

自動車と電力システムの相互影響に関わる 自動車電動化の課題

NEIF
第9回地域エネルギー供給構想検討分科会

2011.9.1

エネルギー高度利用研究会 代表
(ユニバーサルエネルギー研究所 技術顧問)

堀 雅夫

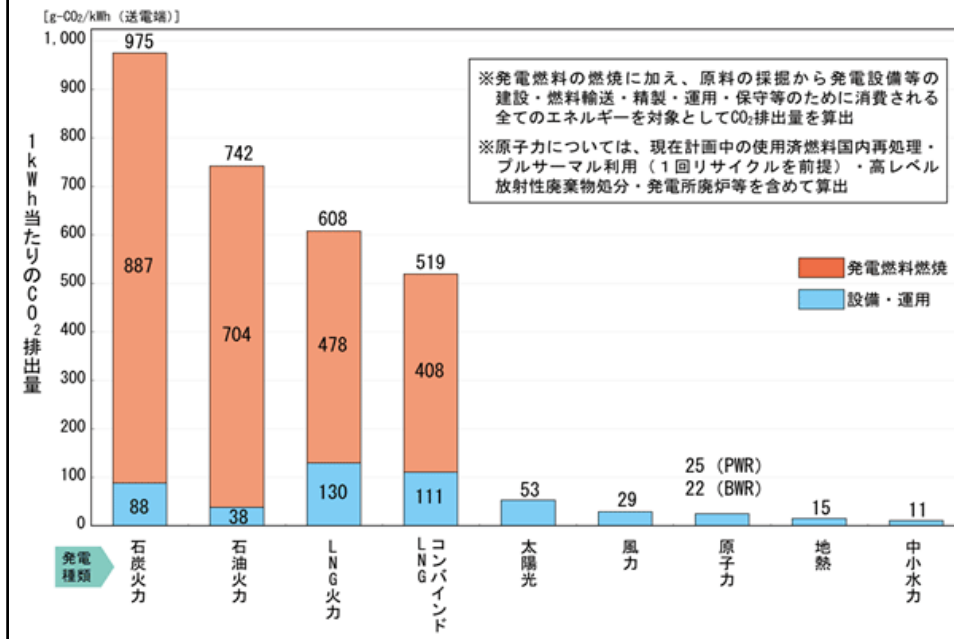
1

自動車と電力システムの相互影響に関わる課題

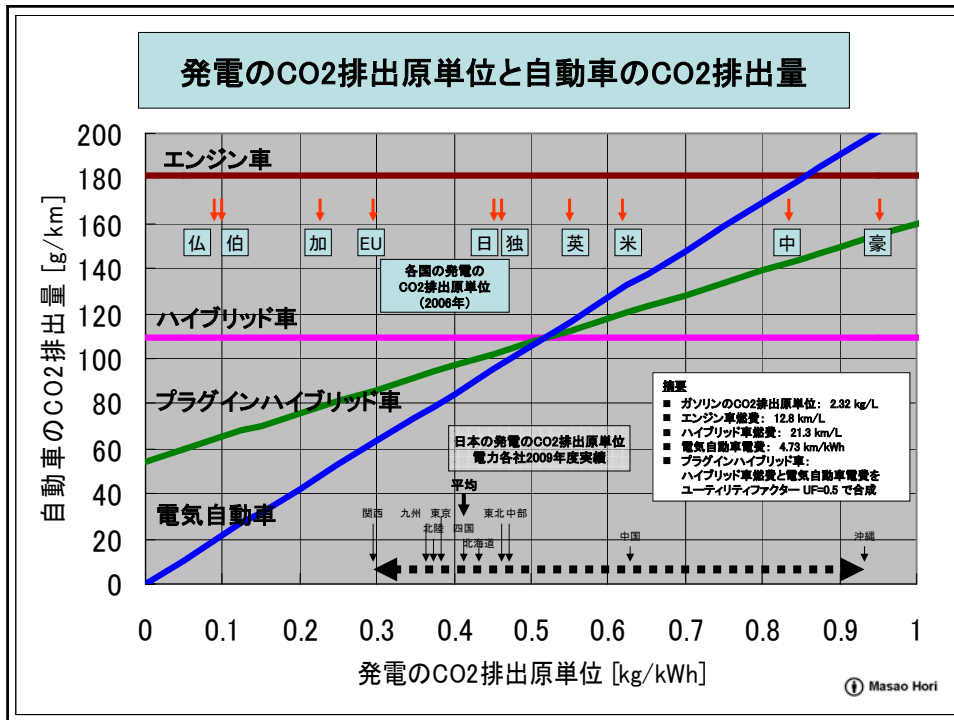
- 自動車電動化によるCO2排出削減効果
- プラグインハイブリッド車の電力走行割合と燃料消費率
- プラグイン自動車による電力システムへの各種の影響
- プラグイン自動車による電力システムへの各種のサービス
- プラグイン自動車充電設備の動向

2

各種電源別のCO₂排出量



発電のCO₂排出原単位と自動車のCO₂排出量



自動車のCO2排出量 計算基礎

電気自動車(リーフ)

