

ASEAN を対象としたモビリティ分野の将来シナリオ分析

(一財) 日本エネルギー経済研究所
戦略研究ユニット 主任研究員 下郡 けい
戦略研究ユニット 研究理事 久谷 一郎

はじめに

近年、気候変動対策の加速を背景に、電源の脱炭素化とパワートレインの電動化に向けた動きが進展している。この動きは先進国に限ったものではなく、途上国においても二輪車や三輪車を含めたバッテリー電気自動車 (BEV) の普及に向けた各国政府や自動車産業の取り組みがみられる。運輸部門における脱炭素化の取り組みが進められる一方で、2022年2月に発生したロシアによるウクライナ侵攻は、先進国・途上国を問わず、エネルギーの安定供給を含む経済安全保障に対する関心を高めた。特に、自動車産業をはじめとする現在の産業構造は世界的なサプライチェーン体制に支えられており、ウクライナ侵攻を踏まえて各国がどのような経済・産業政策をとるのが大きく注目されている。

このような状況を踏まえ、当研究所ではシナリオプランニング手法¹を用いて、エネルギー供給構造と自動車産業の将来像を検討するためのワークショップ²を開催した。以下では、ワークショップでの検討結果を踏まえてとりまとめたシナリオの概要を示す。ワークショップでは世界シナリオと地域シナリオを策定したが、本稿では ASEAN を対象とした地域シナリオを概説する。なお、本稿における ASEAN は、インドネシアとタイを念頭に置いていることに留意されたい。

1. シナリオ策定にあたっての考え方

- シナリオは、2022年から2050年を対象期間とする。ワークショップの議論の結果、シナリオを描くうえでの分岐点として、「2030年までに（各国で）気候変動対策が強化さ

¹ シナリオプランニングとは、不確実性の高い将来像を検討するための一手法である。ある特定の問題領域の将来像を考えるうえでは、様々な要素がその将来像に影響を及ぼすが、中でも最も重要かつ不確実性の大きな要因を抽出し、その要因の展開の差異によって、論理的に全く異なる構造を持つ世界・将来像を描き分ける手法である。その意味において、単なる現状延長型あるいはトレンドを分析することによる「将来予測」ではなく、可能性として存在し得て、内部では論理的に一貫した、将来に関する異なった「シナリオ」を描くことで、それぞれ別の将来における対応・政策などの戦略的な意思決定に資することを目的とするものである。

² 参加した研究者は以下のとおり：小山堅（専務理事・首席研究員）、久谷一郎（戦略研究ユニット研究理事）、小林良和（化石エネルギー・国際協力ユニット研究主幹）、田上貴彦（環境ユニット研究主幹）、柴田善朗（電力・新エネルギーユニット研究主幹）、末広茂（計量分析ユニット研究主幹）、下郡けい（戦略研究ユニット主任研究員）。

れるか」と「2025～2030年までに各国が経済安全保障を重視する政策を強めるか」という2つを選択した。これら2つの分岐点を軸として、4つの象限を構造化し、シナリオを描いた。

