

要約：本業務の概要

本業務は、2050 年温室効果ガス 80%削減及び SDGs を達成するための取組である「地域循環共生圏」の構築に向けた 5 つの柱、「エネルギー」、「交通・移動」、「ライフスタイル」、「防災」及び「ビジネス」のうち、特に脱炭素と関連の深い「交通・移動」の分野において、将来の地域の公共交通・物流分野の主軸を担う EV/FC バス・トラック等のモビリティを対象に、将来的な利用促進に向けた開発を促進するため、EV/FC バス・トラックが満たすべき市場要件を整理することを目的としている。

具体的な実施項目として、

(1) 市場要件の整理

1) EV/FC バス・トラックの市場要件の整理

- 国内の公共交通及び物流分野を対象に、運用及び経済性が成立する可能性の高いユースケースを特定し、EV/FC バス・トラックについてユーザーニーズを整理した。
- 現行 EV 車両が存在するユースケースについては、車両スペックとユーザーニーズとの比較により充足度を分析し、車両が存在しないユースケースについては、開発に当たって、車両メーカーが満たすべき車両要件の整理を実施した。

2) 普及課題と取り組み方向性の整理

- 1) の整理に基づき、EV/FC バス・トラックのユースケースへの導入時の普及課題をとりまとめ、課題解決に向けた取り組み方向性を整理し、取り組み方向性を実施した際の EV/FC バス・トラックの 2030 年までの普及見込みを分析した。

3) CO2 削減効果分析

- 2) に基づき、EV/FC バス・トラックの利用促進が実現した場合における 2030 年時点における CO2 削減効果の算出を行った。

(2) EV/FC バス・トラックの普及促進に向けたパワートレイン技術動向等の整理

- EV/FC バス・トラックの普及促進に有用と考えられる蓄電池関連技術（蓄電池、モーター等）、水素関連技術（水素、FC スタック等）について開発動向や実用化の可能性を整理し、既存の蓄電池については、性能劣化に関しても整理を実施した。

(3) EV/FC バス・トラックの海外市場動向の整理

- EV/FC バス・トラックの開発促進には、十分な市場があることが前提となることから、国内市場だけではなく海外市場への投入も考えられるため、従って、将来的な EV/FC バス・トラックの輸出・海外展開に向け、海外市場動向について整理を行った。

(4) 再エネ水素ステーションの普及促進に向けた技術動向等の調査・分析

1) 再エネ水素ステーション及び商用水素ステーションに係る国内外の動向

- 再エネ水素ステーションの特定の条件下における水素製造量と消費電力量の関係や必要電力量について技術的な検討を実施し、再エネ水素ステーションの必要電力量の全量相当分を賄うための再エネ発電設備等を試算した。
- 再エネ水素ステーション及び商用水素ステーションに係る国内外の動向、技術開発動向を調査・分析し、低コスト化に向けた施策等について検討を実施した。
- なお、環境省担当官と協議の上、有識者の意見も踏まえて検討する必要があるため検討会を開催した。

2) 再エネ水素ステーション及び商用水素ステーションに係る技術開発動向

- 米国、ドイツ、中国における再エネ水素ステーション及び商用ステーションの普及状況、見通しについて調査を実施した。
- 再エネ水素ステーション及び商用水素ステーションの高コスト化となっている技術的課題と、課題解決に向けた取り組みについて整理を実施した。

3) 高コスト化の要因になっている法規等の情報

- 高コスト化の要因となっている法規等の情報を調査・分析した。

結果要約：市場要件

【トラック】

■ ユースケース

- トラックのユースケースは、①ラストワンマイル (LM)、②地場輸送、③幹線輸送に大別される。①に使用される車両は軽・小型トラックであり、1日の走行距離は100km程度である。②には、小型・中型・大型トラックが使用され、1日の走行距離は260km程度である。③に使用される車両は、大規模輸送を前提とするため大型トラックが用いられ、1日の走行距離は最大1,000km程度となる。

