

プラグインハイブリッド車を取巻く 国内外の動向

平成19年6月15日

財団法人日本自動車研究所

小林 敏雄

•自動車に関する研究を通じて、自動車の総合的、長期的技術の向上を図るとともに、エネルギー資源の適正な利用の増進に資し、もって産業の健全な発展と国民生活の向上に資する。

つくば：衝突実験場



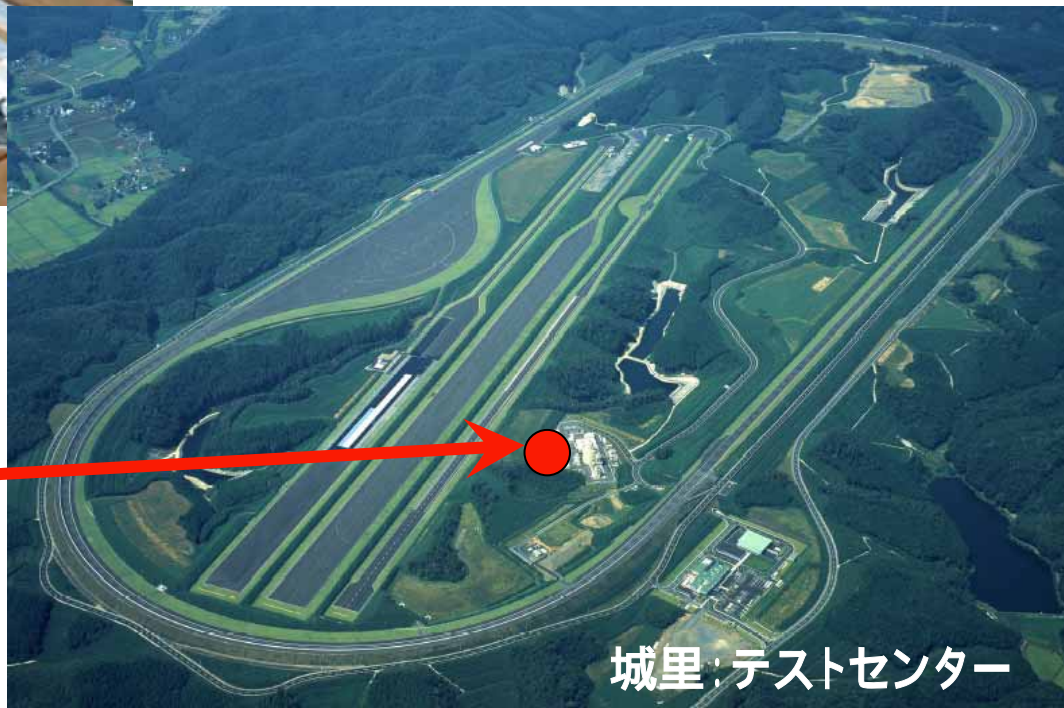
1. 設 立：1969年
2. 場 所：茨城県つくば市・城里町(研究所)
東京都港区(東京事務所)
3. 会 員：約280会社・団体
4. 職員数：約400名(契約職員除き)

燃料電池自動車
安全性評価試験棟



Hy-SEF

燃料電池自動車安全性評価試験棟



城里：テストセンター



衝突実験場(つくば)



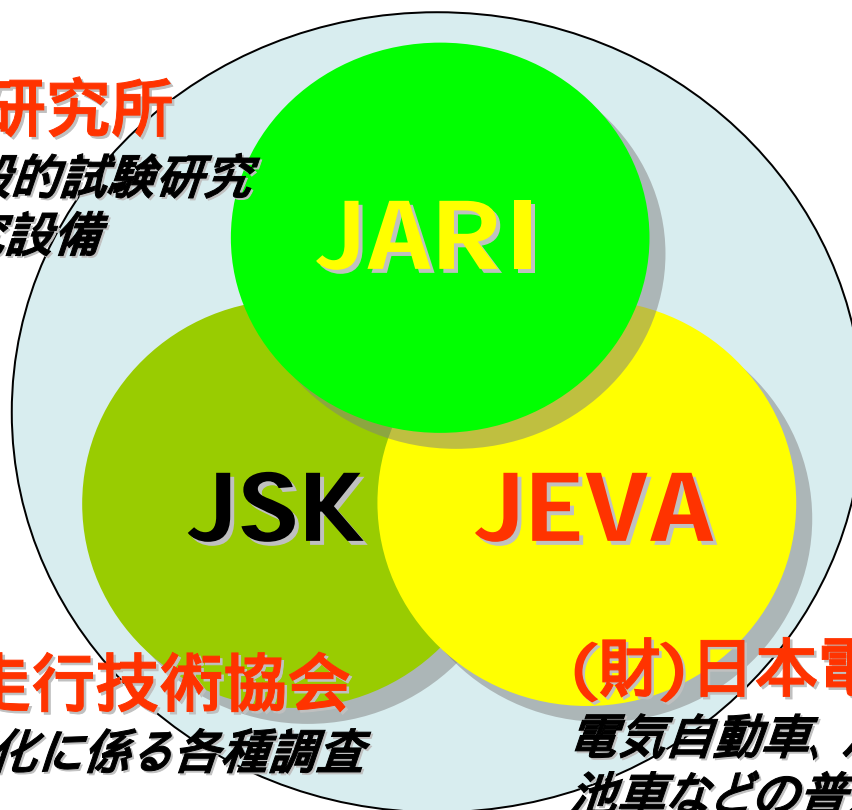
Hy-SEF (城里)



