

# HEV, PHEV 導入によるエネルギー需給変化と CO<sub>2</sub> 削減の効果\*

堀 雅夫<sup>1)</sup> 金田 武司<sup>2)</sup>

## Effect of HEV & PHEV Share on Energy Demand/Supply Structure and CO<sub>2</sub> Reduction in Japan

Masao Hori and Takeshi Kaneda

The long-term energy demand/supply structure and CO<sub>2</sub> emission reduction in Japan are evaluated assuming adoption of the next generation vehicles such as HEV, PHEV and BEV in the passenger market. The national target of 30% improvement of energy utilization efficiency and the transportation sector target of lowering oil dependency to around 80% would be attained by such an adoption scenario. Energy and environmental characteristics of the next generation vehicles and total costs of owning such vehicle are also evaluated for the average registered/light vehicles.

Key Words: Energy, CO<sub>2</sub> Reduction, Hybrid, Plug-in, Battery, Electric Vehicle ⑬

### 1. ま え が き

経済産業省が 2006 年 5 月に発表した「新・国家エネルギー戦略」では、「今後、技術革新と社会システム変革の好循環を確立させることにより、2030 年までに少なくとも 30% のエネルギー消費効率改善を目指す」(省エネルギーフロントランナー計画)としており、また、「石油市場における需給逼迫などエネルギー市場の変動にも柔軟に対応でき高効率な運輸インフラを確立するため、2030 年に向け運輸部門の石油依存度が 80% 程度となることを目指して必要な環境整備を行う」(運輸エネルギーの次世代化計画)としている。

本報告は、運輸部門のエネルギー消費効率改善と石油依存度の低減のために、日本の登録車・軽自動車の乗用車市場において現在主流を占めている内燃機関車(ICEV)に代わって、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)などの次世代自動車を導入する場合の、これらの車のエネルギー・環境特性、自動車保有費用・経済性、国のエネルギー需給変化と CO<sub>2</sub> 削減などの効果を評価したものである。

最初に、日本の平均的な登録車・軽自動車ユーザーの走行パターンを用いて、ICEV と次世代自動車のエネルギー・環境特性を比較した。次に、電池価格、電池容量などをパラメーターとして ICEV, HEV, PHEV の車両費用とエネルギー費用からなるユーザーの保有費用を比較し、HEV, PHEV が経済的に成立する条件を調べた。

さらに、HEV, PHEV, BEV 導入のエネルギー効果を、「ロジスティック曲線」を用いた導入シナリオにより評価した。これら次

世代自動車の導入により、消費するガソリン・電力とその一次エネルギーの種類・量を評価し、長期的なエネルギー需給構造の変化と CO<sub>2</sub> 排出削減の効果を調べ、エネルギー消費効率改善と石油依存度低減の可能性を定量的に評価した。

### 2. 対象車種の走行条件

本評価では、自動車保有台数の 7 割以上を占め、次世代化の効果が大きいと考えられる自家用乗用車の登録車と軽自動車を対象とした。これらの車種の走行条件の設定には、国土交通省の自動車輸送統計<sup>(1)</sup>を参考にした。本評価で想定した主な走行条件、評価条件は次の通り。

#### 走行距離・燃費・エネルギー価格・CO<sub>2</sub> 排出

- 年走行距離: 登録車 10,000 km, 軽自動車 7,500 km
- 実働率: 登録車 67 %, 軽自動車 73 %
- 実働 1 日の平均走行距離: 登録車 41 km, 軽自動車 28 km
- ガソリン消費率: 10・15 モード燃費は、登録車 ICEV = 平均 15 km/L, 軽自動車 ICEV = 平均 20 km/L, 登録車 HEV = 40 km/L (高性能仕様) とし、実走行燃費は、ICEV は 10・15 モード燃費の 70% の値、HEV は 10・15 モード燃費の 60% の値を使用。軽自動車の HEV 走行燃費は登録車の 20/15 倍の値を使用。
- 電力消費率: 実走行電費として、登録車 PHEV = 6.0 km/kWh, 軽自動車 PHEV および BEV = 8.0 km/kWh を使用した。軽自動車の BEV の代表的な 10・15 モード電費は 10 km/kWh なので、実走行電費は 10・15 モード電費の 80% の値に相当。
- ガソリン価格: 140 円/L
- 電力料金: 10 円/kWh (深夜電力料金, 基本料金込み)
- CO<sub>2</sub> 排出量: ガソリン 2.32 kg-CO<sub>2</sub>/L (環境省ガイドライ

\* 2008 年 10 月 31 日受理. 2008 年 10 月 22 日自動車技術会秋季大会において発表.