- 前提として、すべてのシナリオで世界人口は増加する。国連『世界人口推計 2022 年度』に基づき、2050年までの人口増加の大部分は中南アジア・サブサハラアフリカが占める。なお、先進国は高齢化が進む。
- また、人口増加と経済成長を背景に、人・モノの移動頻度・移動量は増加する。なお、選択した2つの分岐点は人・モノの移動頻度・移動量に対して基本的にマイナスに作用する。ただし、国内貨物の移動頻度についてのみ、都市のスマート化によるeコマースの発展が移動頻度を増加させる。各シナリオの人の移動量・モノの輸送量について、移動頻度・移動量 (ton-km、人-km) の増減は、シナリオ3 (増加) >シナリオ2=シナリオ4 (2022年現状水準) >シナリオ1 (減少) と想定した。
- 脱炭素化に向かう世界は「政治的に正しい (politically correct)」ものであり、従来気候変動対策を主導してきた欧州や米民主党政権は、政策 (政府) とファイナンス (投資家) は脱炭素化重視という方針の下で相互依存を続けながら、グリーン投資や気候変動対策に資源の重点配分を加速していくと考えられる。具体的には、気候変動対策が強化されるシナリオは1.5°C目標の達成を目指し、失速するシナリオは2°C目標を達成できないものの低炭素化の取り組みを継続する。また、需要の電力化もすべてのシナリオで進展する。
- 各国の「経済安全保障の重視」の程度は、世界の貿易体制のブロック化・分断化の進展に影響を与える。ここでは、米国の動き (中国との関係をマネージするか、対立が先鋭化して経済安全保障重視を加速させるようになるか) がポイントになる。ここで言う「ブロック化した世界」とは、ブロック内での自由貿易は維持され、生産と供給の多くを可能な限りブロック内で完結させようとする状態を指す。ブロック化の結果として生じる高コストは安全保障の対価として許容される世界となる。一方、地政学的な対立が管理あるいは緩和される世界は、世界的な自由貿易体制と分業体制が進み、最適なサプライチェーンが構築されていく世界となる。ただしこの世界では国際競争はより激しいものとなり、産業間や企業間の優劣が明確になっていく。