- 自動車の役割の多様化、環境・安全対策の向上、国際競争の激化など幅広い課題に対応するため、3団体は平成15年7月1日統合した。

(財)日本自動車研究所

自動車社会に係る全般的試験研究
機関、大規模試験研究設備



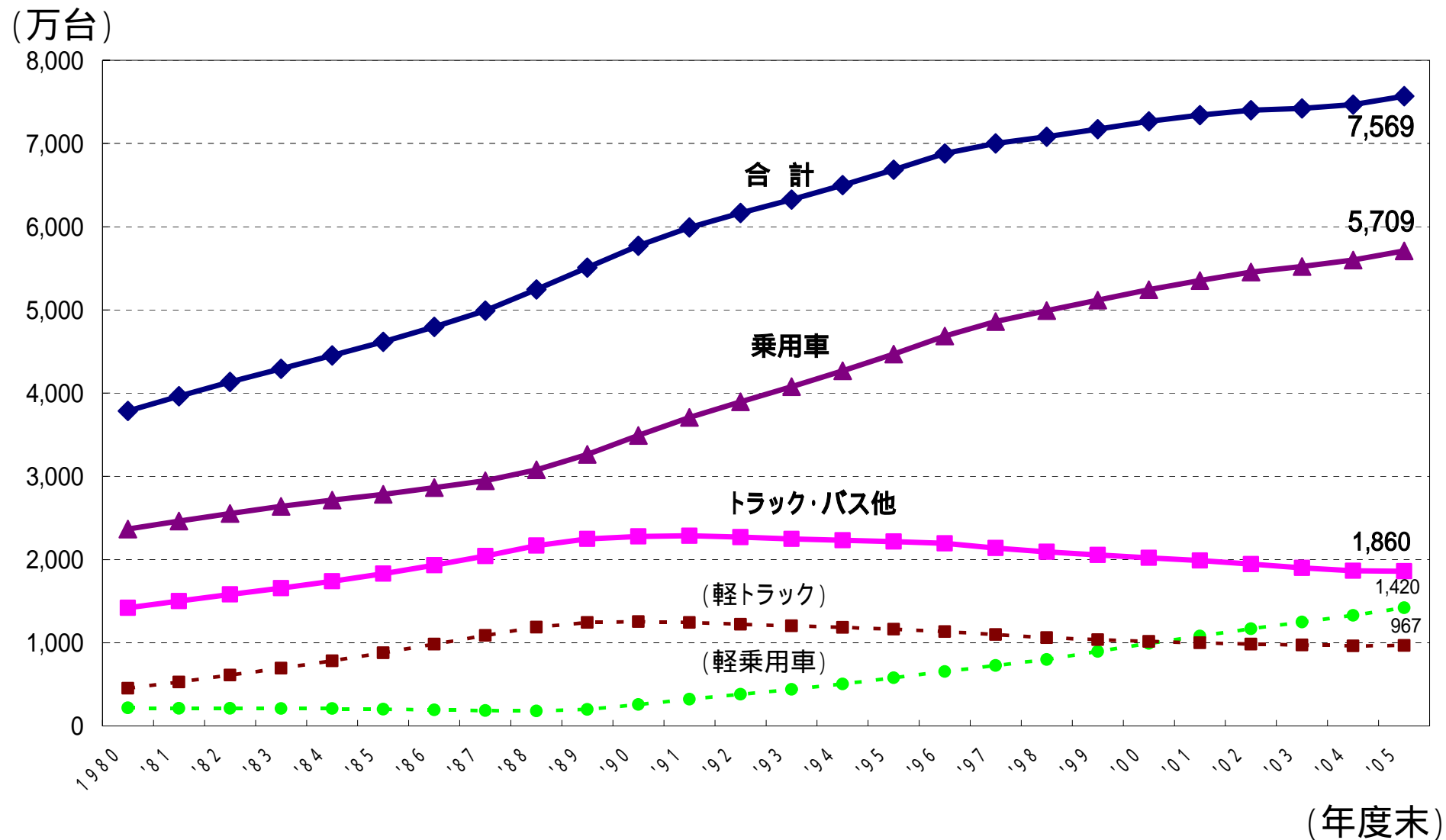
(財)自動車電子走行技術協会

自動車の知能化、情報化に係る各種調査
研究、標準化活動

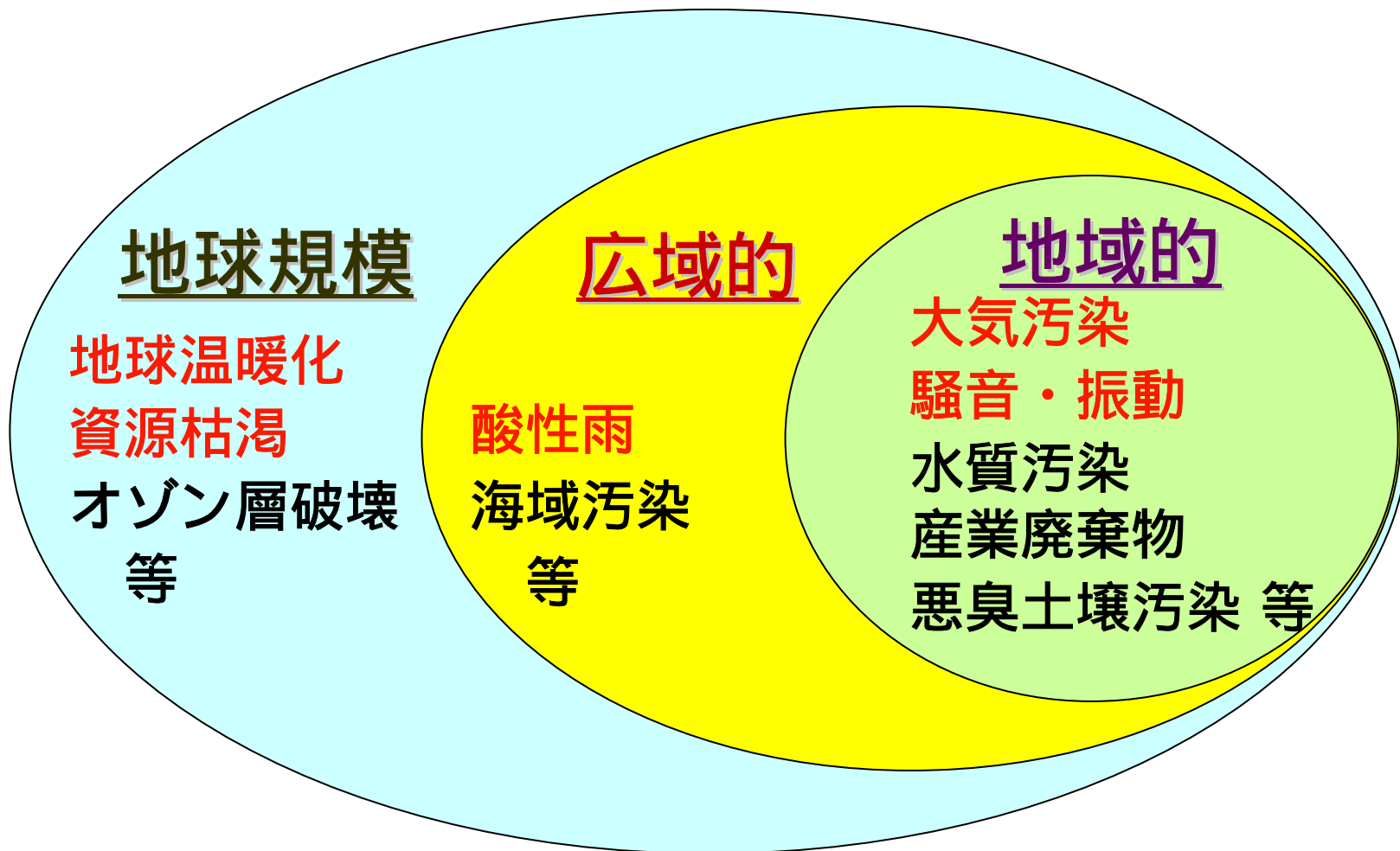
(財)日本電動車両協会

電気自動車、ハイブリッド車、燃料電池車などの普及、標準化、研究活動

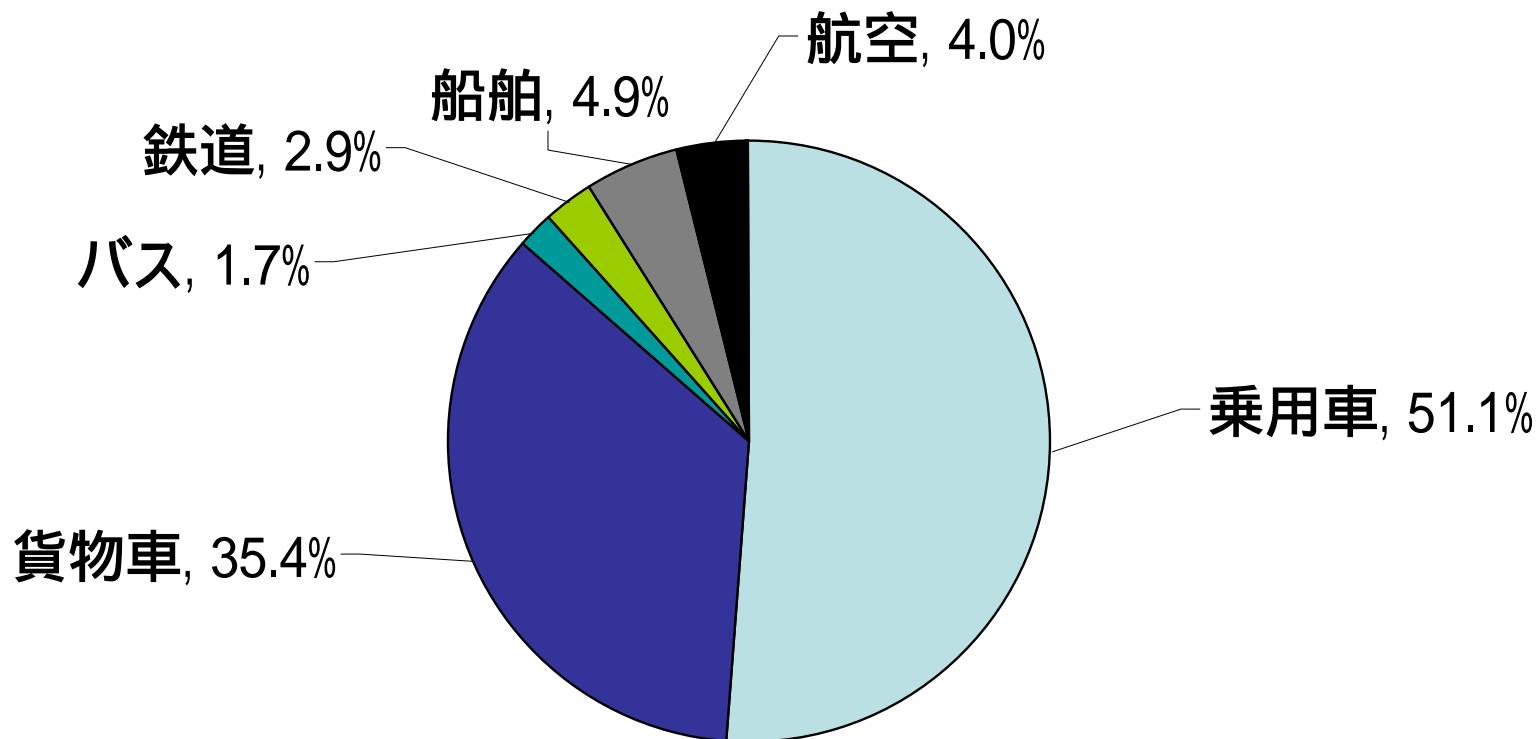
日本の自動車保有台数の推移



日本自動車工業会「日本の自動車工業」データから作成



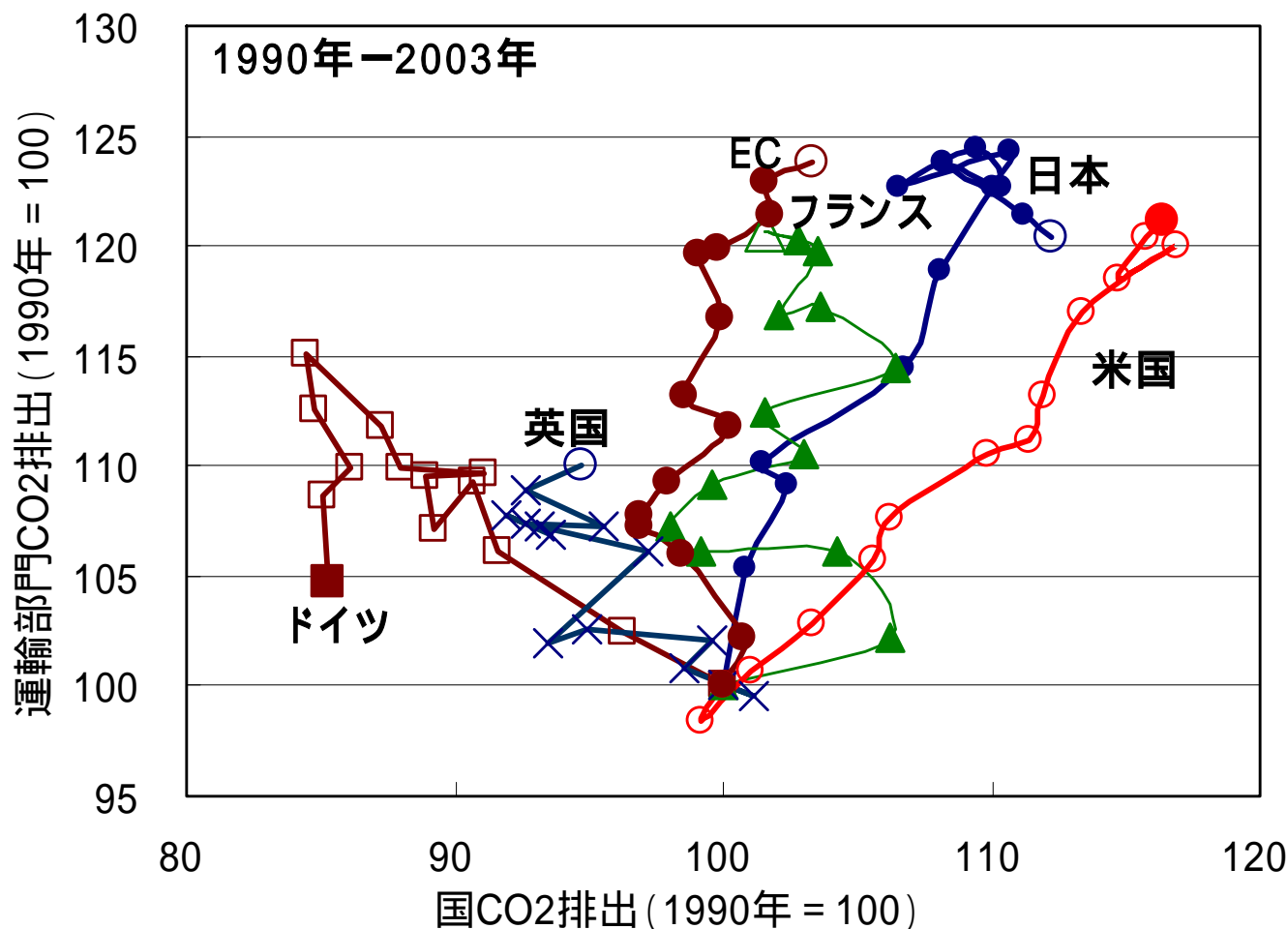
輸送機関別二酸化炭素排出量の割合



出典: GIOウェブページ「日本の温室効果ガス排出量データ(1990~2004年度)」より作成

主要国のCO2排出状況

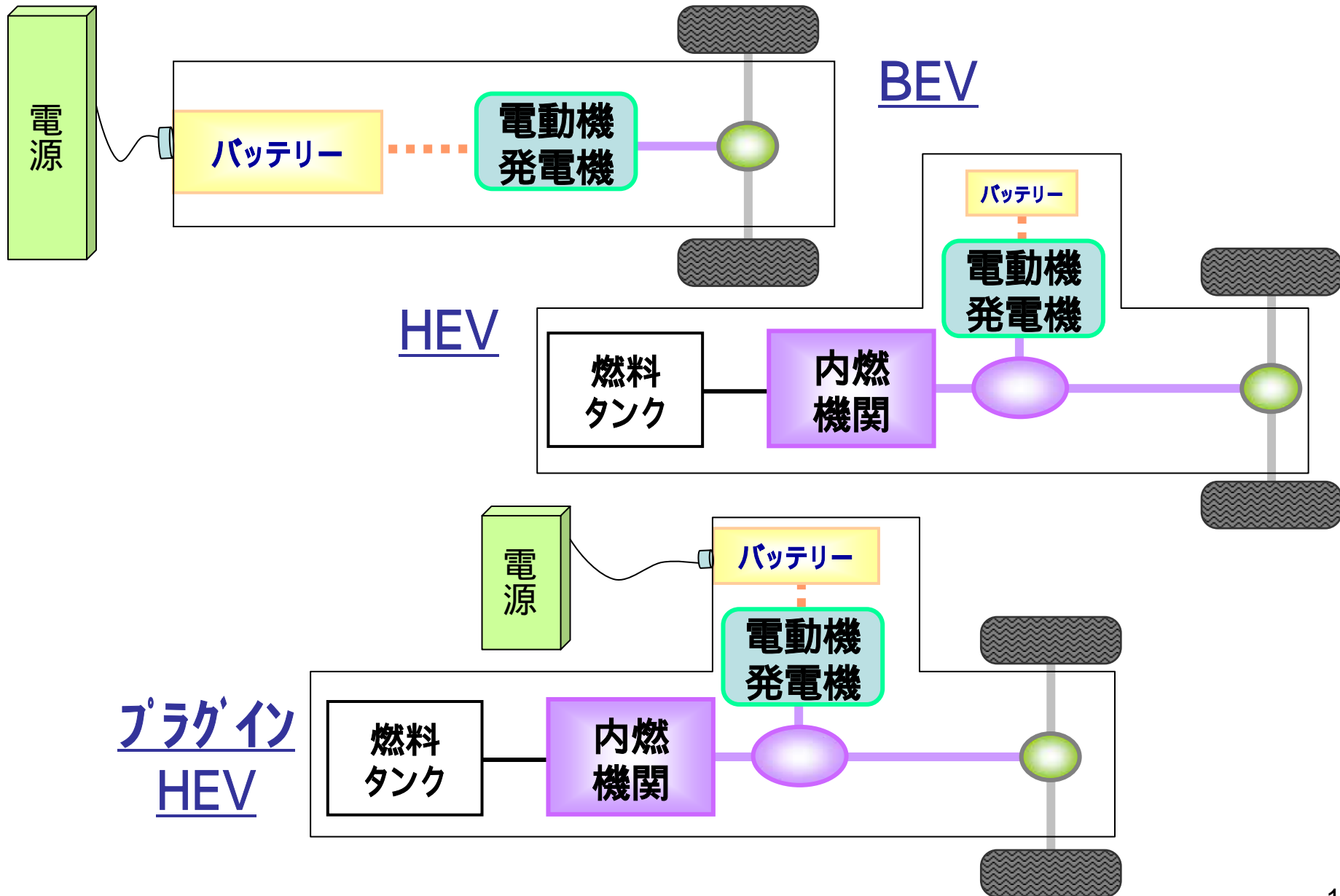
- 両部門(国, 運輸部門)CO2排出量減少傾向はドイツのみ.
- 運輸部門CO2排出量が減少傾向にあるのは日本.
- 両部門(国, 運輸部門)CO2排出量増加傾向は米国, EC.



新エネルギー導入目標 (クリーンエネルギー自動車)

クリーンエネルギー自動車	2010年普及目標
電気自動車	約 11万台
ハイブリッド車 (燃料電池車を含む)	約 211万台
天然ガス自動車	約 100万台
ディーゼル代替LPG自動車	約 26万台
計	約 348万台

電動車両の基本構造例



プラグインハイブリッド車に係わる動向

プラグインハイブリッド車の歴史(1)

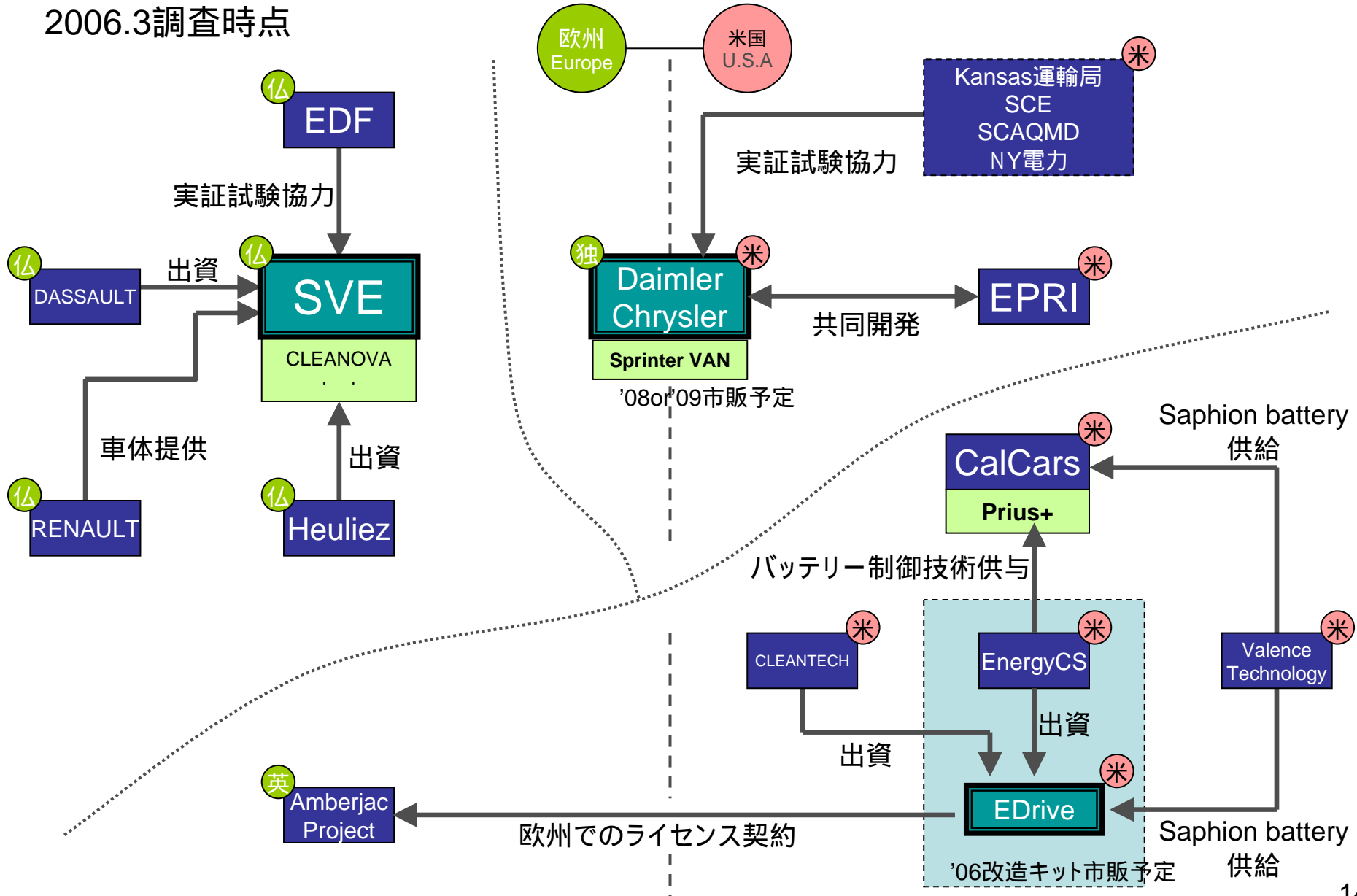
1990年	<ul style="list-style-type: none"> •UC Davis校のAndy Frank教授がPHEVのプロトタイプ車開発に着手。
1997年	<ul style="list-style-type: none"> •日本でハイブリッド車Prius(トヨタ)販売開始。
1998年	<ul style="list-style-type: none"> •ZEV規制にPZEV(Partial ZEV)としてプラグインHEVを含めたHEVにクレジットが与えられることになる。
1999年	<ul style="list-style-type: none"> •米国で初のHEVとなるインサイト(ホンダ)の販売が始まる。
2000年	<ul style="list-style-type: none"> •米国にてPrius販売開始。 •EPRIはHEVA(HEV Alliance)のスポンサーとなる。これは、PHEVの商品化の推進を目的とする。メンバーには、大手自動車メーカー、国立研究所、UC Davis校などが参加。
2001年	<ul style="list-style-type: none"> •DOEはFrank教授をトップとするNational Center Of Hybrid Excellence at UC Davisを設立。 •12 kmの電気走行レンジを有するプラグインHEVに対してCAFEクレジットが設けられる。
2002年	<ul style="list-style-type: none"> •カリフォルニア州で、主にPHEVの開発、研究などを行うことを目的とした、企業家、環境保護主義者、エンジニアなどからなる非営利団体CalCars (The California Cars Initiative) が設立される。

プラグインハイブリッド車の歴史(2)

