

経済産業省 自動車課様

令和6年度無人自動運転等のCASE 対応に向けた実証・支援事業

自動車分野のカーボンニュートラル実現に向けた定量的シナリオ分析及び国際動向に関する調査事業
報告書

2025年2月

(一財) 日本エネルギー経済研究所

目次

1. 事業の背景・目的		3
2. シナリオ分析		6
3. CN燃料ポテンシャル見通し		54
4. TCO分析		64
5. 分析から得られる示唆		72

1. 事業の背景・目的

事業の背景・目的 (1)

- 2021 年の道路交通部門のCO₂ 排出量は、世界全体で5.8Gt で、総排出量の17%を占めている。2022年に公表されたIPCC の第 6 次評価報告書の統合報告書において、「低排出電力を動力とする電気自動車は、GHG 排出量をLCA ベースで削減する大きな潜在的可能性を有するとともに、持続可能なバイオ燃料も、短中期的に陸上輸送における追加的な緩和の便益をもたらしうる」とされている。また、同報告書では、100 米ドル／tCO₂-eq 以下のコストの排出削減対策により、世界全体のGHG 排出量を2030 年までに2019 年比で半分以下に削減しうるとし、運輸部門においては、上記排出削減対策として燃費改善、公共交通機関へのシフト、バイオ燃料等が該当するとされている。
- 各国の政策動向としては、乗用車の新車販売における電気自動車、燃料電池自動車の割合を2035 年までに100%とすることを目指す欧州のほか、米国などでは、排出ゼロ車両（ZEV）の普及を目指す動きがある。一方で、2023 年に開催されたG7 広島サミットのコミュニケでは、新車販売だけではなく、世界の保有車両全体からの排出削減の重要性やその実現に向けた多様な道筋があることを確認するとともに、ZEV だけではなく、燃料の脱炭素化などの手段があることをについて確認をしたところである。また、その後23 年末にCOP28 で合意されたグローバルストックテイクや、24 年4 月にイタリアで開催されたG7 気候・エネルギー・環境大臣会合においても、多様な道筋やゼロ排出・低排出の燃料の役割について合意された。

事業の背景・目的 (2)

- 特に燃料の脱炭素化については、23 年にインドで開催されたG20 に合わせて、インド、ブラジル、米国などが参加するグローバルバイオ燃料アライアンスの設立が発表されるとともに、24 年にG20 議長国となるブラジルにおいても持続可能な燃料の活用を通じた道路交通部門からの排出削減に強い関心を寄せている状況となっている。こうした中で、24 年5 月には、日伯首脳共同声明において、ブラジルが高いポテンシャルを有するバイオ燃料・合成燃料などの脱炭素燃料とハイブリッドエンジンなどの日本の高性能なモビリティ機器を組み合わせ、世界のパートナーとともにカーボンニュートラルを実現するべく、新たな国際枠組みとしISFM（アイスファム）を立ち上げることで合意している。
- 今後、25 年のCOP30 に向けて各締約国が次期NDC の提出をしていくとともに、数年かけてIPCC の第7 次評価報告書の検討がなされていく見込みとなっている。こうした中で、道路交通部門のカーボンニュートラル化を実現するために、ZEV だけではなく、燃料の脱炭素化を含めた多様な選択肢を考慮することが、各国の状況に応じ最も費用対効果の高い技術とその導入を促進する政策を検討する上で重要である。
- 本事業においては、世界全体で2050年に向けた乗用車のカーボンニュートラル化に向けたシナリオ分析を行い、新興国等における自動車構成及びエネルギー構成に関する課題を定量的・定性的に整理分析し、国際的に発信することを目的とする。

2. シナリオ分析

2.1 分析手法

2.1.1 道路交通部門のシナリオ分析の枠組み

- ✓ 道路交通部門のGHG排出の推計においては、「Well to Wheel」(WtW)として、自動車に使用されるエネルギーの供給(Well to Tank)から消費(Tank to Wheel)に加え、自動車の製造と廃棄を含んだライフサイクルアセスメント(LCA)を行うことが公正な評価として求められる。
- ✓ 国や地域によってCN燃料（カーボンニュートラル燃料）の供給可能性や電源構成、エネルギーインフラや社会情勢は大きく異なることから、国、地域毎のLCA分析が必要である。
- ✓ GHG排出量に加えて、使用時に要する費用（燃料・電力費用、車体費用）、重要鉱物の使用量を推計する。

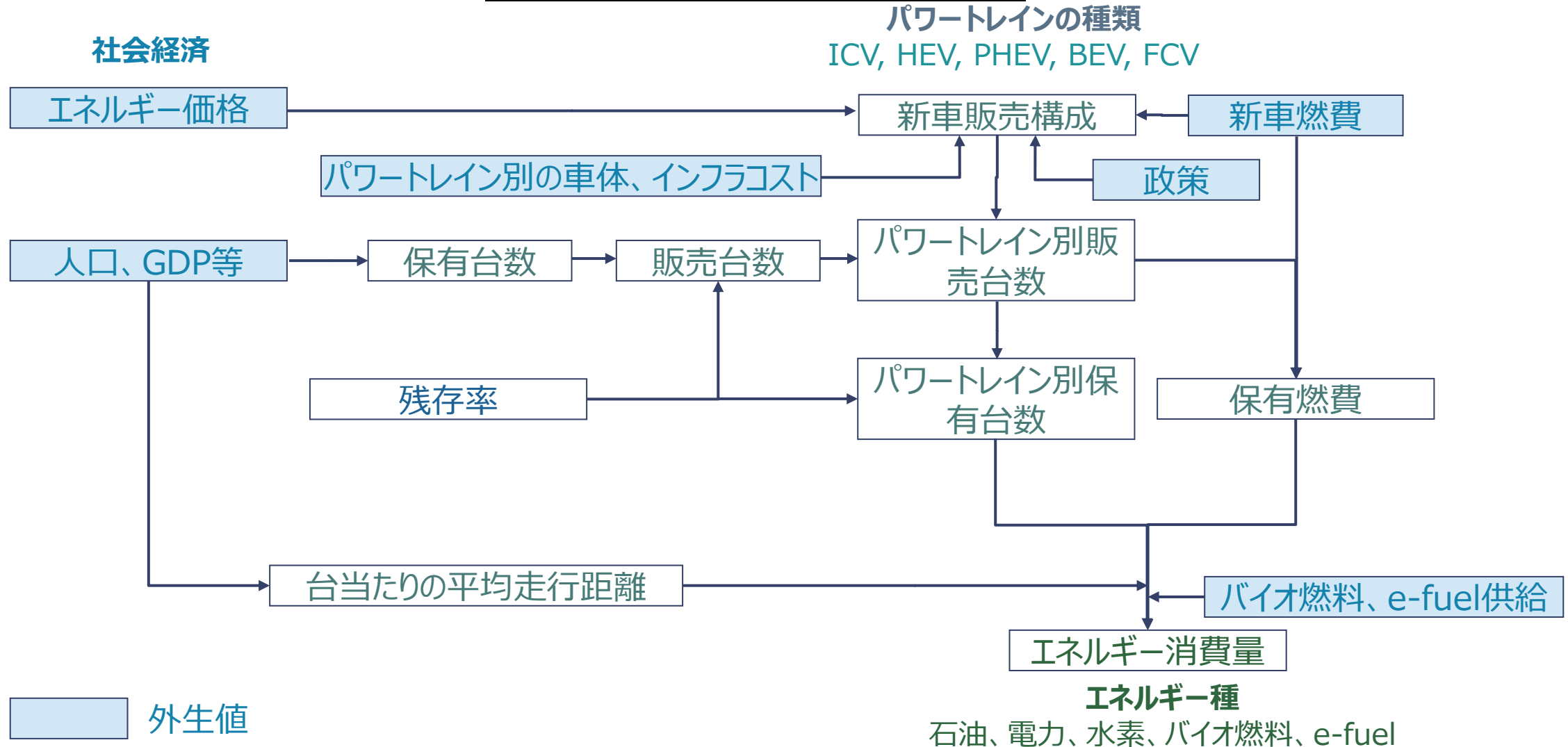
分析対象	✓ 乗用車のパワートレイン別の台当たりのLCAベースのGHG排出量 ✓ 国・地域全体の乗用車のLCAベースのGHG排出量 ✓ 乗用車のパワートレイン別の台当たりの使用時に要する費用 ✓ 国・地域全体の乗用車の製造時の重要鉱物の使用量
対象国/地域	世界、米国、OECD欧州、オーストラリア、ブラジル、中東、中国、インド、タイ、インドネシア、ASEAN
対象年	現状を基準として、2050年を目標
対象とするパワートレイン	ICV, HEV, PHEV, BEV, FCV
対象エネルギー種	石油、電力、水素、バイオ燃料、e-fuel
対象GHG	全てのGHG
用いているモデルの種類	✓ 走行時のエネルギー需要推計積み上げモデル ✓ Well to TankのGHG排出量推計積み上げモデル ✓ Vehicle CycleのGHG排出量推計積み上げモデル

2.1 分析手法

2.1.2 道路交通部門の使用時のエネルギーモデルの構造

✓ 乗用車の使用時のエネルギー消費量 = 乗用車保有台数 × 台当たりの平均走行距離 × 保有燃費として、エネルギー消費量を計算

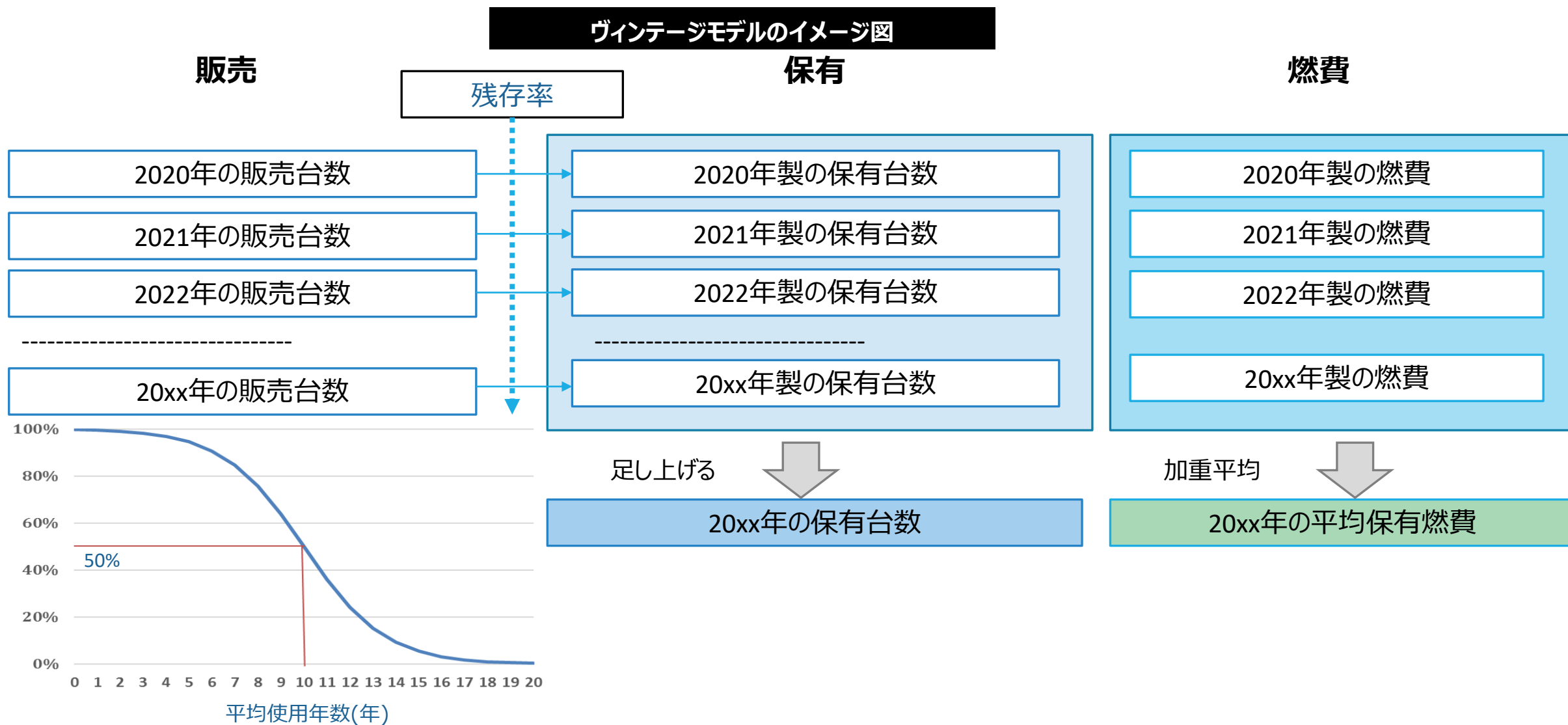
道路部門のエネルギーモデルの構造



2.1 分析手法

2.1.2 道路交通部門の使用時のエネルギーモデルの構造

✓ 将来の乗用車の保有構成はヴィンテージモデルを用いて推計

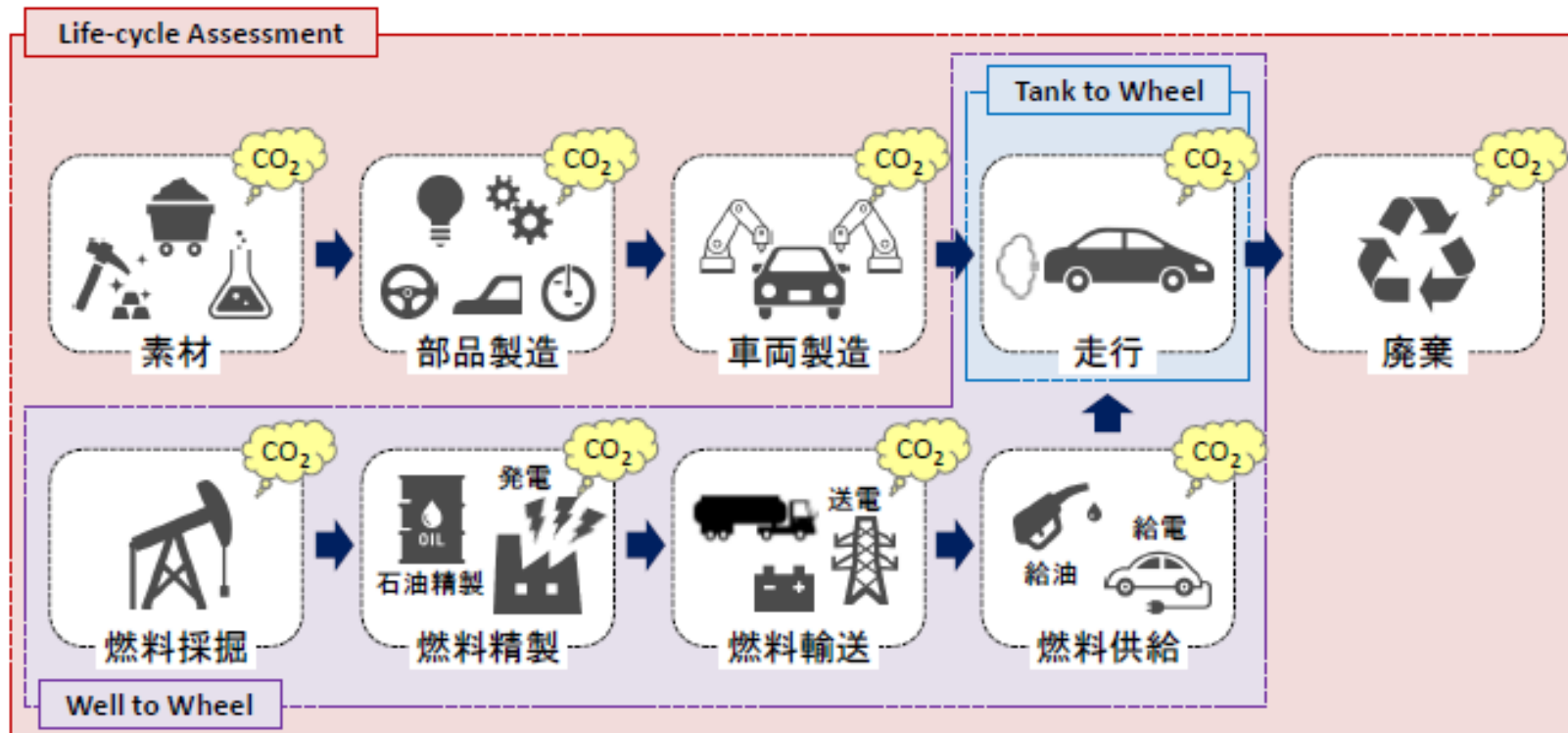


2.1 分析手法

2.1.3 道路交通部門のGHG排出量のLCAモデル

- ✓ パワートレイン別台当たりのLCAベースのGHG排出量 = (WtT原単位+TtW原単位) × 走行距離 + LCA製造原単位 + LCA廃棄原単位
- ✓ 国・地域全体の乗用車のLCAベースのGHG排出量 = Σ ((パワートレイン別保有台数 × (パワートレイン別WtT原単位 + パワートレイン別TtW原単位) × パワートレイン別走行距離) + パワートレイン別販売台数 × パワートレイン別LCA製造原単位 + パワートレイン別廃棄台数 × パワートレイン別LCA廃棄原単位)

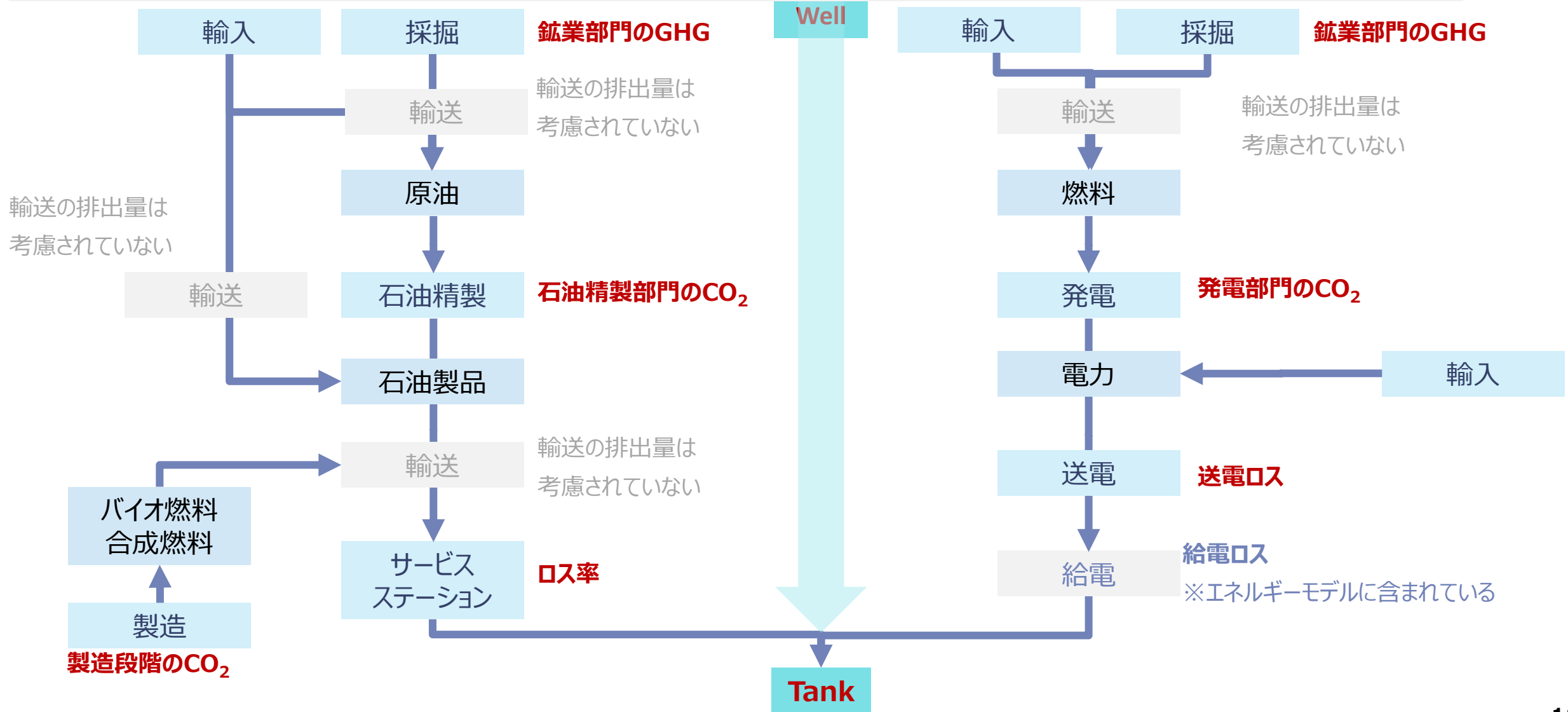
道路交通部門のGHG排出量のLCAモデルのイメージ図



2.1 分析手法

2.1.4 Well to TankのGHG排出量推計モデルの構造

✓ Well to TankのGHG排出量推計では各エネルギーの供給を積み上げて推計。ただし、輸送の排出量は考慮されていない。



2.1 分析手法

2.1.5 乗用車の製造から廃棄までのGHG排出量推計のモデルの構造

- ✓ 米国のエネルギー省支援の下で、Argonne National Laboratoryが開発したLCAモデルであるGreenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies (GREET 2 Model (2021ver.))を参照。
- ✓ 1995年に最初のバージョンが開発され、継続的にアップデートされている。
- ✓ 分析対象となるプロセスは自動車の製造（部品の製造、組み立て、蓄電池製造、作動油製造）、廃棄であり、乗用車の使用時は含まれていない。
- ✓ 対象となる出力はエネルギー、水、化学物質等の消費量、そこから生じるGHG、大気汚染物質等の環境負荷物質の排出量と多岐にわたる。

2.1 分析手法

2.1.6 乗用車のパワートレイン別台当たり使用費用算出方法

✓ 使用費用は各パワートレインの車体費用と走行時に使用する燃料・電力費用から推計

$$\text{台当たりの使用費用} = \text{台当たりの燃料・電力費用} + \text{台当たりの車体費用}$$
$$\text{台当たりの燃料・電力費用} = \text{台当たりの燃料・電力消費量} \times \text{燃料・電力価格}$$
$$\text{台当たりの車体費用} = \text{新車価格} / \text{使用年数}$$

2.1 分析手法

2.1.7 重要鉱物の使用量算出方法

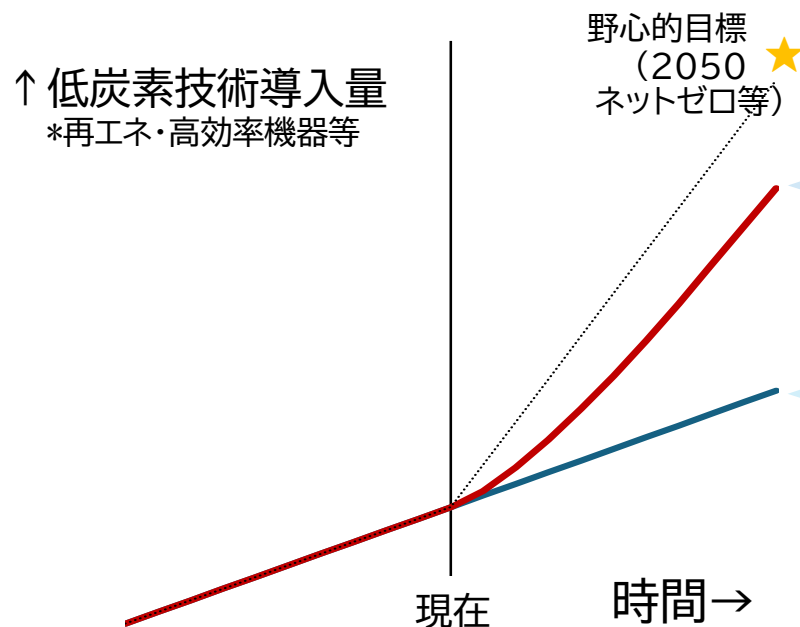
- ✓ 重要鉱物の使用量はパワートレイン別の新車販売台数からパワートレイン別の台当たりの重要鉱物使用量を乗じて推計

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{国・地域全体の} \\ \text{重要鉱物使用量} \\ \hline \end{array} = \sum \begin{array}{|c|} \hline \text{パワートレイン別の台当たりの} \\ \text{重要鉱物使用量} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{パワートレイン別の} \\ \text{新車販売台数} \\ \hline \end{array}$$

2.2 エネルギー需給シナリオの設定

- ✓ 経済・社会想定、およびエネルギー需給シナリオはIEEJ Outlook2025から援用
- ✓ IEEJ Outlook2025は2050年まで、世界全体のエネルギー需給見通しを作成している。最新のエネルギーや社会経済データを集積してモデル分析を実施し、世界44地域＋国際バンカーのエネルギー別需要、CO₂排出量などを推計している。
- ✓ 2つのシナリオ、レファレンスシナリオ(REF)、技術進展シナリオ(ATS)を設けており、異なる技術や政策の進展度合いを想定している。
- ✓ いずれも「●●であればどうなるか？」を推計するフォアキャスト型シナリオであり、バックキャスト型シナリオ（目標達成のために「どうすべきか？」を逆算）とは違い、削減目標などは必ずしも達成されるとは限らない。

技術導入イメージ



【技術進展シナリオ(ATS)】

エネルギー安定供給の確保や気候変動対策の強化に向けた政策等が強力に実施され、
(適用機会や受容性を踏まえ)最大限に導入。

【レファレンスシナリオ(REF)】

現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、これまでの趨勢的な変化が継続。
※政策・技術等の現状固定を意味するものではない。

2.2 エネルギー需給シナリオの設定

✓ 自動車由来のGHG排出削減に向け、乗用車の電動化、液体燃料のカーボンニュートラル化の議論が進んでいる。
 →REFにATSのCN燃料比率を組み合わせたCN燃料促進シナリオを作成し、CN燃料促進と技術進展のLCAベースのGHG排出量を推計。