EPA複合電費=4.73 km/kWh

ハイブリッド車(プリウス)

EPA複合燃費=21.3 km/L

プラグインハイブリッド車(リーフ+プリウス、仮想的)

EPA複合電費=4.73 km/kWh

EPA複合燃費=21.3 km/L

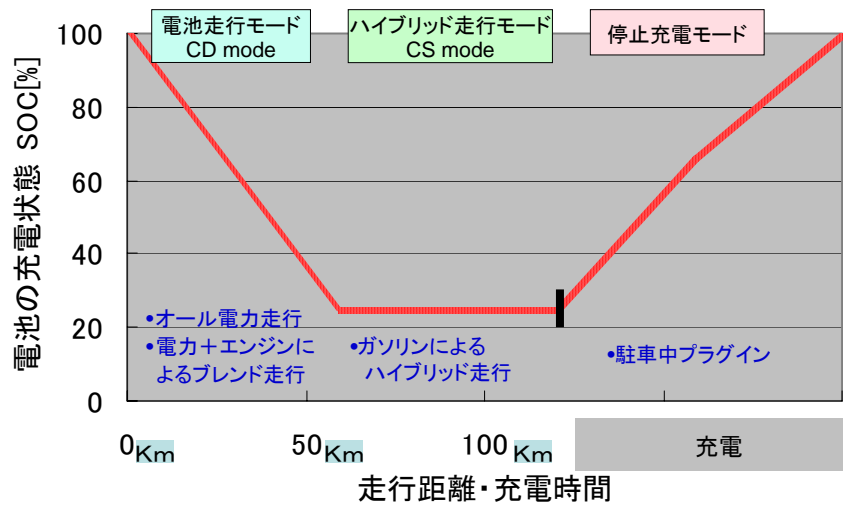
ユーティリティファクター=0.5

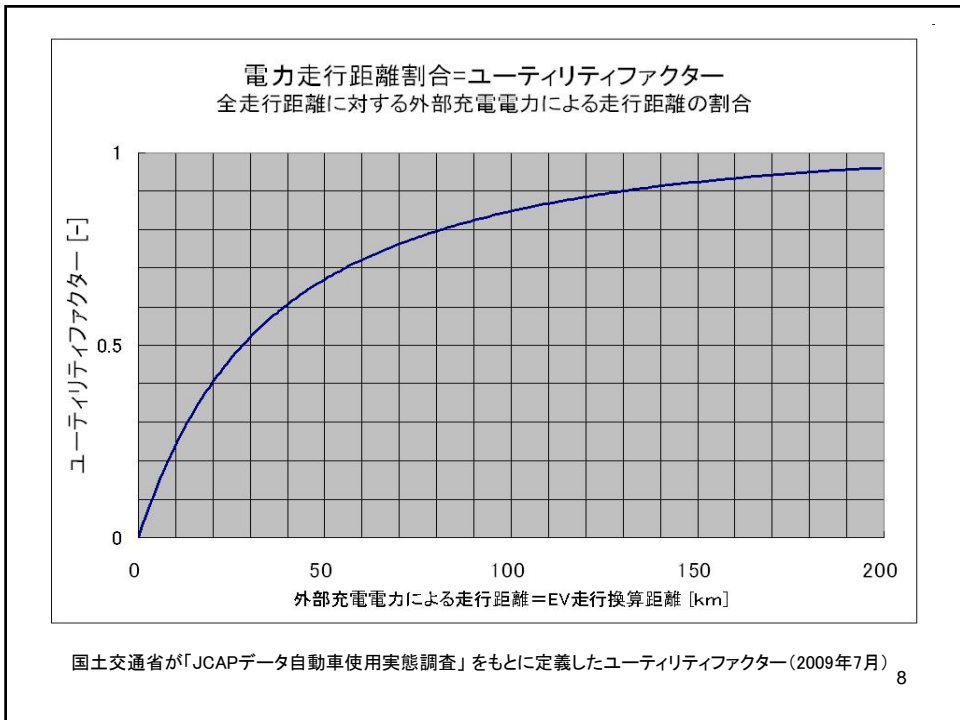
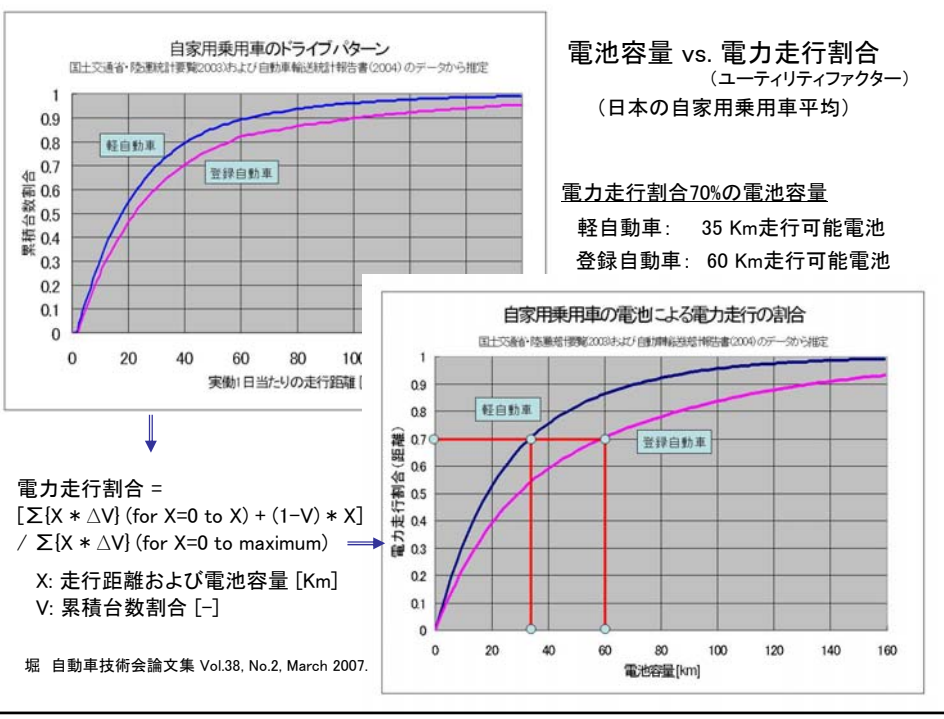
エンジン自動車(ティーダ)

