

電気自動車 “CUV-4” の紹介

Introduction of Electric Vehicle “Clean Urban Vehicle-4”

今井 裕 道* 鈴木 茂*

Hiromichi IMAI Shigeru SUZUKI

長谷川 修* 松本 謙次*

Osamu HASEGAWA Kenji MATSUMOTO

要 旨

“CUV-4”はシビックをベースとし、実用的な性能を実現するために開発された電気自動車である。バッテリーパックの床下配置および高剛性ボディにより、安全性と居住空間を確保すると共に、DC ブラシレスモータと3速オートマチックトランスミッションにより、鉛バッテリー電気自動車としては高水準な充電走行距離を達成している。また、1994年より米国カリフォルニア州にて一般路上での走行テストを開始している。

ABSTRACT

The CUV-4 is a high performance commuter Electric Vehicle (EV) developed based on the Honda CIVIC. Safety and roominess have been enhanced through the use of an under-floor battery pack system and rigid body. An optimized DC brushless motor/3-speed automatic transmission drivetrain ensures long cruising range as an EV using lead-acid battery. In California, U.S., fleet test has been conducted since 1994.

1. まえがき

1.1. 環境問題への取組み

ホンダは以前より、大気汚染問題および石油資源の有効利用を考え CVCC(Compound Vortex Controlled Combustion)および VTEC(Variable Valve Timing and Lift Electric Control System)等、排出ガス対策、燃費向上の先端技術開発に対し常に積極的に取り組んできた。現在も脱石油、エネルギー利用の促進と大気汚染対策に積極的な技術開発をおこなっている。

1.2. 電気自動車への取組み

大都市大気汚染問題から、1990年9月28日、米国カリフォルニア州大気資源局(CARB)は「大気汚染規制法」の強化案を策定した。

ホンダにおける電気自動車(以下EVと略す)の研究開発は代替燃料のテーマのひとつとして1980年代より基礎研究を開始し、将来のゼロエミッション車(ZEV)の実現の技術蓄積をおこなってきた。その間、ソーラカー

レースにおいて世界で最も長い距離を走るオーストラリア・ワールド・ソーラ・チャレンジ(WSC)に出場し、ソーラカーの分野においても技術の蓄積を図った。

EVに関しては将来の車両としての重要性を認識し、その普及実現へ向けて積極的に技術開発を進めている。

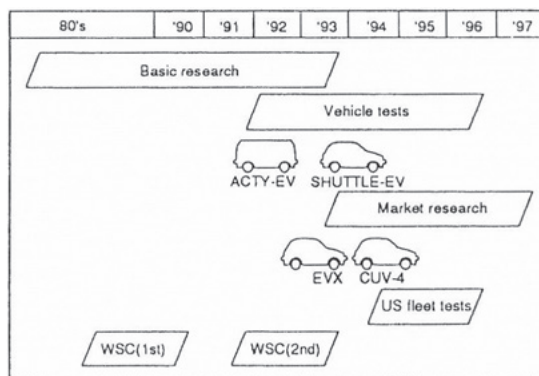


Fig. 1 Development History of Electric Vehicle at Honda

* 栃木研究所

1.3. EVの開発経緯

Fig. 1 に示すように基礎研究段階で量産車を改造してEVを製作し、基本技術を積み重ねた。次に、一般公道走行テスト用として、研究実験車ワンボックスタイプのACTY-EVおよびバンタイプのSHUTTLE-EVを製作し、認可取得の上、実際の市場での適合性を検証し、将来の普及に向けた研究開発を進めてきた。また東京モーターショーおよびロサンゼルスオートショーで既に公開したEVX(コンセプトカー)を用い、商品コンセプトの研究も並行しておこなっている。このたび、これらのテストで

得られたノウハウを結集し、CUV-4を製作したのでここに紹介する。

2. 開発のねらい

Fig. 2 に示す CUV-4 は、ハッチバックタイプの4人乗り乗用車を基本として製作した。また、一般ユーザーに対して使用条件の適合性の検証をおこなうことをねらいとして開発したものである。具体的には、

- 1 ガソリン車などとの混合交通に対応できる動力性能
 - 2 さまざまな走行パターン、エアコンなど電装負荷により変動する一充電走行距離
 - 3 充電方法を含めたメンテナンス性
 - 4 バッテリー寿命
 - 5 各コンポーネントの耐久信頼性
- などの適合性検証を目的とした。

