6th Round-Table for Studying Energy Situations

Next-Generation Technologies and Innovation for Decarbonization①

Mobility Innovation

February 19, 2018

Toyota Motor Corporation

Chairman of the Board of Directors

Takeshi Uchiyamada

1. Toyota's Approach to Environmental Problems

2. Efforts to Realize a Hydrogen-based Society

3. On Mobility Innovation

1. Toyota's Approach to Environmental Problems

2. Efforts to Realize a Hydrogen-based Society

3. On Mobility Innovation

The Global Environment






Environmental problems are becoming more serious

Toyota's Approach to Environmental Issues

Toyota Environmental Challenge 2050 was announced in October, 2015

Three Challenges of Achieving Zero

Challenges of achieving zero	(1)New vehicle zero CO2 emissions challenge 90% reduction by 2050 — Numerical target	Develop and accelerate widespred use of next-generation vehicles
	(2) Lifecycle zero CO2 emissions challenge	Environmental friendly design, from materials to disposal
	(3) Plant zero CO2 emissions challenge Achieveing zero by 2050 — Numerical target	Advanced technologies of low CO2-emitting production Use renewable energy and hydrogen
Net posotive impact challenges	(4) Challenge of minimizing and optimizing water usage	Throughly reduce usage Clean throughly and return
	(5) Challenge of establishing a recycling-based society and systems	Deploy resource recycling systems globally
	(6) Challenge of establishing a future society in harmony with nature	All-Toyota group activities connecting society and the world

1. Toyota's Approach to Environmental Problems

2. Efforts to Realize a Hydrogen-based Society

3. On Mobility Innovation

Clean Energy Source Usage Among Large Overseas Companies

Announced September 2016

By 2050, switch to clean energy for 100% of energy consumption

Source: General Motors' website

Announced November 2017

2020 target: Use clean energy for all power needs

BMWグループ、全電力を再生可能エネルギーから…2020年目標

BMWグループは11月14日、ドイツ・ボンで開催中の2017年国連気候変動枠組条約第23回締約国会議（COP23）で、エネルギー戦略における技術革新について発表した。

› BMW 特別編集
BMW史上最強オープン「M8カブリオレ」、V8ターボは脅威の630…
輸入車販売、BMW が3位転落…12か月ぶりに前年実績下回る…
BMW 2シリーズ にも4ドアクーペ！ 48Vマイルドハイブリッドも

エネルギー戦略における技術革新の大きな柱に位置付けるのが、2020年に世界規模で、再生可能エネルギー源からのみ電力を得るということ。

編集部にメッセージを送る

これにより、BMWグループは、CO2を含まない生産という長期目標に一歩近づく。2016年末には、BMWグループの再生可能エネルギー源から得た電力のシェアは、世界中で63%だった。

BMWグループのトーマス・ベッカー副社長は、「持続可能で効率的な輸送ソリューションの新しいアプローチ、新しいモビリティサービスの革新的なビジネスモデル、将来のeモビリティの課題について、議論していく」と述べている。

Source: Response.jp website, November 17, 2017

Clean energy usage is a global trend

How to Achieve the 3 Zero Challenges

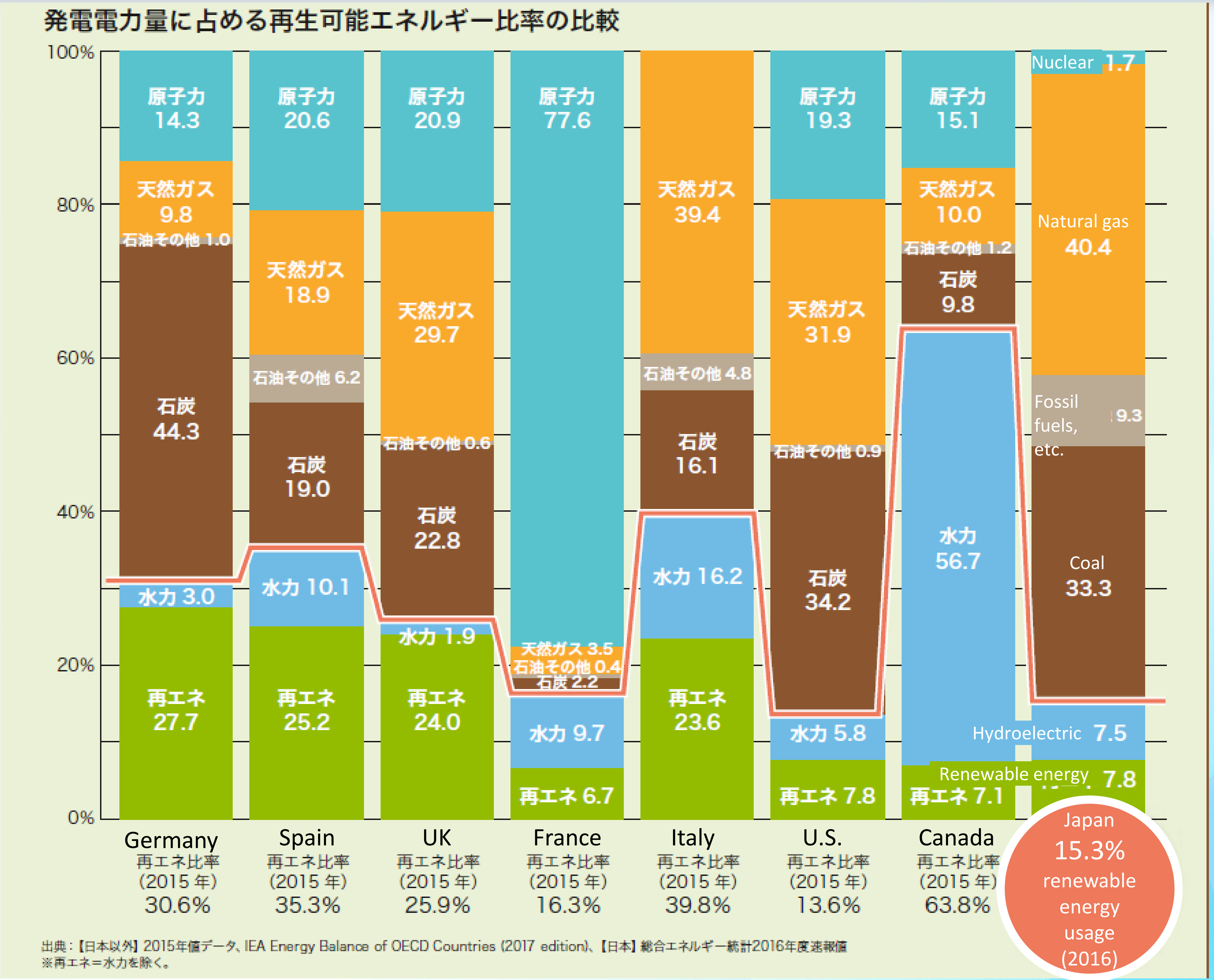
Industry initiatives

Clean energy

Pursue innovation aimed at further adoption

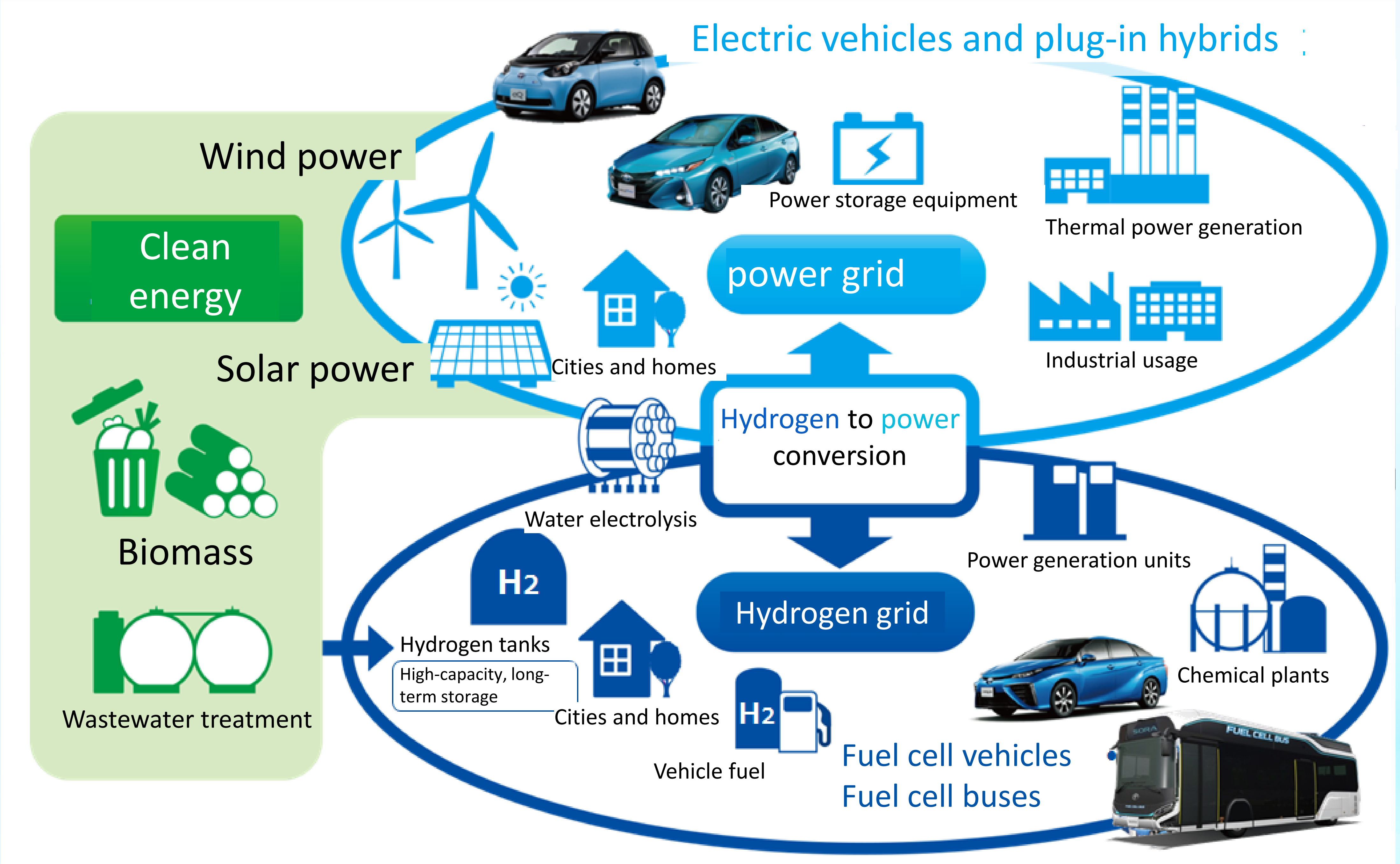
Particular attention must be given to:

- Economic Efficiency
- Energy Security



The slow speed of clean energy adoption must be resolved

Picture of a Hydrogen-Based Society Using Clean Energy



Characteristics of Hydrogen

Offset clean energy fluctuation

Can be produced from a range of primary energy sources

Zero CO2 emissions in hydrogen use

Store & Transport capability

Japanese Hydrogen technology Leads the world

Characteristics of Hydrogen

Use as energy

Can be produced from a range of primary energy sources

Zero CO2 emissions in hydrogen use

Store & Transport capability

Japanese Hydrogen technology Leads the world

Japan as a World Leader in Hydrogen Technologies

Photo provided by Kawasaki Heavy Industries Ltd.

Photo provided by Kawasaki Heavy Industries Ltd.

Photo provided by Toshiba Energy Systems and Solutions Corporation

Photo provided by Iwatani Corporation

Photo provided by Toyota Industries Corporation

Photo provided by Aisin Seiki Co., Ltd.

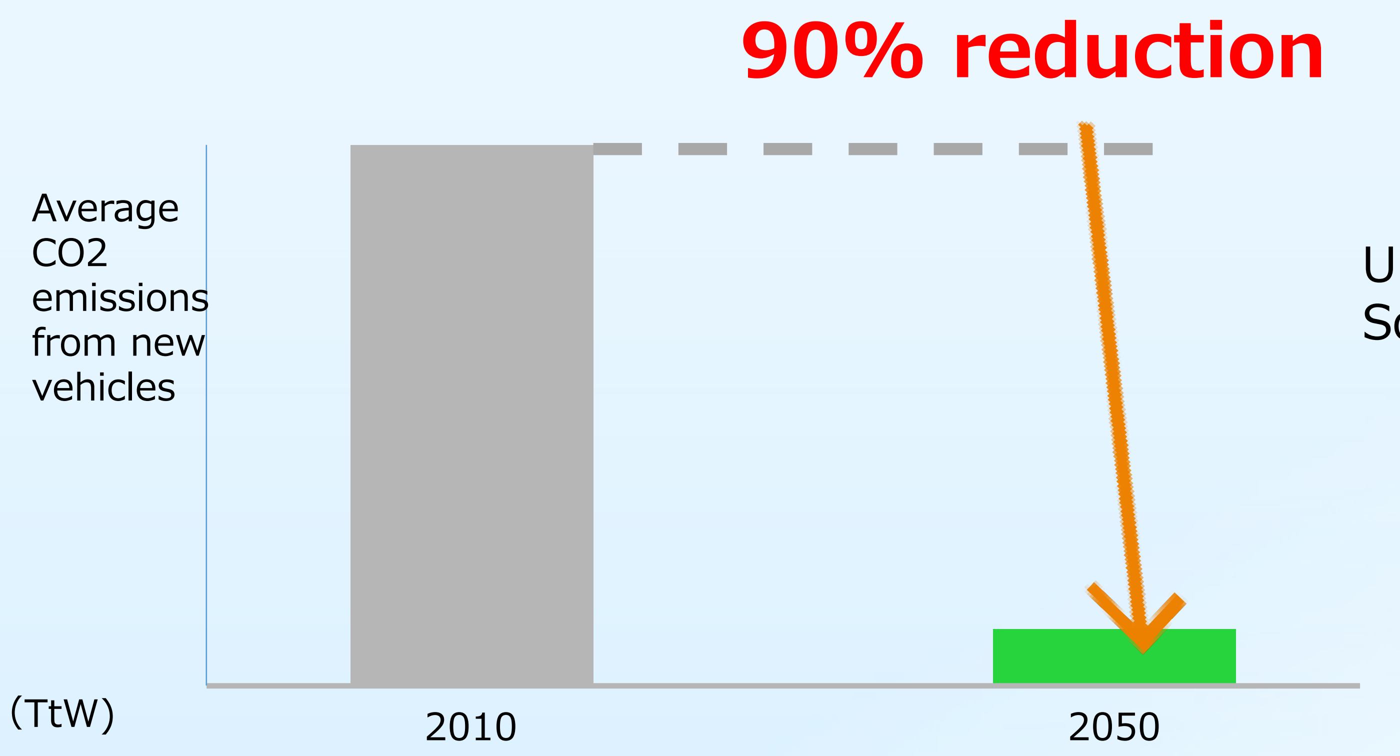
Japan is home to many of the world's leading materials and parts manufacturers
⇒Developing and deploying hydrogen applications in Japan will strongly impact international competitiveness, industry growth, and the creation of jobs

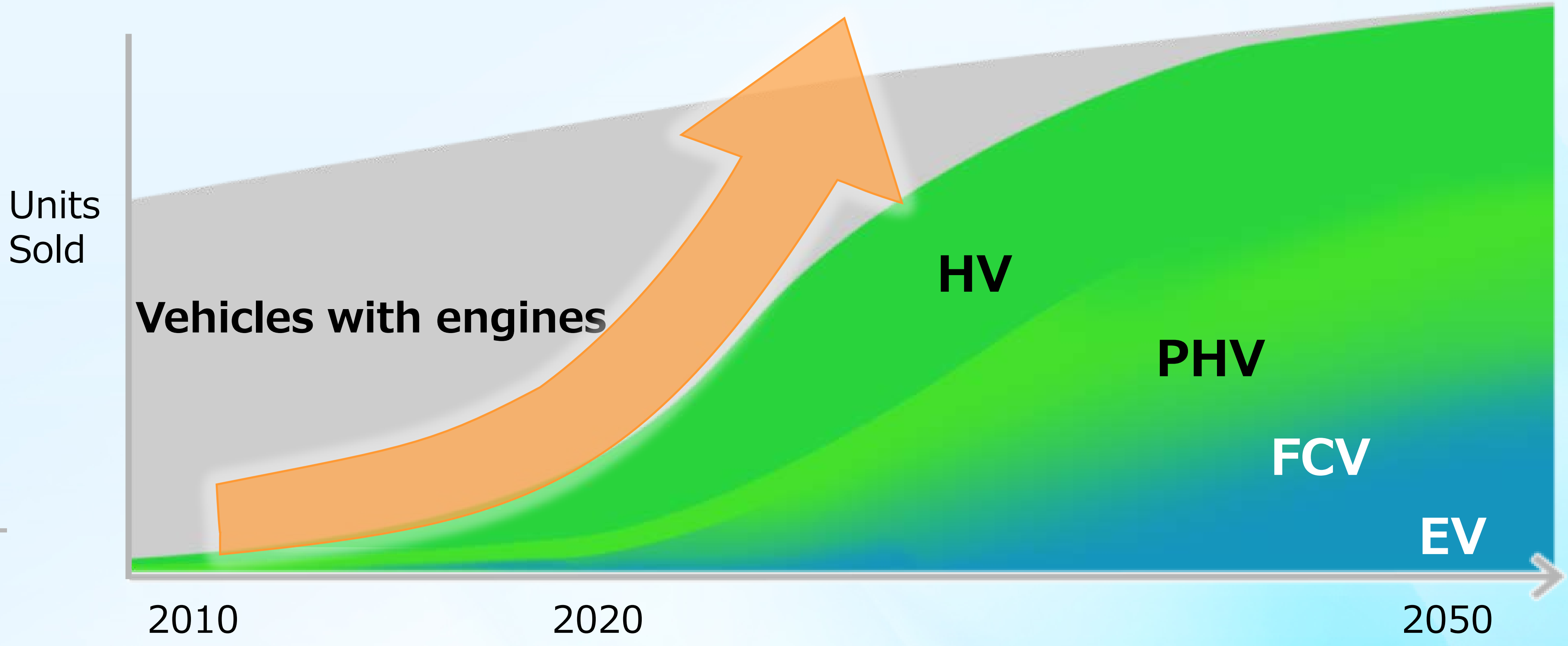
The Japanese Government's Scenario for Basic Hydrogen Strategy