2004年	<ul style="list-style-type: none"> • ダイムラークライスラー社は、市販の中型デリバリーバンをベース車にして最大32 kmの電気走行が可能なPHEVを開発することを発表。EPRIと共同で、このPHEVの導入促進を図るプロジェクトが始動。 • 日本と欧州向けPriusは約1kmの電気走行が可能となった。 • PriusをPHEVに改良し、デモンストレーションすることで、大手自動車メーカーにPHEV商品化を促すCalCarsのPrius + プロジェクトがスタート。鉛蓄電池を搭載し、約10マイル(16km)の電気走行が可能になる。 • EDrive社がリチウムイオン電池を用いたPriusの改造キット開発に着手。
2005年	<ul style="list-style-type: none"> • “Set America Free”アライアンスが保守派と環境保護派によって締結される。これは、米国政府に対してHEVやPHEV、バイオ燃料車の開発支援を促すことを目的とする。 • フランス国立交通・安全研究所 (INRETS) のBadin氏らはフランスで行われたEVS 21において、20kmの電気走行が可能なPHEVを提唱。 • Electro Energy社とCalCarsは共同でplug-in HEV用NiMH電池を開発するElectro Energy- CalCarsプロジェクトを開始。
2006年	<ul style="list-style-type: none"> • 米ブッシュ大統領は、1月の一般教書演説で、新たな「先進エネルギーイニシアティブ」を発表し、PHEVについて言及。 • カナダトロントに本拠地をおくHymotion社は、トロントで開催されたカナダ国際オートショーにおいて、リチウムイオンポリマー電池を用いたHEVの改造キットを公表。

プラグインHEVメーカーの協力関係

2006.3調査時点



CalCarsによる改造プリウス ”PRIUS+”

最初の PRIUS+ (改造プリウス),
低コストな鉛酸電池でスタートした (2004年11月22日)



PRIUS+プロトタイプ
の鉛酸電池 (16kmのZEV走行が可能)



Valence Technology社製、リン酸ベースの
“Saphion”リチウムイオン電池
(容量9 kWh, ZEV走行48km程度)



オリジナルのバッテリー制御システムに取って代わる
EnergyCS社製のプロトタイプディスプレイユニット

手にしているのはBrusa社製の充電器

EDrive社の改造プリウス



- Valence社製Saphionリチウムイオン電池 (9kWh , 225V , 40Ah)
- モニタリング・制御回路を追加。これにより低速, 低負荷時には電気走行が可能となる。高負荷時にはモータアシストを行う。
- オンボード1kW 120V-AC DeltaQ充電器
- EnergyCS社製バッテリー監視制御システム
- 100-150mpg (50-60マイル走行に対して)

(100mpg=42km/L)



- トヨタPriusの1.3kWh NiMH電池をValences社のSaphionリチウムイオン電池に積み替え, 後部の荷物室にセットする。
- 82kgの増加。

効果 (第三者機関による評価)

- 56 km以内のトリップは電気走行 (時速54km以下) であり, 125 Wh/kmの電費。
- 112 kmのトリップで8割が88km/hで走行する専用道, 2割が市街地の場合, 50 - 76 km/Lの燃費, 72 - 94Wh/kmの電費。

仕様		
L5リチウムイオン電池仕様	バッテリータイプ	<u>リチウムイオンポリマー</u>
	エネルギー容量	5kWh
	充電温度範囲	- 10 ~ 35
	稼働温度範囲	- 20 ~ 45
	充電電圧	120 / 240V (15A)
	充電時間	5.5 h / 4.0 h
	重量	72.5kg
パフォーマンス	<ul style="list-style-type: none"> •電気走行60 km •市街地55km/h以下で無排気 •市街地・幹線道路走行で100mpg (42km/L) 	
特長	<ul style="list-style-type: none"> • <u>標準電池を残したままで設置</u> • <u>このキットを外すだけで通常のHEVに復帰</u> • プラグインHEVバッテリーが使われている間、標準バッテリーの残量計はプラグインHEVバッテリーの状態を表示 • バッテリー温度・制御・モニタリングシステム内蔵 	



プリウス改造キット”L5PHEV”



充電の様子

プリウス改造キットの比較

System	Stock	Hymotion L5	Hymotion L12	EDrive
Vehicle	Toyota Prius	Toyota Prius	Ford SUV Hybrids	Toyota Prius
Battery type	NiMH	Lithium-ion	Lithium-ion	Lithium-ion
Energy	< 1kWh	5 kWh	12 kWh	9 kWh
Charge time	15 minutes from gas	5.5 hrs / 4.0 hrs	12 hrs / 6 hrs	9 hrs
Weight	~30.0 kg	72.5 kg	147.5 kg	113.4 kg
Estimated battery range	3 km (2 miles)	50 km (31 miles)	80 km (50 miles)	56 km (35 miles)
Estimated fuel economy (comb.)	50 mpg	100 mpg	60 mpg	100–150 mpg
Price	\$22,000 base model	\$9,500 for orders >100 \$6,500 for order >1,000	n/a	\$10,000–\$12,000

出典 : <http://www.eaa-phev.org/wiki/Hymotion>



プラグインハイブリッドSprinter



ドライブトレイン



充電の様子

- ベース車:ディーゼル/ガソリンエンジン
- ハイブリッド方式:パラレル
- 電気走行レンジ:最大20マイル
- 充電時間:6時間
- 燃費:22mpg (9.2 km/L)
- トルク:130-180Nm (最高275Nm)
- 最高出力:90kW
- モーター出力:70kW
- バッテリー容量:14kWh
- バッテリー重量:350kg (NiMH), 160kg (Li-ion)
- 充電:普通/急速
- 燃料/CO2削減効果:10-50%




DaimlerChrysler / EPRI PHEV Sprinter

Dodge Plug-In Hybrid Electric Sprinter DAIMLERCHRYSLER

Technical and Market Feasibility Study


3rd Vehicle

- Bus body with paratransit equip.
- Diesel
- Lithium Ion Battery




6th Vehicle

- Cargo Van
- Diesel
- Lithium Ion Battery




1st Vehicle (IAA)

- Cargo Van
- Diesel
- NiMH Battery




4th Vehicle

- Cargo Van
- Gasoline
- Li Ion Battery




5th Vehicle


- Utility Van
- Gasoline
- NiMH Battery



2nd Vehicle

- Cargo Van
- Gasoline
- NiMH Battery





電気走行	燃費	電池	モーター
32km	40%向上	12kWh NiMH/Li Ion	90kW

第一段階	2005 ~	プロトタイプ6台	ドイツ・米国で実証試験
第二段階	-	次世代プロトタイプ30台	フリート顧客による実証
第三段階	-	事前生産 100台	欧米各地で実証試験

ドイツ・米国における実証試験

6th vehicle

- Cargo Van
- 8,550 lbs
- 158 inches
- Diesel



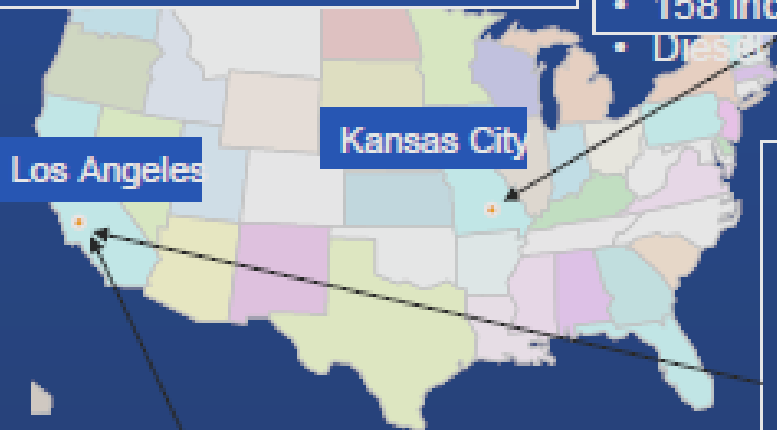
3rd vehicle

- Cargo Van with bus body Braun
- 8,550 lbs
- 158 inches
- Diesel



1st IAA

- Testing
- 3.5t/3550 mm
- Diesel



Los Angeles

Kansas City

4th vehicle

- Cargo Van
- 8,550 lbs
- 140 inches
- Gasoline



Hannover

Schweinfurt
(ZF Sachs)