乗用車のパワートレイン別の台当たりのLCAベースのGHG排出量推計

	CN燃料比率 (バイオ燃料+合成燃料)	電源構成等転換、燃料価格、燃費等
CN燃料促進(CNF)	ATS	REF
技術進展(ATS)	ATS	ATS

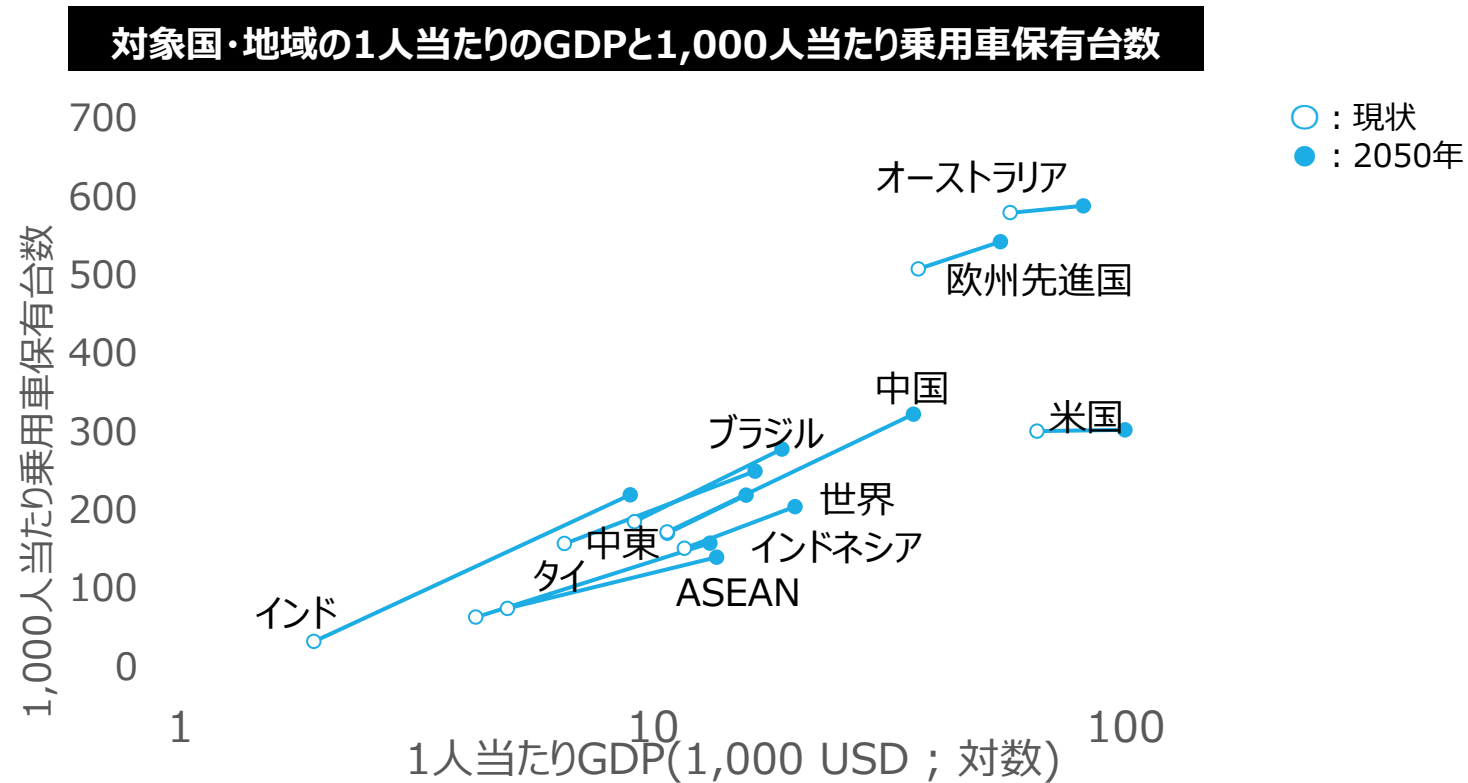
国・地域全体の乗用車のLCAベースのGHG排出量推計

	CN燃料比率 (バイオ燃料+合成燃料)	電源構成等転換、燃料価格、 燃費等	パワートレイン構成
レファレンス(REF)	REF	REF	REF
CN燃料促進(CNF)	ATS	REF	REF
技術進展(ATS)	ATS	ATS	ATS

2.3. 主要な前提条件

2.3.1 1人当たりGDPと1,000人当たり乗用車保有台数

- ✓ 全ての国・地域で現状から2050年で1人当たりGDPと1,000人当たり乗用車保有台数は増加。
- ✓ 増加率ではインドやASEAN、中国、ブラジル等の新興・途上国のほうが米国や欧州先進国、オーストラリアよりも大きい

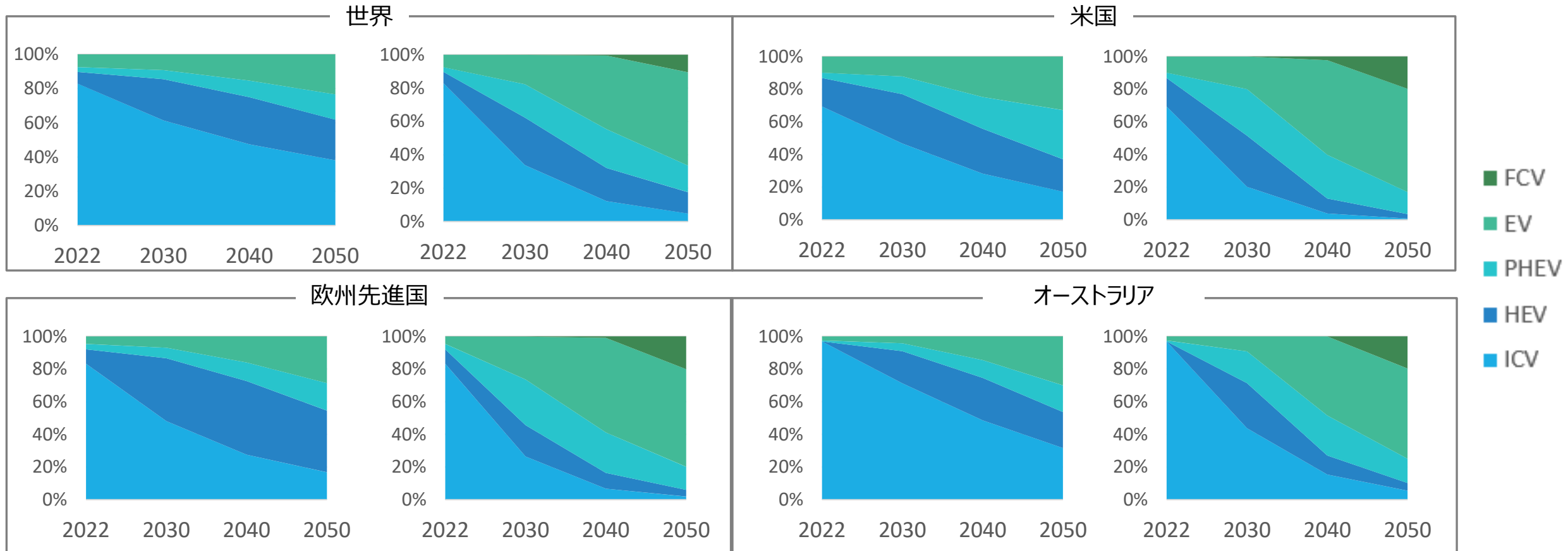


2.3. 主要な前提条件

2.3.2 シナリオ別パワートレイン別販売構成

- ✓ 全ての国・地域の全てのパワートレインで電動車の比率が増加
- ✓ ATSはREFよりも電動車の比率が増加

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別販売構成（左：REF、右：ATS）

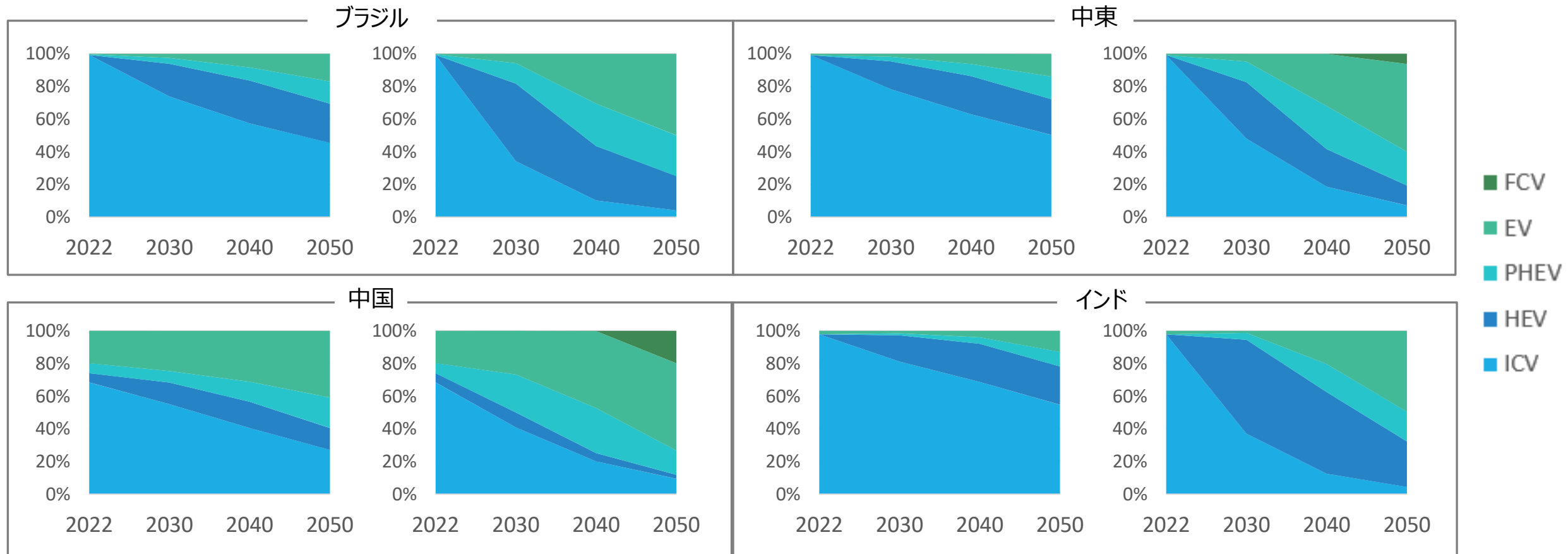


2.3. 主要な前提条件

2.3.2 シナリオ別パワートレイン別販売構成

- ✓ 全ての国・地域の全てのパワートレインで電動車の比率が増加。特に中国の増加が著しい
- ✓ ATSはREFよりも電動車の比率が増加。ただし、中国以外は先進国より増加率は緩やか

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別販売構成（左：REF、右：ATS）

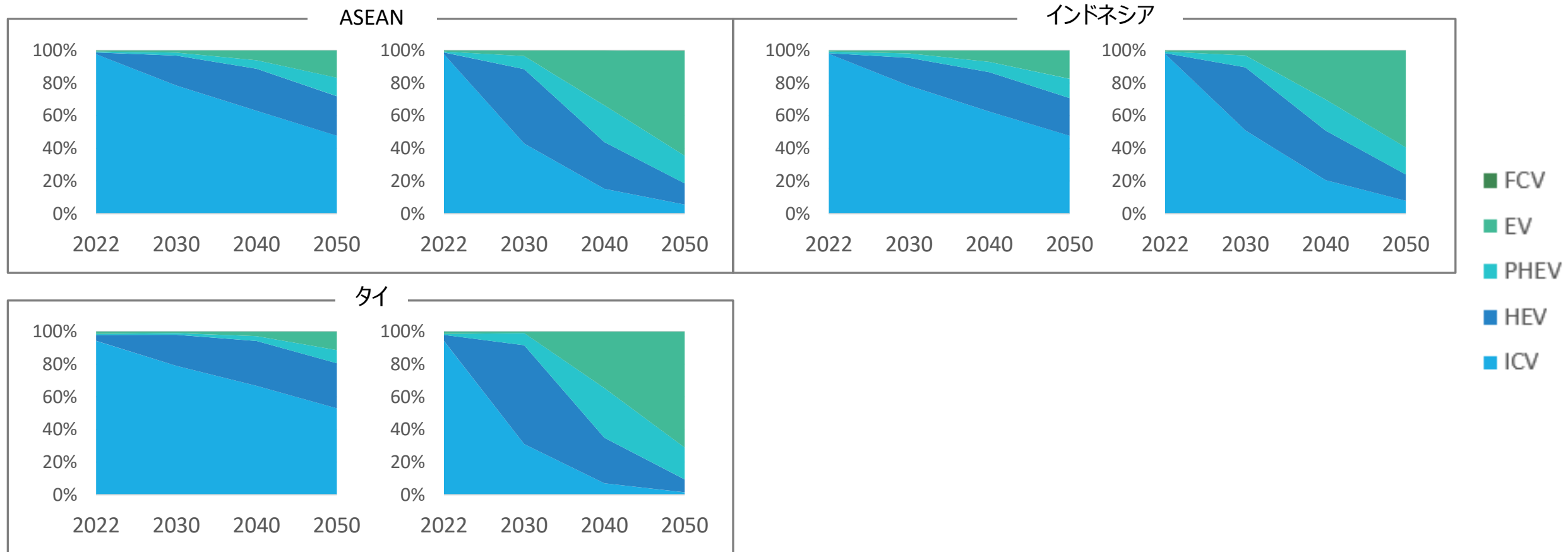


2.3. 主要な前提条件

2.3.2 シナリオ別パワートレイン別販売構成

- ✓ 全ての国・地域の全てのパワートレインで電動車の比率が増加
- ✓ ATSはREFよりも電動車の比率が増加。ただし、先進国や中国よりも増加率は緩やか

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別販売構成（左：REF、右：ATS）

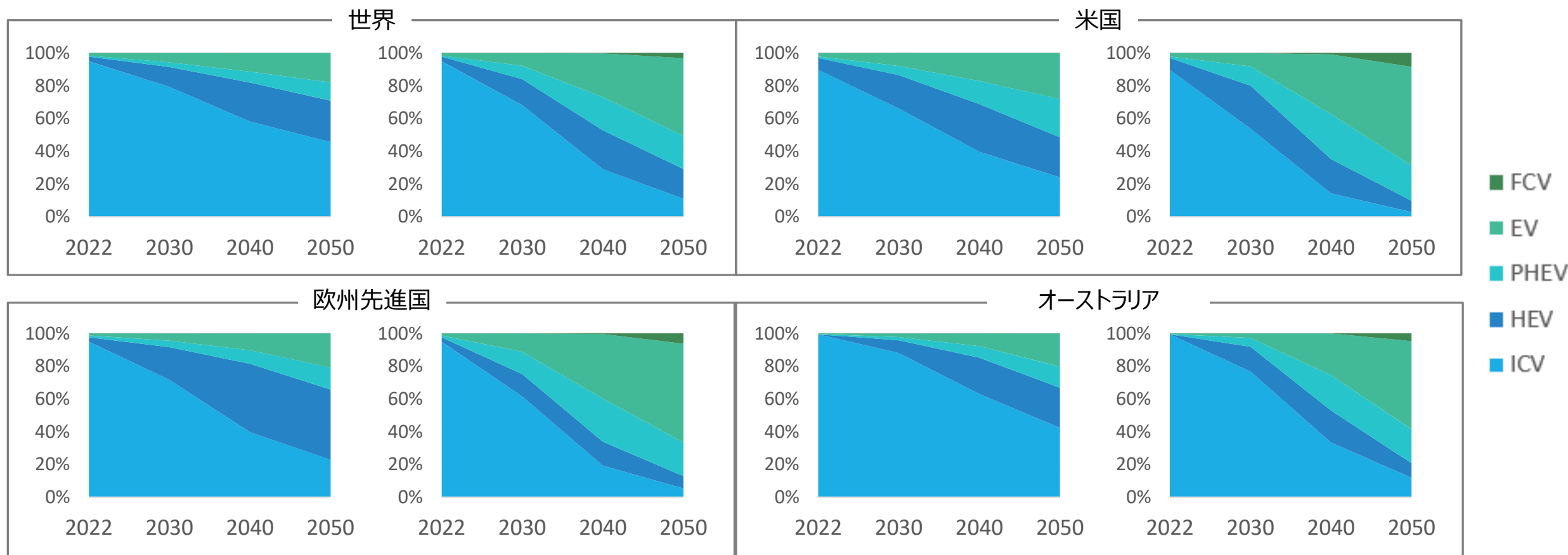


2.3. 主要な前提条件

2.3.3 シナリオ別パワートレイン別保有構成

- ✓ 全ての国・地域の全てのパワートレインで電動車の比率が増加
- ✓ ATSはREFよりも電動車の比率が増加

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別保有構成（左：REF、右：ATS）

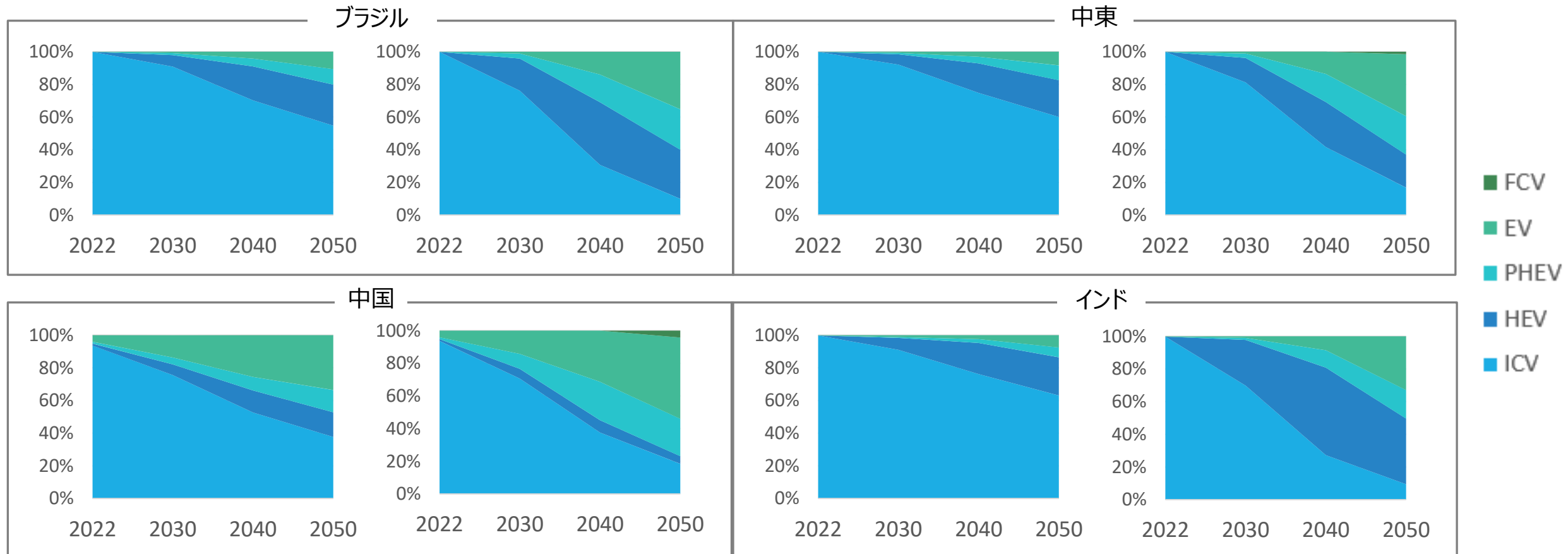


2.3. 主要な前提条件

2.3.3 シナリオ別パワートレイン別保有構成

- ✓ 全ての国・地域の全てのパワートレインで電動車の比率が増加。特に中国の増加が著しい
- ✓ ATSはREFよりも電動車の比率が増加。ただし、中国以外の新興国は先進国より増加率は緩やか

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別保有構成（左：REF、右：ATS）

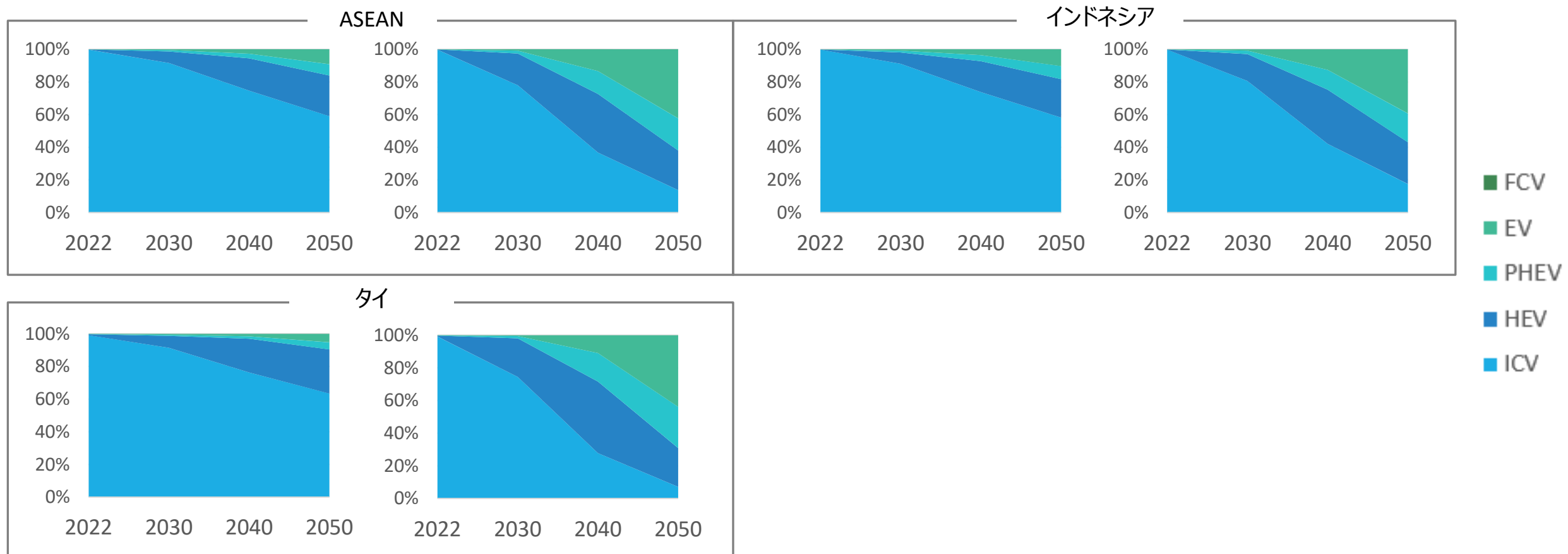


2.3. 主要な前提条件

2.3.3 シナリオ別パワートレイン別保有構成

- ✓ 全ての国・地域の全てのパワートレインで電動車の比率が増加
- ✓ ATSはREFよりも電動車の比率が増加。ただし、ASEANは先進国や中国よりも増加率は緩やか

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別保有構成（左：REF、右：ATS）

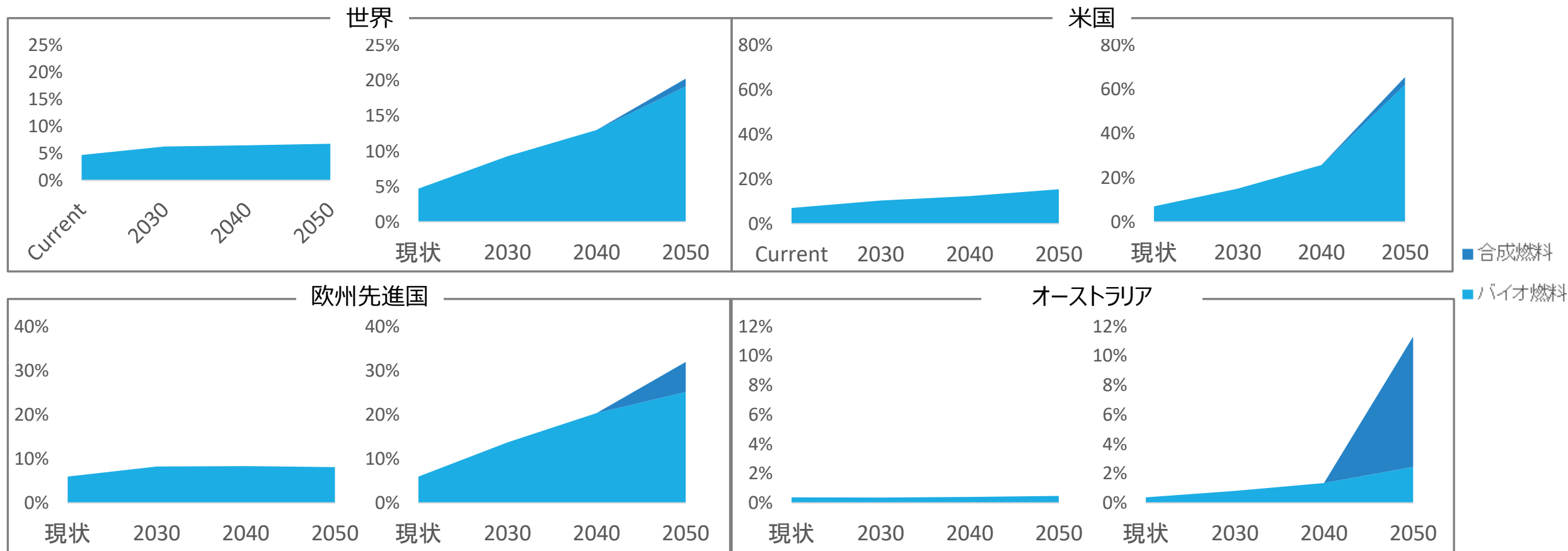


2.3. 主要な前提条件

2.3.4 シナリオ別CN燃料比率

- ✓ 先進国はREFではほぼ横ばい
- ✓ ATSでは液体燃料の消費量が減ることに加え、バイオ燃料、合成燃料の供給も増加し、CN燃料の比率は増加傾向

対象国・地域のシナリオ別CN燃料比率（左：REF、右：ATS）

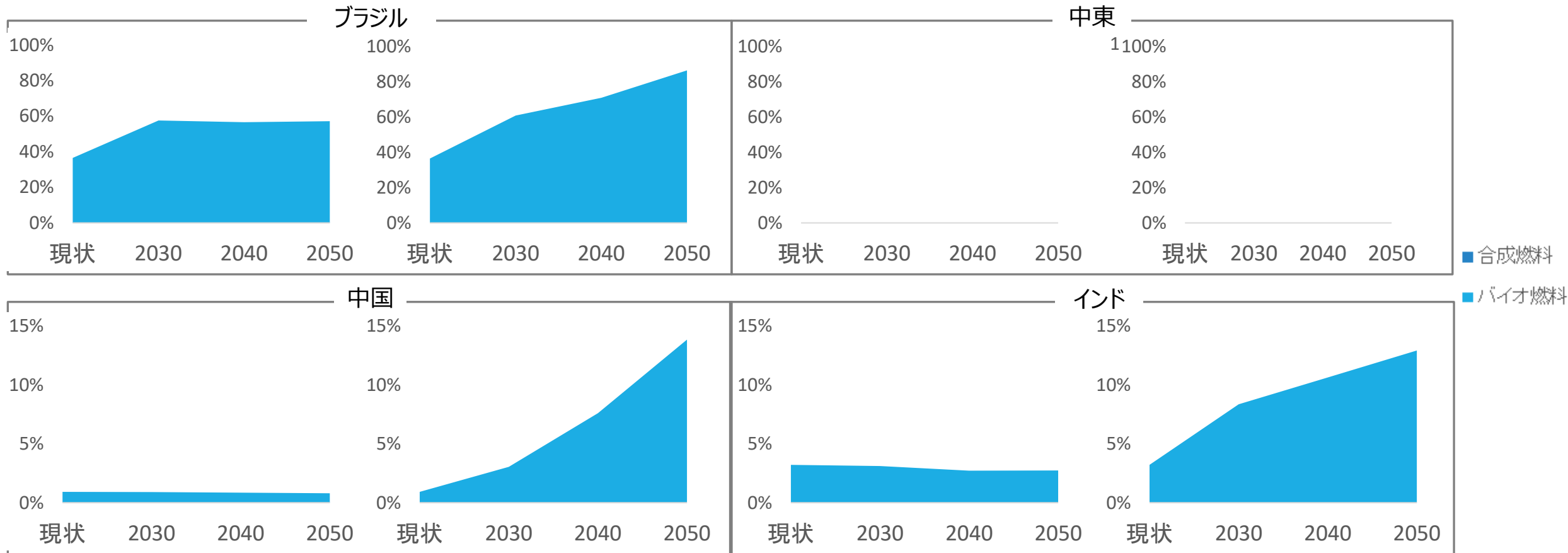


2.3. 主要な前提条件

2.3.4 シナリオ別CN燃料比率

- ✓ 新興国はREFではバイオ燃料供給が多いブラジルは増加するも、中国、インドはほぼ横ばい
- ✓ ATSでは液体燃料の消費量が減ることに加え、中東以外はバイオ燃料の供給も増加し、CN燃料の比率は増加傾向

