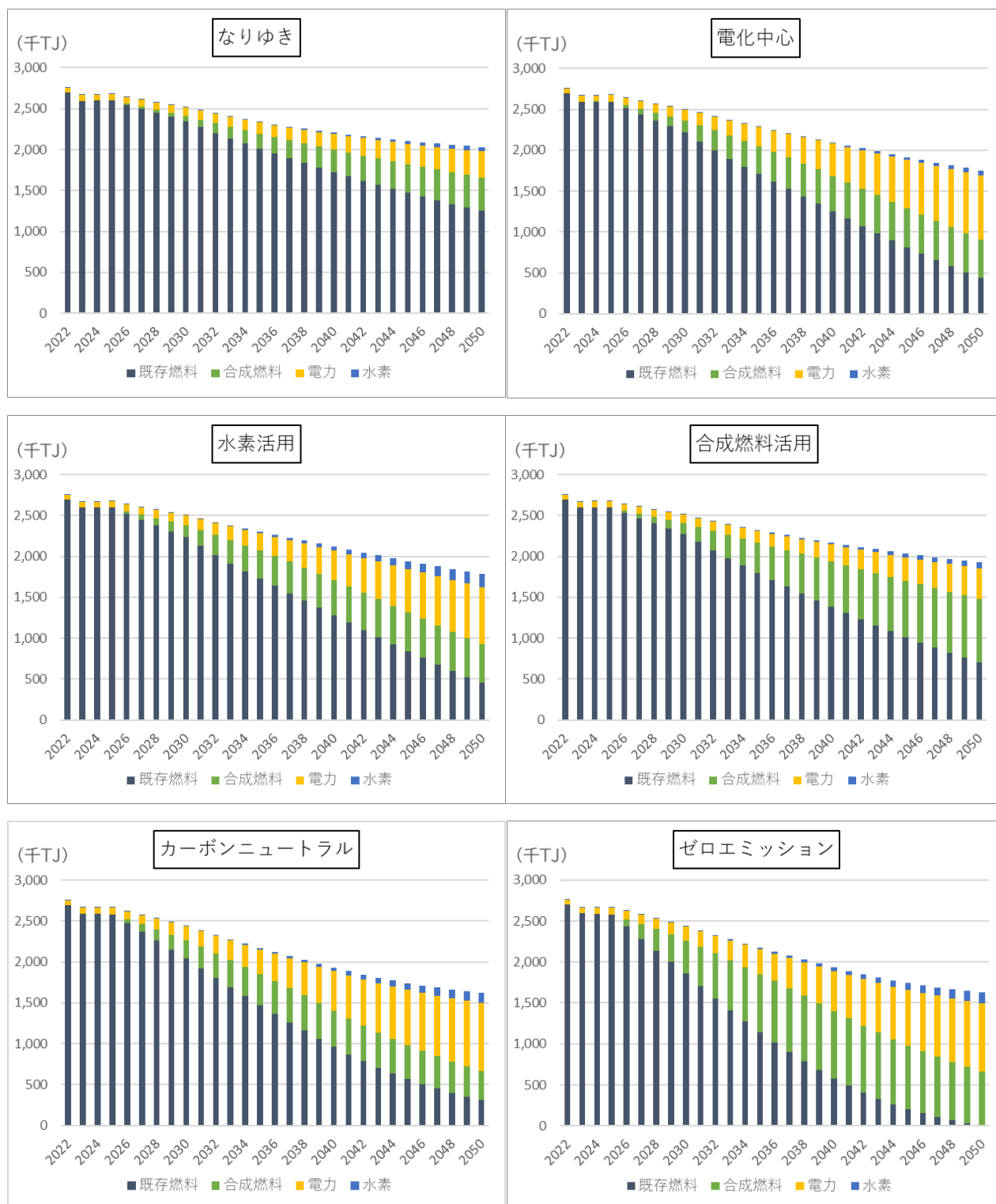


図 11 シナリオ別 燃料別 総消費エネルギー

④ CO2 排出量の推計結果

各シナリオ別の CO2 排出量の推移（計算結果）を図 12 に示す。なお、本試算においては TtW 排出量を計算している。そのため電力、水素、合成燃料を用いる機器については CO2 排出量を 0 と設定している。

図 12 を見ると、2030 年、2040 年ともに目標・目安を達成するのはカーボンニュートラル及びゼロエミッションシナリオの 2 つのみであり、BE シナリオのいずれも 2030 年及び 2040 年の削減目標を達成できない結果となった。また、2050 年時点においては、なりゆきシナリオでは 2013 年比で 88 百万トン（約 40%）残余、BE シナリオでは 31～50 百万トン（約 15～20%）残余する結果となった。

この結果から、各年次での目標達成及び 2050 年カーボンニュートラル達成のためには各交通モードが現在の目標や政策以上に燃料転換を進めることが必要と言える。

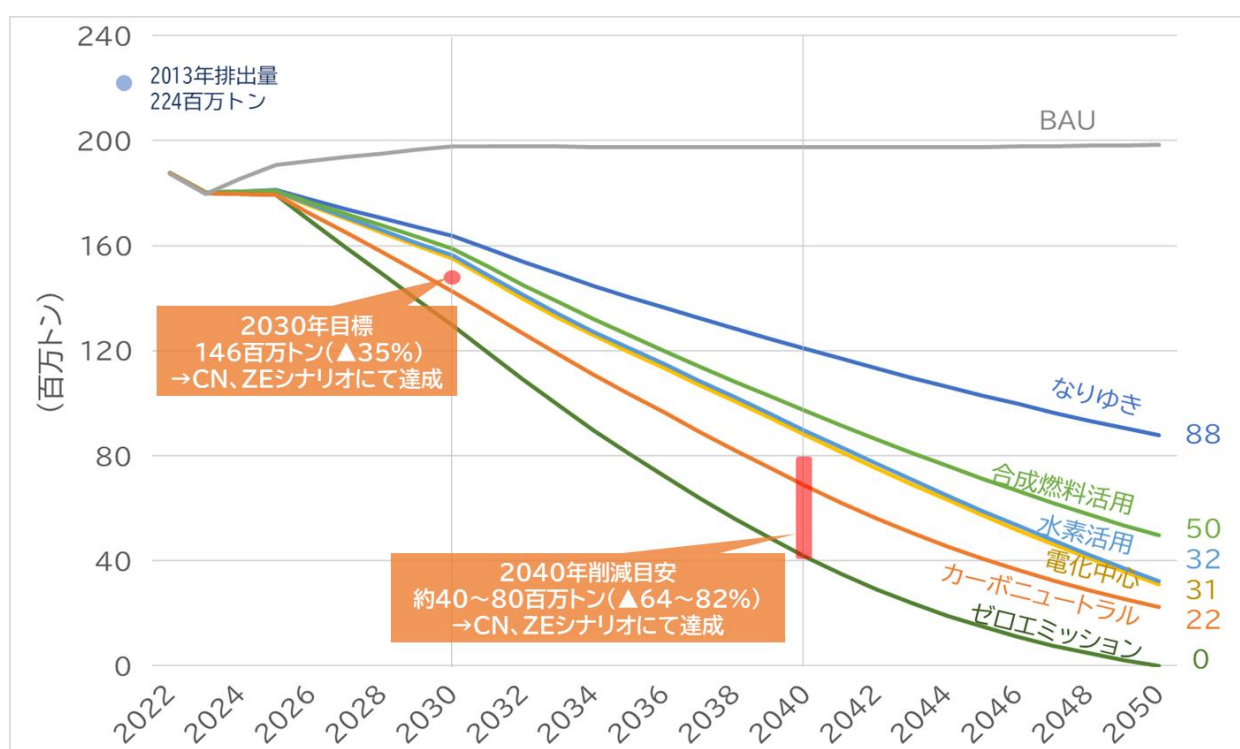


図 12 シナリオ別 CO2 排出量の推移

(4) 脱炭素コストの推計

① 脱炭素コスト試算対象項目と目的

新たな機器や設備を導入する場合において検討される総保有コストには様々なものがあるが、本検討では明示的に試算可能な初期投資にかかる「輸送機器コスト」と「供給設備コスト」並びに維持・運用にかかる「燃料コスト」に関してシナリオごとに算出し、なりゆきシナリオと他の各シナリオにおける差分によって脱炭素化によって追加的に掛かるコスト（追加脱炭素コスト）を試算した。また、参考として各シナリオにおいて交通分野に係るカーボンコストを試算した。

なお、本検討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であり、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、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。

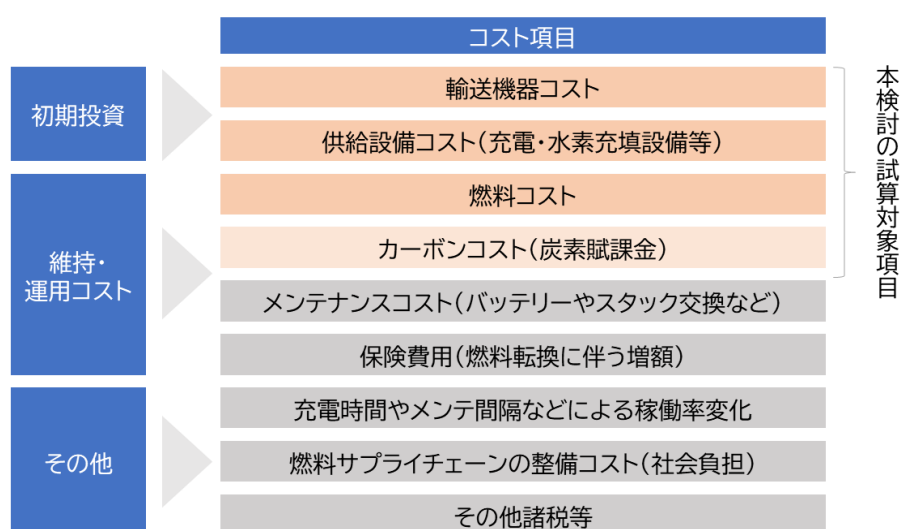


図 13 本検討における試算対象項目

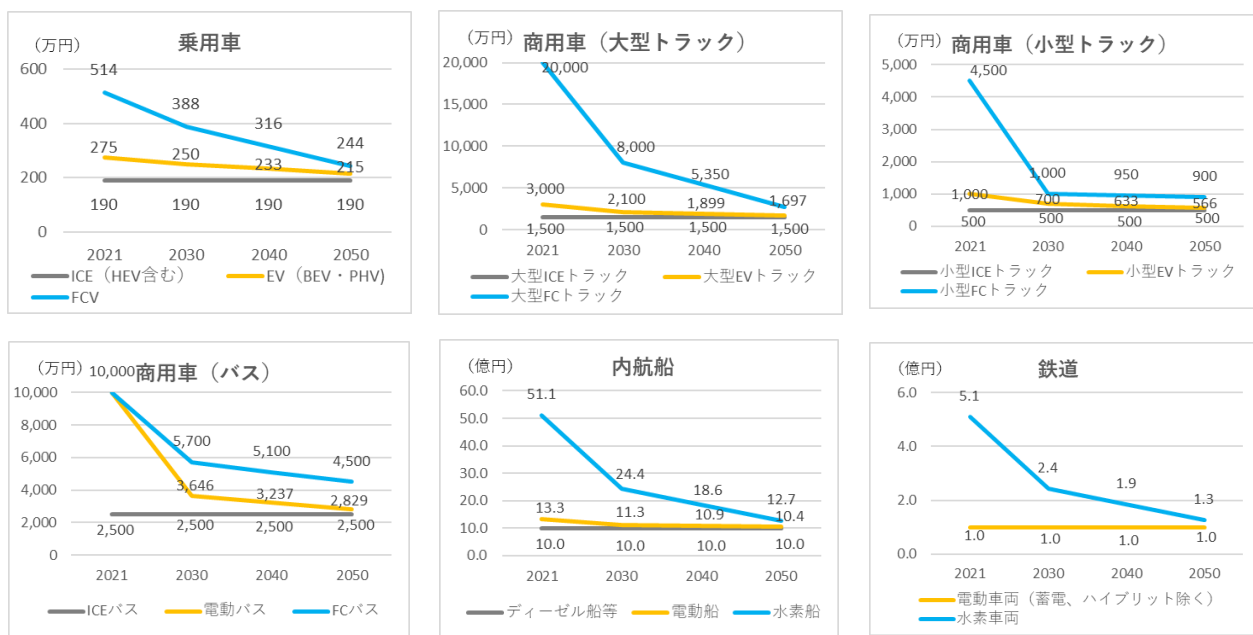
② 各コストの単価の設定

1) 輸送機器コスト

乗用車及び商用車 EV、FCV は、既存の市場価格を基に、政府目標や先行研究による将来の価格目標や想定に向かって線形でコスト低下が進むと設定した。電動船・水素船及び鉄道の水素車両は、既存の価格が存在しないため、大型 ICE トラック対する大型 FC トラックの機関部のコストの増加率を既存船及び鉄道の通常車両の機関部のコストに乘じることで算出した。

また、輸送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、シナリオごとのコスト設定は行っておらず、全シナリオ共通の単価とした。

上記を踏まえた各交通モードの輸送機器コストの単価の設定は図 14 の通りである。



注) 内航船の足元の価格に関しては、主に新型燃料機器への転換が予測される、999G/T以下の船型のコストを想定した
 注) 航空機は新たな機器導入を想定しないため輸送機器コストは考慮しない

図 14 交通モード別輸送機器コスト単価の設定

2) 供給設備コスト (充電設備・水素充填設備・給油設備)

交通モード別に充電設備・水素充填設備・給油設備の導入コスト単価を、文献調査により表 3 の通り設定した。充電設備と水素充填設備は、需要量が多くなれば価格が低減されていくと仮定して低減率をシナリオ別に設定した。

表 3 交通モード別供給設備コスト単価の設定 (単位: 万円)

供給設備		シナリオ	足元価格	2030 年	2040 年	2050 年
充電設備	普通	なりゆき・水素中心・合成燃料中心	64	54	52	52
		電化中心・ZE・CN		47	43	43
	急速	なりゆき・水素中心・合成燃料中心	730	590	550	550
		電化中心・ZE・CN		480	430	430
	船用	なりゆき・水素中心・合成燃料中心	5,280	4,260	3,980	3,980
		電化中心・ZE・CN		3,450	3,090	3,090
水素充填設備	乗用車	なりゆき・電化中心・合成燃料中心	33,000	25,000	21,100	21,100
	タクシー	水素中心・ZE・CN		19,800	13,900	13,900
	バス	なりゆき・電化中心・合成燃料中心	75,800	57,600	48,500	48,500
		水素中心・ZE・CN		45,500	31,800	31,800
	内航船	なりゆき・電化中心・合成燃料中心	94,400	71,800	60,400	60,400
	鉄道	水素中心・ZE・CN		56,700	39,700	39,700
給油設備		全シナリオ共通	3,000			

注) 充電設備にはキュービクルの導入費用 (2,300 万円/320kWh、2050 年迄一定) を加算した。

注) 航空機は電気・水素航空機が導入されないため、鉄道の蓄電池車両は導入台数が僅かであるため試算の対象外とした。

3) 燃料コスト

燃料コストの試算対象は、原料・製造コストと供給コストとした。ガソリンにはガソリン税等がかけられていることから、水素や合成燃料等脱炭素燃料が一般的に普及された場合、同様の諸税がかけられる可能性があるが、将来の税制度が不明であるため燃料にかかる諸税は本推計には含めないこととした。

化石燃料のコストは一般社団法人日本エネルギー経済研究所（IEEJ）の国際エネルギー価格想定²を用いて、電気のコストは公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）の価格想定³を用いて、全シナリオ共通で設定した。水素燃料コストは、水素基本戦略における将来の価格目標を用いて、燃料の需要量が多くなれば価格が低減されていくと仮定してシナリオ間でコスト差をつけて設定した。合成燃料コストは、水素燃料コストと CO2 回収・投入コスト、製造コスト、流通コストに分け、CO2 回収・投入コスト、製造コスト、流通コストは全シナリオで一定とし、シナリオごとに設定した水素燃料コストに連動して変化することとした。

上記を踏まえた燃料コストの設定を表 4 に示す。水素・合成燃料は、シナリオに応じて大きくコスト設定が異なる。特に水素活用及び ZE シナリオは、なりゆきシナリオの半額以下となっている。

表 4 シナリオ別燃料コストの単価の設定

		化石燃料	電気	水素	合成燃料	水素・合成燃料の単価推移グラフ
なりゆき	2030 年	72 円/l	34.9 円/kWh	1200 円/kg	729 円/l	
	2040 年	78 円/l		922 円/kg	570 円/l	
	2050 年	82 円/l		644 円/kg	499 円/l	
Best Effort	電化中心	2030 年	34.9 円/kWh	643 円/kg	412 円/l	
		2040 年		532 円/kg	348 円/l	
		2050 年		421 円/kg	373 円/l	
	水素活用	2030 年	34.9 円/kWh	421 円/kg	285 円/l	
		2040 年		365 円/kg	253 円/l	
		2050 年		310 円/kg	309 円/l	
	合成燃料活用	2030 年	34.9 円/kWh	643 円/kg	412 円/l	
		2040 年		532 円/kg	348 円/l	
		2050 年		421 円/kg	373 円/l	
ZE・CN	2030 年	72 円/l	34.9 円/kWh	421 円/kg	285 円/l	
	2040 年	78 円/l		365 円/kg	253 円/l	
	2050 年	82 円/l		310 円/kg	309 円/l	
考慮しているコスト	原料及び製造コスト	IEEJ 参照	発電限界費用	政府想定 CIF 価格参照	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	供給拠点までの輸送コスト	