5th vehicle

- Cargo Van
- 8,550 lbs
- 140 inches
- Gasoline

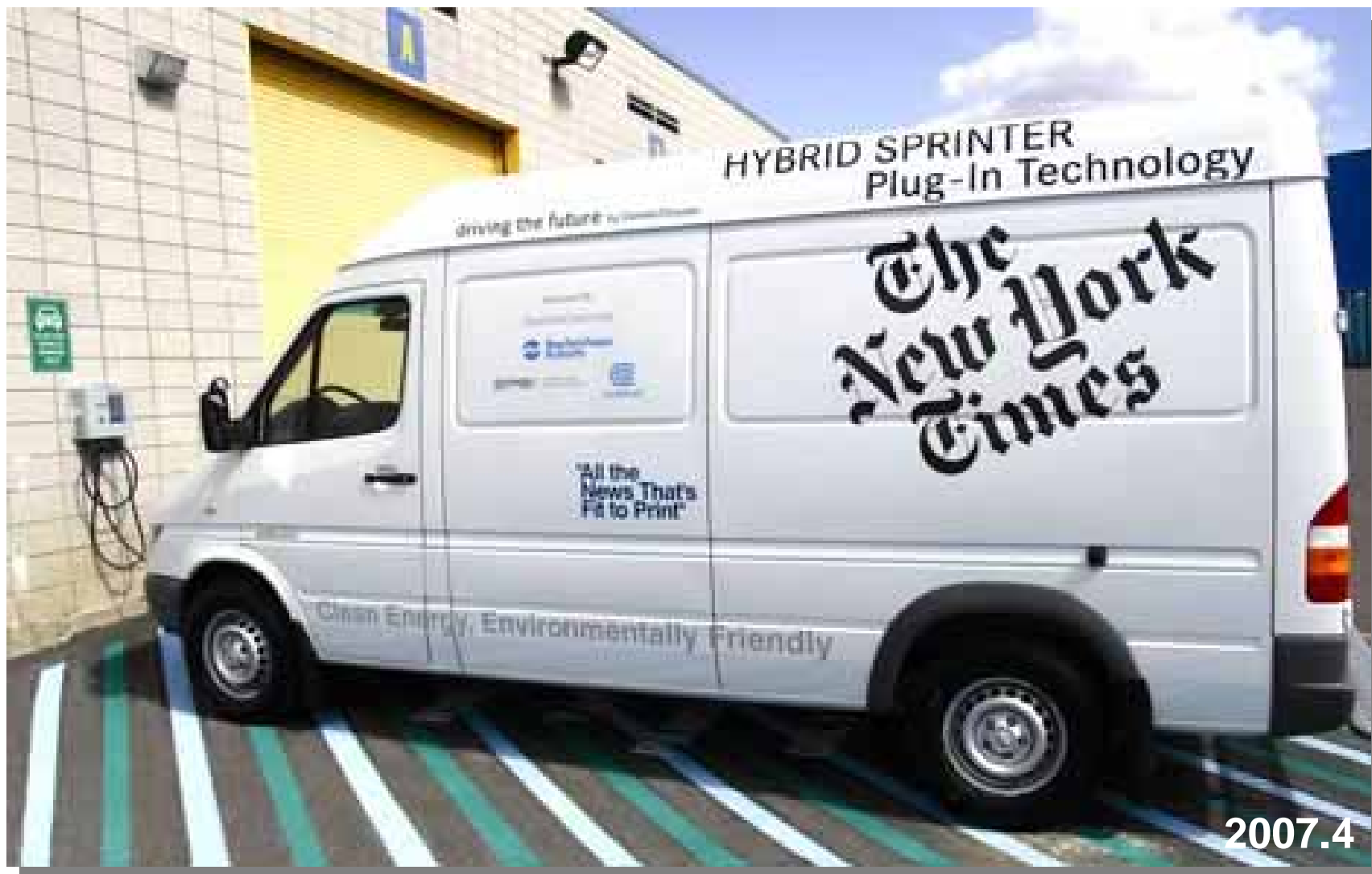


2nd vehicle

- KaWa
- 3.5t
- 3550m
- Diesel

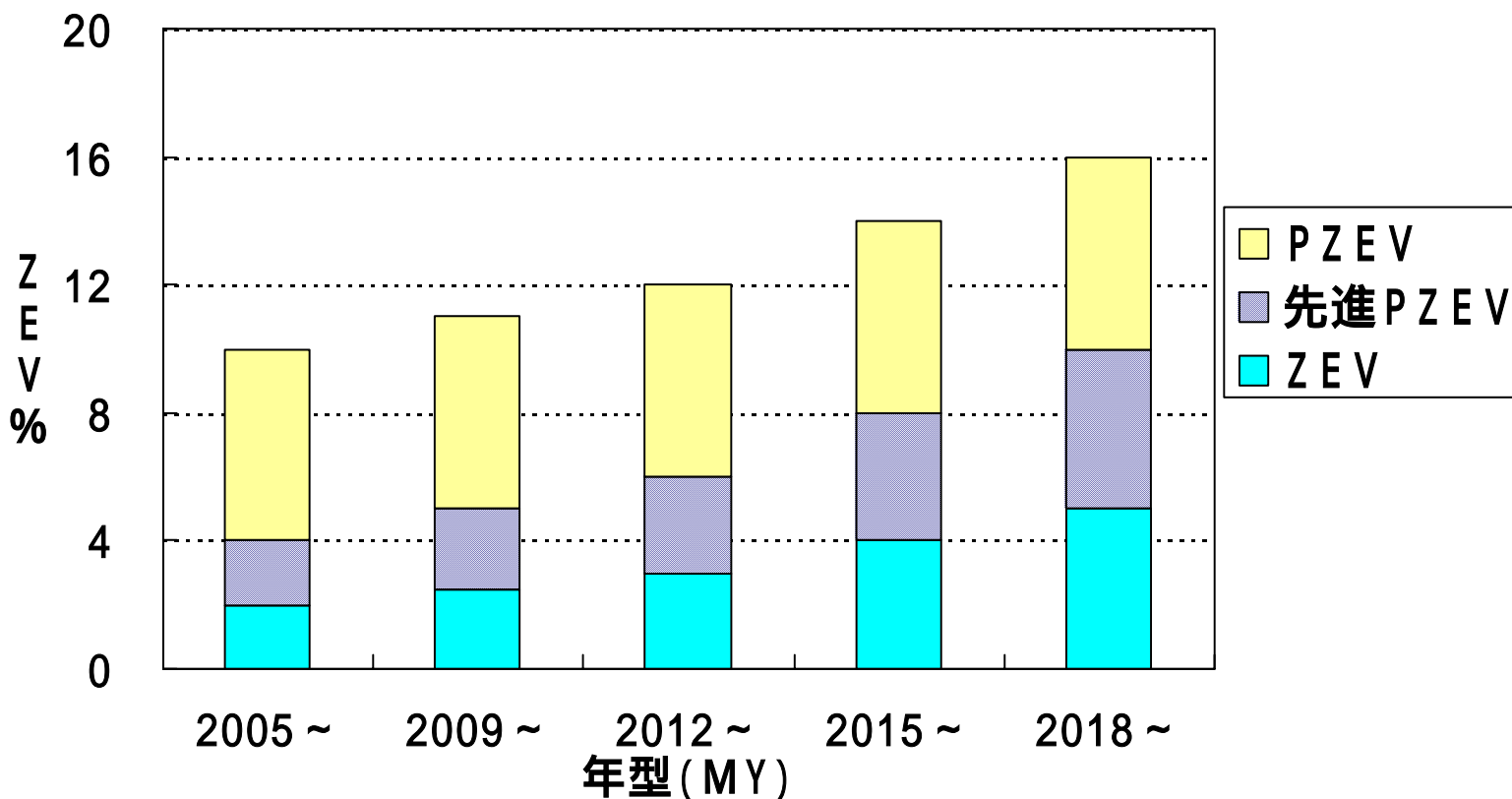


NYタイムズに導入されたプラグインHEV

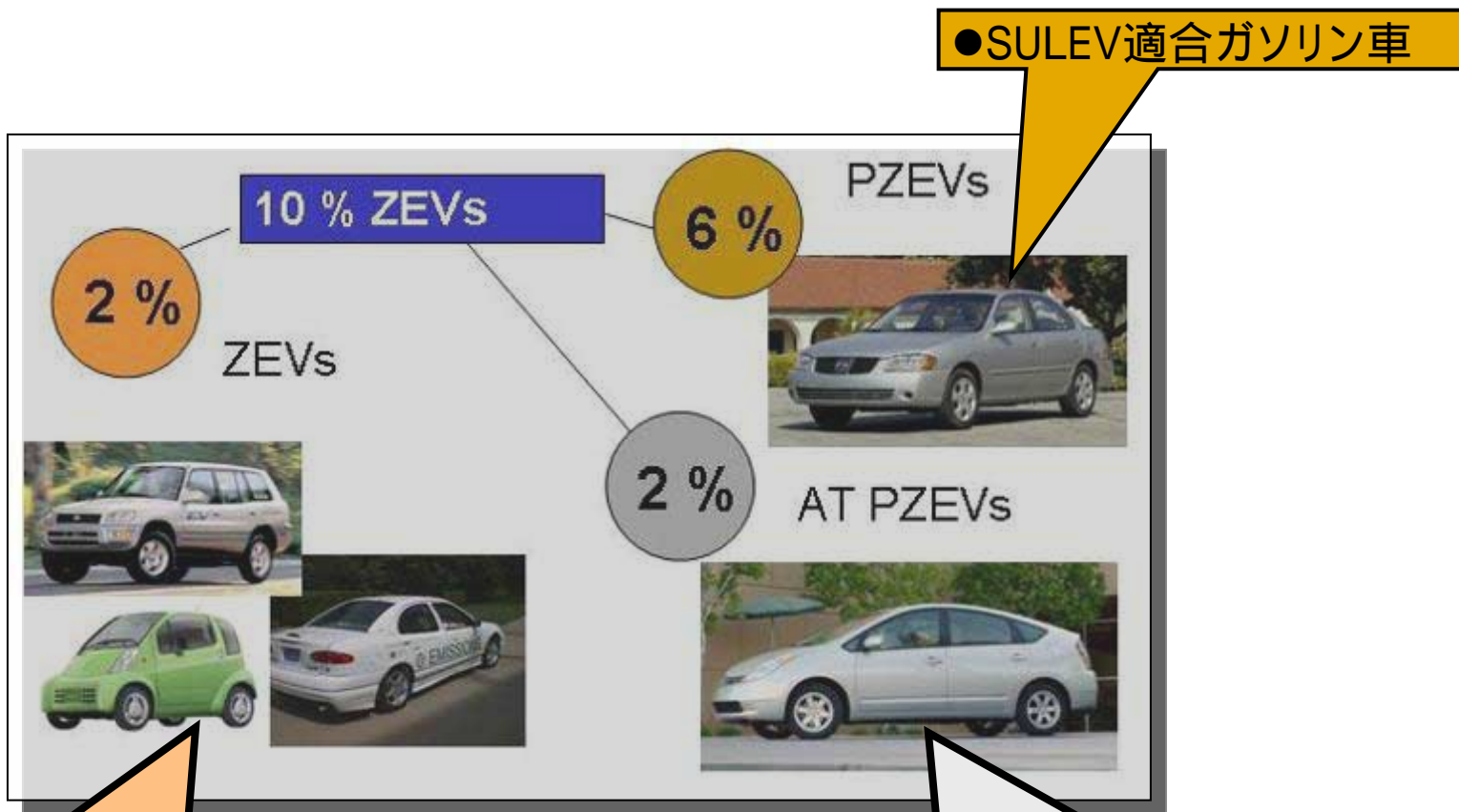


◆ ZEV(zero-emission vehicle)規制の導入

2005 MY ~ 2008 MY	2009 MY ~ 2011 MY	2012 MY ~ 2014 MY	2015 MY ~ 2017 MY	2018 MY以降
10%	11%	12%	14%	16%



カリフォルニア州ZEV規制(2)



- Pure-ZEV(EV)
- FCV
- EVモードで20 mile以上走行可能なハイブリッド

- プラグインハイブリッド
- パワーアシスト型ハイブリッド
- 従来型ハイブリッド
- CNG
- 水素ICE自動車



CLEANOVA (2004 PARIS Motor show)

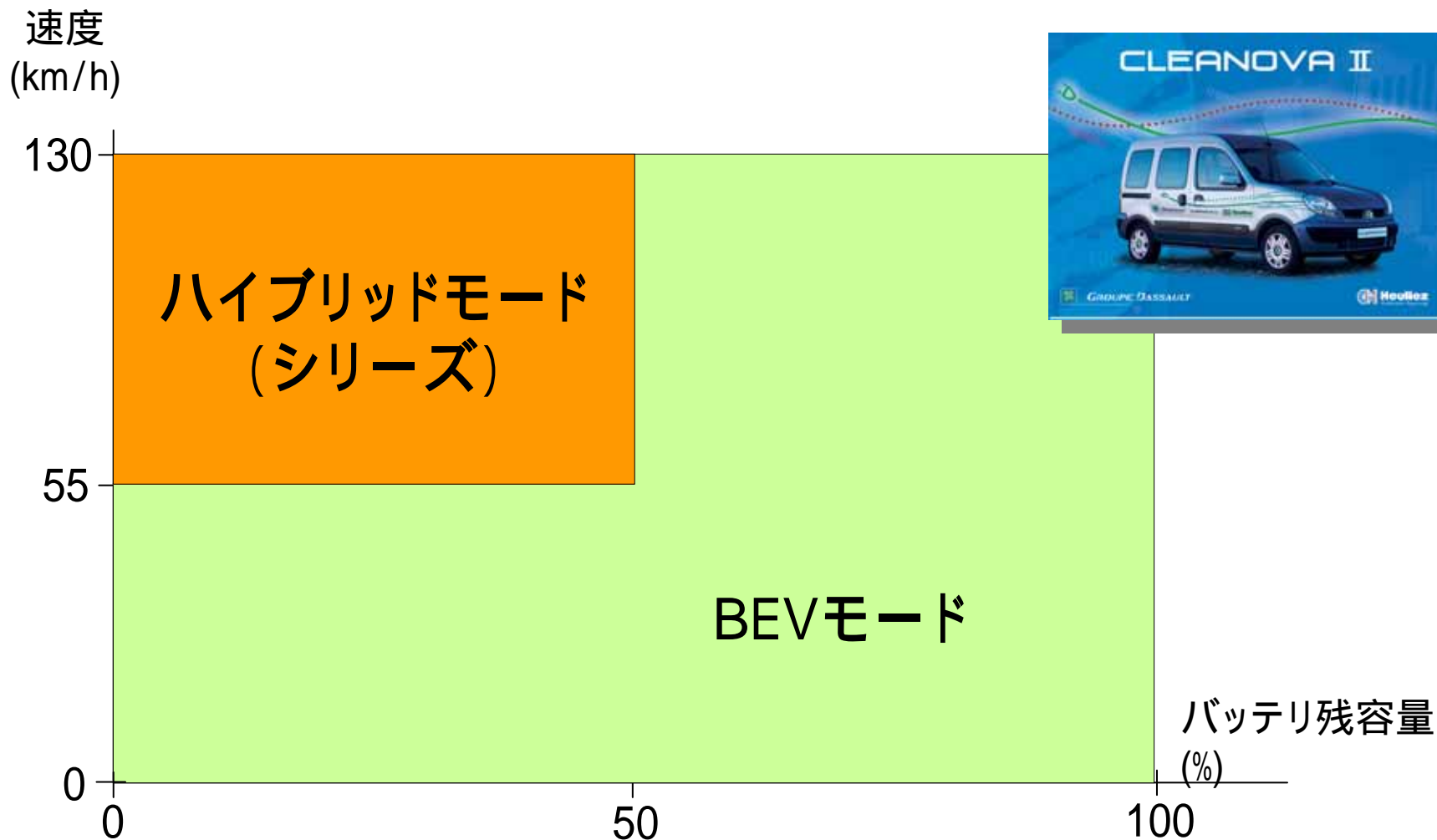
	CLEANOVA Electric	CLEANOVA PLUS Hybrid
Embedded Energy	<u>25kWh</u>	<u>22kWh</u> electric (+20L gasoline)
Range		
EC urban cycle	210km	530km
EC extra-urban cycle	150km	390km
EC mixed cycle	170km	450km
Acceleration(0-50km/h)	6, 7sec	6, 7sec
Max. speed	130km/h	130km/h



CLEANOVA (2005 GENEVA Motor show)

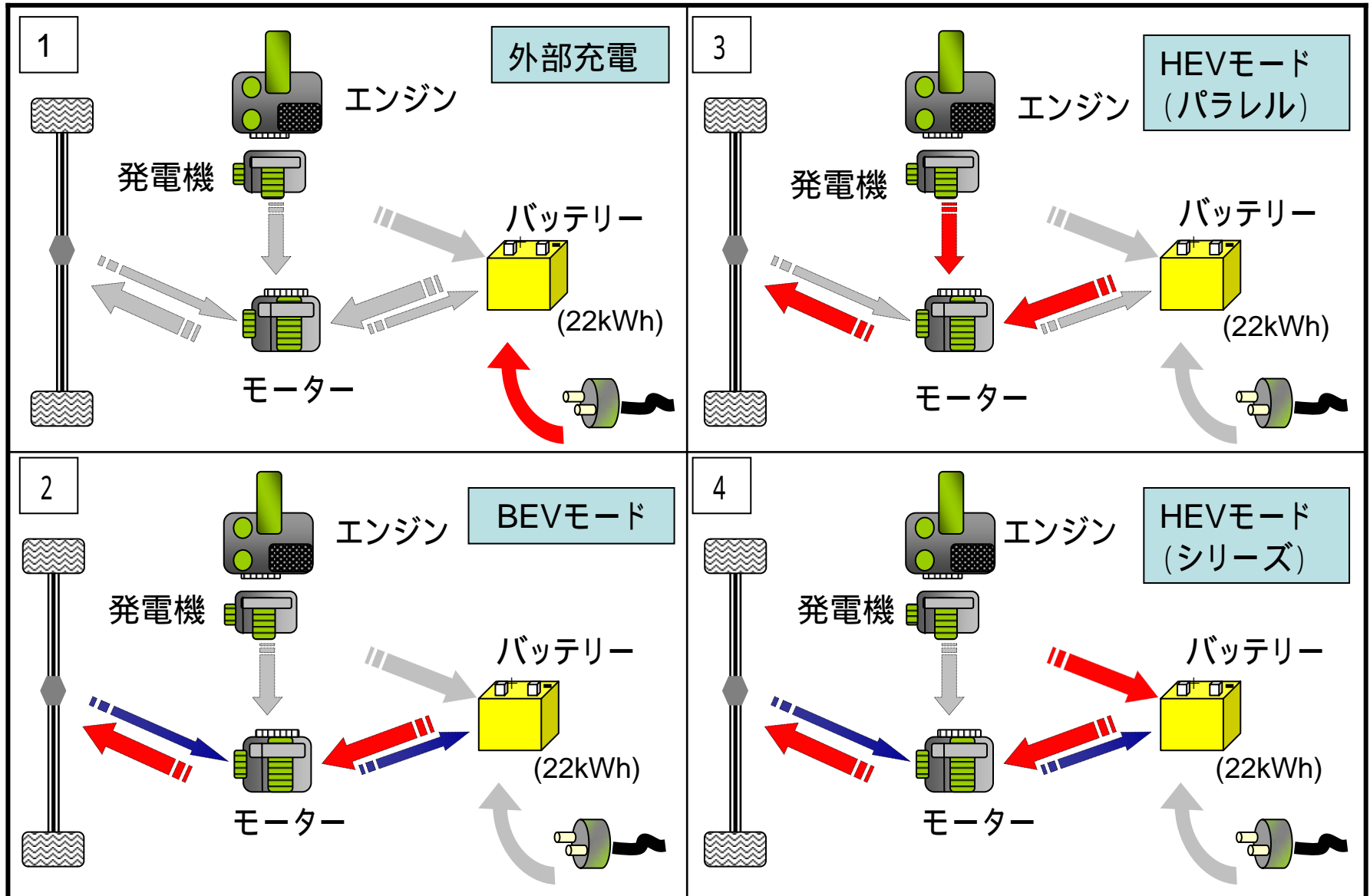
- リチウムイオン二次電池搭載
- 高効率PMモータ(30kW)
- ガソリンエンジンに一体化した発電機(15kW)
(シリーズハイブリッド)
- エンジン-電気エネルギー制御システム搭載

	CLEANOVA Electric	CLEANOVA PLUS Hybrid
Embedded Energy	30kWh	22kWh electric (+20L gasoline)
Range		
EC urban cycle	210km	470km
EC extra-urban cycle	190km	430km
EC mixed cycle	200km	440km
Acceleration(0-50km/h)	6, 7sec	6, 7sec
Max. speed	130km/h	130km/h



- 上図基本モード以外に、車輪のトルクの状態によって、パラレルHEVの運転モードになる。

SVE社のプラグインHEV運転モード



開催概要

開催日時	2006年2月14日(火) 9:30 - 17:05
会場	国連大学 ウ・タント国際会議場
出席者数	253名
その他	JARI主催、参加費無料



プログラム

挨拶	1.開会挨拶 (財)日本自動車研究所 小林 敏雄
	2.挨拶 経済産業省 日下部 聡
基調講演	3.「電動車両のエネルギーシステムにおける役割」 慶応義塾大学 石谷 久
	4.「Positioning of plug-in HEV in energy policy」 米アルゴンヌ国立研究所 Donald G. Hillebrand
	5.「From electric vehicle to hybrid plug-in」 仏環境・エネルギー管理庁 Patrick Coroller
	6.「電池技術における課題と期待」 京都大学 小久見 善八
	7.「電気エネルギーと地球温暖化」 東京電力(株) 立花 慶治

特別講演	8.「電気自動車の現状」 (財)日本自動車研究所 増永 邦彦
	9.「トヨタにおけるハイブリッド車の現状とプラグインハイブリッドについて」 (株)トヨタテクノサービス 八重樫 武久
	10.「電池と電力貯蔵技術」 日立ビークルエナジー(株) 堀場 達雄
パネル	11.「今後の自動車の環境・エネルギー対策とプラグインハイブリッドについて」 経済産業省 伊藤 慎介
	12.パネル討論 モデレーター: 慶応義塾大学 石谷 久
挨拶	13.閉会挨拶 (財)日本自動車研究所 増永 邦彦

- 近年、世界最大の電動車両関連シンポジウムであるEVS開催に併せて開催されているプラグインHEV専門のワークショップである。
- 前回のEVS-21(モナコ)において付属イベントとして開催されたPlug-In Hybrid Electric Vehicle Workshopに引き続き開催。今回はEPRI (Electric Power Research Institute)、SCE (Southern California Edison)との共催にJARIが加わった。
- 2006年10月25日、会場となったパシフィコ横浜アネックスホールには国内外よりほぼ満席となる239名が集まり、自動車メーカー、電池メーカーなどのプラグインHEV最新動向に注目が集まった。

