

交通脱炭素シンポジウムⅡ ～脱炭素における運輸セクターの将来展望～



1. 開会挨拶



宿利 正史
運輸総合研究所 会長

2. 基調講演



カーボンニュートラルに向けた 世界展望と運輸部門の見通し

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

3. 研究報告

日本の交通産業の脱炭素化シナリオ分析



谷口 正信
運輸総合研究所 研究員

欧州及び米国における交通分野の燃料転換促進策



小倉 匠人
運輸総合研究所 研究員



園田 薫
運輸総合研究所 研究員

4. パネルディスカッション



モデレーター

山内 弘隆
武蔵野大学 特任教授・一橋大学 名誉教授・
運輸総合研究所 研究アドバイザー



上本 佳史
ヤマト運輸株式会社 グリーンイノベーション開発部
エネルギー事業推進課長



浅井 康太
株式会社みちのりホールディングス
グループディレクター



下永 智規
株式会社商船三井さんふらわあ 執行役員



乾 元英
全日本空輸株式会社
経営戦略室企画部 GXチーム
マネージャー



清水 充
国土交通省総合政策局
環境政策課長

谷口 正信
運輸総合研究所 研究員

5. 閉会挨拶



屋井 鉄雄
運輸総合研究所 所長

開催趣旨

交通産業は我が国のCO₂排出量の約2割を占めていますが、2030年以降、2050年に至る方向性や普及の見通しは未だ見えていません。

冒頭、開会挨拶で宿利会長は次のように述べました。「気候変動の問題は、単に環境の問題にとどまらず、産業の存廃を含め人類のあらゆる活動の持続性に関わる極めて重要な、そしてグローバルな課題である。COP28では、2050年までに温室効果ガスの排出を実質ゼロにするため、化石燃料からの脱却を進めることが合意され、続く「G7気候・エネルギー・環境大臣会合」では、世界のGHG排出量を2035年までに60%削減するための取組みに貢献すること、石炭火力発電を2030年代前半までにフェードアウトすることなど、地球環境、エネルギー問題に対する方針や方向性を示した共同声明が発表された。我が国においては、昨年5月に「GX推進法」が成立、今年5月には、第7次エネルギー基本計画策定に向けた議論が開始され、さらに今後、地球温暖化対策計画の見直しや、カーボンプライシングの制度設計についての議論が開始される予定となっている。一方、日本の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については、まだ見通しが立っていない状況にある。GXを実現するためには、輸送機関のゼロエミッション化、燃料のサプライチェーンの変革、また、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んでいく必要がある。同時に、カーボンプライシングを含め、GXに伴うコスト等が交通事業者や利用者に及ぼす影響についても考慮していく必要がある。」

本シンポジウムでは、2050年にむけた交通産業のGXのあり方について、全体像をとらえつつ、経済的な影響分析も行うことを目的とした、「交通産業GXロードマップ検討会」の中間発表について当研究所より報告するとともに、各交通モードの関係者のほか、当研究所の研究員も登壇し、交通産業のGXの実現に向けた問題意識と今後必要な取組みについて共有しました。

シンポジウムの概要

■基調講演

カーボンニュートラルに向けた世界展望と運輸部門の見通し

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

1. エネルギーと気候変動、そしてカーボンニュートラルに向けて

世界では、産業革命以降、急速にエネルギー消費量が增大しており、その大宗は化石エネルギーである。気候変動対応のためには、膨大な量のエネルギーを変えていくことになり、社会構造全体を変える取組みが必要である。



CO₂の累積排出量と気温上昇には線形に近い関係が見られ、CO₂排出に対する気温応答は減衰に非常に長い時間を要するため、気温を安定化しようとするれば、いずれはCO₂の正味ゼロに近い排出が必要になる。長期でCO₂正味ゼロ排出に近づけていく過程は大きな排出経路の幅が存在し得るため、総合的な

スクマネジメントが重要となる。

日本のカーボンニュートラル実現のためには、まずは省エネが重要となり、エネルギーとしては、原則、原子力、再生可能エネルギー、CO₂回収・貯留（CCS）の3つで構成することが必要となる。また、電化は重要であるが、全てを電化で対応できるわけではなく、必ずしも費用対効果が高いわけではないため、水素、合成液体燃料、合成メタン、バイオマス等の活用も重要になる。さらに、負の排出技術でのオフセット手段も存在するので、全体システムでの費用対効果の高い対策を、時間軸も意識しながらとっていくべきである。

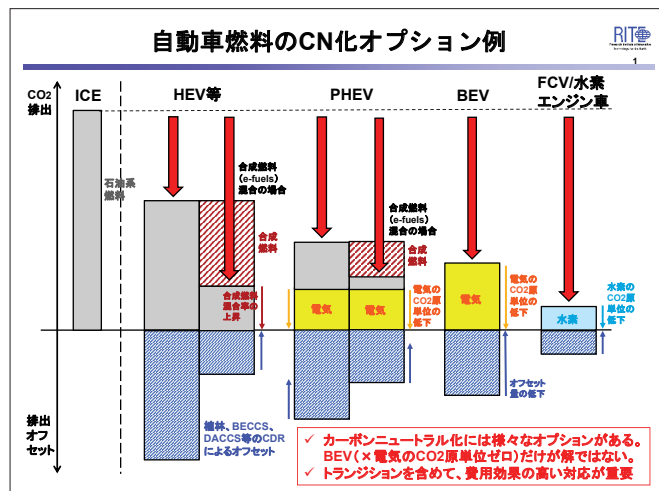
昨年12月のCOP28では、長期目標の達成に向けた全体としての進捗を評価する仕組みであるグローバル・ストックテイクに関する決定が採択された。運輸部門に関する事項として、「インフラの整備やZEV・低排出車の迅速な導入など、多様な道筋を通じ道路交通からの排出削減を加速」と記載があり、ZEVは重要だが、低排出車を移行過程でどのように使っていくかも含めて考えていくことが重要と言える。

国連環境計画（UNEP）や国際エネルギー機関（IEA）の見通しでは、現状では1.5℃目標との乖離は大きく、少なくとも世界全体では2100年に+2～+2.5℃上昇程度以下がせいぜいの水準と見られる。また、COP28決定文書では、「最新のNDCs（各国の排出削減目標）が完全に実施された場合には2.1～2.8℃の範囲の上昇」の見通しとされている。このように2050年カーボンニュートラルは難しい状況ではあるが、何をすべきかよく考え、着実に排出削減を進めていく必要がある。