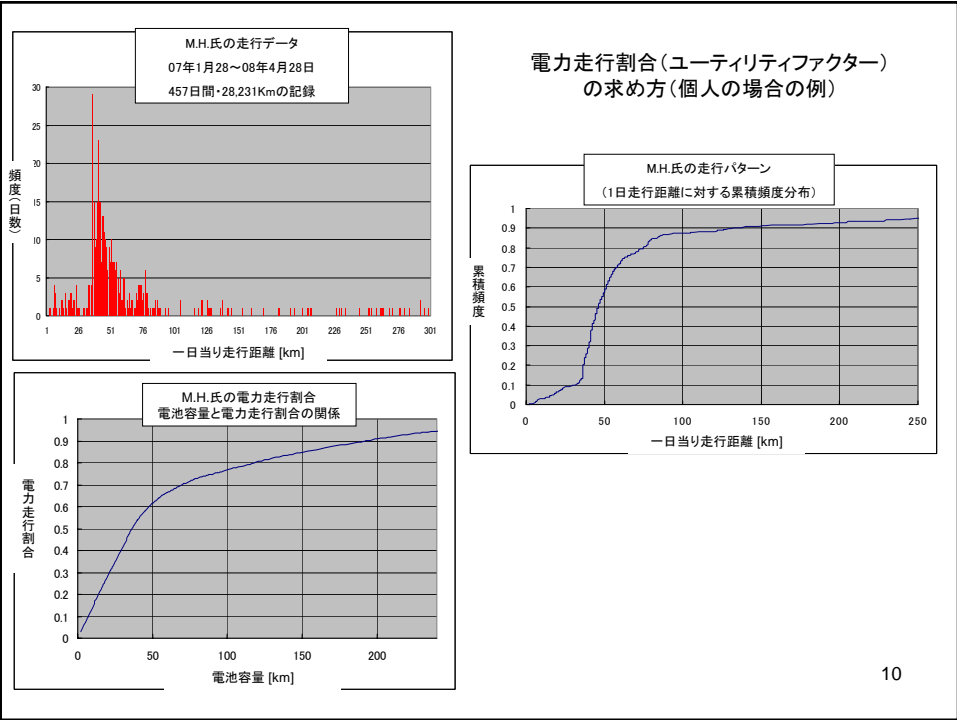
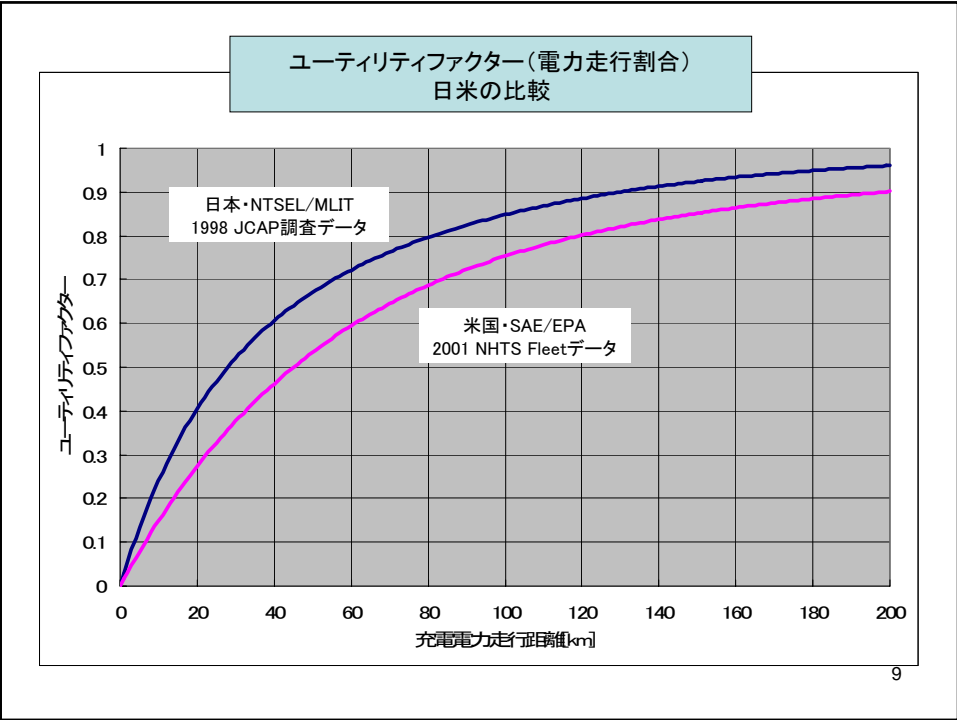
EPA複合燃費=12.8 km/L