対象国・地域のシナリオ別CN燃料比率（左：REF、右：ATS）

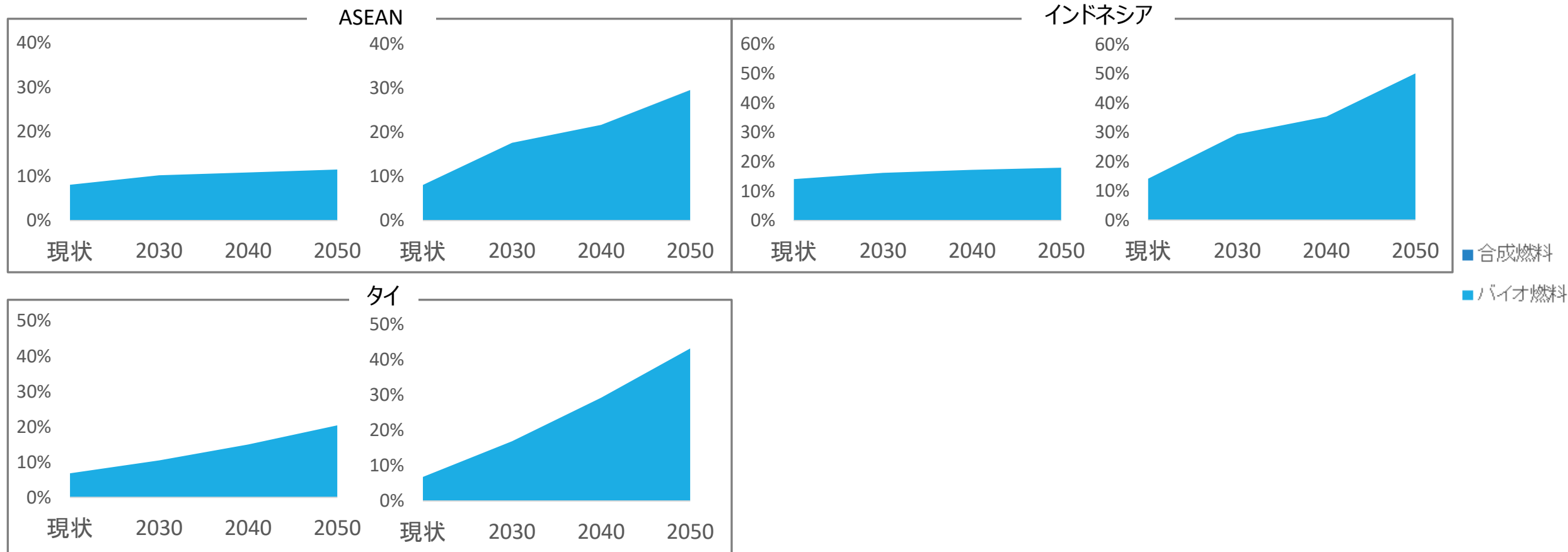


2.3. 主要な前提条件

2.3.4 シナリオ別CN燃料比率

- ✓ ASEANではREFはタイが緩やかに増加もほぼ横ばい
- ✓ ATSでは液体燃料の消費量が減ることに加え、バイオ燃料の供給も増加し、CN燃料の比率は増加傾向

対象国・地域のシナリオ別CN燃料比率（左：REF、右：ATS）



2.3. 主要な前提条件

2.3.5 WtTのGHG原単位

鉱業部門の原油の 国内/地域内GHG原単位	✓ Masnadi et al.から引用し、将来は現状から固定 ✓ 原油輸入依存度はIEEJ Outlook2025から算出 ✓ 輸入先上位5か国の平均とし、輸入比率は現状から固定 ✓ 輸入先が不明の国（ブラジル、オーストラリア）は世界平均を適用、中東は域内の輸入と想定して、中東を適用
石油精製部門の 国内/地域内GHG原単位	✓ 石油精製のロス率、石油製品輸入依存度はIEEJ Outlook2025から算出 ✓ 輸入先上位5か国の平均とし、輸入比率は現状から固定 ✓ 輸入先が不明の国（ブラジル、中東、オーストラリア）は世界平均を適用
発電用燃料の鉱業の 国内/地域内GHG原単位	✓ 原油はMasnadi et al.、石炭と天然ガスはIEA(2024)から算出し、将来は現状から固定 ✓ 輸入依存度はIEEJ Outlook2025から算出 ✓ 輸入先上位5か国の平均とし、輸入比率は現状から固定 ✓ 輸入先が不明の国（ブラジル、オーストラリア）は世界平均を適用、中東は域内の輸入と想定して、中東を適用
バイオ燃料製造の 国内/地域内GHG原単位	✓ ERIA、METI に基づき設定。将来はブラジル以外は現状から固定、ブラジルはRaizen社を参照
サービスステーションのロス率	✓ JARIを基に0.5%として設定
送配電ロス率	✓ IEEJ Outlook2025から算出

出所：Masnadi et al. “Global carbon intensity of crude oil production” <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar6859>

(一財) 日本エネルギー経済研究所、“IEEJ Outlook 2025” https://eneken.iej.or.jp/whatsnew_op/241018_teireiken.html

IEA, “Greenhouse Gas Emissions from Energy 2024”

ERIA, “Evaluation of CO2 Emissions Reduction by Mobility Electrification and Alternative Biofuel Introduction in East Asia Summit Countries”

<https://www.eria.org/research/evaluation-of-co2-emissions-reduction-by-mobility-electrification-and-alternative-biofuel-introduction-in-east-asia-summit-countries>

経済産業省 (2022年9月)、我が国のバイオ燃料の導入に向けた技術検討委員会 第6回

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/bio_nenryo/006.html

Raizen社, <https://ri.raizen.com.br/en/e2g/>

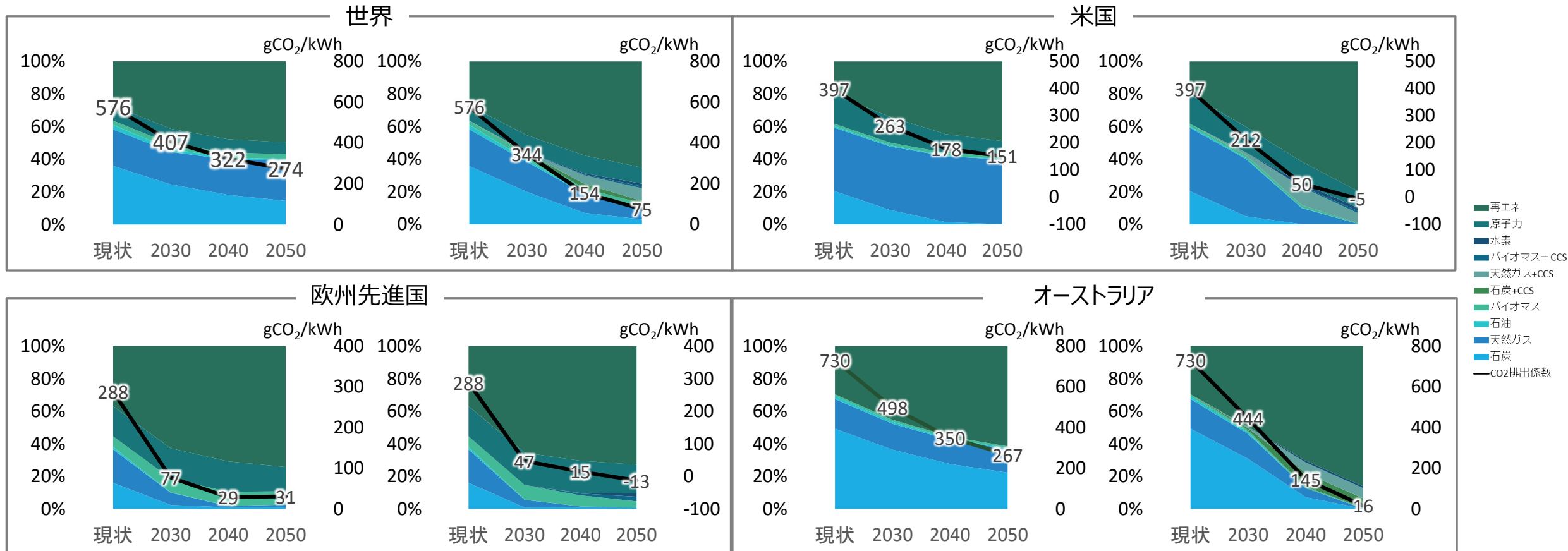
JARI, “Analysis of Total Efficiency and Greenhouse Gas Emission” <https://www.jari.or.jp/research-database/detail/?slug=34351>

2.3. 主要な前提条件

2.3.6 シナリオ別電源構成と電力の排出係数

- ✓ REF、ATSともに電源の低炭素化が進む
- ✓ 先進国のATSでは再エネや原子力、CCSや水素により、電力の排出係数はほぼ0になるか、0を下回る

対象国・地域のシナリオ別電源構成と電力の排出係数（左：REF、右：ATS）

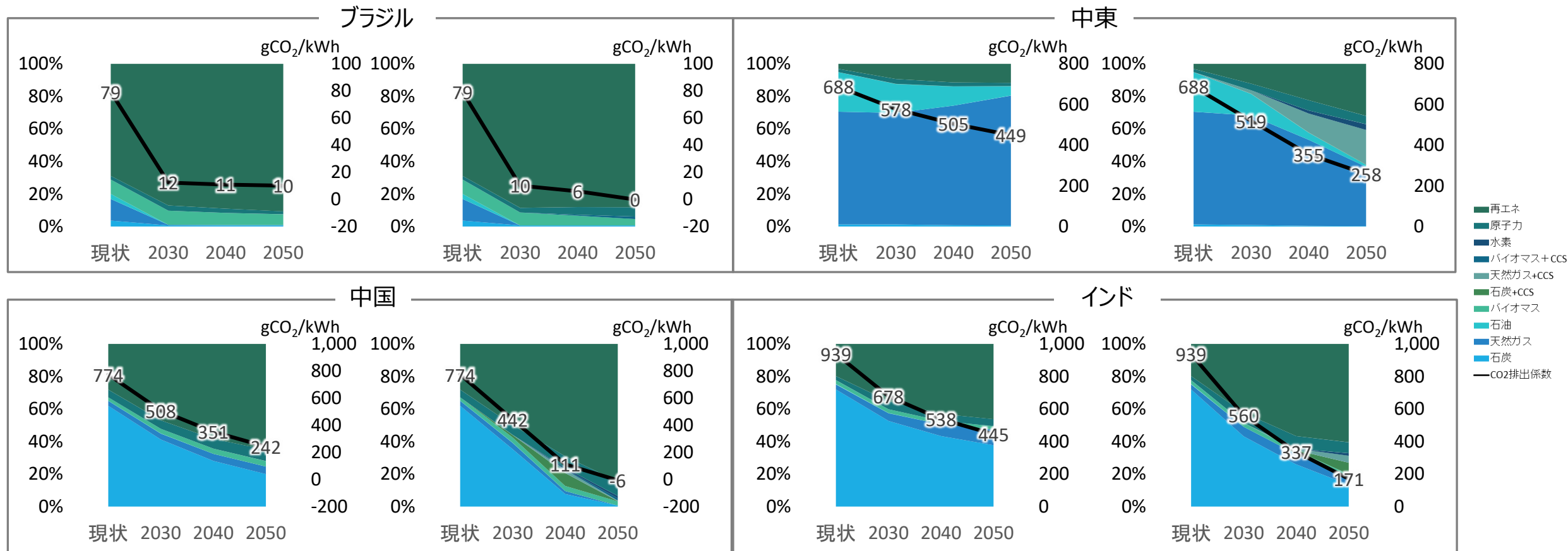


2.3. 主要な前提条件

2.3.6 シナリオ別電源構成と電力の排出係数

- ✓ REF、ATSともに電源の低炭素化が進む
- ✓ ATSでは、ブラジル、中国では、2050年に電力の排出係数は0を下回る一方、中東、インドは化石燃料火力が残り一定程度の値となる

対象国・地域のシナリオ別電源構成と電力の排出係数（左：REF、右：ATS）

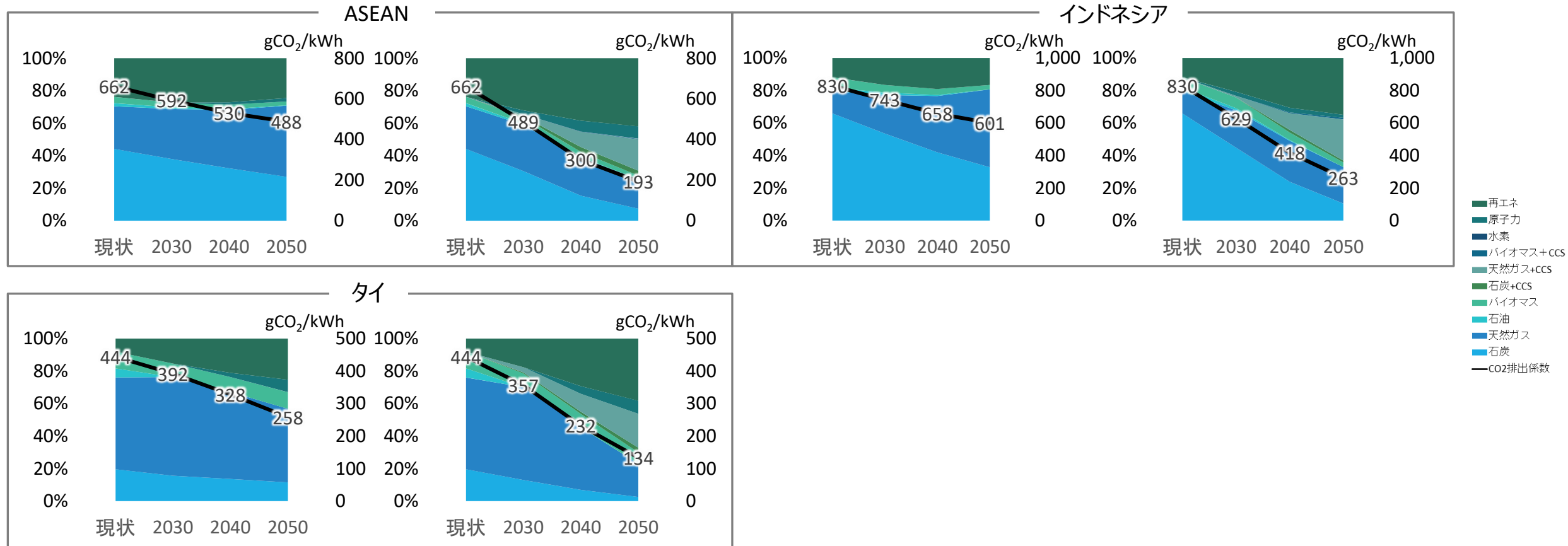


2.3. 主要な前提条件

2.3.6 シナリオ別電源構成と電力の排出係数

- ✓ REF、ATSともに電源の低炭素化が進む
- ✓ ATSでも、ASEANは化石燃料火力が残り一定程度の値となる

対象国・地域のシナリオ別電源構成と電力の排出係数（左：REF、右：ATS）



2.3. 主要な前提条件

2.3.7 乗用車の製造から廃棄までのGHG排出量推計

- ✓ 全ての国、地域において車両製造における原料投入やエネルギー投入割合は現状の米国と同じと想定
- ✓ 電力の排出係数は各国、地域の該当年を適用
- ✓ 全ての車両は各国・地域で製造年、車両や部品の輸入は想定しない

2.3. 主要な前提条件

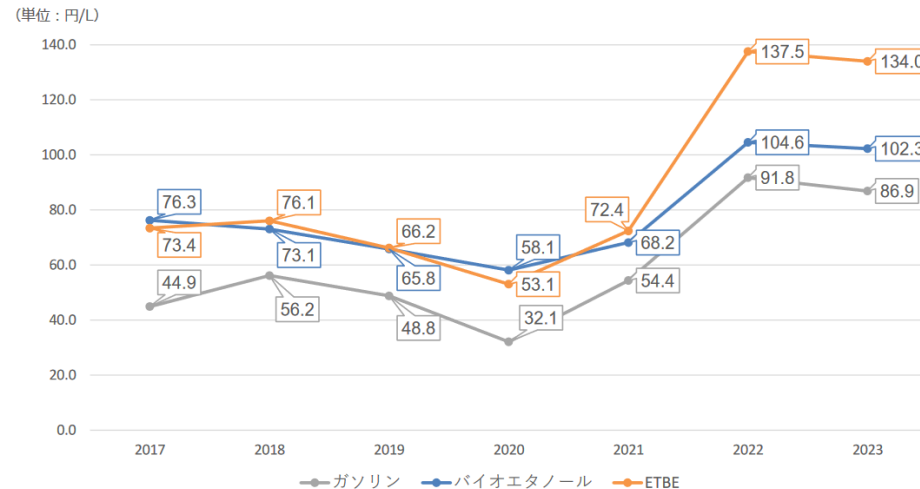
2.3.8 乗用車の燃料/電力費用

- ✓ ガソリン、軽油、電力の価格はIEEJ Outlook2025から引用
- ✓ バイオ燃料はMETIを引用し2023年のガソリンとの比率から推計
- ✓ 合成燃料価格はMETIを引用し2050年の日本で約300円/Lと想定し、ガソリンとの比率から推計

②. 供給コスト・量 バイオエタノールの輸入価格推移

- ガソリンの代替となるバイオエタノール、ETBE※は、ガソリンとほぼ同様の値動きで推移。
- 2022年以降は、バイオエタノールと比較してETBEの価格が高騰。

(※) ETBE、エチル・ターシャリー・ブチル・エーテルの略語。
エタノールに石油系ガスであるイソブテンを合成し、製造。ガソリンの品質とほぼ同じで、既存インフラを活用可能。



(出典) 財務省「貿易統計」を基に資源エネルギー庁作成 16

合成燃料の製造コスト

- 合成燃料は、化石燃料と比べて製造コストは高価である。特に、導入初期の製造コストは、化石燃料と比較して大幅な乖離がある。当初は、合成燃料が高価でも受け入れられるようなビジネスモデル作りが重要。
- 将来的には、製造コストは低減可能との見通しを示す報告書も存在することから、供給可能量の観点も踏まえて合成燃料の導入率を徐々に引き上げていくことが現実的。
- これについて、e-Fuel Allianceは、例えば、CO2ベースの燃料課税や合成燃料のCO2削減価値のクレジット化などの環境整備が必要との見解を示している。

合成燃料研究会中間とりまとめ（2021年4月） において示した合成燃料のコスト

- 合成燃料は、現状、化石燃料と比べて製造コストが高い。
- 合成燃料の製造コストは、原料供給ポテンシャルの高い海外で製造して日本に輸入するケースで約300円/L、全て国内で製造するケースで約700円/Lと試算した。
- 合成燃料のコストを下げるためには、水素製造コスト、CO2分離・回収コスト、製造効率の向上が鍵となる。

H ₂	CO ₂	製造コスト
100円/Nm ³ × 6.34Nm ³ /ℓ	5.91円/kg × 5.47kg/ℓ	
= 634円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ = 約700円/ℓ
32.9円/Nm ³ × 6.34Nm ³ /ℓ		
= 301円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ = 約350円/ℓ
14.65円/Nm ³ × 6.34Nm ³ /ℓ		
= 209円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ = 約300円/ℓ
32.9円/Nm ³ × 6.34Nm ³ /ℓ		
= 209円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ = 約300円/ℓ
20円/Nm ³ × 6.34Nm ³ /ℓ		
= 127円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ = 約200円/ℓ

(出典) 合成燃料研究会 中間とりまとめ（2021年4月）

eFuel Allianceによる合成燃料製造コストの見通しと見解

- 合成燃料の導入初期は製造コストが高価だが、商用規模の生産等によって低減可能。合成燃料の混合率を徐々に高めることによって、最終消費者の手に届きやすい価格で供給することが可能。
- 商用規模での合成燃料の生産を可能にいくためには、例えば、CO2ベースの燃料課税や合成燃料のCO2削減価値のクレジット化など、政府による取組が必要不可欠。



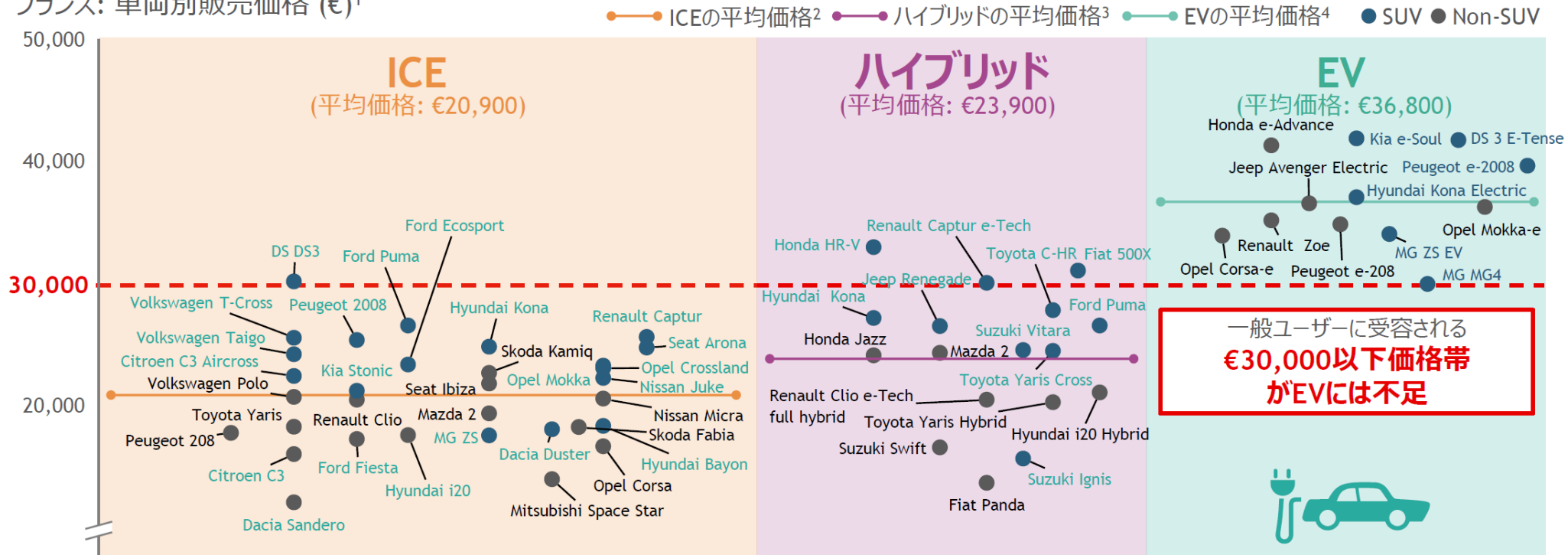
(出典) Prognos AG, Fraunhofer UMSICHT and DfE (2018): Status and perspectives of liquid energy sources in the Energy transitionを基にFuel Alliance作成。ここに資源エネルギー庁が円換算結果を追記。