2. カーボンニュートラルに向けた各種対策技術の役割と課題

変動性再生可能エネルギー（太陽光、風力）のコスト低減は大きく進展してきているが、国によって大きなコストの差異があり、日本の価格は依然として高い。また、海外の再生可能エネルギーとのコスト差が残る可能性が高いため、海外の再生可能エネルギーを水素や合成メタン、合成燃料等として活用することが経済合理的となりやすい。再生可能エネルギーの拡大は必須だが、国内での導入規模は楽観視できず、調和した拡大が必要となる。

水素系エネルギーも、製造方法、利用方法ともに複数の可能性があるため、技術を特定し過ぎず、幅広い選択肢を有して、市場競争を促すことが必要である。他方、水素は新規インフラが必要な一



自動車燃料のCN化オプション例（秋元グループリーダーの講演資料）

方、合成燃料や合成メタンは既存インフラの大部分が利用可能で、かつ混合率も調整しやすく、柔軟性を有する。コスト構造については、製造コストが大部分を占めており、現状では、アンモニアがコスト優位、合成メタンも大差はない。いずれがコスト的に優位かは、利用先などによると見られる。

運輸のカーボンニュートラル化について、自動車燃料のカーボンニュートラル化には様々なオプションがあり、BEV（バッテリー式電気自動車）だけが解ではない。トランジションを含めて、費用対効果の高い対応が重要になる。また、航空分野では、従来より温室効果ガス低減に関する国際的な合意目標が存在し、その達成手段として、SAFの活用、新技術の導入、運航方式の改善を組み合わせなければ目標達成が難しいことが示されている。

3. モデルを用いたエネルギーシステム分析

地球環境産業技術研究機構では、世界全体で2℃、1.5℃と整合的で、かつ国・部門の対策コストの違いを踏まえた、統合評価モデルの一つDNE21+（Dynamic New Earth 21+）モデルによって定量的かつ世界全体で整合性を有する部門別トランジションロードマップを策定した。

世界全体では、2℃、1.5℃目標下では、運輸部門の石油消費量は漸減、代替エネルギーである電力、バイオマス、水素、合成燃料は拡大する結果となった。ただし、Orderly 1.5℃シナリオの2050年でも、現状の半分程度までの削減に留まり、相応の量の石油消費は残り、運輸部門の対策コストは相対的に高いため、残余分はCDR（二酸化炭素除去）でオフセットすることになる。

日本では、世界全体よりも電化の促進が見られ、シナリオによってはバイオ燃料も拡大、2040年頃からは2050年にかけて、水素、合成燃料等の利用が見られる結果となった。2050年においても、Orderly 1.5Cを除いて、石油は一定程度残るが、世界全体よりは、国内でのCDR利用可能量が小さいことから、石油利用の抑制は大きい。

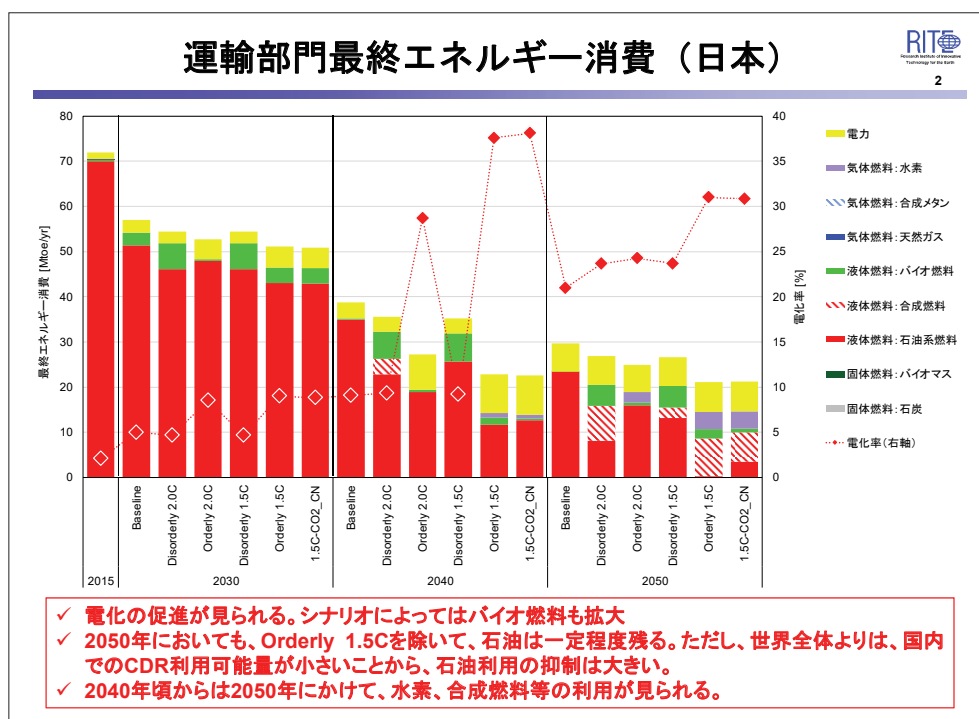
日本の2050年の部門別・技術別の排出削減ポテンシャル・コストの分析では、日本では4～5万円のCO₂限界削減費用が推計され、カーボンニュートラルのためには炭素プライスとして約5万円必要という分析結果となる。再エネや蓄電池のコストが下がったケースでは、分析結果は大きくは変わらないが、BEVが安くなり貢献度が大きくなる可能性がある。ただし、不確実性の幅があり、色々な技術を組み合わせることが重要と言える。

4. GX政策・投資戦略の動向

日本政府のGX実現に向けた方針が掲げられており、そのポイントの一つとして、カーボンプライシングがある。これは、将来のカーボンプライシングを財源として、GX経済移行債という政府の補助金を先に出し、投資を前倒しで促進する仕組みである。現時点では、再エネ賦課金及び石油石炭税が下がる分を補う部分しか負担しないことになっているので、化石燃料賦課金は2040年で1,100円～1,900円/tCO₂、特定事業者負担金は2040年で6,900円～11,000円/tCO₂程度と試算される（日本エネルギー経済研究所の試算）。

運輸関連のGX分野別投資戦略は、自動車/蓄電池では、電動車の購入支援、生産能力拡大への設備投資、全固体電池等の次世代電池への研究開発支援等、航空機/SAFでは、次世代航空機のコア技術開発、実証機開発、飛行実証、SAFのサプライチェーン整備支援等、船舶では、ゼロエミッション船等の建造に必要な生産設備の導入等に投資する戦略となっている。