² 日本エネルギー経済研究所「IEEJ Outlook 2024」

³ 地球環境産業技術研究機構「2050 年カーボンニュートラルのシナリオ分析（中間報告）」

③ 供給設備台数の推移

燃料消費量の見通しと充電・充填・給油設備の1台当たりの年間平均出力から、充電・水素充填・給油設備の台数の見通しを試算した。なお各供給設備の年間平均出力の前提は表5の通りであり、2050年まで一定と仮定し、出力性能の向上は想定していない。

表5 供給設備の年間平均出力の設定

		1時間あたり出力	最大年間出力	稼働率(%)	年間平均出力
充電設備	普通充電器	8 kWh	70 千 kW/年	20	14 千 kW/年
	急速充電器	50 kWh	428 千 kW/年	20	88 千 kW/年
	内航船用充電器	338 kWh	3,495 千 kW/年	20	591 千 kW/年
水素充填設備	乗用車・タクシー	27 kg/h	236 千 kg/年	20	47 千 kg/年
	バス・トラック	108 kg/h	944 千 kg/年	20	189 千 kg/年
	内航船・鉄道	155 kg/h	1,360 千 kg/年	10	272 千 kg/年
給油設備	乗用車・商用車	自動車燃料消費量÷給油設備数により年間平均出力を算出。 (給油施設一店舗あたりの給油設備の数は5と仮定)			0.361 千 kl/年

注) 水素 1kg→11.14Nm³に基づき変換

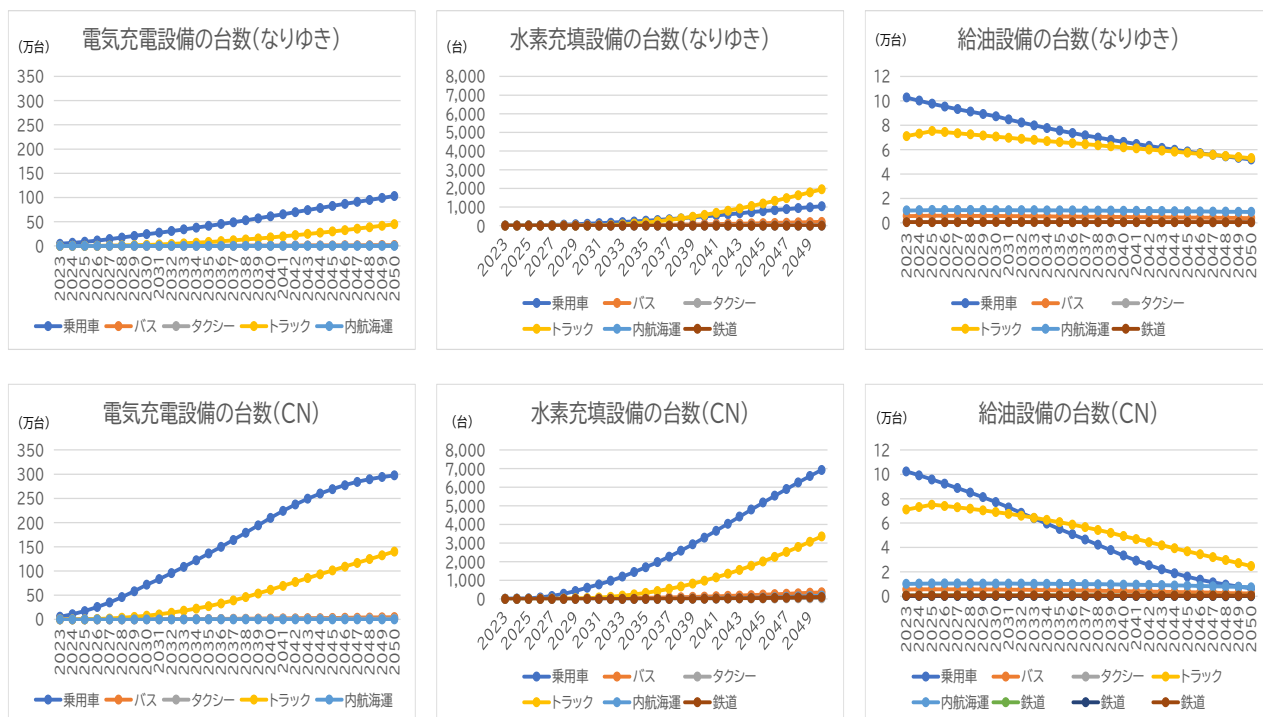


図 15 交通モード別供給設備台数の推移 (CN シナリオとなりゆきシナリオ)

④ 脱炭素コスト（輸送機器+供給設備+燃料）の試算結果

将来の輸送量に対する必要輸送機器台数、必要燃料量、必要供給設備台数に、2章（4）②で設定した単価を乗じて、将来の脱炭素コスト（輸送機器+供給設備+燃料コスト）を試算した。なお、供給設備は、交通事業者だけでなく、他業種事業者や行政が整備するケースもあるため、供給設備コストを除いた結果も試算した。

追加脱炭素コスト（なりゆきシナリオとの差額）の2024-2050年の累計は、BEシナリオで約25～60兆円、ZEシナリオで約121兆円、CNシナリオで約77兆円と非常に高額である。交通事業者が脱炭素の取組を進めるには、脱炭素コストの大幅な低減が不可欠である。

追加輸送機器コストの推移をみると、各シナリオ全て2040年～46年がピークであり、BEシナリオの中では水素活用シナリオが高い。追加脱炭素コスト（輸送機器+供給設備+燃料）の推移をみるとCNシナリオでは2043年をピークに以降減少する。

表 6 脱炭素コスト（輸送機器+供給設備+燃料）の2024年～2050年累計

単位:兆円	なりゆき	Best Effort			ゼロ エミッション	カーボン ニュートラル
		電化中心	水素活用	合成燃料活用		
輸送機器コスト	482	505	522	489	536	536
供給設備コスト	24	40	43	27	44	44
燃料コスト	255	276	248	270	302	259
脱炭素コスト (輸送機器+供給設備 +燃料)	761	821	813	786	882	838
追加脱炭素コスト(なりゆきとの差額)		60	52	25	121	77

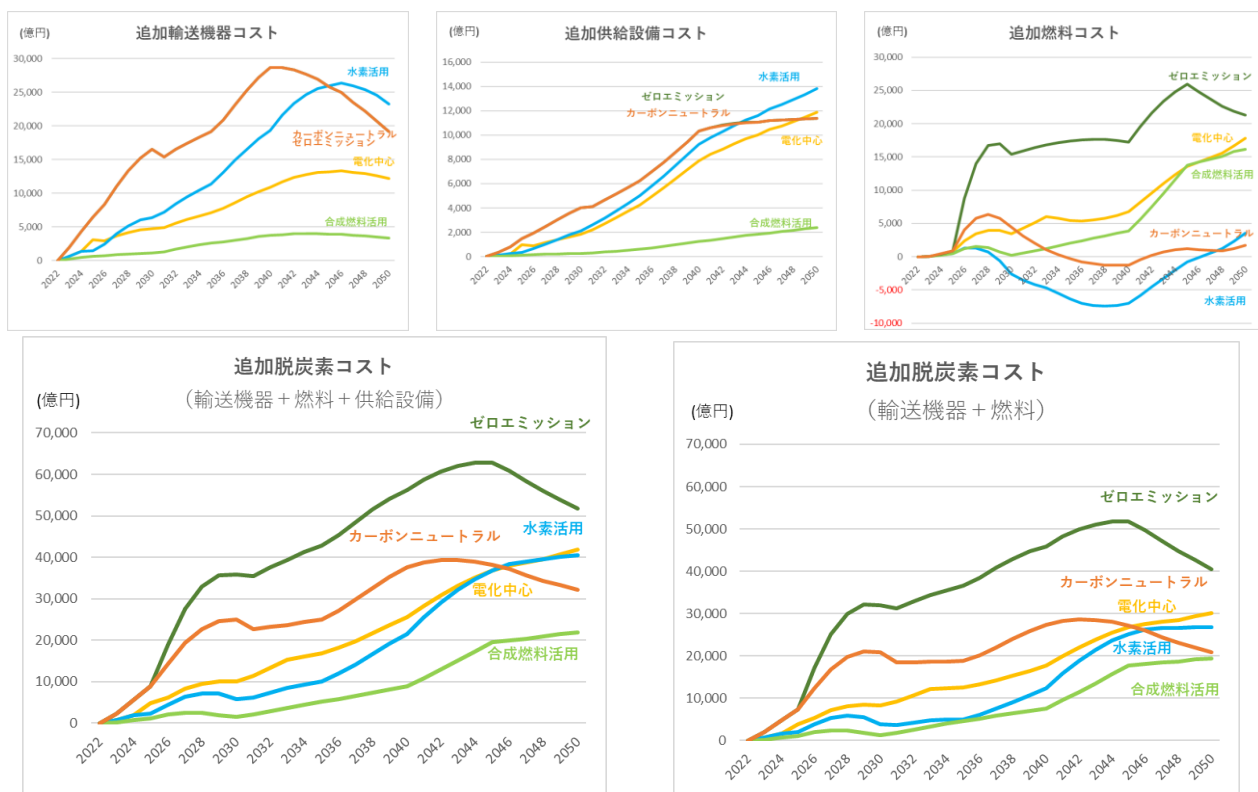


図 16 追加コスト（なりゆきシナリオとの差額）の推移

⑤ CO2 削減量あたりの追加脱炭素コスト（CN シナリオ-なりゆきシナリオ）

CN シナリオにおいて、交通モード別に各年の追加脱炭素コスト（輸送機器＋供給設備＋燃料）及び追加 CO2 削減量（いずれもなりゆきシナリオとの差分）から、当該年度単年の CO2 削減量あたりの追加脱炭素コスト（マージナルコスト）を試算した。

CN シナリオの CO2 削減量あたりの追加脱炭素コストは、なりゆきシナリオよりも燃料コストの単価が低い想定にも関わらず、全交通モードの合計で5～7万円に達する。

モード別にみると、乗用車は、EV 保有割合拡大により、燃料コストが大幅に低下し、なりゆきとコストが逆転する。商用車は、燃料転換に伴い 2040 年に増加するが、輸送機器・燃料コスト低下により 2050 年には減少する。内航船・航空は、合成燃料コストと需要の影響により、2040 年にコストは一旦下がるが、再度増加する。鉄道は、水素充填設備コストの影響により 2050 年は 2040 年と比較して増加する結果となった。

表 7 追加脱炭素コスト（輸送機器＋供給設備＋燃料）及び追加 CO2 削減量（CN-なりゆき）

	追加脱炭素コスト(億円)			追加 CO2 削減量(万 t-CO2)		
	2035 年	2040 年	2050 年	2035 年	2040 年	2050 年
合計	25,032	37,644	32,240	3,694	5,231	6,552
乗用車	9,776	10,656	-3,507	1,943	2,664	2,847
商用車	13,699	24,856	30,963	1,445	2,069	2,846
内航船	402	835	1,856	92	201	443
航空	1,116	1,261	2,882	196	273	392
鉄道	39	37	45	17	24	24

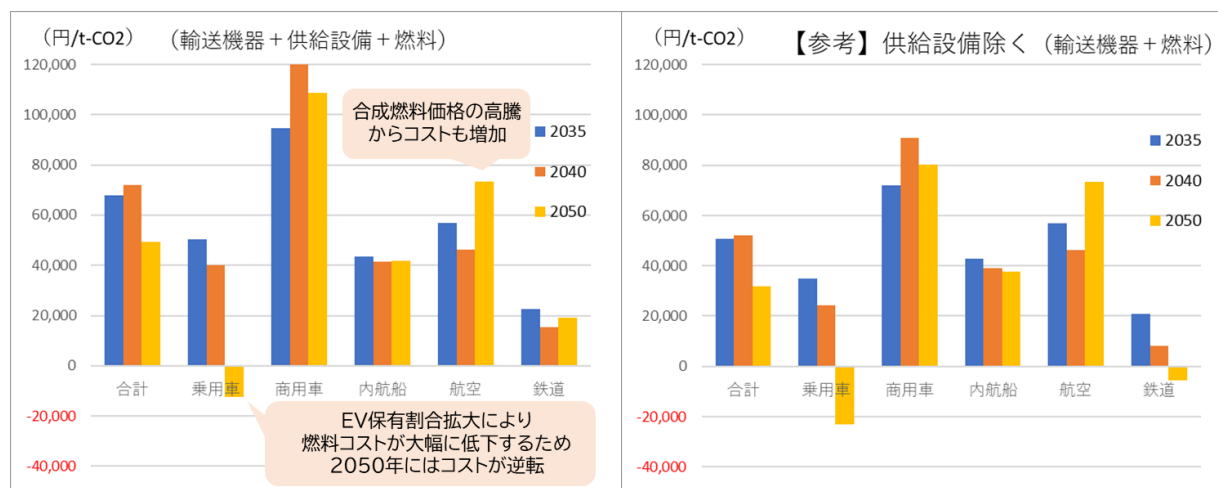
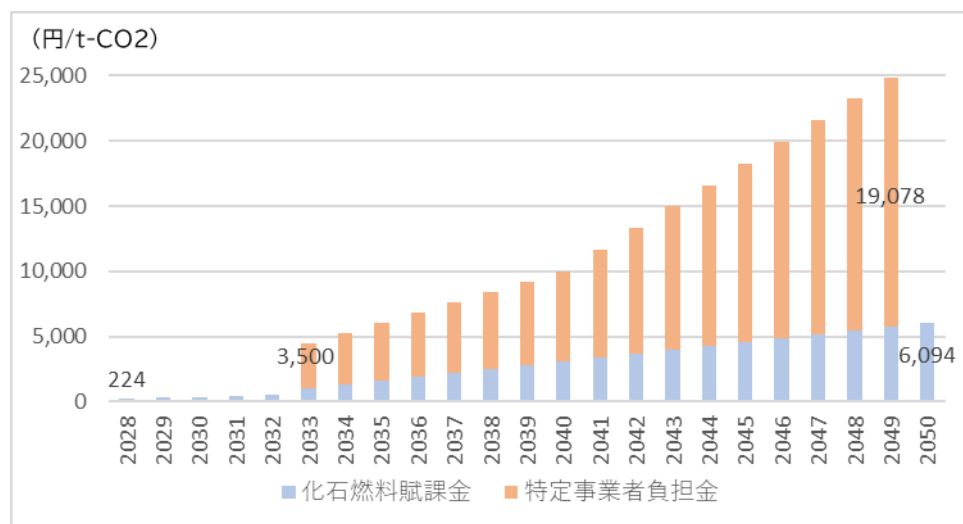


図 17 CO2 削減量あたりの追加脱炭素コスト（CN シナリオ-なりゆきシナリオ）

⑥ カーボンのコストの想定

カーボンのコストは、GX 移行債の償還財源に係る化石燃料賦課金、特定事業者負担金を算入することとした。賦課金等の t-CO₂ 当たりの単価の想定は、一般社団法人日本エネルギー経済研究所（IEEJ）が行った試算の 90%削減ケースを採用した。カーボンのコストの試算結果を表 8 に示す。

なりゆきシナリオでは、2050 年迄の累計で約 25 兆円の課金額を負担することとなるため、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 6.6～9.5 兆円、ZE は約 18.8 兆円、CN は約 13.1 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となった。



注) 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」（排出量 90%削減ケース）に基づき設定

図 18 カーボンのコストの単価推移

表 8 交通分野にかかるカーボンのコスト（2024 年～2050 年累計）

(単位:兆円)	なりゆき	Best Effort			ゼロ エミッション	カーボン ニュートラル
		電化中心	水素活用	合成燃料活用		
交通分野にか かるカーボンの コスト	25.1	15.6	16.0	18.5	6.3	12.0
(TtW ベース)	なりゆきとの差	9.5	9.1	6.6	18.8	13.1

3. 交通産業の脱炭素化による経済影響の分析

(1) 交通産業の営業利益及び運賃への経済影響分析

2章で算出した追加の脱炭素コスト（機器導入コスト、燃料コスト、供給設備コスト）を各交通モード別に算出し、事業者に係る輸送量（人・キロ／トン・キロ）あたりの平均的な追加脱炭素コストを推計する。その追加脱炭素コストを事業者が全額自己負担した場合の営業利益の変化、並びに追加脱炭素コストを全額運賃・送料に転嫁した場合の運賃上昇率を推計した。

① 輸送量当たりの追加脱炭素コスト

脱炭素化に取り組むことで追加的にかかるコストを計算するため、CN シナリオにおける脱炭素コスト（輸送機器＋燃料＋供給設備コスト）と、なりゆきシナリオにおける脱炭素コスト（輸送機器＋燃料＋供給設備コスト）の差分として、追加脱炭素コストを算出した。さらに、モード別の追加脱炭素コストを輸送量（人・キロ／トン・キロ）で割ることで、輸送量当たりの追加脱炭素コストを算出した（図 19 左図）。なお、供給設備は、交通事業者だけでなく、他業種事業者や行政・自治体が整備するケースもあるため、供給設備コストを除いた結果も試算した（図 19 右図）。

