

strategy&

Part of the PwC network

ゼロエミッション トラック輸送を実現する

トラックスタディ2020
商用車の脱炭素化への道筋

略語一覧

- APT: Alternative Powertrain 代替パワートレイン
- BET (BEVトラック): Battery Electric Truck バッテリー式電気トラック。本レポートではBETトラックとBEVトラックは区別せずに用いる
- CAT: Catenary Hybrid Truck 架線式ハイブリッドトラック
- FCT (FCトラック): Fuel Cell Truck 燃料電池トラック。本レポートではFCTトラックとFCトラックは区別せずに用いる
- HDT: Heavy Duty Truck 大型トラック
- ICE: Internal Combustion Engine 内燃機関。本レポートではICE搭載トラックの意で用いる場合もある
- LDT: Light Duty Truck 小型トラック
- PoS: Point of Supply 燃料供給の拠点設置地点
- Synfuel: Synthetic Fuels 合成燃料。CO₂を回収し、水素と反応させて生成する。既存の内燃機関エンジンや燃料充填インフラを流用できる。カーボンニュートラルなものは、e-fuelとも呼ばれる
- SYT: Synfuel Truck 合成燃料トラック
- TCO: Total-Cost-of-Ownership 総所有コスト。車両購入時のインシヤルコストだけでなく、燃料費やメンテナンス費などランニングコストを加味している

トラックの電動化は、 次の10年の必須課題。 欧州では、2030年にトラックの 30%以上がゼロエミッション化 される見通し



ゼロエミッショントラックは、来るべき未来である

トラックの電動化は避けて通れない。ただし、ゼロエミッションのLDT(小型トラック)はコスト競争力が向上しているが、長距離輸送用のHDT(大型トラック)では、総所有コスト(TCO)が高くなるリスクがある



複数のテクノロジーが併存・競争する

HDTの場合、ディーゼルトラックに簡単に取って代わるようなゼロエミッション技術はない。バッテリーや燃料電池を使用した電動車が有望に見える一方、架線式電動トラックはインフラ初期投資が大きいことから魅力が乏しい。合成燃料は補完的に混合燃料として使用される可能性がある



ゼロエミッショントラックは、コスト競争力を持ちうる

OEM各社は、BEVトラックやFC(燃料電池)トラックの技術開発と量産化に重点を置く必要がある。ゼロエミッションのHDTが、従来型の化石燃料トラックに対してTCOで優位に立つには、廉価な燃料価格と長寿命バッテリーの実現がカギとなる



2025年以降に急速に普及が始まる

ゼロエミッションLDTは、2025年以降に大きな市場シェアを獲得し、ゼロエミッションHDTは2030年以降に広く普及すると予測される

目次

- 1 動機付け
- 2 パワートレイン技術
- 3 公共インフラ
- 4 総所有コスト(TCO)
- 5 市場の見通し
- 6 提言



1 動機づけ

トラックは道路輸送のCO₂排出の主な要因であるため、OEM各社はトラックのポートフォリオ全体を電動化する必要がある



外部からのプレッシャー

商用車メーカー(OEM)は、環境規制に準拠するためトラックのポートフォリオを電動化するよう圧力をかけられている。欧州では、OEM各社は2030年までに新車販売車両のCO₂排出量を30%以上削減することが規制により義務付けられている



透明性と持続可能性

ドイツの道路輸送におけるトラックのセグメント別の温室効果ガス排出量を詳しく見ると、HDT(大型トラック)がCO₂排出量の約66%を占めていることが分かる。したがって、これらのHDT車両の電動化は最も重要な課題である



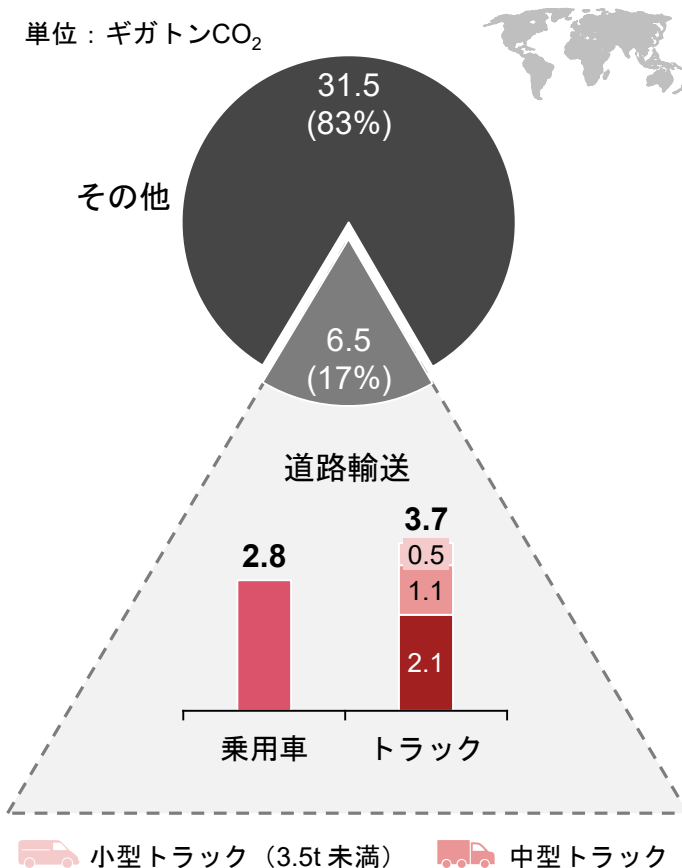
長距離トラックの電動化が大きなチャレンジに

技術的な観点から見ると、必要な航続距離が長くなり、総車両重量が重くなるほど、トラックの電動化はより困難になる。したがって、長距離のHDTの脱炭素化が、主要な課題として浮かび上がっている

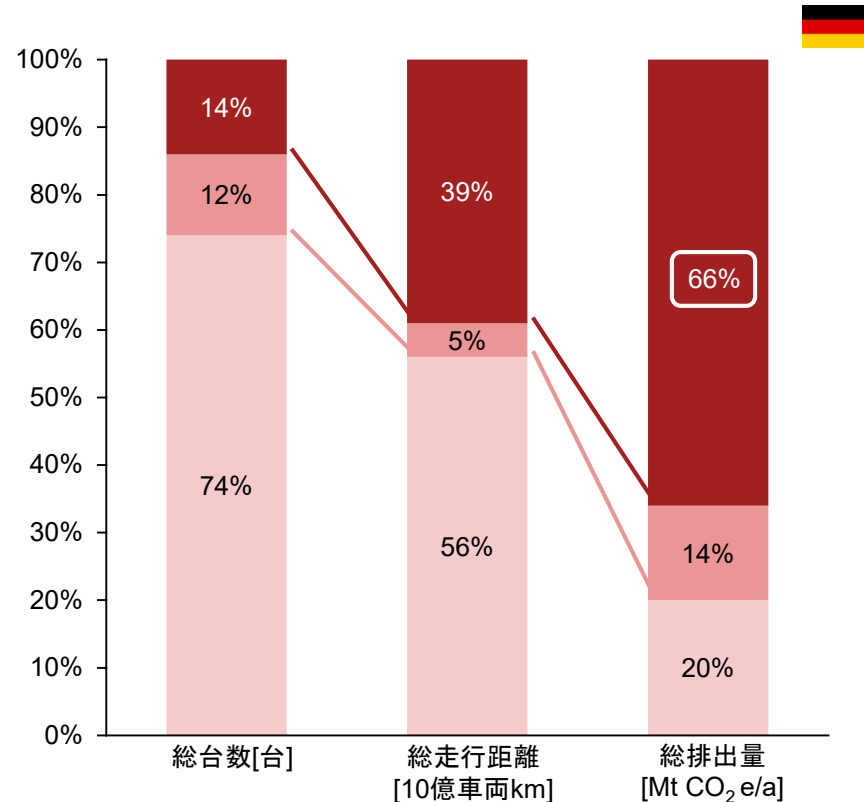
トラックは世界のCO₂排出量の大きな要因となっている。ドイツの道路輸送によるCO₂排出量のうち66%が大型トラックによるものである

世界のCO₂排出量と主な市場推移

世界の人為的CO₂排出量



ドイツにおけるトラックの台数、走行距離、排出量



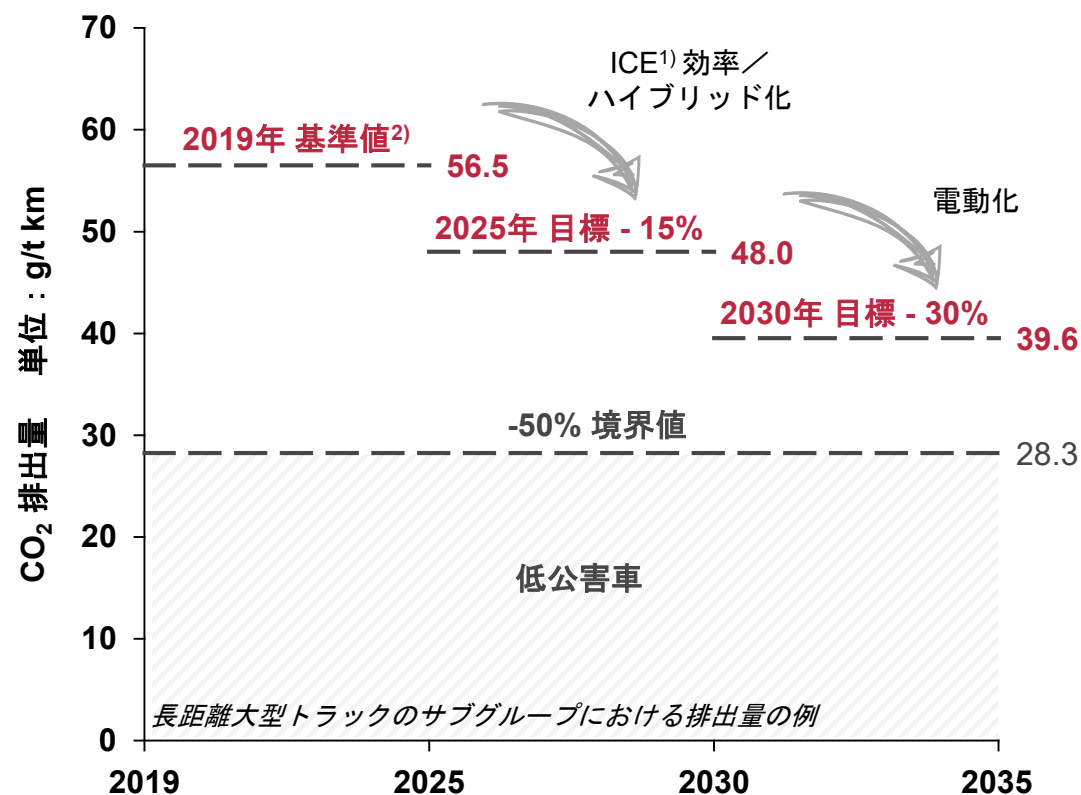
重要ポイント

- トラック輸送セクターが、世界全体で1年間に排出するCO₂は、3.7ギガトンに上る
- ドイツのトラック保有台数は約270万台で、LDT(小型トラック)がその過半(74%)を占める
- しかし、大型トラックが総走行距離の39%、総排出量の66%を占めている

