

電気エネルギー利用による 自動車の低炭素化

～早稲田大学における研究の紹介を中心に～



早稲田大学 理工学術院 教授
早稲田大学 電動車両研究所 所長
紙屋雄史

<http://www.f.waseda.jp/kamiya/>

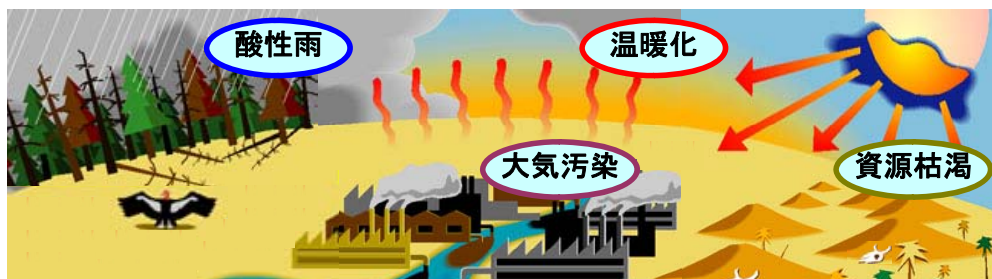
1: 自動車に係る環境・エネルギー問題と電動車両

自動車において使用される
化石燃料の枯渇問題
(エネルギー問題)

自動車から生じるエミッション
による地球温暖化・
大気汚染・酸性雨の問題
(環境問題)

○ 内燃機関自動車の性能改善 ○ 代替自動車の研究開発

代替自動車としての電動車両 (BEV・HEV・FCV) の研究



地球資源の限界・環境容量の限界 (<http://www.eic.or.jp/ecolife/>)

内燃機関自動車代替方式としての電動車両の研究

各種電動車両(BEV, HEV, FCV)に共通する長所

- 低CO2排出・高効率(Well to Wheel), ○エネルギー転換効果大,
- 乗車環境改善効果大(変速ショックなし&低騒音振動),
- 周囲環境負荷低減効果大(ゼロエミッション&低騒音)...