	Present picture	2030	Target future picture	(Reference comparison)
Supply	**Fossil fuel-based hydrogen** (by-product hydrogen, natural gas reformation) Supply chain development and demonstration, scale-up	✓ Developing international hydrogen supply chains ✓ Establishing technologies for renewable-based hydrogen production in Japan Scale-up Substantial cost cuts	**CO2-free hydrogen** (Brown coal combined with CCS, utilizing renewable energy)	
Hydrogen volume	(Present) 200 t → (2020) 4,000 t →	300,000 t (commercial supply chain capacity) →	~10 million t + α (depending heavily on consumption for power generation)	Natural gas imports: **85 million t/y**
Cost	~100 yen/Nm3 (hydrogen station price) →	30 yen/Nm3 (1/3 or less) →	20 yen/Nm3 (1/5 or less)	Natural gas import price: **16 yen/Nm3*** *Conversion based on hydrogen's calorific value
Use – Power generation	– (Technological development stage) → Demonstrating hydrogen power generation, establishing an environmental value assessment system	17 yen/kWh (Commercial operation stage) → (Reference) 300,000 t in hydrogen consumption represents some 1 million kW in power generation capacity	12 yen/kWh Replacing gas power generation (Reference) 5-10 million t represents 15-30 GW in power generation capacity	Unit LNG power generation cost: **12 yen/kWh** Fossil power generation capacity: **132GW**
Use – Mobility: Hydrogen stations	Roadmap targets (Present) 100 locations → (2020) 160 locations Halving hydrogen station costs	(2030) some 900 locations →	Profitability improvement will allow hydrogen stations to replace gas stations	Number of gas station: **31,500**
Use – Mobility: FCV	2,000 units → 40,000 unites	800,000 units →	FC stack technology development and cost cuts allowing FCVs to replace gasoline	Number of passenger cars: **62 million**
	Strategic hydrogen station development, regulatory reform, technological development FCV/Hydrogen stations becoming independent			
Use – Mobility: FC buses	2 units → 100 units	1,200 units →		
Use – Mobility: Forklifts	40 units → 500 units * 2nd half of the 2020s	10,000 units →	Introducing large FCVs	
	Relevant government organizations cooperating in developing hydrogen supply networks			
Utilization of fuel cells: Ene-Farm	220,000 units → Ene-Farms becoming independent	5.3 million units →	Ene-Farms replacing traditional residential energy systems	Number of households: **53 million**

Source: Agency of Natural Resources and Energy, Ministry of Economy, Trade and Industry

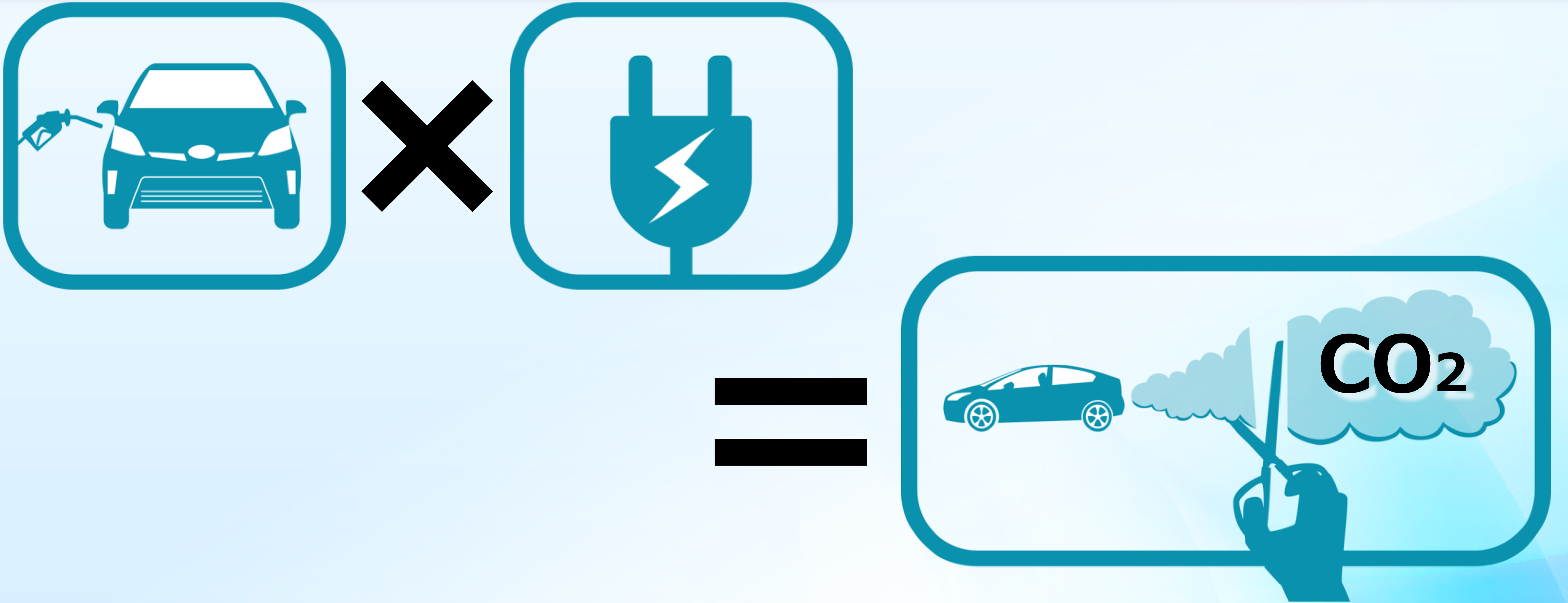
CO2 Reduction Target





New vehicles in 2050 emit 90% less CO2 (compared to 2010)

Reducing CO2 Emissions



Mobility Electrification is essential

Tones to EV Adoption Intent in Other Countries/Companies

Other Countries

France
Gasoline/diesel car sales to be prohibited by 2040

フランス、ＥＶ社会へ大転換　ガソリン車禁止の余波

2017/7/7 16:05 【有料会員限定】

フランス政府が６日、2040年までに国内のガソリン車とディーゼル車の販売を禁止する方針を明らかにした。自国に世界大手のメーカーを抱える国が、ガソリン車禁止を明確に打ち出したのは初めて。実はフランスに似た動きは欧州やアジアでも相次ぐ。同日には40年時点で全世界の新車販売に占める電気自動車（ＥＶ）比率が５割を超えるとの予測も出た。電動化の流れが一段と加速する。

■G20直前、マクロン流のエコアピール

仏のユロ・エコロジー相が６日に記者会見し、地球温暖化対策の国際的な枠組み「パリ協定」の目標達成に向けた、二酸化炭素（ＣＯ２）排出削減の計画を発表した。柱の一つが、40年までのガソリン車など走行時にＣＯ２を排出する車の販売禁止。さらに22年までに予定する石炭火力発電所の停止なども着実に進め、50年までに国全体のＣＯ２排出量を差し引きゼロにする「カーボンニュートラル」を目指すという。

７日からはドイツで20カ国・地域（G20）首脳会議が開かれる。マクロン仏大統領は就任以降、パリ協定からの離脱表明や保護主義的な主張を続けるトランプ米大統領に対抗し、メディアを意識し情報発信をしてきた。トランプ氏も参加するG20を前にした、「マクロン流」の広報戦略の一環とみるのが自然だ。

産業界への影響は大きい。フランスはルノーとグループＰＳＡの二大メーカーが本社を置き、トヨタ自動車や独ダイムラーも工場を構える。16年の乗用車販売台数は約200万台と、ドイツ、英国に次ぐ欧州第３の規模だ。仏自動車工業会（ＣＣＦＡ）によると、自動車産業に従事するのは約20万人、関連産業も含めると約230万人に達する。

フランスは欧州ではＥＶ普及に熱心なことで知られるが、限界がある。17年上半期の新車販売ではガソリン車・ディーゼル車が95.2%を占めた。ハイブリッド車（ＨＶ）は3.5%、ＥＶは1.2%にとどまるのが実情だ。

Nihon Keizai Shimbun, July 7, 2017

UK
Gasoline/diesel car sales to be prohibited by 2040

英もガソリン・ディーゼル車の販売禁止　40年までに

2017/7/26 10:51

【ロンドン＝黄田和宏】英政府が2040年までに国内でのガソリン車とディーゼル車の販売を禁止する方針を決めたことが明らかになった。英メディアが25日、一斉に報じた。都市部などでの深刻な大気汚染問題に対応する目的。フランスも今月上旬に同様の措置を発表し、世界最大の自動車市場である中国も電気自動車（ＥＶ）優遇に乗り出した。脱石油の動きが世界で広がり、影響は自動車メーカーにとどまらないとみられる。

ゴーブ環境相が26日、政府の大気汚染への対応策を発表する方針。報道によると、販売禁止に向けた経過措置として、汚染の深刻なエリアへのディーゼル車の乗り入れに課金するほか、改善が見られない場合はディーゼル車の廃棄なども検討するという。

地方自治体を通じてバスなどの改修を進めるほか、信号の設置場所や道路のレイアウトの変更により、交通渋滞を避けることで有害なガスの排出を抑制することを求める。

フランスに続き、英国でもディーゼル車などを将来的に禁止する動きが広がり、自動車各社は対応を急ぐ必要に迫られている。すでに、スウェーデンのボルボ・カーは、2019年以降に全車種を電気自動車やハイブリッド車に切り替えることを発表している。

英国では毎年、大気汚染に関連して約４万人が死亡しているといわれる。英政府は公道での窒素酸化物の排出量が違法な水準に達していることを受けて、新たな対応策を月内に示すよう高等法院に命じられていた。

Nihon Keizai Shimbun, July 26, 2017

Other Companies

Volvo
All vehicles to be EV or HV by 2019

ボルボ、全車種をＥＶ・ハイブリッドに　19年から

2017/7/5 13:53

【フランクフルト＝深尾幸生】スウェーデンの高級車メーカー、ボルボ・カーは５日、2019年以降に発売するすべての車種を電気自動車（ＥＶ）やハイブリッド車などの電動車にすると発表した。ホーカン・サムエルソン最高経営責任者（ＣＥＯ）は声明で「単純な（ガソリンやディーゼルなどの）内燃機関の終わりを意味する」と述べた。自動車大手が進めるＥＶシフトの先陣を切った格好だ。

ボルボ・カーは25年までに電動車両を100万台販売する計画。エンジンを搭載しない純粋なＥＶは19～21年に５車種を発売する。ＥＶに加えて家庭などでも充電が可能なプラグインハイブリッド車（ＰＨＶ）やバッテリーとモーターを補助に使う「マイルドハイブリッド車」と呼ばれるタイプの車両ですべての品ぞろえを構成することになる。