5

プラグインハイブリッド車の走行モードと充電 典型例







日米のプラグインハイブリッド車の燃料消費率の定義

- ✓ プラグインハイブリッド車の電力走行割合については、両国とも統計データに基づいて定義したユーティリティファクターを使用する。
- ✓ 日本の「プラグインハイブリッド燃料消費率」はガソリンの消費率のみを算出する
- ✓ 米国の「プラグインハイブリッド車の複合・合成・等価燃費」(Combined Composite MPG Equivalent)は、電力消費率も等価熱量のガソリン消費率に換算して、ガソリンと電力の両方の消費率を合成する。

PHEVエネルギー消費率

$= 1 / (\text{CDモードの距離割合} / \text{CDモードのエネルギー消費率} + \text{CSモードの距離割合} / \text{CSレンジのエネルギー消費率})$

$= 1 / (\text{UF} / \text{CDモードのエネルギー消費率} + (1 - \text{UF}) / \text{CSモードのエネルギー消費率})$

CDモード = 電池走行モード

CSモード = ハイブリッド走行モード

UF = ユーティリティファクター(電力走行割合)

11

日本の「プラグインハイブリッド燃料消費率」の定義による プリウスPHVとシボレーボルトの燃費

トヨタ・プリウスPHVの燃費

プラグインハイブリッド燃料消費率 (国土交通省審査値)	57.0 km/l
ハイブリッド燃料消費率 (国土交通省審査値)	30.6 km/l
充電電力使用時燃料消費率 (国土交通省審査値)	— km/l
充電電力使用時走行距離 (国土交通省審査値)	23.4 km
電力消費率 (国土交通省審査値)	6.57 km/kWh
EV走行換算距離	23.4 km
—充電消費電力量 (国土交通省審査値)	3.56 kWh/回

シボレー・ボルトの燃費(推定)

プラグインハイブリッド燃料消費率 (推定値)	126 km/l
ハイブリッド燃料消費率 (推定値)	24 km/l
充電電力使用時燃料消費率 (推定値)	— km/l
充電電力使用時走行距離 (推定値)	84 km
電力消費率 (推定値)	6.5 km/kWh
EV走行換算距離	84 km
—充電消費電力量 (推定値)	12.9 kWh/回

12

充電集中による電力ピーク

1. システムレベルの電力ピーク

電力系統全体でピークが発生

2. 配電レベルの電力ピーク

柱上トランスを共有する範囲でピークが発生

13

日本の自家用乗用車が全部電気自動車になった場合の必要電力量

必要電力量：年840億KWh(全発電量の8.4%)

➤24時間平均充電の容量： 9.6 GW(100万キロワット発電所9.6基)

➤夜間8時間平均充電の容量： 29 GW(100万キロワット発電所29基)

29GWは現在の昼夜の電力需要の差よりかなり小さいので、充電が夜間8時間に分散されていれば容量的な問題はないが、充電が集中する場合はピークが発生することが考えられる。

参考(概算)

日本の年全発電量	10000億KWh
年平均発電出力	115 GW
全発電設備容量	240 GW
最大需要(真夏の昼)	180 GW
真夏の日の夜間需要	90 GW~120 GW

対象車種x台数の電動推進に必要な電力

乗用自家用登録車：	$4,202\text{万台} \times 10000 / 6 = 70033\text{ GWh}$
乗用自家用軽自動車：	$1,496\text{万台} \times 7500 / 8 = 14025\text{ GWh}$
乗用自家用車合計：	$84058\text{ GWh} = 840\text{億KWh}$ ¹⁴

米国の主要都市における充電制御の効果

(今後10年間に全米で100万台のプラグイン自動車の導入を想定)