複雑なEUの排出ガス規制の下、2030年までに厳しい排出ガス目標値を達成するため、OEM各社は大型トラックの電動化推進を迫られている

EUの排出ガス規制と長距離大型トラック(HDT)のCO₂排出量への影響

HDTに適用されるEUの排出ガス規制



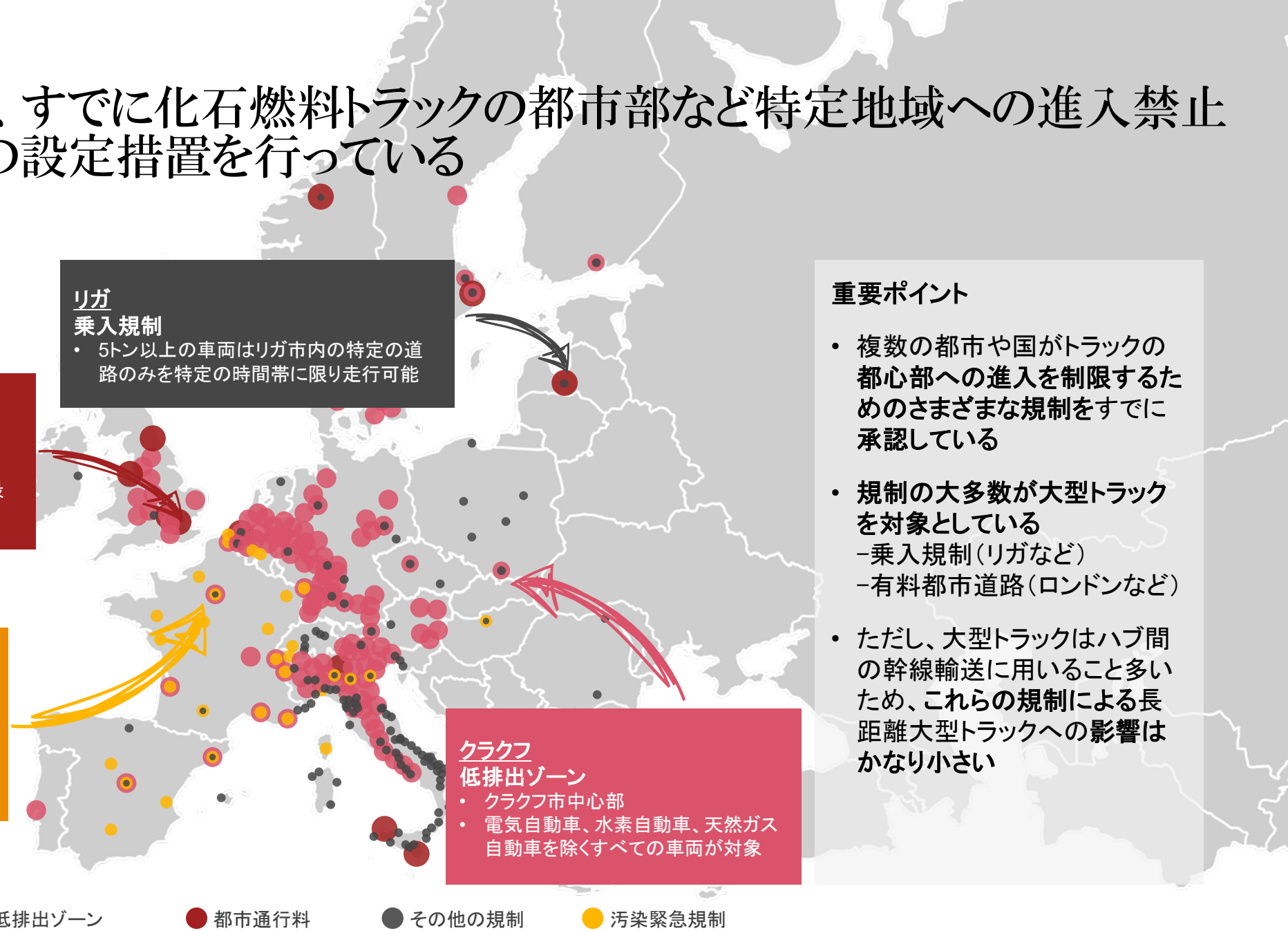
排ガス規制の主な内容

- 新車販売されるHDTの平均CO₂排出量を、2019年値を基準として2025年までに15%削減、2030年までに30%削減する
- 18の車両群のうち4つが規制の対象となり、利用プロファイルにより都市型、地域型、長距離といったサブグループに分けられる
- サブグループの分類は、キャビンタイプとエンジン出力に基づいて決定される
- ゼロエミッション車と低公害車にはインセンティブが与えられる
- フリート(車両全体)のCO₂排出量の計算には、走行距離と最大積載量の重みづけ係数が使用される
- 特定のサブグループのCO₂排出量は、それぞれの走行距離とCO₂排出量への影響を反映するため、他のサブグループよりも高い重み付けの計算がなされる
- 2025年から2029年まで、OEMは車両1台あたり、超過した排出量g CO₂/t・kmごとに最大4,250ユーロの罰金を支払わなければならない。この罰金は2030年以降、g CO₂/t・kmごとに6,800ユーロに増額見込み

1) ICE= 内燃機関、2) 数値は暫定基準値に基づく(ACEA, 2020を参照)
出所: EU(2019)、Strategy&分析








複数の都市や国が、すでに化石燃料トラックの都市部など特定地域への進入禁止や、高額な通行料の設定措置を行っている

各地の規制と厳格措置(例)



トラックのセグメントごとに、ユーザー要求とユースケースが異なる。 長距離トラックの電動化が最も困難と想定される

トラックのセグメント別ユースケース

セグメント	小型トラック			中型トラック		大型トラック																																											
	業者車両	都市型カーゴ	自治体公用車	ゴミ収集車	運送トラック	工所用トラック	長距離トラック																																										
ユースケース(例)																																																	
典型的な車両																																																	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 小型の商用車。多くは中小企業が使用 	<ul style="list-style-type: none"> 小包や郵便の配達に使われることが多い 	<ul style="list-style-type: none"> 市営サービスに使用 主に電気 / ガス / 水道の設備工事、公共工事、道路整備に使用 	<ul style="list-style-type: none"> ごみの収集とごみ処理施設への輸送に使用 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的重い品物の輸送に使用 	<ul style="list-style-type: none"> 地元のニーズに合わせたさまざまなタイプの工所用車両 	<ul style="list-style-type: none"> 大量 and/or 重い荷物の輸送に主に使用 																																										
輸送距離	<ul style="list-style-type: none"> 物資を同一地域内で輸送 	<ul style="list-style-type: none"> 同一都市内かその近郊エリア内の輸送 	<ul style="list-style-type: none"> 同一都市内かその近郊エリアの輸送 	<ul style="list-style-type: none"> 同一都市内かその近郊エリアの輸送 	<ul style="list-style-type: none"> 異なる地域間での輸送 	<ul style="list-style-type: none"> 物資を異なる地域間で輸送 	<ul style="list-style-type: none"> 物資を異なる国間で輸送 																																										
一般的な1日の走行距離(km)	<table border="1"> <tr> <td><200</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>200-400</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>>400</td> <td>5%</td> </tr> </table>	<200	60%	200-400	35%	>400	5%	<table border="1"> <tr> <td><200</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>200-400</td> <td>45%</td> </tr> <tr> <td>>400</td> <td>5%</td> </tr> </table>	<200	50%	200-400	45%	>400	5%	<table border="1"> <tr> <td><200</td> <td>95%</td> </tr> <tr> <td>200-400</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>>400</td> <td>0%</td> </tr> </table>	<200	95%	200-400	5%	>400	0%	<table border="1"> <tr> <td><200</td> <td>90%</td> </tr> <tr> <td>200-400</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>>400</td> <td>0%</td> </tr> </table>	<200	90%	200-400	10%	>400	0%	<table border="1"> <tr> <td><200</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>200-400</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>>400</td> <td>10%</td> </tr> </table>	<200	50%	200-400	40%	>400	10%	<table border="1"> <tr> <td><200</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>200-400</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>>400</td> <td>0%</td> </tr> </table>	<200	80%	200-400	20%	>400	0%	<table border="1"> <tr> <td><200</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>200-400</td> <td>45%</td> </tr> <tr> <td>>400</td> <td>50%</td> </tr> </table>	<200	5%	200-400	45%	>400	50%
<200	60%																																																
200-400	35%																																																
>400	5%																																																
<200	50%																																																
200-400	45%																																																
>400	5%																																																
<200	95%																																																
200-400	5%																																																
>400	0%																																																
<200	90%																																																
200-400	10%																																																
>400	0%																																																
<200	50%																																																
200-400	40%																																																
>400	10%																																																
<200	80%																																																
200-400	20%																																																
>400	0%																																																
<200	5%																																																
200-400	45%																																																
>400	50%																																																

400km以上は電動化の技術的ハードルが高い

出所：ETISplusデータ、Eurostatデータ、komDRIVE（2016）、Strategy&分析

大型トラック脱炭素化のための
主なパワートレイン技術は4つ。
しかし、あらゆる点でディーゼル
燃料を代替できる特効薬的
技術は存在しない



大型トラックを脱炭素化するための選択肢

現在、大型トラックの脱炭素化に向け、4つの代替パワートレイン技術が検討されている。架線式ハイブリッドトラック(CAT)、水素駆動燃料電池トラック(FCT)、純粋なバッテリー式電気トラック(BET)、そして、合成燃料で駆動する内燃機関トラック(SYT)である



それぞれの技術の異なる利点

これらの技術にはディーゼルと比較してそれぞれ異なる利点がある。BET技術およびCAT技術は、Well-to-Wheel効率が70%以上という基準を達成できていない。CAT技術とSYT技術は、比較的安価なパワートレイン技術であり、車両総コストを抑えられるのが利点である。FCT技術は、他の各技術に対して中間的な特徴を持つ