ボルボ・カーのプラグインハイブリッド車（ＰＨＶ）

ボルボ・カーは６月、傘下の高性能車部門「ポールスター」を新たにＥＶ専用ブランドとして立ち上げると発表。ポールスターのＥＶも21年までに投入する５車種に含まれる。

独フォルクスワーゲン（ＶＷ）など欧州自動車大手はＥＶシフトを進める。ディーゼルエンジンなど既存の内燃機関向けの雇用は大きいため、少しずつ移行していく必要がある。一方でＥＶ専業の米テスラは販売を伸ばしており、ボルボ・カーはこうした動きをとらえ、大胆に方向転換をしたとみられる。

Nihon Keizai Shimbun, July 5, 2017

Volkswagen
Will introduce 50 EV models by 2025

ＶＷ、ＥＶ50車種を投入　2.6兆円投資、計画上積み

2017/9/12 6:23 (2017/9/12 13:40更新)

【フランクフルト＝深尾幸生、横田祐介】独フォルクスワーゲン（ＶＷ）は11日、2025年までに電気自動車（ＥＶ）を50車種投入すると発表した。従来の計画から大幅に上積みした。実現のため30年までに200億ユーロ（約２兆６千億円）を投資する。世界シェア首位を争うＶＷがＥＶをさらに強化することで、世界的に規制が強まるガソリン車やディーゼル車からの移行が加速しそうだ。

12日にドイツで開幕する「フランクフルト国際自動車ショー」に先だって開いた記者会見で新戦略を発表した。マティアス・ミュラー社長は「自動車業界の変革の流れは止まらない。我々が先導する」と述べた。

これまでＶＷは独アウディや独ポルシェを含むグループ全体で25年までに30車種のＥＶ・プラグインハイブリッド車（ＰＨＶ）を投入するとしてきた。今回発表した計画では純粋なＥＶが五十数車種、ＰＨＶが30車種の計80車種以上に増やした。

200億ユーロの投資でＥＶ専用の車台を２種類開発するほか、工場の改良や充電インフラの拡充、電池の開発を進める。ＥＶの中核となる蓄電池については200億ユーロの投資とは別に、25年までに500億ユーロ分を調達することを明らかにした。

一方、独ダイムラーのディーター・ツェッチェ社長は11日、今後10年間で100億ユーロ規模をガソリン車の開発に投じる考えを明らかにした。英仏が40年までにガソリン車などの販売を禁止する方針を決めたことを「早とちりだ」とけん制した。

ただ同社はこの日、22年までに「メルセデス・ベンツ」の全ての車種に電動化モデルを用意する方針も表明した。当面の主力商品であるガソリン車とＥＶの双方に目配りする構えだ。

Nihon Keizai Shimbun, September 12, 2017

Electrified Vehicles and Electric vehicles

Electrified Vehicles

→ HV, PHV, EV, FCV

Electric Vehicles

→ EV

Vehicles that run on stored power from the grid

One of electrified vehicles

What Determines the Needs of Vehicle Feature?

"Customers" and "Markets"

×

There's more than one option to choose from with electrified vehicles

Toyota Electrified Vehicle Sales

More than 11M vehicles sold since 1997 (20 years)

Sold in more than 90 countries and regions

Roughly 4,500 staff in electrified vehicle development

Roughly 1.52M annual electrified vehicle sales (2017, a record high)

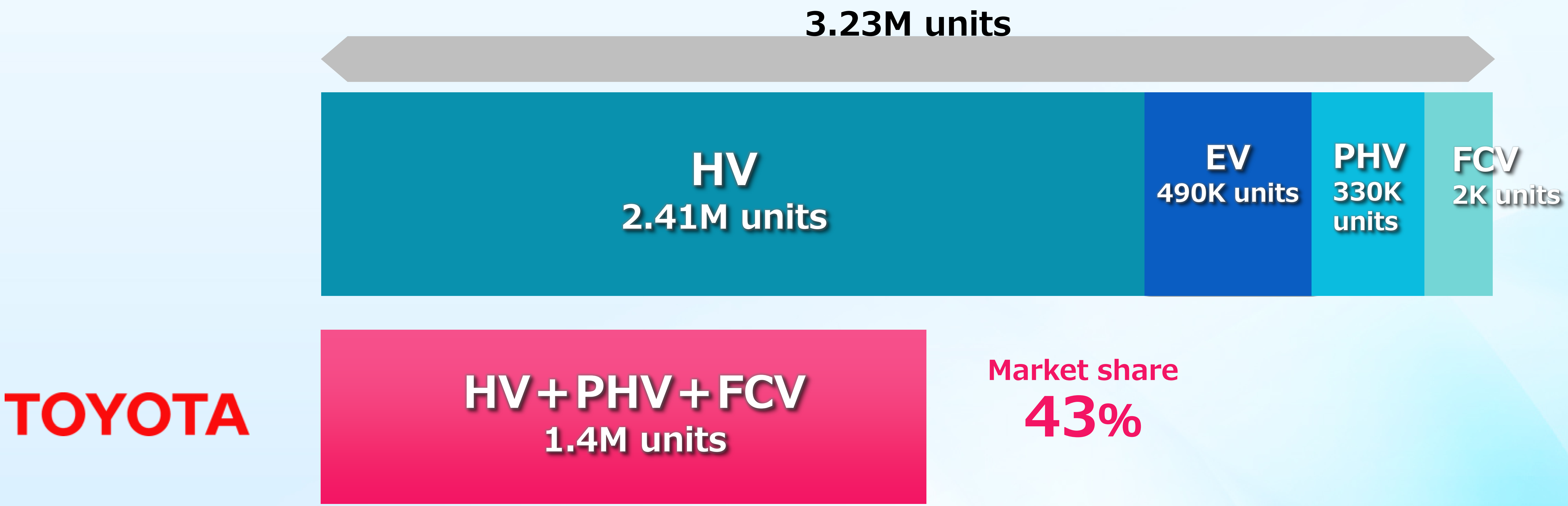
What Toyota's Electrified Vehicle Sales Mean

Vehicles sold to date
More than 11M

- Customers choose vehicles based on environmental performance

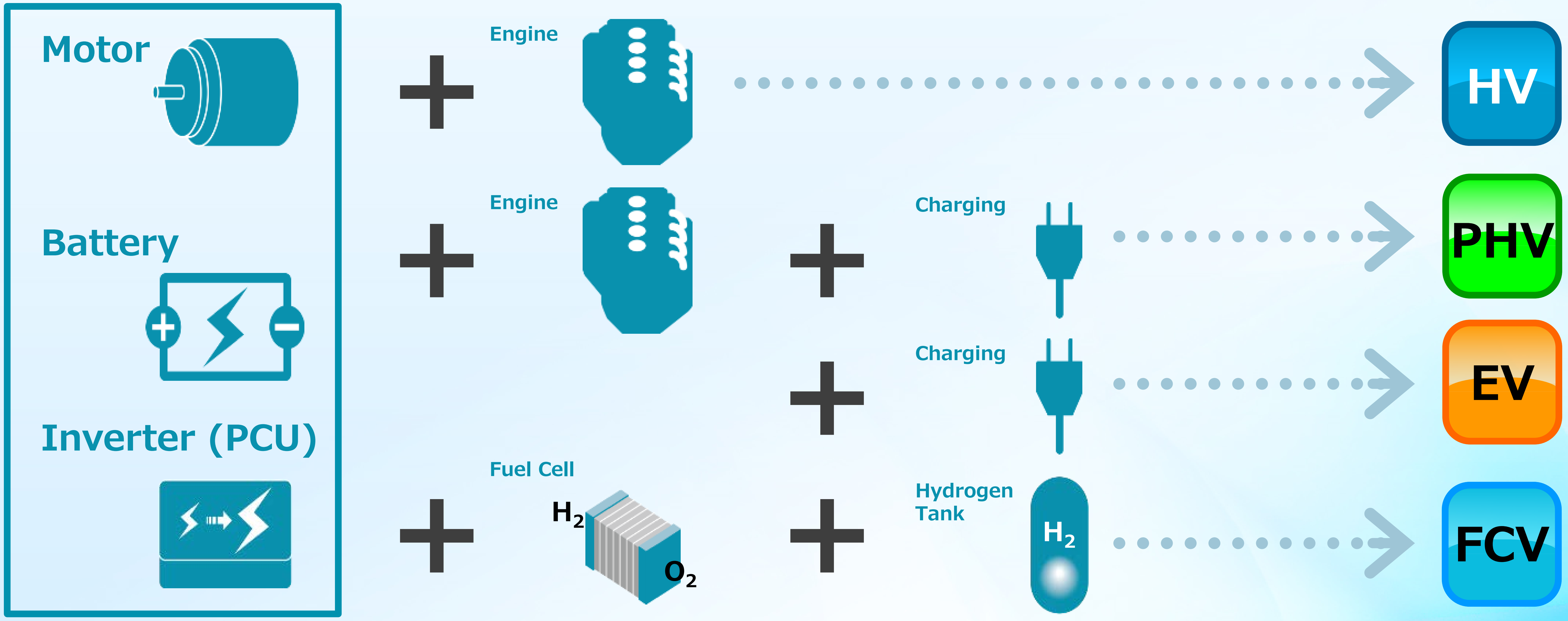
- We have supplied products that enhance customer convenience

Global Electrified Vehicle Market (2016)



We are the electrified vehicle market leader
We will continue to provide electrified vehicles that fit customer and market needs

Motors, Batteries, and Inverters: Core Electrification Technologies



Core vehicle electrification technologies → Can be used in all electrified vehicles

EV Issues

- Vehicle weight
- High battery costs
- Battery durability
- Difficult to procure battery resources
- Short cruising range
- Long charging times
- Need to develop charging infrastructure
- Lack of battery re-use & recycling systems