City Metro Area	Total PEVs	Load if everyone charged at the same time (MW)	Load if charging is staged over 8 hours (MW)	Load if charging is staged over 12 hours (MW)
New York	54,069	299	33	22
Los Angeles	119,069	658	147	98
Chicago	27,892	154	34	23
Washington, DC	37,520	207	46	31
San Francisco	91,005	503	112	75
Philadelphia	18,319	101	23	15
Boston	31,976	177	40	26
Detroit-Ann Arbor	10,718	59	13	9
Dallas-Fort Worth	10,961	61	14	9
Houston	12,032	67	15	10
Atlanta	8,017	44	10	7
Miami	11,346	63	14	9
Seattle-Tacoma	26,088	144	32	21
Phoenix	15,831	88	20	13
Minneapolis	10,574	58	13	9
Cleveland-Akron	8,574	47	11	7
San Diego	22,445	124	28	18
St. Louis	5,730	32	7	5
Denver-Boulder	11,230	62	14	9
Tampa-St. Pete	9,059	50	11	7

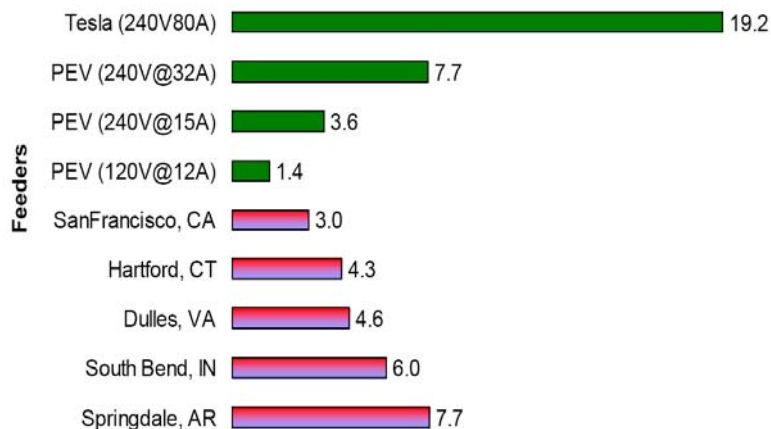
Note: Metro areas located within the ISO/RTO study are **bold**; other metro areas are in gray

15

出典: ISO/RTO Council レポート

プラグイン自動車の充電電力と家庭の消費電力の比較(米国)

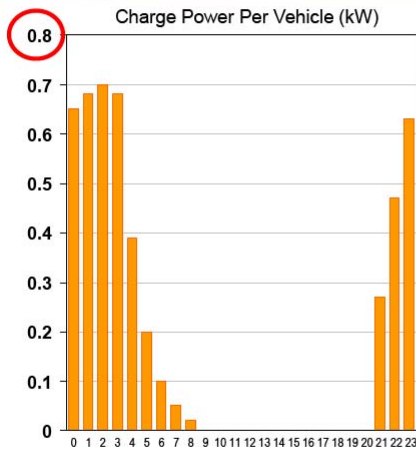
Average Peak Summer Demand Per Household (KW)



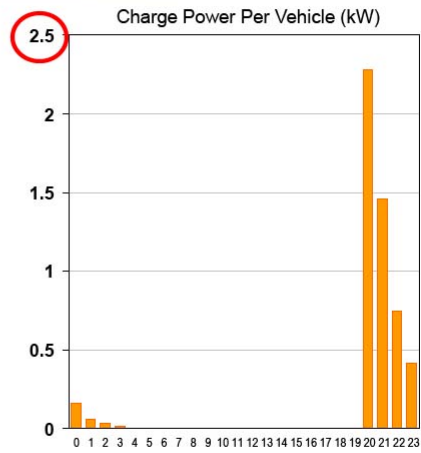
出典: EPRIレポート

16

Smart Charging Helps – If Done Right



Shifts the charge load to nighttime, but spreads it out relatively evenly over 6 hours



Only shifting the time without evening out the profile can make the situation worse

© 2010 Electric Power Research Institute, Inc. All rights reserved.

24

EPRi ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

電動自動車による電力サービス

サービス種類*	非常用サービス		定常用サービス		
	電力供給 (V2E-L)	電力供給 (V2E-S)	電力融通 (V2H)	電力融通 (V2R)	電力融通 (V2G)
目的	長時間停電時などの電力供給	短時間停電時などの電力供給	HEMSとの双方向電力流通	電力系統の太陽光など変動電源のファームング**	電力系統のアンシラリーサービス
サービス時間	～数日間～	～数時間	駐車中常時	駐車中常時	駐車中常時
使用可能な電動自動車***	HEV PHEV FCV	PHEV BEV	PHEV BEV	PHEV BEV	PHEV BEV
電力源	エンジン発電、燃料電池	電池	電池	電池	電池
エネルギー源	ガソリン、水素、軽油	系統電力による充電	系統電力による充電	系統電力による充電	系統電力による充電
車側の対応	通信・電力流通双方向化	通信・電力流通双方向化	通信・電力流通双方向化	通信・電力流通双方向化	通信・電力流通双方向化
備考	燃料を追加すれば長時間可能	運用はV2Hと共用	家庭用太陽光発電のバッファも可	運用はV2Gと共用	短時間のアップ・ダウン