各種電動車両に共通する短所

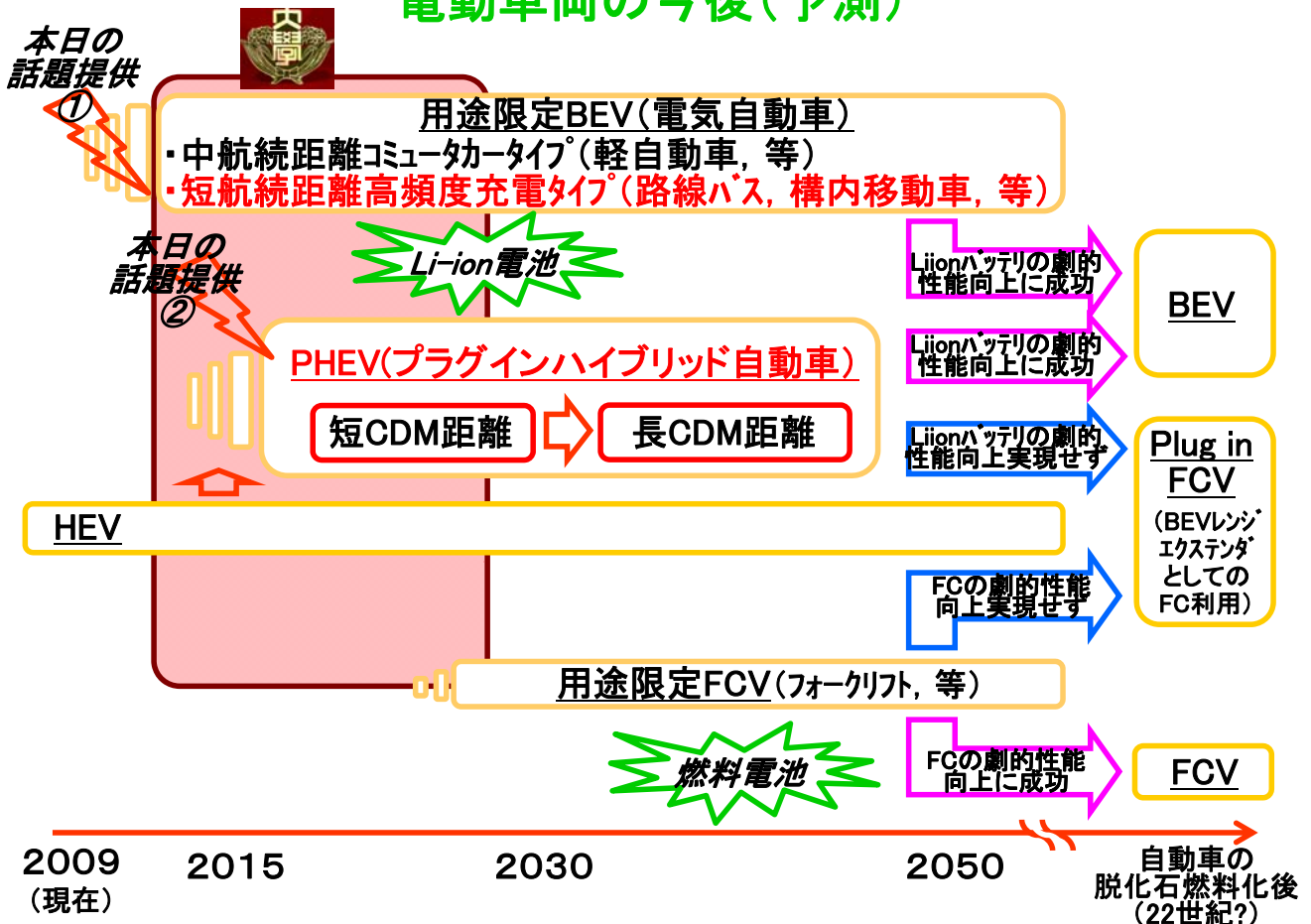
- ×高コスト, ×エネルギー車載の問題(短航続距離性能),
- ×エネルギー補給の問題(充電時間, 水素ステーション建設...)