2.3. 主要な前提条件

2.3.9 乗用車の車体費用

- ✓ 2023年の値はMETIの値を参照
- ✓ PHEVの車体費用はBEVと同じと想定
- ✓ 将来値は学習曲線に基づいて低減することを想定

フランス: 車両別販売価格 (€)¹

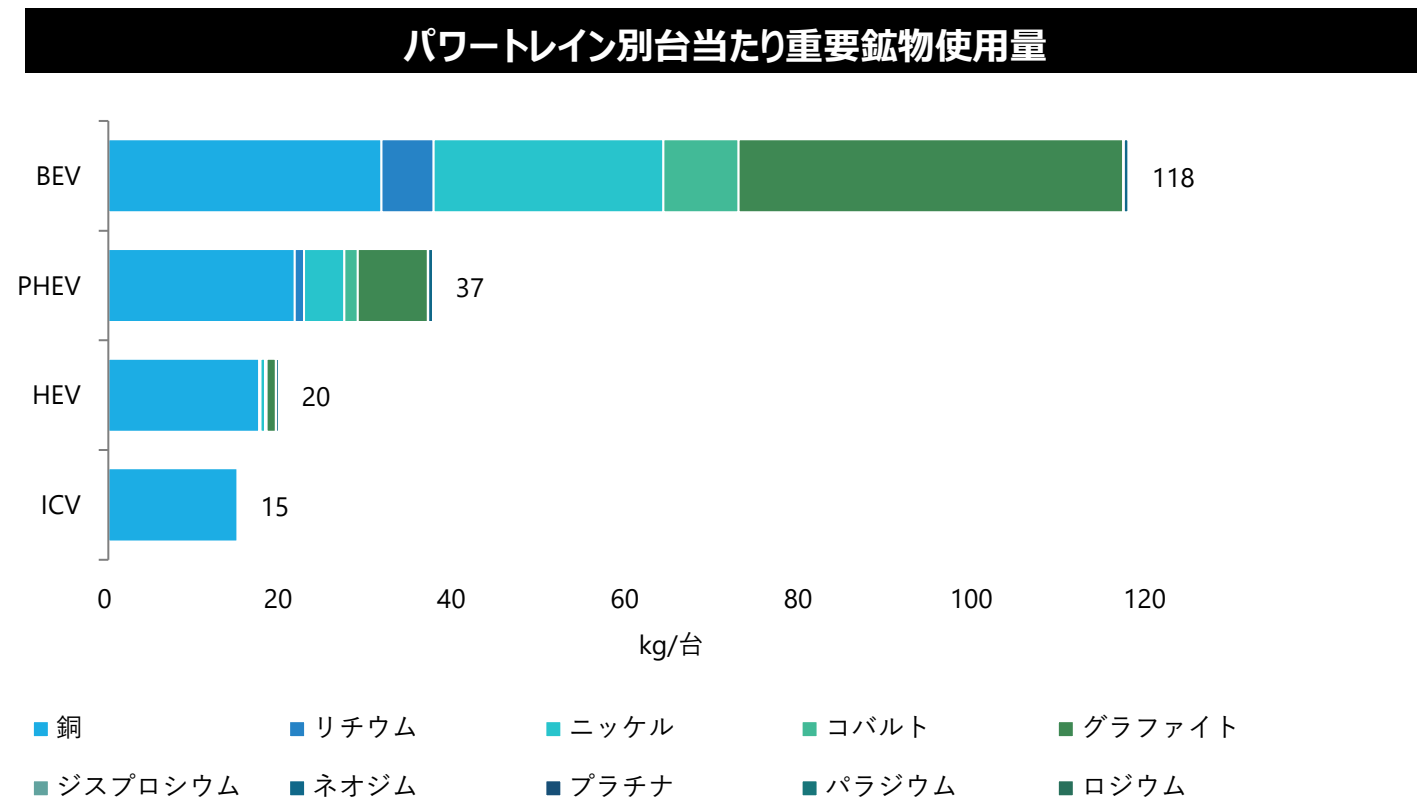


1. 2023年3月時点のフランスにおけるエントリーレベルでの販売価格(€)。以下OEMのエントリーレンジ~セグメントBの車種にフォーカスし、セグメントBのハイレンジの車種は分析から除外: Citroen, Dacia, DS, Fiat, Ford, Honda, Hyundai, Jeep, Kia, Mazda, MG, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Renault, Seat, Skoda, Suzuki, Toyota, Volkswagen 2. 33種のガソリン車モデルをもとに算出した平均価格 3. 17種のハイブリッド車モデルをもとに算出した平均価格 4. 12種のEVモデルをもとに算出した平均価格
Source: [EV-database.org](https://www.evdatabase.org) (Data as of March 2023); 各OEMのサイト

2.3. 主要な前提条件

2.3.10 パワートレイン別台当たり重要鉱物使用量

✓ BEVにおける重要鉱物使用量はHEVの約6倍、PHEVの約3倍



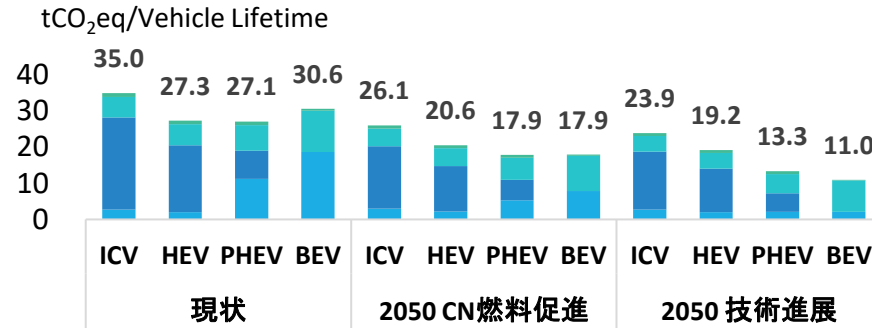
2.4. 台当たりの結果

2.4.1 シナリオ別パワートレイン別台当たりライフサイクルGHG排出量

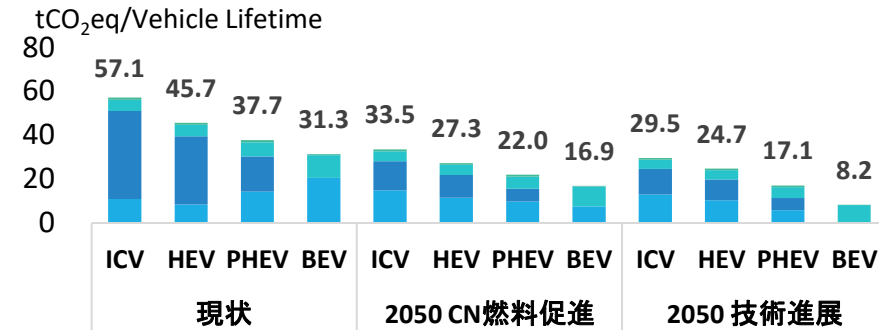
- ✓ 米国とオーストラリアは大型車が多く燃費が悪いことから、Tank to Wheelの排出量の割合が多く、2050年ではBEVが最も低い。
- ✓ 欧州先進国は電源の脱炭素化が進み、PHEVが最も低く、BEVがわずかに上回る。

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別台当たりライフサイクルGHG排出量

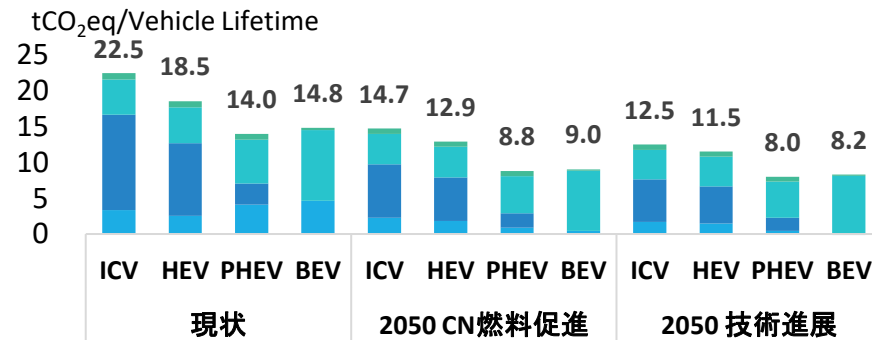
世界



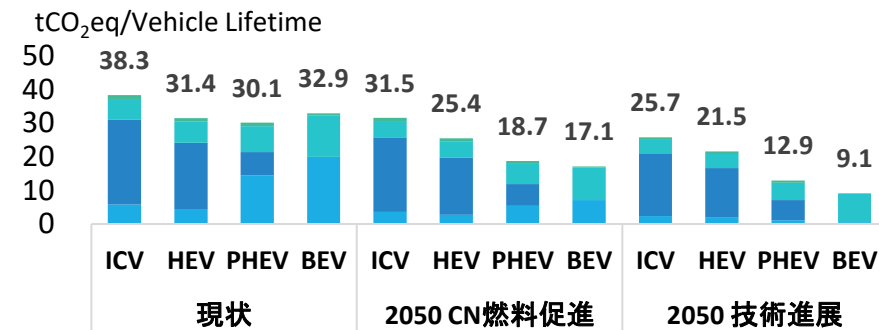
米国



欧州先進国



オーストラリア



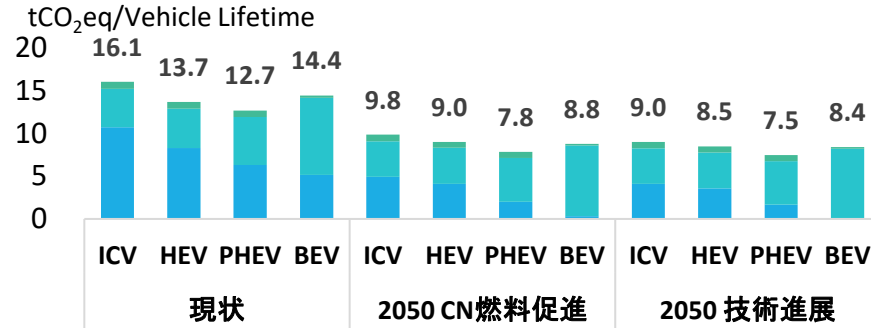
2.4. 台当たりの結果

2.4.1 シナリオ別パワートレイン別台当たりライフサイクルGHG排出量

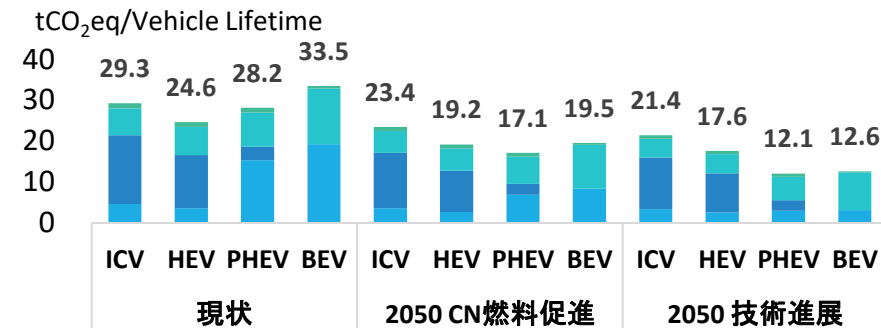
- ✓ E100であるブラジル、電源の脱炭素化が遅いインドではPHEVが最も低く、インドの技術進展を除いてはHEVとBEVがほぼ同等
- ✓ 電源の脱炭素化が進む中国、燃費が悪い中東においてはBEVが最も低い。

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別台当たりライフサイクルGHG排出量

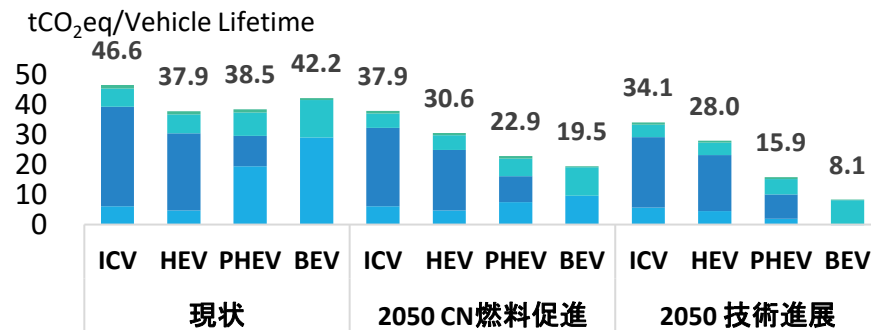
ブラジル



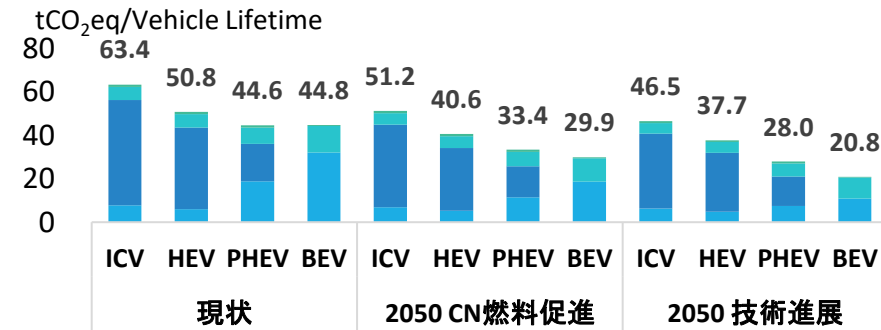
インド



中国



中東



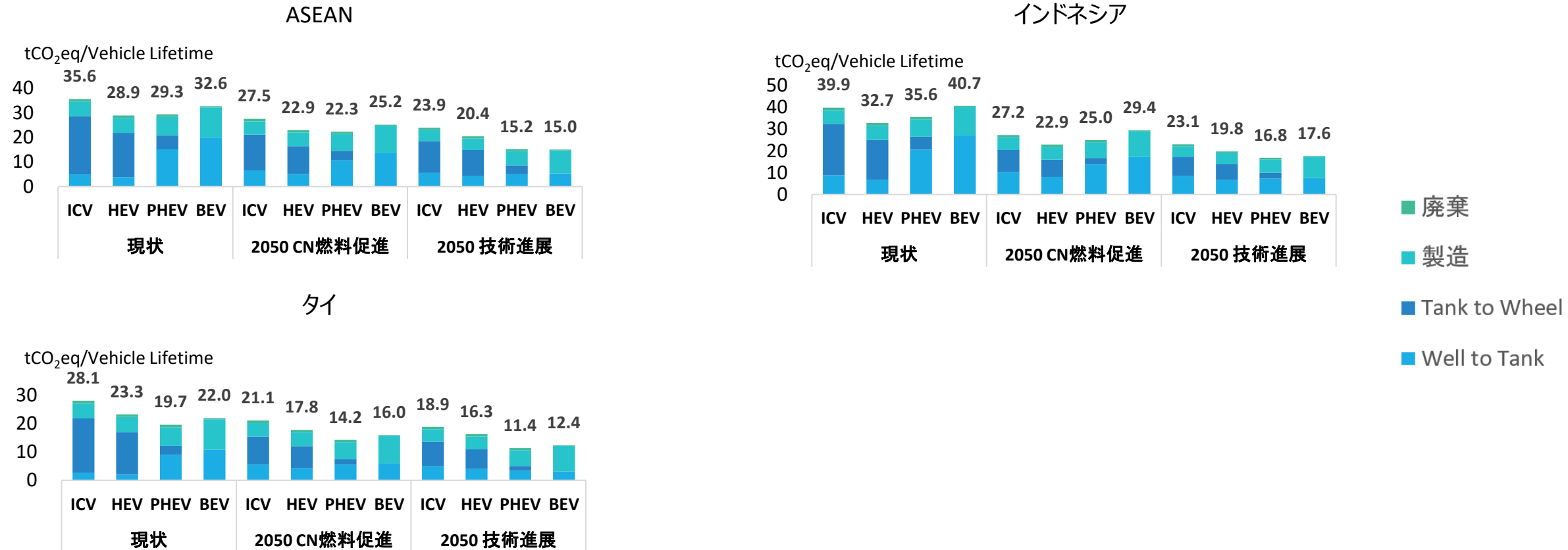
- 廃棄
- 製造
- Tank to Wheel
- Well to Tank

2.4. 台当たりの結果

2.4.1 シナリオ別パワートレイン別台当たりライフサイクルGHG排出量

- ✓ タイは電力が比較的低碳素であるため、2050年ではPHEVが最も低く、次いでBEVが低い。
- ✓ 一方、インドネシアでは低炭素化が遅れるため、CN燃料促進ではHEV、技術進展ではPHEVが最も低い。ASEAN全体ではCN燃料促進ではHEVとPHEVが同等、技術進展ではPHEVとBEVが同等となる。

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別台当たりライフサイクルGHG排出量

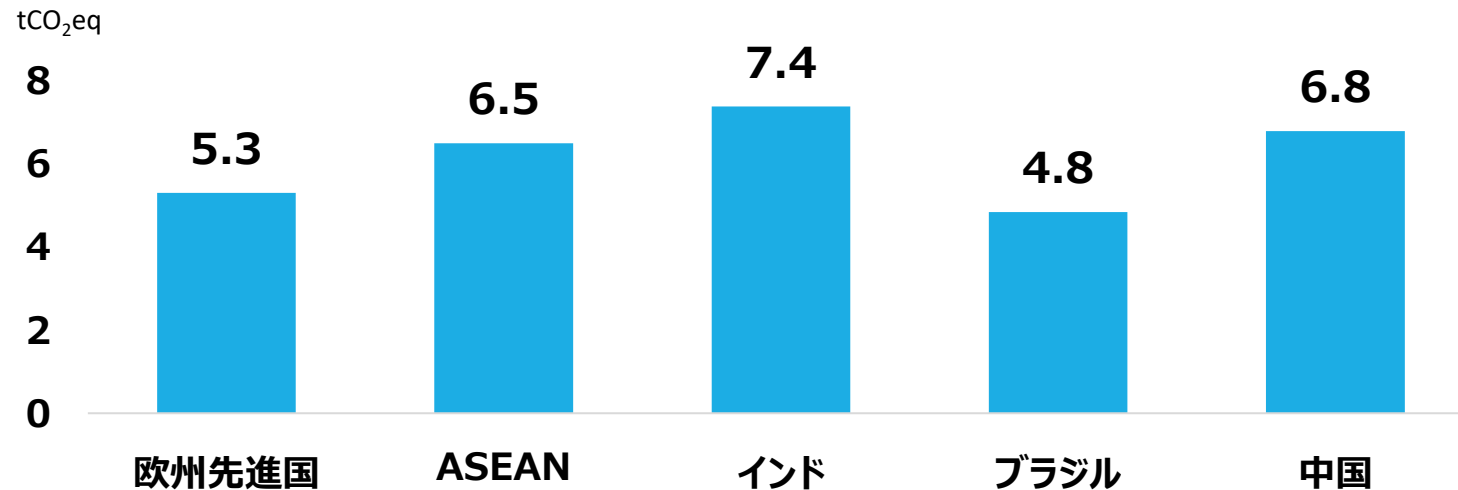


2.4. 台当たりの結果

2.4.1 蓄電池製造によるGHG排出量

- ✓ 製造時の排出量が他の部品に比して大きいバッテリーが他国で生産され輸入される場合は、LCAベースのGHG排出量が変わることにも留意が必要。
- ✓ 特に、ブラジルは、電源の脱炭素化が既に進んでおり、バッテリーにおいて、中国から輸入する場合は、現状においてバッテリーに係る排出量が1.4倍に。

現状の台当たりのBEVのバッテリー製造時のGHG排出量



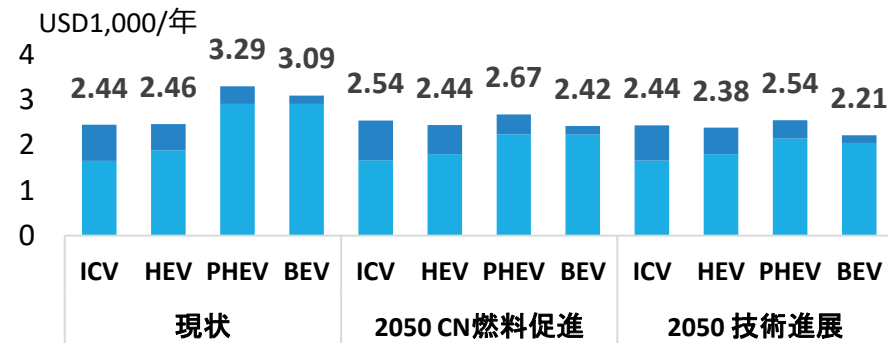
2.4. 台当たりの結果

2.4.2 シナリオ別パワートレイン別台当たり使用費用

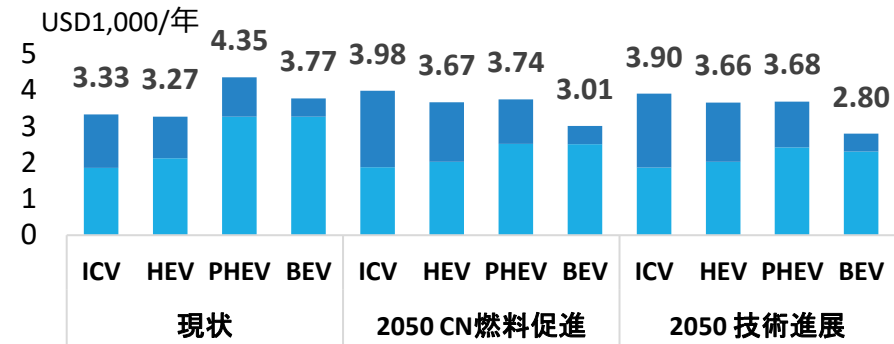
- ✓ いずれの地域でも現状ではICV、HEVがPHEV、BEVよりも使用費用が安価。
- ✓ 2050年ではBEVの車体費用が低下することに加え、石油価格が電力価格に比して高くなることから、欧米、オーストラリアではBEVが最も安価。

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別台当たり使用費用

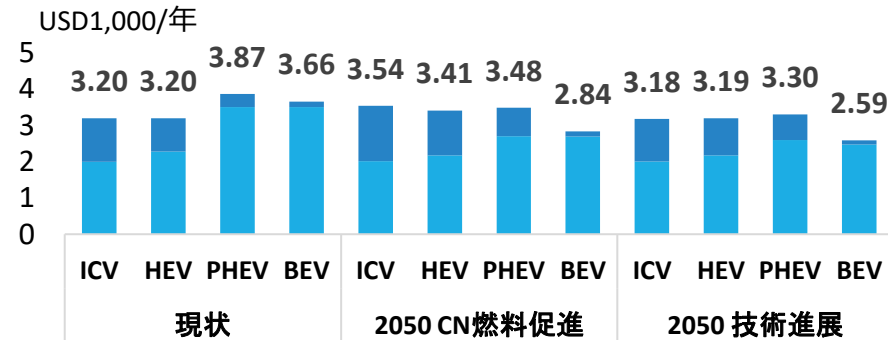
世界



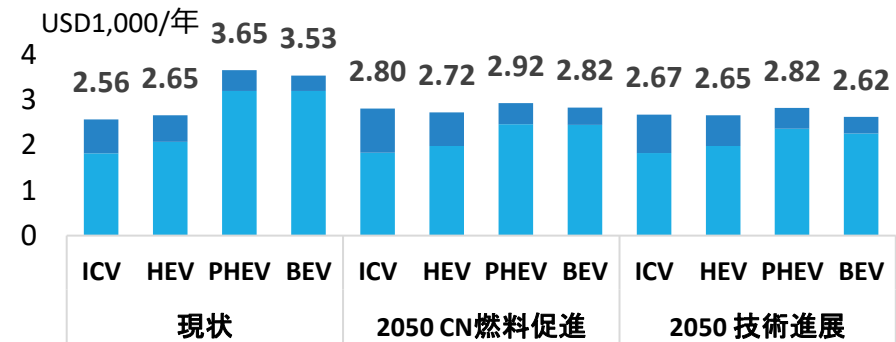
米国



欧州先進国



オーストラリア



■ 燃料/電力費用
■ 車体費用

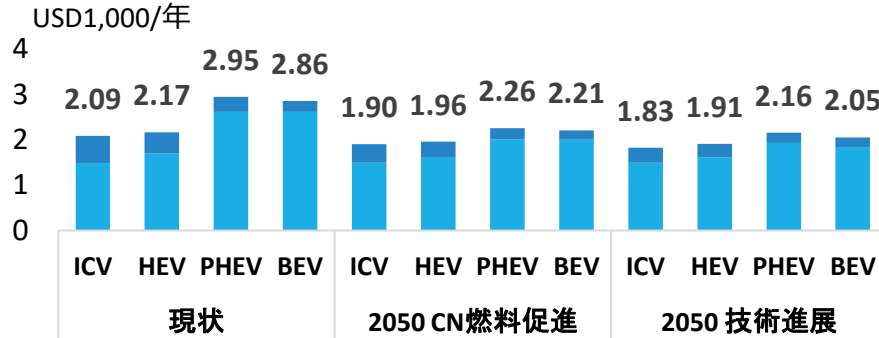
2.4. 台当たりの結果

2.4.2 シナリオ別パワートレイン別台当たり使用費用

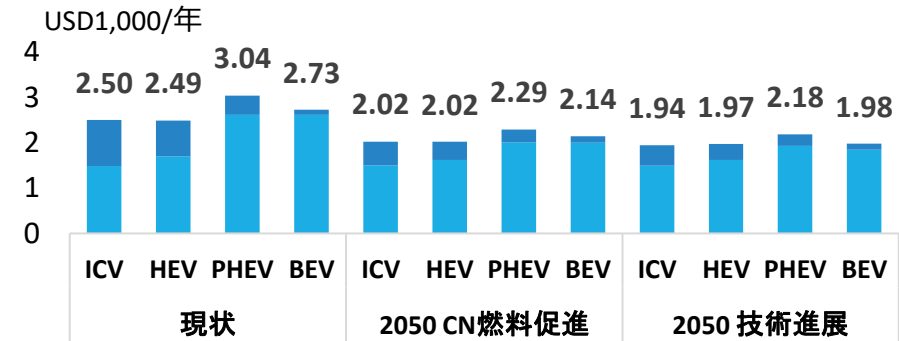
- ✓ 中国では欧米と同様に2050年はBEVが最も安価になるが、インド、中東は石油価格、ブラジルはバイオ燃料価格が先進国より低いことから、2050年でもパワートレイン別の使用費用でICV、HEVはBEVと同等か下回る。