■ 電動化の課題と市場要件

- EVトラック導入に際し解決されるべき課題は、①初期コストをいかに抑えられるか（車両コスト、充電器設置コスト）、②電力基本料金を上げないこと、③業務に求められる走行距離を航続可能なこと、④積載量を減らさないこと、⑤トラックサイズの車両が利用可能な充電インフラを整備すること、である。
- 車両側の市場要件として、①、③、④を満たす車両を開発することが必要である。
 - ✧ ①：軽・小型トラックは、それぞれディーゼル車両価格比+166%、+97%までの価格上昇に抑えられれば、EVトラックの総保有コストがディーゼルトラックを下回る可能性が高い。中型、大型については、km当たりの走行コスト（円/km）がディーゼルトラックと僅差しかなく、総保有コストはディーゼルトラックの方が低い。従って電費の改善に取り組むと同時に、軽油価格を政策的に値上げするなどし、円/kmの差を広げることが求められる。
 - ✧ ③：トラックのサイズに問わず、①に用いられる車両は100km、②は250km、③は550km以上～1,000km程度の航続距離が必要である。
 - ✧ ④：軽・小型・中型は、同型のディーゼルトラックの積載量比10%程度の減少であれば許容されるが、大型は基本的に積載量の減少は許容出来ず、ディーゼルトラックと同等の積載量が求められる。
- ①に使用される軽・小型トラックは、以下の理由より上記①～⑤の導入課題を解決出来る可能性が高く、EV化の最も有望なセグメントである。
 - ✧ ①：1日あたりの走行距離が短く蓄電池搭載量が少なく済むこと、及び急速充電器が不要であり充電器設置コストが不要である。
 - ✧ ②：夜間普通充電で満充電が可能であるため、電力基本料金が抑えられる可能性が高い。
 - ✧ ③：業務に求められる走行距離が100km/日に満たない。
 - ✧ ④：現在でも100%に近い積載量ではなく、積載量の減少が許容出来る。
 - ✧ ⑤：夜間普通充電で満充電が可能であるため、出先の充電インフラが不要。
- ②、③は現時点で以下の理由よりEVトラックの導入は難しい。

- ✧ ①：電力消費量が多く、急速充電器が必要となる。
- ✧ ②：従って、電力基本料金が上昇してしまう可能性が高い。
- ✧ ③：②、③で求められる走行距離を航続可能な EV 車両が国内に存在しない
- ✧ ④：積載効率が求められるため、積載量が削れない。
- ✧ ⑤：走行距離が長く、出先での継ぎ足し充電が必要となるが、中型・大型トラックが充電可能な充電インフラが存在しない。
- 従って、②、③の電動化（またはカーボンニュートラル化）は、FC トラックなど EV トラック以外の手法が有望である。
- ✧ FC トラックの導入課題は、初期コストの低減（車両開発費、FC システム費）、水素価格の低減、及び水素ステーションのインフラ整備である。水素価格がガソリン/軽油と同等価格、またはそれ以上である現時点では、コスト面で不利であり、コスト低減に向けた長期的な取組が必要である。ただし、レアメタルを使用する FC トラックが将来的にディーゼルトラック並みのコストまで落ちてくるかは不透明であり、内燃機関の継続利用を前提にしたカーボンニュートラルの検討も並行して進めていく必要がある（例：e-fuel、水素内燃機関など）。

■ 普及シナリオと CO2 削減効果

- 国内物流大手が配送用トラック（ユースケースの①）の EV 化を進めていることを鑑みると、2030 年までが EV トラックの初期導入期として見るべきである。②、③に使用されるトラックは、③航続距離、④積載量の観点で FC トラックの方が適していると考えられるが、FC システム費、水素価格、及びインフラ整備価格が下落する必要があるため、電動化（またはカーボンニュートラル化）のタイミングは早くても 2030 年以降と予測する。
- 上記の普及シナリオにおける 2030 年時点での EV トラック普及台数は約 36,000 台であり、CO2 削減効果は 1,245,418 t-CO2/年となり、トラックの CO2 排出量に占める割合は 0.57%と微小に留まる（EV トラックの走行時 CO2 排出量がゼロとなる前提）。

【バス】

■ ユースケース

- 乗合バスは運行上の特徴により 5 つのユースケース（高速バス、定期観光バス、路線バス、コミュニティバス、デマンド型交通）に細分可能であるが、本業務では大分類である乗合バス全般を対象に調査を行っている。

■ 電動化の課題と市場要件

- 乗合バスにおける電動化の課題を特定し市場要件を整理するため、乗合バスを 30 両以上保有する国内の乗合バス事業者を対象とした、ディーゼルバス利用実態調

査及び EV バスに関する意識調査を実施した。

- 調査の結果より、EV バス導入課題は、①価格（初期コスト、ランニングコスト）、②航続距離、③耐久性への不安、④国産 EV バスに整理される。
- ☆ ① 価格（初期コスト、ランニングコスト）：価格が高くなってしまった理由は、車両価格の大部分を占める蓄電池価格が高いこと、急速充電器設置費用が高いこと、及び電力基本料金が上昇してしまうことが原因である。この点、車両価格を除く総保有コスト試算を行った結果、大型バスでディーゼルバス車両比+30%、中型バスで+16%、小型バスで+30%までのコスト上昇であれば、車両の使用期間中に EV バスがディーゼルバスの総保有コストを下回る可能性が高いことを確認した。
- ☆ ② 航続距離：車両サイズに依らず、一日当たり走行距離は 150km 以下の車両が約 7 割を占め、200km/日まで考慮すると車両数割合は約 9 割という結果であった。従って航続距離としては、まずはボリュームゾーンである一日 150km 走行可能な車両の開発・導入を目指すべきである。
- ☆ ③ 耐久性への不安：EV バスの導入を検討していない事業者のその理由は第一に「価格」であるが、次いで「トラブルへの不安」「耐久性への不安」が多かった。メーカーにおいては、耐久性がディーゼルバスと同水準の EV バスを製造することが求められていると同時に、EV バス特有の運転手への教育、トラブル時の迅速な対応体制が特に初期導入時には求められている。
- ☆ ④ 国産 EV バス：EV 導入に際し気になる点や懸念事項として、「国産 EV バスがないこと」という回答が「価格が高い」と同数となり、国産 OEM への期待が寄せられた結果であった。安い海外製 EV バスが流入したとしても、国産 EV バスがなければ電動化が進まない可能性があることに留意が必要である。
- ☆ なお、乗合バスはルートが決まっていること、1 日の走行距離は最大でも 250km 程度であること、夜間充電で対応できることから、FC バスよりも EV バスが適しているという見方もあり、まずは EV バスの導入を優先的に検討していくのが良いと考えられる。