さまざまな欠点

すべてのパワートレイン代替技術には、化石燃料パワートレインと比較して不利な点があることは否めない。たとえば、SYT技術は非効率な面があり、BET技術とFCT技術はコストが高い

大型トラック脱炭素化のためのグリーン技術として、バッテリー電力、架線、燃料電池、合成燃料の4つの選択肢が存在する

大型トラックのポワートレイン技術：概要

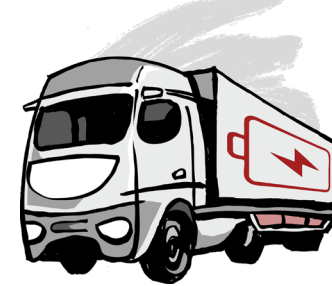
トラック区分	小型トラック		中型トラック		大型トラック	
ユースケース	業者車両	都市型カーゴ	自治体公用車	ゴミ収集車	運送トラック	長距離トラック

ポワートレイン代替技術



合成燃料トラック(内燃エンジン)

電気を「合成燃料」へ変換し
(Power-to-LiquidまたはPower-to-Gas)、内燃機関で駆動¹⁾



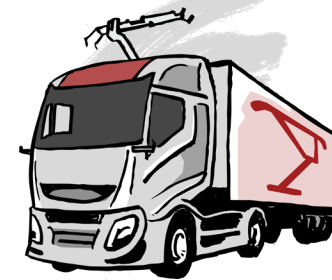
バッテリー式電気トラック(BET)

推進力となる電気モーターに直接電気を
使用し、エネルギー貯蔵としてバッテリーを使用する



水素駆動燃料電池トラック(FCT)

水電解による水素を燃料電池で電気に
変換し、電気モーターで駆動





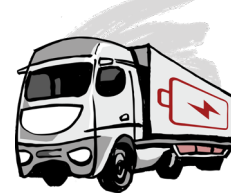


架線式ハイブリッドトラック(CAT)

モーターで電気を直接使用して駆動する。
小型電池にエネルギーを蓄えつつ、
主には架線を介して転送されるエネルギーを使用

¹⁾本レポートでは、合成ディーゼル燃料はカーボンニュートラル(つまり空気中のCO₂を使用して生成されたもの)であると想定している

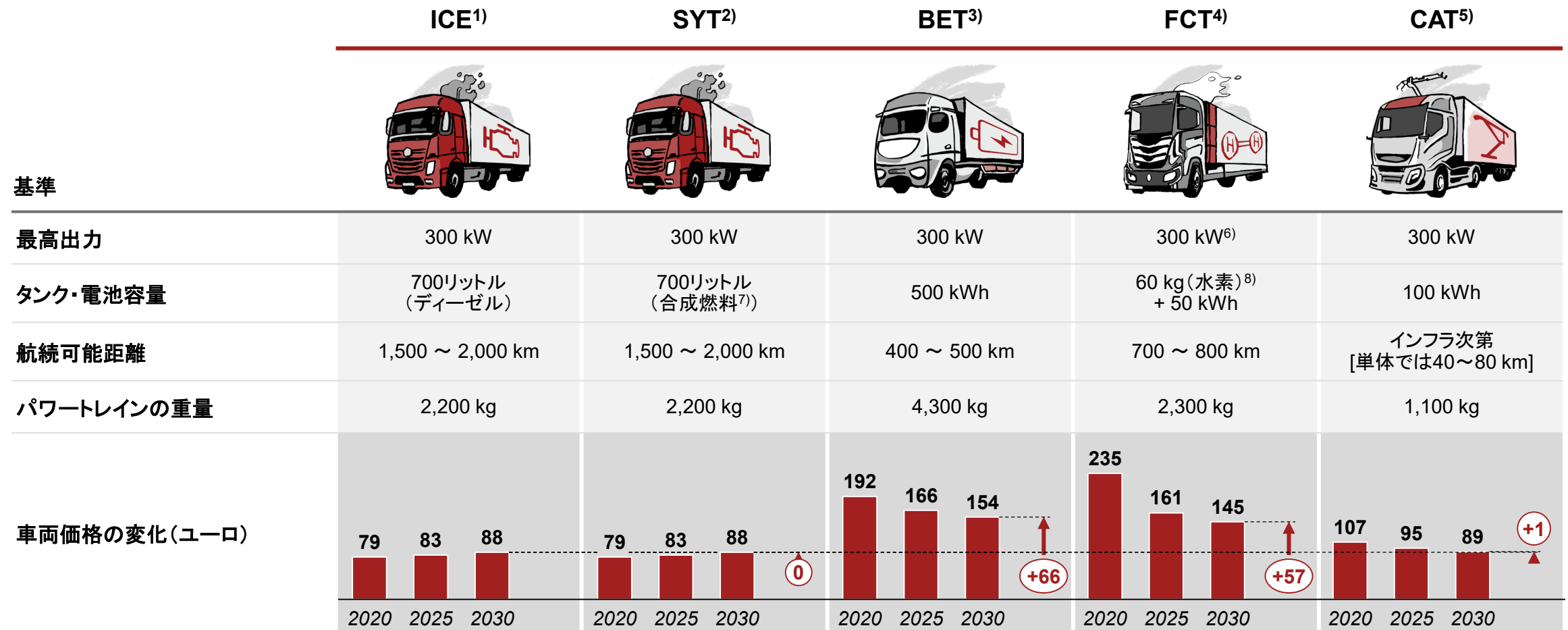
いずれの代替技術にも欠点があるため、既存のディーゼルエンジン(ICE)に代わるカーボンニュートラルな特効薬的技術は存在しない

大型トラックのパワートレイン技術：一般的な特徴と評価

		ICE ¹⁾	SYT ²⁾	BET ³⁾	FCT ⁴⁾	CAT ⁵⁾
基準						
経済面	車両への投資額	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
	燃料費	⊖	⊖	⊕	⊖	⊖
技術面	積載量	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
	航続可能距離	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
環境面	CO ₂	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕
	社会的受容	⊖	⊕	⊕	⊕	⊖
パワートレインごとの特徴		“航続可能距離は長いが環境面では厄介者”	“長い後続距離にも対応できる従来のICEのクリーン版”	“短い距離なら最も効率がよいオプション”	“セクターカップリングを前提にした、航続可能距離の長い代替案”	“効率性は良いが、現状は嘸ませ犬(本命にはなっていない)”

代替パワートレイン搭載の大型トラックの導入には追加の車両投資が必要。 2030年にはBETとFCTのコストはICEに比して6万ユーロ高くなる

大型トラックのパワートレイン技術：技術経済面での特徴



■ パワートレインの
コスト(単位:千ユーロ)

ⓧ 2030年のICEと比較
した追加コスト

1) ICE= 内燃機関搭載のトラック、2) SYT= 合成燃料トラック、3) BET= バッテリー式電気トラック、4) FCT= 水素駆動燃料電池トラック、
5) CAT= 架線式ハイブリッドトラック、6) 200kWが燃料電池の出力、7) 合成ディーゼル燃料、8) 水素は70MPaで保管
出所: Strategy&分析

欧州全体で新たに設置が必要な燃料充填・充電インフラは僅少。2030年から化石燃料に多大な炭素税が課され、代替燃料の競争力が高まる見込み



欧州では新たな燃料共有地点はほぼ不要

欧州で代替動力の大型トラックを供給するために新たに設置しなければならない供給地点(PoS: Pont of supply)インフラは少数である。技術動向次第ではあるが、高需要シナリオでも必要となるステーション数は1,500カ所未満¹⁾



代替技術の性質に応じたインフラ増設アプローチ

代替エネルギーのPoSインフラの増設においては、各技術の性質の違いがより際立つ。ハイパワー充電ステーションや水素ステーションのネットワークは市場の拡大に合わせて逐次構築できるが、他方、架線はあらかじめそれが普及の前提となるため、大規模な事前の敷設工事が必要



大きく異なるエネルギー需要とコスト

それぞれの代替パワートレインの効率性には大きな差があるので、特に高需要シナリオでの総エネルギー需要は大幅に異なる。高需要シナリオで必要となる電力は、直接電力を使用する技術(BET²⁾とCAT³⁾の場合、SYT⁴⁾に比して約80%少ない。最も可能性があるのは、2030年にディーゼル燃料に対してトンCO₂あたり55ユーロを超える炭素税が課されることで、新技術の燃料価格の競争力が高まるシナリオである

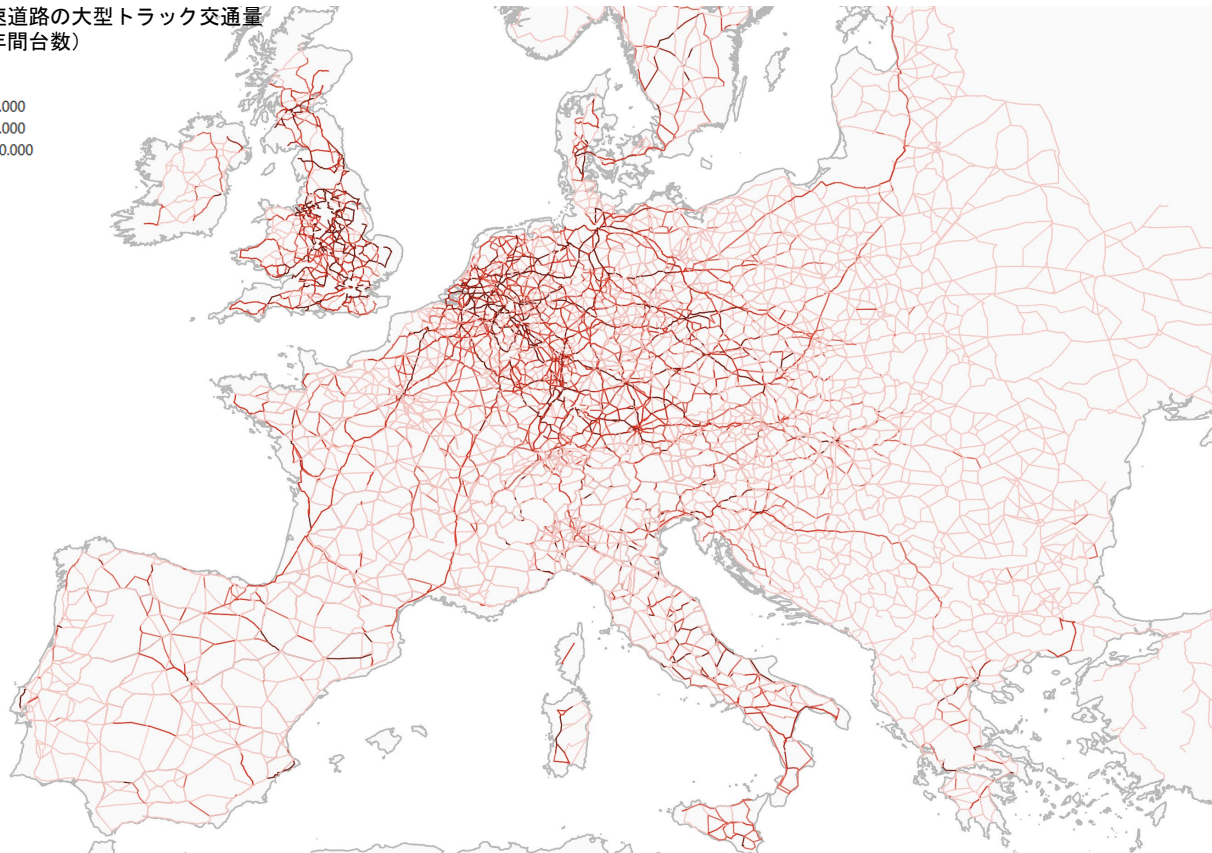
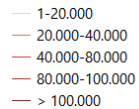
1) 本レポートでは最先端の最適化技法に基づきステーションネットワークの位置を決定している。詳細については、Rose (2020) DOI: 10.5445/IR/1000119521を参照、2) BET= バッテリー式電気トラック、3) CAT= 架線式ハイブリッドトラック、4) SYT= 合成燃料トラック