当日の講演者

政府、研究機関

伊藤慎介(経産省)、 Tien Duong (DOE)、 François Badin (INRETS)、
Mark Duvall(EPRI)、 Danilo Santini(ANL)、 小林敏雄(JARI)

学識者

石谷久(慶応義塾大)、 小久見善八(京都大)

自動車メーカー

小吹信三(トヨタ)、 Heinz Joergensen(DaimlerChrysler)、
Pete Norman(Energy CS)

電池メーカー

堀場達雄(日立ビークルエナジー)、 François Barsacq(Saft)

電力会社

Ed Kjaer(SCE)、 後藤清(東電)、 Cedric Lewandowski(EDF)、
Dean Taylor(SCE)



トヨタ

【2006年6月】



- 環境対応技術の一つとしてプラグインHEVの技術が期待されると表明

日産

【2006年12月】



- 「ニッサン・グリーンプログラム2010」を発表
- プラグインHEVの研究開発を進めることを表明

プラグインハイブリッド車用二次電池

- 信頼性、安全性、長寿命
- コスト低減
- エネルギー密度の向上・軽量 / コンパクト化
- 実走行にあった電池搭載量の設計

環境負荷低減効果等の評価

- プラグインHEVの効果・環境アセス評価
- 将来エネルギーシナリオと電力設備への影響評価
- コスト評価(燃費削減、充電設備費用等)

技術標準、法整備、インセンティブ

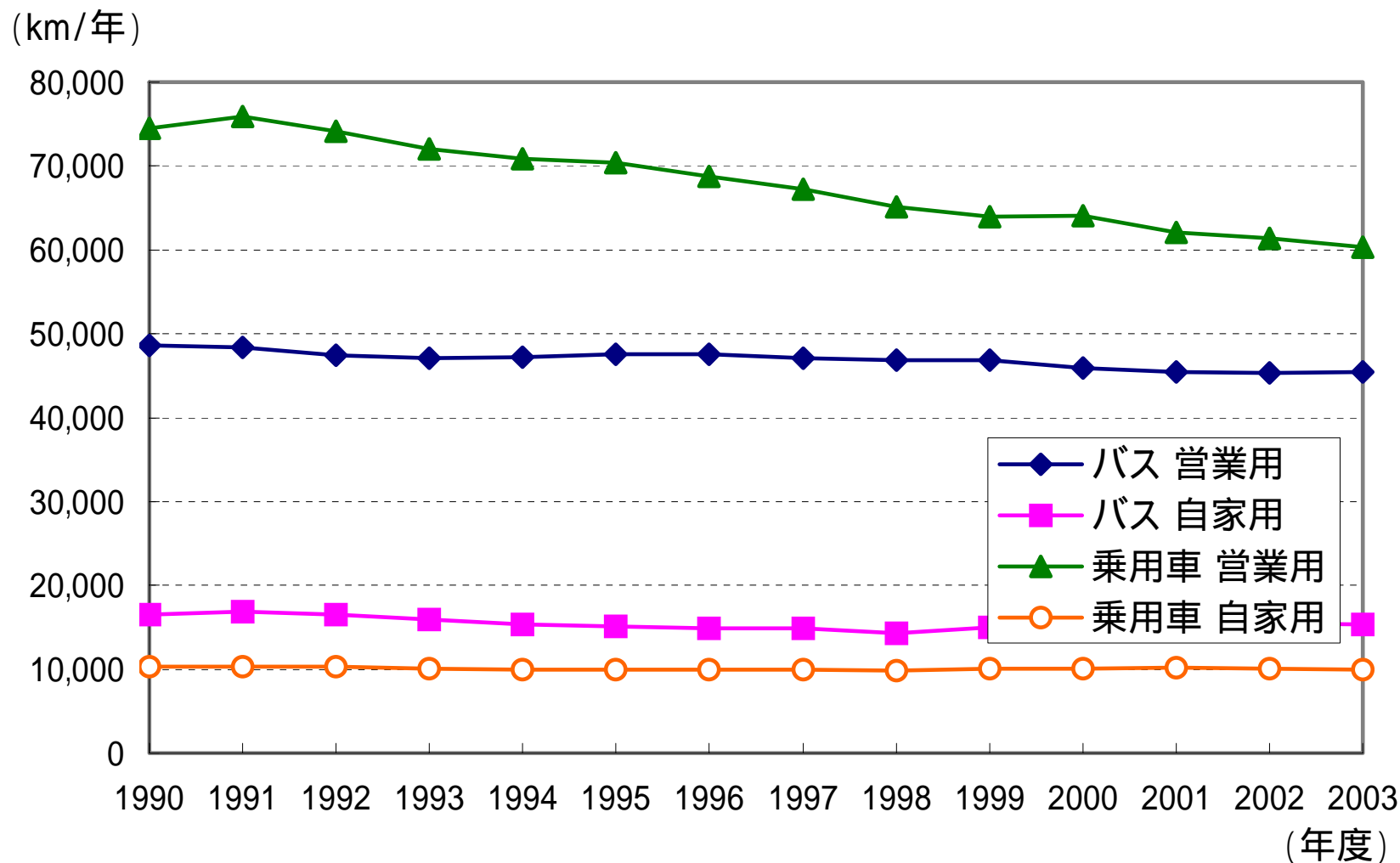
二次電池

BEV走行距離別電池搭載量の例

	HEV0	HEV20	HEV60	HEV (新型プリウス)	BEV (RAV4L EV)
EV走行距離	0km	32km (20マイル)	96km (60マイル)	ほぼ0km	215km (10・15モード)
エンジン 最高出力	67kW	61kW	38kW	57kW	-
モーター 出力(時間)	44kW (2分)	51kW (2分)	75kW (2分)	50kW (-)	50kW (3分)
バッテリー容量 (出力)	2.9kWh (49kW)	5.9kWh (54kW)	17.9kWh (99kW)	1.3kWh (20kW)	27.4kWh
	CalCars: Prius+(9kWh)	D/C: Sprinter(15kWh)	SVE: CLEANOVA(22kWh)		