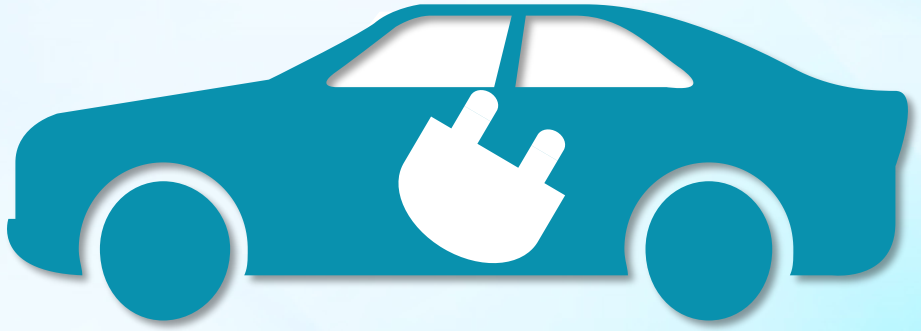
There are still many issues to resolve

EVs Use High-Capacity Batteries

HV

Prius

EV



Other makers' EVs

0.75kWh <Battery capacity> **40kWh**

Toyota's Battery Development Milestones

1925 — Sakichi Toyoda puts public call out to develop batteries

1939 — The Battery Research Laboratories are established

Sakichi Toyoda

1997 — The first-generation Prius is launched (using a nickel-metal hydride battery)

2003 — Lithium-ion batteries hit the market

The ideal power storage device

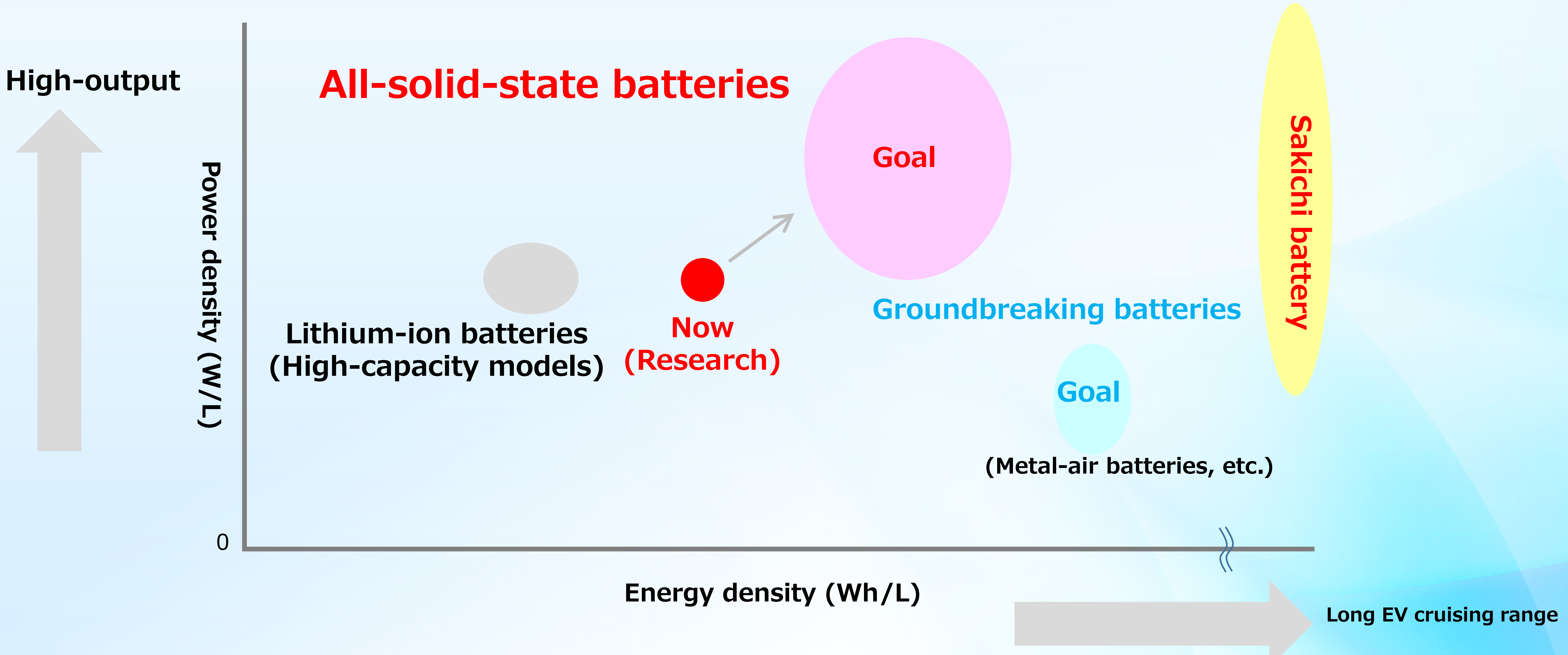
Low-resistance, high density, doesn't lose charge, charges quickly, simply structured, and durable

2020s — Commercialization of all-solid-state batteries

Metal-air batteries, etc.

Since its founding, Toyota has pursued perfection in battery development with an understanding of the importance of batteries

Next-Generation Battery Development



Develop the next-generation batteries crucial to widespread electrified vehicle usage

In order to solve EV issues

Develop and produce globally-competitive batteries with Panasonic.

Developing and stably supply market-leading automotive prismatic batteries

Contribute to the deployment of electrified vehicles from Toyota as well as a wide range of automakers

Appeal of FCVs

Energy diversification

- Hydrogen can be produced from a range of primary energy sources

Zero emissions

- Zero emissions when in operation

Driving enjoyment

- Smooth ride and quietness unique to motor-driven vehicles
- Good acceleration up to low- and mid-range speeds

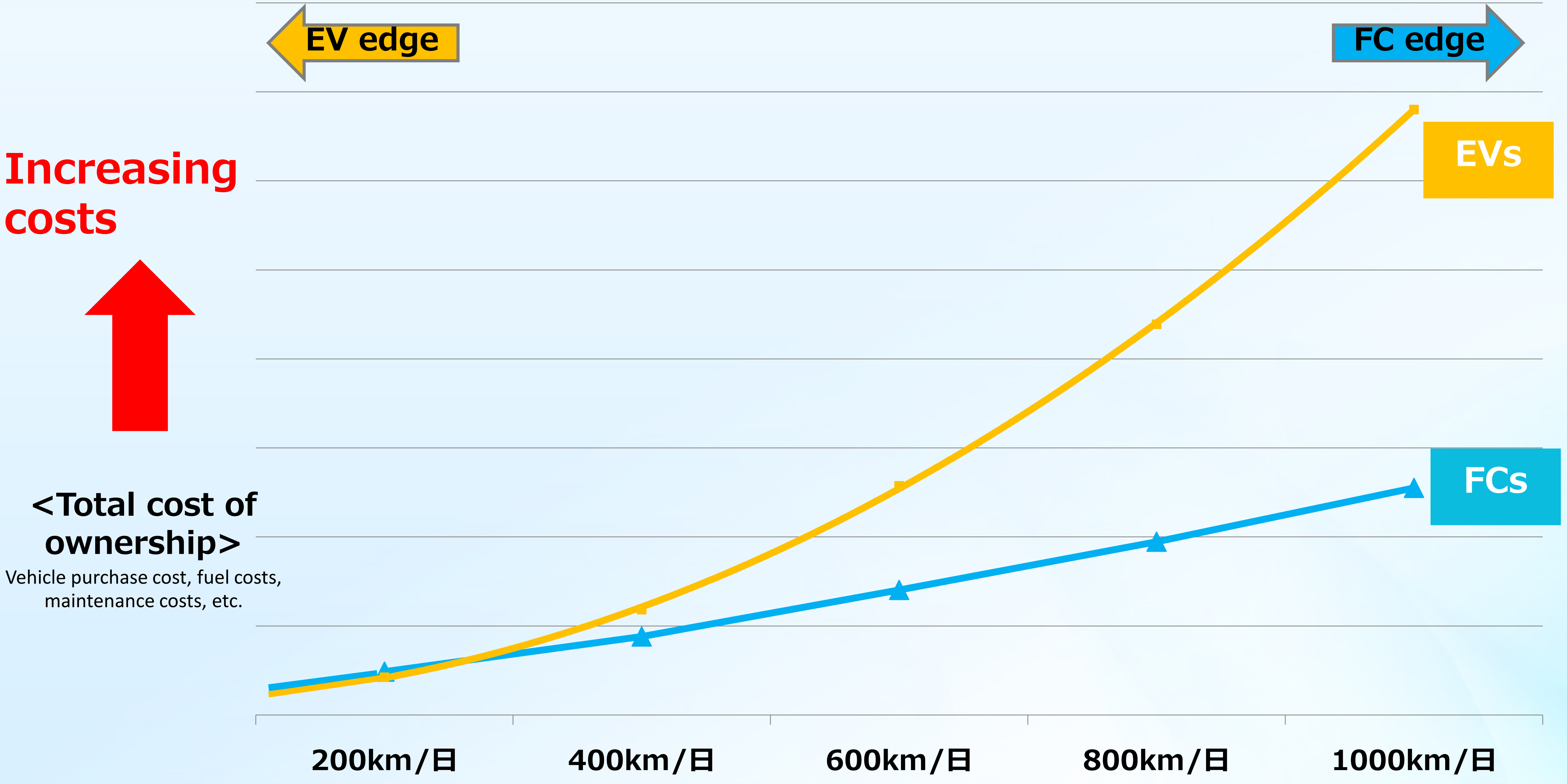
Ease of use

- Cruising range similar to that of gasoline cars
- Hydrogen filling time (about 3 mins)

Emergency power supply

- High supply capacity

Competitiveness Comparison of FCVs and EVs for Commercial Applications



Large EV batteries enable long cruising ranges but consequently hurt carrying capacity, resulting in worse cost performance

Fuel Cell Technology Applications

Passenger cars

MIRAI (2014)