3. 搭載技術

3.1. 基本骨格

基本構造を Fig. 3 に、主要諸元を Table 1 に示す。

EV 特有技術であるバッテリー搭載およびモータ、コン



Fig. 2 CUV-4

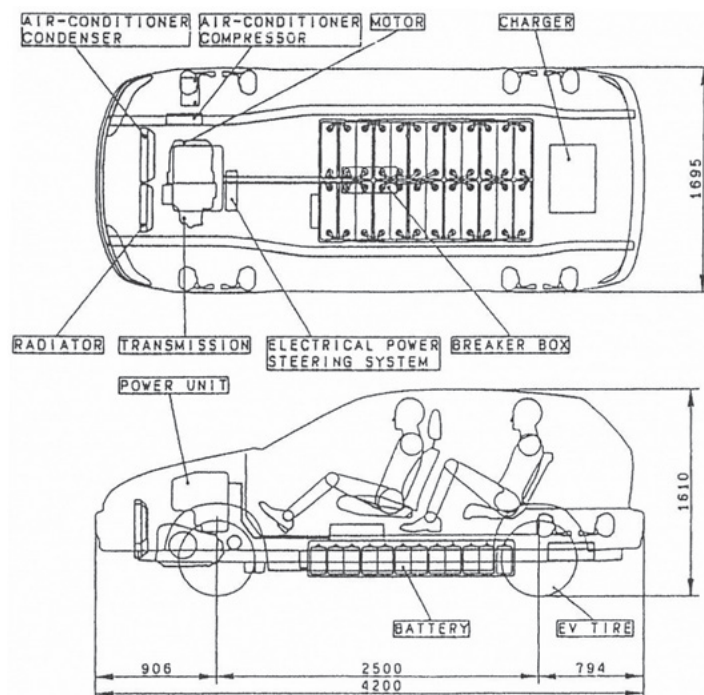


Fig. 3 CUV-4 Basic Layout

トローラなどの高電圧電装パーツなどのパッケージングを最適なものとすると同時に、自動車本来の機能を備えるために、基本骨格構造を次のようにした。

- 1 バッテリーを1つの箱に収め車両床下中央に配置。
- 2 軽量かつ高剛性なフレームとするために、メインフ

レームをストレート化。

- 3 モータおよび主要高電圧電装部品を前部へ集中配置することで、室内と動力源を分離し、室内ユーティリティを確保。
- 4 操縦安定性の優れたFF方式の採用。

Table 1 Major Specifications

ITEM			SPECIFICATIONS
DIMENSIONS AND WEIGHT	Length (mm)		4200
	Width (mm)		1695
	Height (mm)		1610
	Wheelbase (mm)		2500
	Curb weight (kg)		1680
POWER PLANT	Drive wheel		Front
	Voltage	(V)	288
	Motor	Type	DC-brushless
		Output	49kW/5750rpm
		Torque	130N・m/3600rpm
	Battery	Type	12V sealed lead-acid
		Number of modules	24
		Energy density (W・h/kg)	34.0
	Charger	Input voltage	AC100-110V/200-220V
		Output	1.2/5.4kW
		Type	On-board
CHASSIS AND ACCESSORIES	Transmission		3-speed, automatic
	Suspension (Front/Rear)		Strut/Rigid axle
	Steering		EPS* rack & pinion
	Air bag		Driver & passenger sides
	Tires	Front wheel	EV tire 195/65R/14
		Rear wheel	EV tire 195/65R/14
	Break-assist		Vacuum pump
	Regenerative breaking		Equipped
	ABS		Equipped
	Air-conditioning(heat pump type)		Equipped
	Audio system		Equipped
PERFORMANCE	Front defroster		Hot-wired windshield
	Drive range FUDS** mode (km)		106
	Acceleration	0-100km/h (sec)	19.5
		Maximum speed (km/h)	Over 130

* EPS: Electric Power Assist Steering

** FUDS: 米国カリフォルニア州で設定した走行モード、Federal Urban Driving Schedule の略語

3.2. パワープラント

基本システムを Fig. 5 に示す。

(1) モーター

EV 用のモータとして、AC モータを使用するのが一般的である。AC モータはさらにインダクションモータと DC ブラシレスモータに大別されるが、CUV-4 では軽量、高効率（電氣的）の点で優れた DC ブラシレスモータを採用した。出力およびトルクはガソリン車との混合交通の中で対応できるレベルとして 49kW/130N・m とし、モータの主要部品である永久磁石は希土類系磁石を用い、ロータおよびステータなどを最適設計することにより、最大効率 96% を達成している。