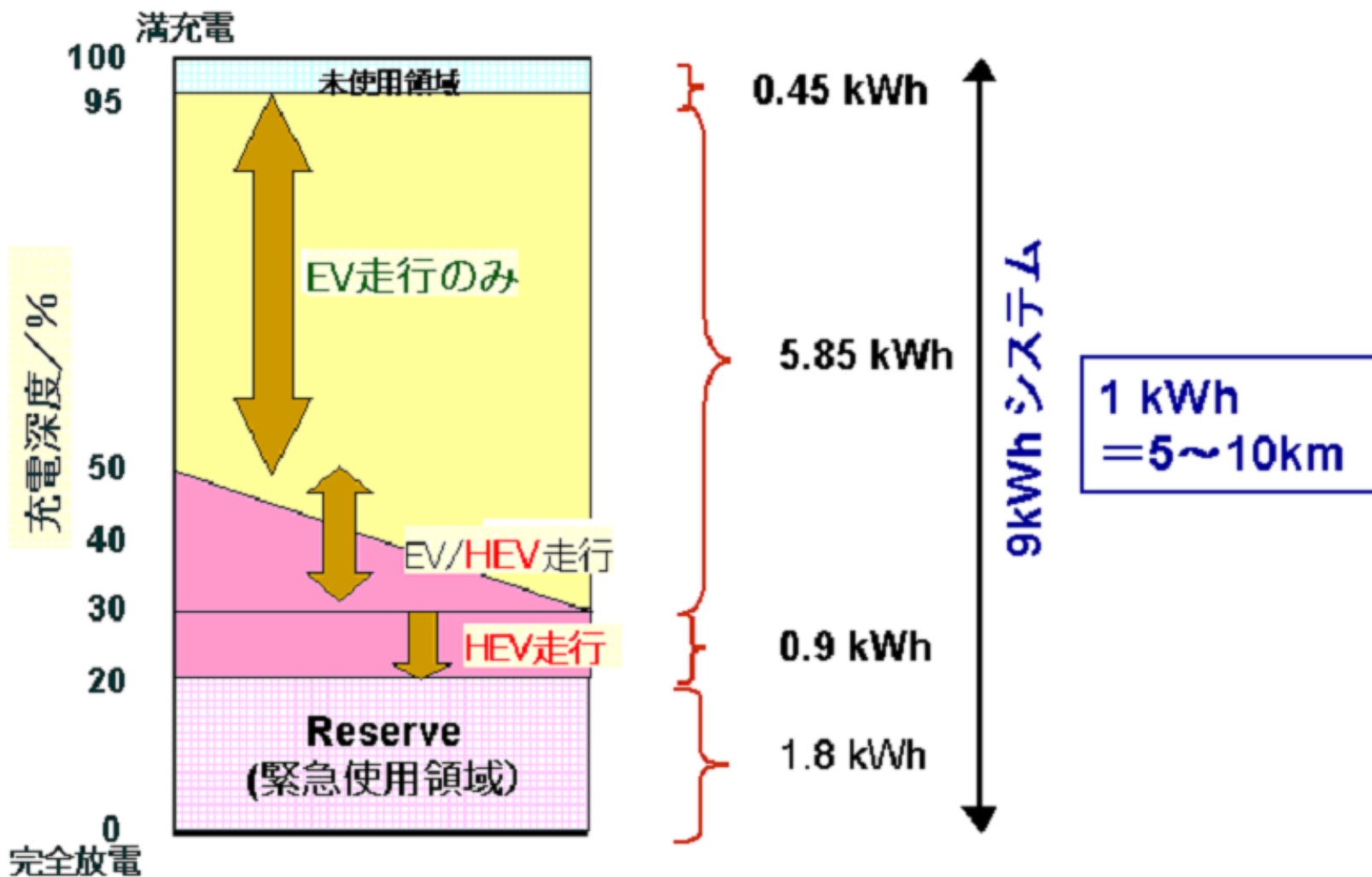
出典：HEV0-60データは EPRI資料、その他データはカタログ値等

旅客自動車(日本)の年間平均走行距離



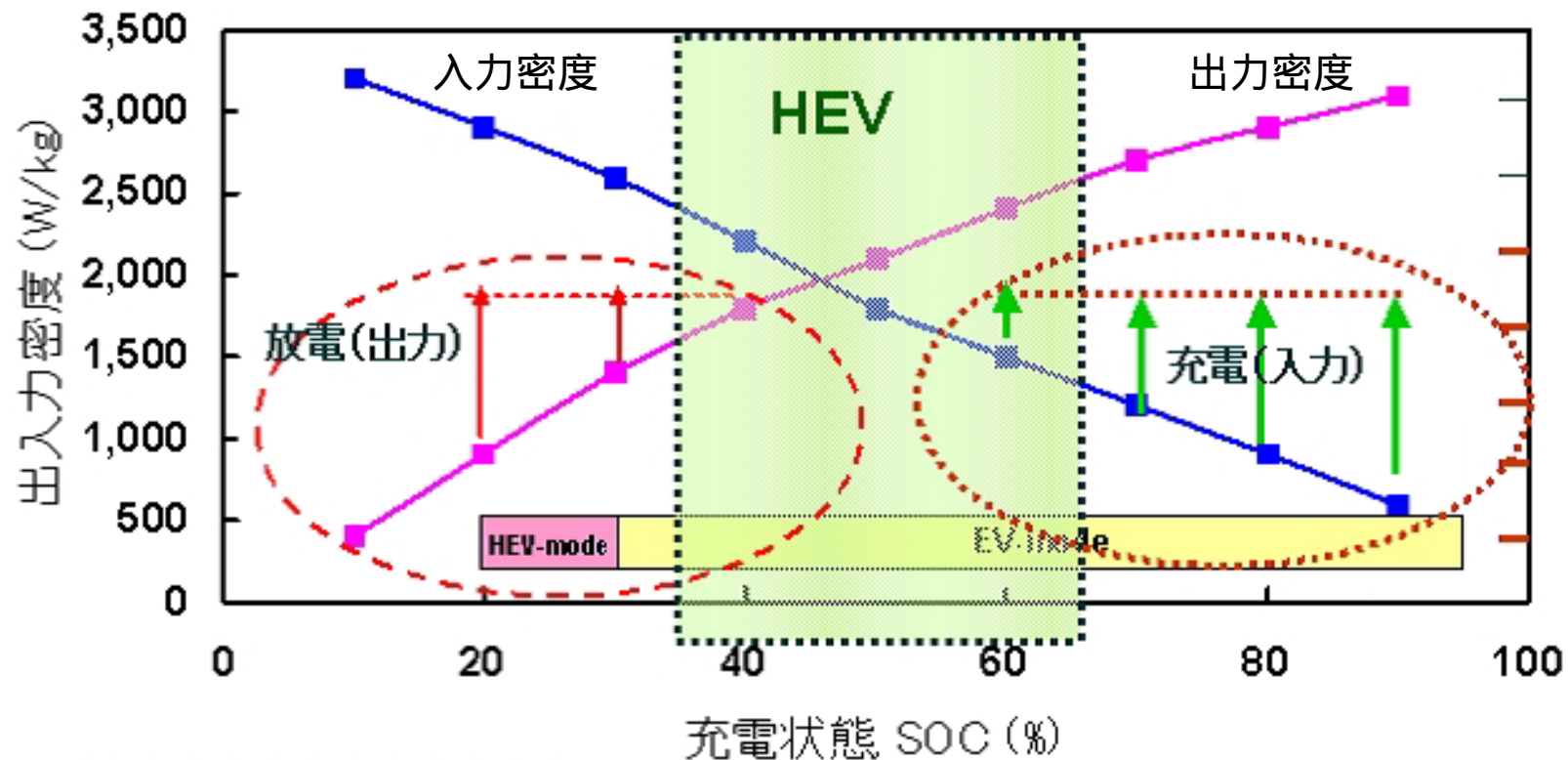
出典:「陸運統計要覧」より作成

プラグイン用二次電池の使われ方



出典: JARI plug-in HEV ワークショッププレゼンテーション資料

プラグインハイブリッド車用電池に要求される性能



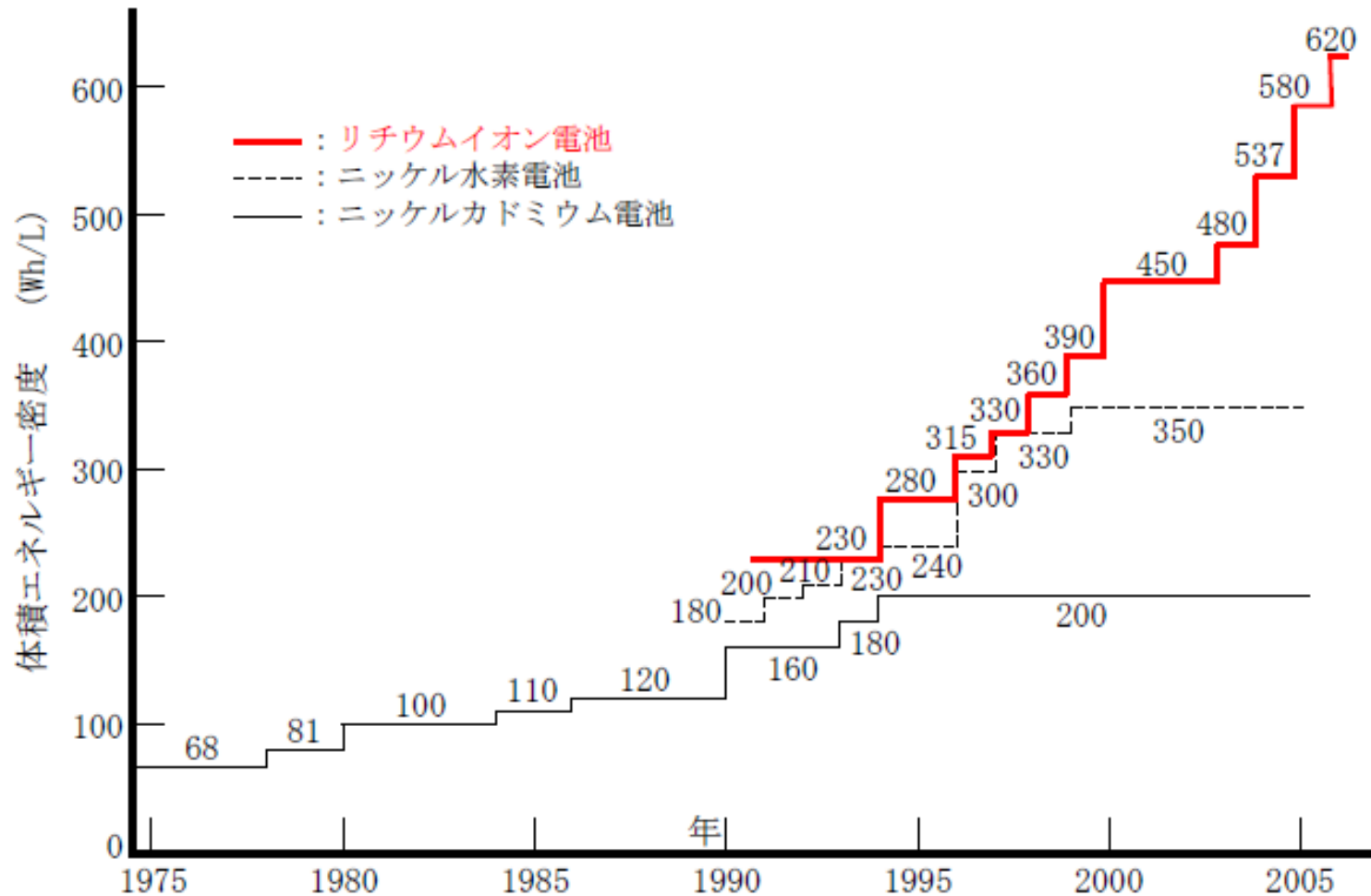
低SOCで高出力
高SOCで高入力



電池にとって過酷な要求

出典: JARI plug-in HEV ワークショッププレゼンテーション資料

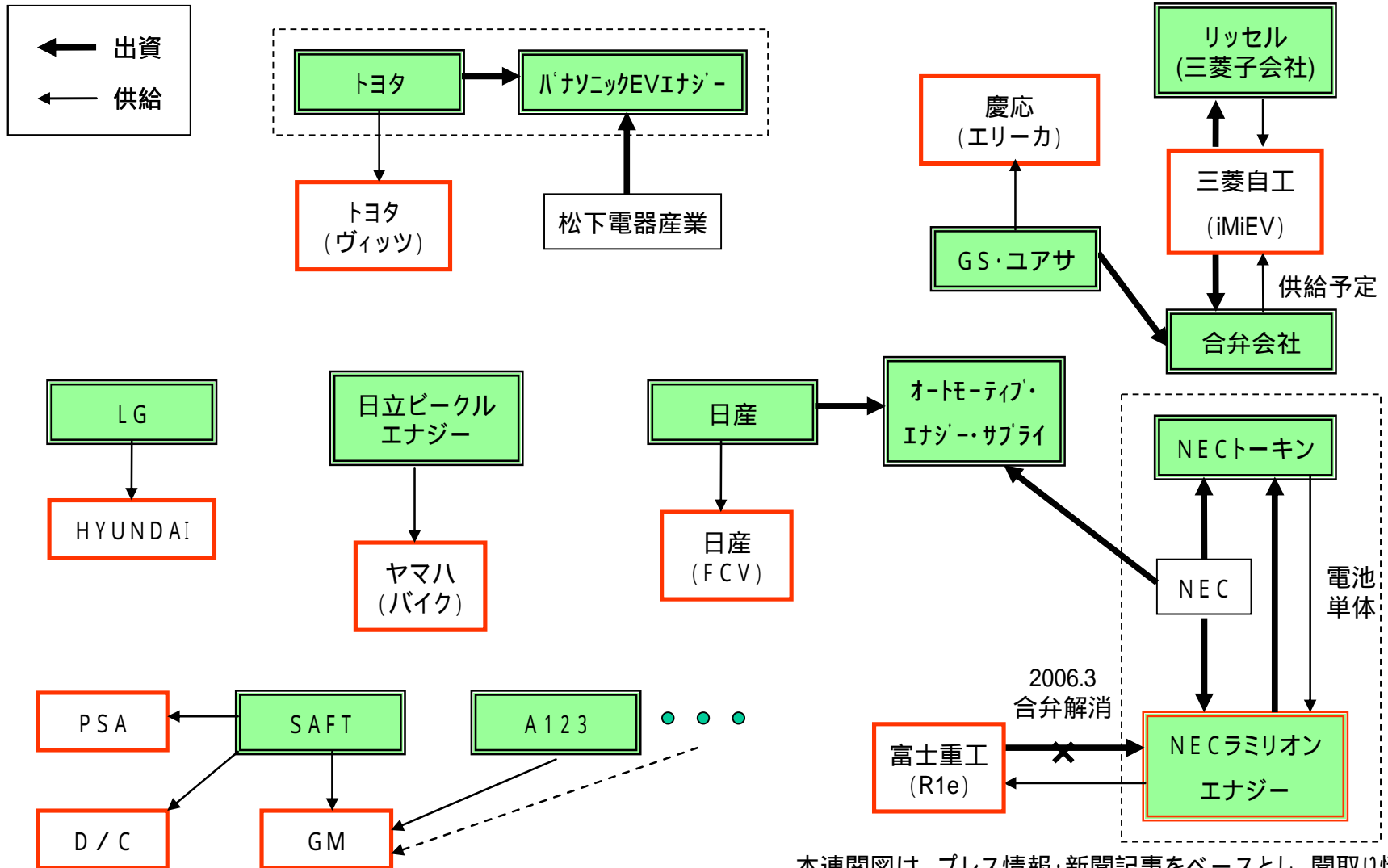
電池の体積エネルギー密度の推移



出典：松下電池工業資料

大型リチウムイオン電池の主要企業連関図

200704現在



本連関図は、プレス情報・新聞記事をベースとし、聞き取り情報等も含めJARI FC・EVセンターでまとめたものである。

•研究開発戦略を **改良** **先進** **革新**の3フェーズに分け、本格的電気自動車用電池の開発の目標を明確化。

	現状	改良型電池 (2010年)	先進型電池 (2015年)	革新的電池 (2030年)
	電力会社用小型EV	用途限定コンピューターEV 高性能HV	一般コンピューターEV 燃料電池自動車 Plug-in HV自動車	本格的EV
性能	1	1	1.5倍	7倍
コスト	1	1/2倍	1/7倍	1/40倍
開発体制	民主導	民主導	産官学連携	大学・研究機関

研究開発戦略 ～次世代蓄電池開発プロジェクト～

1. 予算措置

プロジェクト実施期間(2006年度～2011年度)

2006年度予算額 約20億円

2007年度要求額 約50億円

2. 実施主体(事務局)

NEDO

3. 実施体制

大学、研究機関、自動車メーカー

電池メーカー、材料メーカー、電力会社

4. 目的

新世代自動車および新エネルギー等の普及の鍵を握る、蓄電池の圧倒的な低コスト化と高性能化を目指し、産官学の連携の下、集中的な研究開発の実施

5. スケジュール

NEDOにおいて本年秋頃から検討開始

インフラ整備戦略 ～インフラ整備等の検討～

1. インフラ整備等の検討課題

①電池の安全規制・基準の設計

②電池と充電スタンドのインターフェースの設計や電池規格の統一の是非

③電気自動車用電力料金体系の設計

④充電スタンド普及に向けた政策支援体系のあり方

⑤電池の量産促進のための他用途への展開支援のあり方

⑥新世代自動車普及のための政策支援の体系

2. 実施主体(事務局)

日本自動車研究所、経済産業省

3. 実施体制

大学、研究機関、関係業界団体、自動車メーカー

電池メーカー、電力会社、国土交通省

4. 目的

規格・基準の策定、規制緩和、インフラ整備などについて

①実施内容、②実施体制、③実施時期の明確化

5. スケジュール

しかるべき場を本年秋頃に設置し、年度末までに結論

インフラ(電力)

プラグインHEVが国内に100万台普及したと仮定しても...

- 全国で100万kWが必要になるが、T社管内では30万kW程度であり、設備投資、電力料金に与える影響は小さいと考えられる。

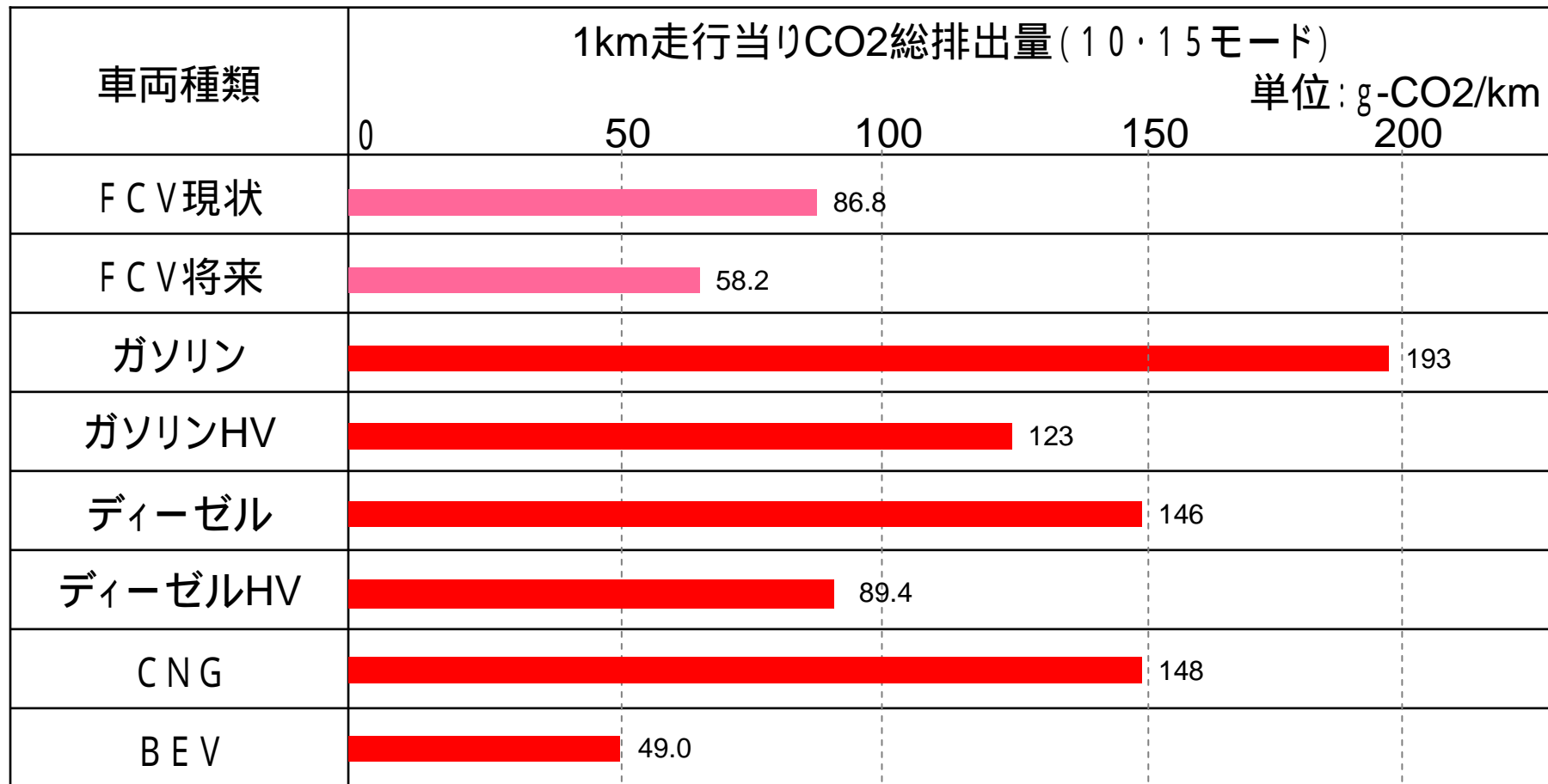
夏場に気温が1℃上がった時の方が問題は大きい。

- 仮に100万kWの電力が必要になったとしても、T社の総発電電力は6,000万kWであり、1～2%程度の影響と見ることができる。

現在、電力設備には十分な余裕があるため...

- プラグインHEV普及に合わせて、設備投資を検討する時間は十分にあると考えられる。
- プラグインHEV普及により電力需要が増えることは好ましい。

Well to Wheel 計算結果 (CO₂)