Commercial vehicles

Industrial applications

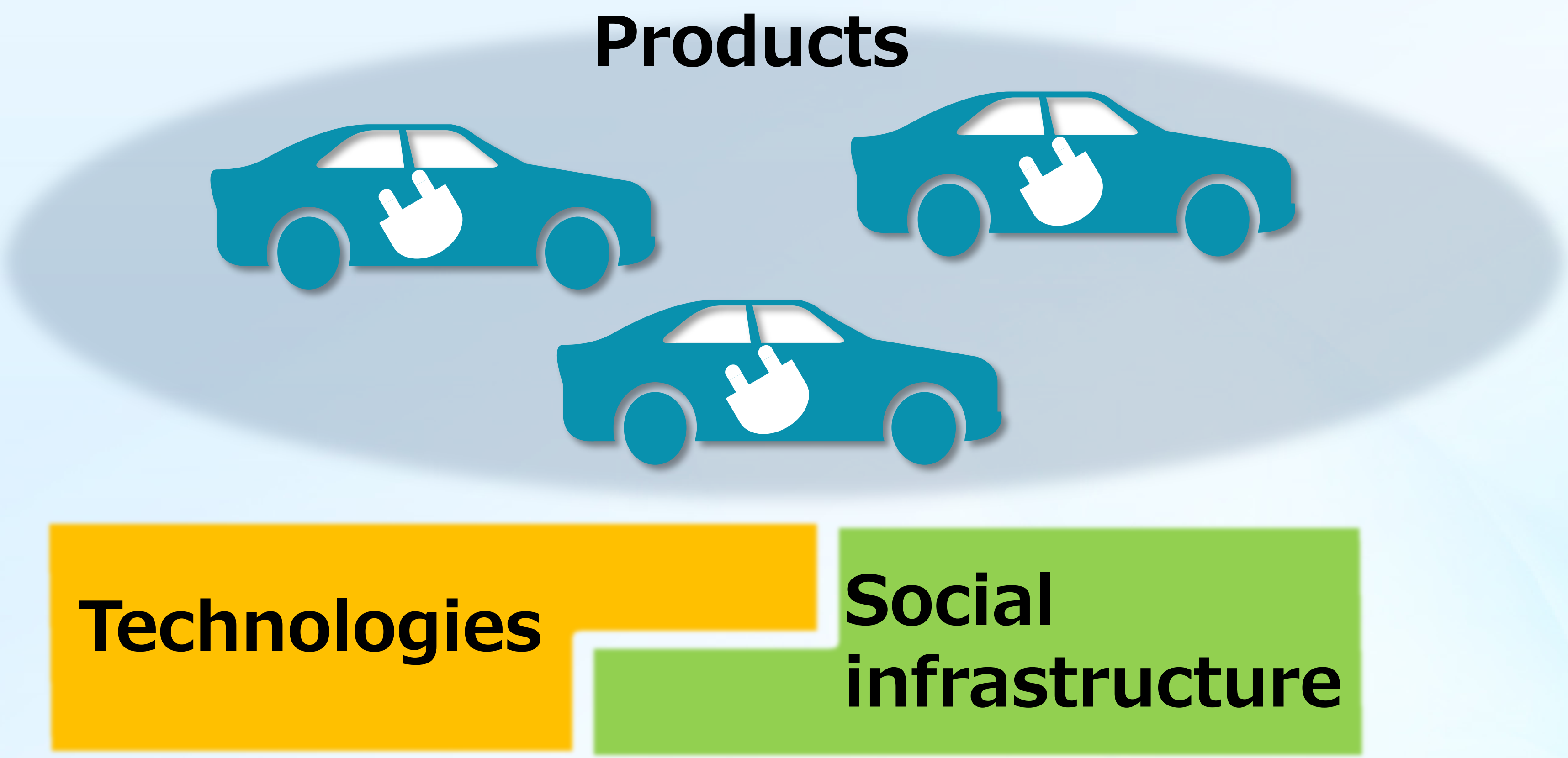
TOYOTA

AISIN

Toyota will upgrade and expand its lineup of passenger and commercial vehicles in the 2020s

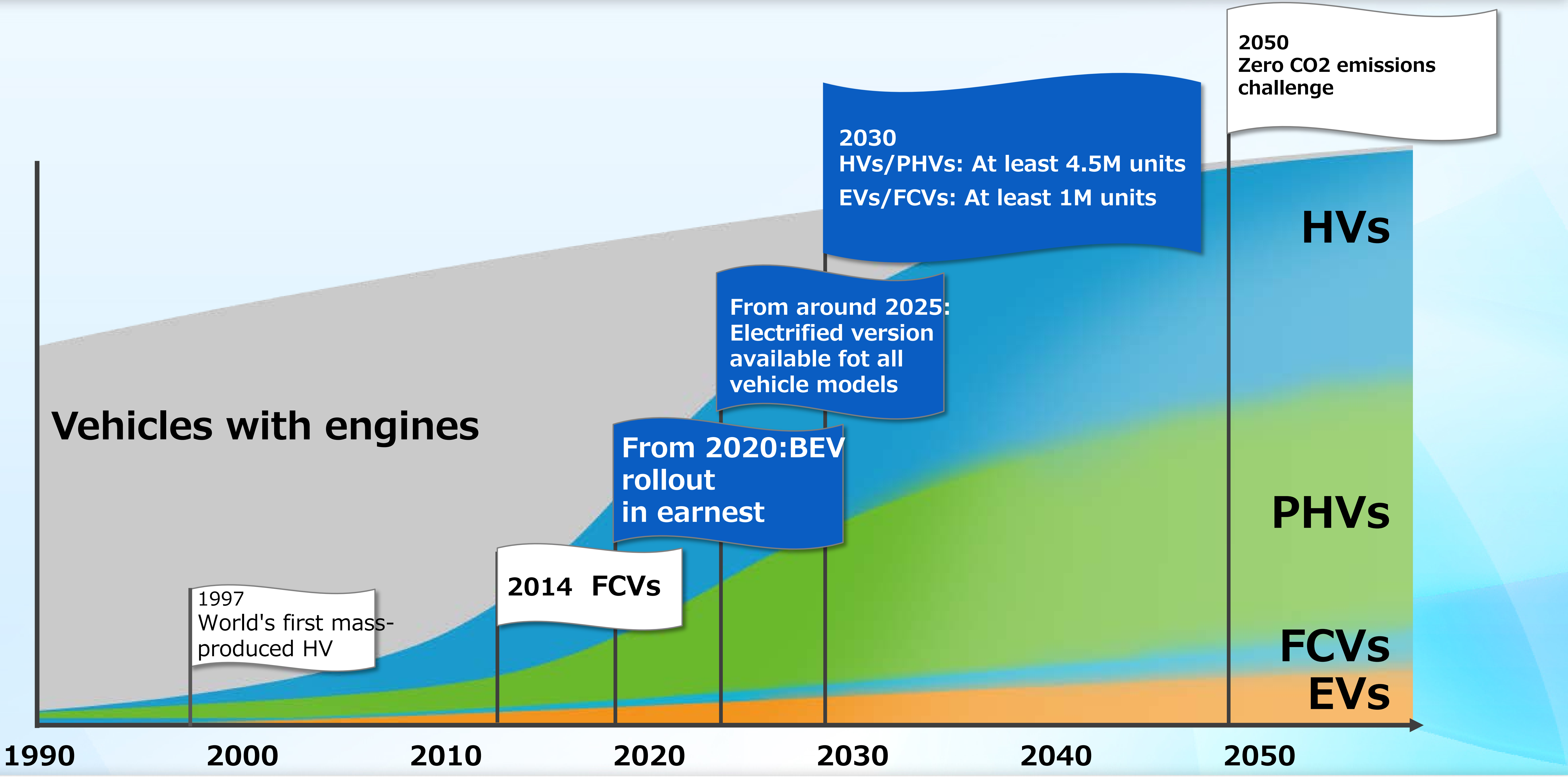
Toyota's All-encompassing strategies

As a volume manufacture of approx. 10 million vehicles globally, to provide its customers diversified electrified vehicles…