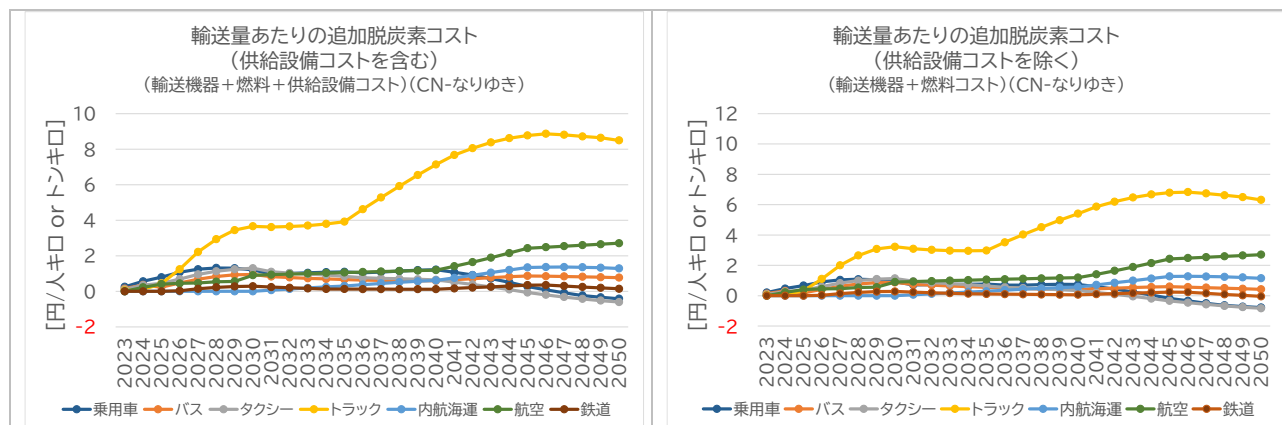


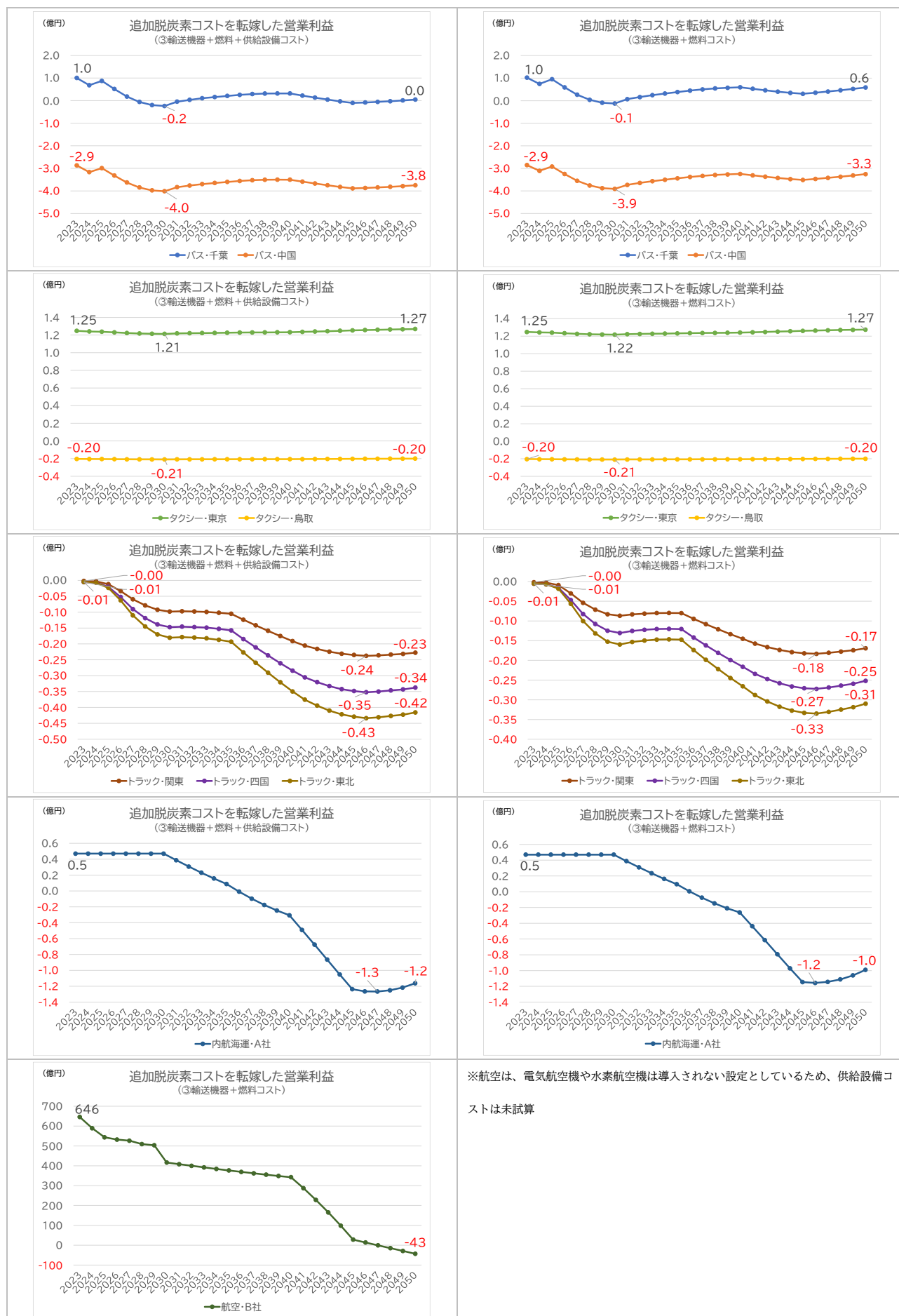
図 19 輸送量当たりの追加脱炭素コスト

② 営業利益への影響分析

上記追加脱炭素コストを各事業者（交通モード別、地域別）が全額自己負担した場合の営業利益の変化を推計した。足元の営業利益は 2016～2018 年度の各事業者の営業利益の平均値を使用し、その営業利益に追加脱炭素コストが営業費用として追加されるとして推計した。

バス、タクシー、トラックは、ブロック別または都道府県別の営業利益を事業者数で割ることで、1 事業者あたりの営業利益を算出した。内航海運は外航船を含まない事業者から選出した。航空は国内の事業者における、国内線の営業利益を推計した。鉄道は地方圏においても様々な経営環境の違いがあることから複数の事業者を選定し、それぞれ推計した。

図 20 に、交通モード別の営業利益の推移の推計結果を示す（左図は供給設備コストを含んだもの、右図は供給設備コストを除いたもの）。追加脱炭素コストを交通事業者が全額負担した場合、全交通モードで経営が悪化した。特に、トラック・バス・内航海運・航空では、営業利益の減少幅が大きい結果となった。なお、バス・トラック・内航海運は供給設備による影響が他のモードと比べて大きく、供給設備コストを含んだ場合、営業利益がより減少する結果となった。



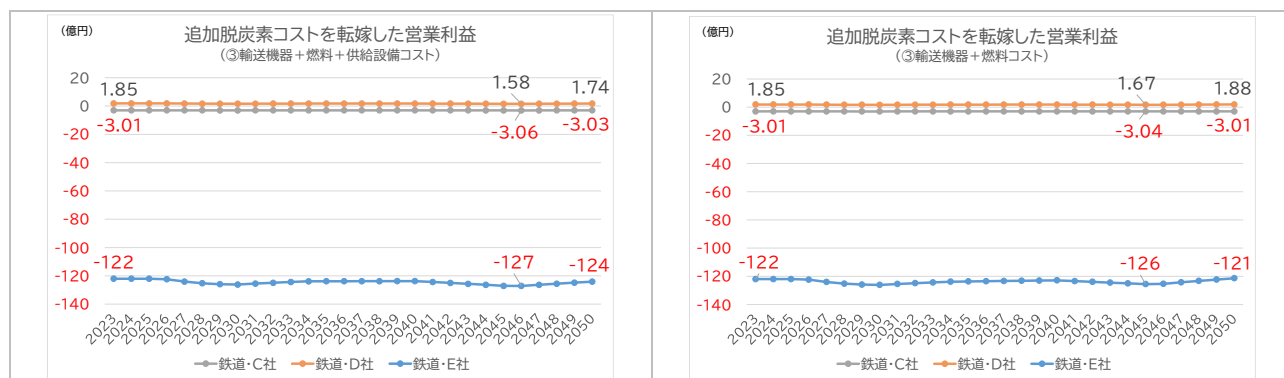


図 20 追加脱炭素コストが加わった場合の事業者の営業利益の推移

③ 運賃への影響分析

追加脱炭素コストを全額運賃・送料に転嫁した場合の増加率は、図 21 のようになった。左図は供給設備コストを含んだ増加率、右図は供給設備コストを除いた増加率である。

運賃・送料は、モード毎に傾向は異なるが、ピークは1.00～1.25倍となった。バス、トラック、内航海運、航空では、ピークが概ね1.1倍以上（10%増）となり、運賃・送料への影響が比較的大きい結果となった。バスは2030年頃に運賃のピークを迎え、その後低下したのち、2045年頃に再度上昇する。これは、バスの燃料コストが2030年頃にピークを迎え、輸送機器コストが2045年頃にピークを迎えるためである。トラック・内航海運・航空は2045年頃に運賃・送料のピークを迎え、上昇幅が比較的大きい。これらは、輸送機器コストの上昇幅が大きいためである。

一方、タクシー・鉄道では、ピークが1.00～1.02倍となり、運賃・送料への影響が比較的小さい結果となった。タクシーは導入されるEV・FCV車両の数が少なく機器コストも比較的低いためであり、鉄道は導入されるEV・FCV車両の数が少ないため、輸送機器コストが低いためである。

また、バス・トラックはEV・FCV車が多く導入される設定となっているため、供給設備コストを含む場合の運賃・送料の上昇幅が比較的大きい結果となった。さらに、地方の方が都市部と比較して、運賃の上昇幅が大きい結果となった。

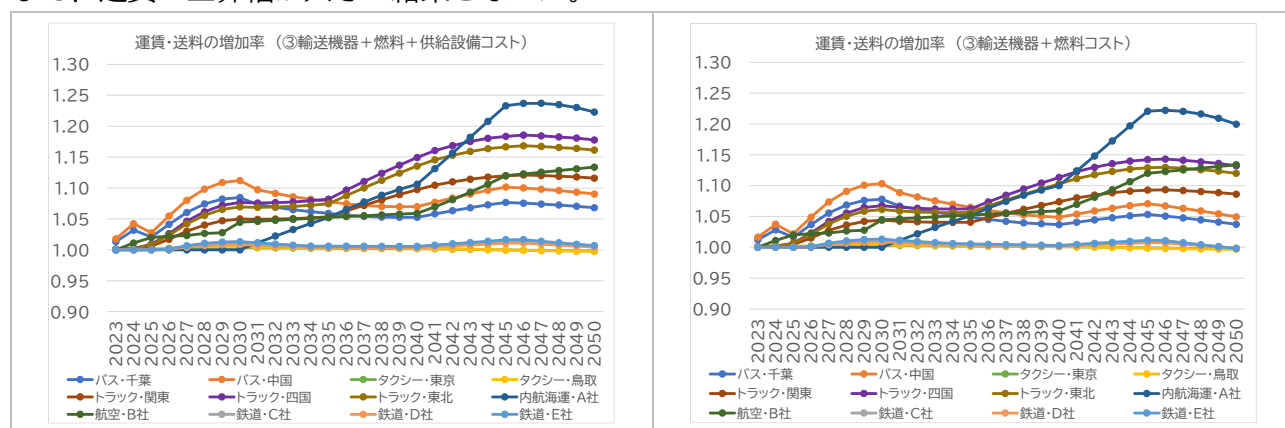


図 21 運賃・送料の増加率の推移

(2) 他産業への経済影響分析

① 効果・影響の帰着構成表を利用した影響整理

1) 効果・影響の帰着構成表と経済波及効果分析

交通部門のGXに伴い必要となる各交通モードでの燃料転換は、関係のある他部門にも影響する。その全体像を、外部経済（取引を伴わない影響）的な要素も含めて定性的に整理するため、「効果・影響の帰着構成表」を作成し、項目別にプラスの効果・マイナスの効果を整理した。また、一部の要素は、産業連関表を用いた経済波及効果分析にて経済効果を定量化した。

2) 効果・影響の帰着構成表の概要

主体は輸送機器の持ち主（世帯や交通事業者等）を主軸として、運輸部門、国及び事業場所の地域、他の産業部門とに分類し、それぞれで関係のある主体を挙げた。産業部門では直接取引のある車両製造企業や燃料販売企業以外に 2 次的な影響のある部品製造企業も影響範囲として表に上げている。

要素では大きく経済と環境に分け、経済は更に車両、設備とその他に分類し、燃料転換によって影響のあることを想定し記載している。

参考文献：「便益帰着構成アプローチの現状と発展方向について」
運輸政策研究 Vol.2 No.2 1999 Summer

機器の所有者を主として、関連企業（一部はサプライチェーンまで）を記載

乗用車(自家用)EV・FCVの帰着構成表

要素	主体	産業部門													
		運輸部門				産業部門									
		世帯	道路管理者	国・地方自治体	地域社会・周辺住民	車両製造企業(乗用車)	エンジン・自動車部品(自動車部品・同附属品)	モーター(産業用電機機器)	バッテリー(その他の電気機械)	燃料電池(化学最終製品)	水素タンク(プラスチック製品)	供給設備製造企業(産業用電機機器)	燃料販売企業	電力	水素
経済	車両	車両購入	-			+	-	+	+	+	+				
		車両のメンテ	-				-	+	+	+	+				+
		法定点検	+												
	設備	燃料購入	+										+	+	-
		車両廃棄	-												
		電力・水素・合成燃料等供給設備	-									+			
	その他	道路の補修費		-											
		橋梁の補修費		-											
環境	その他	保険	-												
		CO2			+	+									
		NOx, SOx			+										
		騒音 振動													

メリット、デメリットの他に産業連関表で定量化可能なものは金額を記載

ICEとEV・FCVの比較によるメリット、デメリットを記載

図 22 帰着構成表の構成

各要素に対し主体が受ける影響を＋・－で表示した。

判断基準は利益の有無ではなく、燃料転換前と比べ収入や快適性が上がれば「＋」、下がれば「－」、支払いや作業量が増えれば「－」、減れば「＋」を記載することとした。燃料などその時々によってメリットにもデメリットにもなる場合は「±」と表記した。以下に一例として EV・FCV 乗用車の帰着構成表を示す。

要素			主体		運輸部門		地域社会・周辺住民	産業部門										
					世帯	道路管理者		車両製造企業(乗用車)	車両部品製造企業					供給設備製造企業*	燃料販売企業			
			エンジン・自動車部品(自動車部品・同附属品)	モーター(産業用電気機器)					バッテリー(その他の電気機械)	燃料電池(化学最終製品)	水素タンク(プラスチック製品)	電力	水素		合成燃料等	現行燃料		
経済	車両	車両購入	—			+	—	+	+	+								
		車両のメンテ	—				—	+	+	+								
		法定点検	+															
		燃料購入	+ ± **									+	+		—			
		車両廃棄	—															
	設備	電力・水素・合成燃料等供給設備	—									+ *						
		道路の補修費		—													+	
		橋梁の補修費		—													+	
	その他	保険	—													+		
環境		CO2			+													
		NOx, SOx			+													
		騒音	+		+													
		振動	+		—													

(注) 赤字はEVのみ、青文字はFCVのみ

(注) モーター(産業用電気機器)は、EV・FCV分が増える一方、ICEVの自動車部品に組み込む分が減るため、全体では減少する。

*ガソリンスタンドの減少分は含まない

**足元時点ではマイナス、将来の水素価格の下落によりプラス

図 23 EV・FCV 乗用車の帰着構成表(+-表)

② 産業連関表を用いた経済効果推計

1) 自動車、充電設備の最終需要がもたらす経済波及効果

交通産業の脱炭素化による他産業への経済影響を定量化するため、早稲田大学・スマート社会技術融合研究機構・次世代科学技術経済分析研究所「2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表」を利用して ICEV・HV、EV・PHV、FCV、及び充電施設生産に必要な原材料等の投入比率を設定し、自動車(乗用車およびトラック・バス)の最終需要がもたらす経済波及効果を推計した。産業連関分析のための計算方法は、総務省「平成 27 年(2015 年)産業連関表(ー総合解説編ー)」を参考とした。なお、水素充填施設生産は使用した産業連関表に反映されていないので推計していない。

CN シナリオおよびなりゆきシナリオにおける各車種の輸送機器・供給設備コストを最終需要として、それがもたらす生産誘発額および輸入誘発額を推計した。ここで、各産業部門の投入構造および輸入率は 2015 年から将来も変化せず一定であり、投入量と生産量は線的な比例関係にあるという仮定を前提とする。また、この計算ではスケールメリットは考慮していない。