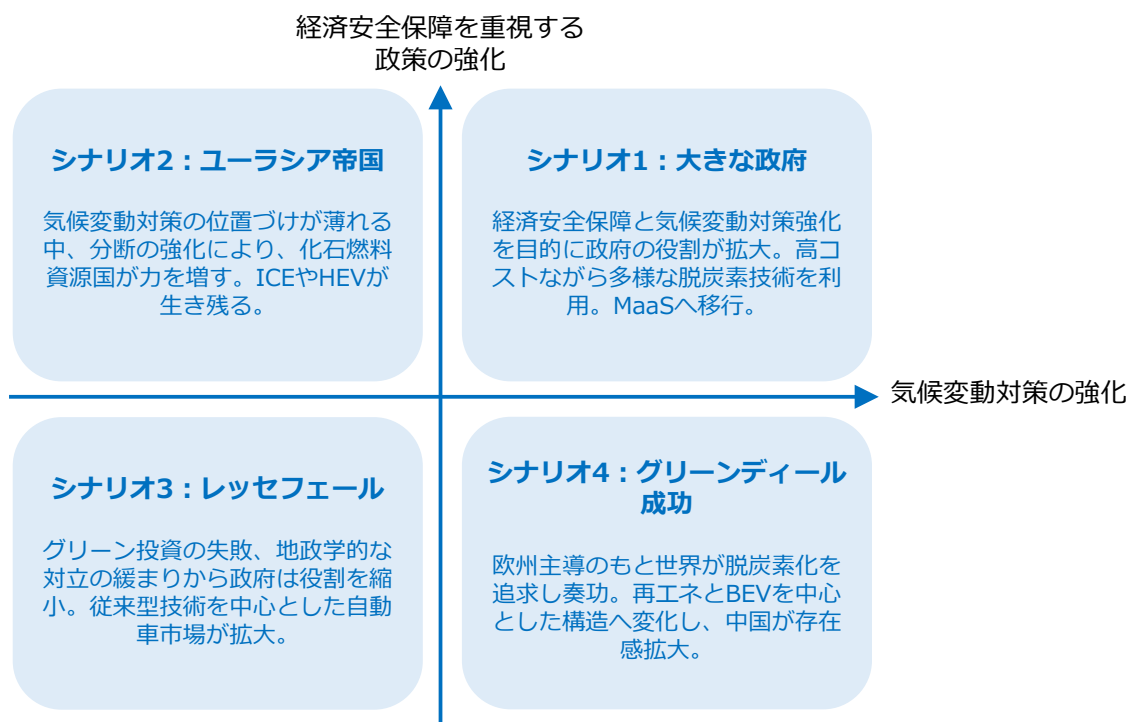


図 1 シナリオ分岐点とシナリオの概要

ASEAN の自動車産業に関するシナリオ要素のポイント

- ASEAN のエネルギー供給構造や自動車産業を検討するうえで、Affordability（手頃な価格）の重要性は高い。以下に概説する4つのいずれのシナリオにおいても、エネルギー安全保障の確保や気候変動対策を進める中で、最も経済的な手法が政府や市民から求められる。
- ASEAN 地域においてモビリティの中心となる技術は、それぞれのシナリオで異なる。気候変動対策が強化されるシナリオ（シナリオ1及び4）は、乗用車のBEV化の進展で共通するが、パワートレインの技術的な選択肢の幅に差異が生まれる。多様な脱炭素技術を活用するシナリオ1では、大型車（バス・トラック）におけるバイオ燃料の利用がより拡大する。気候変動対策が弱いシナリオ（シナリオ2及びシナリオ3）は、BEVが一部進展しつつも内燃機関自動車（ICE）が中心となる点で共通する。しかし、世界経済がブロック化するシナリオと自由貿易体制が維持されるシナリオでは、アクセス可能な自動車市場のパイの大きさが異なり、輸出拡大を目指すとしても ASEAN 地域の自動車産業の規模には違いが生じる。

2. シナリオ1の概要：経済安全保障への懸念が高まり、気候変動対策も加速

2.1 社会・経済

- 米中の対立を軸に各国が経済安全保障を重視することで、世界的に経済のブロック化が進展する。この体制は経済効率・コスト最小化を追求する世界から乖離し、成長市場の囲い込みによって、戦略的重要物資は高コストとなる。また、産業や企業はブロックに属することとなり、アクセス可能な市場の規模が縮小する。その結果、世界全体で経済成長が伸び悩む（経済成長率1.5%）。また、経済安全保障と気候変動対策は市場メカニズムだけでは実現し得ないことから、政府による市場への介入が最も強い。政府の介入は所得の再分配にも強く作用し、格差が縮小する。
- 世界的にブロック化が進展する中で、ASEANは米国と中国を両睨みした中立外交を目指す。両極からの支援攻勢がASEANの経済成長と転換を促すこととなる。
- 気候変動対策の観点からは、ブロックごとにグリーン投資への優先順位付けが独自に策定される。そのような中、世界は1.5°C目標を達成する。気候変動対策への希求は強いものの、グローバルスタンダードを成立させるようなモメンタムは社会・経済のブロック化によって失われる。
- ブロックによる新興国の囲い込みの一環として、脱炭素化に向けた新興国・途上国への資金提供が活発化する。シナリオ1では、グローバルスタンダードの成立に向けたモメンタムは失われるものの、どの地域・国もGHG排出量削減に取り組む。ただし、取り組みの速度には差が生じる。日本、米国、欧州はより積極的にGHG削減に取り組み、中国やASEANはエネルギー転換の結果としてGHG削減が進む。

2.2 モビリティ

- 前提となるASEANの都市構造は、先進国及び中国の技術面・資金面の支援を受けて新都市建設が進展する場合、徒歩や自転車を中心としつつ、政府が主導する公共交通網（鉄道・地下鉄・バス）の整備が進む。都市間・都市とその近郊における移動需要があるため、公共交通網の整備が追いついていない場所では、欧州や中国の支援を得ながらUAM³も普及する。新都市の幹線道路では物流も人の移動も自動運転が導入されやすいが、都市の経済力によって導入範囲には差が生じる。
- 自動車は、気候変動対策の強化によってゼロエミッション電力の供給とセットでBEV

³ Urban air mobility は、公共交通が整備されていない米国、中国、ASEANでの導入が考えられる（なお、欧州は規格化に注力）。UAMは電動化が前提となるため、気候変動対策が強化されるシナリオ1及び4で導入されると整理。シナリオ1は政府介入が強いため、UAMの導入もより進展する。なお、近距離：自動車（自動運転）、中距離（100km程度）：UAM、長距離：鉄道・航空機という棲み分けを想定する。UAMは現状の能力の問題から移動距離100km程度を想定するが、300kmといった都市間移動に向けた開発も進められている。