FCV現状:「水素ステーション」「FCV」データはJHFC実証結果トップ値、
その他データは文献トップ値により算出

FCV将来:FCVの将来FCシステム効率60%と文献トップ値により算出

電力構成:日本の平均電源構成

出典: JHFC 総合効率検討結果報告書

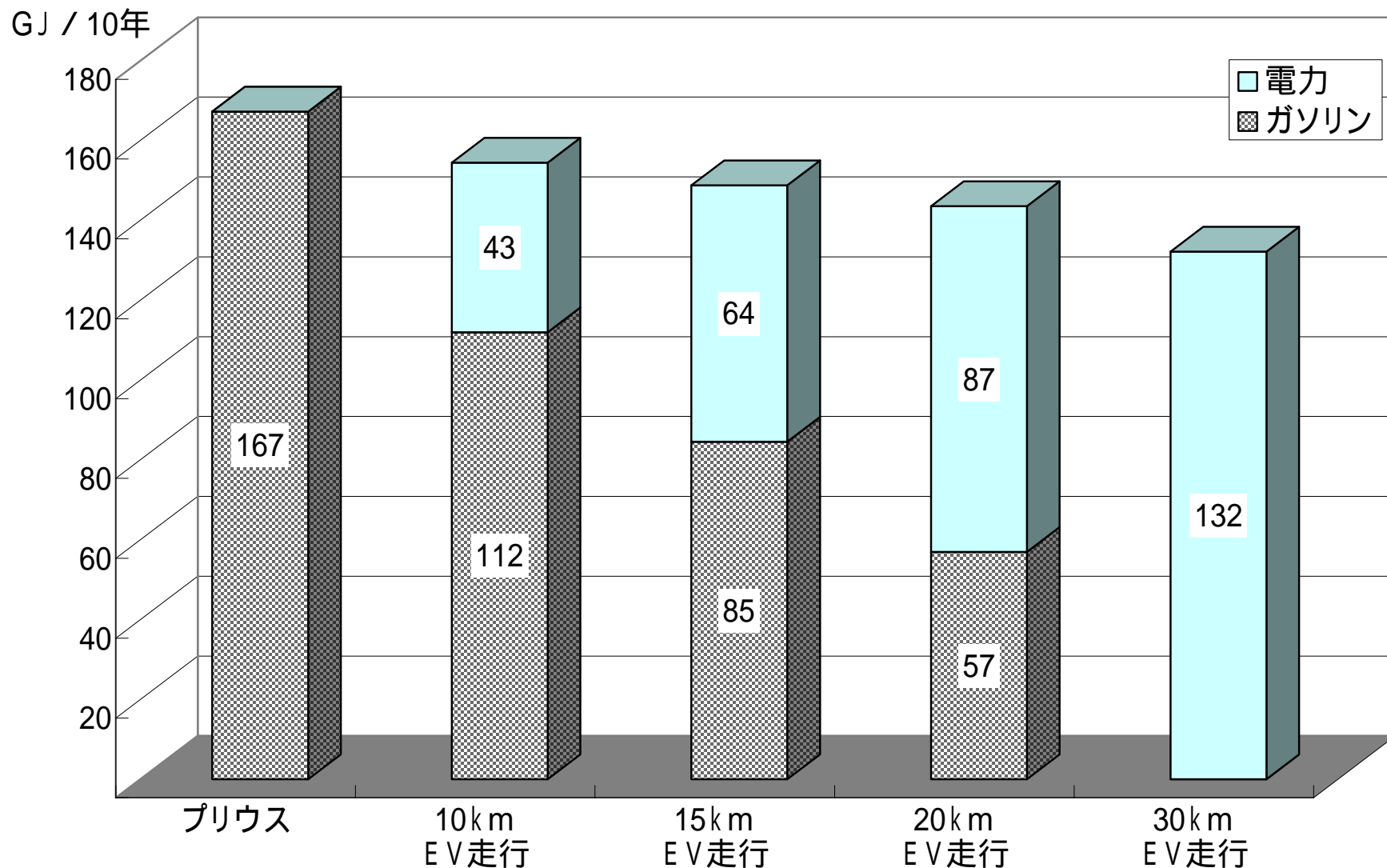
環境負荷低減効果等の評価

「H17年度プラグインHEV動向調査」結果から「エネルギー消費量」、「CO2排出量」、「トータルコスト」についての下記シミュレーションを実施

【シミュレーション時の主な条件】

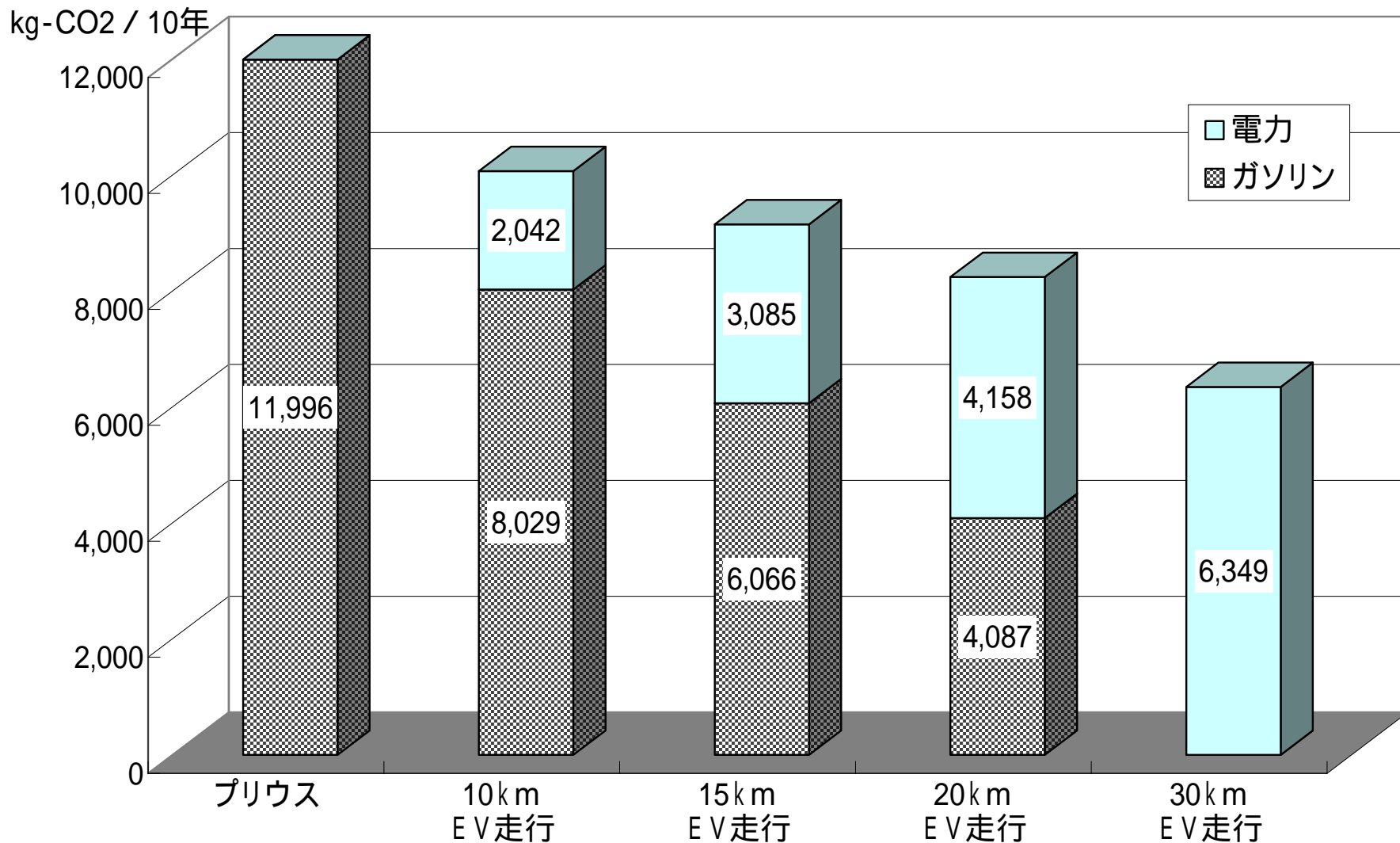
平均走行距離	一律30km/日
プラグインHEV 検討仕様	BEV走行 10,15,20,30km 4パターンを検討
比較HEV	プリウス
搭載バッテリー 仕様	プリウスに搭載の バッテリーデータを使用
電源構成	2001年 平均電源構成

車両使用年数	10年
バッテリー取替	0回, 5年後に1回
補助金	差額の半分補助
電気料金	深夜電力契約 (東京電力)
ガソリン料金	110,132,150 円/L 3パターンを検討
バッテリー価格	6,8,10,12 万円/kWh 4パターンを検討



注) 電力は, 2001年平均電源構成に基づく原単位。
車両および電池等の製造および廃棄は対象としていない。

WtW「CO2排出量」シミュレーション結果

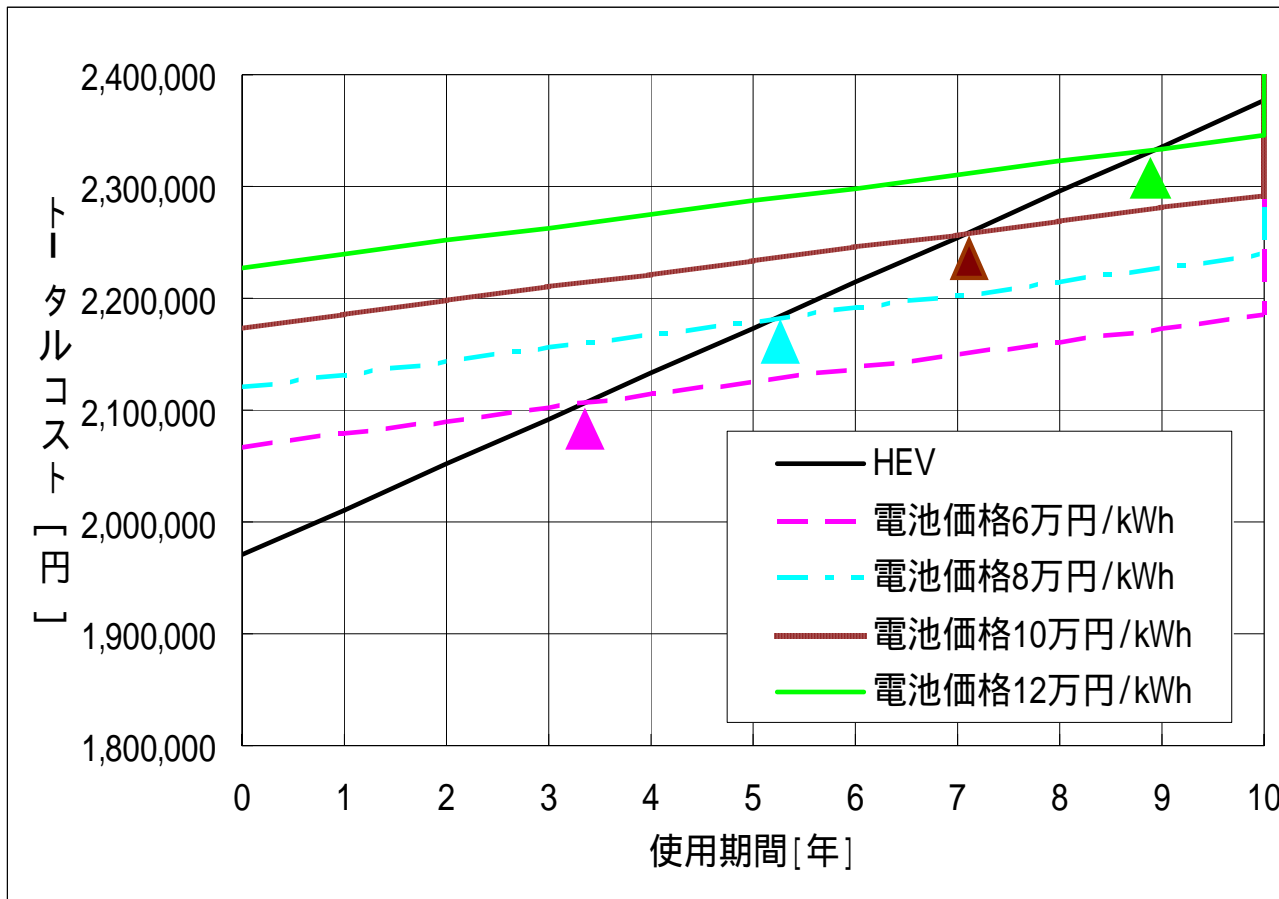


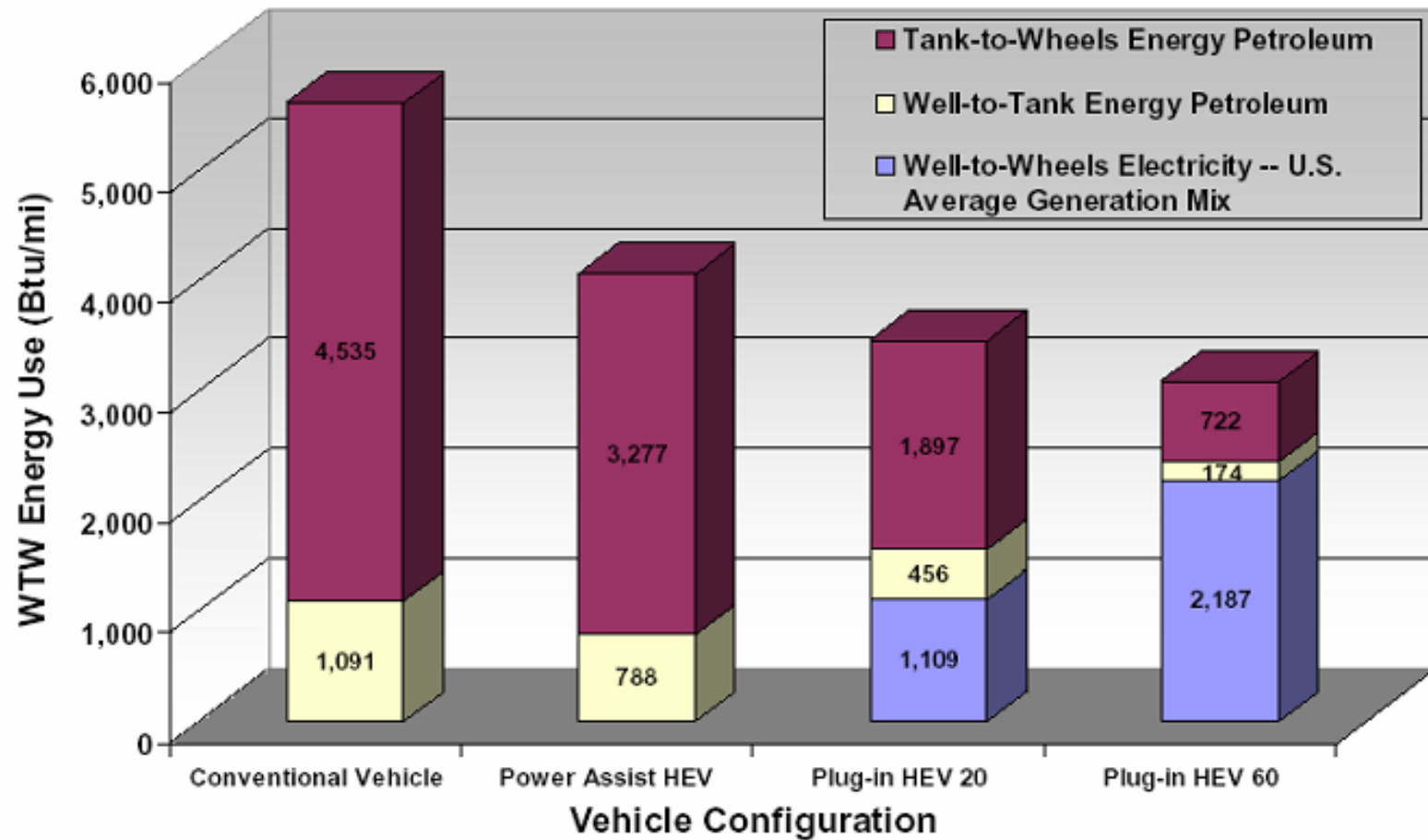
注) 電力は、2001年平均電源構成に基づく原単位。
車両および電池等の製造および廃棄は対象としていない。

トータルコストシミュレーション結果(例)