各シナリオにおける機器・供給設備の最終需要を表 9 に、それらの最終需要がもたらす経済波及効果を表 10 に示す。CN シナリオでは 2025~2050 年の充電設備を含む自動車の累計最終需要約 723.9 兆円に対して約 1080.2 兆円、なりゆきシナリオでは同最終需要約 438.4 兆円に対して約 1009.8 兆円の国内生産が誘発され、シナリオによる生産誘発額の差は約 70.4 兆円と推定される。同最終需要による 2025~2050 年の累計輸入誘発額は、CN シナリオでは約 109.5 兆円、なりゆきシナリオでは同約 101.1 兆円と、シナリオによる差は約 8.4 兆円と推定される。

表 9 CN シナリオおよびなりゆきシナリオにおける機器・施設の最終需要

			2030	2040	2050	2025-2050 (累計)
乗用車	CN シナリオ	ICEV・HV	48,866	0	0	561,916
		EV.PHV	61,622	93,491	74,645	1,848,299
		FCV	4,151	8,168	9,413	166,994
		計	114,639	101,659	84,057	2,577,209
	なりゆき シナリオ	ICEV・HV	84,019	58,735	42,877	1,658,936
		EV.PHV	17,636	26,723	33,175	603,069
		FCV	632	1,228	1,412	25,184
		計	102,287	86,687	77,465	2,287,189
トラック・バス	CN シナリオ	ICEV・HV	59,569	26,176	0	963,548
		EV.PHV	11,979	47,823	68,697	934,653
		FCV	2,374	17,857	28,741	353,787
		計	73,922	91,856	97,438	2,251,989
	なりゆき シナリオ	ICEV・HV	66,092	57,734	51,848	1,589,815
		EV.PHV	3,616	11,665	19,418	251,381
		FCV	96	8,985	13,802	173,336
		計	69,804	78,385	85,068	2,014,532
EV充電施設	CN シナリオ	急速EV充電施設	3,289	8,885	12,247	561,916
		普通EV充電施設	722	1,214	1,145	1,848,299
		計	4,011	10,099	13,392	2,410,215
	なりゆき シナリオ	急速EV充電施設	1,216	3,191	5,735	72,605
		普通EV充電施設	249	408	577	9,440
		計	1,465	3,600	6,331	82,046

(注) トラック・バスは大型トラック・小型トラック・バスの合計金額を示す。

表 10 輸送機器・供給設備の最終需要がもたらす経済波及効果

単位：億円

			2030	2040	2050	2025-2050（累計）
乗用車	CN シナリオ	直接効果	97,427	86,395	71,437	2,190,257
		間接効果	130,378	106,430	88,851	2,823,057
		生産誘発額	227,805	192,826	160,288	5,013,315
		粗付加価値誘発額	70,649	59,602	49,274	1,550,467
		波及効果倍率（倍）	1.99	1.90	1.91	1.95
		輸入誘発額	29,039	25,406	21,109	649,251
	なりゆき シナリオ	直接効果	86,929	73,671	65,834	1,943,782
		間接効果	125,252	103,316	90,070	2,750,386
		生産誘発額	212,181	176,987	155,904	4,694,168
		粗付加価値誘発額	65,876	54,954	48,434	1,457,598
		波及効果倍率（倍）	2.07	2.04	2.01	2.05
		輸入誘発額	26,274	22,145	19,687	585,315
トラック・バス	CN シナリオ	直接効果	69,852	86,799	92,073	2,128,000
		間接効果	121,780	124,412	116,719	3,236,339
		生産誘発額	191,631	211,211	208,792	5,364,339
		粗付加価値誘発額	50,513	61,726	64,869	1,520,273
		波及効果倍率（倍）	2.68	2.57	2.50	2.38
		輸入誘発額	15,284	16,718	16,483	425,476
	なりゆき シナリオ	直接効果	65,961	74,069	80,384	1,903,617
		間接効果	120,825	127,600	132,616	3,331,175
		生産誘発額	186,786	201,669	213,001	5,234,791
		粗付加価値誘発額	47,912	53,434	57,753	1,375,650
		波及効果倍率（倍）	2.68	2.57	2.50	2.60
		輸入誘発額	14,892	16,097	16,992	417,711
EV充電施設	CN シナリオ	直接効果	4,011	10,099	13,392	206,679
		間接効果	4,185	10,642	14,193	317,802
		生産誘発額	8,196	20,741	27,585	424,481
		粗付加価値誘発額	3,234	8,095	10,697	165,649
		波及効果倍率（倍）	2.04	2.05	2.06	2.05
		輸入誘発額	383	984	1,321	20,146
	なりゆき シナリオ	直接効果	1,465	3,600	6,331	82,046
		間接効果	1,531	3,797	6,703	86,530
		生産誘発額	2,997	7,397	13,033	168,575
		粗付加価値誘発額	1,180	2,883	5,060	65,727
		波及効果倍率（倍）	2.05	2.05	2.06	2.05
		輸入誘発額	140	352	623	8,011

（注）生産誘発額は、直接効果と間接効果の和。ここで、間接効果は第一次間接効果（直接効果に伴う原材料等の投入により誘発される生産額）を示しており、第二次間接効果は含まれていない。

波及効果倍率は、生産誘発額を最終需要で割って算出する。

3) 効果・影響の帰着構成表への記載

以上の計算結果から、EV・FCV 乗用車の帰着構成表の一部の要素について関連する部門の計算

結果を集計し表に記載した。

要素 主体			運輸部門		地域社会・周辺住民	産業部門						
			世帯	道路管理者		車両製造企業(乗用車)	車両部品製造企業					供給設備製造企業*
							エンジン・自動車部品(自動車部品・同附属品)	モーター(産業用電気機器)	バッテリー(その他の電気機械)	燃料電池(化学最終製品)	水素タンク(プラスチック製品)	
経済	車両	車両購入	-			25	-28	-3	23	1	2	
		車両のメンテ	-				-	+	+	+	+	
		法定点検	+									
		燃料購入	+ ± **									
		車両廃棄	-									
	設備	電力・水素・合成燃料等供給設備	-									6*
		道路の補修費		-								
		橋梁の補修費		-								

(注) 赤字は EV のみ、青文字は FCV のみ、赤枠内の金額は 2025-2050 年の累計 (兆円)。

モーター (産業用電気機器) は、EV・FCV 分が増える一方、ICEV の自動車部品に組み込む分が減るため、全体では減少する。

*ガソリンスタンド減少による売上減は考慮していない。

**足元時点ではマイナス、将来の水素価格の下落によりプラス

図 24 EV・FCV 乗用車の帰着構成表 (部分)

③ 分析結果

内燃機関の転換が必要な手段は、環境面において国や地方自治体、地域社会や周辺住民にメリット (+) が多く、船員や運転手といった従業員にとってもメリットが生じる。

産業部門ではメリットを受ける分野とデメリットを受ける分野に二分化される。メリットを受ける分野にはビジネスチャンスがあると考えられる一方、デメリットを受ける分野は規模の縮小や事業転換が必要になる可能性がある。

船舶では、多様な燃料の使用が検討されているため、港湾施設の限られた区画の中で多様な燃料種の供給が必要になることがデメリットになりえる。同様に、産業部門においても事業者が多様な選択肢に対応しきれない可能性が懸念される。なお、EV/FCV 乗用車以外の整理表は参考資料を参照されたい。

合成燃料の利用は、既存機器の継続利用が可能であるというメリットがあるが、影響範囲が他の燃料と比べて狭い特徴がある。GHG 排出量削減の観点で交通事業者や国・自治体の目標達成には有用だが、実際の排出は存在するので地域社会・周辺住民への環境メリットはないことに注意が必要である。

乗用車、バス・トラック及び供給設備の生産誘発額は、なりゆきシナリオの場合、2025～2050 年累計で約 1009.8 兆円。さらに CN シナリオを目指すことで約 70.5 兆円の追加が生じると推計される。一方、経済波及効果の倍率は、なりゆきシナリオより CN シナリオのほうが低くなる結果となった。また、輸入の誘発額 (2025～2050 年の累計) も、なりゆきシナリオの場合約 101 兆円、CN シナリオの場合約 109 兆円が生じると推計される。運輸部門の脱炭素化に投資することで他産業部門への波及効果が期待され、経済効果も大きくなると考えられる。

なお、推計結果はあくまで 2015 年の産業構造が変化しないことを前提としている。EV 化に必

要な車載電池は中国の海外輸出が拡大している状況などは反映できていないため、本推計結果よりも多くの輸入が誘発される可能性がある。国内への波及効果を高めるためには、蓄電池の国内製造基盤の確立等を含め国内産業の効果的な転換を図ることで、国内の自動車製造の安定的な基盤を確保することが重要である。

(3) サプライチェーン排出対応 (Scope 3 排出)

世界的に CO2 排出量削減への取り組みが加速している中で、事業者自らの CO2 排出量を削減するだけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計したサプライチェーン排出量を削減していくとする動きが出てきており、近年ではサプライチェーン全体での GHG 排出量の情報開示も求められてきている。サプライチェーン排出量は、①事業者自らによる温室効果ガスの直接排出を指す Scope1、②他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出を指す Scope2、③Scope1、Scope2 以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)を指す Scope3 から成り、Scope3 には輸送・配送・出張・通勤により排出される GHG が含まれる。そのため他産業のサプライチェーン排出には、運輸部門の CO2 排出量が Scope3 として一定の割合を占めることから、運輸部門の CO2 排出量削減は他産業にとって、今後増々重要になると考えられる。参考までに、産業部門の大手企業が公表しているサプライチェーン排出量をいくつか調査したところ、Scope1、Scope2 の排出量と、Scope3 のうち輸送・配送・出張・通勤分の排出量は同程度であった。そこで、近年のサプライチェーン排出に関する情報開示の流れを調査するとともに、取り組みが先行している欧米の事例を踏まえつつ、今後推進されていくことが見込まれるサプライチェーン排出の情報開示の流れは①交通産業にどのような影響があるのか、②交通産業に必要な準備は何かといった点を中心に調査し、交通事業者だけでなく、共に削減していく仕組み・風潮を全体で醸成するための方策を検討した。

① サプライチェーン排出に関する情報開示の流れ

サプライチェーン排出量の情報開示は、日本・米国に先駆けて EU が先進的に取り組んでいる。他方、国際サステナビリティ基準審議会 (ISSB) が 2023 年 6 月に IFRS S1 号「全般的な開示要求事項」と IFRS S2 号「気候関連開示」を最終化し、Scope1,2 とともに Scope3 排出量の開示を要求した。その結果、日本のサステナビリティ基準委員会 (SSBJ) が情報開示に向けた検討を進めている。

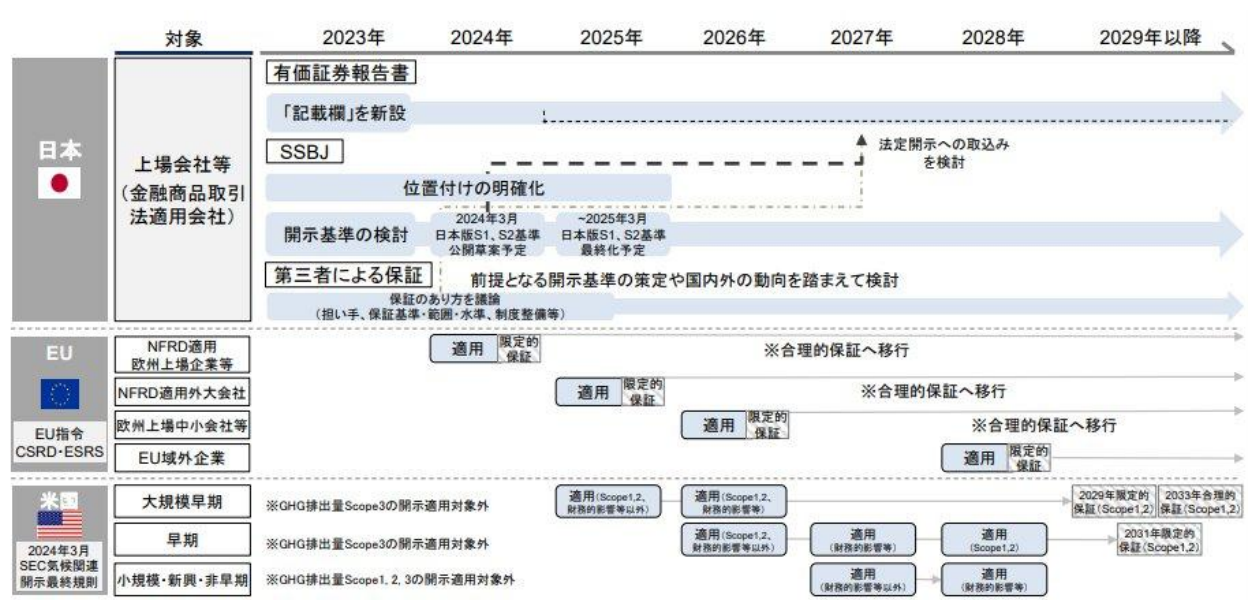


図 25 各国のサプライチェーン排出に関する情報開示の流れ⁴

⁴ 出所) 金融庁 金融審議会「サステナビリティ情報の開示と保証のあり方に関するワーキング・グループ」(第1回) 事務局説明資料 https://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/sustainability_disclose_wg/shiryou/20240326/03.pdf (令和6年3月26日)

1) 欧州の動向

EU のサステナビリティ情報開示に関する法規制のうち、特にサプライチェーン排出に関係する法律として CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) が挙げられる。

CSRD は、2023 年 1 月に発行された EU 域内において企業のサステナビリティ情報開示を強化するために施行された法律であり、会計年度 2024 年から適用開始となっている。

その CSRD に基づく開示・報告のための共通の基準を ESRS (European Sustainability Reporting Standards) にて明示しており、GHG 排出量に関する開示事項に Scope3 総排出量も含まれる。

・ Scope3 算定方法

ESRS において Scope3 排出量の情報開示が求められる中で、EU における GHG 排出量算定方法に関する制度やガイドラインを調査した。

➤ EN 16258 : 2012

欧州の輸送事業者に対して、EN16258:2012 に沿った算定方法ガイドラインを欧州運送・物流サービス事業者協会 (CLECAT) が作成した。輸送サービスの利用者は輸送事業者に開示要求ができる。

算定方法について、燃料消費量ベースと輸送距離ベースがある。燃料消費量ベースで算定する場合、使用するデータは以下の順に推奨されている。

1. 実際に輸送サービスで使用したエネルギー消費量
2. 車両タイプまたは往復ルートの平均値 (車両運行システムの使用)
3. 一般的な車両の平均値
4. データベースからのデフォルト値

輸送距離ベースで算定する場合、HBEFA (Handbook Emission Factors for Road Transport)、TREMOT (Transport Emission Model)、TREMOVE などの公式データベース、または EcoTransIT World などの公的にアクセス可能な計算ツールを用いてデフォルト値で算出する。

➤ CountEmissions EU

EU の運輸部門における GHG 排出量の統一した算定方法として、2023 年 7 月に欧州委員会が貨物輸送のグリーン化に向けた提案の一つとして欧州議会に提出され、2024 年 4 月に欧州議会で規則案が採択された。現時点では EN 16258:2012 に準じた算定方法が欧州では一般的であるものの、近々 CountEmissions EU が実施される予定のため、今後は CountEmissions EU に準じた算定方法が主になる。GHG 排出量算定を義務化するものではないが、EU の輸送事業者は本算定方法を遵守しなければならない。

排出量算定と算定に用いる計算ツールの認証には検証が必要であるが、中小企業の負担軽減のために無料の公開簡易計算ツールを提供予定である。また、中小企業は検証義務も免除になる。算定方法は Well-to-Wheel での算定を推奨する EN ISO 14083:2023 規格を参照予定である。

表 11 CountEmissions EU 使用データ・報告方法

項目	内容
使用データ	- 一次データの使用を優先することを義務付け。 - ただし、一次データが入手できない場合や収集に費用を要する場合は二次データ（EU のデータベース等のデフォルト値）も使用可能。
報告方法	- 貨物輸送：トン・キロメートル当たりの CO₂e - 旅客輸送：人・キロメートル当たりの CO₂e

2) 米国の動向

米国全体では、米国証券取引委員会（SEC）は、米国上場企業に気候関連リスクや温室効果ガス排出量などの情報開示を義務付ける最終規則を 2024 年 3 月 6 日に採択したが、同規則に Scope3 排出量の開示義務はない。

カリフォルニア州では、2023 年にカリフォルニア州で SB253（気候関連企業データ説明責任法）が法律として成立し、2025 年 1 月までに同州大気資源委員会（CARB）にて具体的な規則が定められる予定である。SB253 では、同州で事業を行う企業のうち年間収益が 10 億ドルを超える大企業に対して Scope1～3 の GHG 排出量の開示が義務付けられており、Scope1、Scope2 の開示は 2026 年、Scope3 の開示は 2027 年が適用初年度となる。GHG プロトコルに準拠した算定・報告を求めており、Scope3 については各業界平均データ、プロキシデータ等、使用する算定方法に柔軟性がある。