唯一実用化された電動車両: HEV(ハイブリッド自動車)
×電動車両特有の導入効果が最も小さい

より一層環境調和性に優れた電動車両の開発

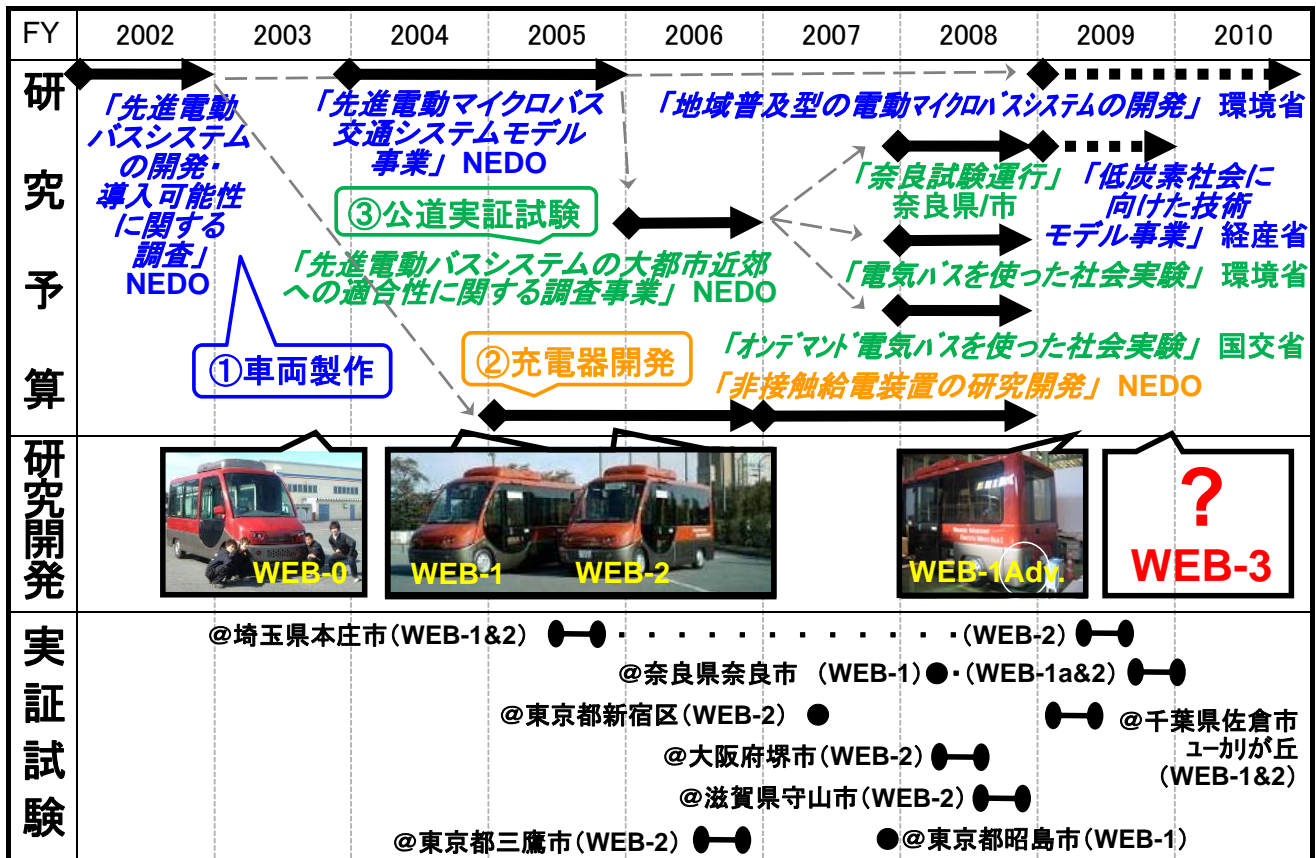


電動車両の今後(予測)



2: 短航続距離高頻度充電タイプ電気自動車

早稲田大学における先進電動マイクロバス研究 ver.090712



2002年度 NEDO-FS事業

「先進電動バスシステムの開発・導入可能性に関する調査」

● 早稲田大学

電気自動車の長所と短所(「バッテリー」と「充電」の性能に関わる問題)

- 低CO2排出・高効率(Well to Wheel), ○ エネルギー効率大, ○ 乗車環境改善効果大 (変速ショックなし&低騒音振動), ○ 周囲環境負荷低減効果大(低騒音&ゼロエミッション), ...
- × 短航続距離, × 充電に時間・手間を要する, × バッテリー重量の影響で走行負担大,
- × バッテリーが高コスト, ...

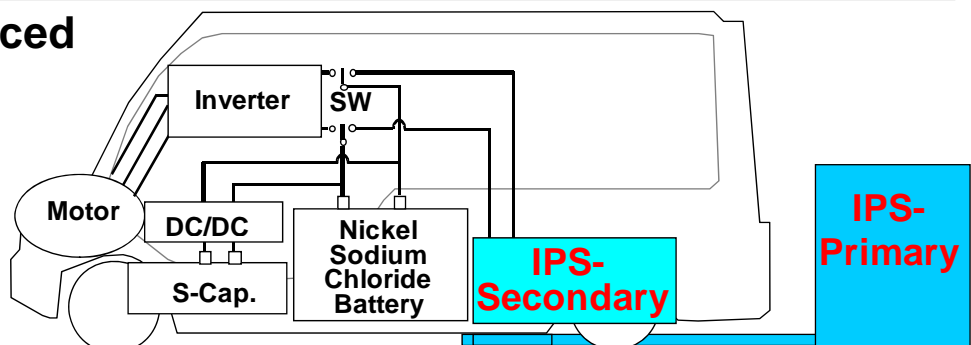
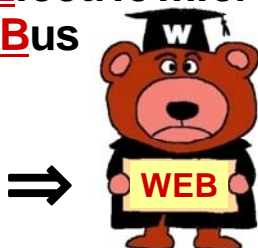
先進電動バスWEBの設計コンセプト(IPS導入によるバッテリー使用量の最小限化)