1) 2) ユニバーサルエネルギー研究所 (105-0001 港区虎ノ門 5-3-20 仙石山アネックス (Email: mhori@mx.mesh.ne.jp))

ン), 電気 0.36 kg-CO<sub>2</sub>/kWh(電気事業連合会・2006 年)

### PHEV の走行モード

典型的な PHEV の, ①充電電力による電力走行(EV 走行)モード, ②一定の放電後の充電維持のハイブリッド走行(HEV 走行)モード, ③駐車充電モード, の各モードを模式的に Fig.1 に示す。

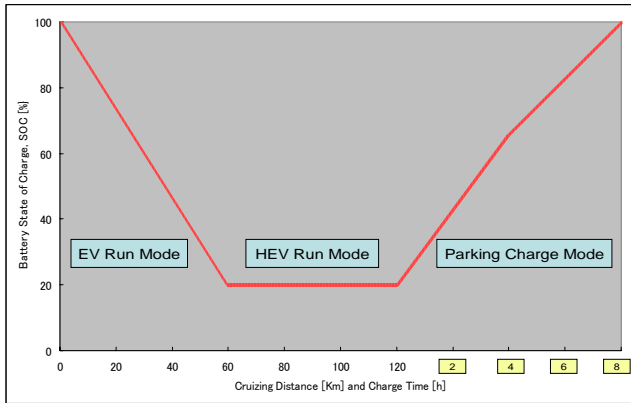


Fig.1 A Typical Relation between Running Patterns and Battery SOC for PHEV

本評価では, 次の想定を用いた。

- 電池は SOC が 100%から 20%の間で使用する. そのため, 電池定格容量は必要充電量の 1.25 倍とする。
- 電池が一定の放電量(本評価では SOC20%)に達するまでは, 電池電力のみで走行する純 EV 走行とする. この純 EV モードで電力走行をする距離の全走行距離に対する割合を「EV 走行割合」と呼ぶ。(パラレル型 PHEV では, 加速時や高速走行時など要求出力が大きい場合に電池・モーターなどの出力を補助するためにエンジン走行を加えるブレンドモードがあるが, 本評価では, 純 EV モードのみを想定した)
- 電池が一定の放電量(SOC)に達した後は, 通常のハイブリッド走行に移行し, 電池は一定 SOC の近辺で充電を維持するハイブリッド走行モードになる. このハイブリッド走行する距離の全走行距離に対する割合を「HEV 走行割合」と呼ぶ。
- 一日の走行距離が電池の航続距離以内の場合は, EV 走行のみでハイブリッド走行には入らない。
- 一日の走行により低下した SOC 分は通常は夜間駐車中の充電(駐車充電モード)により補充する。

登録車と軽自動車については, 国土交通省・自動車輸送統計に基づいて推定した平均的な走行パターン(実働 1 日当りの走行距離の分布)と, それから導出した搭載電池の容量と平均 EV 走行割合が, 既に自動車技術会論文集に報告されている<sup>(2)</sup>. これをもとに, 日本の平均的な登録車・軽自動車について, 搭載する電池容量(電池航続距離および充電容量)に対する EV 走行割合と HEV 走行割合を Table 1 に示す。

Table 1 から判るように, 平均的な登録車および軽自動車の走行パターンでは, 搭載する電池の航続距離が長くなると EV 走行割合は増加するが, この増加の傾向は 70%を超えると低くなる. EV 走行割合 70%は, 軽自動車では約 35km 航続, 登録車では約 60km 航続の電池を搭載することで可能であり, この程度の電池容量が PHEV に搭載する電池の標準的なものと考えられる。

Table 1 Battery Range, Battery Capacity and EV & HEV Run Ratios for the Average Registered and Light Vehicles

Battery Range [km]	Registered Vehicles			Light Vehicles		
	Net Battery Capacity* [KWh]	EV Run [%]	HEV Run [%]	Net Battery Capacity** [KWh]	EV Run [%]	HEV Run [%]
0	0	0	100	0	0	100
10	2.1	25	75	1.6	32	68
20	4.2	39	61	3.2	53	47
30	6.3	50	50	4.7	66	34
40	8.3	59	41	6.3	76	24
50	10.4	65	35	7.8	82	18
60	12.5	70	30	9.4	86	14
70	14.6	75	25	10.9	90	10
80	16.7	78	22	12.5	92	8
90	18.8	81	19	14.1	94	6
100	20.8	83	17	15.6	96	4