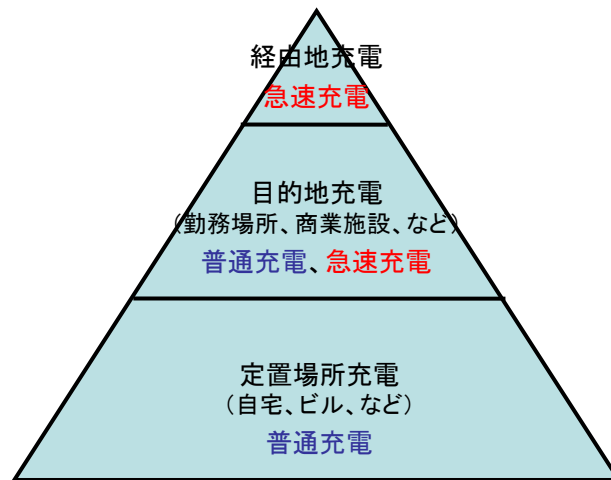
* Vehicle-to; E (Emergency L=Long time, S=Short time), H (Home), R (Renewables), G (Grid)

** Firming (安定化)

*** 電動自動車: ハイブリッド車(HEV)、プラグインハイブリッド車(PHEV)、電気自動車(BEV)、燃料電池車(FCV)

18

充電のTPO



19

充電インフラの構成

充電する場所	車の定置場所 自宅(戸建住宅、集合住宅)、ビル・事業所	走行の目的地 勤務先、商業施設、公共施設などの訪問先	走行の経路地 主要道路、高速道路のPA・SA、ガスタンク
代表的な充電タイプ	普通充電 (100V、200V)	普通充電(200V)および急速充電	急速充電
代表的な充電時間帯	住宅・ビルでは夜 社用車は終日	通勤者は勤務時間中 来訪車は営業時間中	終日
この充電による主な走行	通勤、ショッピング、営業など近距離走行	復路走行 (航続距離延長)	中～長距離走行 (航続距離延長)
滞在時間割合 (米国の例)	家 66%	勤務先 14% 買い物ほか 16%?	(走行 4.3%)

20

充電のレベル(SAE)

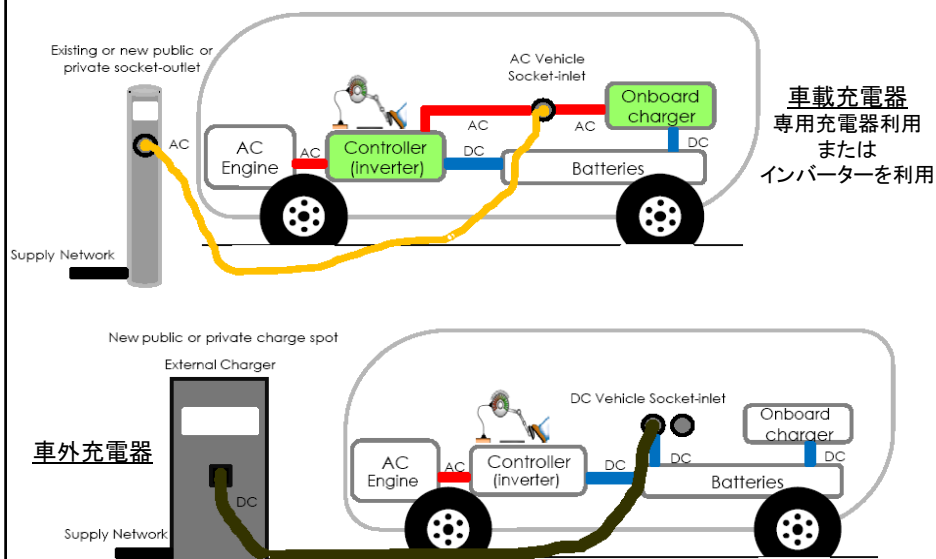
交流(AC)		直流(DC)	
AC Level 1	120 V AC single phase 12 A, 16 A 1.44, 1.92 kW	DC Level 1*	200 – 450 V DC ≤ 80 A ≤ 36 kW
AC Level 2	240 V AC single phase ≤ 80 A ≤ 19.2 kW	DC Level 2*	200 – 450 V DC ≤ 200 A ≤ 90 kW
AC Level 3*	(検討中) AC single or 3 phase ? > 20 kW ?	DC Level 3*	(検討中) DC 200 – 600 V ? ≤ 400 A ? ≤ 240 kW ?

* 未決定 の範囲のレベルは「コンボカップラー」として統合の予定

21

出典: SAE J1772

交流充電(車載充電器)と直流充電(車外充電器)



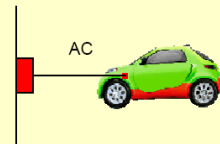
車載充電器
専用充電器利用
または
インバーターを利用

車外充電器

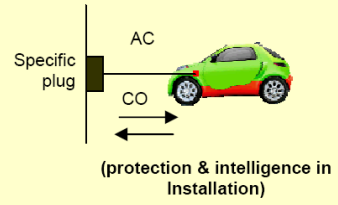
出典: Focus Group on European Electro-Mobility

充電のモード(IEC)

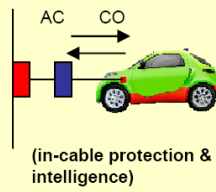
Mode 1:



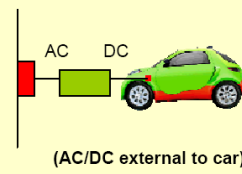
Mode 3:



Mode 2:



Mode 4:



出典: IEC 61851-1

23

充電のプラグタイプ(IEC)

Type 1 交流・単相



Type 2 交流・単相/3相



Type 3 交流・単相/3相
シャッター付き



出典: IEC 62196-2 & SAE J1772

24

SAEがコンボ・カップラーの標準化を発表

- SAE(米国自動車技術会)が2012年第1四半期にプラグイン自動車充電のための「コンボ・カップラー」を標準化すると発表(2011.8.12)
- コンボ・カップラーとは、次の容量の交流と直流の充電を統合したものの

AC Level 1	110V	~1.9kW
AC Level 2	220V	~19.2kW
DC Level 1*	200V~450V	~36kW
DC Level 2*	200V~450V	~90kW

(SAE J1772 *印は未確定)

- 日本では、交流充電は米国と同じ仕様だが、直流充電はCHAdeMO規格(500V・125A=62.5kW)による急速充電が事実上の業界標準

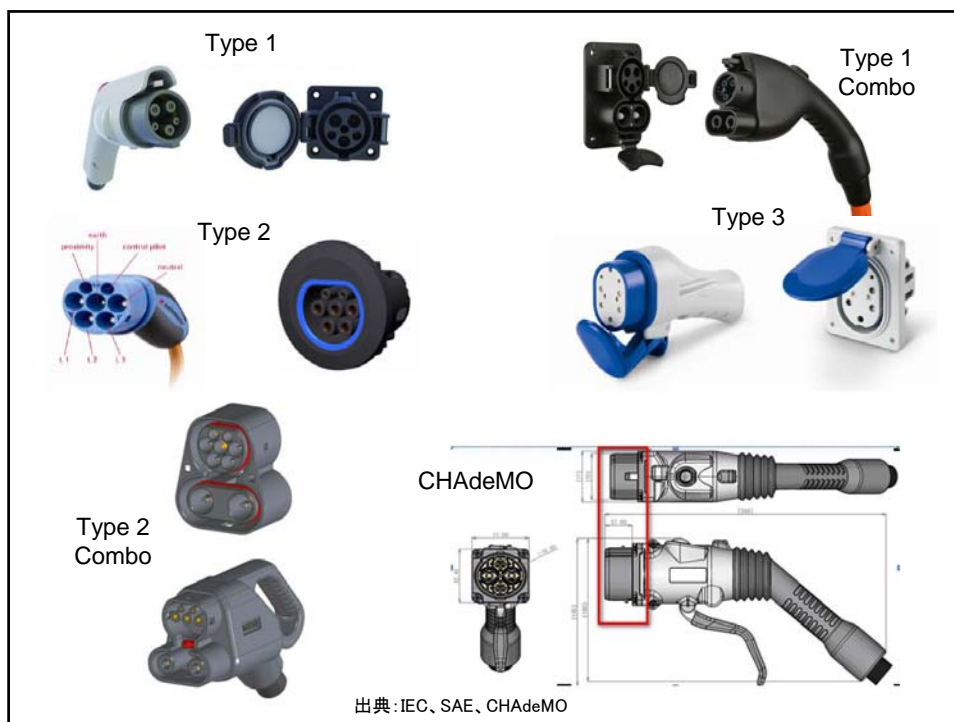
SAE Press Release:

http://www.sae.org/servlets/pressRoom?OBJECT_TYPE=PressReleases&PAGE=showRelease&RELEASE_ID=1591 25

コンボ・カップラー (SAE J1772、提案中)