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別台当たり使用費用

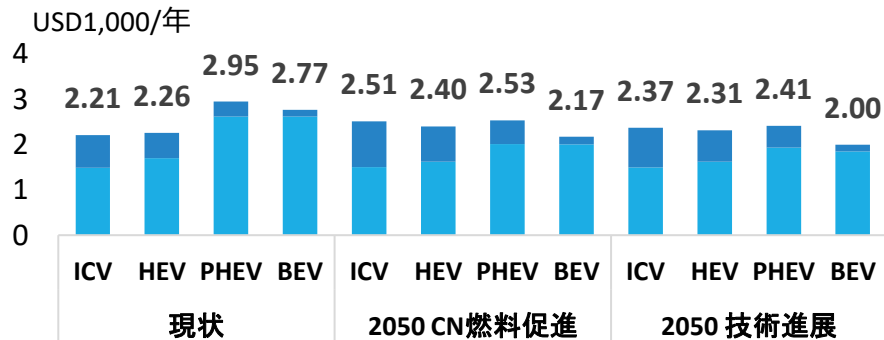
ブラジル



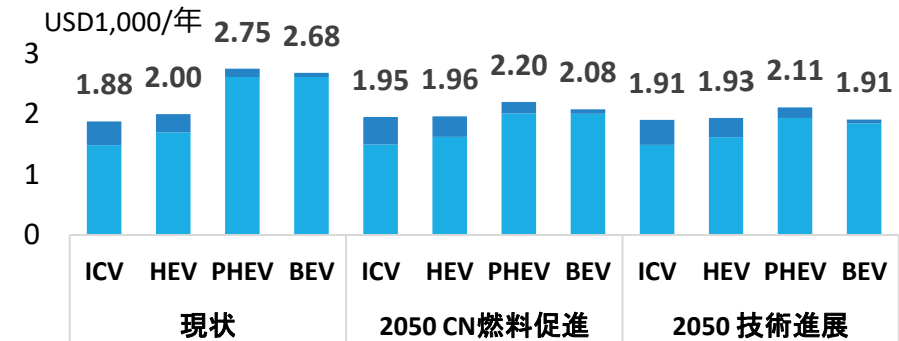
中東



中国



インド



■ 燃料/電力費用

■ 車体費用

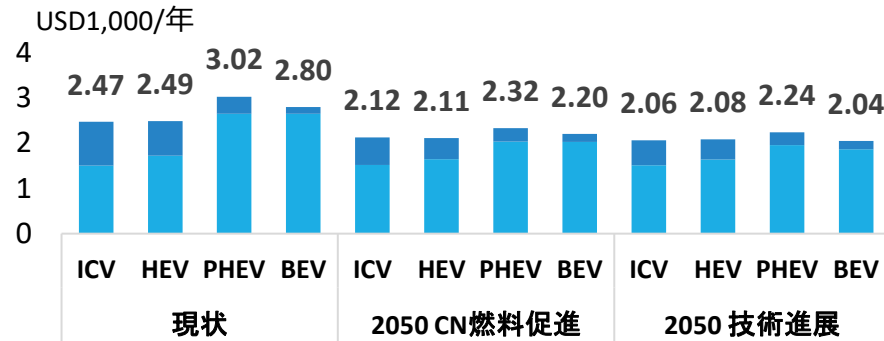
2.4. 台当たりの結果

2.4.2 シナリオ別パワートレイン別台当たり使用費用

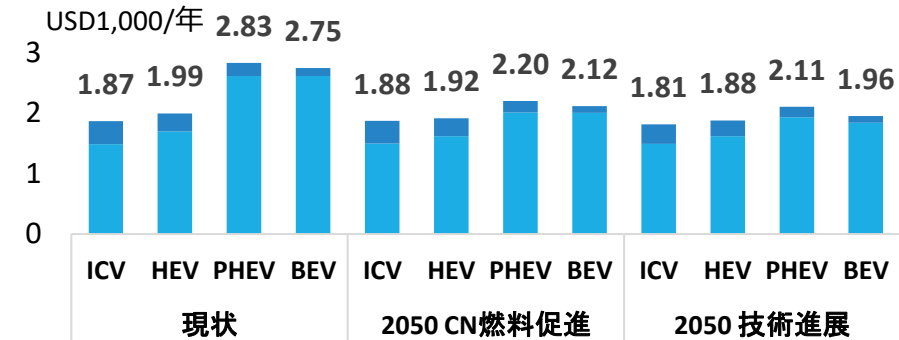
✓ ASEANは石油価格が先進国より低いことから、2050年でもパワートレイン別の使用費用でICV、HEVはBEVと同等か下回る。

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別台当たり使用費用

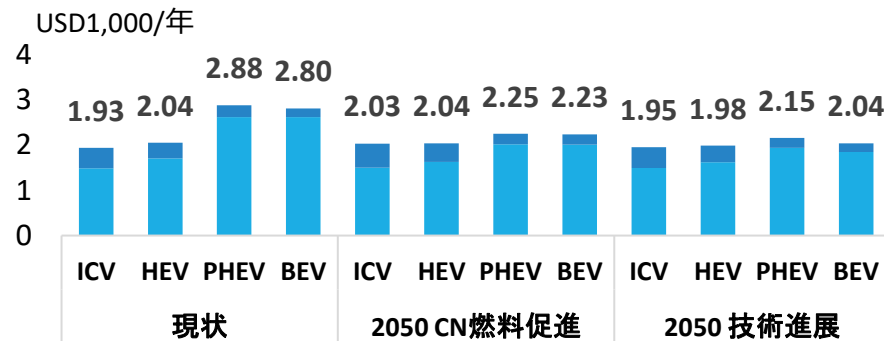
ASEAN



インドネシア



タイ



■ 燃料/電力費用

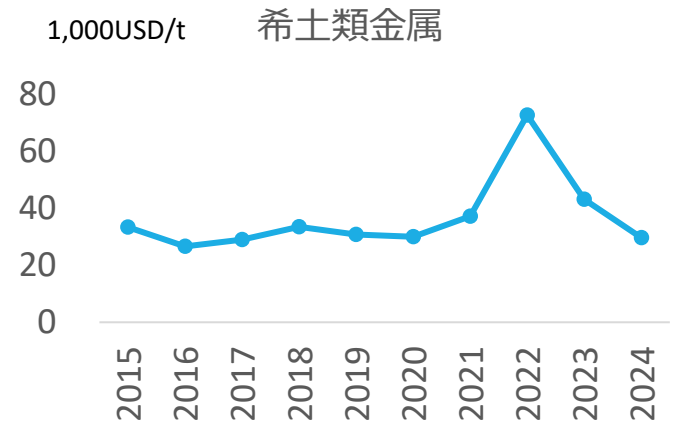
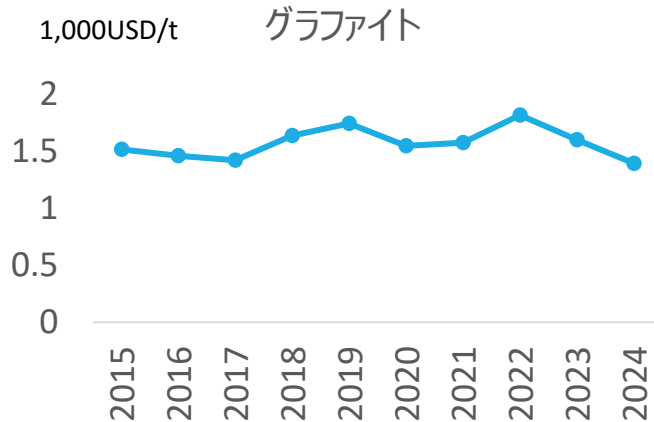
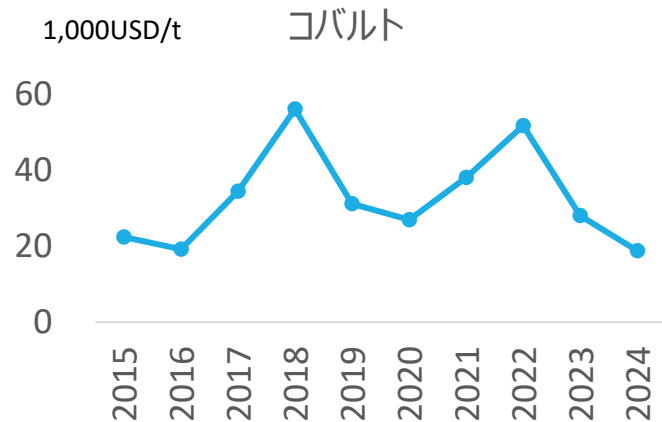
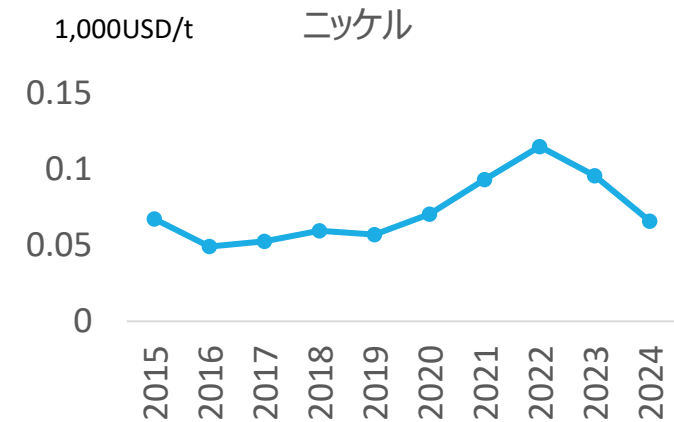
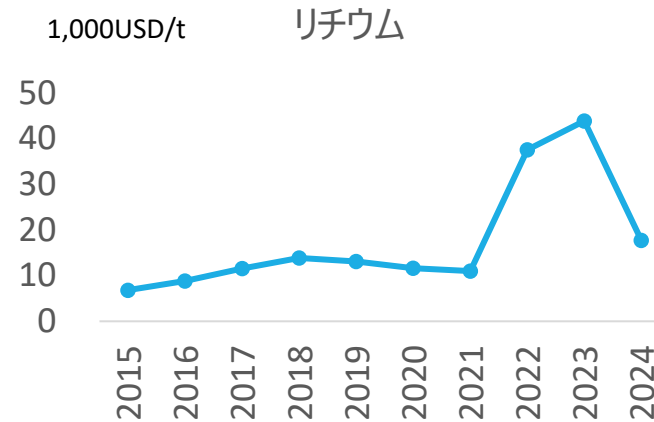
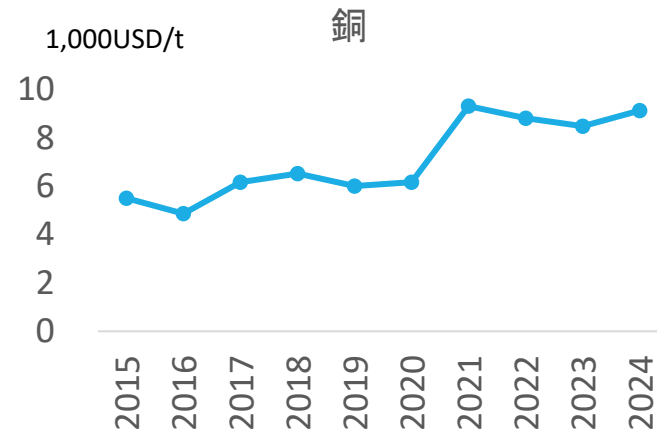
■ 車体費用

2.4. 台当たりの結果

2.4.3 重要鉱物価格を変化させた際の使用費用の感度分析

- ✓ 乗用車の製造で使用量が多い銅、リチウム、ニッケル、コバルト、グラファイト、希土類金属（含ネオジム・ジスプロシウム）の価格は過去10年で変化が大きい

乗用車の製造で用いる重要鉱物の価格



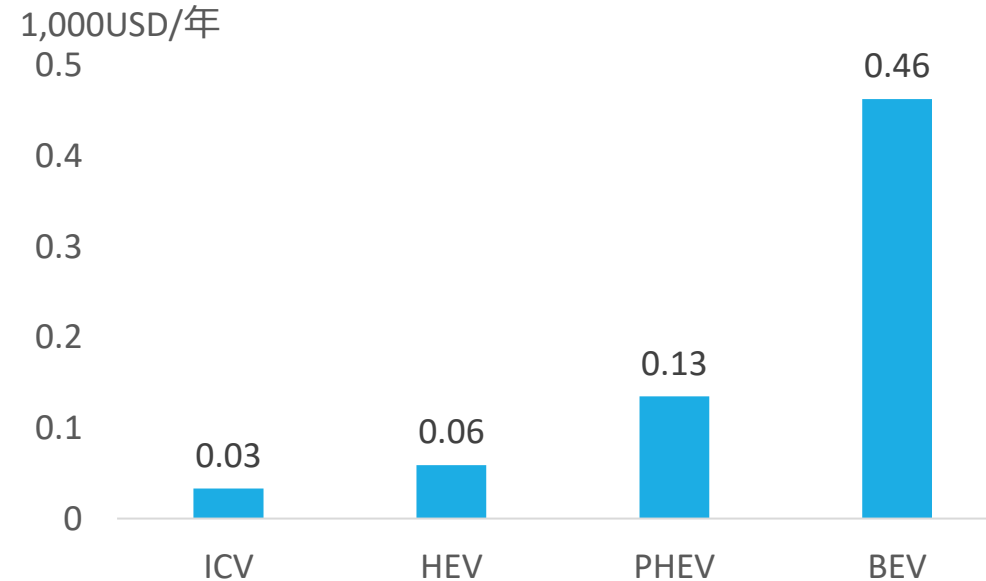
出所：銅はLME(ロンドン金属取引所)での先物清算値、他は貿易統計。

2.4. 台当たりの結果

2.4.3 重要鉱物価格を変化させた際の使用費用の感度分析

- ✓ 全ての国・地域で乗用車の製造で使用する重要鉱物が過去10年の平均値から最高値に変化した場合を推計
- ✓ BEVは価格の変化が大きいリチウムやコバルトの使用量が多いことから、変化額が大きい

重要鉱物の価格が過去10年の平均値から最高値に変化した場合のパワートレイン別台当たり使用費用の変化



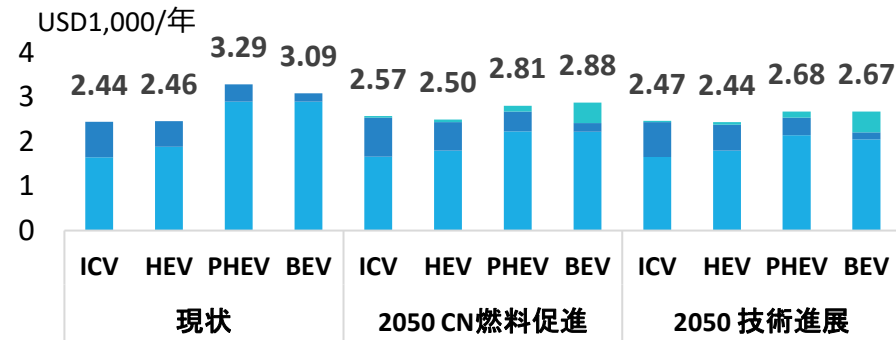
2.4. 台当たりの結果

2.4.3 重要鉱物価格を変化させた際の使用費用の感度分析

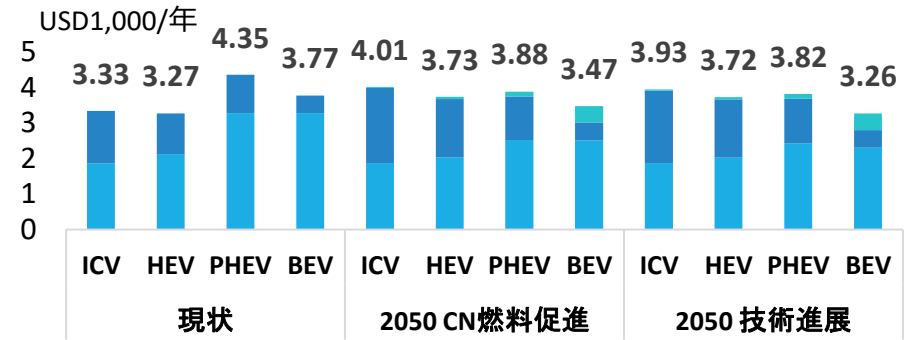
✓ 重要鉱物価格の変化分を加味すると、世界平均、オーストラリアではBEVが最も高価

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別台当たり使用費用

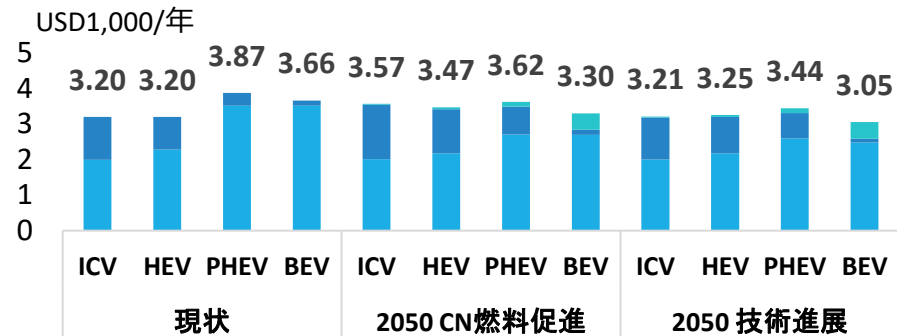
世界



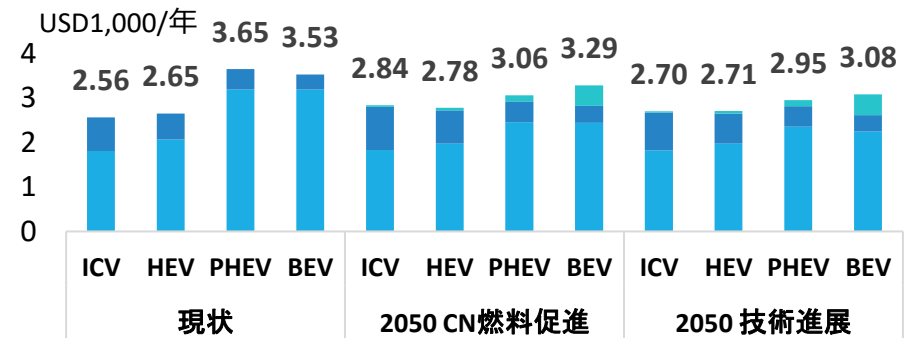
米国



欧州先進国



オーストラリア



■ 重要鉱物変化分
■ 燃料/電力費用
■ 車体費用

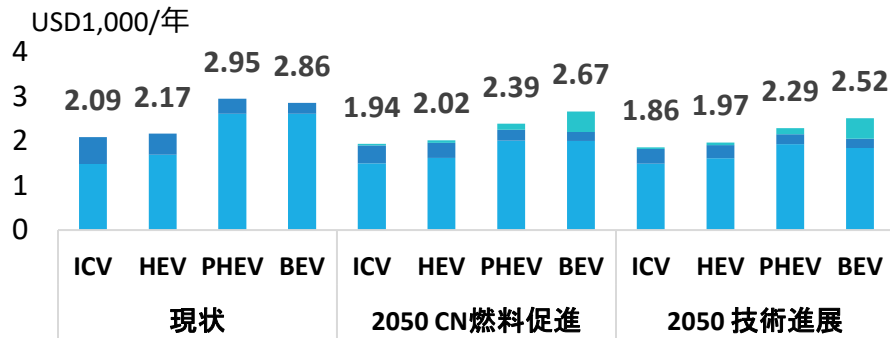
2.4. 台当たりの結果

2.4.3 重要鉱物価格を変化させた際の使用費用の感度分析

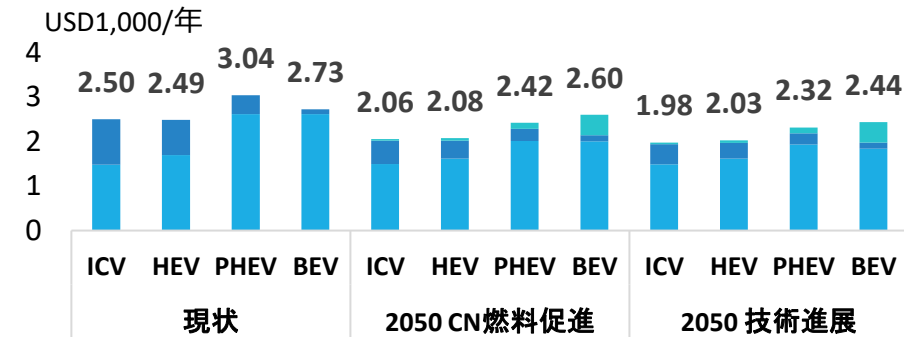
- ✓ 重要鉱物価格の変化分を加味すると、中国でもBEVがICV、HEVよりも高価になる
- ✓ ブラジル、中東、インドではBEVがPHEVより高価になり、最も高価になる

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別台当たり使用費用

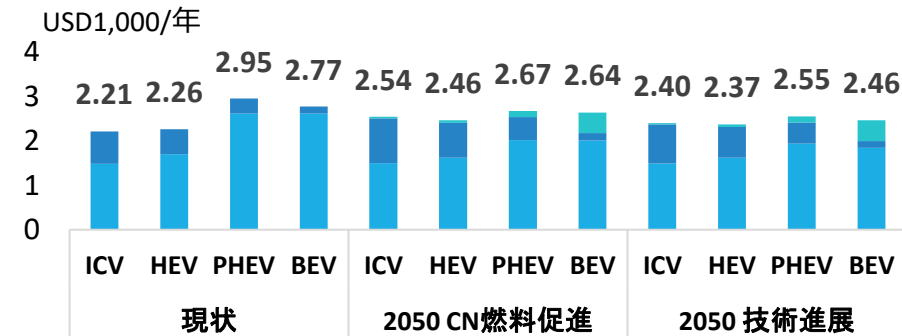
ブラジル



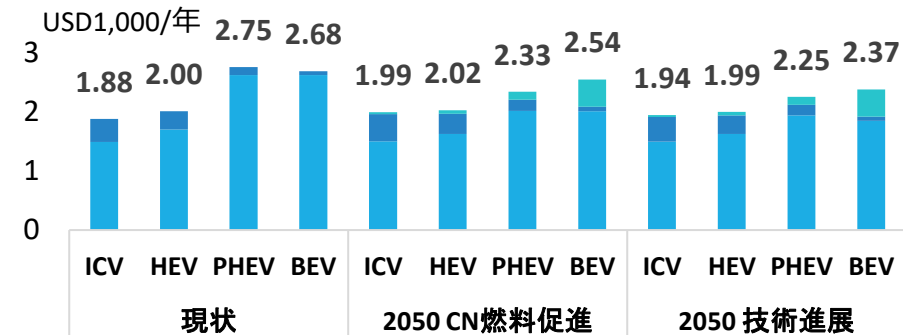
中東



中国



インド



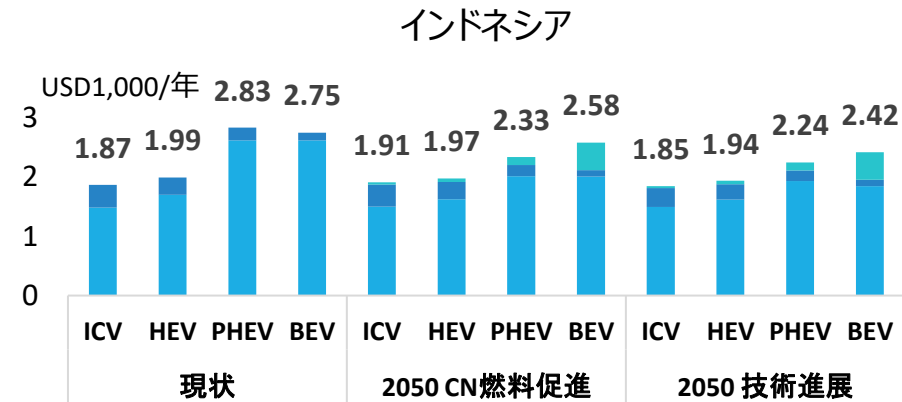
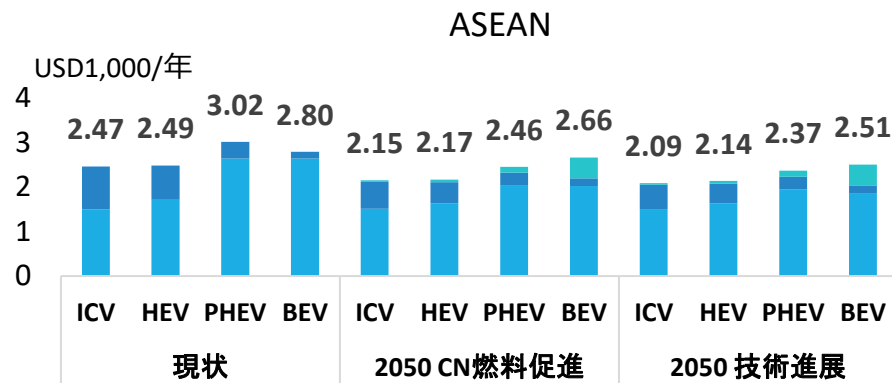
- 重要鉱物変化分
- 燃料/電力費用
- 車体費用