欧州の大型トラックの交通量は主に高速道路で発生し、年間860億車両km規模にのぼる。中でも、ドイツは欧州で最も大型トラックの交通量が多い

ドイツを含む欧州の大型トラック交通量

欧州

欧州の高速道路の大型トラック交通量
(単位: 年間台数)






出所: ETISplus (2010)、Eurostat (2018) のデータをもとに更新

重要ポイント

- 欧州全体における大型トラックの総走行距離は、年間**860億km**
- 欧州全体で、典型的な1回の走行距離は**300から500km**
- 一部の道路区間の交通量は、毎年最大**10万台**にのぼる
- 交通量が多いのは**ベネルクス、フランス、ドイツ**
- 東欧諸国の交通量は比較的少ない
- 交通量は年に約**2%**ずつ増加

大型トラック向けの新たな代替インフラのオプションは、ハイパワー充電設備、水素ステーション、架線である

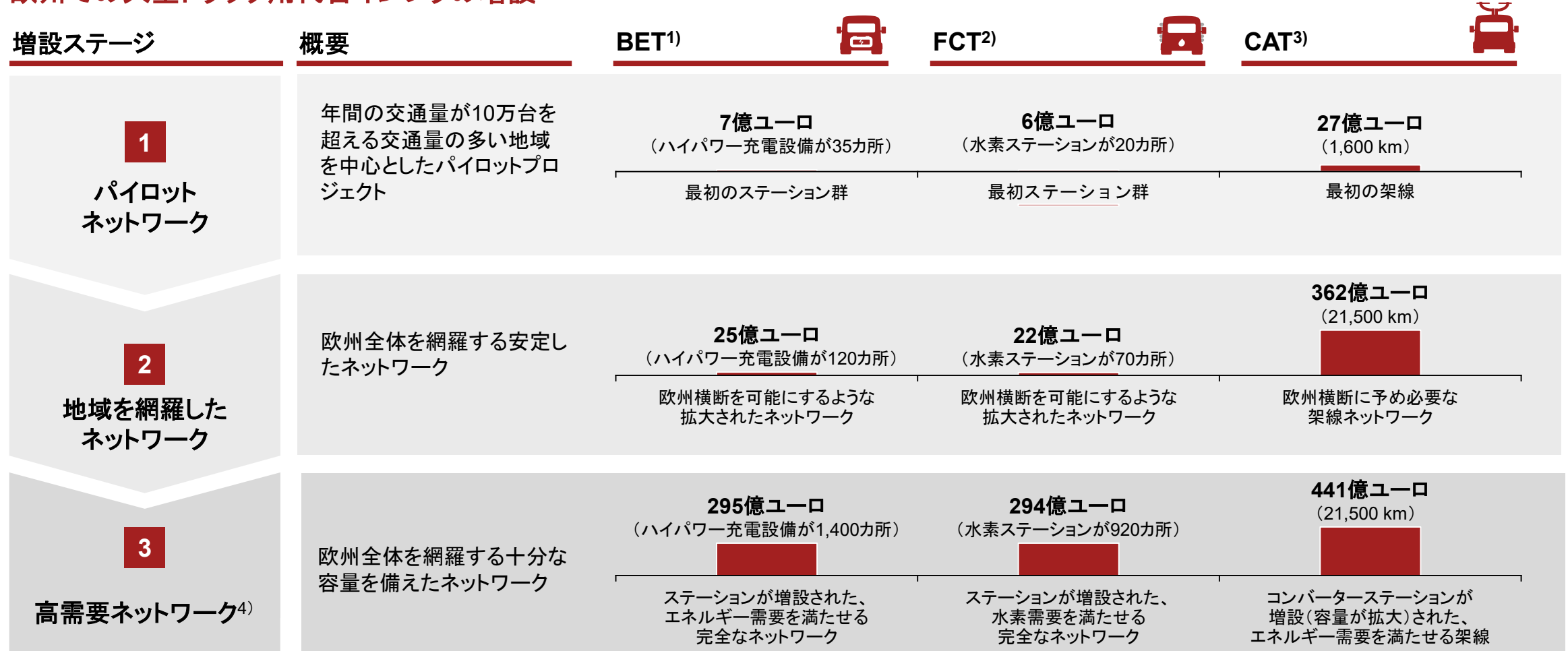
代替パワートレイン大型トラック向けのインフラの選択肢

	BET ¹⁾ – ハイパワー充電設備(HPC)	FCT ²⁾ – 水素ステーション(HRS)	CAT ³⁾ – 架線
外観			
補給時間	航続距離約400 km分を約30分でフル充電	70MPaで圧縮された水素の場合、航続距離約700 km分を約15分で補給	走行中継続的に充電
出力	充電器1台につき最大1.0 MW	ディスペンサー1台につき1分間に最大3 kgの水素を補給	1台につき最大350 kW
コスト	1日に600台の大型トラックの充電が可能30台の充電設備を備えた大型ステーション1カ所につき、約2100万ユーロの投資が必要	1日に600台の大型トラックに補給が可能16台のディスペンサーを備えた大型ステーション1カ所につき、約3200万ユーロの投資が必要	両方向1kmにつき、170万ユーロの投資が必要

1) BET= バッテリー式電気トラック、2) FCT= 水素駆動燃料電池トラック、3) CAT= 架線式ハイブリッドトラック
出所: Oeko Institute (2018)、Strategy&分析

大型トラック用の新しいインフラを増設する場合、欧州横断を可能にするような架線の新設にかかる費用が他の代替技術に比べて最も高い

欧州での大型トラック用代替インフラの増設



1) BET= バッテリー式電気トラック、2) FCT= 水素駆動燃料電池トラック、3) CAT= 架線式ハイブリッドトラック

4) 高需要ネットワークインフラについては、最適化モデル(NC-FRLM)により算出。また欧州の大型トラック通行量の約80%を網羅する。詳細についてはRose (2020)を参照

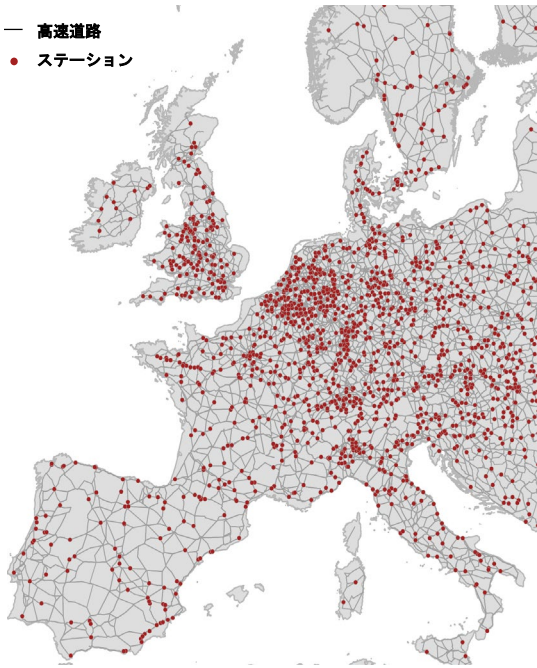
欧州の高速道路を走るすべての大型トラックをいずれか1つの代替技術に置き換える場合、どの技術を選ぶかにより必要となる代替インフラは大きく異なる