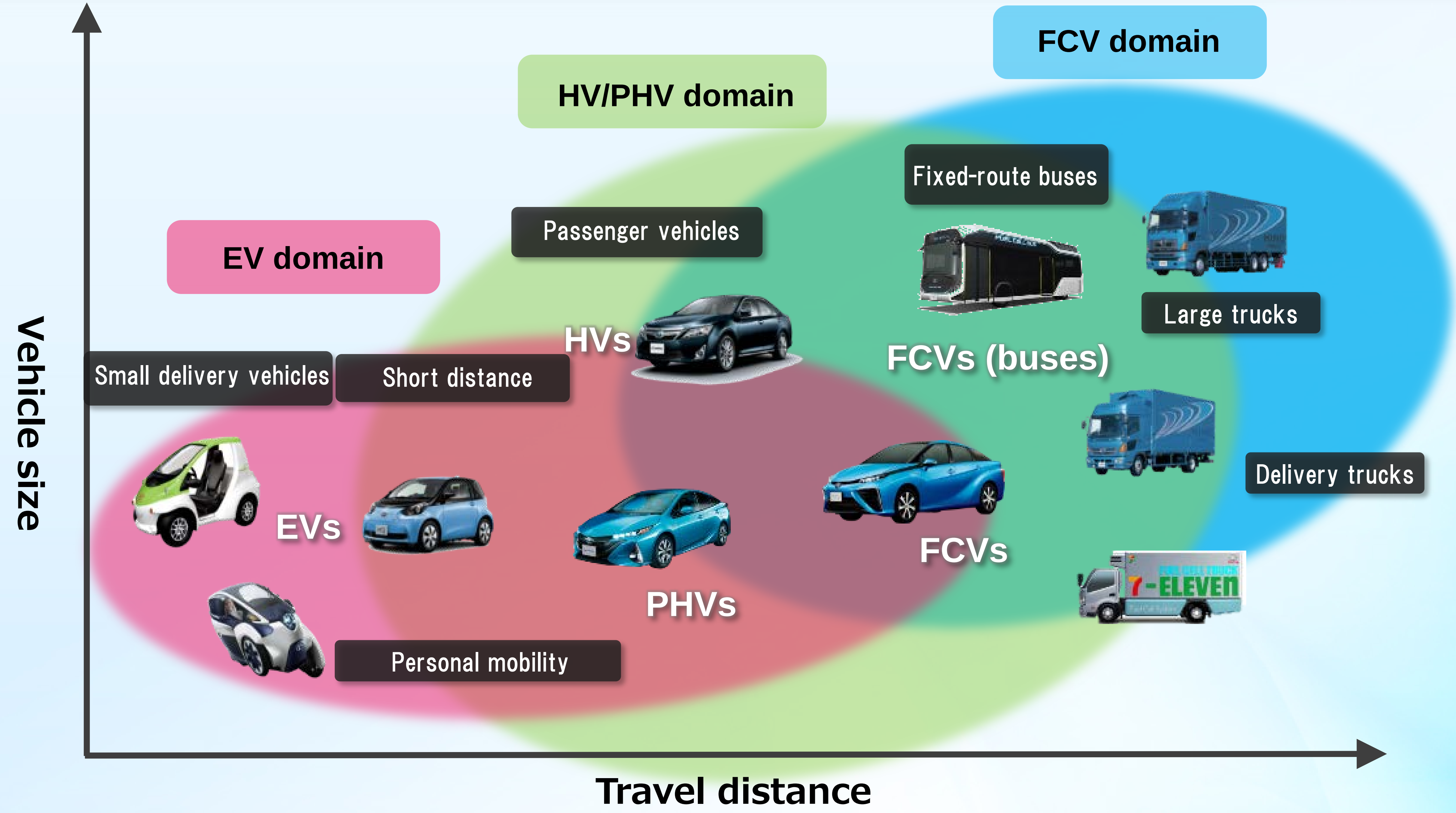


All-encomapssing approach to products, technologies, social infrastructure

Vehicle Electrification Milestones



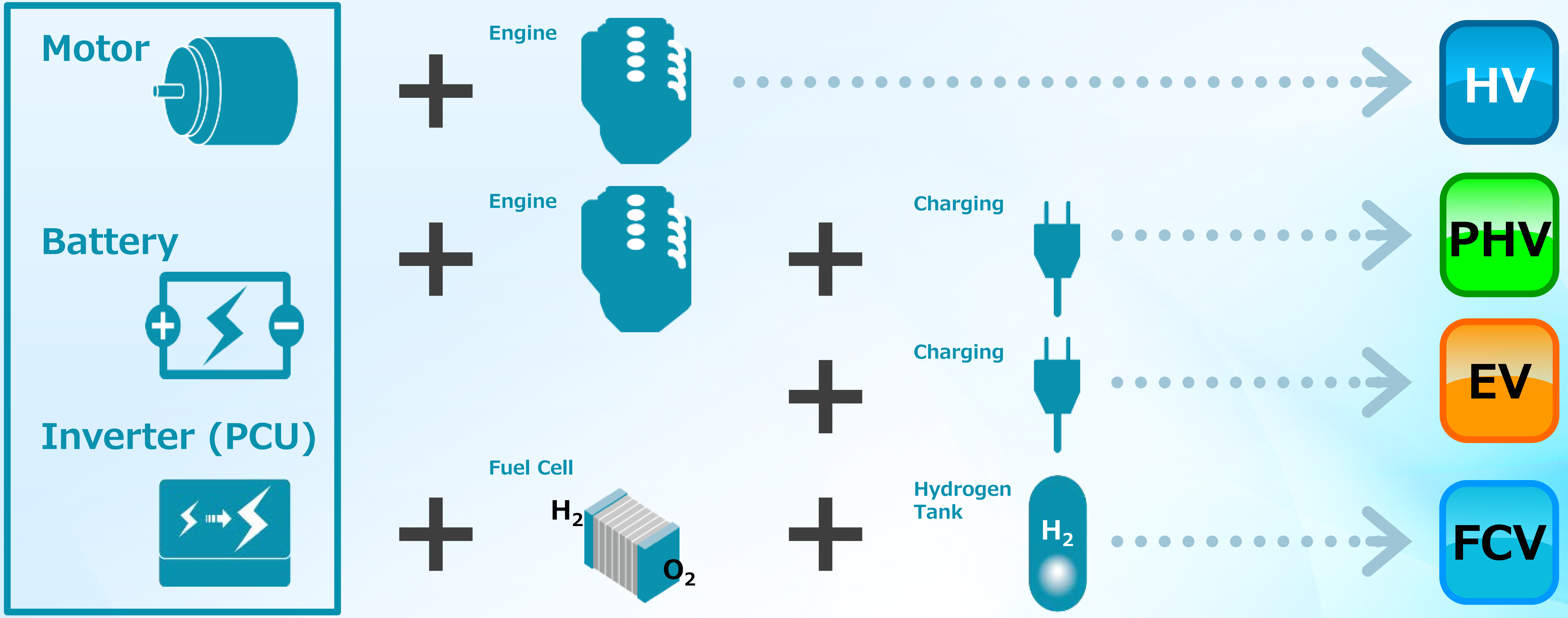
Future Electrified Vehicle Positioning (image of popularization)



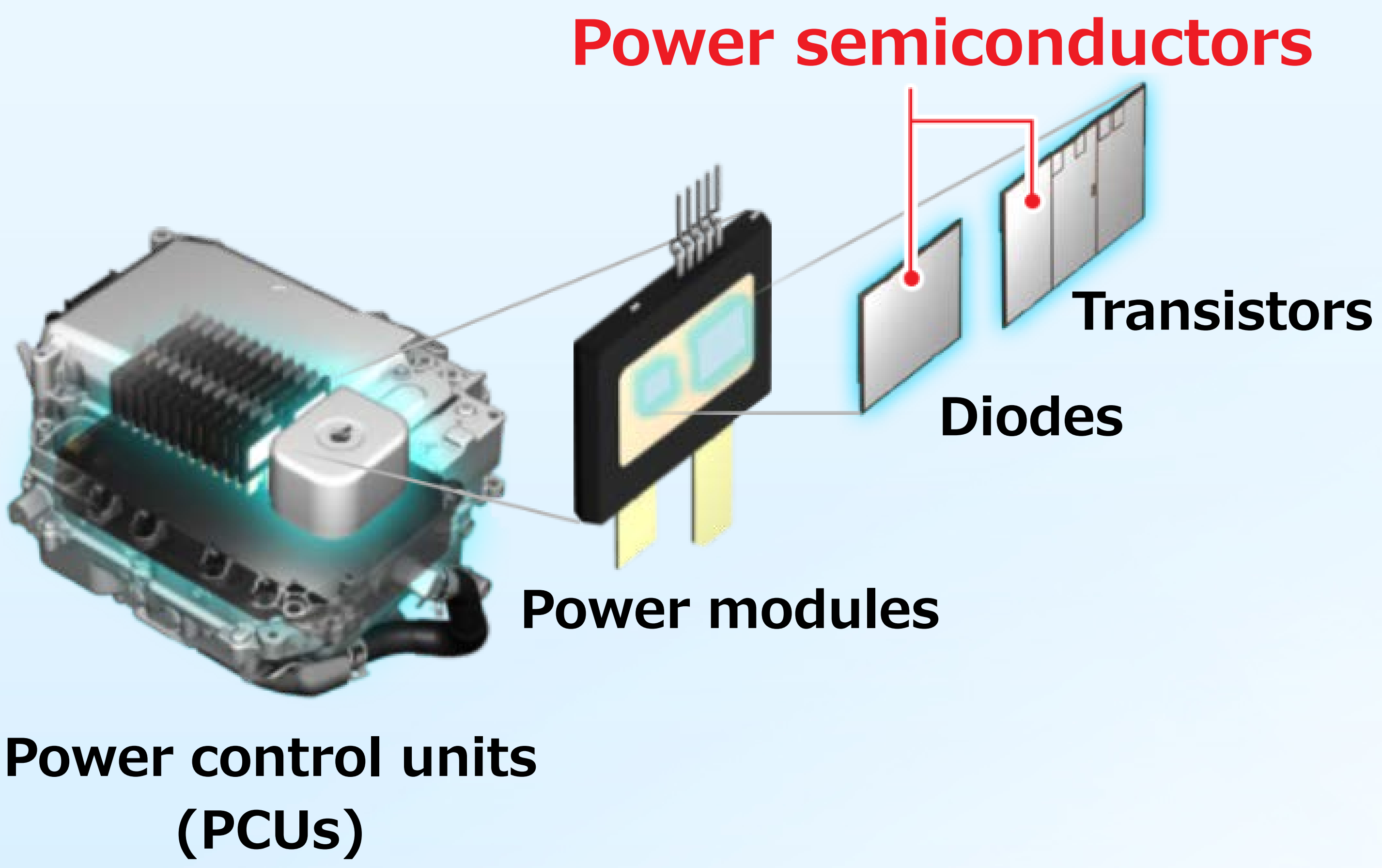
Greater diversification is needed for HVs, PHVs, EVs, and FCVs alike