- ① バッテリーを必要以上に搭載しない(路線の1往復程度を可能とするバッテリー分量のみ車載)
- ② 短航続距離の問題は路線往復毎の充電で対処(非接触急速誘導充電装置(IPS)の採用)

期待される効果

- ① バッテリー搭載量削減 ⇒ 重量減による走行エネルギー削減, バッテリー初期コスト削減
- ② 非接触急速誘導充電装置採用 ⇒ 充電の時間短縮・手間削減・安全性向上
- ③ 得られる重量面での余裕を利用しバッテリーを若干多めに搭載 ⇒ 使用SOC幅狭化と長寿命化実現

Waseda advanced
Electric micro
Bus



早稲田大学先進電動マイクロバス“WEB-2”

<車両諸元>

- ベース車両：日野自動車“Poncho”
- 車両重量：3065 kg
- 車両寸法：L5.77×W1.995×H2.83 m
- 乗車定員：13名
- モーター：PM同期モーター 50 kW
- メインバッテリー：ゼブラ 21.2 kWh
- サブバッテリー：リチウムイオン 1.1 kWh



<車両性能(ベースディーゼル車両との比較)>

① 温室効果ガス排出量削減効果

- 電気エネルギーへのシフト&総合効率向上による改善割合 68%: 大型車試験モード(M15) 走行時比較

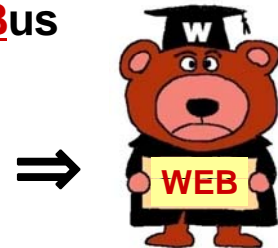
② 乗車環境改善効果

- 変速機が不要となることによる前後方向加速度変化の改善割合 31%: M15平均ジャーク値(m/s³)比較
- モーター駆動化による車内振動改善割合 30%: M15平均振動加速度値(m/s²)比較(JIS7760による)
- モーター駆動化による車内騒音改善割合 15%: M15平均騒音値(dB)比較

③ 周囲環境負荷低減効果

- モーター駆動化による車外騒音改善割合(騒音規正法許容限度との比較) 18%: M15平均騒音値(dB)比較

Waseda advanced
Electric micro
Bus



2008年度 環境省事業 「電気バスを使った社会実験」

- 堺市 ● 南海バス ● 関西電力 ● 環境総合テクノス
- NPO法人自由都市堺・町衆会議 ● 大阪府立大学 ● 東京大学 ● 早稲田大学

研究目的

同一地域において走行する電動バスの電費とディーゼルバスの燃費を比較計測する事で電動化によるCO₂排出量削減効果を評価する。

研究成果(総走行距離:695km, 総走行日数:32日)

WEB2	電費(走行過程) [km/kWh]	2.3
	CO ₂ 排出率 [g/km] (発電過程=発電過程ならびに走行過程)	180
ディーゼル マイクロ バス	燃費(走行過程) [km/L]	4.0
	CO ₂ 排出率(走行過程) [g/km]	650
	CO ₂ 排出率(燃料製造過程) [g/km]	48
	CO ₂ 排出率 [g/km] (燃料製造過程ならびに走行過程)	698

74% 削減
(平均速度 10km/h)

公道でもシャッター付バスと同様に約7割の削減を確認!