\* Net battery capacity [KWh] is calculated assuming 6 Km/KWh for the electricity mileage of registered vehicles  
\*\* Net battery capacity [KWh] is calculated assuming 8 Km/KWh for the electricity mileage of light vehicles

Table 1 は日本の平均的な自動車ユーザーに対する値であるが, 個々の自動車ユーザーの走行パターンが判れば同様の関係を導出でき, そのユーザーに最適な電池容量を推定することが出来る. その実例として, あるユーザーの実走行記録の分析による電池容量と EV 走行割合の関係を付録に示す。

### 次世代自動車のエネルギー・環境特性

HEV, PHEV, BEV など次世代自動車のエネルギー・環境特性を, 想定した走行距離, 燃費, PHEV 条件(EV 走行割合 70%)などの条件下で評価した結果を, ICEV と比較して Table2 に示す. この表では, ICEV のエネルギー消費量, 石油依存度, CO<sub>2</sub> 排出量, 走行経費などを基準として, それに対する HEV, PHEV, BEV による値を相対値(%)で示し, また HEV, PHEV, BEV によるエネルギー効率(%)の改善は ICEV に対する差(ポイント数)で示した。

本評価において, ガソリンや電気などの最終エネルギーおよび石油や発電用の一次エネルギーを使用しており, この換算には, 原油からガソリンへの転換効率として 90%, 各種一次エネルギーから発電の平均効率として 40%の値を用いた。

Table 2 に示すように, ICEV から HEV にすることによりガソリン消費量は半分以下になり, PHEV にすることにより更にその 1/3 になる. PHEV および BEV では電動推進のための電力を要するが, 一次エネルギーベースで比較すると, 次世代自動車のエネルギー消費量は ICEV の 44~40%に低減し, 次世代自動車

このファイルは自動車技術会の転載許諾条件により印刷不可の設定にしております。コピーを必要の方は mhori@mx.mesh.ne.jp までご連絡ください。

のエネルギー利用効率は ICEV より 56~60 ポイント向上する。

ICEV および HEV はガソリンのみの推進なので消費する一次エネルギーに占める石油の割合は 100%であるが、PHEV はガソリン・電力推進なので石油の割合は約 40%、BEV は電力のみの推進なので同 10%(石油火力発電分)となる。

Table 2 Comparison of ICEV, HEV, PHEV and BEV On Key Indicator for Energy and Environment

Key Indicators		ICEV	HEV	PHEV	BEV
Energy Consumption (Based on Final Energy)	Gasoline	100	44	13	0
	Electricity	0	0	13	18
	Sum	100	44	26	18
Energy Consumption (Based on Primary Energy)	Gasoline	100	44	13	0
	Electricity	0	0	28	40
	Sum	100	44	41	40
Energy Efficiency Improvement (Primary Energy)		0	56	59	60
Ratio of Oil in the Consumption (Based on Primary Energy)		100	100	39	10
CO <sub>2</sub> Emission	Gasoline	100	44	13	0
	Electricity	0	0	19	27
	Sum	100	44	32	27
Running Energy Cost	Gasoline	100	44	13	0
	Electricity	0	0	9	12
	Sum	100	44	22	12

CO<sub>2</sub>排出量は、ガソリン燃焼排出分と発電排出分の合計として算出され、次世代自動車はICEVの44%(HEV), 32%(PHEV), 27%(BEV)という低い値になる。

走行エネルギー費は、エネルギー利用効率、一次エネルギーの種類、課税額などの違いから、ICEV と次世代自動車との間には大きな差があり、とくに PHEV(22%)や BEV(12%)など電動推進車のエネルギー費用は格段に安い。

3. HEV, PHEV の経済性評価

本節では、ICEV に替わって、HEV または PHEV を購入・使用する場合の車両購入費用とガソリン/電気費用10年分を合算した10年間保有費用を算出し、ICEV との経済性の比較を行った。この計算手法および価格条件設定には、経済産業省の「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」<sup>(3)</sup>報告書を参考にした。

HEV および PHEV 保有の経済性評価では、前節の走行・燃費条件、PHEV 走行モードの各想定に加えて、下記の価格条件を用いた。

価格条件:

- 登録車 ICEV=170万円, HEV=170万円+50万円+電池1kWh 価格, PHEV=170万円+60万円+電池定格容量x電池 kWh単価

- 軽自動車 ICEV=100万円, HEV=100万円+38万円+電池1kWh価格, PHEV=100万円+45万円+電池定格容量x電池 kWh 単価
- 電池定格容量あたりの価格(パラメーター):20万円~0.5万円(電池の定格容量の80%が有効に利用可能と仮定)