■ 普及シナリオと CO2 削減効果

- 10 年以内に EV バスを導入したいと回答した事業者は 16.5%であり、EV バスのラインナップが揃ってくると EV バスへの置き換えが緩やかに進んでいくことが期待される。国産 EV バスが販売されるタイミングは未定であるが、2025 年以降、新車販売の 10%が EV バスであると想定し、2030 年時点の普及台数を試算した。当該シナリオに基づく EV バス普及台数は 1,560 台であり、CO2 削減効果は 182,512 t-CO2/年となり、乗合バスの CO2 排出量に占める割合は 9.08%となる（EV バスの走行時 CO2 排出量がゼロとなる前提）。

結果要約：技術動向

■ 蓄電池関連

- 価格、寿命、安全性、エネルギー密度が総合的に判断され、車両サイズや用途に適した種類の LIB が使用されており、主流は価格が安いリン酸鉄系、寿命が長めの NMC 系（三元系リチウム）、エネルギー密度の高い NCA 系（ニッケル酸リチウム）となる。
- EV 用蓄電池については、LIB セル及びパック・システムに関する試験法や、安全要件等の国際標準化が進められているとともに、更なる性能向上に関する取り組みが進められている。
- 全固体電池は、エネルギー密度、安全性、大きさ、充電時間、耐久性、コストの点でリチウムイオン電池を凌駕することが期待されており、EV の本格導入に向けて、実用性の検証が進められている。
- 国内の急速充電器は CHAdeMO が主力である。50kW 超の大出力機の開発を進めているが、一時的、局所的な系統負荷が高まる使われ方となるため、超急速充電は国内では非常用やバックアップ用として設置されるのではないかと考えられる。

■ 水素関連

- 今日の水素は産業用途に利用されており、エネルギー転換とは直接の関係が薄いですが、水素の取扱いについては豊富な実績が得られている。
- FC に充填可能な水素品質は ISO で定められており、純度 99.97%以上が FC 投入時に必要であり、それらを担保するための水素ステーションの維持管理コストの低減が求められている。
- FCV のコスト高の要因はコストの 50%超を占める車体開発費、25%を占める燃料電池スタック（FC スタック）と、7.5%を占める水素貯蔵タンクである。双極板、白金触媒はカーボンファイバーや白金を使用しており素材自体の単価が高く、量産によるコスト低減効果が小さいため、FC スタック価格の低減には代替素材の開発が不可欠である。
- なお、自動車はエンジン始動後、すぐに発進できる必要があるため、動作温度が比較的低い固体高分子形（PEFC）が使用されている（動作温度が高いと起動まで時間がかかる）。

結果要約：海外市場動向

■トラック

- EVトラック市場は米国が先行。その他の国はまだ市場として立ち上がっておらず、先行プレーヤーによる実証段階である（日本と同様のステータス）。
- 米国カリフォルニア州は、2045年に販売されるトラック・バンを全てEV化する方針を決定。米国ではFedEx、UPS、Amazonが配送用EVトラックの導入に積極的であり、出資を伴う開発体制の取り込みも実施。米国においてもラストワンマイルに使用される小型車両から電動化が進むと見られる。
- 豪州ではEVトラック市場が立ち上がっておらず、政府支援も薄い。IKEAが2025年までに350台のトラックをEV化する目標を掲げるなど、グローバル企業が先導してEV化を推し進めていく動きがある。
- タイ、南アフリカもEVトラック市場が立ち上がっていないが、物流企業やグローバル企業による小型EVトラック/バンの実証が始まりつつある状況である。

■バス

- 路線バスの電動化が進む英国ロンドン、米国ロサンゼルス、シンガポールでは、日本と路線バスに関するサービス提供の考え方・提供方法が異なる。当該3都市においては、路線ごとに入札制が採られており、入札条件は入札運用者（市政府）が決定している。
- ロンドン、ロサンゼルスは2030年まで、シンガポールは2040年までに全て路線バス車両を電動化することを決定している。
- ロンドンでは、EUにおけるバス電動化目標を達成するため、及び大気汚染の緩和を目的に、ロンドン交通局によって路線ごとに電動化の対象が決定されるため、半ば強制的に電動化が進むと見られる。ロンドンでは中国BYD製バスの導入が進んでいるが、車両価格はディーゼル比で30%の増加幅であり、7年～10年程度運用されればディーゼルよりもコストメリットが出てくるとも言われている。
- 中国深圳市の路線バスは実証開始からわずか8年で16,359台全てのEV化を達成したが、政府が中心となって電動化を推し進めた結果である。深圳市はEVバスの導入台数が多いため、効率的な充電を行うために充電マネジメントも導入されている。