・ Scope3 算定方法

米国における CO₂ 排出量算定方法に関する制度やガイドライン、ツール等の調査結果は下表の通りである。

表 12 米国における CO₂ 排出量算定方法に関する制度・ツール等

地域・組織	制度・ガイドライン・ツール名	概要
カリフォルニア州	SB253（気候関連企業データ説明責任法）	カリフォルニア州で事業を行う大企業に対して、2026 年より Scope1～3 の GHG 排出量の公表を義務付け。
EPA	SmartWay Program	2004 年に開始された官民プログラムで現在、約 4000 の企業や組織が参加。参加企業はトラック輸送や鉄道輸送、航空輸送の業界やその顧客。物流会社が燃料効率を測定し、EPA へ提出。EPA はその情報にもとづき、同業他社のパフォーマンスと比較したランク付けを実施。ランク付けされた情報は荷主や貨物輸送を管理する企業へ提供される。

3) 日本の動向

日本サステナビリティ基準委員会（SSBJ）が情報開示に向けた検討を進めているものの、サプライチェーン排出に関する規制はない。

・ Scope3 算定方法（サプライチェーン排出量算定ガイドライン）

本ガイドラインでは、GHG プロトコルの Scope3 基準等との整合を図りながら、国内の実態を踏まえて国内事業者にはサプライチェーン排出量を算定する際の考え方を示すとともに、15 のカテ

ゴリに分類される Scope3 の算定対象範囲と算定方法が示されている。交通部門が関わる他産業の Scope3 に該当するカテゴリは下表のとおりである。

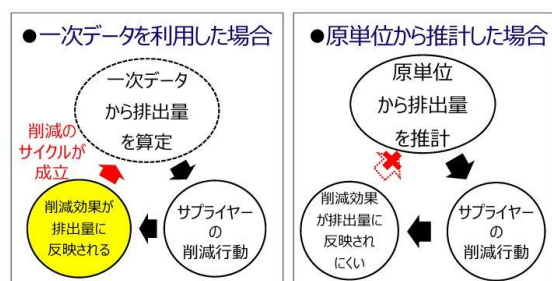
表 13 「サプライチェーン排出量算定ガイドライン」における交通部門に該当するカテゴリと詳細⁵

カテゴリ	算定対象範囲	算定方法
4: 輸送、配送(上流)	- 報告対象年度に購入した製品・サービスのサプライヤーから自社への物流(輸送、荷役、保管)に伴う排出 - 報告対象年度に購入した上記以外の物流サービス(輸送、荷役、保管)に伴う排出	【輸送】 - 燃料法、燃費法、トンキロ法で算定 - 燃料使用量等が不明の場合、以下原材料等の輸送シナリオに基づき算定する
9: 輸送、配送(下流)	自社が販売した製品の最終消費者までの物流(輸送、荷役、保管、販売)に伴う排出	【拠点(荷役、保管、販売)】 - 燃料使用量、電気使用量を用いて算定 - 算定困難の場合は商品量から換算する
6: 出張	自社が常時使用する従業員の出張等、業務における従業員の移動の際に使用する交通機関における燃料・電力消費からの排出	【燃料使用量が把握できる場合】 - 航空、鉄道、船舶、自動車: 旅客人キロを用いて算定 - 自動車: 燃料法、燃費法で算定
7: 雇用者の通勤	自社が常時使用する従業員の工場・事業所への通勤時に使用する交通機関における燃料・電力消費からの排出	【上記での算定が難しい場合】 公共交通機関利用では交通費支給額で算定

基本的には燃料使用量や事業者の活動実態に即した排出原単位を用いた算定、関係する取引先から排出量の提供を受け取る方法(＝一次データの利用)を推奨しているが、使用量が不明の場合は交通費支給額等による算定も可としている。

一方で一次データを利用しなければ交通事業者の GHG 削減が算定企業の Scope3 に反映されにくいため、一次データの利用を促す必要があるのではないかと考える。なお、欧州では「CountEmission EU」にて、米国では「SmartWay Program」にて、交通事業者の GHG 削減効果の見える化・標準化に取り組んでいる。

一次データを利用するメリット



➡ サプライヤーからの一次データを利用した場合、**サプライヤーの削減が直接算定企業のScope3に反映される**

53

図 26 一次データを利用するメリット⁶

4) 各モードにおける統一された算定方法

交通事業者が他産業の Scope3 算定のために一次データの公表を行うにあたり、各モードにおいて統一した算定方法が定められているかを国内及び国外で調査した。

タクシーは国内・国外ともにガイドラインや算定ツール等もなく、モードにおいて統一した算定方法はない。

⁵ 出所) 環境省、経済産業省 「サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する 基本ガイドライン (ver.2.6)」 https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/tools/GuideLine_ver.2.6.pdf (令和 6 年 11 月 18 日取得)

⁶ 出所) 環境省 「サプライチェーン排出量の算定と削減に向けて」 https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/SC_syousai_all_20230301.pdf (令和 6 年 11 月 18 日取得)

表 14 モード別算定方法（国内・国外）

モード	国内		国外	
	ガイドライン名	主体	ガイドライン・ツール・制度名	主体
旅客鉄道	旅客の鉄道利用に係るCO2排出量の算定ガイドライン	国土交通省	Ecopassenger ※航空、自動車も含む	UIC(国際鉄道連合)
貨物鉄道	なし	—	EcoTransIT World ※航空、船舶、トラックも含む	UIC(国際鉄道連合)
航空	SAF利用可視化ガイドライン	国土交通省	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)	ICAO(国際民間航空機関)
船舶	なし ※正式にマニュアル化されていないが、国土交通省より以下マニュアルが公表されている。 港湾における温室効果ガス排出量算定マニュアル(案) Ver1.0	—	Regulation (EU) 2018/2066	EU
			International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)	IMO(国際海事機関)
			Regulation (EU) 2015/757(MRV規則)	EU
トラック	ロジスティクス分野におけるCO2排出量算定方法共同ガイドラインVer.3.2	経済産業省、国土交通省	Global Logistics Emissions Council Framework (GLEC) ※鉄道、航空、船舶も含む	Smart Freight Centre (SFC)
バス	なし	—	Commission Regulation (EU) 2022/1379 ※中型・大型トラック及びバスが該当	EU
タクシー	なし	—	なし	—

5) 調査結果

サプライチェーン排出の算定方法については、環境省と経済産業省が「サプライチェーン排出量算定ガイドライン」を作成・公表しているが、必ずしも一次データを利用する必要はなく、交通事業者の削減効果が全て反映されていない状況である。また、GHG 排出量の算定方法が統一されている交通モードは限定的である。

以上から、欧州では「CountEmissions EU（整備中）」にて、米国では「SmartWay Program」にて、交通事業者の GHG 削減効果の見える化・標準化に取り組んでいることから日本においても同様の取組が必要ではないかと考える。本取組を検討するにあたって生じる課題は以下が考えられる。

- ・ 交通事業者の GHG 排出量算定基準の統一（算出が負担にならないような簡便な算定基準とし、各モードにおいて既に規格化されている算定との整合性を図る必要）。
- ・ 交通事業者が GHG 排出量算定にあたり発生する人的・金銭的なコスト負担。
- ・ サプライチェーン排出に関する情報開示に留まらず、市場の創出を含めたサプライチェーン排出削減が付加価値となる施策の実施。（脱炭素化に取り組まない事業者がコストメリットを受けない対応が必要）

② 環境価値提供⁷事例

世界的に Scope3 情報開示の検討が進められていることから、今後 Scope3 の排出削減に価値が生じる可能性がある。そこで、既に他産業の Scope3 削減に向けた環境価値を提供している海外事例を調査した。

⁷ 表 15 や表 16 に記載した事例のように、交通事業者が CO2 排出量削減に資する機器や燃料の導入に伴って削減した CO2 を価値化し、利用者に導入コストの全て又は一部と引き換えにその価値を提供する一連の流れを本報告書では環境価値提供と定義する。

1) 欧米

表 15 Scope3 削減に向けた環境価値提供事例（欧米）

国	企業名・団体名	対象モード	事例概要	他産業のScope3に該当するカテゴリ				削減証書発行有無	運輸部門への影響
				4: 輸送、配送（上流）	6: 出張	7: 雇用者の通勤	9: 輸送、配送（下流）		
ドイツ	DHL	航空	荷主が追加の金額を払うことで配送にかかるGHG排出量を削減するサービスを展開。契約内容によって削減証明書を発行する。	○	×	×	○	○	SAF購入によるCO2及びコスト削減
ドイツ	Deutsche Lufthansa AG	航空	一部の便に「グリーン運賃」を導入し、SAF燃料購入のためのコストを一部利用者が負担する。	×	○	×	×	×	SAF購入によるCO2及びコスト削減
スイス	Mediterranean Shipping Company S.A.	海運	「MSCバイオ燃料ソリューション」を選択すると、事業者の貨物輸送分のバイオ燃料が購入される。	○	×	×	○	○	バイオ燃料購入によるCO2及びコスト削減
フランス	CMA-CGM	海運	「Act With CMA CGM+」を選択した顧客に対して、第三者検証済みのGHG排出量削減またはオフセットを示す報告書を発行する。	○	×	×	○	○	カーボンインセットによる環境価値を他産業に提供
チェコ	RegioJet	バス、鉄道	今後バス及び鉄道のチケット料金に追加料金を課し、クレジット購入費等に充てる予定。	×	×	○	×	×	カーボンオフセットにかかるコスト削減
デンマーク	MAERSK	海運	「マースクエコデリバリー」サービスを導入し、持続可能なバイオ燃料で削減した分のGHG削減証明書を発行する。	○	×	×	○	○	バイオ燃料購入によるCO2及びコスト削減
フィンランド	Finnair	航空	全ての航空券にSAF購入費として20セントを一律で含んでいる。（全利用者対象）	×	○	×	×	×	SAF購入によるCO2及びコスト削減
米国	UPS	航空、トラック	荷主が追加の金額を払うことで配送にかかるGHG排出量を0とするサービスを展開。UPSは追加の金額をカーボンオフセットに利用。	○	×	×	○	×	カーボンオフセットにかかるコスト削減
米国	United Airlines	航空	航空券購入時に、1ドル～7ドルでSAF燃料購入のための寄付ができる。	×	○	×	×	×	SAF購入によるCO2及びコスト削減

2) 日本

表 16 Scope3 削減に向けた環境価値提供事例（国内）

企業名	対象モード	事例概要	他産業のScope3に該当するカテゴリ				CO2削減証書発行の有無	運輸部門への影響
			4: 輸送、配送（上流）	6: 出張	7: 雇用者の通勤	9: 輸送、配送（下流）		
ANA	航空	「SAF Flight Initiative」プログラムを実施。プログラム参加企業がSAF燃料購入のためのコストを負担する。	○	○	×	○	○	SAF購入によるCO2及びコスト削減
JR東海・JR西日本	鉄道	鉄道会社は電力会社よりCO2フリー電気を購入しており、利用者は追加料金を支払うことで鉄道会社よりCO2削減証書を受領する。	×	○	○	×	○	カーボンオフセットにかかるコスト削減
佐川急便	トラック	次世代バイオディーゼル燃料「サステオ」の活用により、約4.11トンのCO2排出量を削減し、「サステナブル配送プロジェクト」に参加した利用者が当該バイオ燃料導入コストの一部を負担する。（期間限定プロジェクト）	○	×	×	○	×	カーボンインセットによる環境価値を他者に提供
中越交通	タクシー	法人等に「カーボンオフセットチケット」を購入してもらい、チケット利用で排出したCO2量に相当する排出枠を購入して相殺する。	×	○	○	×	○	カーボンオフセットにかかるコスト削減
MKグループ	タクシー	希望客に対して、貸切タクシー料金に100円上乗せし、カーボンクレジットを購入。	×	○	○	×	×	カーボンオフセットにかかるコスト削減

また、国内では、環境価値を提供する交通事業者が存在する一方、脱炭素化に取り組みつつも環境価値の提供まで行っていない交通事業者も散見された。

表 17 脱炭素化に取り組むつつも環境価値の提供を実施していない事例（国内）

企業名	対象モード	事例概要	他産業のScope3に該当するカテゴリ			
			4: 輸送、配送（上流）	6: 出張	7: 雇用者の通勤	9: 輸送、配送（下流）
ヤマト運輸	トラック	「宅急便」「宅急便コンパクト」「EASY」の宅配便3商品について各種GHG排出量削減施策を実行ののちに、未削減の排出量に対してカーボンプレジットを使用し、カーボンオフセットを実施することでカーボンニュートラル配送を達成。 また、国際規格ISO 14083:2023に基づいたGHG排出量可視化ツールの開発を開始。	○	×	×	○
東急バス	バス	12営業所のうち都内2営業所で使用する軽油の一部にユグレナの「サステオ」を使用。その他、FCV、EV、ディーゼル車、ハイブリッド車を使用している。	×	×	○	×
帝都自動車交通	タクシー	2024年4月に板橋営業所にてEV車両10台を導入。（NEDO GI基金事業採択による取り組み）	×	○	○	×
西武鉄道	鉄道	2024年1月より東京電力EPの非化石証書付電力メニューを契約し、11路線で使用する電力を再エネ電力として運行。	×	○	○	×
商船三井さんふらわあ	内航海運	重油利用時と比較し、CO2が25%削減可能なLNG船（貨物輸送と旅客輸送に利用）を導入するとともに船の大型化にも取り組む。	○	×	×	○

3) 調査結果

欧米では、荷主や利用客に対して、SAF やクレジットの購入費の一部を追加料金として徴収している事例が多く、個人利用客から一律で徴収している場合もある。日本では、希望者にのみ追加料金として徴収している事例が多いが、脱炭素化に取り組むつつも環境価値提供を実施していない企業も散見される。交通モード別では、燃料転換にかかるコストが高い航空が他モードに先行して環境価値提供を実施している。他モードにおいても近年、環境価値提供を行う交通事業者が出てきている一方で、バス・内航海運は脱炭素化の取組を行いつつも環境価値提供の事例がない。また、環境価値として提供している CO2 排出量削減策は燃料転換のみであり、車両・船舶の導入を環境価値として提供している事例はない。

以上から、環境価値提供を実施しているものの脱炭素化にかかるコストは高く、更なる環境価値提供の促進が必要であることが課題として挙げられる。また、環境価値提供事例の少ない交通モードにおいては環境価値提供できるような仕組み案や脱炭素化にかかるコストに対して国や業界団体が支援すべきではないかと考える。これらの課題への対応策としては以下が考えられる。

- ・ 現在実施されている環境価値提供事例の拡大
- ・ 車両・船舶の導入による CO2 排出量削減を環境価値として提供できる仕組みの検討
- ・ 環境価値提供実施までの費用補助

③ 交通産業の CO2 排出量削減の対価を顧客から得る仕組みと課題・対応策

1) 国内と国外における環境意識の違い

交通産業が環境価値提供の取組を拡大したとしても、顧客が利用しなければ交通産業の負担は変わらない。気候変動問題に対する意識に関するアンケート調査⁸（図 27）によれば、日本の消費者

⁸ 出所）ボストンコンサルティンググループ 「サステナブルな社会の実現に関する消費者意識調査結果（日本/グローバル比較）」 <https://web-assets.bcg.com/fb/56/bc0d25214f7e80e722f6f7c4713a/jp-consumer-survey-on-realization-of-sustainable-society-june2022.pdf.pdf>
（令和 7 年 1 月 24 日取得）

は海外と比較し、気候変動問題に取り組むにあたり「自分が何をできるか、実のところよくわからない」と感じていることが分かる。また、利便性の低下や追加の費用負担が生じることに抵抗を感じていることもわかる。そのため環境価値提供の取組を拡大すると同時に、環境価値提供の取組に対して、必ずしも利便性が低下しないことなどを、国・業界団体が日本国民に対してわかりやすいメッセージで広く周知していかなければならない。

調査手法：インターネット調査

対象者：16～69 歳 男女

実施期間：日本）2022 年 4 月 27 日～4 月 28 日、その他の国）2021 年 9 月 20 日～9 月 30 日

サンプルサイズ：日本）1,000 人、米国）1,000 人、フランス）1,050 人、カナダ）1,045 人、英国）1,061 人、ブラジル）1,052 人、ドイツ）1,011 人、インド）1,059 人、ロシア）1,088 人、中国）1,099 人、オーストラリア）1,001 人