Motors, Batteries, and Inverters: Core Electrification Technologies

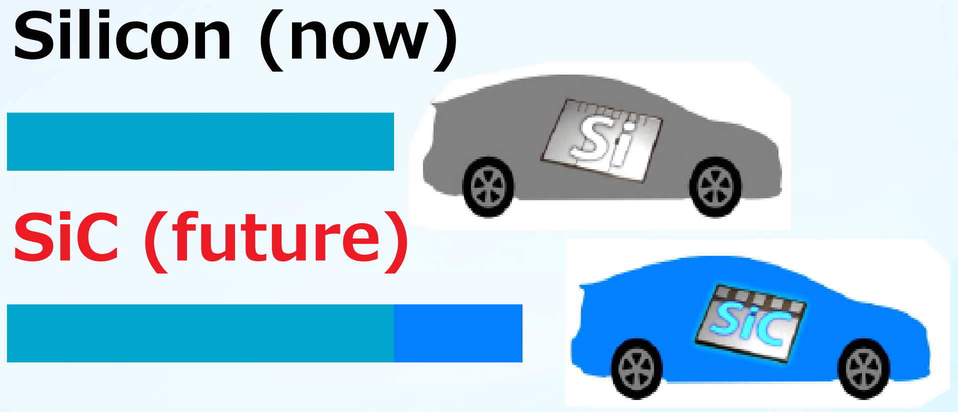
Core vehicle electrification technologies → Can be used in all electrified vehicles



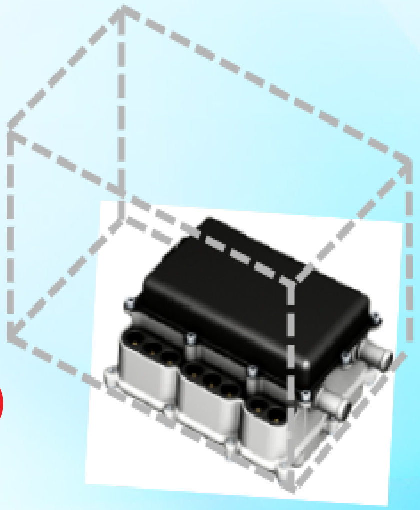
Develop next-generation power semiconductors



● Target: 10% fuel performance increase

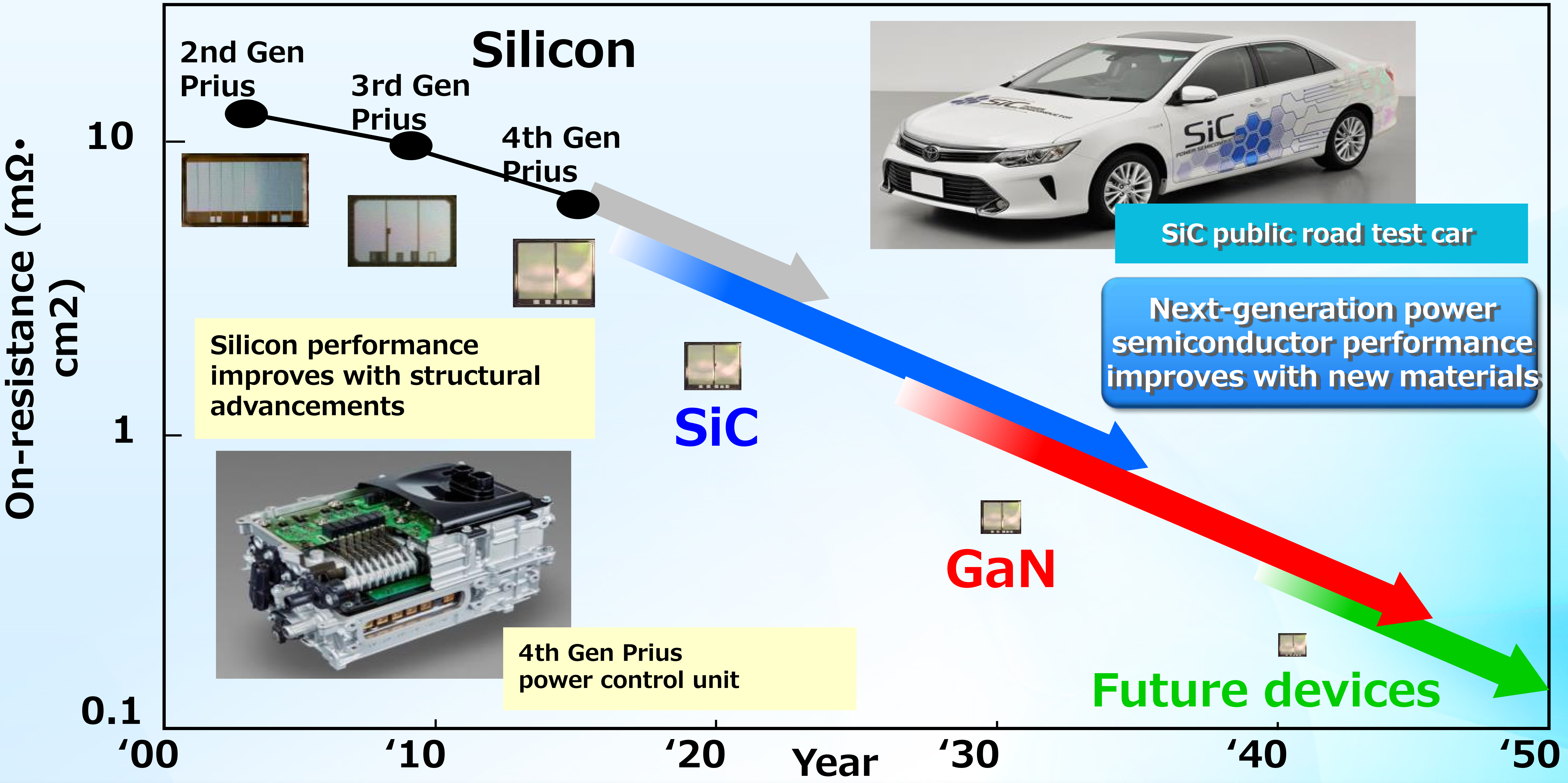


● PCU miniaturization
(Target: reduce size by 80%)



We aim to improve fuel efficiency by 10% and shrink sizes by 80%

Evolution of the Automotive Power Semiconductor



Industry, Government, and Academia Joint Projects

Developing post LiB
(All-solid-state batteries, etc.)

Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
Development of cutting edge decarbonization technologies (ALCA)

Ministry of Economy, Trade and Industry
Basic technology development aimed at commercializing next next-generation automotive batteries

Development of power semiconductors
(Post Si)

Cabinet Office
SIP
Next-generation power electronics

Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology
Next-generation semiconductor research and development for achieving an energy-conserving society

Ministry of Economy, Trade and Industry
Next-generation power electronics technology development project

Full-scale proliferation of hydrogen usage

Ministry of Economy, Trade and Industry
Hydrogen supply chain construction demonstration project utilizing unused energy

Cabinet Office
SIP energy carriers

Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology
Advanced research under RIKEN's ALCA program

Ministry of the Environment
Project to promote a hydrogen-based society that uses renewable energy, etc.

We hope for further support through government-let industrial policies

Energy-Saving Effects of Autonomous Driving

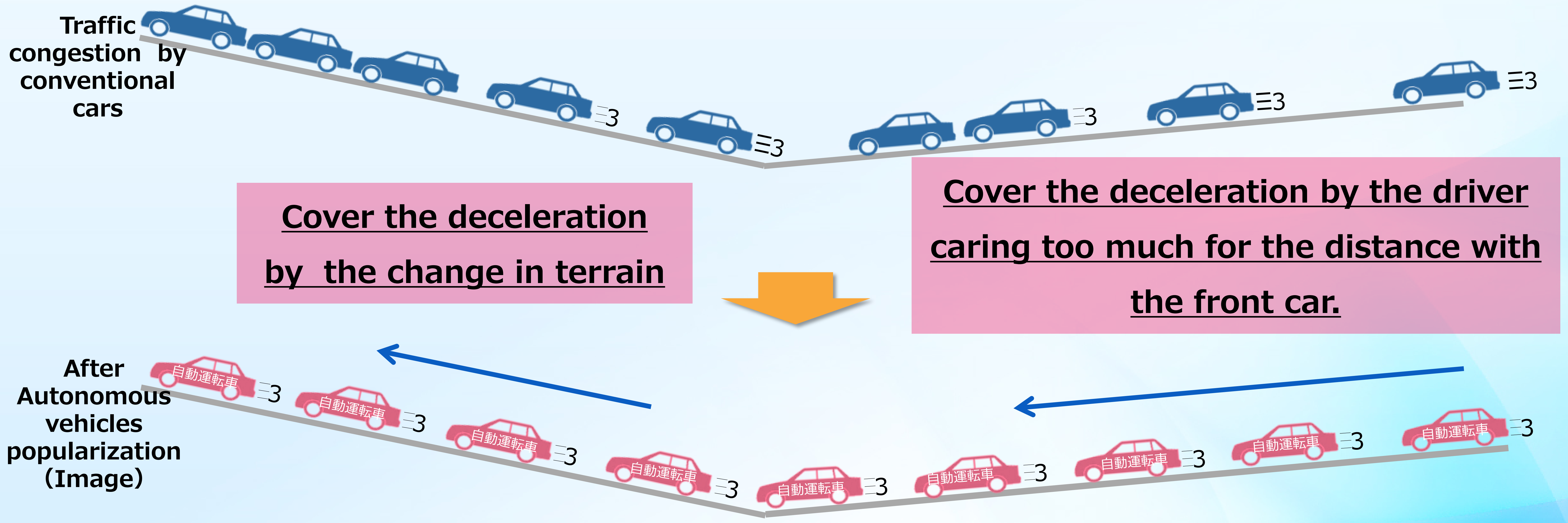
MOBILITY TEAMMATE CONCEPT
Automated Driving Tech.

Traffic flow improvement by the Autonomous vehicle proliferation will lead the energy saving

Ex.) Traffic congestion improvement around the Sag area*

*The turning point from downslope to upslope

【Image】



Realize the smooth traffic movement by supporting the appropriate vehicle speed control

For achieving “Sustainable Society”, “Customers’ Smiles”

TOYOTA