高需要ネットワーク¹⁾: 欧州の高速道路を走る代替燃料大型トラックの供給地点 (PoS) インフラ

SYT²⁾



— 高速道路
● ステーション



約2,400カ所の従来の高速道路上
ステーションが維持される

BET³⁾



— 高速道路
● ステーション

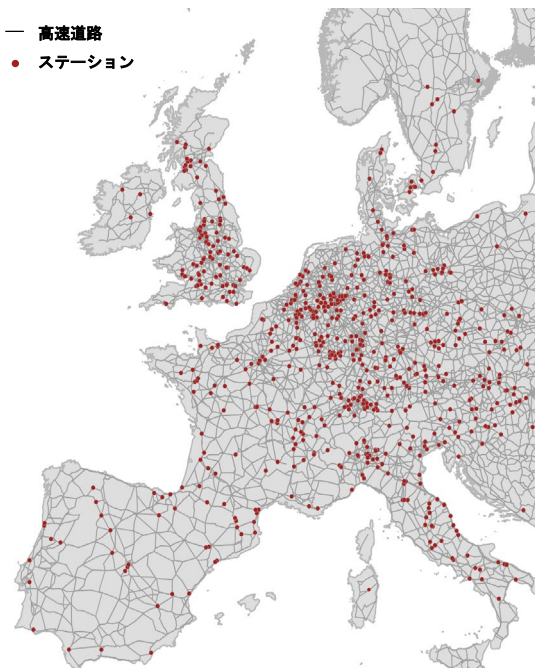


約1,400カ所のハイパワー充電ス
テーションの設置が必要

FCT⁴⁾



— 高速道路
● ステーション

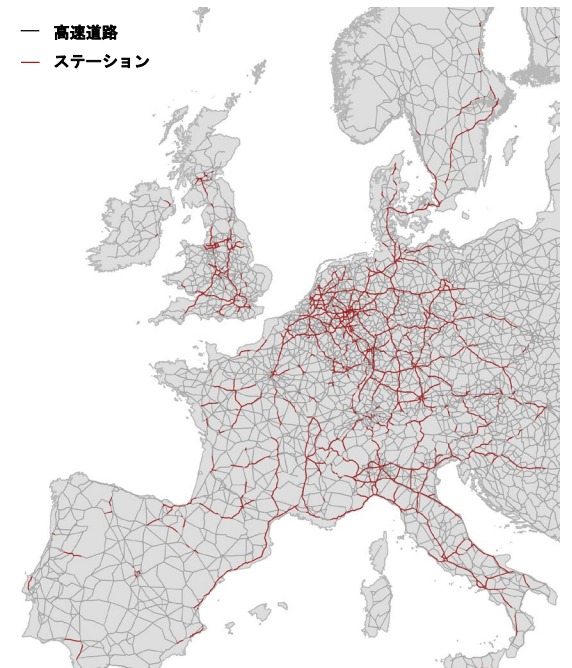


約920カ所の大型トラック用水素ス
テーションの設置が必要

CAT⁵⁾



— 高速道路
— ステーション

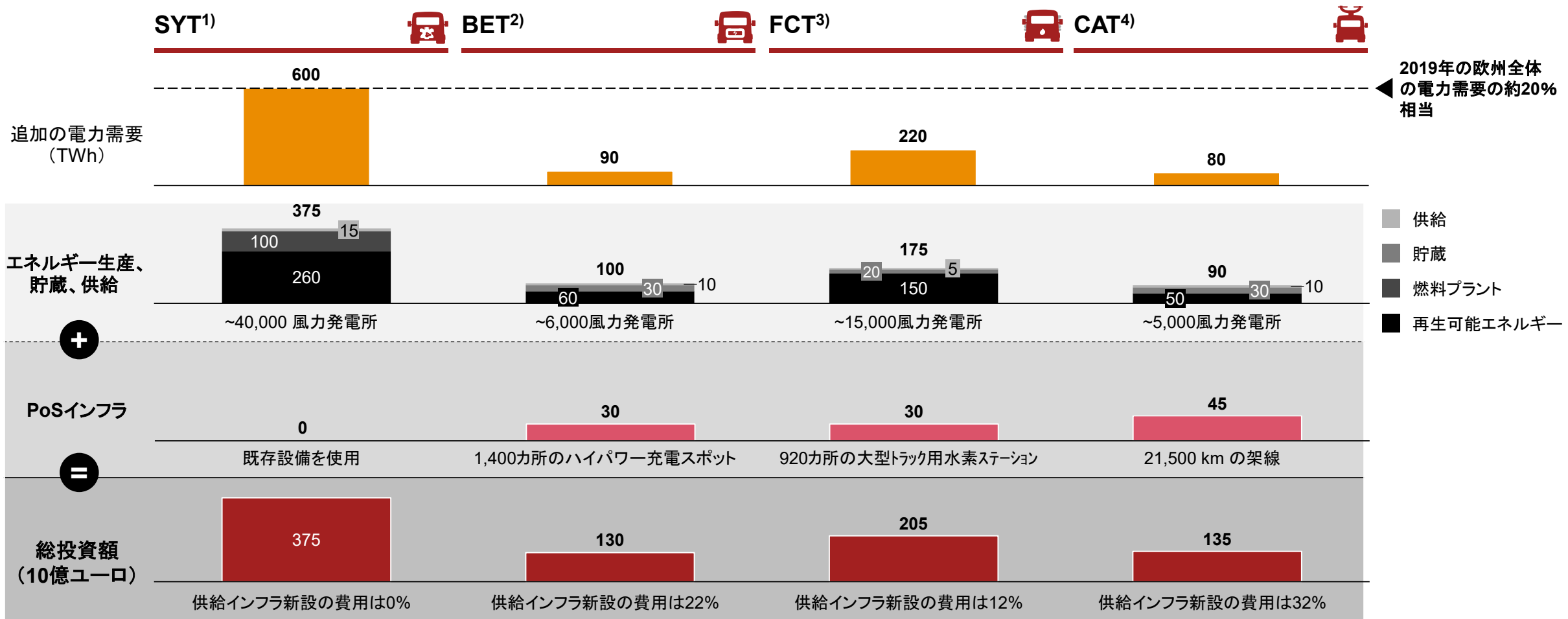


約21,500 kmの架線の敷設が必要

1) 高需要ネットワークインフラについては、最適化モデル (NC-FRLM) により算出。また欧州の大型トラック通行量の約80%を網羅する。詳細についてはRose (2020)を参照
2) SYT= 合成燃料トラック、3) BET= 純粋なバッテリー式電気トラック、4) FCT= 水素駆動燃料電池トラック、5) CAT= 架線式ハイブリッドトラック

ただし、供給インフラの新設費用が総投資額に占める割合は、追加で必要となる電力を生み出すためのコストに比べれば小さい

高需要ネットワーク¹⁾:追加電力需要と固定費の投資見積り(単位:10億ドル)








1) 高需要シナリオは欧州の大型トラック交通量の約80%をカバーしている。比較的エネルギー生産への投資額が少ないSYTには50%の輸入割当が課される。

2) SYT= 合成燃料トラック、3) BET= 純粋なバッテリー式電気トラック、4) FCT= 水素駆動燃料電池トラック、5) CAT= 架線式ハイブリッドトラック

出所: Strategy&分析

代替パワートレインごとの長距離トラック向けエネルギー価格に影響を与える主な脅威と機会は下記の通り

長距離トラックのエネルギー価格の主な脅威と機会(2030年)

	ICE ¹⁾ 	SYT ²⁾ 	BET ³⁾ 	FCT ⁴⁾ 	CAT ⁵⁾ 
高価格帯 (価格引き上げの可能性)	高い炭素税 1.4 €/L。現在、科学者の間でtCO ₂ あたり180ユーロが議論されている	地元で生産 電気の価格が60 €/MWhとした場合、合成燃料のNET価格は3.2 €/L	充電インフラの稼働率が低い 地域を網羅したハイパワー充電ネットワークで価格は0.39 €/kWh	水素供給インフラの稼働率が低い 地域を網羅した水素ステーションネットワークで価格は10.1 €/kg	架線ネットワークの稼働率が低い 地域を網羅した架線ネットワークで価格は0.95 €/kWh (架線使用料を含む)
基準ケース	成立済み炭素税 1.1 €/L。2025年から55 €/tCO ₂ の炭素税がすでにドイツで導入予定	混合生産 電気の価格が45 €/MWhとした場合、合成燃料のNET価格は2.3 €/L	充電インフラの稼働率が中程度 地域を網羅したハイパワー充電ネットワークで価格は0.29 €/kWh	水素供給インフラの稼働率が中程度 地域を網羅した水素ステーションネットワークで価格は6.8 €/kg	架線ネットワークの稼働率が中程度 地域を網羅した架線ネットワークで価格は0.57 €/kWh (架線使用料を含む)
低価格帯 (価格引き下げの可能性)	炭素税なし 0.9 €/L。化石燃料への社会的支持がある場合は、0 €/tCO ₂	合成燃料を輸入 例えば中東生産者などから大型船で電気価格30€/MWh(1.8 €/L)で輸入	充電インフラの稼働率が高い 地域を網羅したハイパワー充電ネットワークで価格は0.23 €/kWh	水素供給インフラの稼働率が高い 地域を網羅した水素ステーションネットワークで価格は4.8 €/kg	架線ネットワークの稼働率が高い 地域を網羅した架線ネットワークで価格は0.34 €/kWh (架線使用料を含む)

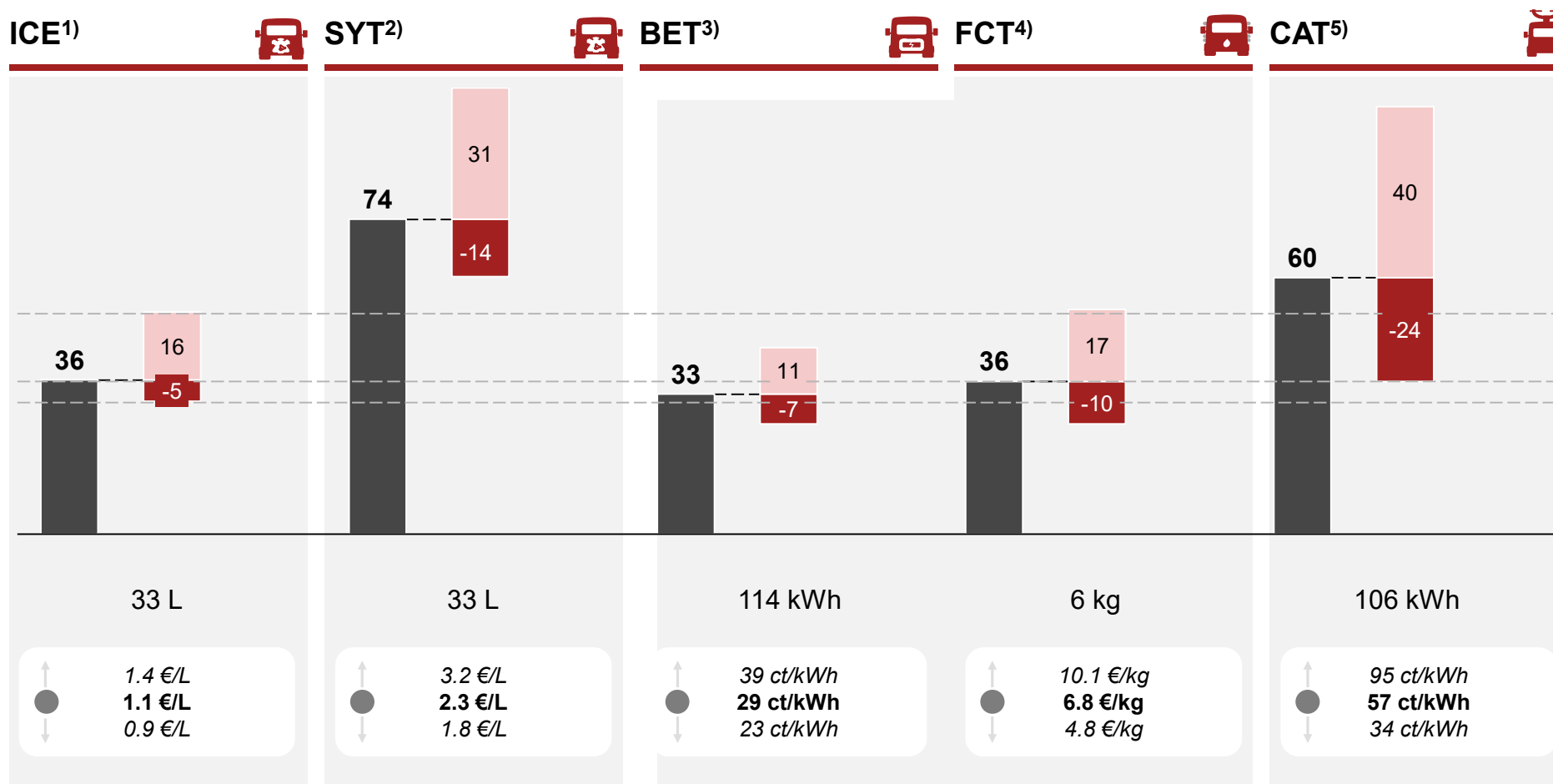
1) ICE= 内燃機関トラック、2) SYT= 合成燃料トラック、3) BET= 純粋なバッテリー式電気トラック、4) FCT=水素駆動燃料電池トラック、5) CAT= 架線式ハイブリッドトラック
 すべての代替パワートレイン燃料はカーボンニュートラルで生産され、炭素税の対象にならないと想定。