(参考) WEB⇔ディーゼルマイクロバス CO₂比較: 68%削減
(@M15モード, 平均速度15km/h)



(その他の代表的データ (1回走行あたり))

走行距離:10km, 走行時間:62min, 平均速度:10km/h,
最高速度:43km/h, 消費エネルギー:3.5kWh,
電費:3.0km/kWh(クーラーOFF時)

早稲田大学電気軽自動車“WEV-0”

> ベース車両

スズキ TWIN (Base:615kg, WEV:665kg)
L×W×H 2.73×1.47×1.45m

> バッテリー (リチウムイオン)

重量/容量 20.1kg/1.93kWh

> 非接触誘導充電装置

受電部重量/径 9kg/420mm
最高出力/最高効率 1.3kW/88%



CO2排出量比較

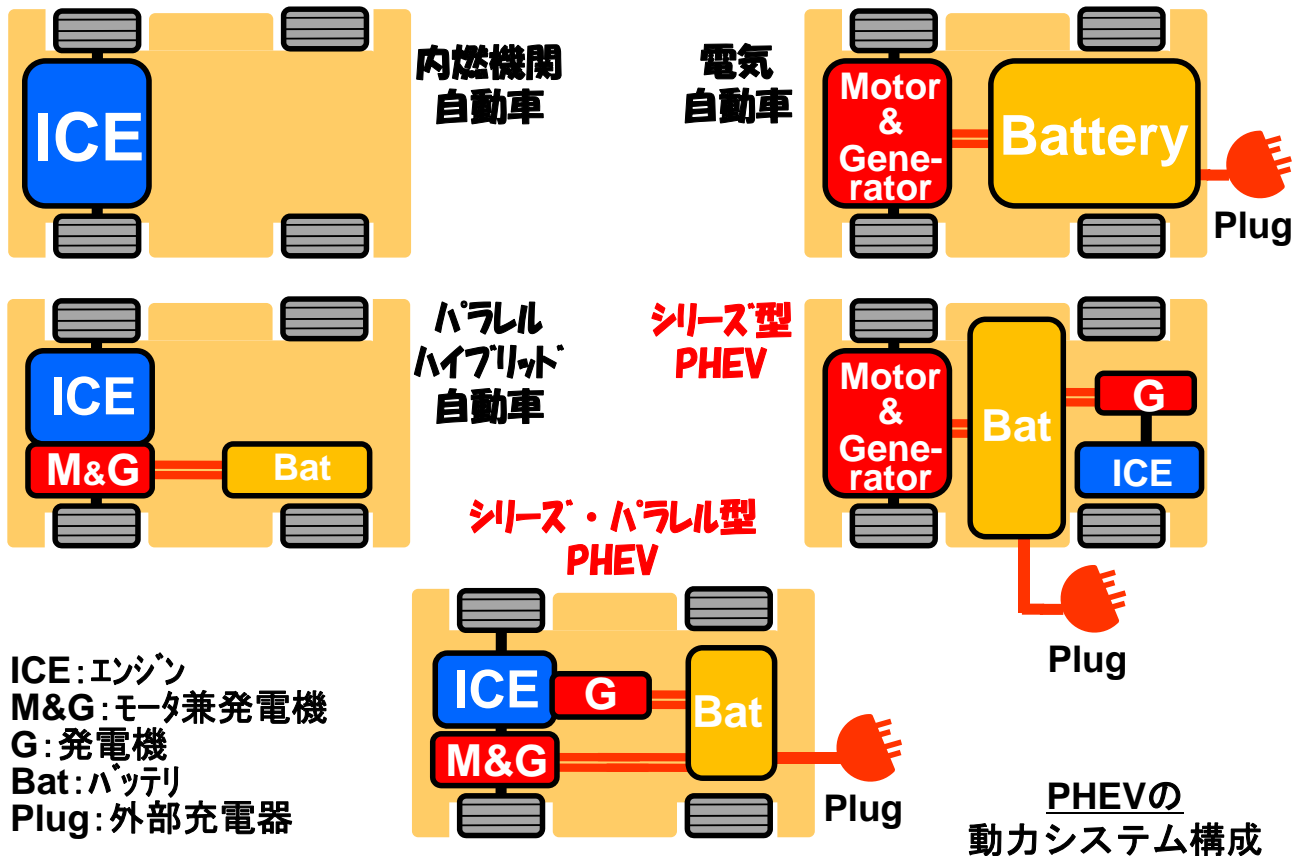
	WEV-0	ベース車両
走行モード	City Area Mode	
エネルギー消費量	443 Wh (電力)	0.334 L (ガソリン)
エネルギー消費率	16.9 km/kWh	22.4 km/L
CO ₂ (W2W)	223 g	839 g