モータ出力特性を Fig. 4 に示す。3600rpm まではフラットなトルク特性で、3600rpm～5750rpm では出力 49kW を維持している。

(2) コントローラ

コントローラは、大電流スイッチング素子 (IGBT) に対し、PWM (Pulse Width Modulation) 制御と、位相制御（進角制御・通電角延長制御）をおこない、モータを常に最適な状態で駆動している。

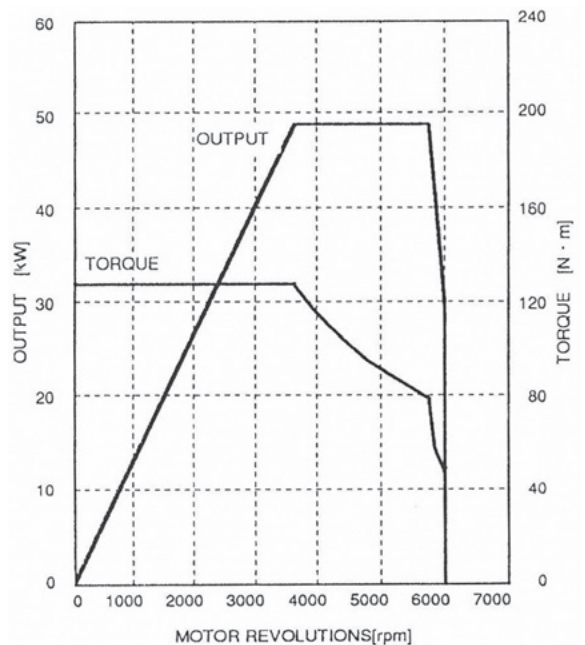


Fig.4 CUV-4 Motor Output Characteristics

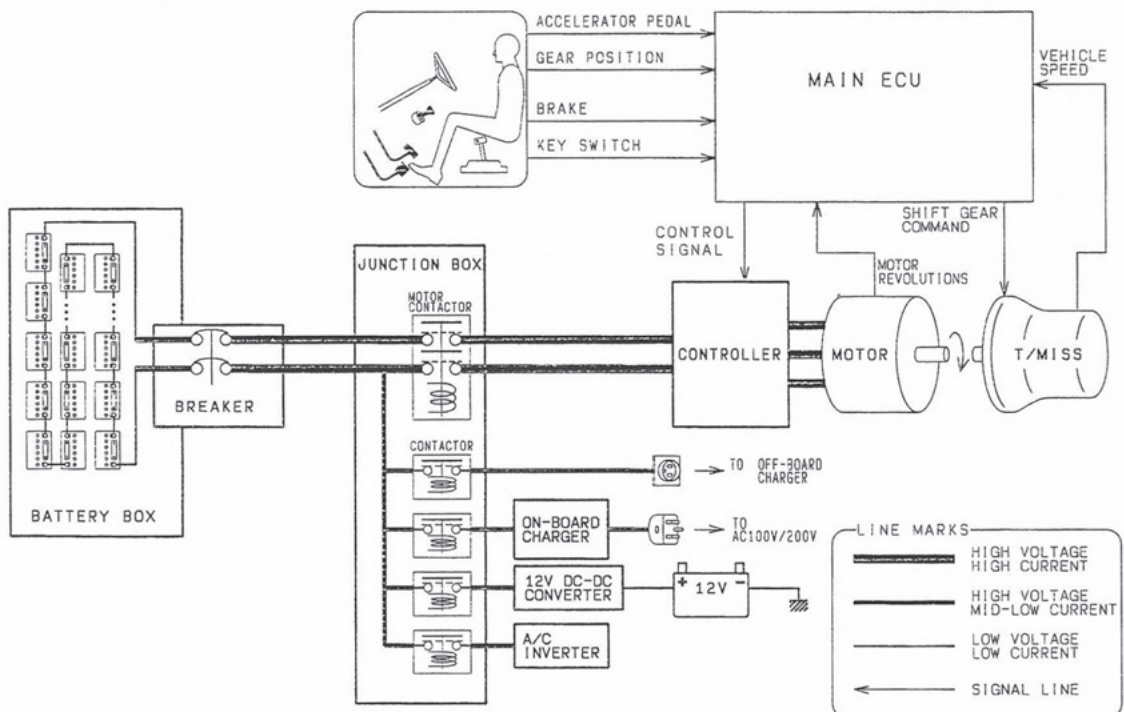


Fig. 5 System Configuration

Table 2 Battery Pack Specifications

Capacity	60AH (3HR)
Total voltage	288V
Total weight	480kg

(3) バッテリー

コスト、リサイクル性およびメンテナンス性より信頼性の高い密閉型鉛酸バッテリーを採用した。12V バッテリーを 24 個、組バッテリーとして専用設計のバッテリーボックスへ搭載している。Table 2 にバッテリーパックの仕様を示す。

(4) 高圧電装

バッテリー電圧の 288V を扱う電装部品を特に高圧電装品と呼び、これらは EV 特有の部品である。以下に高圧電装品の説明をする。

・チャージャ

チャージャは 2 種類に分類され、車載するものはオンボードチャージャ、そうでないものはオフボードチャージャと呼ばれる。

オンボードチャージャとしては汎用性の高い、入力電源 AC100-110V/200-220V 兼用仕様のチャージャを搭載している。回路方式は、小型化、軽量化の点で有利なスイッチングレギュレータ方式を採用している。効率は 85% 以上である。また、オフボードチャージャも使用可能な様に、専用コネクタをフロントフェンダ部に設置した。

・12V-DC-DC コンバータ