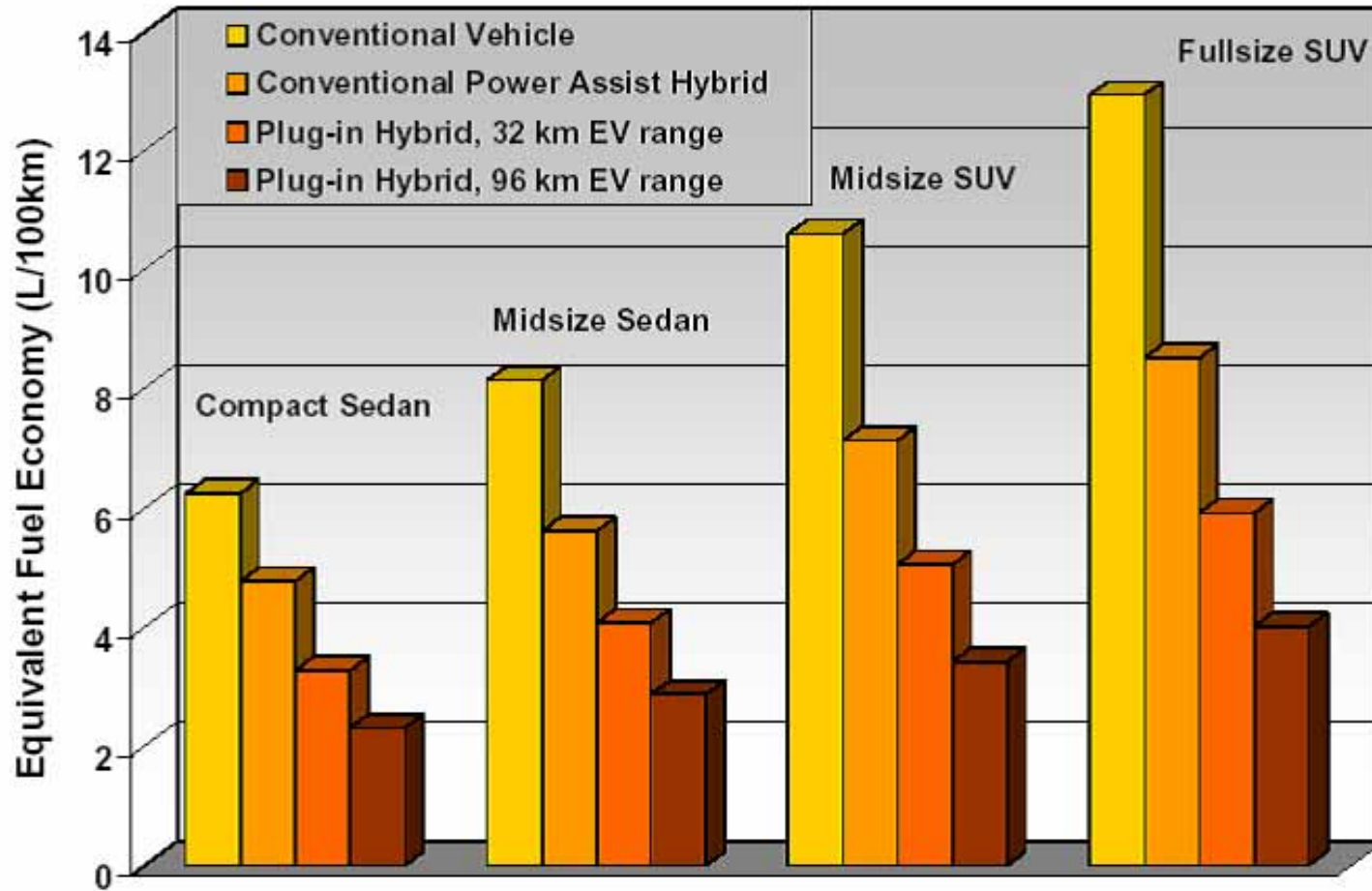
「車両価格 + 10年間燃料費」トータルコストシミュレーション

【電池交換なし】優位性の差はあるが、全てのケースで初期費用増分の回収が可能
 【5年後電池交換1回】全てのケースで初期費用増分の回収ができない

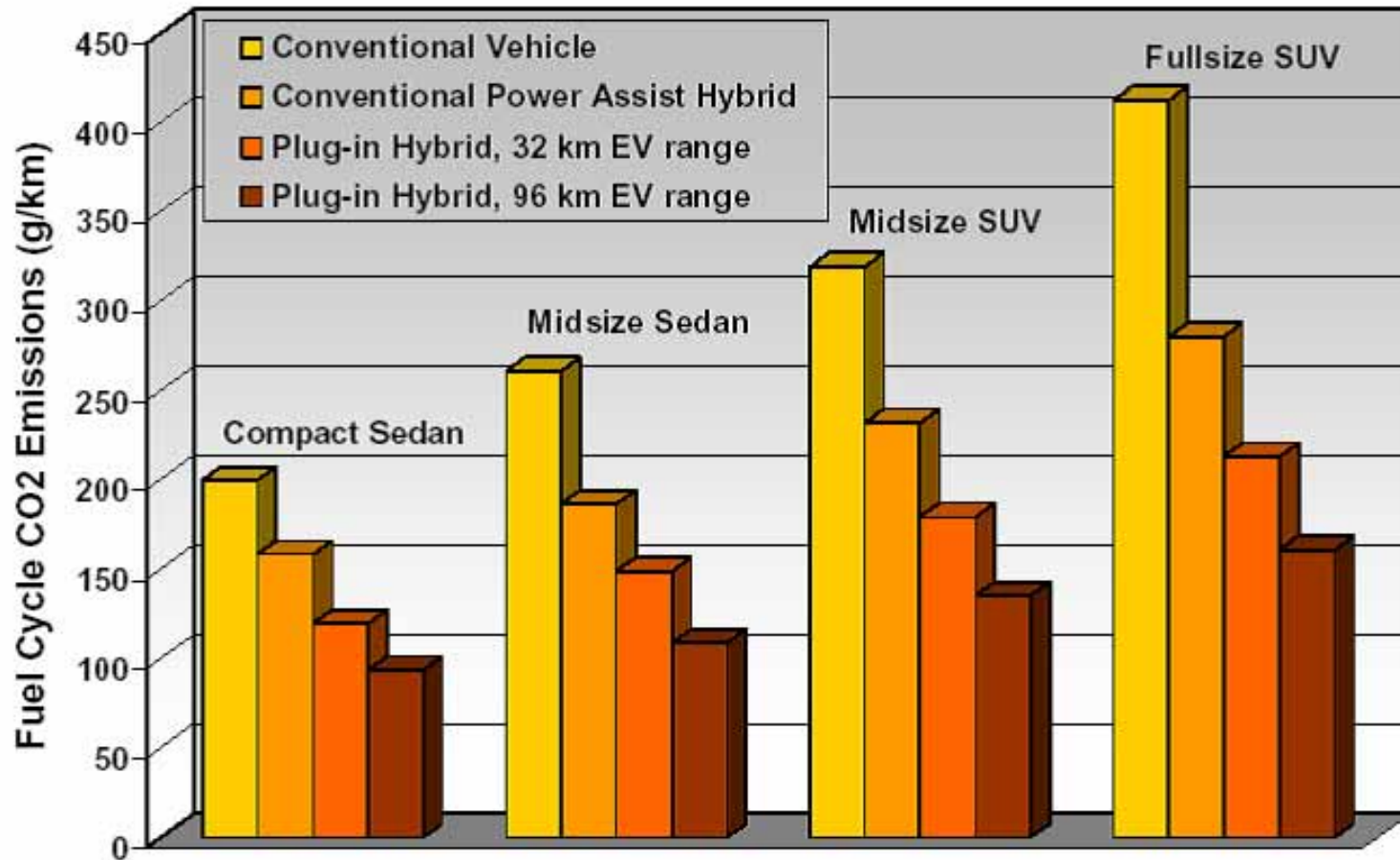




Equivalent Fuel Economy



Greenhouse Gas Emissions



メリット

- 環境負荷の低減
- ユーザーの燃料コストの低減
- 夜間電力利用による電力負荷平準化
- 充電インフラの対応が容易(100Vも可?)

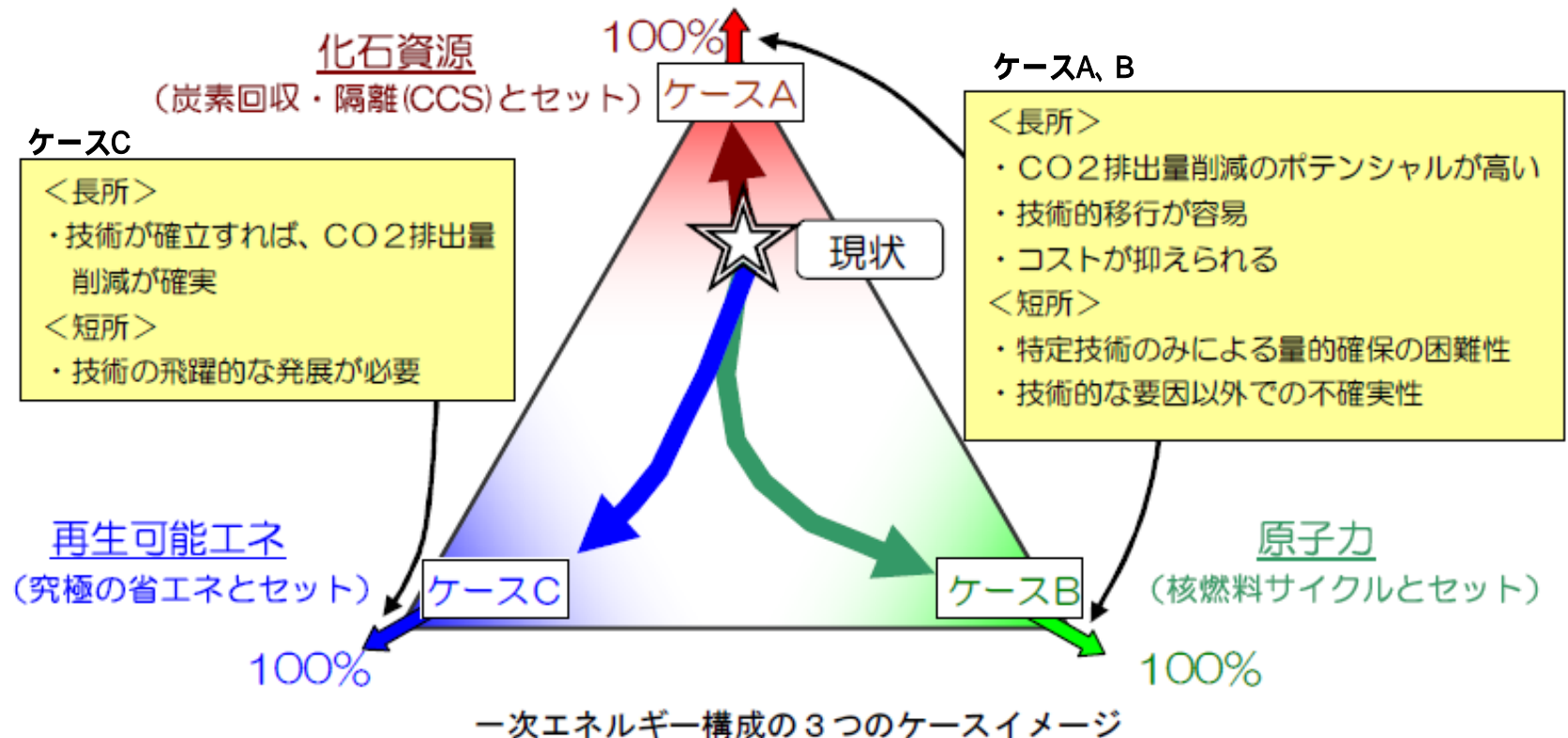
課題

- 電池の性能向上(耐久性等)
- 電池コストの低減
- 電池の充放電の適切な管理による耐久性の確保
- 最適な電池搭載量の検討
- 日本における環境負荷低減寄与度の検討
(燃費測定方法の確立)

経済産業省：技術戦略マップ

日本のエネルギー技術ビジョン

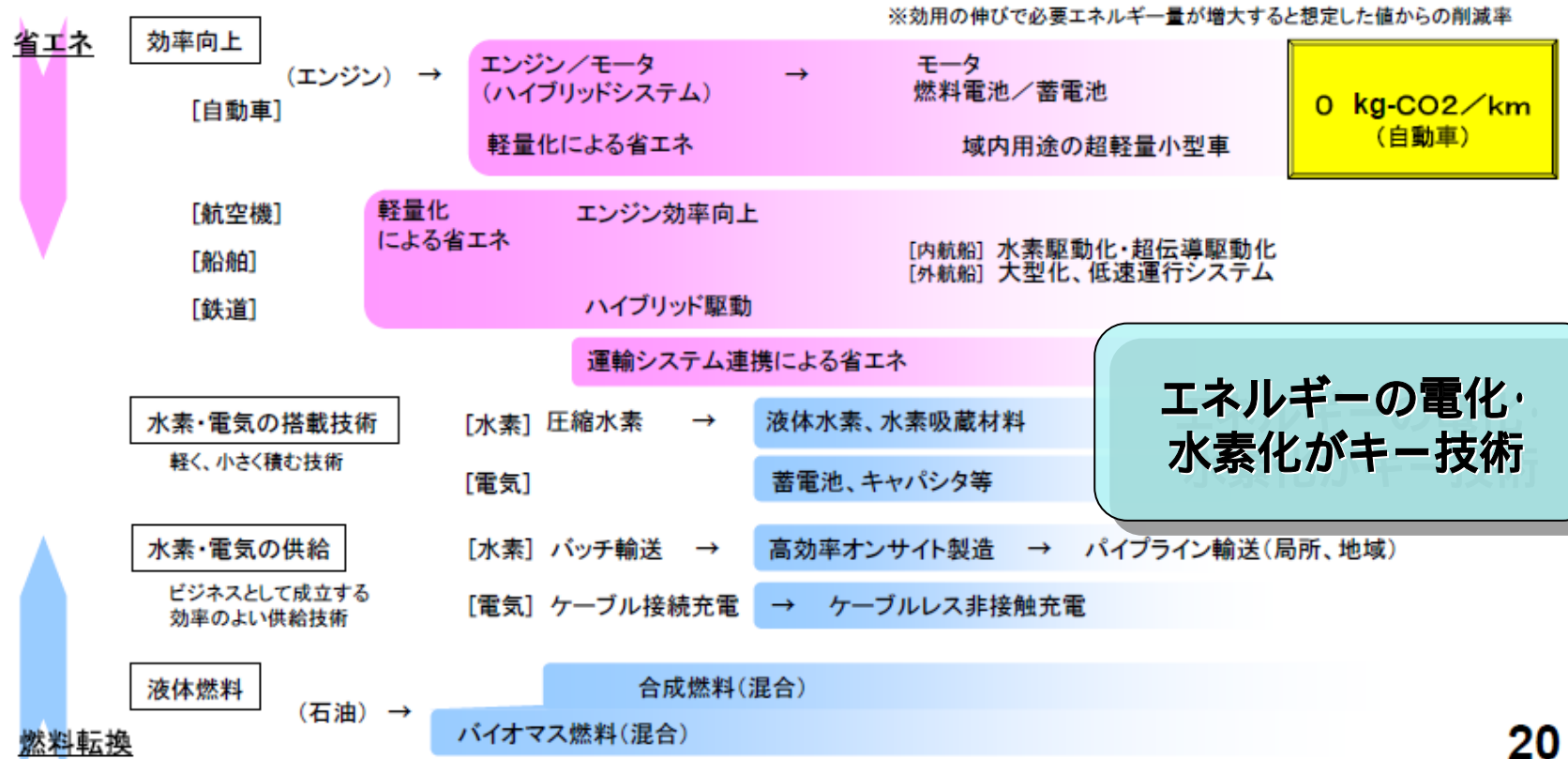
化石資源や環境条件等，様々な制約下での安定したエネルギー供給を目指すために，3つの1次エネルギーをそれぞれ最大限利用する下記A、B、Cのケーススタディを実施



出典：資源エネルギー庁技術戦略マップ(エネルギー分野)

エネルギー技術：運輸分野のロードマップ

運輸	2000	2030	2050	2100
効用(人・km、トン・km)	1倍		1.5倍	2.1倍
必要エネルギー量※(運輸全体)		20%削減	50%削減	70%削減
自動車 必要エネルギー量※		30%削減	60%削減	80%削減
電化・水素化率	0%	1%以上	40%	100%
CO2原単位	160 g-CO2/km (1倍)	100 g-CO2/km (2/3倍)	50 g-CO2/km (1/3倍)	0 g-CO2/km
航空機・船舶・鉄道 必要エネルギー量		10%削減	20%削減	30~40%削減



出典：資源エネルギー庁技術戦略マップ(エネルギー分野)