73%削減 (平均速度18km/h)



WEV-0 (構内利用連絡車)

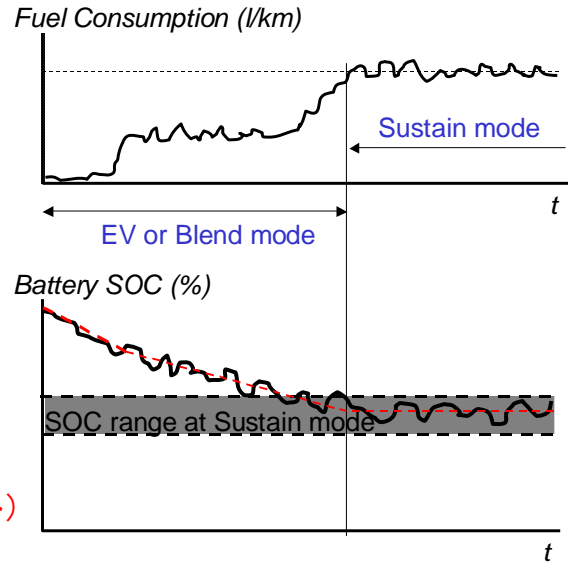
3: プラグインハイブリッド自動車



プラグインハイブリッド自動車(PHEV)とは

○BEVとHEVの中間の動力システム構成／走行方式

- ・BEVほどのバッテリー量は必要無(比較的普及のハードルが低い)
- ・複数のモードの組み合わせで走行
 - ① Charge Depletingモード
(All Electricモード(エンジンOFF)もしくはBlendモード(高負荷時限定のエンジンON))
 - ② Sustainモード(バッテリーSOC一定制御のHEV走行)
(走行モードの切替)
 - ・バッテリーSOC(②への移行時, 等)
 - ・車速やアクセル開度(Blendへの移行時, 等)
 - ・バッテリーやシステムの温度(Blendへの移行時, 等)
 - ・ドライバーの意思(①, ②への移行時)
- ・動力システムが複雑で大きく重たい



早稲田大学客員研究員清水健一氏作成(紙屋加筆)