結果要約：再エネ水素ステーション

■ 再エネ水素ステーションにおける必要な再エネ発電設備容量（kW）

- 再エネ発電設備容量自体は、水素製造時の消費電力量、水素製造時以外の消費電力量（待機時の消費電力量）、及び再エネ発電時間が出れば算出可能である。しかし、設置場所によって水素製造に必要な電力量がブレるため、その原因を把握しておくことが精緻な設備容量を知る上で肝要である。
- 再エネ水素を製造するために必要な消費電力量（kWh/kg）がブレる原因は、外気温と需要量である。
 - ◇ 外気温：夏場の方が消費電力量は多くなる傾向がある。これは水素充填時に水素を冷却する必要があるため、外気温が高い方が冷却するエネルギー量が多いためである。
 - ◇ 需要量：そもそも消費電力量は水素製造時に消費される電力と、待機時に消費される電力に分類される。従って kWh/kg は、「（製造時消費量＋待機時消費量）÷水素製造量」で示されるため、水素製造量が多い方が kWh/kg は改善する傾向があり、需要量（≒供給量÷装置の稼働率）によって kWh/kg が変わってくる。

■ 普及課題

- 小型営業所における再エネ水素ステーションの普及課題は、水素供給コスト（円/kg）が高過ぎることである。市中の水素ステーションにおける水素販売単価が1,000 円/kg で供給されているのに対して、再エネ水素ステーションの供給コストは30,000 円/kg～40,000 円/kg と高い（※補助金有、再エネ設備設置ケース）。
- 水素供給コストが高くなってしまう原因は、FCV/FCFL の車両数が少なく水素需要量が小さく、従って製造量が少なくなり規模の経済が働かない（装置稼働率が低い）こと、及び水素ステーション自体の設置コストが高いことである。従って、経済合理性だけでは事業者自らが再エネ水素ステーションの導入に踏み切ることは考えられない。
- 再エネ水素ステーションの導入を進めるためには、政府による購入補助金、運用補助金の交付が必要不可欠だが、上記の通り補助金を交付したとしてもなお、市中の水素供給単価よりも高い供給コストとなってしまうことに留意が必要であり、メーカー側によるコスト低減の努力も欠かせない。
- 水素ステーションのコスト低減が進まない背景には、国内の水素装置関連メーカーが少なく、競争が十分に働いていないことが一因となっている。直ぐにメーカーを増やすことは困難であるため、国外メーカーの部材を輸入し、国内で使い易くするために規制緩和や承認手続きの簡素化を行うこともコスト低減に有効な施策となる。

- 普及施策として次の 7 点への取り組みが有効である：①水電解装置の設置コスト低減、②敷地面積規制緩和による容量最大化、③稼働率の向上、④水電解効率の改善、⑤保守費の低減、⑥人件費削減、⑦調達電気単価の低減（電力外部調達の場合）。
- 上記の施策が全て実現出来た場合の水素供給単価は、それでも 2,494 円/kg となり、市中供給単価に届かないという結果であった。

■ 再エネ水素ステーション有識者検討会

- 環境省担当官と協議の上、有識者の意見も踏まえて検討する必要があるため、外部の有識者 3 名を交えた検討会を開催し、今後の検討方向性は以下の通り同意された。
 - ◇ 再エネ価値を自身で設置した再エネ発電設備のみで賄うという制度では、事業者の実際の使用方法によっても大きく変わるし、メーカーも検証しきれていない劣化等の影響も考えられるから運用が難しいため、再エネ価値の外部調達による追加対応を可とする柔軟な対応が必要である。
 - ◇ この事業の経済性は非常に悪いため、今後は導入する事業者の負担が少なくなるような制度を検討していく必要がある。

■ 海外事例

- 米国カリフォルニア州の水素ステーション数設置数は 2020 年 7 月時点で 42 ケ所、2024 年までに 100 ケ所を建設予定。
- ドイツの水素ステーション設置数は 2021 年 3 月時点で 90 ケ所、2030 年までに 1,000 ケ所の水素ステーション導入を目標としている。
- 中国の水素ステーションは 2020 年末時点で約 120 ケ所。その内 70 ケ所以上で赤字運営となっているが、中国政府の水素ロードマップでは 2030 年までに 1,000 ケ所、2050 年までに中国全土をカバーする目標を掲げている。
- なお、いずれの国においても、再エネ水素ステーション数は不明。

Summary : Project Outline

The Regional Circular and Ecological Sphere is an effort to reduce greenhouse gas emissions by 80% in 2050 and achieve SDGs. This effort is composed of five pillars: energy, transportation/mobility, lifestyle, disaster prevention, and business. The transportation/mobility pillar is closely linked to decarbonization, and this project looked at mobility options that will become the mainstay of future regional public transportation and distribution, such as battery electric buses and trucks, and fuel cell (FC) electric buses and trucks (hereinafter, referred as “eBuses and eTrucks”). In this project, we analyzed market needs for eBuses and eTrucks in order to encourage development that will promote future use.