ICEV, HEV, PHEV の登録車および軽自動車について、10年間保有費用(車両費・燃料費合計)を電池1kWhの単価と搭載電池の航続距離をパラメーターに算出し、その結果を Table 3(a)と(b)に金額および金額の大小を示すマップで示した。(今回の計算では、二次電池の交換コストを無視)

Table 3(a) Calculation Results of the 10 Year Total Costs for Using a Registered Vehicle

Battery Range [km]	PHEV Vehicle Cost plus 10 Year Energy Cost (1000Yen)								
	200	150	100	75	50	25	10	7.5	5.0
10	3,196	3,092	2,988	2,935	2,883	2,831	2,800	2,795	2,790
20	3,554	3,346	3,138	3,033	2,929	2,825	2,763	2,752	2,742
30	3,925	3,613	3,300	3,144	2,988	2,831	2,738	2,722	2,706
40	4,304	3,888	3,471	3,263	3,054	2,846	2,721	2,700	2,679
50	4,696	4,175	3,654	3,394	3,133	2,873	2,717	2,691	2,665
60	5,092	4,467	3,842	3,529	3,217	2,904	2,711	2,685	2,654
70	5,488	4,758	4,029	3,665	3,300	2,935	2,711	2,680	2,644
80	5,892	5,058	4,225	3,808	3,392	2,975	2,725	2,683	2,642
90	6,296	5,358	4,421	3,952	3,483	3,015	2,733	2,686	2,640
100	6,704	5,663	4,621	4,100	3,579	3,058	2,746	2,694	2,642
Minimum	3,196	3,092	2,988	2,935	2,883	2,825	2,717	2,680	2,640
HEV	2,983	2,933	2,883	2,850	2,833	2,800	2,793	2,791	2,788
ICEV	3,033	3,033	3,033	3,033	3,033	3,033	3,033	3,033	3,033

Battery Range [km]	PHEV Vehicle Cost plus 10 Year Energy Cost (1000Yen)								
	200	150	100	75	50	25	10	7.5	5.0
10	●	●	●	○	○	○	○	○	○
20	●	●	●	○	○	○	○	○	○
30	●	●	●	○	○	○	○	○	○
40	●	●	●	○	○	○	○	○	○
50	●	●	●	○	○	○	○	○	○
60	●	●	●	○	○	○	○	○	○
70	●	●	●	○	○	○	○	○	○
80	●	●	●	○	○	○	○	○	○
90	●	●	●	○	○	○	○	○	○
100	●	●	●	○	○	○	○	○	○

● PHEV cost is lower than ICEV and HEV costs  
○ PHEV cost is lower than ICEV, but higher than HEV  
● PHEV cost is higher than ICEV

Table 3(b) Calculation Results of the 10 Year Total Costs for Using a Light Vehicle

Battery Range [km]	PHEV Vehicle Cost plus 10 Year Energy Cost (1000Yen)								
	200	150	100	75	50	25	10	7.5	5.0
10	2,016	1,938	1,859	1,820	1,781	1,742	1,719	1,715	1,711
20	2,279	2,123	1,966	1,888	1,810	1,732	1,685	1,677	1,670
30	2,561	2,327	2,092	1,975	1,858	1,741	1,670	1,659	1,647
40	2,850	2,538	2,225	2,069	1,913	1,756	1,663	1,647	1,631
50	3,148	2,758	2,367	2,172	1,971	1,781	1,664	1,645	1,625
60	3,452	2,983	2,514	2,280	2,045	1,811	1,670	1,647	1,623
70	3,755	3,208	2,661	2,388	2,114	1,841	1,677	1,649	1,622
80	4,063	3,438	2,813	2,500	2,188	1,875	1,688	1,656	1,625
90	4,370	3,667	2,964	2,613	2,261	1,909	1,698	1,663	1,628
100	4,678	3,897	3,116	2,725	2,334	1,944	1,709	1,670	1,631
Minimum	2,016	1,938	1,859	1,820	1,781	1,732	1,663	1,645	1,622
HEV	1,908	1,858	1,808	1,783	1,758	1,733	1,718	1,716	1,713
ICEV	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750

Battery Range [km]	PHEV Vehicle Cost plus 10 Year Energy Cost (1000Yen)								
	200	150	100	75	50	25	10	7.5	5.0
10	●	●	●	●	●	○	○	○	○
20	●	●	●	●	●	○	○	○	○
30	●	●	●	●	●	○	○	○	○
40	●	●	●	●	●	○	○	○	○
50	●	●	●	●	●	○	○	○	○
60	●	●	●	●	●	○	○	○	○
70	●	●	●	●	●	○	○	○	○
80	●	●	●	●	●	○	○	○	○
90	●	●	●	●	●	○	○	○	○
100	●	●	●	●	●	○	○	○	○