GX経済移行債による投資促進策における支援見込額は、現時点で約13兆円が決まっているが、運輸部門ではまだ配分額が決まっていなくてもあるもので、適正に効果があるところに振り分けていくことが必要である。運輸部門は、他部門と比べて対策費が相対的に高い可能性があるため、GXの補助金との適切な組み合わせによって、排出削減を進めていくことが必要である。



■研究報告①

日本の交通産業の脱炭素化シナリオ分析

谷口 正信 運輸総合研究所 研究員

我が国の交通分野のCO₂排出量は全体の2割を占めており、2050年カーボンニュートラルの達成に向け削減努力を続けているが、これまでの削減の大部分は自動車セクターの削減によるところが大きい。交通分野はいわゆるHard to abateなセクターであり、2030年度のCO₂排出量を2013年度比で35%削減する目標が達成可能なのか、また、その先2050年に至る道筋は見えていない。他方、欧米では経済成長と脱炭素を両輪で進めている中、我が国産業の国際競争力の低下が懸念される。これらに加え、交通分野で脱炭素化を進めることで日本の経済成長につなげられないか、という問題意識の下、交通モード横断的に輸送需要や脱炭素化技術の変化、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、ゼロエミッション達成のための必要条件を示すとともに、そのために必要なコスト、経済影響等を分析し、交通産業のGXの将来道筋と方策についての調査研究を2023年から2か年計画で行っている。今回の報告は、1年目の成果をまとめた中間報告の要旨であり、複数シナリオによる交通産業GXの見通しとシナリオ分析からの考察について紹介する。

交通産業GXの見通しについては、回帰モデルを用いて人流、物流別に需要推計を行い、その需要を各モードに振り分け、5つのモード別の技術導入やコストシナリオを作成して、シナリオ別に機器導入量や燃料消費量を計算、そこからさらにCO₂排出量、機器コスト、燃料コストを算出した。また、カーボンプライシングの議論を踏まえ、交通モードにかかる炭素コストについても試算を行った。

長期輸送需要の試算の結果、人流は2030年をピークに減少する一方、物流は2022年以降も増加する結果となった。モード別には、人流においては鉄道が微増し、物流においては鉄道のみがやや減少する結果となった。

脱炭素燃料の必要量については、各シナリオともにどれか一つの燃料に集約されることはなかった。また、運輸部門に必要な水素燃料量は2050年で400～1,400万トンであり、政府の導入目標の7割以上を交通分野で使用する結果となった。

CO₂排出量については、現状のままでは2050年に2013年度比で4割程度排出が残り、各モードでの技術導入目標等が達成されたとしても2割程度が残余、2030年の削減目標を達成できない可能性がある結果となった。

CO₂削減コストについては、GX推進法による化石燃料賦課金の想定額が6千円であるのに対し、試算結果は4～6万円と非常に高額である結果となった。また、カーボンプライシングによるカーボンコストの試算においては、現状のままでは交通産業がGX移行債の償還負担をほぼ担う結果となり、脱炭素化を早期に進めたほうがカーボンコストは低くなる結果となった。

これらの結果より、以下のとおり課題を考察した。

- ①2030年の交通分野のCO₂削減目標達成のためには、モーダルシフト等現在の施策を総動員するとともに、輸送エネルギーの効率の改善や更なる新機器の導入、新燃料利用が必要である。
- ②交通分野で将来必要となる燃料・エネルギー量を考慮した燃料・エネルギーの開発・生産・導入促進が不可欠である。



- ③交通分野の脱炭素コストは高額となると考えられる中、交通事業者が脱炭素化に向けて取り組むには、十分なインセンティブの付与が必要である。

	① なりゆき (現状考慮)	② Best Effort (電化中心)	③ Best Effort (水素活用)	④ Best Effort (合成燃料活用)	⑤ ゼロエミ ッション
カーボンコスト見通し (円/t-CO ₂)	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-CO ₂ ～2050年6094円/t-CO ₂ 特定事業者負担金：2023年3500円/t-CO ₂ ～2040年10790円/t-CO ₂ ～2049年19078円/t-CO ₂ (2050年は発電セクターでCN達成を見込むため0円/t-CO ₂)				
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)

カーボンコスト（炭素課金）の試算（谷口研究員の報告資料）

本調査研究の中間報告「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）は、運輸総研だよりVol.10 P.4～7でご紹介しているほか、以下のWEBサイトで全文をご覧いただけます。

https://www.jttri.or.jp/research/GXroadmap_houkoku.pdf



■研究報告②

欧州及び米国における交通分野の燃料転換促進策

1. 欧州（EU）における交通分野の燃料転換促進策

小倉 匠人 運輸総合研究所 研究員

2015年に世界の平均気温上昇を1.5℃に抑える努力をすることを目標とした「パリ協定」が採択され、EUもこの目標に整合する温室効果ガスの削減目標を掲げた。2019年には「欧州グリーンディール」という成長戦略が掲げられ、2020年には「欧州気候法案」を発表し、2050年CNと2030年の温室効果ガス正味排出量55%減が法制化された。2021年には、これらの目標達成のためのアクションプランとして「Fit for 55」という政策パッケージが発表され、2023年にはそのほとんどが採択完了している。

EUでは、バックカスティングで政策を立案している。まず、ベースラインシナリオを作成し、現状政策による成り行きと目標のギャップを確認し、次にギャップを埋められるよう追加政策を実行する政策シナリオを複数作成し、より効果的に目標を達成できる政策を立案している。以下、交通モード別の規制とインセンティブについて紹介する。

規制について、自動車では、新車販売する自動車に対して走行キロ当たりのCO₂排出量を規制しており、これを超過するメーカーに対しては排出量に応じた課金が発生する。海運については、EU加盟国管轄下の港を発着する総トン数5,000トンを超える船舶の燃料を対象とし、GHG強度の上限値を設定している。航空について



は、EU域内の空港に航空燃料を供給する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ている。いずれも事業者に対して目標を設定し、達成を義務付けるなど強制力があり、その目標を年々強化することで燃料転換を促している。

インセンティブについて、自動車では、各加盟国にて電気自動車等のゼロエミッション車両に対する購入・リース補助、減税・免税、その他優遇措置等の支援を実施している。海運については、EU-ETS（排出権取引制度）の優遇として、海運由来の排出枠2,000万トン分は、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る事とされている。航空については、EU-ETSの優遇として 持続可能な代替燃料であるSAFはバイオマス燃料部分について排出量をゼロとみなすことや、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ている。その他様々な予算からの資金投入や税優遇等によって交通分野の燃料転換を促進している。