が中心となり、技術的な選択肢は少ない。ASEAN においても、乗用車の BEV 化が国内産業振興の観点から進展する。一方、トラックやバスなどの大型車では、バイオ燃料の利用が中心的に進められる。バイオ燃料で懸念される食料との競合は、食料向けと燃料向けで作付けが分かれている国では発生しない。

- シナリオ 1 の世界では、経済成長の伸び悩みと強い気候対策から、エネルギー需要は横ばいに留まる。石油需要がシナリオの中で最も小さくなる結果、原油価格は低迷する（\$64/bbl、2020 年価格）。また、脱炭素化の取り組みが加速する中で、電気料金は平均で 50%増となるが、政府介入によって産業向けは低く抑えられる。このような中、ASEAN 域内では BEV の地位が確立され、税制上も有利に扱われる。一方ガソリンは、原油価格は低迷するものの、気候変動対策の観点から高い税金が課される。バイオ燃料は最大限活用されるが供給量（供給能力）には制限があるため、ASEAN においては天然ガス車の見直し（利用促進）の可能性もある。
- ASEAN のエネルギーシステムとしては、まずは省エネの徹底的な追求が図られ、天然ガス利用と効率改善が加速される。また、トランジション技術としてのガスやアンモニア混焼が進展する。エネルギー安全保障の観点から、域内での水素・アンモニア流通が志向される（地域にとって Affordability の重要性が高いため、域内でのブルー・グリーン水素製造・流通によるプロフィットシェアリングが目指される）。石炭はアンモニア混焼、ガスについては CCS の利用で段階的な脱炭素化が目指される。欧米の支援によって再生可能エネルギー（太陽光中心）の導入が拡大するが、国産・域内の技術に依存する。

3. シナリオ 2 の概要：経済安全保障が強化される一方、気候変動対策が失速

3.1 社会・経済

- 各国が経済安全保障を重視することで経済のブロック化が進展する。この体制は経済効率・コスト最小化を追求する世界から乖離し、成長市場の囲い込みによって戦略的重要物資は高コストとなる。また、世界全体の市場規模が縮小すると同時に、あるブロックに属する企業がアクセス可能な市場も限定されるようになる。その結果、経済成長は伸び悩む（経済成長率 1.5%）。このシナリオではブロック化が進展する中で、安全保障面、エネルギー（化石燃料）供給面での長期（構造）的な中口の結びつきが強まる。
- ASEAN では、経済や社会構造の転換が進まず、現在の課題がそのまま継続（場合により悪化）する。安価なエネルギー供給国に追従する傾向となる（開発をしても基本的に自給は困難）が、いずれかのブロックに積極的に参加するのではなく、どのブロックに対しても ASEAN 地域が最も裨益するような付き合い方を選択する。
- 気候変動の観点では、低炭素化は進むものの速度が遅く、世界は 2°C 目標を達成できない。気候変動対策が経済成長に結びつかないことが明確になることで、先進国主導の気

候変動対策の強化に対する新興国の反発が強くなり、COPの枠組みが維持できなくなる。国際的な枠組みの崩壊によって「適応」のための資金すら十分に循環せず、気候変動対策への取り組みはシナリオの中でもっとも劣後する。一方、ブロックへの囲い込みの一環として、東南アジアや南アジア、アフリカを対象として二国間の資金提供は増加する。世界で共有すべき社会的価値としての気候変動の位置づけが薄れ、国ごとあるいはブロックごとに経済合理的なエネルギーを選択するようになる。