注) BETとCATの基準電気価格を0.19€/kWh、FCTの基準水素価格を3.50 €/kgと想定。BETとFCTの想定使用率: 低い(6%)、中程度(12%)、高い(30%)、CATの使用率は全地域を網羅するには大規模なネットワークが必要となるため、BETとFCTの使用率の3分の1としている

エネルギーとインフラを加味した燃料価格には、大きな差が出る可能性が高い。 炭素税がかからない場合、化石燃料ディーゼルが最も安価な選択肢であり続ける

2030年にエンドユーザーが負担する価格の見積り(€/ct/km)

エンドユーザーの 燃料価格 大型トラック(€/ct/km)



1) ICE= 内燃機関トラック、2) SYT= 内燃エンジン合成燃料トラック、3) BET= バッテリー式電気トラック、4) FCT=水素駆動燃料電池トラック、5) CAT= 架線式ハイブリッドトラック
6)すべての供給インフラ投資額は燃料サーチャージとして想定している。CATについては他の運用モデル(例: 通行料)は考慮されていない
注)すべてのエネルギー価格は付加価値税を含まないNET価格

ゼロエミッションのトラックは、総保有コスト(TCO)の観点では、化石燃料トラックと同じ土俵で競争できる



ゼロエミッション化でTCOは高くなる見込み

すべての大型トラック技術において、2030年には総保有コスト(TCO)が今日のICEよりも高くなる可能性がある。55 €/tCO₂の炭素税によりディーゼルトラックのTCOが10%上昇。その結果、他の代替パワートレインのコスト競争力が向上し、合成燃料が引き続き最も高い選択肢で、化石燃料ディーゼルと混合使用される可能性がある



ゼロエミッションの大型トラックもコスト競争可能

競争力のあるTCOを実現するには、さまざまな手段をとる必要がある。バッテリー式電気トラック(BET)用バッテリーのサイクル寿命の延長など、低いパワートレインコストと長寿命の実現が、経済性の面で競争力を得るカギとなる。また、長距離走行においては低いエネルギー価格が重要である(例:水素駆動燃料電池トラック(FCT)のコスト競争力を上げるには、安価な水素が必要)





短距離用途での電動化は有望

全ての車両セグメントにおいて、電動化は短距離ユーザーにとって特に魅力的である。短距離利用では必要なバッテリーが比較的小さいためである。中距離用途では、最初に小型トラック領域でゼロエミッショントラックのコスト競争性が出てくる見込み

長距離トラック用代替パワートレインのTCOの主要要素を比較し、 主な脅威（リスク）と機会（アップサイド）を調査

主要なTCO¹⁾構成要素、基準値と変化の可能性

TCO構成要素	重要性 ²⁾	TCO基準値 	TCO低減(アップサイド) 	TCO高止まり(リスク) 
 減価償却費	車両価格はさまざま	車両価格に応じた減価償却費 例) ICEとSYTは88 k€, CATは89 k€, FCTは145 k€, BETは154 k€	耐久性の高い燃料電池スタック(FCT)や「ミリオンマイルバッテリー(BET) ³⁾ により、残存価値が増加する	(考慮しない)
 動力伝達機構	(考慮しない)			
 燃料 (インフラ含む)	エネルギー価格はさまざま	広大なネットワークに基づく燃料コスト 例) 電気価格は0.29 €/kWh(BET)から0.57 €/kWh(CAT)、水素価格は6.82 €/kg(FCT)、ディーゼル価格1.08 €/L(ICE)から2.25 €/L(SYT)	供給ネットワークの使用率向上(BET、CAT、FCT)または燃料生産コストの低下(例: 合成燃料の輸入)により燃料コストが減少する	供給ネットワークの使用率低下(BET、CAT、FCT)または地元での燃料生産(合成燃料)により燃料コストが増加する
 保険	(考慮しない)			
 メンテナンス	損耗対策の程度はさまざま	パワートレイン技術に基づくメンテナンス 例) BETとCATは5 k€/a、 FCTは6 k€/a、 ICとSYTは8 k€/a	(考慮しない)	(考慮しない)
 税金	(考慮しない)			
 通行料	(考慮しない)			

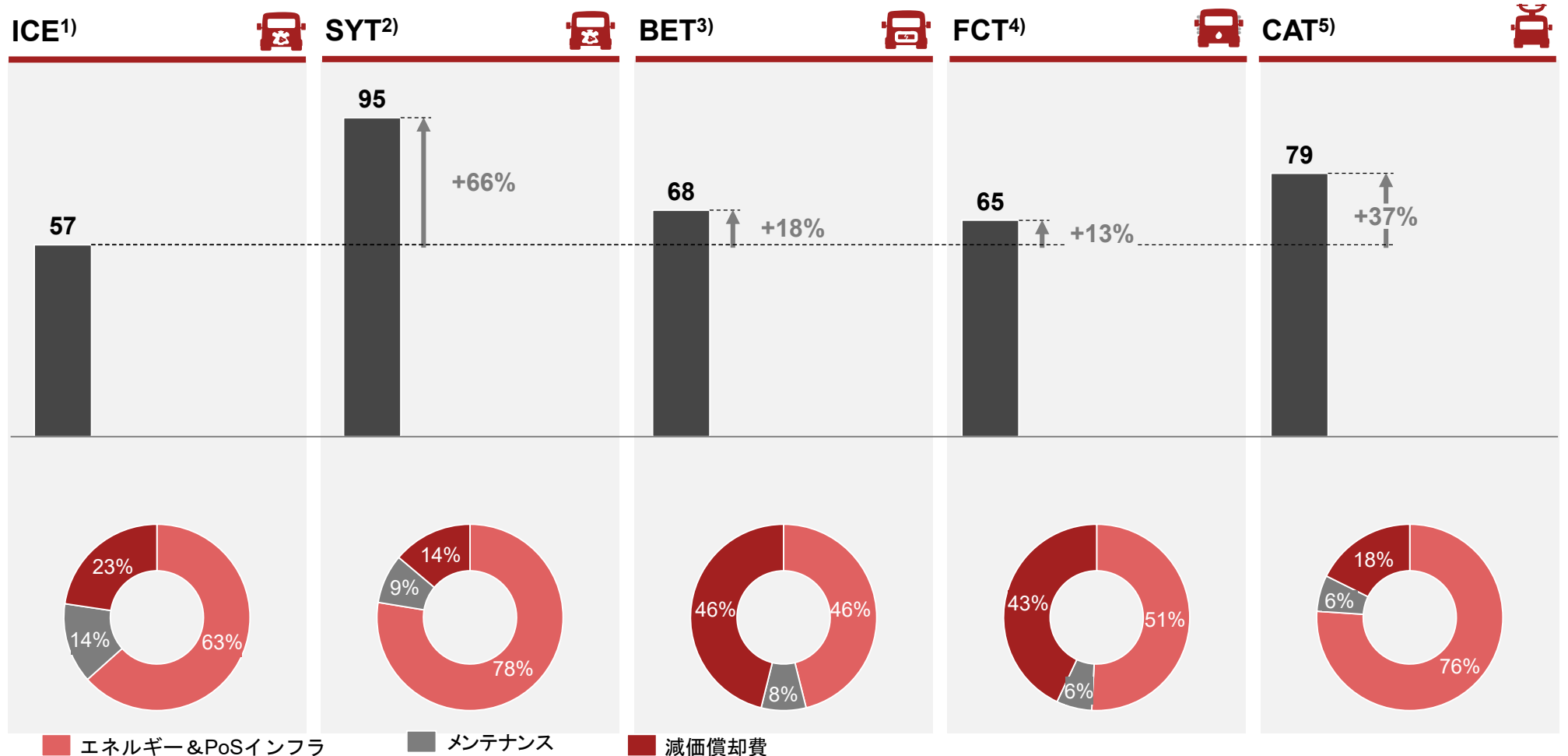
1) TCO= 総所有コスト、2) 代替パワートレインの比較における重要性

3) 通常の燃料電池の耐久性は5,000時間耐であるのに対し、耐久性の高い燃料電池スタックは20,000時間。通常のバッテリーの寿命が1,400充電サイクルであるのに対しミリオンマイルバッテリーの寿命は3,000フル充電サイクル

2030年までに、BETとFCTの総所有コスト(TCO)はICEに近づくが、その他のオプションははるかに高額になる見込み

2030年の長距離トラックの総所有コスト [€/ct/km]

2030年の
総所有コスト
(TCO)
(€/ct/km)