2.4. 台当たりの結果

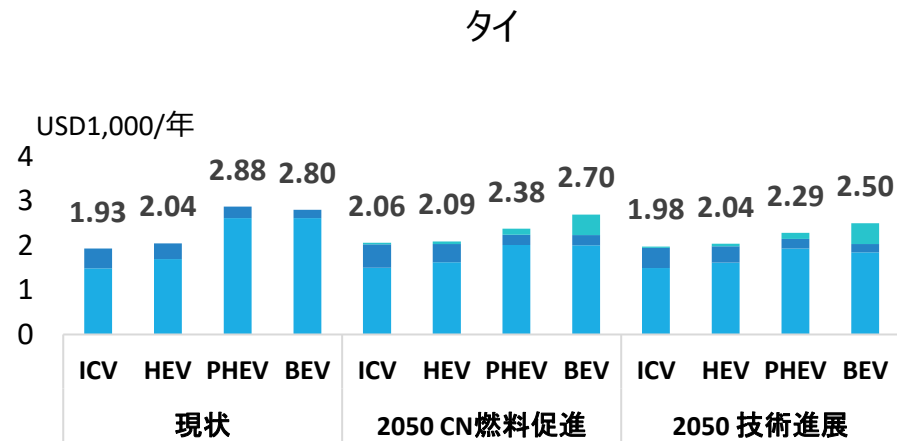
2.4.3 重要鉱物価格を変化させた際の使用費用の感度分析

✓ 重要鉱物価格の変化分を加味すると、ASEANではBEVが最も高価になる

対象国・地域のシナリオ別パワートレイン別台当たり使用費用



■ 重要鉱物変化分
■ 燃料/電力費用
■ 車体費用

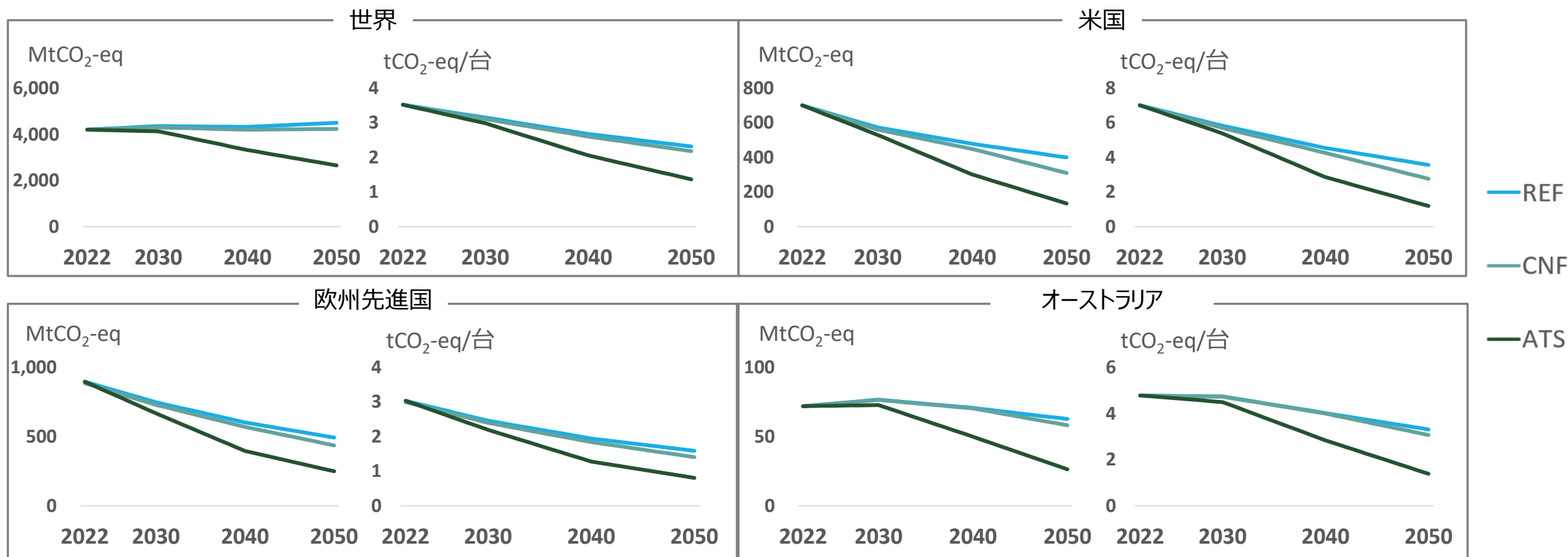


2.5. 国・地域全体の結果

2.5.1 シナリオ別ライフサイクルGHG排出量

- ✓ 世界では、排出量はREFでは7%増であるが、CNFは横ばい、ATSは37%減。台当たり排出量はREFは34%減、CNFは38%減、ATSは61%減。
- ✓ 先進国では台当たり排出量による減少分が保有台数の増加分を上回り、排出量が減少

対象国・地域のシナリオ別排出量（左：合計、右：保有台数当たり）

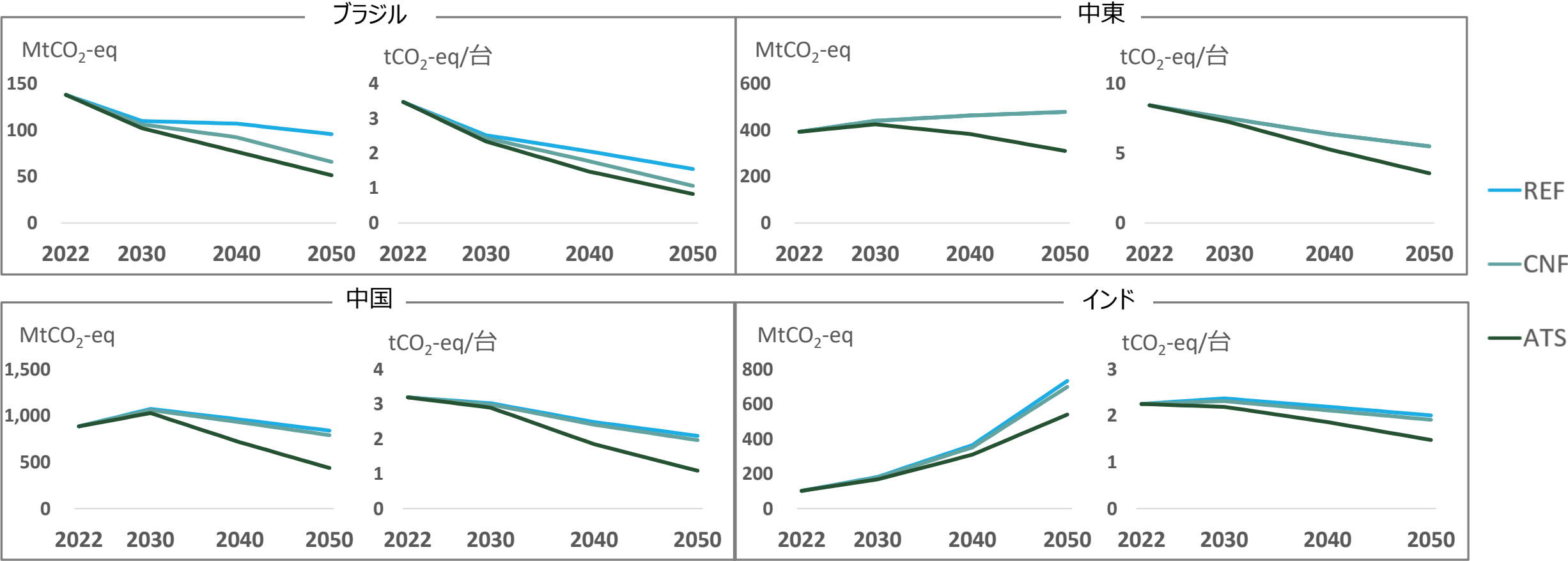


2.5. 国・地域全体の結果

2.5.1 シナリオ別ライフサイクルGHG排出量

- ✓ ブラジルはCN燃料の増加に伴い減少
- ✓ 中国は2030年度をピークに減少する一方、中東はREF、インドはすべてのシナリオにおいて保有台数の増加に伴い、増加

対象国・地域のシナリオ別排出量（左：合計、右：保有台数当たり）

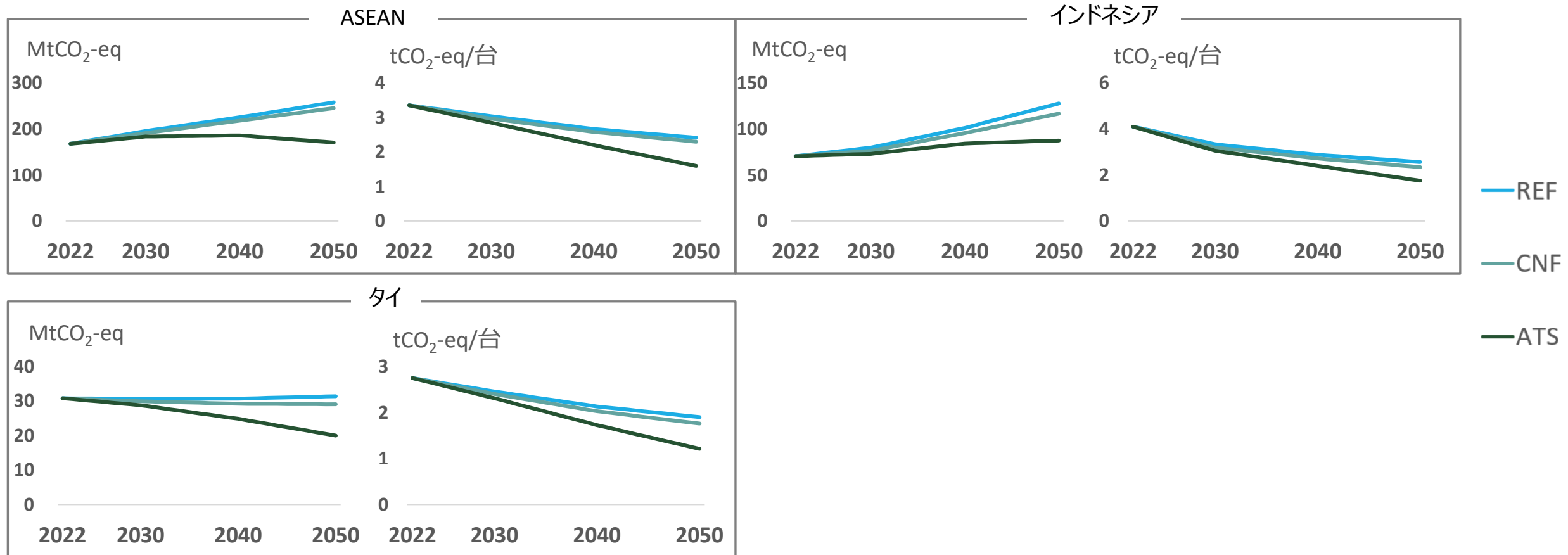


2.5. 国・地域全体の結果

2.5.1 シナリオ別ライフサイクルGHG排出量

- ✓ ASEANは台当たりの排出量は減少するものの、合計の排出量はREF、CNFは増加、ATSは横ばい
- ✓ タイの排出量は、REF、CNFではほぼ横ばい、ATSでは減少も、インドネシアの排出量はすべてのシナリオで増加

対象国・地域のシナリオ別排出量（左：合計、右：保有台数当たり）

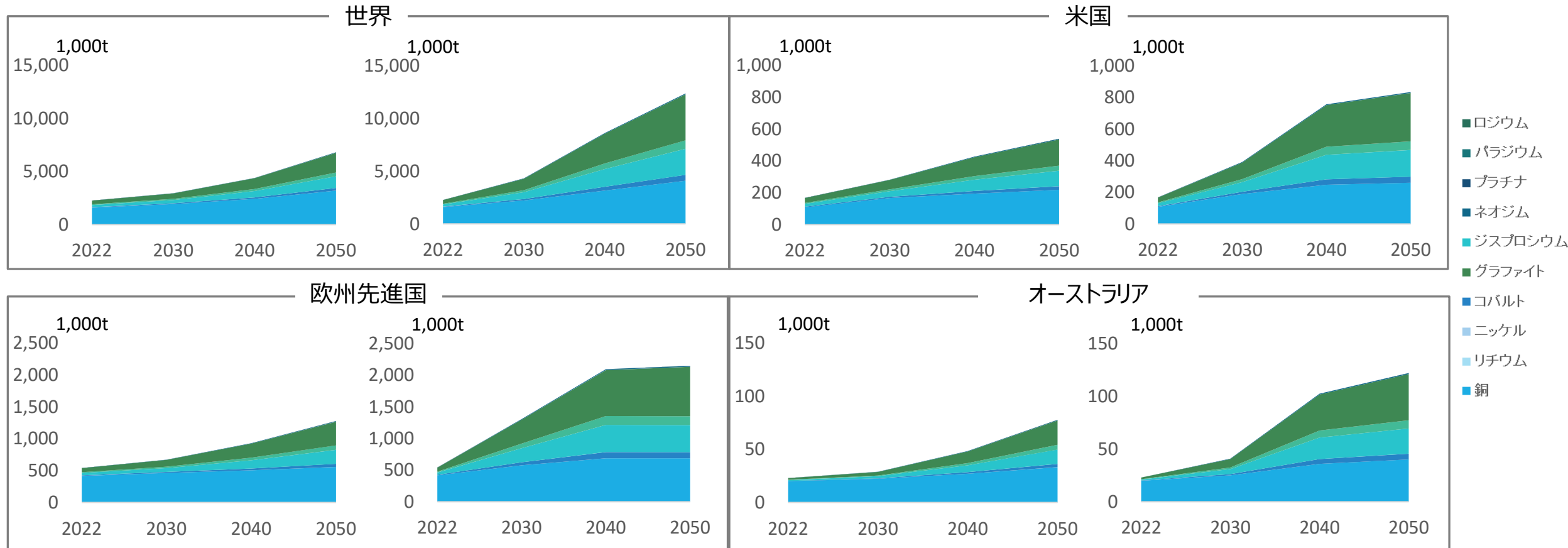


2.5. 国・地域全体の結果

2.5.2 シナリオ別重要鉱物使用量

- ✓ 世界の重要鉱物使用量は2022年からREFで3倍、ATSで5.5倍増加
- ✓ 先進国では特にATSで大きく増加しており、2022年から米国で5.0倍、欧州先進国で4.0倍、オーストラリアで5.3倍増加

対象国・地域のシナリオ別重要鉱物使用量（左：REF/CNF、右：ATS）

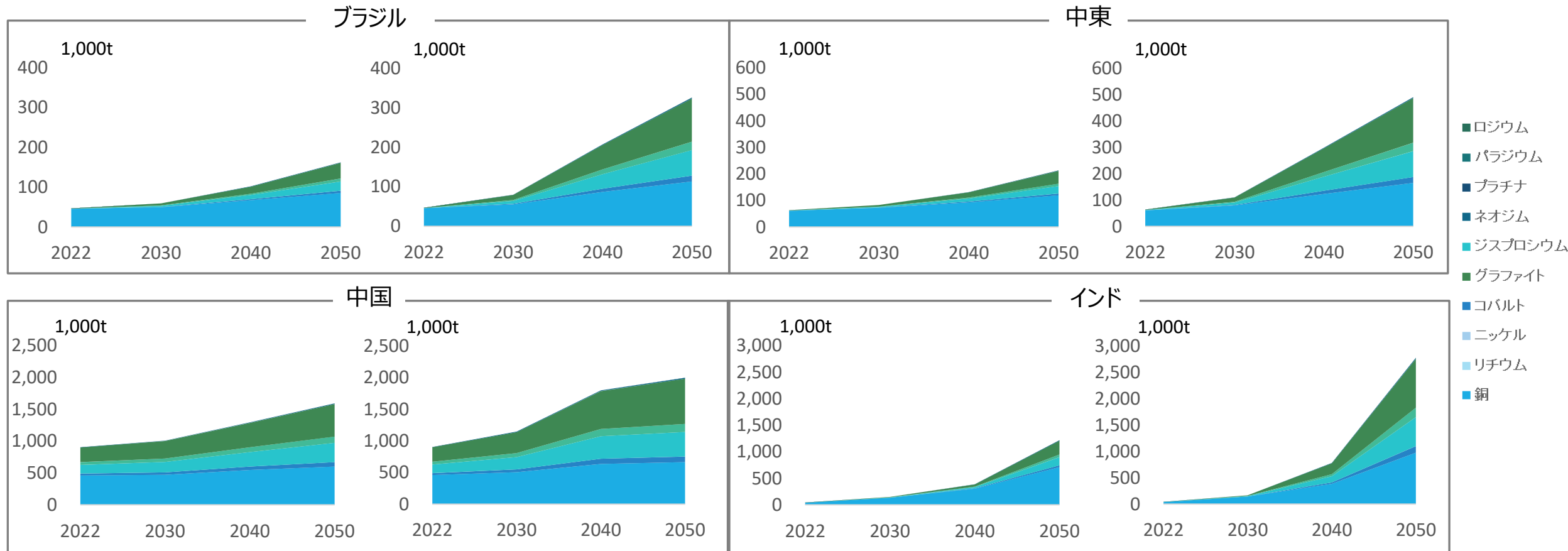


2.5. 国・地域全体の結果

2.5.2 シナリオ別重要鉱物使用量

- ✓ 中国ではシナリオ間の差が比較的小さく、2022年からREFで1.8倍、ATSで2.2倍増加
- ✓ インドでは今後の増加が大きく、2022年からREFで29.0倍、ATSで66.3倍増加

対象国・地域のシナリオ別重要鉱物使用量（左：REF/CNF、右：ATS）

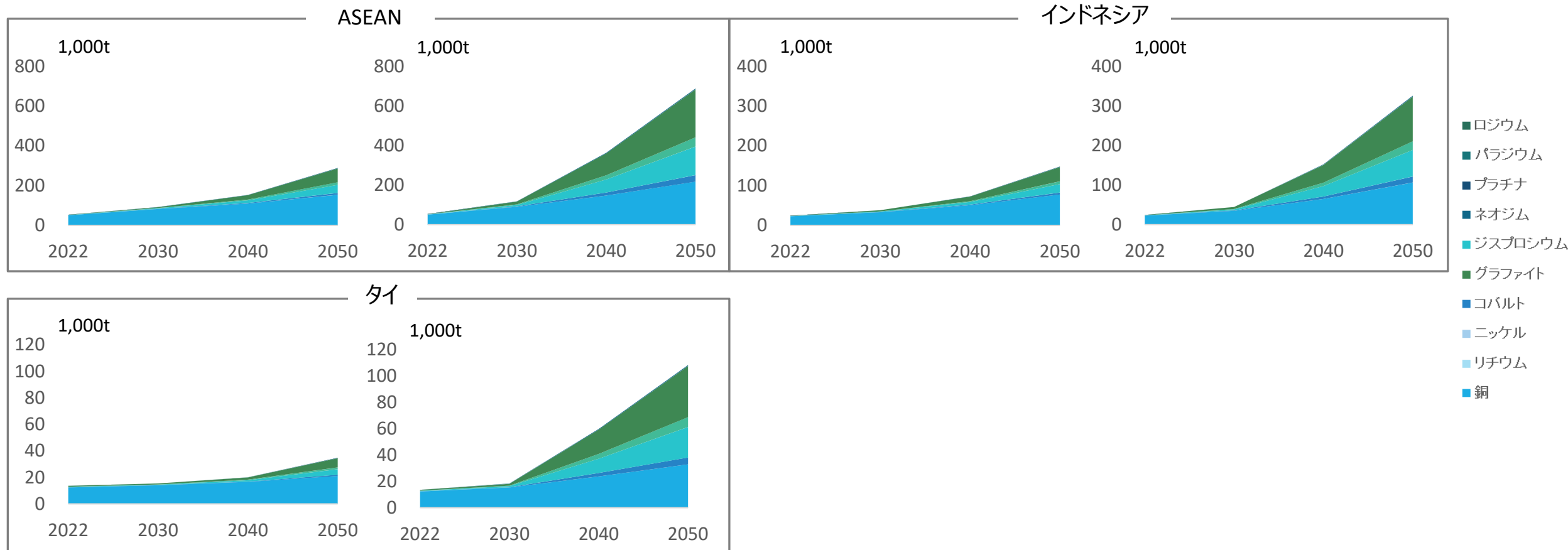


2.5. 国・地域全体の結果

2.5.2 シナリオ別重要鉱物使用量

✓ ASEANでは今後の増加が大きく、2022年からREFで5.4倍、ATSで12.9倍増加し、インドネシアが半分近くを占める

対象国・地域のシナリオ別重要鉱物使用量（左：REF/CNF、右：ATS）



2.6. インプリケーション

- ✓ 乗用車のカーボンニュートラル化に向けては、燃費改善や電動化に加えてバイオ燃料や合成燃料が重要になる。さらに、資源の賦存や国の発展段階と消費者の購買力、自動車利用にかかわる燃料・電力価格、そして電源の脱炭素化など様々な地域性を考慮する必要がある。
- ✓ LCA分析の結果が示すように、各パワートレインの使用時の排出のみならず、エネルギーの生産や乗用車の製造・廃棄にかかわるGHG排出も考慮する場合、地域性によってその評価が大きく異なる。
- ✓ BEV販売のペースが減速化している現在において、将来の乗用車由来のGHG排出削減にかかわる多様な道筋を検討するにあたり、「現実的な解」としてCN燃料の使用可能性や発展段階を考慮したパワートレインの「Affordability：手頃な価格での入手しやすさ」等、地域性の考慮が求められる。
- ✓ 将来の自動車のGHG排出削減において、地域性を考慮する等現実的な解を検討することが重要である。

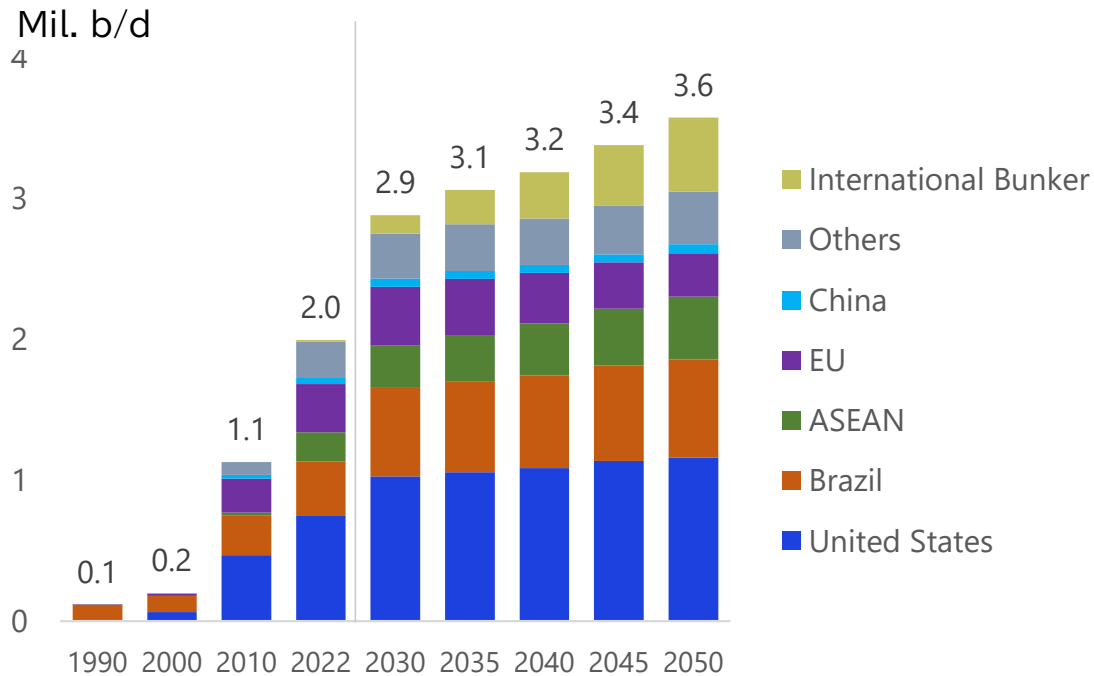
3. CN燃料ポテンシャル見通し

3.1. バイオ燃料

3.1.1 需要見通しと供給ポテンシャル規模の比較

- ✓ 弊所の“IEEJ アウトルック 2025”では、レファレンスケースにおいて、世界の液体バイオ燃料需要は2022年の200万b/dから2050年には1.8倍の360万b/dに拡大するとの見通し。2022年の液体バイオ燃料生産量は200万b/dであり、このほぼ全量は従来型液体バイオ燃料である。
- ✓ 現状・短中期的には、需要に応じて供給拡大される見込み。液体バイオ燃料の需要拡大により、従来型液体バイオ燃料の供給不足が起こり得るかもしれないが、一方で、先進的バイオ燃料製造ポテンシャルは将来のバイオ燃料需要を大きく上回る程の規模を有する。

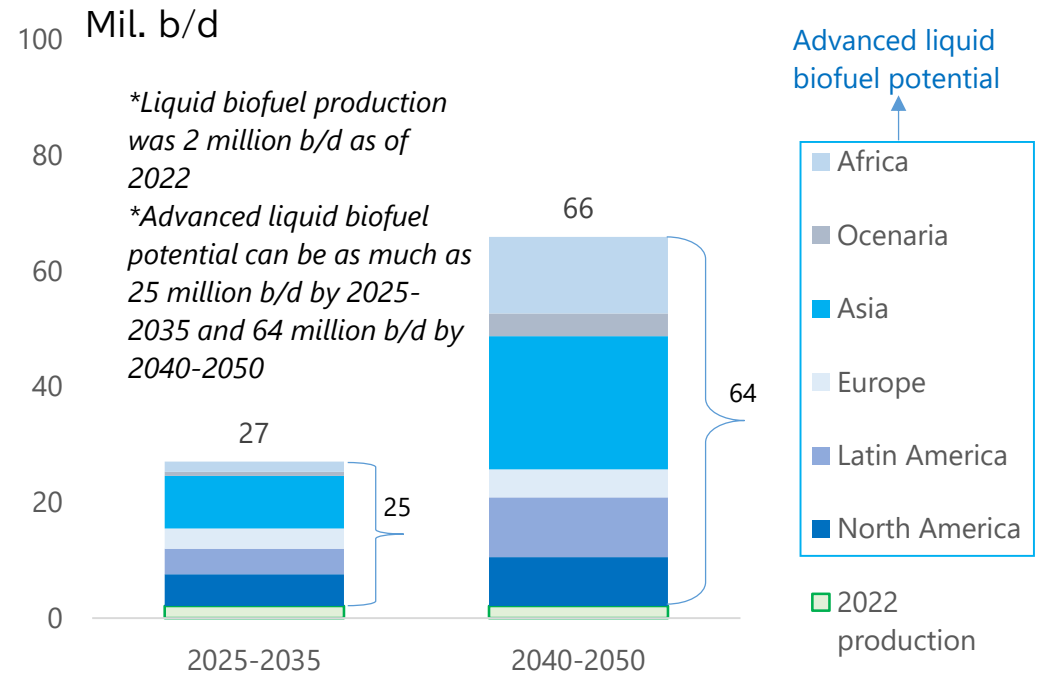
バイオ燃料需要見通し



注: 本見通しは下記出所のレファレンスシナリオ(BAU)である。
 : バイオ燃料の需要には道路交通以外の運輸部門も含む。また、国際航空・海運も含む。
 : 2022年の内訳は道路交通78.4%、航空10.2%、船舶9.9%、その他1.4%。