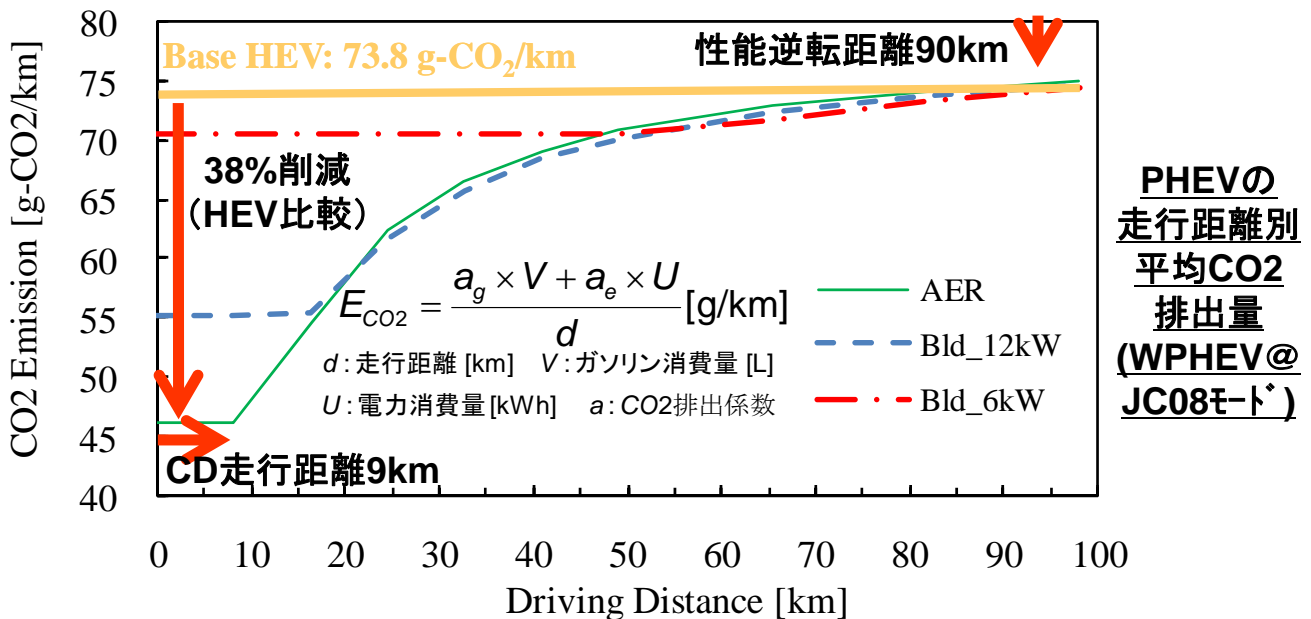
○電気とガソリンの両者を補給

- ・利用後夜間充電@自宅に対応
- ・ガソリンスタンド利用回数が大幅減
- ・実績のあるエンジンを搭載しており安心感あり

○環境調和性能が良好(BEVとHEVの中間)

- ・主にガソリン(軽油)エネルギーから電気エネルギーへのシフトで実現(温室効果ガス削減, エネルギーシフト)
- ・モータ駆動により実現(周囲環境, 乗車環境)
- ・環境調和性能が走行距離により大きく変化

走行距離に依存するPHEVのCO₂削減効果(シミュレーション)



主な解析諸元(WPHEV)		Value	エンジン条件	CD 領域SOC ≥ 35 %	CS 領域
Vehicle Mass	kg	1300	AER	・エンジンOFF (モータ駆動のみ)	・駆動力: 6 kW以上
Engine	Max Power kW	40	Bld12kW	・駆動力: 12 kW以上	・SOC:
Motor	Max Power kW	30	Bld6kW	・駆動力: 6 kW以上	30 %以下
Battery	Capacity kWh	3			

4:まとめ

電気エネルギー利用による自動車の低炭素効果は絶大！

しかし・・・**利便性が劣る**ことは事実

大量普及させなくては意味なし！

大量普及初期／移行過渡期においては
**「電動車両の特徴を生かした車づくりと使い方の工夫
(ユーザーの意識改革含む)」が必要**

(内燃機関自動車と同等の利便性(例:航続距離性能)を求めているは×)

早大における「電動車両の特徴を生かして製作した車」の低炭素効果の例

○短航続距離・高頻度充電コンセプトBEV(⇒主に航続距離問題対策)

- ・電動マイクロバス“WEB-2”／CO₂削減率68%(ICV比較)
- ・電気軽自動車“WEV-0”／CO₂削減率73%(ICV比較)

○プラグインハイブリッド自動車(⇒バッテリー問題対策)

- ・小型PHEV“WPHEV”(シミュレーション検討)
 - ／ CO₂削減率38% @ All Electric 走行時(0~9km)(HEV比較)
 - ／ CO₂削減効果を生じる走行距離は90kmまで(HEV比較)