EU-ETSは対象分野に年間のGHG排出量の上限を設定、上限を段階的に引き下げることで排出量を削減することを目的としている。排出量に対して排出枠が不足する対象事業者は各加盟国に割り当てられた排出枠等を、オークションにて取引する仕組みである。欧州では2005年より「EU-ETS」を開始、新たに「ETS II」を2025年より開始予定である。対象の交通分野はEU-ETSは航空と海運、ETS IIでは道路交通に拡張される。

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、気候変動対策費として各国の判断で使途を決めることができる。2021年の交通分野（対象は航空のみ）のオークション支払額は全体の約0.7%であったが、同年のオークション収入は、交通分野の脱炭素化対策に約20%が使用されていた。

2. 米国における交通分野の燃料転換促進策

園田 薫 運輸総合研究所 研究員

米国では各州が主権を持ち、独自に脱炭素政策を実行可能なため、州ごとに取組みが大きく異なる。その中で古くから脱炭素政策に積極的に取り組むカリフォルニア州では2006年の地球温暖化対策法の成立を皮切りに、様々な規制や制度を次々に実施してきた。一方、米国の連邦政府の取組みとしてはバイデン大統領の就任直後のパリ協定への復帰をはじめ、2021年にインフラ投資雇用法を制定、2022年にインフレ抑制法を制定した。どちらの法案にも脱炭素の取組みに対する投資内容が含まれるなど、積極的に取組みを行っている。

連邦政府の脱炭素政策について、2021年のインフラ投資雇用法では充電インフラの整備やクリーンなスクールバスへの補助として総額125億\$の支出を予算化し、2022年のインフレ抑制法ではEV購入補助として155億\$を、SAFを含むクリーン燃料への税控除として234億\$の予算が盛り込まれている。

カリフォルニア州では策定した戦略に基づきバックキャストで政策を立案している。また、セクターごとに目標を明確化し、規制やインセンティブの付与を行っている。

規制について、自動車ではゼロエミッション車両の新車販売割合を定めている。鉄道では2030年以降（貨物鉄道は2035年以降）に製造又は製造から23年以上経過した車両はゼロエミッション構

成で運転しなければならない。海運では規制水域内でのGHG排出規制の他、港での荷役機器にも規制を定めている。航空には現在規制はなく排出削減目標のみとなっているが、将来は燃料中の炭素強度に対する規制が設けられる見込みである。

インセンティブについて、カリフォルニア州では小型自動車、大型自動車に購入補助の制度がある。鉄道や海運にはよりクリーンな動力の導入に対する補助制度を利用できる。航空は燃料に対するインセンティブが存在し、SAF供給者へのクレジットの付与を行っている。一方、連邦政府では、自動車に対する購入補助（大型車はスクールバスのみ）を行っている。また航空分野ではSAFの生産者に対し税控除の制度を設けている。

3. まとめ

欧州、米国（加州）ともに全体の削減目標に加えて運輸分野の削減目標を具体的に定めており、目標達成を前提にバックキャスト的に政策を立案、実施している。

政策としては罰則を伴う規制の他、補助金や研究開発への投資などインセンティブの付与を行うなど、規制とインセンティブの両方を用いて強力に燃料転換を促している。

4. 2. 欧米の交通分野の燃料転換促進策まとめ

【政策立案手法】

- ・ 目標達成を前提にバックキャスト的に政策を立案
- ・ 全体の目標設定に加えて、運輸分野の削減目標を具体的に設定

【規制】

- ・ 各モード別に2030年や50年より細かい期間毎にCO2削減量や炭素強度の目標を設定
- ・ 事業者に対して目標を設定し、罰則を設けるなど強制力

【インセンティブ】

- ・ 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・減税等により燃料転換を促進
- ・ 排出量取引制度によるオークション収入は気候変動対策に投入され、その多くを運輸分野に投資

欧米の交通分野の燃料転換促進策まとめ（小倉・園田研究員の報告資料）

■ パネルディスカッション

【コーディネーター】

山内 弘隆 武蔵野大学 特任教授・一橋大学 名誉教授
運輸総合研究所 研究アドバイザー

【パネリスト】

上本 佳史 ヤマト運輸株式会社 グリーンイノベーション開発部
エネルギー事業推進課長

浅井 康太 株式会社みちのりホールディングス グループディレクター

下永 智規 株式会社商船三井さんふらわあ 執行役員

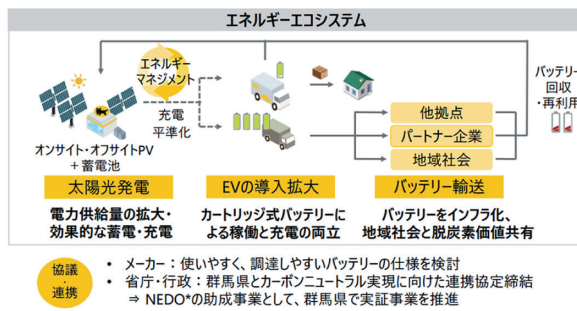
乾 元英 全日本空輸株式会社 経営戦略室企画部GXチーム マネージャー

清水 充 国土交通省総合政策局 環境政策課長

谷口 正信 運輸総合研究所 研究員

当社が目指すエネルギーエコシステムの将来ビジョン

・カートリッジ式EV、太陽光発電設備の導入とエネルギーマネジメントを一体的に推進し、GHG排出削減および再生可能エネルギーの効率的な活用を実現する



エネルギーエコシステムの将来ビジョン（上本課長の講演資料）

●プレゼンテーション①

トラック分野の脱炭素化に向けた取組みと課題

上本 佳史 ヤマト運輸株式会社 グリーンイノベーション開発部
エネルギー事業推進課長

ヤマトグループは、2050年度GHG自社排出実質ゼロ、2030年度GHG自社排出量48%減（対2020年度）を目標とし、集配用EVの導入、営業所への太陽光発電設備の設置等を着実に進めている。2024年1月には、2022年度における宅配便3商品のカーボンニュートラルリティを達成した。



また、エネルギーエコシステムの将来ビジョンを掲げ、各実証を進めており、その一つとして、カートリッジ式バッテリーEVの実証を行っている。カートリッジ式バッテリーEVによって、昼間の車両の稼働と充電を両立し、再生可能エネルギーを効率的に活用することができる。さらに、カートリッジ式バッテリーをインフラ化することで、自社のみならず、パートナー企業や地域社会の方々ともエネルギーを連携して有効活用することが可能となる。

長距離輸送の課題としては、①GHG排出量の少ない輸送モードの活用、②非化石燃料由来エネルギーの活用、③積載率と輸送効率の向上が挙げられる。①②に関しては、水素を燃料としたFC大型トラックの走行実証を東京～群馬間で実施している。