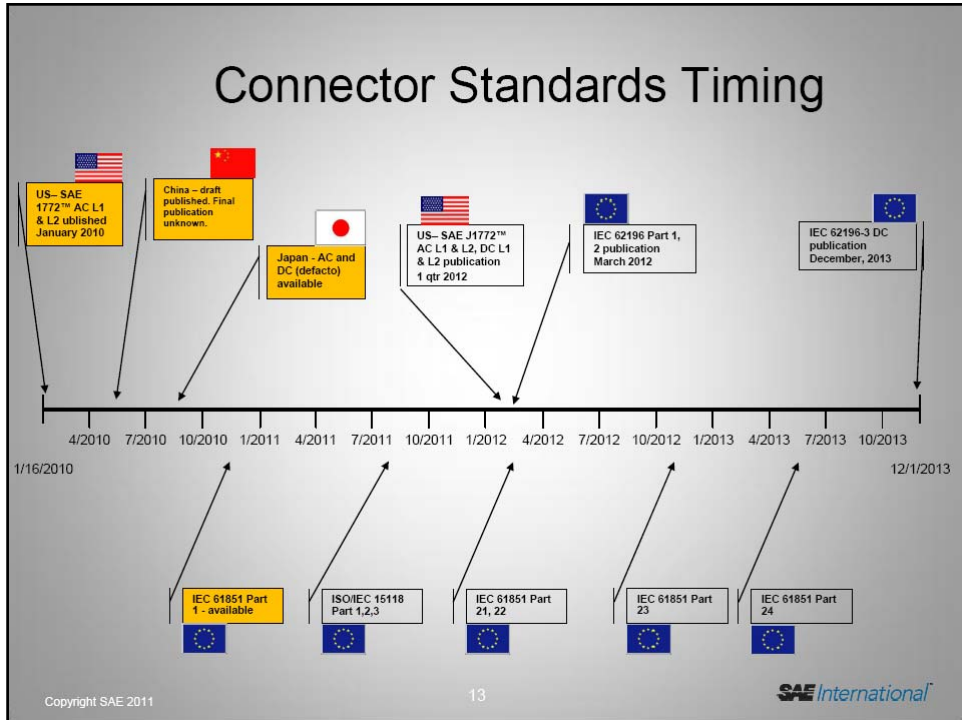
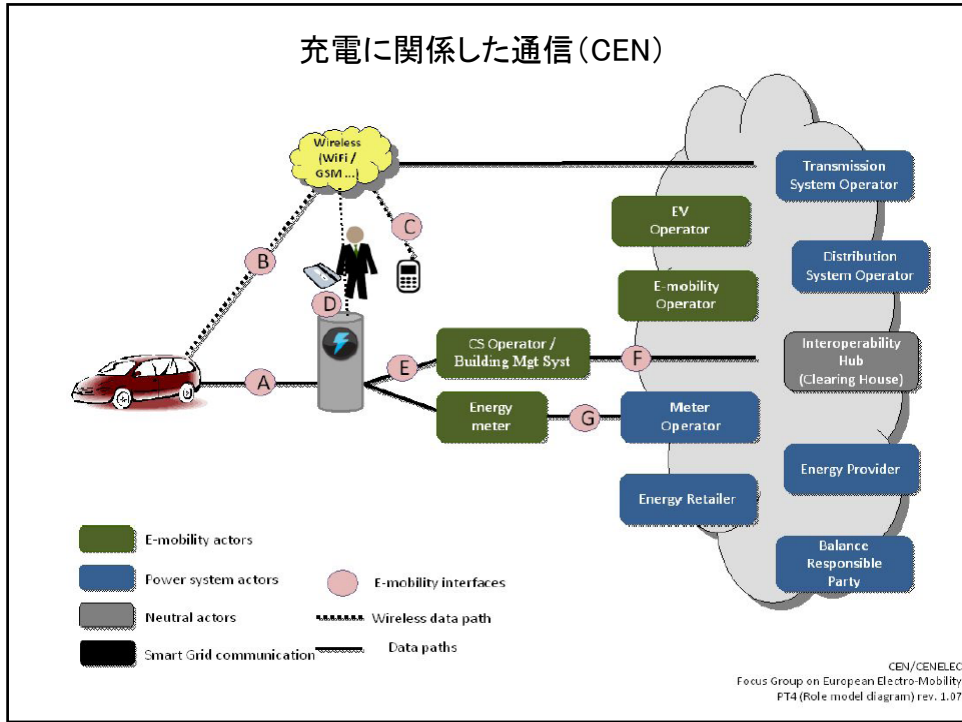


出典: SAE



コンボ・カップラー標準化の影響(米国内)

- USDOEの助成で実施中の「EV Project」(全予算230M\$, 幹事 Ecotality社)には310台の急速充電機整備の予算がついており、EPRIによると11年中に約100台の急速充電機が整備される予定。
- 急速充電機で規格化されているのは、現在はCHAdeMOのみ。既に、米国内でCHAdeMO充電機の設置が一部で進められている。
- SAEのコンボ・カップラーの標準化が決定されると、米国での今後の急速充電機の設置計画に影響することが想定される。
- 日本車では、LEAFとiMievの急速充電用に、CHAdeMO規格の充電インレットがついており、対策なしではコンボ・カップラーの急速充電機からの充電は出来ない。
- LEAFとiMievの普通充電用の充電インレットは、コンボ・カップラーの標準化が行われても、AC Level 1とAC Level 2用の充電機(EVSE)からこれまでと同様に充電できる。



自動車と電力システムの相互影響に関わる課題

- 自動車電動化によるCO2排出削減効果
発電のCO2排出原単位との関連で電気自動車のメリットの整理(政策レベル)
- プラグインハイブリッド車の電力走行割合と燃料消費率
ユーティリティファクターのバージョンアップと燃料消費率表示の合理化(政策レベル)
- プラグイン自動車による電力システムへの各種の影響
システムレベルおよび配電レベルの影響評価と対策(業界レベル)
- プラグイン自動車による電力システムへの各種のサービス
電力システムへの各種サービス(V2x)と上記各種影響を総合した双方向電力流通・通信システムのグランドデザインと開発促進(業界レベル)
- プラグイン自動車充電設備の動向
充電のTPOによるインフラ整備と普通充電の強化(政策レベル・業界レベル)

31

32