Specific initiatives include:

(1) Analysis of market needs

1) Market needs for eBuses and eTrucks

- Targeting Japan’s public transportation and distribution sectors, scenarios for use that are likely to be operational and economical were identified, and user needs for eBuses and eTrucks were analyzed.
- For scenarios where the current eBuses and eTrucks exist, satisfaction levels were analyzed by comparing vehicle specifications with user needs. For scenarios where the current eBuses and eTrucks do not exist, specification requirements that vehicle manufacturers must meet were analyzed to foster electric vehicle development.

2) Challenges and measures to promote widespread adoption

- Based on the analysis from 1), challenges of introducing eBuses and eTrucks to the scenarios of use were identified, the direction of efforts to solve the problems were addressed, and widespread adoption of eBuses and eTrucks by 2030 in the case that the efforts were achieved were analyzed.

3) CO2 reduction

- Based on 2), CO2 reduction as of 2030 was calculated on the basis that the use of eBuses and eTrucks were promoted.

(2) Analysis of powertrain technology trends that promote the introduction of eBuses and eTrucks

- Regarding storage battery-related technologies (storage batteries, motors, etc.) and hydrogen-related technologies (hydrogen, fuel cell stacks, etc.) that drive

the widespread adoption of eBuses and eTrucks, development trends and possibilities for practical application were analyzed, and battery deterioration on storage batteries with existing technologies were analyzed.

(3) Analysis of overseas market trends of eBuses and eTrucks

Assuming that the market for EV needs to be mature enough to promote the development of eBuses and eTrucks, manufacturers will most likely need to sell eBuses and eTrucks not only in the domestic market but also in overseas markets. Therefore, we have analyzed overseas market trends for eBus and eTruck export in the future.

(4) Analysis of technological trends that promote the widespread adoption of renewable energy powered hydrogen stations

1) Domestic and international trends related to renewable energy powered hydrogen stations and commercial hydrogen stations

- A technical study on the relationship between hydrogen production and power consumption under specific conditions of renewable energy powered hydrogen station was made, and the required renewable energy generation capacity to cover the entire power consumption of the renewable energy powered hydrogen station was calculated.
- Research on domestic and overseas trends and technological developments related to renewable energy powered hydrogen stations and commercial hydrogen stations was conducted, and possible measures for cost reduction of the installation of renewable energy powered hydrogen station were analyzed.
- An expert discussion was held in preparation for discussions with the Ministry of Environment officials, to seek for opinions by experts.

2) Technological trends related to renewable energy hydrogen stations and commercial hydrogen stations

- Research on the prevalence and outlook of renewable energy powered hydrogen stations and commercial stations in the United States, Germany, and China were conducted.
- Technical difficulties that cause cost increases in renewable energy powered hydrogen stations and commercial hydrogen stations, and efforts to solve the issues were analyzed.

3) Laws and regulations that cause increase in costs

- Laws and regulations that caused cost increases of renewable energy powered hydrogen stations were analyzed.

Summary : Market Needs

【Truck】

■ Scenario of use

- Scenarios of use for trucks are broadly divided into ①last mile delivery (LM), ②short-haul transportation, and ③long-haul transportation. The vehicles used in ① are pickup or light-duty trucks, and the daily mileage is about 100 km. For ②, light-, medium- and heavy-duty trucks are used, and the daily mileage is about 260km. The vehicles used in ③ are heavy-duty trucks assuming that they will be used for large-scale transportation, and the maximum daily mileage is about 1,000 km.

■ Challenges of vehicle electrification and market needs

- Challenges in introducing eTrucks that need to be solved include: ①how to reduce initial costs (vehicle cost, charger installation cost), ②not to raise the basic electricity charge, ③to be able to run the mileage required for business, ④ not to reduce the load capacity, and ⑤ to develop a charging infrastructure that can be used by trucks.
- In consideration of eTruck market needs, it is necessary to develop vehicles that meet the requirements of ①, ③, and ④.
 - ✧ ①: For pickup and light-duty trucks, if the price increase is up to +166% and +97% respectively, the total cost of owning eTrucks is likely to be lower than that of diesel trucks. For medium-sized and large-sized trucks, the running cost per km (yen/km) is not significantly different from diesel trucks, and the total cost of ownership is lower for diesel trucks. Therefore, it is necessary to work on improving electricity efficiency, and at the same time to raise the diesel price from a policy level to widen the difference in yen/km.
 - ✧ ③: Regardless of the size of trucks, vehicles used for ① must have a cruising range of 100km, ② must have a cruising range of 250km, and ③ must have a cruising range of 550km or more to 1,000km.
 - ✧ ④: Pickup, light-, and medium-sized trucks are acceptable if the load capacity is reduced by about 10% of the same type of diesel truck, but reduction in load capacity of large-sized trucks are not acceptable and will require almost the same load capacity as diesel trucks.
- The pickup and light-duty trucks used in ① are the most promising segments for vehicle electrification, as there is a high possibility that the challenges from ① to ⑤ can be solved for the following reasons.