3.2 モビリティ

- 経済のブロック化によって経済発展のポテンシャルが限定されることで、ASEANにおいては現在の都市構造が固定化される。その中で、大都市の経済効率化のため、公共交通網（鉄道・地下鉄・バス）の整備が目指される。また、すでに建設された新都市周辺の幹線道路では物流の自動運転の導入が検討される。
- 世界的には、経済のブロック化によって自動車市場のパイも小さくなる。パワートレインでは、気候変動対策が弱まることから、ICEやハイブリッド車（HEV）も利用され続ける。このような中、ASEANの自動車産業は、電動化を一部含むがICEを中心として、自国市場と途上国向けの輸出拡大を産業政策として推進する。
- シナリオ2の世界では、経済成長の停滞からエネルギー需要は横ばいに留まるが、気候変動対策の圧力が弱まることから石油需要は新興国・途上国を中心に維持される。市場が分断されるため、原油価格をはじめとする化石燃料価格は複数の価格が併存する（2050年に\$100/bbl（2020年価格））。電気料金は、化石燃料への依存がコストを押し上げるが、エネルギー需要が抑制されるため上昇は緩やかとなる。ASEANにおいて、ガソリン価格は現状並みから高値で推移し、電気料金も相対的に高い水準となる。気候変動対策が弱まることでバイオ燃料の利用もあまり進展せず、余剰作物を利用する程度にとどまる。一方で、天然ガス車の利用は拡大する。
- ASEANのエネルギーシステムは、省エネ推進が第一となる。石炭火力は引き続き主力電源となり、その脱炭素化は国産のアンモニアやバイオ混焼ができる範囲内で進む。この地域ではAffordabilityが重視されるため、再生可能エネルギーの導入は経済性見合いに留まり、自給率向上を目的とした再生可能エネルギーや原子力の導入は進展しない。電源の脱炭素化が進まないことから自動車の電動化も進まない。

4. シナリオ3の概要：経済安全保障への懸念が弱まり、気候変動対策も失速

4.1 社会・経済

- 世界的な自由貿易体制が堅持され、分業体制の下で経済最適なサプライチェーンが構築される。気候変動対策の優先度は低く、化石燃料が引き続き利用される。資源国や新興国が経済成長をけん引するという現状が維持される。消費者にとって技術やモノの

選択肢が多く、旺盛な消費が続く社会。足元のインフレの後遺症やグリーン投資の経済的な失敗から 2030 年前後までは世界経済は減速するが、その後自由貿易体制の復活や気候変動対策による制約の減少から、世界経済は新興国がけん引する堅調な経済成長の道筋に復帰する（経済成長率 2.5%）。

- ASEAN は、中国に匹敵する「世界の工場」ポジションを確立するが、政治体制は各国で異なり、中国のような統制力は持たない。ASEAN を含む新たな経済貿易枠組みが機能すれば、地域のパワーが拡大する可能性がある。
- 気候変動の観点では、世界は 2°C 目標を達成できないが 2100 年頃の温度上昇は 2.6°C 程度となる（IEA WEO2021, STEPS を目安）。経済成長に結びつかない先進国主導の気候変動対策の強化に対する新興国の反発が強くなる。一方で気候変動は進行するため、新興国を中心に「適応」を志向するようになる。地政学的な対立は管理あるいは緩和されることから COP の枠組みは維持されるが、緩和ではなく適応に重点を置いた議論が中心となる。
- ASEAN において、気候変動政策は進まない。気候影響の増大により、先進国からの資金提供をさらに求める。

4.2 モビリティ

- 世界的に大都市への人口集中や周辺地域の過疎化といった状況が続く中で、ASEAN においても大都市への人口集中が継続し、機能破綻（衛生問題、貧富格差）を起こす都市も増加する。また、いくつかの新都市建設が行われるが、スマート化した都市（分散化、デジタル技術により最適化した都市）ではなく従来型の都市が増加する。
- 都市部においても自動車が必要となるなど、世界的に自動車に対するニーズが高い。気候変動の制約が弱く、またグローバル化した市場でのイノベーションの発揮から自動車技術の選択肢が最も多く、BEV や ICE など多様な技術が併存する。自動車技術の選択肢の多さは、途上国の自動車市場の拡大を後押しする。ASEAN においても都市集中が続くことから、2 輪から 3 輪、4 輪への車両需要の変化は継続する。渋滞や大気汚染が深刻化するため公共交通の整備・利用率向上に取り組まれるが（政策的なウエイトはまず公共交通の整備に置かれる）、供給能力が不十分にとどまる。なお、ASEAN の公共交通は、多量輸送のみならず小規模な乗合を含む。大気汚染対策あるいは石油輸入削減の対策（例としてインドネシア）として BEV の導入が一部進展する。また、物流量の増加にともなって貨客混載などが現場で進み、ビジネス化する可能性がある。このような状況下において、ASEAN の自動車産業は、ICE を中心に途上国向けの輸出拡大（従来の中国ポジション）が産業政策として推進される。
- シナリオ 3 の世界では、石油需要が伸びるため原油価格は相対的に高い（2050 年に \$88/bbl（2020 年価格））。また、電気料金は、価格が上昇する化石燃料への依存が残るため値上りする。ASEAN において、ガソリン価格は現状並みから高値で推移し、電気