気候変動問題に取り組むためにあなたが行動を変えようとするとき、最も大きな障害となることは何ですか（上位3つまで回答）

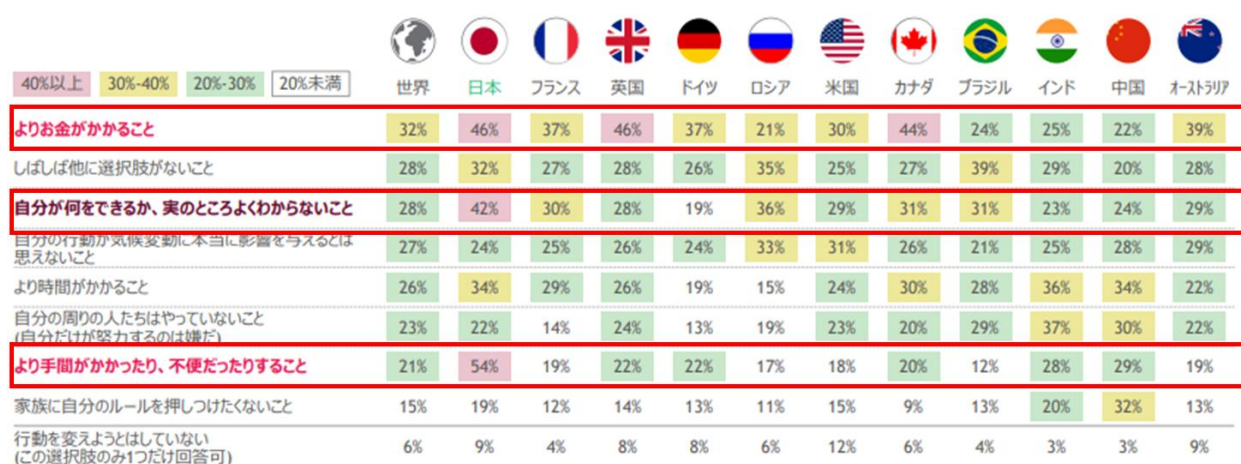


図 27 各国における環境意識調査（行動変容における障害）

また、CO2 削減に向けた旅行中の行動や旅行商品の購入意向等に関するアンケート調査⁹（図 28、図 29）によると、日本の消費者は海外と比較して CO2 削減に向けて追加で金銭を支払う取組に消極的であることが分かる。そのため、環境への取組に関する利用者に向けたメッセージの発信のみならず、利用者の行動変容を促す取組も実施していかなければならない。

調査手法：インターネット調査

対象者：過去 3 年間（2019 年 10 月～2022 年 9 月）に観光や帰省などの目的で 1 泊以上の旅行（海外旅行を含む）をした対象国の居住者

サンプルサイズ：日本）2,000 人、ドイツ）520 人、オーストラリア）508 人、タイ）513 人

⁹ JTB 総合研究所「SDGs に対する生活者の意識と旅行についての調査（2022 年 12 月） ～ドイツ、オーストラリア、タイと日本の比較～」を基に運輸総合研究所作成
<https://www.tourism.jp/wp-content/uploads/2022/12/sdgs-tourism-report-202212.pdf> （令和 7 年 2 月 26 日取得）

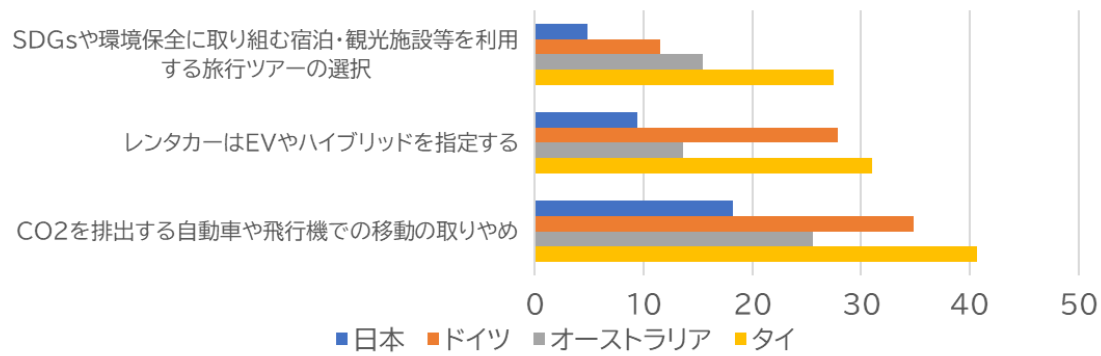


図 28 旅行中の SDGs に関わる行動の実践率

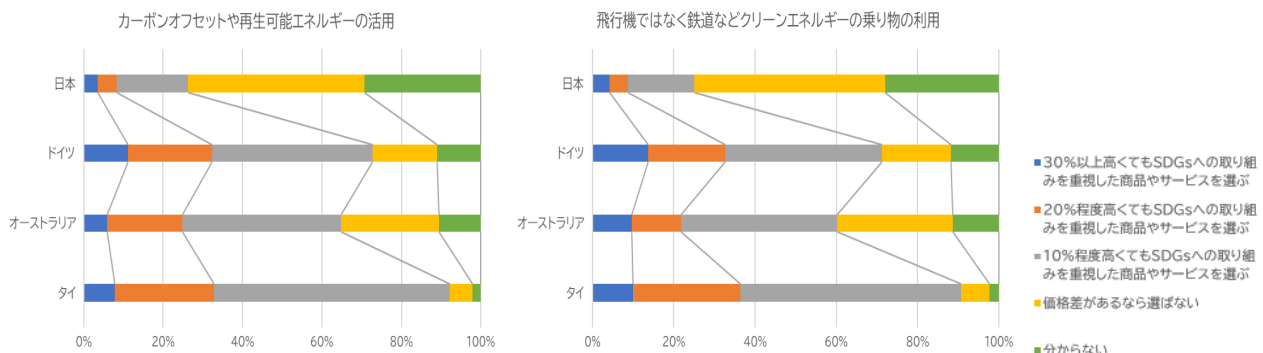


図 29 SDGs を重要視したツアーや旅行商品・サービスの価格と購入意向

2) 公共交通機関が値上げした際の消費者の行動変容

人流について、交通機関の利用に関するアンケート調査¹⁰(図 30)によると、利用する公共交通機関が5%値上げした場合、約8割が「そのまま継続して公共交通機関を利用」と回答している。

運賃が数百円程度の旅客鉄道(新幹線を除く)やバスにおいては、個人に対して脱炭素化のコスト徴収を実施しても追加徴収が5%以下であれば他モードや他企業へのシフトは最低限に抑えられるのではないかと考える。



調査手法：インターネット調査

対象者：国内 16~79 歳 男女

実施期間：2023 年 2 月 13 日~2 月 16 日

サンプルサイズ：1,780 人（公共交通機関利用者のみ）

図 30 利用する公共交通機関が値上げした場合の移動手段に関するアンケート調査結果

¹⁰ 出所) CCC マーケティング総合研究所 「交通機関の利用に関する調査」
https://release.nikkei.co.jp/attach/653693/02_202304211146.pdf (令和 7 年 1 月 24 日取得)

物流について、全国商工団体連合会の調査¹¹（図 31）によると、燃料費の負担増や最賃引き上げによる人件費の上昇分について約 74%の運送事業者（トラック）が運賃転嫁が難しい状況にあり、そもそも荷主と交渉できていない事業者が過半数を占める。この状況から荷主への脱炭素理解が進まなければ、燃料費の負担増は事業者が負うことが懸念される。

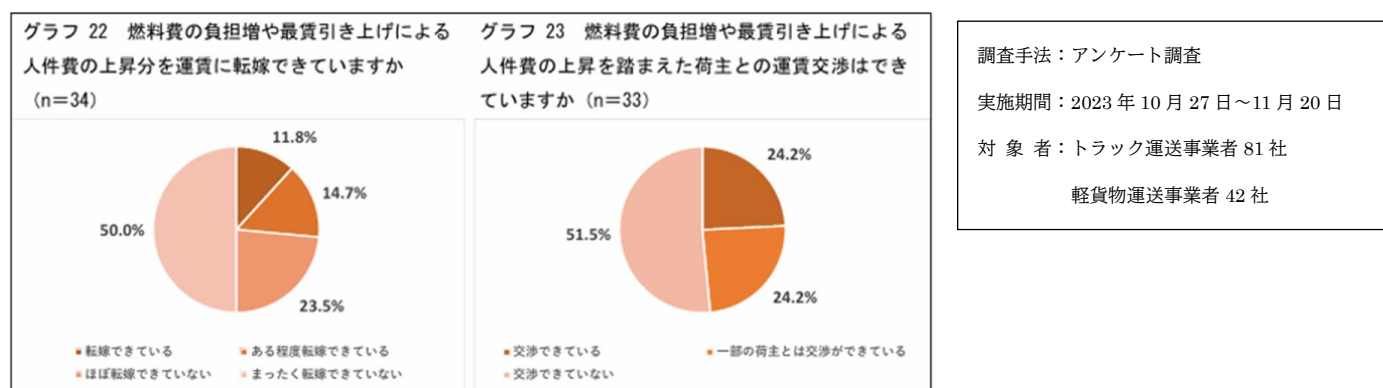


図 31 燃料費の負担増や人件費の上昇分の運賃の転換・交渉状況

個人に対しては、国土交通省の物流に対する消費者意識に関するアンケート¹²（図 32）によると、通信販売を利用する際に許容できる金額について、「送料無料であるから利用する」と回答した人の割合が 38.6%と最も多い。一方で、「送料は気にしない」「1000 円以下なら利用する」「500 円以下なら利用する」と回答した人の割合は合わせて約 50%程度である。本結果から、物流における運賃転嫁は公共交通機関の利用（人流）よりも影響が大きい（＝需要減）傾向にあるのではないかと考える。

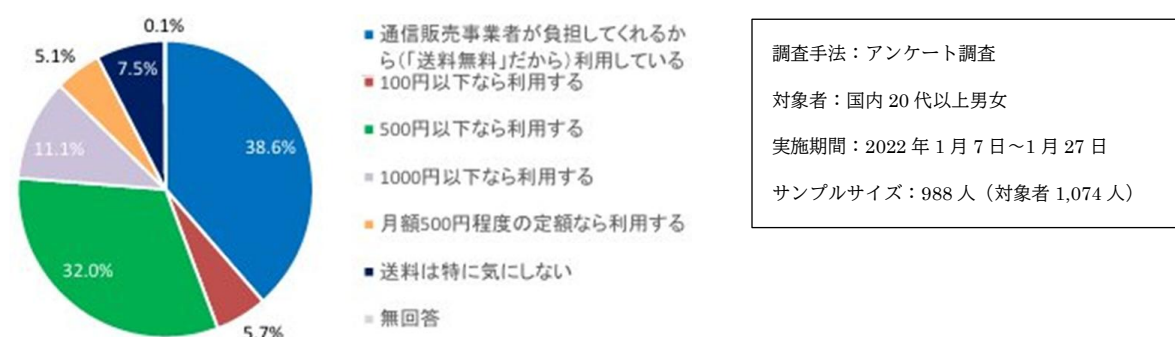


図 32 通信販売利用時の許容できる送料

3) 交通産業として顧客に提供可能な仕組み案の検討

サプライチェーン排出に関する情報開示や環境価値提供事例の調査結果から、CO2 排出量削減の対価を顧客から得る仕組み案を、以下のように交通産業における金銭的及び事務的負担と他産業における受容性の観点で、各方法を比較し、交通産業における負担が少なく、かつ他産業にも受け入れられやすい方法について検討する。

他方で、他産業における受容性は低いものの交通産業のコスト負担軽減になる仕組み案や、他産

¹¹ 出所) 全国商工団体連合会付属中小商工業研究所 「物流 2024 年問題 運送事業者の実態アンケートのまとめ」
<https://www.zenshoren.or.jp/wordpress/wp-content/uploads/2024/02/240129-01-shiryo.pdf> (令和 7 年 1 月 31 日取得)

¹² 出所) 国土交通省「物流に対する消費者意識に関するアンケート」 <https://www.mlit.go.jp/monitor/R3-kadai01/17.pdf>
 (令和 7 年 1 月 31 日取得)

業における受容性は高いものの交通産業の負担が大きい仕組み案は、国としてどのような支援を実施すれば取組み可能か対応策を検討する。



図 33 交通産業の CO2 排出量削減の対価を顧客から得る仕組み案

4) 仕組み案のメリット及び課題、取り組むにあたっての支援策

3)で整理した仕組み案について、1)国内外の意識の差、2)消費者の行動変容の内容も踏まえて、メリット、活用可能性のあるモード、取り組むにあたっての課題、仕組みを導入するにあたって必要な支援策を下表の通り整理した。

表 18 交通産業の CO2 排出量削減の対価を顧客から得る仕組み案一覧

	No.	仕組み案	メリット	取り組むにあたっての課題	支援策
取り組むべき	1	荷主・乗客(企業)に対する削減証書発行	- 他産業:削減証書を自社の排出削減として利用できる - 交通:他企業に対して環境への取組みとしてアピールできる	- 交通産業において、削減証書発行にかかる手続きが増える - 既存事例で利用者を十分に確保できていないため、実施しても利用者が少ない可能性がある。	- 国や業界団体から他産業に対して取組みを周知する - 荷主・乗客(企業)がScope3排出削減に取り組むような仕組みを国が提供する
支援が必要	2	全荷主に対する燃料使用分のコスト徴収	- 他産業:Scope3のGHG排出量削減につながる - 交通:SAF等の燃料転換におけるコスト負担を軽減できる。コスト回収が計画的に立てられる。	- 徴収額が大きいと荷主への理解を得るのが難しくなるため、少額を想定するが、少額の場合交通産業のコスト負担軽減につながりにくい - 他モードや脱炭素化に取り組んでいない企業へ利用者がシフトしてしまう可能性がある	- 荷主に対して運輸部門の脱炭素化への取組みを周知し、理解促進させる - 荷主がScope3排出削減に取り組むような仕組みを国が提供する
	3	全個人に対する運賃での追加徴収	- 他産業:環境への取組みとしてアピールできる - 交通:燃料転換やEV・FCV導入におけるコスト負担を軽減できる	- 国内では脱炭素化への取組みに対してコストを支払う意識が薄く、反発を受ける可能性が高い - 他モードや脱炭素化に取り組んでいない企業へ利用者がシフトしてしまう可能性がある	他産業及び社会全体に対して、運輸部門の脱炭素化への取組みを周知し、理解促進させる
	4	荷主に対する排出量算定ツールの提供	- 他産業:Scope3のGHG排出量の算定が容易になる - 交通:他企業に対して環境への取組みとしてアピールできる	- 算定ツールの作成にコストと時間を要する - 作成しても利用されない可能性がある	- 交通産業に対して、ツール作成にかかる費用を補助 - 荷主がScope3排出削減に取り組むような仕組みを国が提供する - 国や業界団体が算定ツールのベースとなる算定方法を示したガイドラインを交通産業に提供する
取組み難	5	環境価値提供ができるプラットフォームの新設	- 他産業:削減証書を自社の排出削減として利用できる - 交通:他企業に対して環境への取組みとしてアピールできる	- プラットフォームの新設に多くの時間とコストを要する - プラットフォームの運営に人的コストを要する - 実施しても利用者が少ない可能性がある	国や業界団体がプラットフォームの作成費用を補助する

5) 検討結果

これまでの調査検討より、サプライチェーン排出の情報開示の流れから交通産業への影響について

て、公共交通機関の値上げが5%程度であれば約80%の利用者の利用意向は変わらないが、海外と比較すると脱炭素化への取組みに対して追加のコストをかけることに消極的である。他方、物流は人流と比較すると、対荷主・対個人ともに運賃転嫁が難しい傾向にあることから、利用者への理解促進がより一層必要である。

また、環境価値提供の仕組みとして既に国内事例がある削減証書発行や算定ツールの提供は業界全体に展開しやすいが、既存事例の実態や海外との意識の差を踏まえると利用者が少ないことが懸念される。コストの追加徴収は利用者が多いトラックや鉄道（旅客）での導入が考えられるが、脱炭素化に取り組まない企業へのシフトと交通産業の脱炭素化に対する理解促進への対応が必要不可欠である。

4. 欧米における交通分野の脱炭素政策

世界的にも脱炭素が進んでいる、欧州（EU）および米国における交通分野の脱炭素政策について、燃料転換政策を中心にインタビュー調査やデスクトップ調査をもとに把握・整理した。

(1) 欧州（EU）

① 脱炭素政策の経緯

EU の脱炭素政策の経緯について、京都議定書以降の時系列を図 34 にて纏める。

1997 COP3にて京都議定書採択(2005年発効) ・主に先進国の温室効果ガス排出削減目標について2020年までの枠組みを定めた条約 - 第1約束期間:2008～2012年にEUでは8%削減(1990年比)(先進国全体で5%削減) - 第2約束期間:2013～2020年にEUでは20%削減(1990年比)(2012年COP18にて設定、米や日本は不参加) ・この中ではEUバブルという考え方が盛り込まれている。 EUバブル:EU加盟国それぞれ単独で目標達成しなくても、EU全体の総排出量が国別割当量の合計量を上回らない限り、目標を達成したものと見なす
2005 EU-ETS(排出量取引システム)開始 ・京都議定書の目標達成の施策の1つ。 ・排出可能量の上限を定め、上限との差分の排出枠を取引できるEUのシステム(余れば売り、足りなければ買う)
2015 COP21にてパリ協定採択(2016年発効) ・京都議定書の後継として採択 ・長期目標「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より低く保ち、1.5℃に抑える努力をすること」 ・全ての国が削減目標を「NDC(国が決定する貢献)」として5年毎国連に提出・更新する義務 ・EUのNDC「2030年に温室効果ガス排出を40%以上削減(1990年比) 2050年に温室効果ガス排出を80～95%以上削減(1990年比)」
2019 欧州グリーンディール発表 ・持続可能なEU経済の実現に向けた成長戦略 ・2030年の削減目標引上げ ・2050年にEU全体としてのカーボンニュートラル
2020 欧州気候法案発表(2021年公布) ・2030年温室効果ガス正味排出量55%減(1990年比) ・2050年EU全体としての排出量を正味ゼロ
2020 スマートモビリティ戦略発表 ・欧州グリーンディールの目標達成のため、運輸セクター4年間(2020～2024年)の活動指針を示すもの
2021 Fit for 55関連法案の発表 ・2030年CO2排出量55%減を達成するための法改正等の政策パッケージ
2023 Fit for 55関連法案の主要な法案の採択完了