- ✧ ①: Quick chargers will not be needed, as the mileage per day is shorter and the amount of storage batteries that need to be installed are smaller. Hence, there will be no charger installation cost.
- ✧ ②: There is a high possibility that the base electricity fee will not increase, as users can fully charge the battery overnight.
- ✧ ③: The mileage required for business is less than 100km/day.
- ✧ ④: Although the load capacity is still far from 100% today, the decrease in load capacity is still at an acceptable rate.
- ✧ ⑤: There won't be any need for charging infrastructure outside, as vehicles can be fully charged overnight.
- At present, it is difficult to introduce eTrucks for scenarios ② and ③ for the following reasons.
 - ✧ ① : It consumes a lot of power and requires a quick charger.
 - ✧ ② : Therefore, there is a high possibility that the base electricity fee will increase.
 - ✧ ③ : There are no eTrucks in Japan that can run the mileage required by scenarios ② and ③.
 - ✧ ④ : Since high loading efficiency is required, loading capacity cannot be reduced.
 - ✧ ⑤ : It has a long mileage and requires additional charging on the go. However, there are no charging infrastructures that can charge medium- and heavy-duty trucks.
- Therefore, vehicles such as FC trucks are promising than eTrucks when considering vehicle electrification (or carbon neutralization) for scenarios ② and ③
 - ✧ The challenges of introducing FC trucks include reducing initial costs (vehicle development cost, FC system cost), reducing hydrogen prices, and infrastructure development of hydrogen stations. At present, it would be unfavorable to use FC trucks as hydrogen prices are equal to or higher than that of gasoline and diesel, and long-term efforts for cost reduction will be required. However, it is unclear whether FC trucks that use rare metals will fall to the same cost level as diesel trucks in the future. Carbon neutrality (i.e. e-fuel, hydrogen internal combustion engine, etc.) will also need to be considered, assuming that internal combustion engines will continuously be used in the future.

■ Widespread adoption scenario and CO2 reduction effect

- Considering that major domestic logistics companies are promoting the conversion of delivery trucks (scenario ①) to eTrucks, the initial introduction period of eTrucks should last until 2030. The trucks used for ② and ③ are considered to be more suitable for FC trucks in terms of ③cruising range and ④load capacity, but FC system costs, hydrogen prices, and infrastructure development prices need to fall. Therefore, the timing of vehicle electrification (or carbon neutralization) is predicted to be after 2030 at the earliest.
- With the above scenario, the number of eTrucks in use as of 2030 is about 36,000, and the CO₂ reduction effect is 1,245,418 t-CO₂ / year, and its ratio to total CO₂ emissions by trucks is as small as 0.57%, assuming that CO₂ emissions are zero when the eTrucks are running.

【Bus】

■ Scenario of use

- Transit buses can be subdivided into five categories (highway buses, local sightseeing buses, fixed-route city buses, community buses, on-demand transportation) depending on the purpose of use, but in this research, we analyzed transit buses in general.

■ Challenges of vehicle electrification and market needs

- In order to identify challenges related to vehicle electrification of transit buses and analyze market needs, we conducted a diesel bus usage survey and an awareness survey on eBuses for domestic transit bus operators who own 30 or more transit buses.
- From the results of the survey, the challenges of introducing eBuses are classified into ①price (initial cost, running cost), ②driving range, ③anxiety about durability, and ④national brand eBuses.
 - ✧ ① Price (initial cost, running cost): The reason for the high price consists of three factors; storage battery price which accounts for the majority of the vehicle price, quick charger installation cost, and the rise in base electricity fee. When the total cost of ownership excluding the vehicle price (for the above reason) was estimated, it confirmed that the total cost of ownership of eBuses is likely to fall below that of diesel buses during the period of use it was if the cost increase is +30% compared to diesel bus vehicles for large buses, +16% for medium-sized buses, and +30% for small buses,.
 - ✧ ② Driving range: Regardless of the vehicle size, vehicles with a daily mileage of 150 km or less account for about 70% of all cars, and when

considering up to 200 km / day, the ratio of the number of vehicles is about 90%. Therefore, in terms of driving range, OEM should first aim to develop and introduce a vehicle that can travel 150km a day.