料金も相対的に高い水準となる。気候変動対策が弱まることでバイオ燃料の利用もあまり進展せず、余剰作物を利用する程度にとどまる。一方で、天然ガス車の利用は拡大する。

- ASEAN のエネルギーシステムでは、既存の石炭火力発電所の利用が継続され、安価なガスの利用が進展し、LNG 需要が増大する。

5. シナリオ 4 の概要：経済安全保障への懸念が弱まり、気候変動対策は加速

5.1 社会・経済

- 世界的な自由貿易体制が堅持され、世界的な分業体制の下で経済最適なサプライチェーンが構築される。グリーン投資が経済成長につながり、先進国・途上国ともにクリーンエネルギー利用を中心とした市場拡大、経済成長を実現する。世界の経済成長率は他シナリオと比較して最も大きくなる（経済成長率 3%）。
- 世界経済のパワーバランスをみると、化石燃料資源国の地位が相対的に低下し、欧米中がグリーン成長の恩恵を最も受ける。世界的な経済成長にともないエネルギー需要も拡大するが、化石燃料に対する投資は進まない。
- 世界は、1.5°C 目標を達成する。気候変動に関する世界的なルールメイキングにおいて、欧州が主導してグローバルスタンダードが生まれ、世界的な支援枠組みの中で途上国への資金拠出・技術移転が行われる。COP の枠組みが機能し続ける。また、金融面でも気候変動の圧力は強く、世界的にグリーン投資への優先順位付けが強まる（優先順位の付け方は国によって差異がある）。
- このような中、ASEAN は中国の「世界の工場」ポジションの代替を目指す。気候変動対策が重視されるため、技術支援をどこから得るかというパートナー選びの重要性が増し、経済・政策面での海外依存度が高まる。また、気候変動対策コストがかかるため、生活コストは上昇する。

5.2 モビリティ

- 世界的には、気候変動対策の観点（脱炭素化、効率的なエネルギー利用）から都市のスマート化（分散化、デジタル技術による最適化）が強く進む。都市の一極集中は環境負荷が高いとの考えから、都市は小規模に分散する。ASEAN においては、既存の大都市では環境対策の遅れから都市の発展が停滞する一方、周辺の新都市開発（分散型のスマートシティ、ただし ASEAN では 2050 年までは規模の大きな都市を追求）が進展する。
- ASEAN の新都市は道路の整備水準が高く、物流に加え人の移動でも自動運転の導入が進む。自動車は BEV 化し、自動運転を活用したシェアサービスの普及が進む。新都市建設における支援国（米欧中）の規格に基づく UAM が中距離移動の選択肢として導入される。