出所: “IEEJ アウトルック 2025”

バイオ燃料供給ポテンシャル (先進的バイオ燃料*)



*先進的バイオ燃料の原料: 固形バイオ残渣・廃棄物、農業残渣、林業残渣、非可食作物、藻類

出所: 従来型バイオ燃料生産は “World Energy Balances and Statistics 2024”, IEA。先進的バイオ燃料ポテンシャルは “Innovation Outlook: Advanced Liquid Biofuels”, IRENA (2016) に基づき推計。

3.1. バイオ燃料

3.1.2 導入に向けた課題と対応の方向性（1/2）

- ✓ トウモロコシ、サトウキビ、大豆、植物油などの食用作物を原料とするエタノールやバイオディーゼル等がバイオ燃料供給の大半を占める現在の状況は2030年以降も中長期にわたって継続すると見られる。
- ✓ エタノール生産は米国とブラジル、バイオディーゼル生産は米国、EU、インドネシア、ブラジルとその供給は限定された特定国に偏っているが、この供給国偏在状況も中長期にわたって継続すると見られる。
- ✓ 2030年の全生産量に占めるエタノール原料用途のシェアはサトウキビ類で20%程度、デンプン穀物類で5%程度と推計される。同様に2030年のバイオディーゼル原料用途の植物油類の全生産量に占めるシェアは30%程度と推計される（但し、残渣油については2030年時点で80%程度まで利用が拡大する）。
- ✓ このため、仮にバイオ燃料消費量が2030年2.9 Mil.b/dから2050年3.6 Mil.b/dへ25%程度増加した場合でも、原料作物増産の可能性も含めてエタノールやバイオディーゼル用の原料作物の供給ポテンシャルは十分であり一定程度の供給拡大は可能と見られる。
- ✓ しかしながら、エタノールとバイオディーゼルの供給量は、農耕地のアベイラビリティと収穫量、食料生産との競合、SAF等他用途向けとの競合、補助金・バイオ燃料混合義務化等の需給政策、持続可能性基準や環境規制、化石燃料価格の変動、EVとの競合など多様なファクターの影響を受けることに注意が必要。
- ✓ 加えて、食料生産との競合や持続可能性の観点から食用作物のバイオ燃料利用の大幅な拡大には限界点があると考えられる。このため、従来からのエタノールやバイオディーゼルの生産を維持・拡大しつつも、長期的には食料と競合しない非可食原料からの次世代バイオ燃料の技術開発や生産拡大が求められる。

3.1. バイオ燃料

3.1.2 導入に向けた課題と対応の方向性（2/2）

- ✓ 次世代バイオ燃料の商用生産は現時点ではわずかだが、その供給ポテンシャルは2050年に66 Mil.b/dと推計されており、同年のバイオ燃料消費量3.6 Mil.b/dをはるかに上回る膨大な量である。
- ✓ しかし、次世代バイオ燃料の供給を大きく拡大するには課題を乗り越える必要がある。原料となる農業残渣、廃棄物、林材等は多様かつ低密度で分散して賦存しており効率的な収集・加工処理が容易でないことに加えて、多くの製造技術が開発途上であることから、既存のバイオ燃料を代替し得る大きな規模での生産コストの経済性が最大の課題である。これらを克服する技術開発の進展には一定の時間を要する。
- ✓ したがって、次世代バイオ燃料の経済的な大規模生産が実現可能になるような技術開発を進めつつ、当面の間は、食用作物を原料とする従来からのエタノールとバイオディーゼルの生産を（食料との競合や持続可能性を十分踏まえつつ）維持・拡大することで増加するバイオ燃料需要を満たす必要がある。
- ✓ バイオ燃料の供給を増加させるには、バイオ燃料の一定量利用義務化や化石燃料への混合義務化による需要拡大と事業予見性の確保、バイオ燃料供給に不可欠なインフラ整備、補助金・税制優遇等による技術開発・実証事業に対する公的支援の拡充（特に次世代バイオ燃料プラント）、持続可能性に関する適切な指標と標準の設定と国際的協調、バイオ燃料に関する長期的かつ安定的な政策枠組みの確立と明確な導入目標の設定などの対応策の実施が求められる。

3.2. 合成燃料

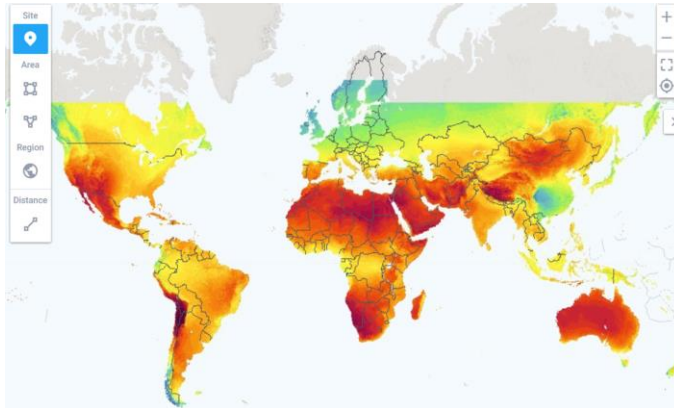
3.2.1 供給ポテンシャル分析：推計手法

- ✓ 合成燃料（e-fuel）は再エネ由来であることから再エネの供給量を把握し、電力需要や水素需要へ利用される分を差し引くことで合成燃料供給ポテンシャルを定量的に分析する。水素からの合成燃料合成量（原単位）については、プロセス技術指標に基づき推計する。

合成燃料供給ポテンシャル推計方法

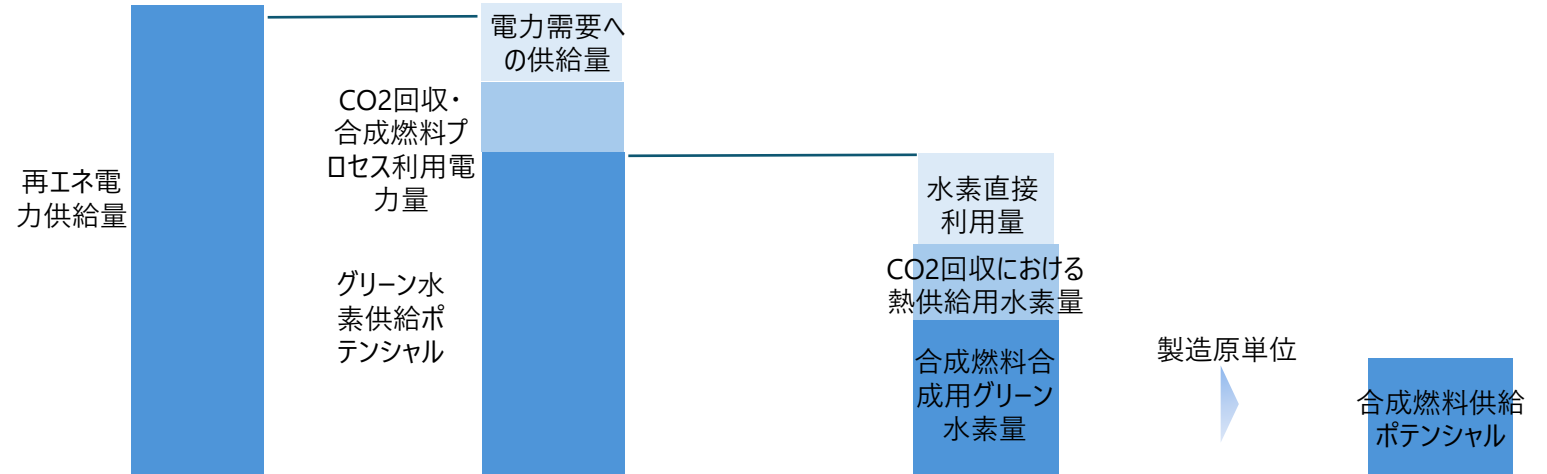
STEP1: 再エネ供給量分析

全天日射量マップ



- 太陽光については全天日射量（kWh/m²），陸上風力については設備利用率と単位面積当たり設置可能量（MW/km²）を把握
- これらの指標に利用可能面積を乗ずる

STEP2: グリーン水素供給ポテンシャル分析



- 再エネ供給量から電力需要への供給量、CO2回収及び合成燃料合成プロセスで利用される電力量を差し引く

- グリーン水素供給ポテンシャルから水素直接利用量及びCO2回収における熱供給用水素を差し引いて、合成燃料合成用のグリーン水素の量を特定し、合成燃料製造原単位を踏まえることで、合成燃料供給ポテンシャルを推計
- DACの活用を踏まえると、CO2供給制約は無いものと想定
- なお、船舶・航空用合成燃料の需要規模を踏まえ、自動車向け合成燃料の供給可能性を検証する。

3.2. 合成燃料

3.2.2 供給ポテンシャル分析：前提条件

- ✓ 陸上風力発電、太陽光発電の導入ポテンシャルに電力供給に使われる発電量を差し引き、グリーン水素の製造可能量を推計
- ✓ 水素発電や、運輸、産業部門などにおける水素消費を差し引く
- ✓ 経済性を考慮しない

前提条件

STEP1: 再エネ供給量分析

- 全天日射量：“Global Solar Atlas”
- 陸上風力の単位面積当たり設置可能量：日本風力発電協会 (2016).「風力発電の賦存量とポテンシャルおよびこれに基づく長期導入目標とロードマップの算定」
- 陸上風力の設備利用率：IRENA (2022). "Renewable Power Generation Costs in 2022".
- 利用可能面積：World Bankデータベース, IRENA (2022). "GLOBAL HYDROGEN TRADE TO MEET THE 1.5°C CLIMATE GOAL PART III GREEN HYDROGEN COST AND POTENTIAL" 等に基づき想定

STEP2:グリーン水素 供給ポテンシャル分 析

- 電力需要：(一財) 日本エネルギー経済研究所 (2025).「IEEJ アウトルック」
- CO₂回収及び合成燃料合成プロセスでの電力量：Concawe and Aramco (2022). “E-Fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050”.

STEP3:合成燃料供 給ポテンシャル

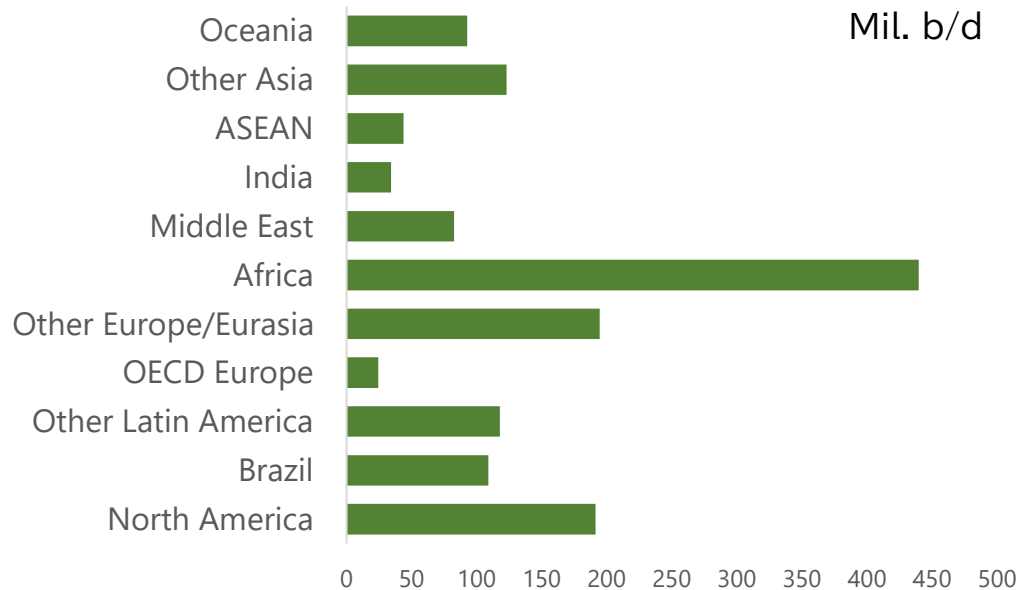
- 水素直接利用量：(一財) 日本エネルギー経済研究所 (2025).「IEEJ アウトルック」
- 合成燃料製造原単位：Concawe and Aramco (2022). “E-Fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050”.、Aikaterini Boulamanti, et. al. (2016). “Methanol synthesis using captured CO₂ as raw material: Techno-economic and environmental assessment”.等に基づき想定

3.2. 合成燃料

3.2.3 供給ポテンシャル分析：分析結果

- ✓ 物理的には、合成燃料（e-gasoline）の世界全体の供給ポテンシャルは1453 million b/dになり、2023年の世界のガソリン消費量の59倍に相当する（石油製品全体の消費量は100 million b/d、その内ガソリンは25 million b/d：Energy Institute, “2024 Statistical Review of World Energy”）
- ✓ 前提条件では国土面積の5%を想定したが、1%でも十分な供給ポテンシャルとなる。
- ✓ 中東・米国等に集中している化石燃料と異なり、合成燃料の供給ポテンシャルは地域的に分散している。
- ✓ 一方で、合成燃料の供給・利用拡大には、多様な課題がある。それらを次頁以降に示す。

合成燃料供給ポテンシャル（e-gasolineの例）



船舶・航空用合成燃料の需要規模を踏まえた自動車向け合成燃料供給可能性

- ✓ IMO（International Maritime Organization）によると、2050年における船舶用の合成燃料は最大2.7 million b/d（ガソリン換算）との見通し（Energy Institute, “Study on the Readiness and Availability of Low- and Zero Carbon Ship Technology and Marine Fuels” (Study by DNV for IMO), <https://kories.org//download/viewer/1691886705957/index.html>）
- ✓ ICAO（International Civil Aviation Organization）によると、2050年における合成燃料由来SAFは最大8.5 million b/d（ガソリン換算）との見通し（ICAO, “Report on the Feasibility of a Long-Term Aspirational Goal (LTAG) for International Civil Aviation CO2 Emission Reductions-Appendix M5 Fuels Sub Group Report”, https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixM5.pdf）
- ✓ 合成燃料供給ポテンシャルは、船舶・航空用合成燃料の需要規模はと比べてかなりの大規模であり、自動車向け需要を十分賄うことができる。

3.2. 合成燃料

3.2.4 導入に向けた課題と対応の方向性（1/3）

<供給側>

- ✓ 再エネ量的ポテンシャル：上述の通り、世界の再エネの量的なポテンシャルは十分であり、合成燃料の供給制約にはならない。
- ✓ 再エネ設備供給容能力：合成燃料製造つまり水素製造に必要な再エネ設備の供給能力については、今後は不確実性があるものの、世界全体で太陽光パネルは2024年に1000GW/年、風力は2025年に120～140GW/年に達する見通しがある（IEA, “Is there enough global wind and solar PV manufacturing to meet Net Zero targets in 2030?”）。2023年の太陽光と風力の合計の導入設備容量460GW（IRENA, “RENEWABLE ENERGY STATISTICS 2024”）を踏まえると再エネ設備供給能力も大きな制約にはなるとは考えにくい。
- ✓ 水電解装置、CO2回収装置：水電解装置については、まだ水素の市場が立ち上がったばかりで、需要確保、ファイナンス・インセンティブの欠如、規制の課題等によって（IEA, “Global Hydrogen Review 2024”）今後の見通しについては不確実性があり、情勢を注視する必要がある。この点については、CO2回収装置についても同様である。
- ✓ むしろ、大きな課題はコスト削減である。そのために取るべき対策について次頁に整理する。

3.2. 合成燃料

3.2.4 導入に向けた課題と対応の方向性（2/3）

<合成燃料製造サイト・プロセス設計・サプライチェーン>

- ✓ 再エネ適地：合成燃料の製造コストの低減に向けては、再エネ適地の選定が必須である。選定に当たっては、再エネ設備建設に必要なインフラ（送電線、道路、港湾等）の整備等が必要かどうかにも留意が必要である。
- ✓ CO2調達：DACの実用化・コスト低減の実現までは、火力発電、産業、バイオマス発電等、十分なCO2源が長期安定的に調達できることが条件となる。
- ✓ 製造プロセスの最適化：合成燃料の製造は再エネをインプットとすることから、水電解、CO2分離回収、燃料合成のプロセス全体の変動性への対応が必要となる。負荷変動を許容できるプロセスの開発、変動緩和のためのエネルギー貯蔵を踏まえた最適なシステム設計等が求められる。
- ✓ 国内外のサプライチェーン：合成燃料の利点として、自動車の内燃機関の利用のみならず、既存のサプライチェーンをそのまま利用できる点がある。他の水素キャリア（水素系燃料）と比較した、国内外サプライチェーン全体での経済性やCO2排出の評価・議論も必要である。

3.2. 合成燃料

3.2.4 導入に向けた課題と対応の方向性（3/3）

<需要側>

- ✓ 需要創出：水素の利用拡大には、需要創出が必要と言われている。合成燃料に対しても同様にことが言える。合成燃料の需要が確保できれば、供給側もそれについていくことができると考えられる。
- ✓ 目標設定：需要創出のためには、航空や船舶分野でのICAOやIMOによる目標設定が示すように、自動車用合成燃料の導入目標を設定することが必要と思われる。しかしながら、自動車用燃料の選択はユーザーに依存するため、明確な目標設定は困難である。合成燃料の利点の訴求を行いつつ、関連業界を俯瞰した議論の深まりや国民的合意形成等が求められる。

4. TCO分析

4.1. 分析手法

- ✓ TCO（Total Cost of Ownership）分析にあたっては、パワートレイン別の車両価格、燃費・電費、石油製品・電力価格、自動車関連諸税、メンテナンス費用、そして助成措置（補助金・税制優遇）、走行距離等を対象国別に2050年まで想定・分析し、パワートレイン別のコストを試算する。
- ✓ 車両価格は、対象国におけるコンパクト車、セダン車を対象として将来の推計をパワートレイン別に行う。リチウムイオン電池のコスト（右図の「Learning Curve:学習曲線」を用いた推計をベースとする。

STEP1:パワートレイン別車両価格推計

- Learning Curveの手法を用い、リチウムイオン電池の価格を推計。パワートレイン別（ICE、HEV、BEV、PHEV）の価格を推計。

STEP2:TCO推計

- パワートレイン別の車両価格、燃費・電費、石油製品・電力価格、自動車関連諸税、メンテナンス費用、そして助成措置（補助金・税制優遇）を対象国別に2050年まで想定・分析し、TCOを国別・パワートレイン別に分析。

Learning Curveの計算式

$$Y = AX^b$$

Y= average cost of unit X

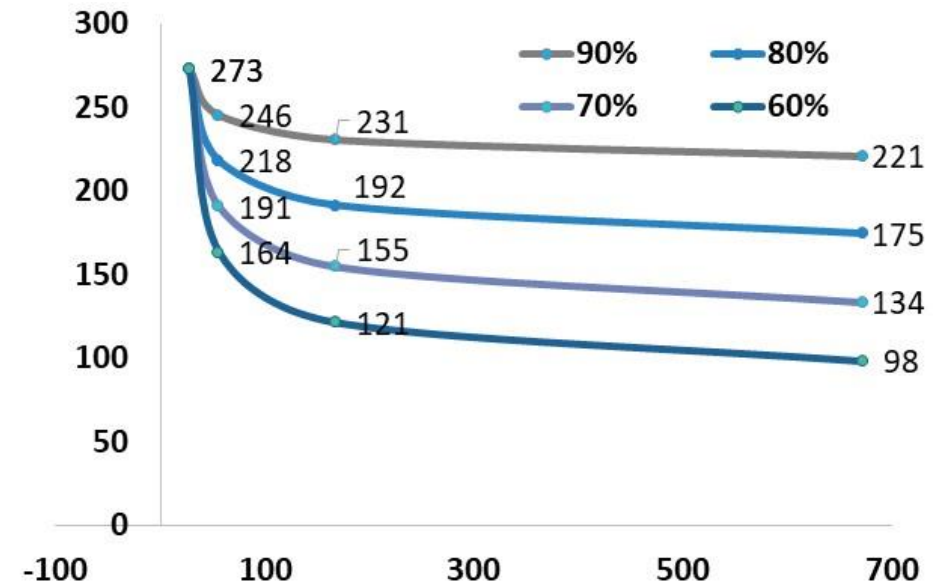
A= the first unit cost

X= unit number (cumulative volume)

b = slope coefficient = $\frac{\log(\text{slope of the learning curve})}{\log 2}$

リチウムイオン電池のコスト推計（Learning Curve）

Unit Cost (\$/kWh)

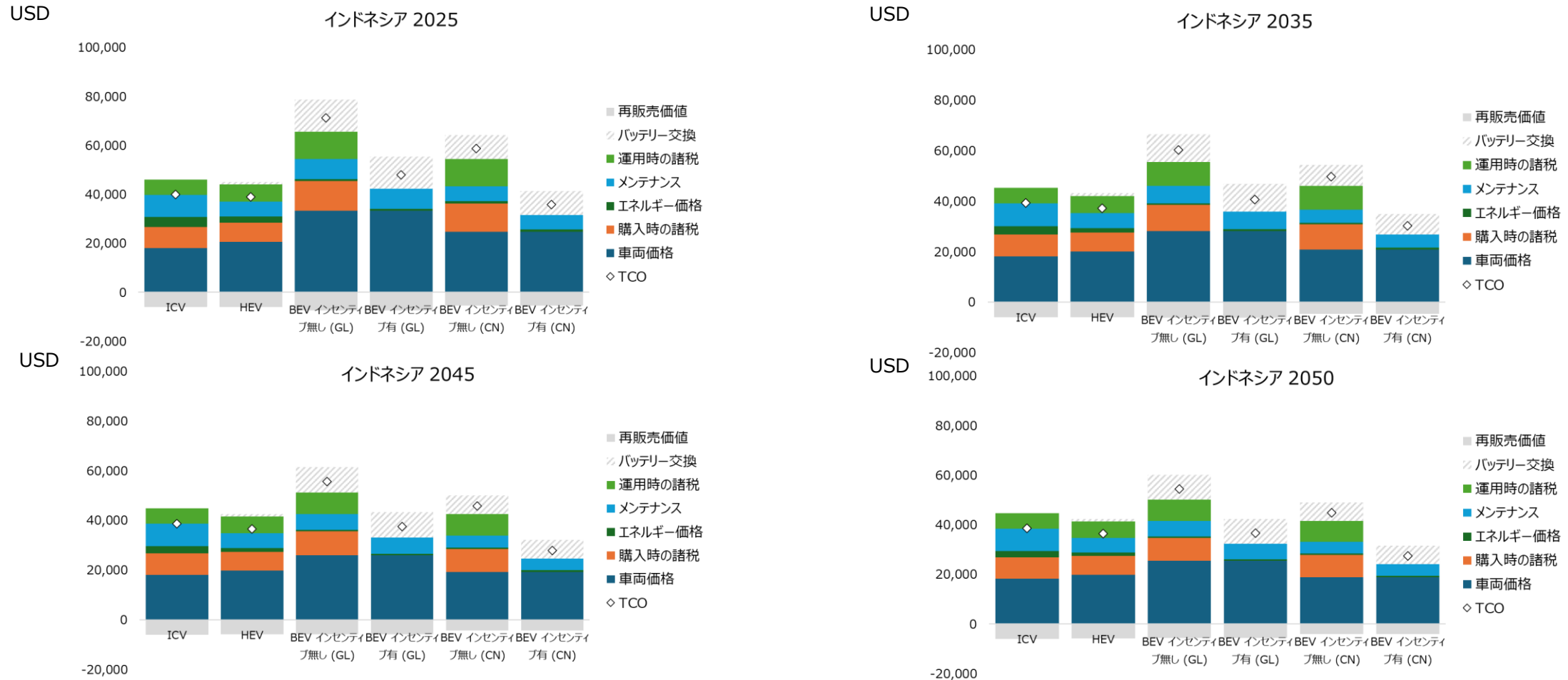


Lithium-Ion Battery Production (GWh)