- ✧ ③ Concerns about durability: The top reasons why bus operators were opposed to the introduction of eBuses was "price", followed by "concerns about potential issues" and "concerns about durability". Manufacturers are required to make eBuses with the same level of durability as diesel buses. Additionally, training specific to eBuses for drivers and a quick response service in case of issues are required, especially at the time of initial introduction.
- ✧ ④ : National brand eBuses: When respondents were asked what their main point of concern was in the introduction of eBuses, the number of respondents who answered "There is no national brand eBuses" was the same as "Price is high", which indicates high expectations for domestic OEMs. Thus, it should be noted that even if affordable foreign eBuses were introduced to the country, vehicle electrification may not progress without the presence of national brand eBuses.
- ✧ In addition, eBuses may be more suitable than FC buses because the route of the transit buses are fixed, the daily mileage is about 250 km at the maximum, and it can be charged overnight. Therefore, it may be more effective to prioritize the introduction of eBuses.

■ Widespread adoption scenario and CO2 reduction effect

- 16.5% of companies answered that they would like to introduce eBuses within the next 10 years, and it is expected that the replacement of eBuses will be smooth once the national brand eBus lineups come in. The timing of national brand eBuses to be sold is uncertain, but after 2025, we assume that eBuses will account for 10% of new car sales and estimated the number of eBuses as of 2030. Based on this scenario, the number of eBuses introduced will be 1,560 in 2030, and the CO2 reduction effect is 182,512 t-CO2 / year, which accounts for 9.08% of the CO2 emissions of transit buses, assuming the CO2 emissions of eBuses during running to be zero.

Summary of results: Technology trends

■ Storage batteries

- LIBs are evaluated based on price, lifetime, safety, and energy density, and selected based on vehicle size and application. Mainstream LIBs include iron phosphate-based LIB which are notable for its low price, NMC-based LIB (ternary lithium) for its longer lifetime, and NCA-based LIB (lithium nickel oxide) for its high energy density.
- Regarding EV batteries, there has been progress in international standardization for test methods and safety requirements for LIB cell and battery pack systems. Efforts to further improve performance of the batteries can also be seen.
- All-solid-state batteries are expected to surpass lithium-ion batteries in terms of energy density, safety, size, charging time, durability, and cost. Practical tests are currently being done to prepare for the full-scale introduction of EVs.
- CHAdeMO is the dominant fast charger in Japan. Although fast chargers with large output over 50kW are currently in development, ultra-fast chargers will most likely be installed for emergency and backup purposes, as they will be used to increase system load temporarily and locally.

■ Hydrogen

- Today, hydrogen is used for industrial application and is not closely related to energy conversion. However, considerable progress is seen in the use of hydrogen.
- The quality of hydrogen that can be used for FC is defined by ISO, requiring a purity level of at least 99.97%. Maintenance cost of hydrogen stations will need to be reduced to meet this requirement.
- High FCV costs are attributed to the vehicle body development cost, which accounts for over 5% of the FCV cost, fuel cell stack (FC stack) cost, which accounts for 25%, and hydrogen storage tank cost, which accounts for 7.5%. Carbon fiber and platinum are used for bipolar plate and platinum catalyst. As the unit prices of these materials are too high and the cost cannot be reduced from economies of scale, development for alternative materials is vital to reduce FC stack prices.
- Solid polymer fuel cells (PEFC) have a relatively low operating temperature, and are used for vehicles as it allows for the vehicle to take off immediately after the engine is on (if the operating temperature is high, it takes time for motor vehicles to be started).

Summary of results: Overseas market trends

■ Trucks

- The United States is ahead in the eTruck market. In other countries, eTrucks have not been introduced to the market, and leading players are still in the demonstration stage (same status as Japan).
- In California, the state has decided on an effort to convert all trucks and vans to be sold in 2045 to EVs. In the U.S., FedEx, UPS, and Amazon are actively introducing EV trucks for delivery, and development systems that will entail investment. It is also expected that vehicle electrification will progress starting from small vehicles that are used for last mile delivery.
- In Australia, although eTrucks have not been introduced to the market and support from the government is weak, movements made by global companies (i.e. IKEA having set a goal of converting 350 trucks to EVs by 2025) have taken the lead in promoting EV conversion.
- Although eTrucks have not been introduced to the market in Thailand and South Africa, demonstrations of small eTrucks and eVans by logistics companies and global companies are expected to start.

■ Buses

- In London, Los Angeles, and Singapore, vehicle electrification of route buses is in progress, and the rational and methods of providing services related to the buses are different from Japan. A bidding system is adopted for each route, and bidding conditions are decided by a bidding operator (city government).
- London and Los Angeles have decided to convert all route bus vehicles to EV by 2030, and Singapore by 2040.
- In London, the conversion to EV can be seen to be mandatory, as The Department of Transport has made targets for vehicle electrification in each route to achieve EU's eBus goals to mitigate air pollution. The introduction of Chinese BYD eBuses are also in progress. The vehicle price is 30% higher than that of diesel vehicle, and it is said to generate more cost advantages over diesel vehicles after being operated for around 7 to 10 years.
- In just 8 years from the start of demonstration, all 16,359 route buses in Shenzhen, China have been converted to EVs. This is the result of the promotion of vehicle electrification in which the government took the lead. Since there are many EV buses rolled out in Shenzhen, charging management has also been introduced for efficient charging.