小型、高効率、大容量で入力レンジが広範囲なスイッチング方式の DC-DC コンバータを搭載している。出力容量は、12V-110A である。

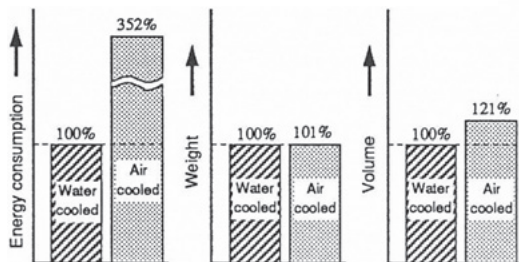


Fig. 6 Comparison of Water Cooled and Air Cooled System

・ブレーカ

信頼性の高いブレーカを採用し、システム異常時、瞬時に電源を遮断するシステムである。

・コンダクタ

バッテリー電源の各補機類への供給は信頼性の高い、コンダクタを介し配電している。

(5) トランスミッション

モータの出力特性を最大限に生かすために、EV 専用のトルクコンバータなし 3 速オートマチックトランスミッションを採用し、AT 車ながらマニュアルトランスミッション車並の伝達効率を達成している。トルクコンバータ有無での伝達効率の差異は、電費（後述）換算で約 18% の改善が図られている。

(6) 冷却システム

冷却システムを決定する際、空冷式と水冷式の比較をおこなった。空冷式の場合は、モータ、コントローラ、DC-DC コンバータ、インバータを、それぞれ個別のファンで冷却するシステムとなるが、水冷式の場合は冷却経路が 1 ラインで済み、パッケージング性に優れている。また、それぞれのコンポーネントを同一発熱量とした時の消費エネルギー量（冷やすために必要なエネルギー）、重量、体積を併せて比較した。Fig. 6 に結果を示す。水冷式は消費エネルギーについては圧倒的に有利で、設置スペースも小さくて済み、また重量はほぼ同一であるため、CUV-4 では水冷式を採用することにした。

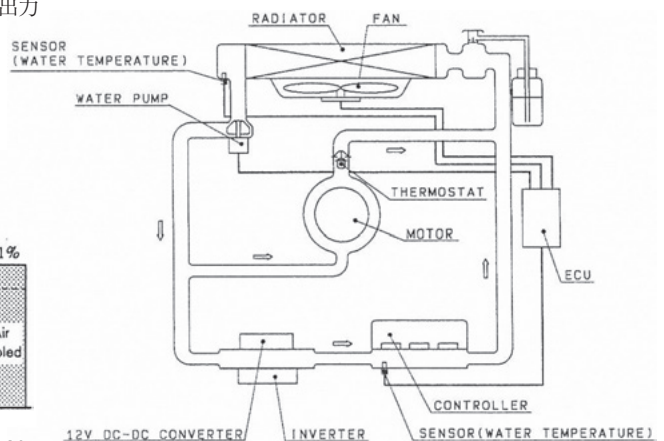


Fig. 7 Cooling System Configuration

冷却システム構成を Fig. 7 に示す。モータはハウジング内にジャケットを、そしてコントローラおよび DC-DC コンバータはそれぞれ専用のウォータージャケットを設置し、冷却をおこなっている。冷却水循環用として、電動ウォータポンプを採用し、水温をモニタしながら必要に応じ作動させている。