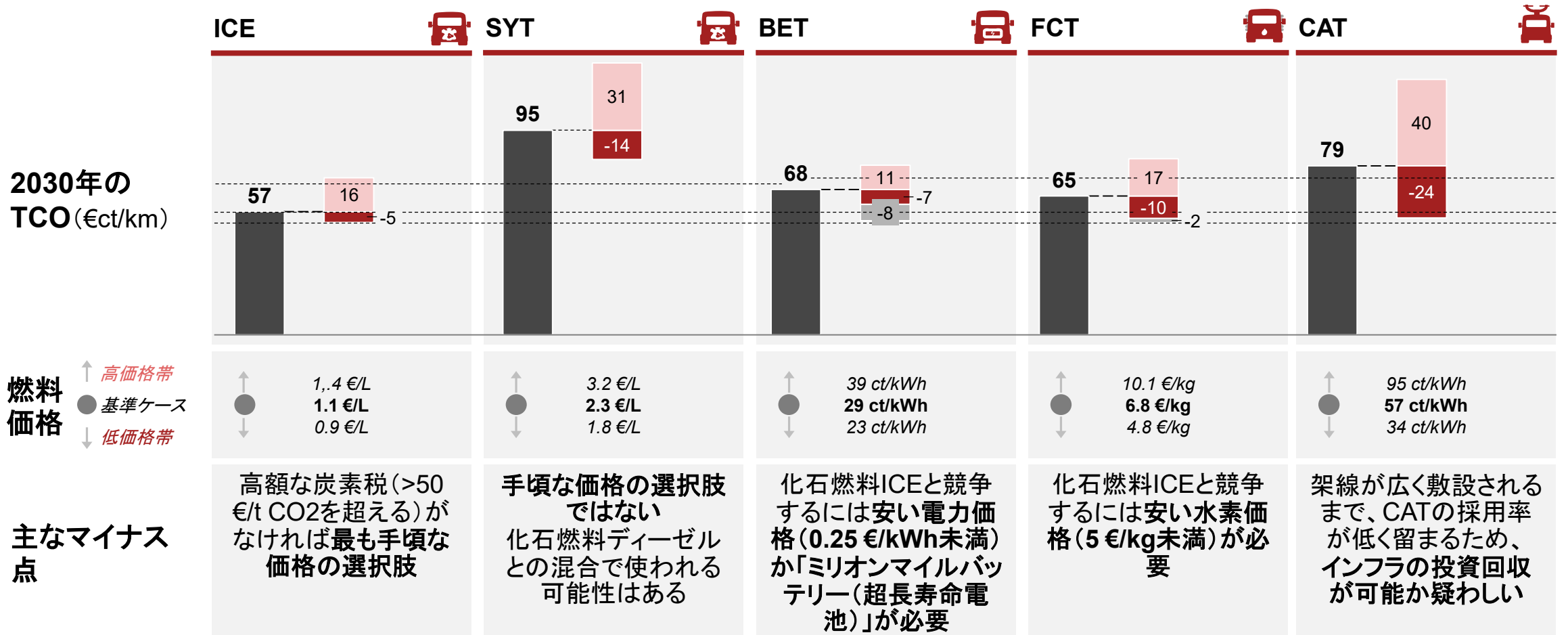
総所有コストの
内訳

1) ICE= 内燃機関トラック、2) SYT= 合成燃料トラック、3) BET= バッテリー式電気トラック、4) FCT=水素駆動燃料電池トラック、5) CAT= 架線式ハイブリッドトラック

注) 全体のパラメーター:年間走行距離100,000 km、所有期間4年、通行料、保険料、自動車税、金利は含まれていない。また、エネルギー価格はすべて付加価値税を含まないNET価格

炭素税が代替パワートレインの相対的コスト競争力を強化する可能性がある。 電池の長寿命化と代替燃料単価の低下が、TCO低減に大きな影響を与える

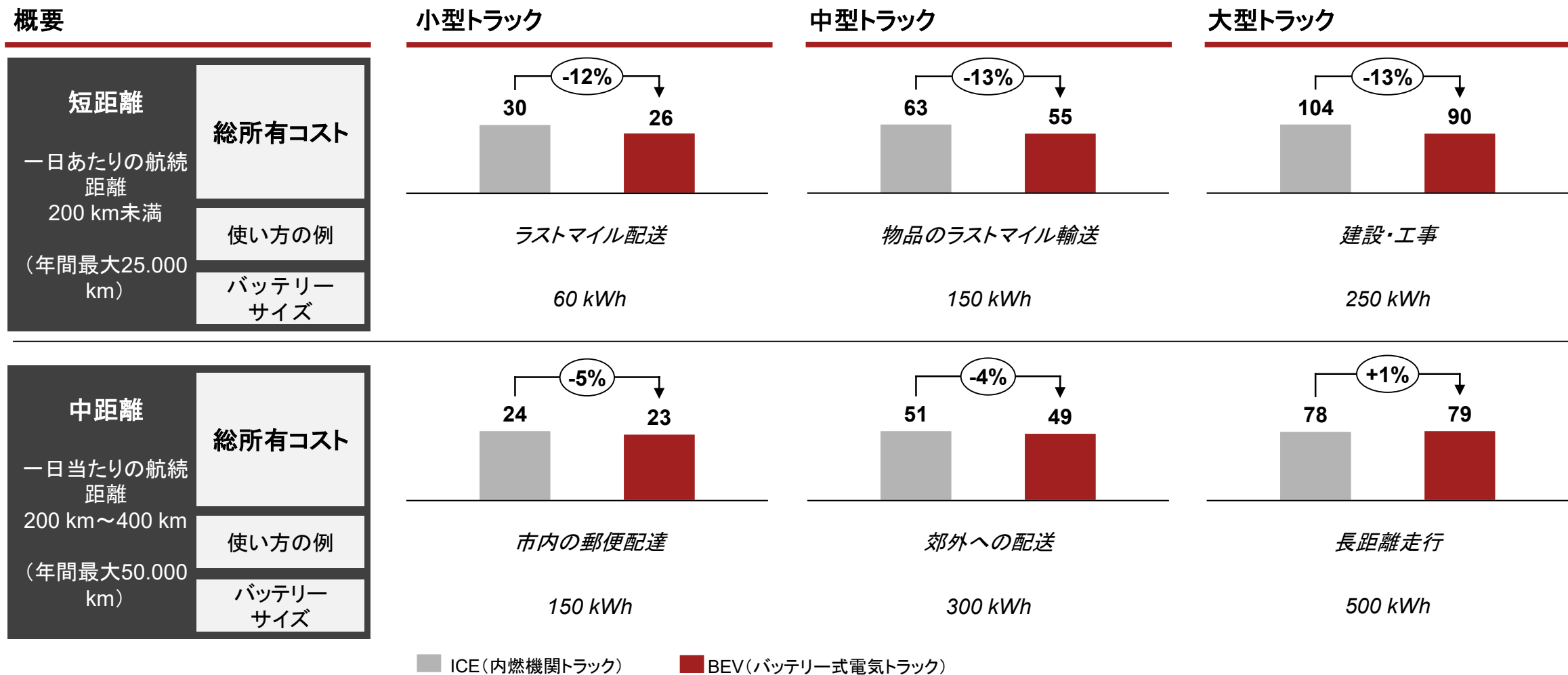
2030年の長距離トラックの総所有コスト(TOC) [€/ct/km]



■ 基準値 ■ 燃料の高価格帯 ■ 燃料の低価格帯 ■ パワートレインの可能性

車両サイズを問わず全てのセグメントにおいて、長距離輸送よりも短距離輸送の方が、電動化のメリットがある

2030年でのセグメントごとの短・中距離トラックの総所有コスト [€/ct/km]



注) 本比較は停留所充電設備 (AC式充電器 (小型トラック) やDC式充電器 (中型トラック・大型トラック) の設置費用を含む) を考慮に入れている

ゼロエミッショントラックは、
2030年までに一定のマーケット
シェアを獲得し、2035年に向
けさらに継続成長する見込み



ゼロエミッショントラックは2030年にシェア32%見込む

欧州のトラック販売台数は、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19)の影響により2020年は低迷したが、全ての車両セグメントで2030までに20%増加すると見込まれる。ICE¹⁾トラックが引き続き過半数を占めるが、車両の排出ガス削減目標達成に向けた流れで、ゼロエミッショントラックが市場全体の約3分の1のシェアを捉える見込み



小型トラックが先んじて電動化

小型トラックは、2020年代前半から電気自動車への乗り換えが進み、電動化をリードする。中大型トラックの電動化は、小型トラックと比べ緩やかに進み、まず短距離輸送用のBET²⁾から始まる見込み

1) ICE= 内燃機関トラック、2) BET= バッテリー式電気トラック

今後10年間で、4つの要因によりゼロエミッショントラックへの関心が非常に高まると予測

要因の経時的変化の予測(2020年～2030年)

	夜明け	キックオフ	第1世代 量産プラットフォーム	脱炭素化の10年
	2020	2020	2025	2030
規制	<ul style="list-style-type: none"> 大型トラック用の排出ガス基準の検討と導入 乗入規制が初めて導入される 	<ul style="list-style-type: none"> さらなる削減のため、56.5g CO₂/tkmを大型トラックの基準値として設定 ほとんどの欧州都市で乗入規制が実施される 	<ul style="list-style-type: none"> 第一段階の削減目標48g CO₂/tkm(2019年から2025までに-15%) 公害問題をかかえる欧州都市で初めてICEの禁止措置が実施される 	<ul style="list-style-type: none"> 第二段階の削減目標39.6g CO₂/tkm(2019年から2030年までに-30%) 欧州都市でICEの禁止措置が拡大
インフラ	<ul style="list-style-type: none"> 代替パワートレイン(APT)¹⁾トラック向けの公共インフラは脆弱(パイロットプロジェクトのみ) 	<ul style="list-style-type: none"> トラック向けの高速充電設備と水素ステーションが初めて一般に利用可能となる 欧州には架線ネットワーク(トラック用の架線式給電網)はない 	<ul style="list-style-type: none"> 高速充電と高速水素補給がトラック向けに欧州内の主要交通回廊で利用可能となる(100カ所を超えるステーション) 欧州内に架線ネットワークはない 	<ul style="list-style-type: none"> インフラの構築が進む(100カ所を超えるステーション) 欧州内に架線ネットワークはない
経済性	<ul style="list-style-type: none"> ICE²⁾がほとんどの使用事例において最も経済的 	<ul style="list-style-type: none"> ICEがほとんどの使用事例において最も経済的 一部のトラック(小型トラック)と200km未満の航続距離ではBET³⁾のコスト競争力が高い 	<ul style="list-style-type: none"> BETが他の車両セグメント(中型トラック)とより長い航続距離(300kmを超える)でもコスト競争力を持つようになる 	<ul style="list-style-type: none"> BETとFCT⁴⁾が一部の大型トラックの中距離利用(400kmを超える)においてコスト競争力を持つようになる
顧客とマーケット	<ul style="list-style-type: none"> ICEが最も使いやすい ゼロエミッショントラックのユーザーのほとんどが革新的な大企業 	<ul style="list-style-type: none"> いまだICEが最も使いやすい ゼロエミッショントラックのユーザーのほとんどがアーリーアダプター層 	<ul style="list-style-type: none"> トラック用の代替パワートレインへの注目が高まる ゼロエミッショントラックの顧客が増える 	<ul style="list-style-type: none"> 高額な炭素税によりICEが魅力的ではなくなる ゼロエミッショントラックの顧客基盤が広がる