Summary : Renewable Energy Powered Hydrogen Station

- Renewable energy generation capacity required to run hydrogen station
 - The renewable energy generation capacity itself can be calculated if the power consumption during hydrogen production, power consumption other than hydrogen production (power consumption during standby), and renewable energy power generation time can be obtained. However, since the amount of electricity required for hydrogen production varies depending on the installation location, it is important to understand the cause in order to understand the precise installed capacity.
 - The causes for fluctuations in power consumption (kWh/kg) required to produce green hydrogen (hydrogen produced with 100% renewable energy) are air temperature and hydrogen demand.
 - ✧ Air temperature: Power consumption tends to be higher in the summer. This is because hydrogen needs to be cooled at the time of hydrogen filling, and the higher the outside air temperature, the larger the amount of energy to be used.
 - ✧ Hydrogen demand: Power consumption is classified into power consumed during hydrogen production and during standby. Therefore, kWh/kg is indicated by "(consumption during producing hydrogen + consumption during standby) ÷ hydrogen production", so the higher the hydrogen production, the more kWh / kg tends to improve. Thus, kWh/kg changes depending on hydrogen demand ($\hat{=}$ supply $\hat{=}$ utilization of electrolyzer).
- Challenges of widespread adoption
 - The challenge with the widespread adoption of renewable energy powered hydrogen stations in small-size offices is that the hydrogen supply cost (yen/kg) is too high. While the unit price of hydrogen sold at hydrogen stations in the city is 1,000 yen/kg, the supply cost of renewable energy powered hydrogen stations is as high as 30,000 yen/kg to 40,000 yen/kg (this includes subsidy from the government and depreciation expenses from installation of renewable energy generation).
 - The reasons for the high hydrogen supply costs include the small number of FCV and FCFL (FC forklift) vehicles and low demand for hydrogen. Thus, hydrogen production volume is small, and economies of scale do not work (utilization of electrolyzer is low). Additionally, the installation cost of hydrogen station is expensive. Therefore, it is unlikely that the business operator will decide to

introduce a renewable energy powered hydrogen station based on economic rationality alone.

- In order to promote the introduction of renewable energy powered hydrogen stations, purchase subsidies and operational subsidies by the government are vital. However, even with the subsidies, hydrogen supply unit price is still higher than that of hydrogen stations in the city. It is necessary to keep in mind that it is vital for manufacturers to make efforts to reduce the cost.
- One of the reasons why the cost reduction of hydrogen stations is not progressing is that there is only few domestic hydrogen equipment related manufacturers, and competition between the manufactures are not effective. Since it is difficult to increase the number of manufacturers immediately, it is also an effective measure to reduce costs by importing equipment parts from foreign manufacturers, and to deregulate and simplify approval procedures to make them easier to use in Japan.
- The following seven points are effective as measures to promote widespread adoption: ❶ Reduction of installation cost of electrolyzer equipment, ❷ Maximization of capacity by deregulation of site area, ❸ Improvement of operation rate, ❹ Improvement of electrolyzer efficiency, ❺ Maintenance cost reduction, ❻ Labor cost reduction, ❼ Reduction of electricity unit price (in the case of external power procurement).
- Even if all the above measures were achieved, the hydrogen supply unit price would still be 2,494 yen/kg, and will not reach the market supply unit price of 1,000 yen/kg.

■ Expert discussion on renewable energy powered hydrogen stations

- To seek for opinions by experts before discussing with the Ministry of Environment officials, an expert discussion was held with three outside experts, and the direction of the study was agreed as follows.
 - ✧ The scheme in which the renewable energy value is covered only by the renewable energy power generation equipment installed by oneself is difficult to operate because the renewable energy value varies greatly depending on the actual usage of the business operator, and may be affected by equipment deterioration that the manufacturer has not fully verified. Therefore, flexibilities in approaches (ie. allowing additional measures such as external procurement of renewable energy value) will be needed.
 - ✧ Since the economic efficiency of renewable energy powered hydrogen

stations is very poor, it is necessary to consider a scheme that will reduce the burden on business operators that will introduce hydrogen stations in the future.

■ Overseas cases

- As of July 2020, 42 hydrogen stations were installed in California and another 100 will be constructed by 2024.
- As of March 2021, 90 hydrogen stations will be installed in Germany and the government targets to increase up to 1,000 hydrogen stations by 2030.
- Approximately 120 hydrogen stations were installed in China by the end of 2020. More than 70 of them are operating unprofitably, but the Chinese government's hydrogen roadmap has set a goal to cover 1,000 by 2030 and the entire country by 2050.
- The number of renewable energy powered hydrogen stations in the countries are unknown.