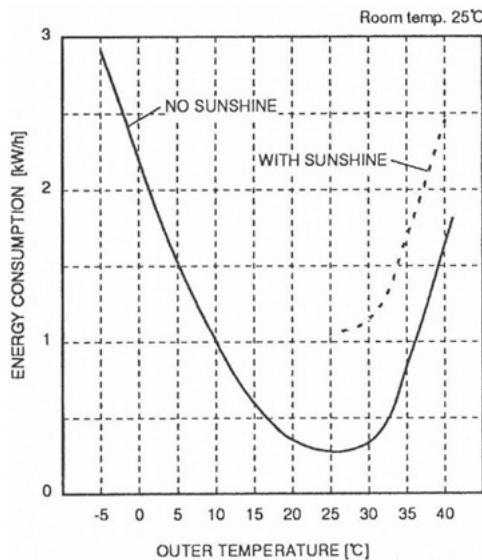


Fig.8 Auto Air Conditioner Characteristics

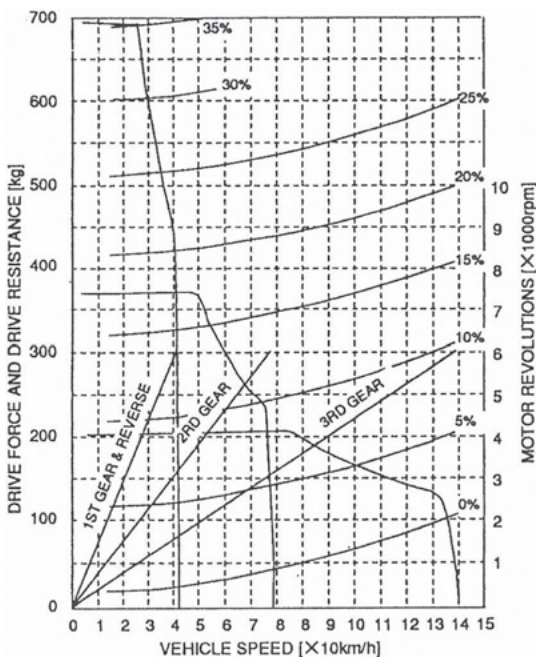


Fig.9 Driving Force Diagram

3.3. 車両装備

車両の主な装備としては、モータドライブヒートポンプ式オートエアコンディショナ、電動ピニオン式パワーアシストステアリング、更に車両の走行抵抗を低減する低ころがり抵抗EVタイヤ、また、減速中の車両の走行エネルギーにより、バッテリーを充電する回生ブレーキシステムを装備し、一般のガソリン車と同等の快適性およびドライバビリティを実現している。更に ABS およびエアバックシステム等の安全装備も装着している。

装備の中で最も電力消費量が多く走行距離に影響するものとしてエアコンディショナがあげられる。室内温度を 25℃ に設定した場合の冷暖房の消費電力量を Fig. 8 に示す。全体の省電力化、低温度領域での暖房性能の向上がこれからの技術課題である。