さらに、2024年5月に荷主企業や物流事業者をつなぐ、共同輸

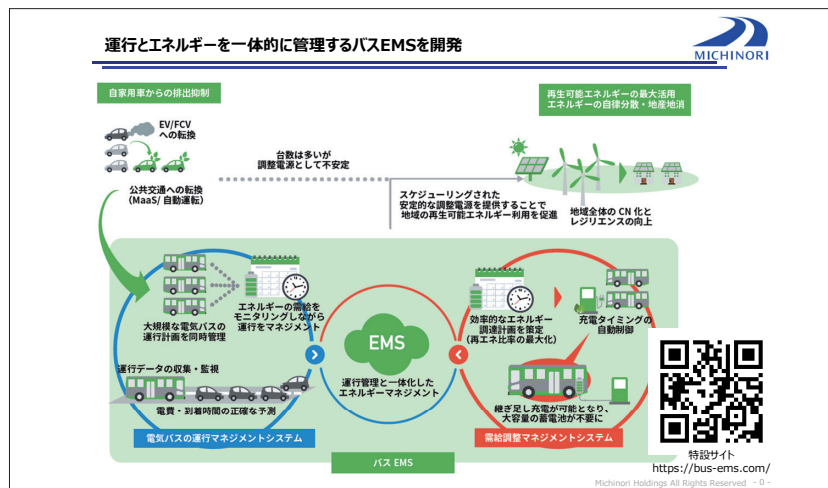
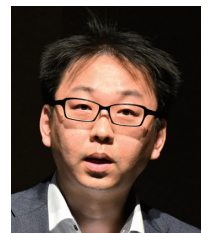
送のオープンプラットフォームを提供する新会社 Sustainable Shared Transport（株）を設立した。長距離輸送における積載率向上（需要と供給の最適化）を実現し、安定した輸送力の確保と環境に配慮した持続可能なサプライチェーンの構築を目指す。

●プレゼンテーション②

バス分野の脱炭素化に向けた取組みと課題

浅井 康太 株式会社みちのりホールディングス グループディレクター

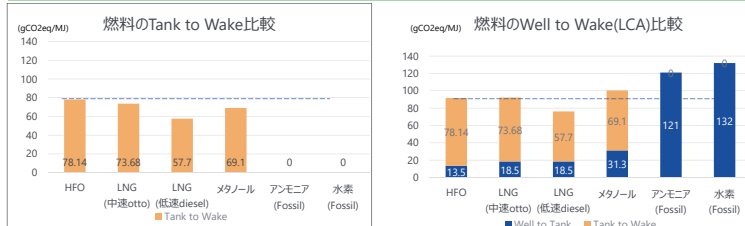
燃料転換策といった点では、みちのりホールディングスとして5年程前から電気バスに関する研究を進めている。事業者の観点に立つと電気バス利用時の経済合理性が重要なポイントになるが、ある条件下における電気バスとディーゼルバスの20年間の総コストを比較した場合、電気バス1台あたりのコストはディーゼルバスに比べ約2倍になることがわかった。世間ではランニングコストは電気バスのほうが安価である、と言われているが、研究の結果、ランニングコストもほぼ同じであることが分かった。これは充電設備に掛かる設置・維持コストが影響している。我々としては、非常に高額となっている電気バスの運用コストをいかに下げられるか、この課題にチャレンジしている。例えば、「スマートフォンと同じようにバッテリー自体を途中で交換する仕様



運行とエネルギーを一体的に管理するバスEMS（浅井グループディレクターの講演資料）

3 GX対応 今後の課題 (海外規制動向)

環境対応に先進的なEUでは代替燃料のCO2排出強度のライフサイクル評価(LCA)が始まる。化石由来アンモニアや水素のように、Tank to Wakeで削減が見込まれる燃料でも、LCAではむしろ(重油よりも)排出増となるものもある。



※EUのFuelEU Maritime指令:REGULATION(EU) 2023/185 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 September 2023のANNEX2をもとに計算。なお、CO2eqへの換算はIMOのLCA評価ガイドラインのGWP100yの値を使用
※LNGスクリップ含む。アンモニア及び水素のTank to Wake値には、N2O影響は含まれていない

商船三井さんふらわあ

燃料のTank to Wake比較と Well to Wake比較 (下永執行役員の講演資料)

にできないか」、「充電タイミング・時間を適切にコントロールすることによって、同時に充電する台数を少なくするのか、不必要に大きいバッテリーを必要最小限の小さく安価なバッテリーに変更できないか」といった検討を行っており、これらが実現すれば、ディーゼルバスと同等のコスト水準まで抑えられる試算結果を持っている。

運行とエネルギーの最適管理には、「いつどれだけ充電すれば良いか」というシンプルな問いではあるが、渋滞等による遅延や天候の影響などを考慮して充電タイミング・時間をコントロールする必要があるため、その点が難しいポイントである。現在、NEDO様から支援いただき、運行とエネルギーを一体的に管理する仕組み(=バスEMS)の開発を鋭意進めているところである。これらのEMSを使って宇都宮市において、市内を走るほぼすべてのバスを電動化し、さらに将来、都市のグリッドとも連携する、といった新しいモデルの構築に挑戦している。

●プレゼンテーション③

内航海運分野の脱炭素化に向けた取組みと課題

下永 智規 株式会社商船三井さんふらわあ 執行役員

使用している重油の代替燃料としては、LNG、LPG、メタノール、アンモニア、水素(液体)が挙げられるが、いずれも体積当たりのエネルギーは重油に比べて劣っているため、船舶に実装する場合、燃料タンクが大きくなってしまふ。重油のタンク容量を1とした場合、LNGでは1.7倍、アンモニアでは2.5倍、水素では4.6倍のタンク容量が必要となる。また、メタノールを除く他の代替燃料の液体温度は非常に低いために扱いも難しく、導入に向けたハードルは高くなっている。代替燃料の中でLNGは都市ガスの普及によって供給網が発達していることから、長距離フェリーでの採用を進めているが、LNG船の課題としては重油船と比較し、船価高、燃料の補給に手間がかかることである。

大阪～別府間を運航しているLNG船は、船の大型化・LNG燃料の適用等により既存船と比較し、トンキロベースで47%程度のCO2削減を達成した。

環境対応に先進的なEUでは燃料のライフサイクル評価(=LCA)が始まっている。例えば、化石燃料ベースで精製したアンモニアや水素を燃料とした場合、Tank to Wakeの観点では重油と比較してGHG排出量の削減が見込めても、Well to Wakeの観点で