図 34 EU の脱炭素政策の時系列

Fit for 55 に含まれる各種施策の立案にあたっては、まず全体目標を設定しそれを達成するために何が逆算するか「バックカスティング」のアプローチが用いられている。具体的には、2050 年カーボンニュートラルという目標を策定した上で、現状と目標のギャップを確認するため、現状政策のみによる削減効果を表すリファレンスシナリオを作成・検証した結果、現状政策のみでは 2050 年カーボンニュートラルは難しいとされた。これを踏まえて、バックキャストのアプローチにより、目標を達成するために追加もしくは変更すべき施策の立案検討がされている。

また、欧州気候法では 2030 年温室効果ガス正味排出量 55%減（1990 年比）と 2050 年排出量正味ゼロが法制化されているが、新たに 2040 年目標として、EU 全体で 2040 年 90%減（1990 年比）、運輸部門で 2040 年 80%減（1990 年比）が提案され、現在審議中である。

② 規制（交通モード別）

EU では交通モード別に CO2 削減量や炭素強度についての規制を実施。事業者に対して目標（規制）を設定し、罰則を設けるなど強制力のあるものとなっている。

表 19 EU における交通モード別の規制

交通モード	内容
乗用車・ 小型商用車	「乗用車・小型商用車の CO2 排出基準」 新車販売する小型自動車に対して CO2 排出量（走行キロあたり）を規制。（2030 年から 2034 年にかけて、乗用車からの CO2 排出量を 55%減、小型商用車からの排出量を 50%減。2035 年以降、乗用車および小型商用車からの排出量を 100%削減。（いずれも 2021 年比））
大型商用車	「大型車の CO2 排出基準」 新車販売する大型自動車（トラック・バス）に対して CO2 排出量（走行キロあたり）を規制。（2030 年 45%減、2035 年 65%減、2040 年 90%減（2019 年比））
海運	「船舶機燃料規則（FuelEU maritime）」 EU の港を発着する総トン数 5,000 トン超の船舶の燃料を対象として、GHG 強度を規制している。（2025 年 2%、2030 年 6%、2035 年 14.5%、2040 年 31%、2045 年 62%、2050 年 80%減（いずれも 2020 年比））
航空	「航空機燃料規則（ReFuelEU aviation）」 EU 域内の空港の航空燃料供給事業者に対して、供給燃料の SAF 及び合成燃料の割合を義務付け。（SAF の比率：2025 年 2%、2030 年 6%、2035 年 20%、2040 年 34%、2045 年 42%、2050 年 70%。合成燃料の比率：2030 年 1.2%、2032 年 2%、2035 年 5%、2050 年 35%）
鉄道	スマートモビリティ戦略において、2030 年までに EU 域内の 500km 以内の定期運行の旅客輸送の脱炭素化を達成する目標が設定。（規制は存在しない）
その他	鉄道で 2 時間半以内に到着できる都市間の国内短距離フライトを禁止する法律（フランス）

③ インセンティブ（交通モード別）

前述の規制に加えて、EU では各交通モード別に、補助金や免税等のインセンティブにより、燃料転換を促進している。

表 20 EU における交通モード別のインセンティブ

交通モード	内容
自動車	EU の各基金等も用いて、各加盟国にて、ZEV、ZET 等の購入・リース補助や、自動車税・社用車税・付加価値税等の減税・免税措置の他、駐車場無料や道路通行料免除等、様々な支援を実施している。
海運	EU-ETS にて海運由来の排出枠 2,000 万トン分（約 20 億€）はイノベーション基金を通じて海運部門の脱炭素化支援に充てられており、また、ノルウェー及びポルトガルのトン数標準税制では、環境性能に優れた機器や装置をもつ船舶を優遇するなどの支援を実施している。
航空	EU-ETS にて、SAF はバイオマス燃料部分について排出量をゼロとみなされ、また、航空会社に対して、SAF の使用量に応じて、追加的に排出枠が割り当てられる。さらに、自空港の競争力強化のため、空港が SAF の調達費用を一部負担するなどの支援を実施している。
鉄道	EU の各基金等にて、欧州横断輸送ネットワーク（TEN-T）における鉄道網の構築を支援している。
その他	EU 全体として、「エネルギー課税指令改正案」によって持続可能な代替燃料や電気は 10 年間免税とすることや、技術研究支援プログラム「ホライゾン・ヨーロッパ」等によって燃料転換を促進している。

④ 排出量取引制度

1) EU-ETS

EU では、排出量取引制度（ETS；Emissions Trading System）として、2005 年より「EU-ETS」を開始した。EU-ETS は、欧州経済領域（EEA）内の火力発電や鉄鋼、セメント、石油精製、製紙、化学品等の炭素集約型産業の施設などや、一部の航空便を対象に、CO₂、N₂O、PCFs といった GHG の毎年の排出量に上限（キャップ）を設定し、その上限の範囲内で GHG を排出する権利を「排出枠」として市場等にて取引させる制度であり、取得した「排出枠」以上に GHG を排出した事業者には罰金・罰則が課せられることとなっている。EU-ETS 対象分野からの CO₂ 排出削減目標は、2030 年までに 2005 年比で 62%の削減となっている。なお、運輸セクターにおいては、航空が 2012 年から制度対象となり、海運は 2024 年から制度対象に加えられる。

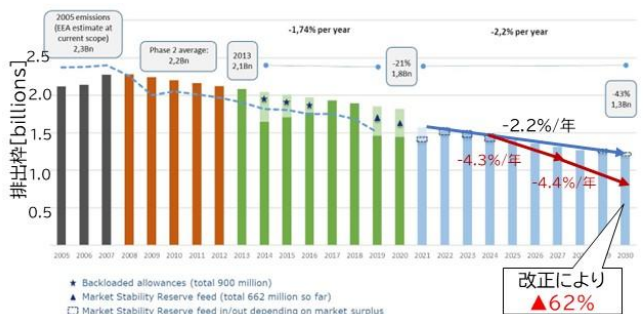
2) ETS II

従来の EU-ETS に加えて、2025 年より新たに「ETS II」が開始される予定である。道路輸送と建物の暖房は、これまでは効率基準などの従来型規制の対象とされてきたが、脱炭素化が進んでいないことが課題であったため、両部門における費用対効果の高い排出削減機会の実現を目指し、ETS II が創設されることとなった。対象は、建物の暖房需要と道路輸送、および EU ETS がカバーしていない産業部門の経済活動により排出される温室効果ガスを対象とする。

ETS II のキャップは、2030 年目標の達成を視野に、建物と道路交通の排出量を 2005 年比 43%、追加される産業部門の排出量を同 42%削減するものとする。ETS II の下で発行される排出枠は、MSR（Market Stability Reserve）への組み入れ分を除き、EU-ETS における排出枠とは別に、全量をオークションで分配する。

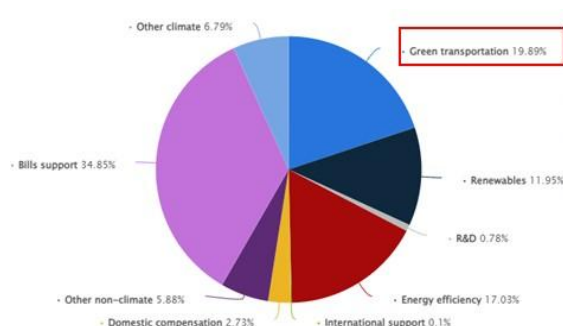
3) オークション収入の使途

EU-ETS 及び ETS II のオークション収入は、各基金に振り分けられる EU 資金分を除き、基本的には加盟国の予算に組み入れられ、各国の判断で使途を決めることができる（ただし、全額を気候変動対策に使用する必要がある）。オークション収入は年々増加してきており、その分、気候変動およびエネルギー目的に使用したお金も増加している。オークション収入のうち、2021 年では全体の約 20%が運輸部門に使用されており、脱炭素化が難しい運輸部門へ多くの金額が投入されていることが分かる。（2021 年のオークションで交通分野（航空）が支払ったのは全体の約 0.7%）



（出所）COM(2020)740 に加筆

図 35 EU-ETS キャップの変遷



（出所）Statista “Distribution of European Union Emissions Trading System (EU-ETS) auction revenues (EU-27) in 2021, by end use”

図 36 EU-ETS オークション収入使途（2021 年）

(2) 米国（カリフォルニア州）

米国の政策は連邦政府によって行われるほか、州等の地域政府も独自に取り組んでおり、脱炭素政策については連邦政府に先駆けてカリフォルニア州政府が積極的に取り組んでいる。そのため、本章では主にカリフォルニア州政府の取組について示す。

① 脱炭素政策の経緯・政策アプローチ

カリフォルニア州の脱炭素政策の経緯について、2006 年に成立した地球温暖化対策法以降の時系列を下図にて纏める。

2006 地球温暖化対策法成立 ・2020年までにGHG排出量を1990年水準まで削減
2011 Low Carbon Fuel Standard(低炭素燃料基準)開始 ・輸送用燃料の炭素強度規制
2013 Cap & Trade(排出量取引)開始
2018 知事令による2045年カーボンニュートラル宣言 ・カーボンニュートラル宣言を踏まえ、 Advanced Clean Cars II(乗用車等)、Innovative Clean Transit(バス(公共交通機関)) Advanced Clean Fleets(トラック)、In-Use Locomotive Regulation(鉄道)といった 新車販売割合等に関する規制を制定

図 37 カリフォルニア州の脱炭素政策の時系列

なお、加州では GHG 排出量削減戦略「Scoping Plan」に基づいて政策が立案・実行されており、2022 年に策定された「Scoping Plan」では 2045 年カーボンニュートラル達成に向け、各セクターの GHG 削減に向けたロードマップを作成し、目標達成のためにバックキャスティングの手法により分析を行った上で、規制・インセンティブの両面から政策を立案し、実行している。

② 規制（交通モード別）

加州では交通モード別に ZEV 車等の新車販売割合や炭素強度についての規制を設定し、遵守しない事業者に対しては罰則を設けるなど強制力のあるものとなっている。

表 21 カリフォルニア州における交通モード別の規制

交通モード	内容
小型自動車	「Advanced Clean Cars II」 ZEV の新車販売割合を 2026 年：55%、2030 年：68%、2035 年 100%とするよう規制。
大型自動車	①「Advanced Clean Fleets」 2036 年に新車販売の全てを ZEV とするよう規制。 ②「Innovative Clean Transit」 ZE バスの新車販売割合を 2023 年：25%、2026 年：50%、2029 年：100%とするよう規制。
海運	「Commercial Harbor Craft Regulation」 加州規制水域で操業する港湾船舶に対して GHG 等の排出規制が定められている。
航空	現段階で規制は特にないものの 2030 年までに SAF の割合を 20%とする目標が定められているほか、現在 Low Carbon Fuel Standard において対象外となっている航空燃料を 2028 年から規制対象とすることが検討されている。
鉄道	「In-Use Locomotive Regulation」 旅客鉄道は「2030 年以降に製造した車両又は製造から 23 年以上経過した車両」について ZE 構成で運転しなければならない、貨物鉄道は「2035 年以降に製造した車両又は製造から 23 年以上経過した車両」について ZE 構成で運転しなければならないよう規制。

③ インセンティブ（交通モード別）

前述の規制に加えて、加州では各交通モード別に、補助金やクレジット付与等のインセンティブにより、燃料転換を促進している。

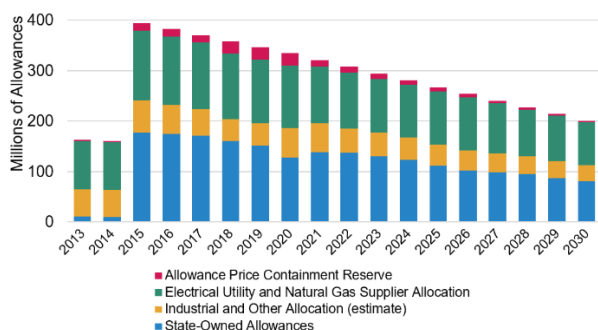
表 22 カリフォルニア州における交通モード別のインセンティブ

交通モード	内容
小型自動車	「Clean Cars for All」 ZEV 購入時に最大\$12,000/台の補助を受ける。
大型自動車	「Clean Truck & Bus Vouchers」 ZEV のバス・トラック購入時に最大\$120,000/台の補助を受ける。 他にも「Carl Moyer Program」や「Volkswagen Environmental Mitigation Trust for California」といった補助プログラムが存在している。
海運	①「Carl Moyer Program」 エンジン導入時に最大 85%の補助を受ける。 ②「Volkswagen Environmental Mitigation Trust for California」 クリーン技術へ置き換える際に最大\$120 万の補助を受ける。
航空	「Low Carbon Fuel Standard」 SAF 供給事業者に取り引可能なクレジットを付与している。
鉄道	「Carl Moyer Program」 エンジン導入時に最大 85%の補助を受ける。

④ 排出量取引制度

加州では 2013 年より年間排出量取引制度「Cap & Trade」を開始し、①年間 GHG 排出量 2 万 5 千トン以上の発電事業者、②大規模産業、③燃料供給事業者に対して GHG の排出枠を設定するとともに過不足分の排出枠の取引を行っている。また、Cap & Trade の収入は「交通・地域のサステナブル化」、「クリーンエネルギー・エネルギー効率化」、「天然資源・廃棄物転換」に使われることが決められている。

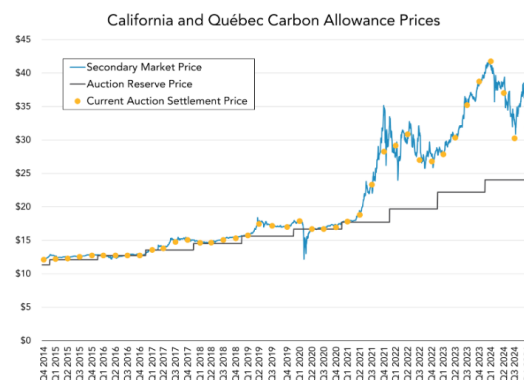
なお、2023 年までの収入のうち、高速鉄道プロジェクト含め約半数が交通分野に使用されている。高速鉄道プロジェクト以外の用途としては、EV 購入補助、バスの新路線運行や脱炭素運行の支援等が挙げられる。



(出所) California Air Resources Board "Cap-and-Trade Program: Allowance

Distribution Factsheet"

図 38 Cap & Trade 排出枠推移



(出所) California Air Resources Board "Cap-and-Trade Program Data Dashboard"

図 39 Cap & Trade 排出枠 取引価格推移

5. 交通産業の GX 実現に向けて

(1) 2章～4章のまとめ・考察

① シナリオ分析

シナリオ分析の結果、現状のままでは交通分野の 2050 年カーボンニュートラルの達成は厳しく、Best effort の 3 シナリオでも 2 割程度の排出が残る結果となった。交通分野が 2050 年カーボンニュートラルを達成するためには、ZE シナリオや CN シナリオレベルの更なる高い目標設定とそれを確実に実行していくことが必要である。

一方で、ZE シナリオや CN シナリオを実現するためには、IEA や電力中央研究所が試算するカーボンコストよりも高いマージナルコストが交通産業には必要であり、多大な投資を呼び込む仕掛けが必要である。

② 経済影響分析

1) 交通産業の営業利益及び運賃への経済影響分析

脱炭素コストを交通事業者が全額負担した場合、全交通モードで経営が悪化し、多くの事業者は赤字となる。特に、トラック・バス・内航海運・航空では、営業利益の減少幅が大きい。また、バス・トラック・内航海運は供給設備による影響が他のモードと比べて大きく、供給設備コストを含んだ場合、営業利益がより減少する結果となった。

脱炭素コストを全額運賃・送料に転嫁した場合、運賃・送料は 1.00～1.25 倍に増加する結果となった。特に、バス、トラック、内航海運、航空では影響が比較的大きく、10%以上の運賃値上げが必要となる可能性がある。また、地方の方が都市部と比較して、運賃の上昇幅が大きい結果となった。一方、タクシー・鉄道では、運賃は 1.00～1.02 倍となり、運賃・送料への影響が比較的小さい結果となった。

以上の結果より、脱炭素コストを交通事業者が全額負担した場合、多くの事業者の経営が成り立たなくなる可能性があり、交通網の維持が困難となる可能性がある。一方、脱炭素コストを全額運賃転嫁した場合、モードによっては 10%以上の値上げが必要になり、利用者離れが生じる可能性がある。

上記課題を解決するために、交通モード別に、コスト負担を低減するために必要な仕組み（設備導入補助、運賃転嫁の仕組み作り等）を検討する必要があるのではないかと。その際、脱炭素化に取り組んだ事業者が損をしない仕組み作りが必要ではないかと。

2) 他産業への経済影響分析

合成燃料の使用は機器の入れ替えが不要であり、事業者や他の産業への影響がないが、メリットのある主体もデメリットのある主体も限定的である。GHG 排出を減らしたい事業者や国・自治体からは計算上排出 0 である合成燃料は有用であるが、電気、水素燃料使用機器と比べ高価な燃料であることが大きなデメリットとなる。燃料価格上昇のコストを燃料販売企業、交通事業者、利用者でどう負担するかが重要であるが、行政からの支援が必要になる可能性もある。