4. 性能

4.1. 動力性能

駆動力線図を Fig. 9 に示す。加速性能は 0-100km/h が

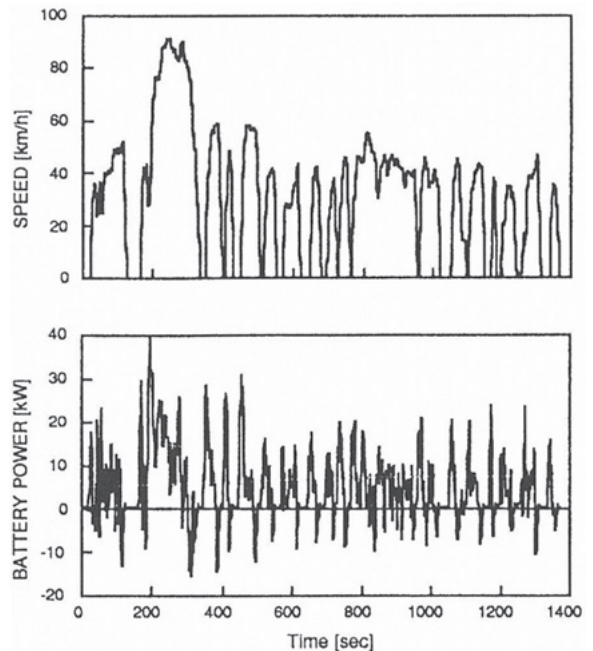


Fig.10 Speed and Power Profiles at FUDS Mode Driving

19.5 秒、最高速度は 130km/h 以上あり、ガソリン車との混合交通をおこなう中での十分な動力性能を備えている。

4.2. 一充電走行距離

ガソリン車の燃費に対して EV は 1km を走行するのに必要な電力量すなわち電費 ($W \cdot h/km$) が EV の性能を表すひとつの指標となる。CUV-4 の FUDS モード走行時の電費は $154.8W \cdot h/km$ 、また、1 回の充電で走行することが可能な距離を示す一充電走行距離 (レンジ) は 106km である。

FUDS モードにおけるパワープロフィールを Fig. 10 に示す。上段が FUDS モード走行時の速度変化を示し、それに対するバッテリー出力の時間変化を示しているのが下段のグラフである。負側はエネルギー回生モードを示している。

Fig. 11 はエネルギー消費の内訳を示している。ガソリン車ではエンジンのエネルギー損失が全体の約 8 割を占めているのに対して、EV では約 1 割程度でしかない。また、EV では走行抵抗の割合が相対的に大きくなるためこれを低く抑えることがレンジ向上に対して有効な手段である。

5. 今後の課題

5.1. コスト

価格面では現段階において、ガソリン車に対し量産を

想定した製造コストでも数倍程度高価なものとなっている。この要因としては、従来のガソリン車に対して、EV 専用部品のほとんどが新たに開発、生産検討したものであり、少量生産、新規投資の結果、コストを押し上げる結果となっている。

EV の普及促進のためには、コストダウンが必修であり、ガソリン車の価格に近づくよう、引き続き技術開発をおこなっていく必要がある。

5.2. レンジ

現状は FUDS モードで 106km であり、通勤ととして十分に使用できるレベルであるが、ユーザーの利便性を考えると、より一層向上させる必要があると考えている。そのためにも高性能バッテリーおよび将来のエネルギー源に対する研究開発も進めていく必要がある。

5.3. バッテリー寿命

現状の充放電寿命は、500 回以上を目標としているが、一般的な使われ方で約 2 年の寿命である。これをいかに延ばしていくかが、今後の課題であり、レンジの課題と同様に、高性能バッテリーの開発が必要である。

5.4. 軽量化

EV は組バッテリーの付加により、ガソリン車に比べ車両重量が増加している。電費、レンジ向上のために、軽量化技術の確立が必要である。

5.5. 信頼性の見極め

現在、台上評価は完了し品質の見極めは終了している。今後、市場での使われ方における信頼性の検証を十分におこなっていく必要がある。

6. まとめ

ホンダが EV 開発を開始してから約 10 年になる。その間、EV 技術を高めるために、種々の EV を製作し研究開発をおこなってきた。CUV-4 は、今まで蓄積された技術を結集し製作したものであり、'94 年夏よりカリフォルニア州においてフリートテストを開始した。本フリートテスト結果を反映し、今後共、EV 技術の向上に努めていきたい。

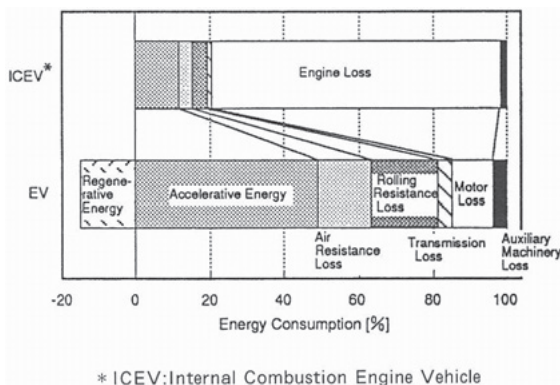


Fig.11 Energy Consumption Details at FUDS Mode Driving

■著 者■



今井 裕 道



鈴 木 茂



長谷川 修



松 本 謙 次