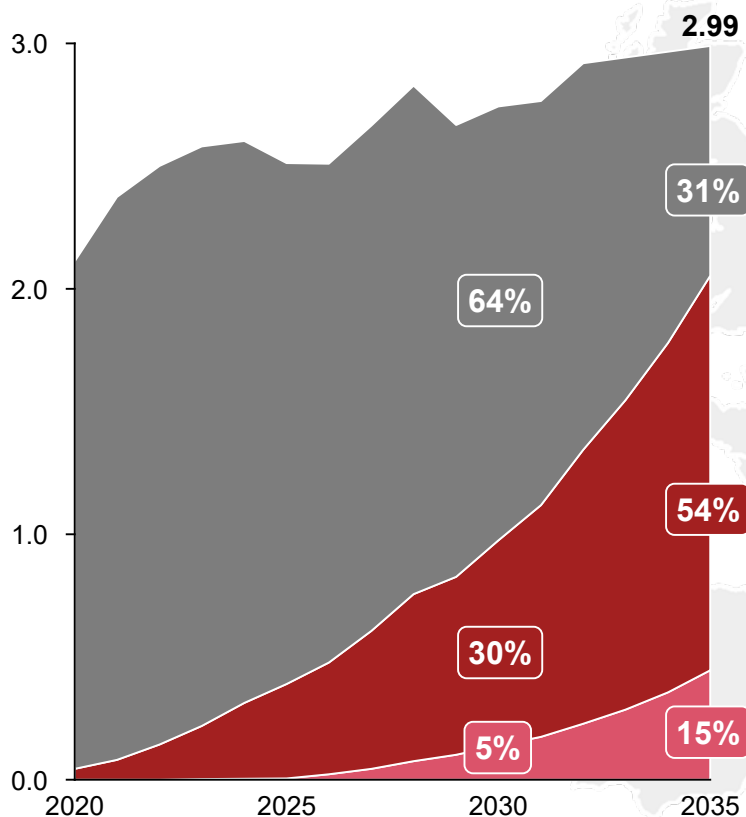
■ APTを支持しない要因 ■ APTをやや支持する要因 ■ APTを支持する要因

1) APT= 代替パワートレイン、2) ICT= 内燃機関トラック、3) BET= バッテリー式電気トラック、4) FCT=水素駆動燃料電池トラック

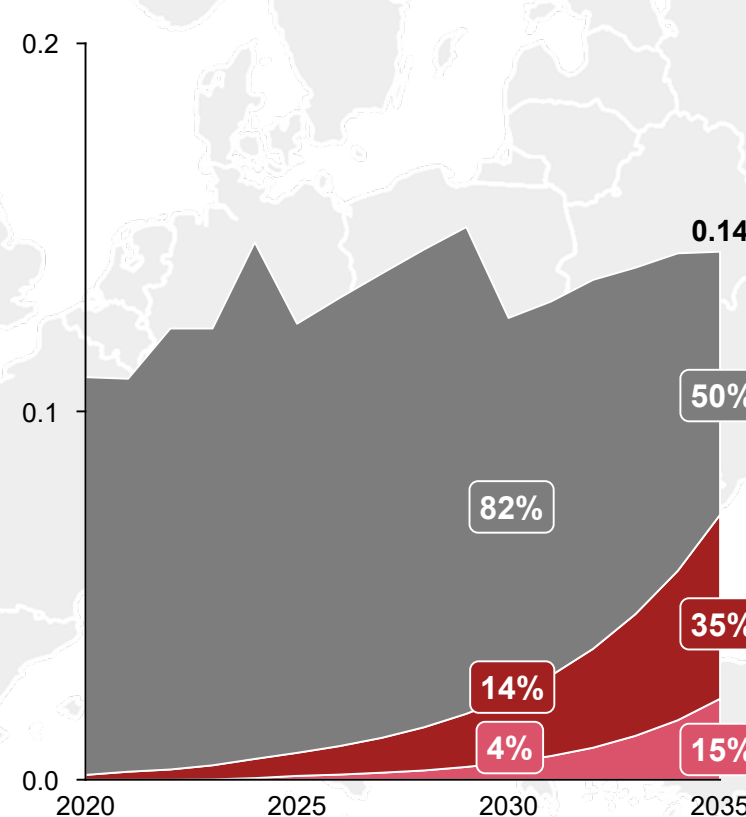
2030年のゼロエミッショントラックの各セグメントにおけるシェア予測を見ると、電動化率は小型トラックで最も高く、大型トラックでも一定の販売が見込まれる

西欧(トルコを含む)のトラック製造予測 単位:100万台

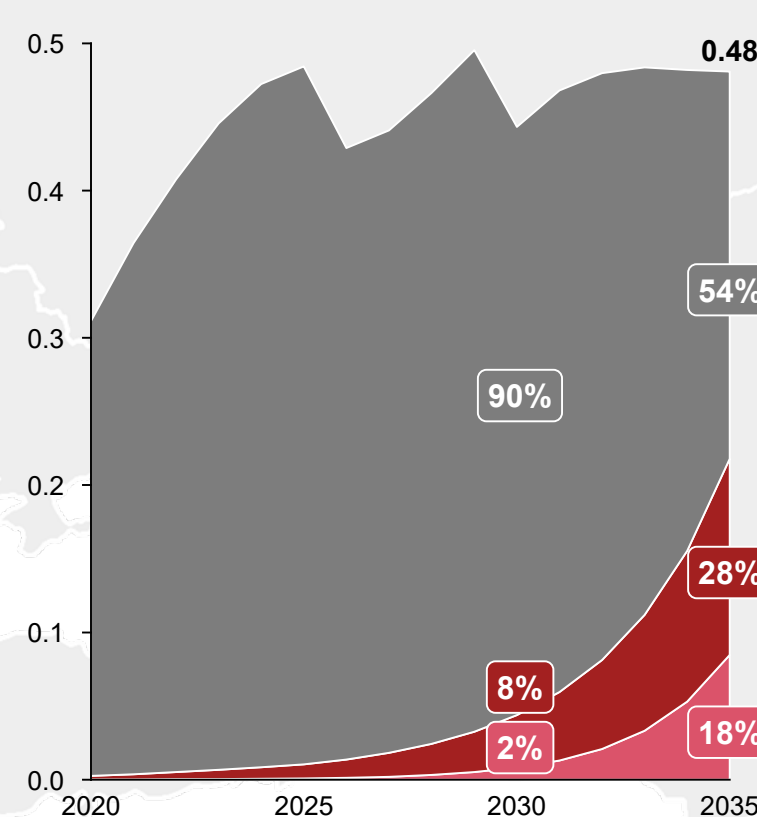
小型トラック



中型トラック



大型トラック



ICE(内燃機関トラック)



BET(バッテリー式電気トラック)



FCT(水素駆動燃料電池トラック)

注)ICEは合成燃料とハイブリッドを含む。FCTは燃料電池レンジエクステンダーを搭載したBETを含む

商用車メーカーや関連業界は、持続可能な未来に向けた取り組みへの一歩を踏み出さなければならない



魅力的なゼロエミッションポートフォリオを構築

OEM各社は、小型～大型トラックまでをカバーした形で、製品コストと効率性を重視した競争力のあるゼロエミッショントラックのポートフォリオ構築を目指さなければならない。また、最も競争力のあるポジショニングを得るだろうBEVトラックとFCトラックに開発資源を集中することを推奨する



利用可能な燃料・充電インフラ提供を後押しする

OEM各社はトラックユーザー向けのインフラの選択肢を積極的に開発し提供すべきである。(エネルギー供給会社との協業による)タンキー型の燃料供給基地ソリューションは必須である。一方、公共インフラの投資には政府の後押しも必要



バリューチェーンの変化に備える

従来のパワートレイン関連事業からの収益低下に備え、サプライヤーは自社のポートフォリオを見直し新たなゼロエミッショントラック事業への参入機会を評価すべきである



魅力的なファイナンスを提供する

ゼロエミッショントラックは、高額だけでなく、耐久性や残存価値のリスクがある。OEM各社は物流企業向けにファイナンスモデルを調整すべきである

著者チーム紹介



Jörn Neuhausen
Director Electric Drives
PwC Strategy&



Dr. Christian Foltz
Automotive Partner
PwC Strategy&



Dr. Philipp Rose
Senior Associate
PwC Strategy&



Felix Andre
Manager Electric Drives
PwC Strategy&



Dr. Sebastian Golde
Senior Associate
PwC Strategy&



Stefan Ritter
Senior Manager
PwC Infrastructure



Christoph Stürmer
Global Lead Analyst
PwC Autofacts



Timo Kronen
Automotive Partner
PwC Strategy&

監訳者紹介

北川 友彦(きたがわ・ともひこ) tomohiko.t.kitagawa@pwc.com

PwCコンサルティング、Strategy&のパートナー。自動車、機械製造業や部品・素材などの産業財分野を中心に、事業戦略、営業・マーケティング戦略、組織・オペレーション改革などのテーマについて、多様なコンサルティング経験を有する。

轟木 光(とどろき・ひかり) hikari.todoroki@pwc.com

PwCコンサルティング、ディレクター。自動車関連産業、物流産業を中心に、商品戦略、技術戦略、新市場参入戦略などの戦略に関するプロジェクトに従事。経営企画部門の社外アドバイザーも務める。

室井 浩気(むろい・こうき) koki.muroid@pwc.com

PwCコンサルティング、Strategy&のシニアマネージャー。自動車、産業材など製造業分野を中心に、成長戦略、新事業開発、アライアンス、組織・オペレーション改革などの多様なテーマで、数多くのプロジェクト実績を持つ。

問い合わせ先

PwCコンサルティング合同会社 ストラテジーコンサルティング (Strategy&)

✉ jp_cons_sstrategy-info-mbx@pwc.com TEL 03-6257-0700



strategyand.pwc.com

© 2021 PwC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network and/or one or more of its member firms, each of which is a separate legal entity. Please see pwc.com/structure for further details.

Disclaimer: This content is general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.