4.2. TCO分析

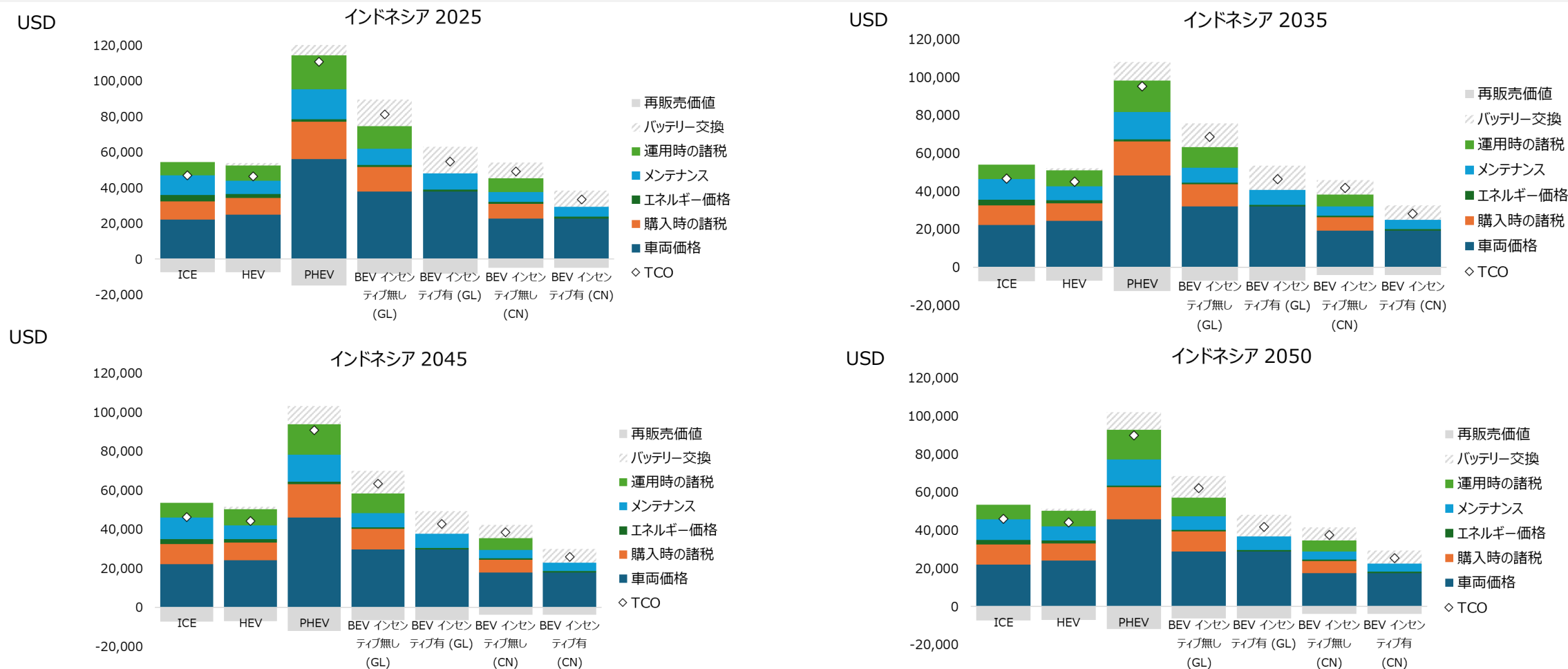
4.2.1 インドネシア (1) コンパクト

- ✓ 以下はインドネシアにおけるパワートレイン別のTCO（コンパクト車）を示す。バッテリー交換を行う場合、10年の保有を想定したBEVのTCOは中国製（CN）ならびにその他グローバル社（GL）において、インセンティブが無い想定でICE、HEVを大きく上回る。中国製（CN）の水準にBEV価格が低減した場合（GL：Globalとの価格差35%）2035年ごろにBEV車とHEV車がTCOで同等水準に達するTipping Pointとなる。



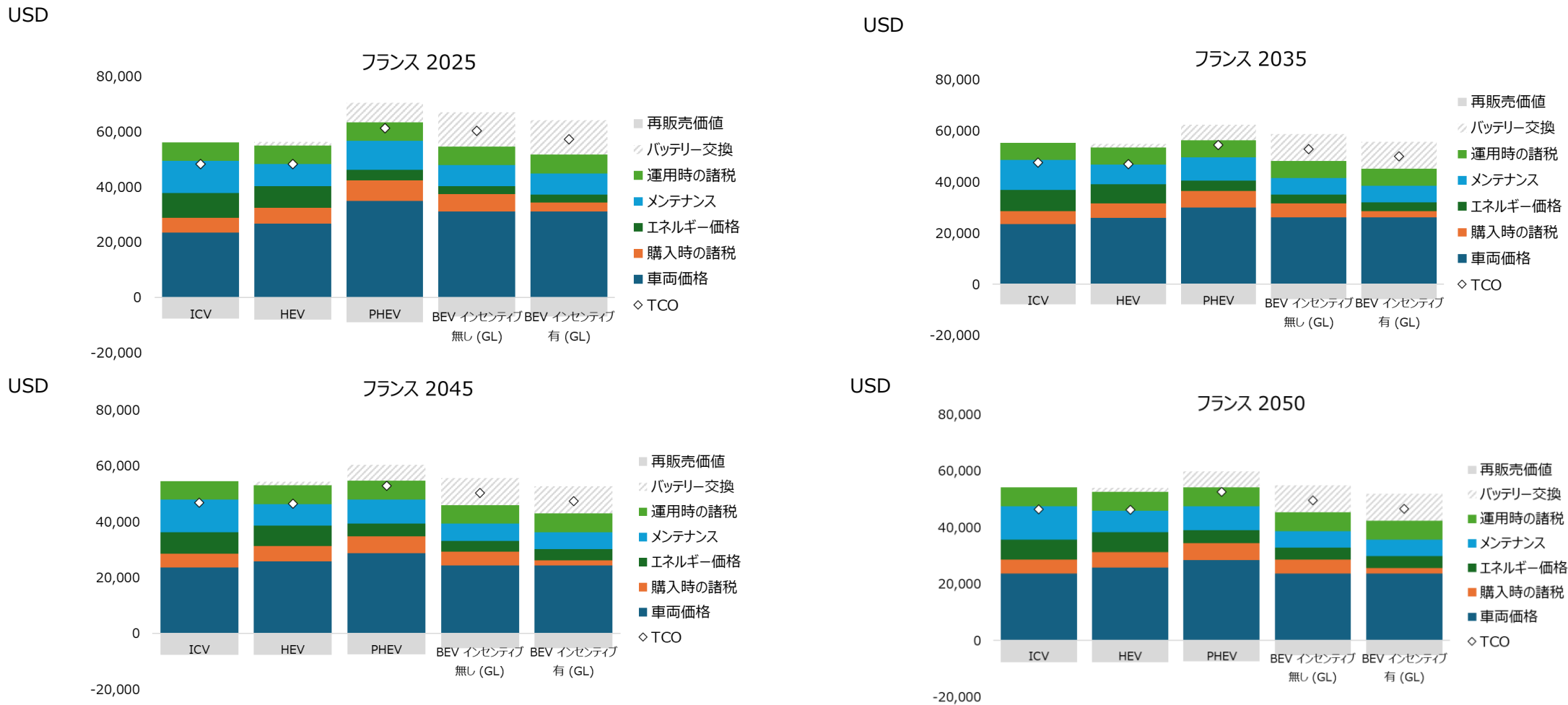
4.2. TCO分析：インドネシア (2) SUV

- ✓ 以下はインドネシアにおけるパワートレイン別のTCO（SUV）を示す。BEVに対する購入時、運用時の諸税等の控除が2050年まで継続された場合、2050年にBEVとHEVのTCOが同等水準となる。一方で、バッテリー交換が行われない場合、インセンティブを反映し、現状でBEVとHEVのTCOが同等水準になる。なお、中国製（CN）のBEVとその他（GL）の車両価格差は35%程度。



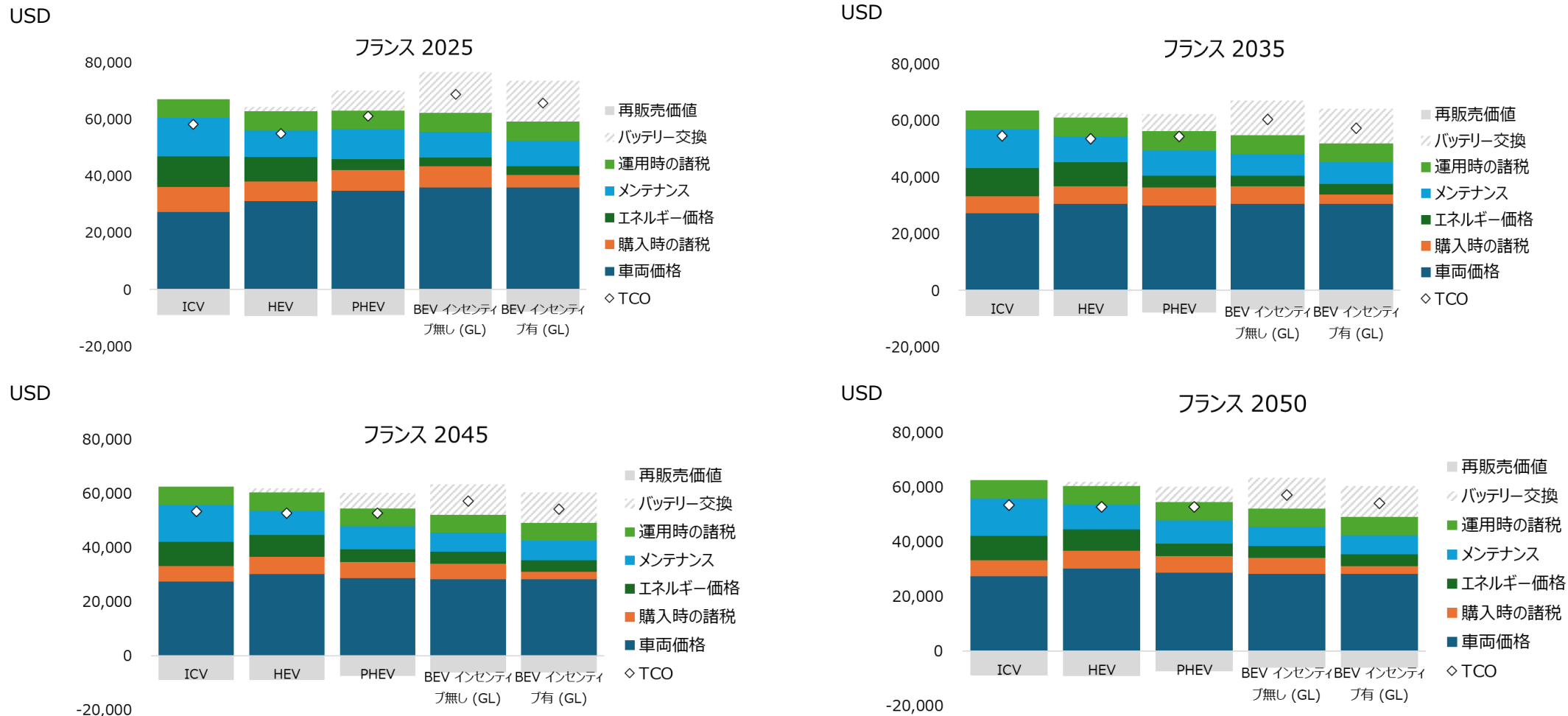
4.2. TCO分析：フランス (1) コンパクト

- ✓ フランスにおけるコンパクト車のTCOを示す。バッテリー交換があるならば、現時点ではICEがBEVと比べて20%近く低コストになっている。
- ✓ ICEとBEVのコスト差は、2050年に向かって縮まっていくが、逆転はしない。



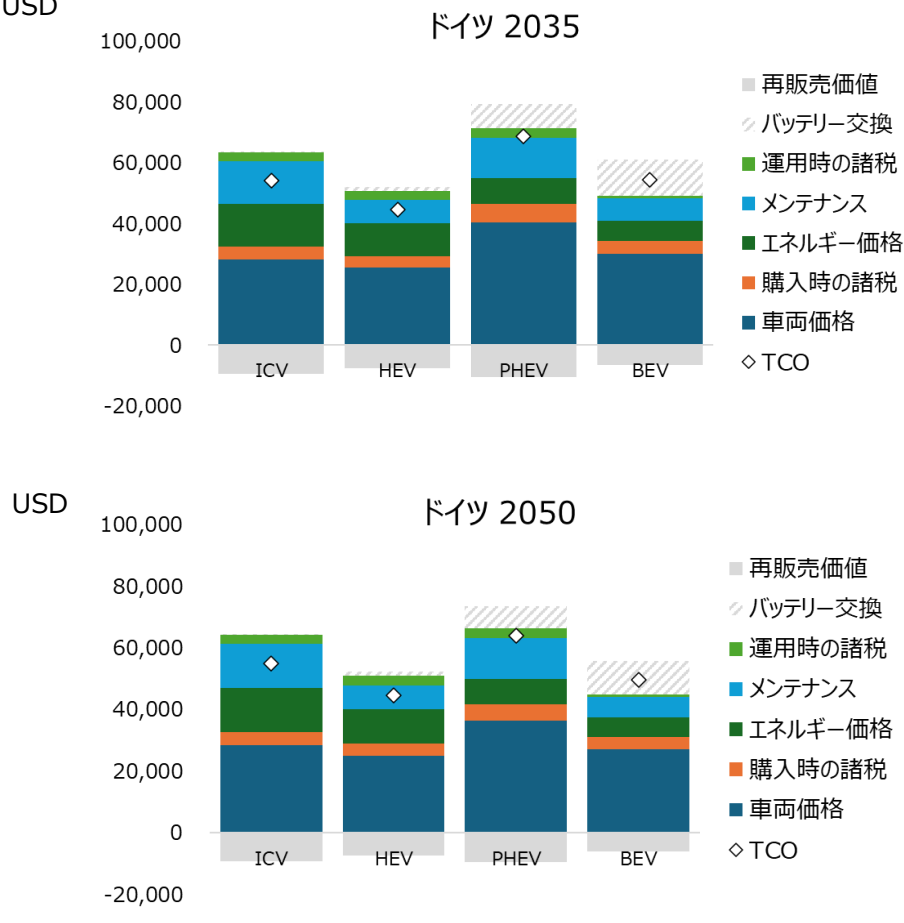
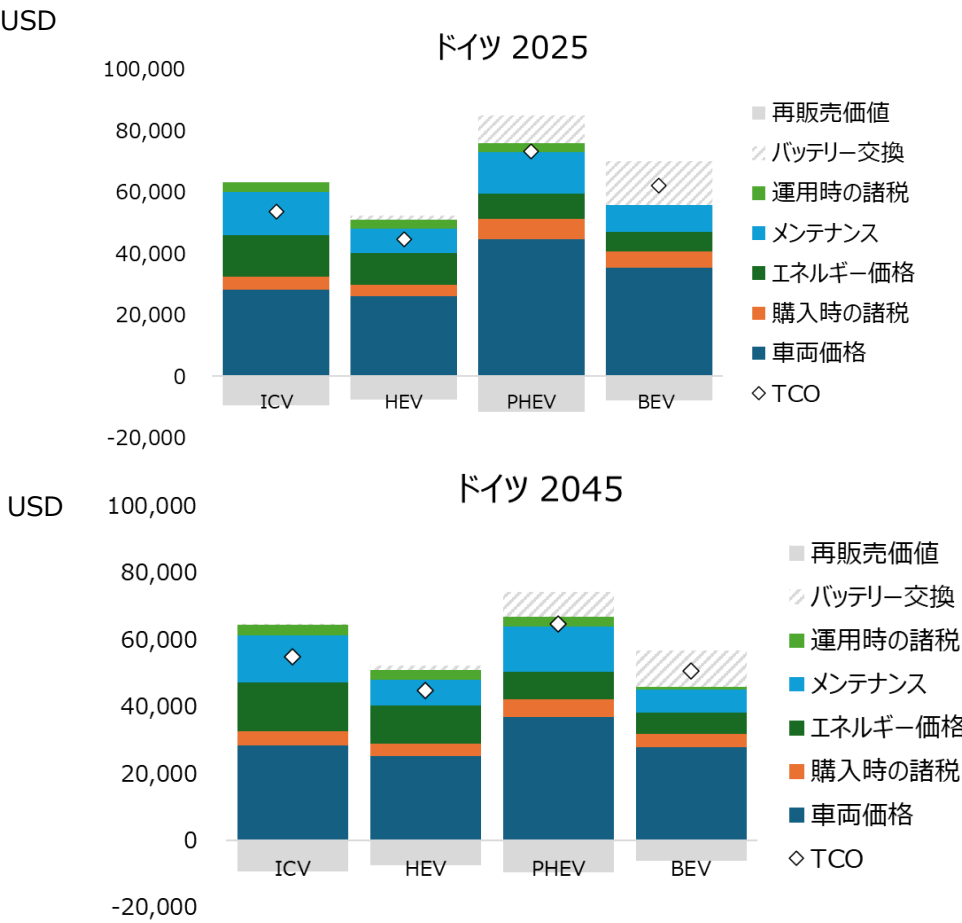
4.2. TCO分析：フランス (2) セダン

- ✓ セダンの場合も、バッテリー交換があるならば、現時点ではICEがBEVより低コストになっている。TCOの差は10%程度である。
- ✓ 2050年には、車体価格もTCOも横並びになる。エネルギー価格では、BEVの方がICEより有利になるが、バッテリー交換のコストで相殺されている。



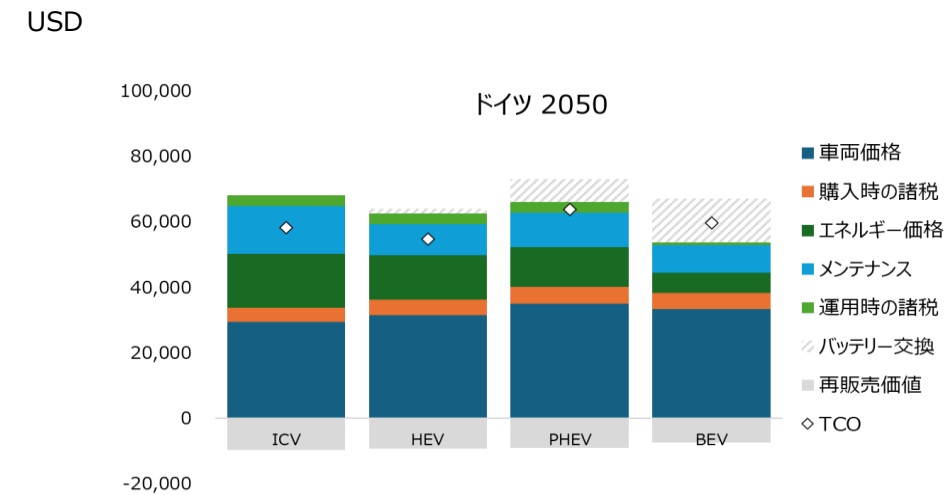
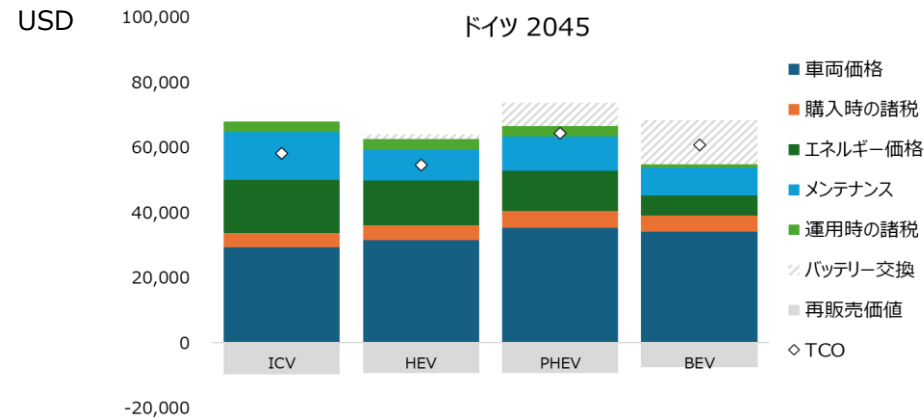
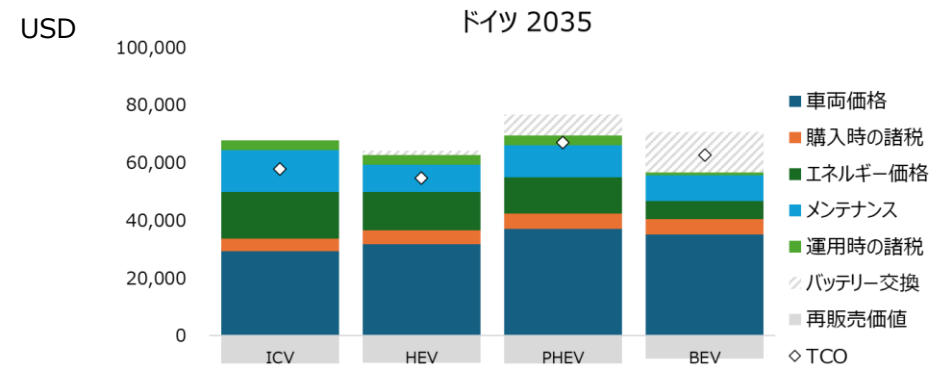
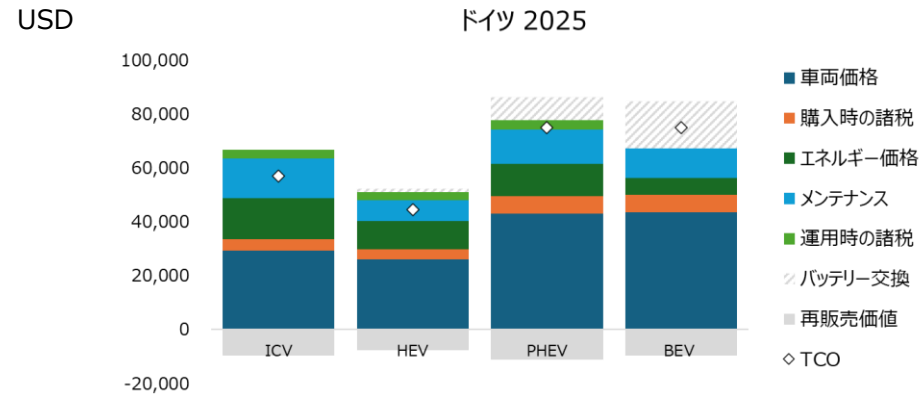
4.2. TCO分析：ドイツ (1) コンパクト

- ✓ ドイツにおけるコンパクト車のTCOを示す。バッテリー交換があるならば、現時点ではICEがBEVと比べて約18%近く低コスト。
- ✓ ICEとBEVのコスト差は年々縮まり、2045年に逆転する見通し。



4.2. TCO分析：ドイツ (2) セダン

- ✓ セダンの場合も、バッテリー交換があるならば、現時点ではICEがBEVよりも約28%低コストになっている。2050年に向け、コスト差は縮まるもののバッテリー交換を考慮すると、ICEとBEV逆転しない（バッテリー交換を考慮しない場合は2035年ごろにTipping point）。



5. 分析から得られる示唆

5. 分析から得られる示唆 (1)

- ✓ 乗用車のカーボンニュートラル化に向けては、燃費改善や電動化に加えてバイオ燃料や合成燃料等、燃料の脱炭素化も並行して行うことが重要である。資源の賦存や国の発展段階と消費者の購買力、自動車利用にかかわる燃料・電力価格、そして電源の脱炭素化など様々な地域性を考慮する必要がある。
- ✓ シナリオ別ライフサイクルGHG排出量は、最大限技術導入を行うATSケースにおいても2050年の段階で2022年比37%減となる。先進国では、燃料のCN化に加え、パワートレイン構成の変化ならびに自動車保有台数の減少等を踏まえ、2050年に亘ってGHG排出量が減少推移する。新興国において、中国は2030年をピークにGHG排出量が減少する。インドやインドネシアなどでは、経済成長に伴って乗用車保有台数が増加し、すべてのシナリオでGHG排出量が増加する見通しである。一方で、台当たりのGHG排出量では新興国においても2050年にかけて大きく削減される。
- ✓ 新興国の中でもブラジルなど、CN燃料の混合率が高いCNFシナリオでライフサイクルGHG排出量は2050年において2022年比52%減、ATSシナリオでは同63%減と大幅な削減が見込まれる。バイオ燃料の導入と共に、水力発電を主体とした電源の脱炭素化が進展することから新興国といっても、乗用車のカーボンニュートラル化に向けた道筋の実現に高い可能性を有していることが示唆される。

5. 分析から得られる示唆 (2)

- ✓ バイオ燃料の需要は2022年の200万b/dから2050年には1.8倍の360万b/dに拡大する見通しである。短中期の供給は需要に応じて拡大するが、食用作物を原料とするエタノールやバイオディーゼルの供給は、食糧生産との競合や補助金の必要性等、そして森林伐採による農耕地の拡大といった持続可能性の問題等といった課題が存在している。そのため、長期的には食料と競合しない次世代バイオ燃料の生産拡大が求められる。
- ✓ 一方で、次世代バイオ燃料の資源となる農業残渣、廃棄物、林材などは偏在しており、効率的な収集にかかわる課題が残されている。加えて、技術的には更なる開発が求められるなど、製造コストが高額である点も乗り越える必要がある。将来的な次世代バイオ燃料の普及拡大に向けて、需要側と供給側が長期契約等を通じて開発投資への予見性を高めると共に、インフラ投資等にかかわる政府支援（補助金や低利融資等）も引き続き重要である。

5. 分析から得られる示唆 (3)

- ✓ 合成燃料について、技術的供給可能性は高い。しかしながら、現状では供給コストが高額に上る点が課題である。特に、合成燃料の製造は、再生可能エネルギーを利用するため、その供給における変動性への対応が、水電解、CO2分離回収、燃料合成のすべてのプロセスにおいて必要となる。そして、負荷変動を緩和するために、エネルギー貯蔵を行う等、最適なシステム構築が求められる。また、次世代バイオ燃料の開発と同じく、需要と供給側の長期契約等による開発投資に向けた予見性の向上が必須となる。
- ✓ LCA分析の結果で地域によってGHG排出が異なることが示された通り、各パワートレインの使用時の排出のみならず、エネルギーの生産や乗用車の製造・廃棄にかかわるGHG排出の違いを踏まえたパワートレインの選択がカーボンニュートラル実現の観点から重要である。
- ✓ 将来の乗用車由来のGHG排出削減にかかわる多様な道筋を検討するにあたり、「現実的な解」としてCN燃料の使用可能性や発展段階を考慮したパワートレインの「Affordability：手頃な価格での入手しやすさ」等、地域性の考慮が求められる。TCO分析で示唆されるように、例えばBEVの所有において、自動車単体価格のみならず、購入時・運用時にかかわる諸税や再販売にかかわる価値、バッテリー交換等に係る費用も消費者選択の観点からは負担になる点を考慮することが助成措置の検討において求められる。

(様式 2)

二次利用未承諾リスト

報告書の題名：令和 6 年度無人自動運転等の
CASE対応に向けた実証・支援事業自動車分野の
カーボンニュートラル実現に向けた定量的シナリオ分析
及び国際動向に関する調査事業報告書

委託事業名：令和 6 年度無人自動運転等のCASE
対応に向けた実証・支援事業（自動車分野のカーボ
ンニュートラル実現に向けた定量的シナリオ分析及び国
際動向に関する調査事業）

受注事業者名：一般財団法人日本エネルギー経済
研究所

頁	図表番号	タイトル
10	2.1.3	道路交通部門のGHG排出量のLCAモデルのイメージ図
32	2.3.8	供給コスト・量 バイオエタノールの輸入価格推移
32	2.3.8	合成燃料の製造コスト
33	2.3.9	乗用車の車体費用
58	3.2.1	全天日射量マップ