は重油よりGHG排出量が増加する結果となる。EUではこのLCAの観点による規制が行われている。

今後の業界内の課題として、内航海運は比較的小型の船が多いため、燃料タンクの大型化に対応することが難しいことが挙げられる。また、重油以外の燃料が広がるにつれ、乗組員への代替燃料に関する教育も問題である。乗組員は商船学校等で必要な知識を学ぶため、学校での教育プログラムも変えていく必要がある。

加えて、ポストLNG船導入までにはまだ時間がかかるのではない。代替燃料の方向性を早く決める必要があるとともに、代替燃料を扱う技術・船舶が揃うまで対応できない事業者が事実上多い中で、先にGHG排出削減に取り組む事業者への相応な評価もいただきたい。

●プレゼンテーション④

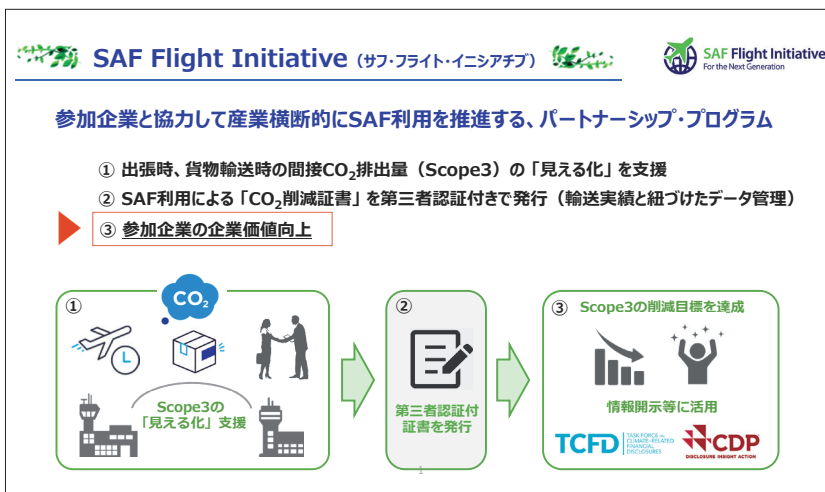
航空分野の脱炭素化に向けた取組みと課題

乾 元英 全日本空輸株式会社 経営戦略室企画部GXチーム マネージャー

輸送は経済成長を支える社会インフラであり、航空会社も世界と日本各地を輸送で繋ぐことで、経済成長を支えてきた。今後も経済成長に資する輸送規模の拡大に応えていく必要がある。輸送サプライチェーンは経済の大動脈という点で重要な位置づけにある一方、持続的な成長と気候変動対策の両立をどう図っていくのかもポイントである。ANAグループのトランジション戦略では、「SAF」がGHG排出量削減に向けた中長期的な核となる位置づけとしているが、安定供給とコストの課題があり、中々普及が進まない現状にある。

運輸部門は多くの産業のサプライチェーンを支える基盤インフラでありながらも、CO2排出量もトランジションに掛かるコストも運輸部門に集積される構造となっている。そこで、ANAでは「SAF Flight Initiative」というパートナーシップ・プログラムを提供している。これは参画いただいた企業の皆様にScope3の削減証書を提供するとともに、SAF導入コストの一部を負担いただくことで、代替燃料への転換を一緒に進めるパートナーになっていただくものである。このプログラムの重要なポイントは、参加企業の企業価値が高まるWin-Winの仕組みを作ることである。そのためには、より多くの企業に知っていただき、使っていただくとともに、日本社会から適正に評価され、企業価値の向上に繋がる方法を一緒に考え





SAF Flight Initiative (乾マネージャーの講演資料)

ていく必要がある。

トランジションに掛かる費用を輸送事業者だけで負担し続けることが難しいなかで、過渡期的に掛かるコスト増の部分を、インセンティブとして社会的にどう設計していくか、それによって最終消費者の理解を深めるとともに、最終消費者が環境に配慮された輸送を使いたくなる基盤づくり、いわゆる Scope3の市場創出が輸送事業者の共通の課題なのではないか。

●プレゼンテーション⑤

GX実現に向けた国土交通省における取組み

清水 充 国土交通省総合政策局 環境政策課長

国土交通省では、国内のCO₂排出量のうち、主に運輸部門 (18%)、民生部門 (32%) における排出量の削減にむけて取り組んでいる。そのためにはGX推進法におけるカーボンニュートラル実現と産業競争力強化・経済成長を同時に実現していく考え方が非常に重要と考えており、その骨格はGX経済移行債の発行とカーボンプライシングである。GX投資支援策では、国土交通省は電動車 (商用車) の導入支援、SAF、ゼロエミッション船の導入といった内容について、経済産業省、環境省と連携



しながら進めている。

カーボンプライシングについては、GX推進法施行後2年以内に必要な法制上の措置を行うため、2025年の通常国会にて法案が提出される見込みであるが、この点についてもしっかりと議論を尽くしていく。

再生可能エネルギーの点でペロブスカイト太陽電池について紹介する。ペロブスカイト太陽電池は既存の太陽電池と異なり、軽量性や柔軟性が確保しやすく、主要な材料であるヨウ素の生産量は日本が世界シェア30%を占めており、今後の実用化が期待される新技術である。2025年の事業化を目指している。

GXの実現に向け、国土交通省の運輸分野では、自動車分野では次世代自動車の普及促進、航空分野ではSAFの導入促進、海事分野ではゼロエミッション船の普及促進、鉄道分野では水素燃料電池鉄道車両の開発導入の促進、そして鉄道・船舶へのモーダルシフトの推進などに取り組んでいる。

2024年5月に開催されたグリーン社会実現推進本部において斉藤国土交通大臣より、2040年を見据えたGX国家戦略の策定に向けてしっかりと対応するとともに、国土交通省環境行動計画の改定に向けた検討を開始するよう指示があった。国土交通省としては、本日のシンポジウムでの議論は勿論のこと、様々な方々と意見交換をしながら検討してまいりたい。

カーボンプライシング(CP)制度について

※「GXリーディングシンポジウム2023」資料等を基に国土交通省環境政策課作成

○GXに先行して取り組む事業者インセンティブが付与される仕組みとして、成長志向型カーボンプライシングを導入

- ・2028年度より「化石燃料賦課金」を導入
- ・2026年度より「排出量取引制度」を本格稼働、2033年度より「特定事業者負担金」の徴収を開始

○詳細な制度設計については、GX推進法施行後2年以内に、必要な法制上の措置を予定

①「炭素に対する賦課金」(化石燃料賦課金)