- 世界の自動車産業では、気候変動対策の観点からゼロエミッション電力の供給拡大と合わせて BEV の占有が拡大する。自動車技術の選択肢が少なく、また BEV は技術的差別化も難しいため、各種サービスやコンテンツによる差別化が進む。生産と国内市場の規模から、中国が BEV 生産の中心となる。そのような中、ASEAN の自動車産業においても、産業振興の観点から乗用車の BEV 化が進展する。インドネシア・タイでは、選択肢の一つとしてバイオ燃料が活用される。
- シナリオ 4 の世界では、普及拡大がコストを下げるという好循環が生まれ、再生可能エネルギーがエネルギー供給の中心となる。先進国・途上国の双方において石炭火力発電の早期退出が実現されるため、移行期には短期的な需給のインバランスと、それに起因する化石燃料価格の変動が起り易くなる。シナリオ 4 の結果として、原油価格は 2050 年に \$24/bbl (2020 年価格) となる。脱炭素化に向けた取り組みの中で電気料金は大きく上昇し、平均 50% 増加となる。水素供給価格は、2030 年に 30 円/Nm³、2050 年に 20 円/Nm³ 以下と日本政府の目標を達成する。ASEAN では、近・中距離移動における BEV の地位が確立され、税制上も有利に扱われる。電気料金は上昇するに加え、高い課税も見込まれる。化石燃料価格の下落にともないガソリン価格も低下するが、気候変動対策の観点から高い税金が賦課される。また、バイオ燃料は域内で最大限活用されるものの、絶対量は供給制約から制限される。水素供給価格が大きく低下することから、運輸部門における水素利用が推進される。
- ASEAN のエネルギーシステムでは、石炭火力発電は早期退役を余儀なくされ、再生可能エネルギーへの転換が進められる。ガス火力発電に対しても脱炭素化の圧力強まり、水素混焼や CCS の併置などが求められるようになる。欧米支援により太陽光等の再生可能エネルギーの導入が拡大し、日本支援の水素・アンモニアはマージナルなものとなる。

6. まとめ

本稿では、ASEAN を中心に 2050 年を射程にエネルギー供給構造とモビリティ分野の将来像を描いた。ASEAN は、今後も人口増加と経済成長が見込まれる地域であるが、そのようななかで脱炭素化の取り組みを進める必要がある。シナリオによって脱炭素化に向けた取り組みに濃淡はあるものの、いずれのシナリオにおいても乗用車の電動化は進展する。特に電源の脱炭素化が進むシナリオでは、国内の産業振興の観点も加わり乗用車の電動化に積極的に取り組むことが考えられる。

同時に、ASEAN では公共交通機関の整備も大きな役割を果たす。都市構造はシナリオごとに異なるが、小規模な新都市での脱炭素化に貢献する移動手段、大都市の経済効率化を支える大規模輸送、あるいは渋滞や大気汚染の深刻化を緩和するための措置、というそれぞれの観点から、鉄道や地下鉄、バスといった公共交通機関の整備が期待される。

また、前述のとおり、ASEANのエネルギー供給構造や自動車産業を検討するうえで、重要視されるのは Affordability（手頃な価格）である。同地域ではカーボンニュートラル目標をはじめ野心的な目標を掲げる国もある中で、現実的なエネルギー移行の重要性は一層高まっている。エネルギー移行の道筋は一本ではなく、モビリティ分野においても幅広い技術を活用することが求められる。特に、電動化が難しい大型車では、バイオ燃料や天然ガスの利用も考えられ、多様な技術を用いることが同地域の運輸部門の脱炭素化に貢献すると言えよう。

おわりに

カーボンニュートラルの実現といった気候変動対策の流れに加え、ロシアによるウクライナ侵攻を受けて、世界のエネルギーやモビリティを取り巻く状況や方向性は、より不確実にそして不透明になっている。そこで今回シナリオ分析を実施し、「2030年までに（各国で）気候変動対策が強化されるか」と「2025～2030年までに各国が経済安全保障を重視する政策を強めるか」という2つを分岐点とした。2つの軸で整理をすると、世界及び地域について大きく異なる将来像を描くことができる。その中で、前述のように ASEAN のモビリティやそれに関連したエネルギーの将来も相当に違ったものとなり得る。

不確実性が高く、不透明感の強い世界を前提とすれば、今後は、本稿で描いたどのシナリオに向かって現実世界が動いていくかに細心の注意を払い、それに合わせた対応戦略を柔軟にかつ遅滞なく実施していくことが重要となる。

以上

お問い合わせ: report@tky.ieej.or.jp