特に個人の世帯では燃料価格の上昇というデメリットしかないため、利用拡大のためには規制や支援が重要である。ただし、産業部門への経済効果からみた場合、自動車の経済波及効果は乗用車で、FCV>ICEV（HV 含む）>EV であり、トラックでは ICEV>FCV>EV であるため、内燃機関を削減していくことは産業全体ではマイナスの効果となる。合成燃料の利用は内燃機関の需要

を保ち、経済の成長と脱炭素を両立する上で必要なものと考えられる。

航空以外の交通モードでは脱炭素化の推進により機器の製造に関係する部門では大きな影響を受ける。「産業連関表」を用いて計算した結果からは、自動車の場合、EV・PHVの生産は「電気機械」部門への波及効果が大きく、FCVの生産は「プラスチック製品」部門への波及効果が大きい。船舶や鉄道車両も同様である。したがって、交通産業に優先的に投資することで運輸分野のEV、FCV等導入を促進すると、他産業部門への波及効果も大きくなる。

交通産業の脱炭素化により、自動車の生産による「自動車部品・同付属品」部門への波及効果は低下する一方、電池が含まれる「電気機械」部門への波及効果は増加する。自動車産業が集積するドイツでは、産業転換による雇用への影響への対策として、EV用蓄電池の工場建設などに対する個別企業への助成や、主に地方中小企業を支援するファンドやプログラムの新設が行われている。日本では蓄電池産業戦略に基づき蓄電池・材料の国内製造基盤の確立が図られているが、ドイツのように産業転換による内燃機関関連の雇用への影響を踏まえた対応も必要になるだろう。

3) サプライチェーン排出対応（Scope3排出）

サプライチェーン排出の算定方法については、環境省と経済産業省が「サプライチェーン排出量算定ガイドライン」を作成・公表しているが、必ずしも一次データを利用する必要はなく、交通事業者の削減効果が全て反映されていない状況である。そのため、交通事業者のCO₂削減効果の見える化・標準化に取り組む必要がある。

また、サプライチェーン排出削減に寄与する取組の1つである環境価値提供事例について、日本では希望者にのみ追加料金として徴収している企業もあるが、日本は海外と比較すると、気候変動対策に有効な取組が認知されておらず、さらに脱炭素化への取組みに対して追加コストをかけることに消極的な傾向にあることから、交通事業者による環境価値提供事例の拡大を図るとともに利用者への幅広い周知並びに行動変容を促す必要がある。

以上の結果より、Scope3算定・開示の義務化を行い、他産業にとってScope3排出を削減するメリットを設けることで環境価値提供が促進され、排出量削減に繋がるのではないかと考えられる。なお、その過程においてScope3算定に伴うコスト負担に鑑み、大企業から算定・開示を開始する段階的義務化等の考慮に加え、以下の点に留意した仕組みが重要である。

- ・ Scope3開示義務化に伴うGHG排出量算定基準の統一（交通事業者が提供する一次データの活用を含む）
- ・ 交通事業者がGHG排出量算定にあたり発生する人的・金銭的なコスト負担
- ・ 交通産業による脱炭素化の積極的な推進
- ・ 削減証書の環境価値提供の市場拡大・運賃転嫁の仕組み創設
- ・ 環境価値提供の周知と国民の行動変容促進（義務教育、国・業界団体からの広報等）

③ 欧米の脱炭素政策の調査

欧州・加州では2050年までの中長期的な目標を設定し、その目標を達成するための規制を設定しており、バックキャスト的に政策立案をされている。日本では2030年頃までの短期的な目標がほとんどで、中長期的な目標設定がされておらず、その目標値もフォアキャスト的に積み上げで策定されたものであることから、今後、バックキャスト的な政策立案が必要ではないかと考えられる。

また、規制の観点では、欧州・加州ともに各モード別に細かい期間毎にCO₂削減量や炭素強度の目標を設定した上で、罰則を設けるなどの強制力を有している。インセンティブの観点では、排

出量取引制度によるオークション収入の多くが運輸分野に投資され、脱炭素機器や燃料の購入補助、技術開発等への資金投入、免税・減税等に活用し、燃料転換を促進している。このことから、日本においても交通産業の脱炭素化に向けて規制とインセンティブの両輪で進める必要があるのではないか。

(2) 交通産業が脱炭素を進める道筋（ロードマップ）

交通産業の脱炭素化のメインは燃料転換となり、燃料転換には電気、水素、合成燃料等様々な選択肢があるが、現時点で優位と言える燃料はなく、技術進展の動向も踏まえながら、燃料転換を進めていく必要がある。ここでは、交通産業の燃料転換の道筋の一例として、カーボンニュートラルシナリオ（2050年に2013年比でCO₂排出量を90%削減するシナリオ）における燃料転換の道筋を図40に示す。図40では、カーボンニュートラルシナリオにおける2030年、2040年、2050年の各輸送機器および燃料の導入割合を示しており、EV・FCV等の輸送機器については、各年での新車販売割合も示している。なお、合成燃料については、各モードの全ストック台数に占める、合成燃料を使用したストック台数割合を表示している（ただし、合成燃料は通常化石燃料と混合して使用されると想定されるが、ここでは混合されず、1台あたりに合成燃料が100%使用されると仮定して台数を算出した。）。

また、交通産業の脱炭素化達成のためには、それぞれの燃料の供給量を確保することも重要である。図11の通り、いずれの燃料も、足元の供給量と比較して多量の燃料が必要となるため、サプライチェーンの確保も含めて十分に検討する必要がある。

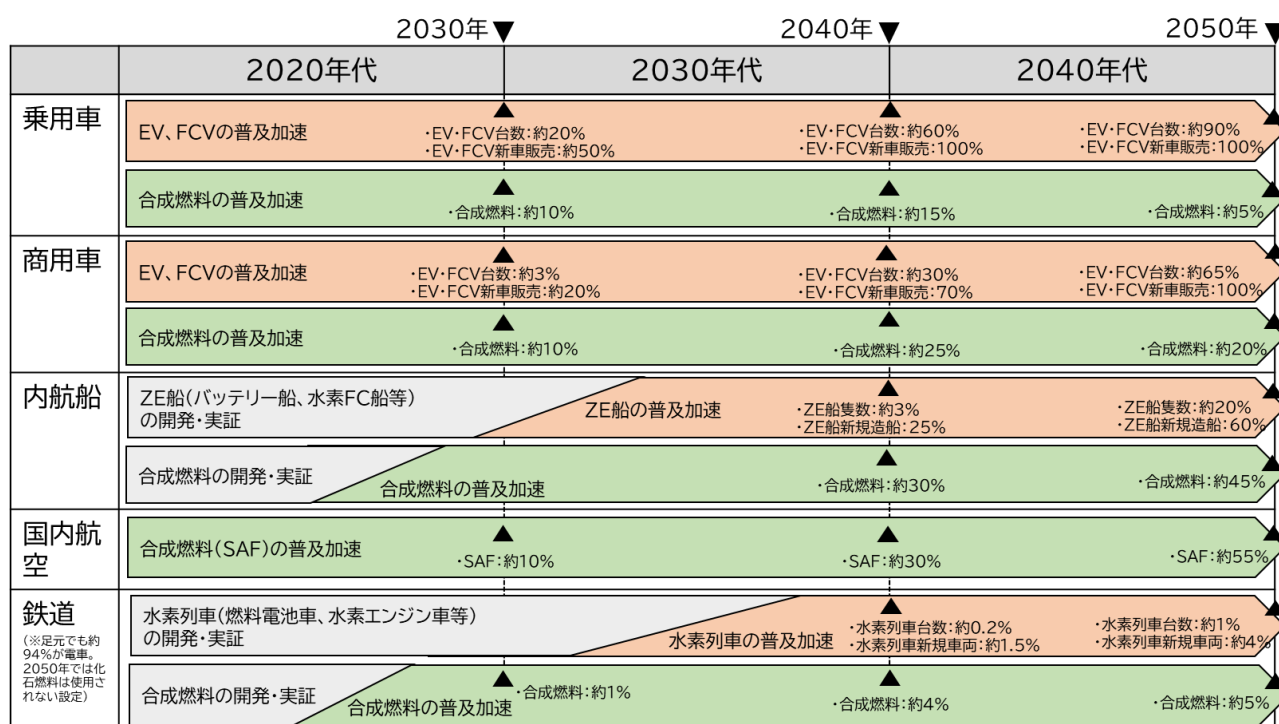


図 40 カーボンニュートラルシナリオにおける燃料転換の道筋

(3) 交通産業の GX の進め方

① 交通モード横断のロードマップ策定

- ・ 国が主導して交通モード横断のロードマップを策定するとともに、官民協力して CO2 削減目標に加えて代替燃料や輸送機器の導入量などの詳細な定量目標を設定する必要がある。
- ・ ロードマップは 2050 年カーボンニュートラル（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）から逆算したバックカスティングによって策定し、策定時の想定とは技術進展が異なる進み方をするケースも考慮して、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である。
- ・ 交通事業者及び燃料供給事業者としてもロードマップを受けて具体的な道筋であるトランジション戦略を提示し、主体的に CN 達成へ向けて努力を継続する必要がある。

② インセンティブと規制による燃料転換の促進

- ・ 燃料転換に取り組む交通事業者が損をしないような仕組みづくりが必要になる。
- ・ 行政は、交通モードや地域別に交通事業者のコスト負担に差異があることを考慮した上で、燃料転換に取り組む交通事業者が優遇される補助金の給付、減税・免税制度などの仕組みを設計する必要がある。
- ・ また、将来的には規制的手法（燃料販売量規制、CO2 排出量規制、導入量規制等）によって、燃料転換に取り組まない事業者への罰則を課すことで、燃料転換を強制的に促進することも考えられる。
- ・ 補助財源としては、現在は GX 移行債があり、今後はカーボンプライス等の導入による課金を充てることが考えられるが、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」である交通分野に課金が集中する可能性がある。過度な課金の負担を軽減するためのより薄く幅広い課金制度の導入と「Hard to abate sector」の脱炭素を推進するため課金収入のうち相当量を交通分野の脱炭素化支援に充てる仕組みが必要ではないか。

③ 輸送機器・エネルギーの供給体制構築

- ・ 交通事業者が燃料転換に取り組むには、輸送機器・エネルギー供給体制の構築が欠かせない。
- ・ 需要家となる交通事業者はモード内・モード間や、さらにはセクターを超えた導入計画を明示し、公的機関や大手事業者が先導してクリーンな輸送機器やエネルギーを実際に導入することで、供給側のリスク低減を支援するなど、需要と供給双方の関係者が連携して長期的な市場拡大と供給体制の構築が必要である。
- ・ また、供給体制の構築にあっては、エネルギーの確保のみならず、供給施設・設備の設置や導入も必要になることに注意が必要である。
- ・ 行政機関は、技術開発支援のための補助金を強化することや、モードやセクターを超えて需要側と供給側が連携するための協議の場を設定する必要がある。
- ・ なお、脱炭素に繋がる輸送機器・エネルギー供給体制を構築するにあたっては、産業の転換が必要となる。産業転換による内燃機関関連の雇用への影響を踏まえた対応や、国内への経済波及効果を高めるための蓄電池や水素等の国内製造の支援が重要となる。

④ 交通事業者の脱炭素コストの負担低減

- ・ 交通事業者の脱炭素につながる輸送機器と燃料・エネルギー導入を加速させるには、イノベーションの加速や供給体制構築による輸送機器、燃料等の早期の大幅なコスト低下が必要となる。
- ・ 脱炭素輸送機器や燃料の導入には、充電設備や水素充填設備等の供給設備が不可欠であり、そのコストも上乘せが必要となる。このコスト負担の低減には、マルチモーダル型の供給設備の導入を含め、行政・自治体・燃料供給事業者等が連携して導入を進める必要がある。
- ・ また、IT化やAIの活用による更なる人流や物流の合理化・効率化により活動量や必要エネルギー量を抑制することも必要となる。
- ・ 補助財源や活動量の抑制等には限度があることから、交通利用者へのコスト転嫁も必要である。公共交通の運賃改定には国による認可が必要となるが、脱炭素に係る費用を運賃・送料に（一部）転嫁しやすくできるような官民協議の上、算定指針等に反映する必要がある。

⑤ 利用者の Scope3 排出量の削減促進

- ・ 世界的にもサプライチェーン排出量削減の機運は高まっており、カーボンニュートラルを達成するためには、サプライチェーン排出量削減の取組みは非常に重要となる。
- ・ 一方で、日本ではサプライチェーン排出量削減への意識がまだ低いため、サプライチェーン排出量削減が評価される仕組み（Scope3 排出量公表義務化、減税措置等）を導入することが必要ではないか。
- ・ そのためには、交通事業者の CO2 排出量算定方法は、取引企業が公平に比較できるように統一することと、取引企業における Scope3 の CO2 排出量算定に反映できるようにする必要がある。また、算定方法は最終的にはモード横断で統一される必要があることから、国が主体となり、各モードにおいて既に規格化されている場合はそれらとの整合を図りながら統一化していく必要がある。
- ・ 加えて、交通事業者の CO2 排出量を正確に算定するためには膨大な手間と費用が掛かるため、リソースの少ない企業であっても CO2 排出量を簡便に計算できる算出方法とツールが必要となることに留意すべきである。
- ・ 既にいくつかの交通事業者が環境価値提供の取組を実施しているが、利用者への更なる訴求やサービスの拡張を行い、業界全体の動きとなるように取組を加速させる必要がある。行政や業界団体は、交通分野の負荷が少なく他産業分野にも受け入れられる環境価値提供のプラットフォームの確立や市場創出も視野に、これらの取り組みを支援する必要がある。
- ・ また、出張・通勤に伴う CO2 排出量削減のために環境負荷の小さいモードや交通事業者ヘシフト（=交通セクター全体におけるエネルギー消費減少による脱炭素化）を促す企業のモビリティマネジメントを推進することも必要である。

⑥ 利用者・社会の理解と行動変容促進

- ・ 交通分野の燃料転換に対する各制度の導入や、脱炭素コストを運賃・送料に転嫁するには、利用者・社会の理解促進が欠かせない。
- ・ 行政や業界団体は、交通分野の CO2 排出削減をすることで環境・経済・健康などに対してどのようなメリットがあるかを可能な限り定量的に試算し、国民に対して情報発信をする等により、国民の環境意識の更なる向上および社会全体として環境改善に取り組んでいく機運を高めていく必要がある。

- ・ 企業に対しては、Scope 3を含む排出量の公表及び管理責任を持たせる等によって、輸送や配送、出張や通勤等において CO2 排出量がより少ない交通事業者を選択するように行動変容を促進することが考えられる。
- ・ 個人に対しては、公共交通や自転車・徒歩利用への誘因施策、自動車の市内入域規制などにより活動量を抑制することや、国民の環境意識の一層の向上により CO2 排出量がより少ない交通手段を選択するように行動変容を促進することが考えられる。
- ・ これらにより、燃料転換へ取り組む交通事業者が利用者から選択される社会の構築が必要である。

交通産業 GX ロードマップ検討会 委員名簿

<2025 年 3 月時点>

※ ()内は前任者

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
委 員	秋元 圭吾	公益財団法人地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ グループリーダー・主席研究員
委 員	大坪新一郎	東海大学海洋研究所 特任教授、 一般財団法人運輸総合研究所 特任研究員
委 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
委 員	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
委 員	大聖 泰弘	早稲田大学 名誉教授
委 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
委 員	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
委 員	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
委 員	本郷 尚	三井物産戦略研究所シニア研究フェロー
委 員	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
委 員	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 上席研究員
委 員	清水 充	国土交通省総合政策局環境政策課長
委 員	宿利 正史	一般財団法人運輸総合研究所 会長
委 員	上原 淳 (佐藤 善信)	一般財団法人運輸総合研究所 理事長
委 員	屋井 鉄雄	一般財団法人運輸総合研究所 所長 東京科学大学 特命教授・名誉教授
委 員	奥田 哲也	一般財団法人運輸総合研究所 専務理事 ワシントン国際問題研究所長、アセアン・インド地域事務所長
委 員	金山 洋一	一般財団法人運輸総合研究所 主席研究員・研究統括
委 員	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

事務局	谷口 正信	一般財団法人運輸総合研究所 研究員
	(竹内 智仁	一般財団法人運輸総合研究所 前主任研究員)
	加藤 雄太	一般財団法人運輸総合研究所 研究員
	小倉 匠人	一般財団法人運輸総合研究所 研究員
	菅生 康史	一般財団法人運輸総合研究所 研究員
	園田 薫	一般財団法人運輸総合研究所 研究員
	東山 祐也	一般財団法人運輸総合研究所 研究員
	(堀尾 怜椰	一般財団法人運輸総合研究所 前研究員)

作業協力	株式会社日本総合研究所
	エム・アール・アイ リサーチアソシエイツ株式会社

一般財団法人運輸総合研究所

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目18番19号 UD 神谷町ビル

[TEL:03-5470-8415](tel:03-5470-8415) FAX:03-5470-8419

Supported by  日本財団 THE NIPPON
FOUNDATION

運輸総合研究所は、日本財団の助成金を受けて活動しております。