■対象者
化石燃料の輸入事業者等

■導入時期
2028年度～

■負担水準など
・最初は低い負担で導入し、徐々に引き上げ。
・エネルギーに係る負担の総額を中長期的に減少させていく中で導入することを基本。

②排出量取引制度(有償オークション)

- ・2023年度より、企業が自主設定・開示する削減目標達成に向けた排出量取引(GX-ETS)を導入。
- ・2026年度より、排出量取引を本格稼働。
- ・2033年度頃からは発電部門について段階的な有償化(オークション)を導入。

＜GX-ETSの稼働イメージ＞

※1 GXリーディングには、753社(2024年4月10日時点)が参加しており、その温室効果ガス排出量は、我が国全体の5割超を占める。

※2 2050年カーボンニュートラルと整合的な目標(2030年度及び中間目標(2025年度)時点での目標排出量)を開示。

※3 目標達成に向け、排出量取引を行わない場合は、その旨公表(Comply or Explain)

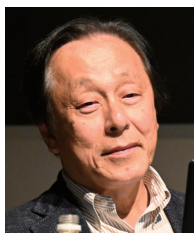
カーボンプライシング制度について (清水課長の講演資料)

●ディスカッション

テーマ①：長距離（幹線）の脱炭素化に対する課題は何か

（山内名誉教授）

パネリストのプレゼンテーションを聞いて、運輸部門の脱炭素化について、都市内交通や短距離のセクターは電化によって対応ができそうな道筋がみえてきた一方、航空・船・長距離輸送を行うバス・貨物といったセクターは依然として課題が多くあるようだ。この点についてもう少し具体的に聞かせていただきたい。



（上本課長）

長距離輸送の課題は大きく分けると①輸送モード、②エネルギー、③積載の3つであると考えている。当社は、水素を燃料としたFC大型トラックの走行実証を行っている。積載については、ダブル連結トラックによる共同輸送や、共同輸配送のオープンプラットフォームを提供する新会社設立による解決に取り組んでいる。

（山内名誉教授）

積載効率向上は、2024年問題を解決する一つの策であることから、この課題に取り組むことで脱炭素だけでなく、労働問題の解決にも繋がるのではないかと。

（下永執行役員）

内航海運の脱炭素化の課題として、まずコストが挙げられる。代替燃料に変えることで船価が3割程度アップしてしまった。またLNGに限って言えば、元々重油より多少コストが抑えられるのではないかと考えていたが、昨今の国際情勢の影響を受け、LNGのコストは想定よりも大幅に増えてしまった。LNGは補助金等も出ないことから依然として高いコストで運用している状況にある。

（山内名誉教授）

GX経済移行債は電動車に補助が出るものの、LNGや航空分野の省エネ飛行機導入等には補助が出ない現状があるため、GX経済移行債の使途も改めて考えていく必要があるかもしれない。

（乾マネージャー）

航空は電動化や水素化への対応にはまだ時間がかかる見込みである。航空に限らず長距離輸送という点で共通して言えることは、バイオ燃料や合成燃料といった技術革新と導入促進を産業全体で推進するとともに、国全体でその動きを支援していただくことが必要である。また、先ほどヤマト運輸の上本課長より、トラック輸送の長距離部分をビジネスインテグレーションし、関係者と協働・協調しながら輸送網を維持しつつ需給を最適化していく、とご紹介があった。航空でも旅客定期便の中の貨物スペースが空いている場合に、航空輸送の単価をトラック輸送の単価まで下げることでスペースを有効に使っていただき「2024年問題」の対策のひとつとなりえないかと考えている。一方で、脱炭素化の観点で言えば、貨物の重量が増える分、少なからず燃費は悪くなる。また、荷主の観点では輸送モードが飛行機に代わることでScope3が増えてディスインセンティブになってしまうこともルール上の課題である。

（浅井グループディレクター）

短距離を走る路線バスはおよそ200キロまで、長距離を走る貸切バス・高速バスの走行距離のレンジは200～800キロになる。走行距離を考えると現時点では、長距離レンジで脱炭素化できる技術的な選択肢がなく、今後FCVが選択肢となる可能性が高いもののコ

ストが高い状況になると見ている。また、バス業界はトラック業界と比較するとマーケットが小さく、先行するトラックで作られた技術を活用していくしかないと思っている。そのため業界での選択肢が限られてしまう。その中でバス業界としてできることは選択できる技術が制約されていても、その制約がある条件下で賢く使っていくしかない。例えば、水素の供給拠点が限られているならば、既にある設備を活かして適した用途で運用していくしかない。さらにその供給インフラも自前でやるのではなく、トラックなどの他者と共同して使うことでコストを抑制するなど、運用環境に柔軟に対応していけるかが課題と考えられる。

（山内名誉教授）

長距離のバスやトラックは代替燃料がアベイラブルでアフォーダブルになるかがポイントである。そうすれば既存インフラを利用することも可能となってくる。

（谷口研究員）

長距離輸送を担う事業者は中小企業が多いのも重要なポイントではないか。そのため一社が特定の技術を使って脱炭素化しても、その選択肢が他社で取り入れられ得るものかどうか、その関係性も考慮しないといけない。

（清水課長）

多様な選択肢を見据えながら、コストを下げて企業の投資を促進していくことが重要であると考えている。その中で、中小企業へのご支援は重要な視点と認識している。GX経済移行債でも中小企業支援枠があるが、国土交通省としても、交通モードごとの現状に沿った支援のあり方について議論していきたい。

テーマ②：運輸事業者が脱炭素に取り組むインセンティブ（補助金・税制・世の中の要請等）は何か

（山内名誉教授）

脱炭素に資するコストをどう負担していくかを考えていきたい。大事なことは脱炭素化に価値を作り、それをマーケットに認めてもらうことである。SAFで先行している航空事業者やアメリカのインテグレーターでは、既にそのような価値を販売する取り組みを行っている。しかし先ほど乾マネージャーが言っていたように、航空会社が貨物の効率輸送を行ったとしてもScope3の観点ではディスインセンティブになるといった課題もある。

（乾マネージャー）

燃料に多様な選択肢があり、かつそれらがアフォーダブルであれば、運輸事業者はもっと積極的にエネルギー転換に踏み切れる。だが、SAFは政府の支援もいただいているものの、価格が十分に下がるには相当の期間が掛かる見込みである。その状況下、事業者として、今できることから実施していくことが気候変動対策では求められる。しかし、現状ではそのコストを掛けた取組みが価値に繋がっていない。エネルギーを利用する運輸事業者にとってもそうであるが、サービスを利用するお客様にも価値を見出せるものにならないければ、産業全体を支えている輸送の脱炭素化が根詰まりしてしまう。運輸サプライチェーンの脱炭素化に取り組む企業が社会から適正に評価されれば、エネルギー転換のドライバーになるのではないかと。

（上本課長）

社内だけでなくお客様を含め、脱炭素化への理解をいかに醸成していくかが重要と考えている。今後は、自社のみならず協力パートナーにおける脱炭素化まで検討し、物流業界は勿論、宅急便を利用

されるお客様にとっても価値を見出せる仕組みを構築し、それをご利用いただきたいと考えている。そして、物流業界全体が継続的に脱炭素の価値を提供していくことが重要である。

（下永執行役員）

Scope3の話があったが、まずは認証機関による価値の見える化がなければ成り立たない。カーボンオフセットなどのアイデアに対し、認証機関による認証と評価を行い、社会がそれを価値として認め、金額化していくことが大事。

（浅井グループディレクター）

脱炭素化達成のための外部性の高いコストをお客様に社会価値として認めてもらうことも大事だが、事業者として脱炭素に取り組むインセンティブは経済合理性という観点が必要である。バス業界の場合、運行コストのうち電動化に関係するコストは燃料油脂費・車両償却費合わせて15%程度の割合である。電気バスの効率的な運用をするためには、ドライバーや車両の運行シフトを作成する際に、現状の労働制約や運行制約に加え、エネルギーの充電計画を考慮する必要があり、複雑な計画の作成には手間がかかる。一方でしっかりとした運用計画ができなければコスト割合で60%を占める運転手の人件費が増えるため、コストインパクトが非常に大きい。我々が電気バスに最適な運用を推進するにはバスEMSのようなシステム化が必要であり、結果としてGXを進めていくにはDXを同時に進めなければならない。そのため、脱炭素化を推進していくために国土交通省にお願いしたいことが2点ある。1点目は現状の補助金は技術開発・研究への投資や出来上がった製品を購入するために資金投下されており、事業者が中長期的な視点で受け入れられる体制を整えるためにDX推進する補助があまりなく、このようなインセンティブ制度を考えていただきたい。2点目はGX/DXの実現には組織が変わることが必要であり、長期の計画を立てる必要がある。そうすると単年度主義の補助制度では長期の計画を立てることは難しく、長期間にわたるインセンティブ制度を期待したい。このあたりの点を補助いただけると大きく取り組みが進む効果が得られるのではないかな。

（山内名誉教授）

GXとDXは密接な関係があり、どちらも進めていかないとけない。また、企業や産業の構造によってインセンティブの出し方を変えることが重要であり、きめ細かな対応が必要である。Scope3の考え方について、現在、航空局では航空貨物についてのScope3の価値を認めるための検討を行おうとしている。これらの動きについてはどう感じているか。

（乾マネージャー）

是非「輸送産業」全体を捉えたGXをどうしていくか、について議論していただきたい。脱炭素化を進める上では、人やモノの輸送の価値そのものを踏まえ、輸送サプライチェーン全体でインセンティブを設計していく必要があるのではないかな。そのうえで山内名誉教授よりお話しいただいた通り、事業者ごとに適したインセンティブを設定する必要がある。航空輸送・海運・陸運も全て必要なインフラであることから、全てに対して利用者の方々が必要だと感じられる共通の価値が醸成されないとこの課題はクリアできない。本日は総合政策局の清水課長に来ていただいていることから、是非輸送サプライチェーン全体の脱炭素を進めるために必要な支援とは何であるか、民間事業者や利用者が「インセンティブ」と感じるようなことができる仕組みをどう設計していくのか、それを今後一緒に議論

させていただきたい。

（清水課長）

Scope3は大事な視点である。Scope3を見える化・価値化・マネタイズ化することで、荷主の方が価値を見出せる社会となり、結果として荷主・消費者の方々の行動変容に繋げることが重要である。現在、航空分野でScope3の見える化の動きが始まっているが、脱炭素化は運輸部門全体の課題であり、国土交通省環境行動計画の検討を具体的に進めていく中で、私ども総合政策局の一つの課題として受け止め、検討していきたい。

●質疑応答

Q：代替燃料は少量のみ使用する場合、コストは高くなってしまいます。国土交通省として、国のインフラをカーボンニュートラルに向けてどう作っていくかが見えてこない。欧米ではパイプラインの水素化、港湾の水素化など、カーボンニュートラル実現に向けて国がしっかりと計画したうえで行われている。今の国土交通省や経済産業省は民間に依存し過ぎている一方、民間としても産業全体を見ている企業はどこもない。そのため国として、何がカーボンニュートラル実現に向けて必要なインフラなのか、といった議論をしていただきたい。

A（清水課長）：まず、運輸産業は、地域の暮らし、我が国の経済成長を支える社会インフラである。カーボンニュートラルの議論をするときには脱炭素化だけでなく、運輸産業の成長をどうしていくか、成長と脱炭素化をどう両立していくかの視点が必要であり、それを踏まえた支援策やカーボンライシングの制度作りをしなければならぬ。ご質問のあった全体の戦略については、GXの国家戦略として産業立地論も含めた議論が経済産業省中心に行われていくと承知している。国土交通省としても経済産業省や関係省庁と連携して進めていきたい。

A（山内名誉教授）：完全に個人的な意見になるが、現在第7次エネルギー基本計画策定の議論がはじまり、エネルギーの将来像について議論している。質問者の意見は理解しつつも、将来について道筋をリジッドに1つ決めることはとても難しく、また決めてしまうことで脆弱性が生まれてしまう。例えば第一次エネルギーにしてもポートフォリオを考えつつ、情勢の変化も考慮し、どう進めていくか、何を重視していくかを決めるほうが現実的と考えている。自動車においても、自動車工業会では代替となるエネルギーの本命が水素なのか電気なのかその他の燃料なのかを必ずしも明確にしていえないように思われる。これは企業によって戦略は変わるためであり、これはこれで正しいとも言える。欧州も元々は全てEVにすると言っていたが、中国産のEVが市場に多く出回ってくると、EVに関する主張を変えてきている。個社や投資の視点で予見可能性が難しいことは理解しつつも、リジッドに決めるのは難しく、柔軟に対応できる視点のほうが現実的だと考える。

本開催概要は主催者の責任でまとめています。

当日の講演資料等は運輸総合研究所のWEBページでご覧いただけます。
<https://www.jttri.or.jp/events/2024/symposium240612.html>