● PHEV cost is lower than ICEV and HEV costs  
○ PHEV cost is lower than ICEV, but higher than HEV  
● PHEV cost is higher than ICEV

前節の走行パターンの考察から、PHEV 導入の効果が最大になるEV 走行割合 70%程度の電池容量(電池航続距離では、登録車60km, 軽自動車35km)の保有費用に注目する。Table3の結果から、登録車および軽自動車とも、PHEV がICEV や HEV

より 10 年間保有費用で有利になるには、電池単価が 1kWh あたり 2 万円程度以下になる必要があると言える。ただし、電池単価が 1kWh あたり 3~4 万円程度まで下がると、各車種間の保有費用の差が小さくなり、次世代自動車に対する優遇税制などにより PHEV の普及が促進される可能性がある。

Table 3(b)には、BEV の計算結果は示されていないが、近距離通勤で考えられている航続距離 100km 程度の軽自動車 BEV は、電池単価が 3 万円程度以下では 10 年保有費用で ICEV または PHEV と競合可能あるいは有利になると考えられる。

なお、登録車の平均の年走行距離 10,000km の場合は、10 年間保有費用では電池の単価に関係なく HEV が ICEV より経済的であるが、軽自動車の平均の年走行距離 7,500km の場合は、10 年間保有費用で HEV が ICEV や PHEV より経済的になる電池の単価などの条件は限られている。それ故、登録車の次世代化では ICEV から HEV への代替を行いつつ PHEV 導入を進めるのが妥当であるが、軽自動車の次世代化では電池の単価が下がった時点で ICEV から HEV を経ずに PHEV, BEV に代替するのが得策と考えられる。

#### 4. エネルギー需給変化と CO<sub>2</sub> 削減効果のシナリオ評価

自家用乗用車(登録車と軽自動車)を、現在主流の ICEV から HEV, PHEV, BEV に代替していくシナリオを想定して、2050 年に至る長期のエネルギー需給変化と CO<sub>2</sub> 削減の効果を評価した。

なお、このシナリオの想定に際しては、前節で評価した次世代自動車の経済性およびその他技術的・政策的な導入条件が整っていることを前提とした。

##### 4.1 HEV, PHEV, BEV 導入シナリオ

HEV, PHEV, BEV の長期の市場導入の想定は次の通り。

##### 対象車種・台数

2006 年の統計を参考に、下記の台数・使用年数で継続すると仮定した。

乗用自家用登録車:	4,202 万台
乗用自家用軽自動車:	1,496 万台
乗用自家用車合計:	5,698 万台
平均使用年数:	11 年

##### 導入シナリオ

乗用車の保有台数に占める HEV, PHEV, BEV などの次世代自動車の割合が「ロジスティック曲線」に従って増加すると仮定した。ロジスティック曲線は、人口増加、エネルギーシステム変遷、新製品普及などの予測に使用されるモデルで、上限値に向かって S 字型に増加する曲線である。これらの車のシェア増加の定量化に際しては、HEV や PHEV の市場導入に関する

AllianceBernstein<sup>(4)</sup>, Brookings Institution<sup>(5)</sup>などの予測を参考にして、今後 20 年で半数の車が次世代自動車になるという想定をした。具体的には、

登録車:

- ICEV に替わって導入される HEV+PHEV の保有割合がロジスティック曲線に従って増加する。
- HEV と PHEV の導入割合は、2010 年までは HEV のみ、2011 年から PHEV の導入が開始される。
- HEV+PHEV の販売台数に占める PHEV の割合は、毎年 4% 増加する。その分 HEV の割合が減少していく。(2035 年以降は、HEV の導入はなく、全部 PHEV になる)

軽自動車:

- ICEV に替わって導入される PHEV+BEV の保有割合がロジスティック曲線に従って増加する。
- PHEV と BEV の導入は、2010 年頃から実質的に始まるが、ロジスティック曲線の性質上、それ以前にも少数の導入が計上される。
- PHEV:BEV の導入比率は、3:1とする。軽自動車では HEV の導入はない。

このシナリオによる 2000 年から 2050 年に至る登録車・軽自動車合計の ICEV, HEV, PHEV, BEV 各車種の保有台数変化を Fig.2 に示す。

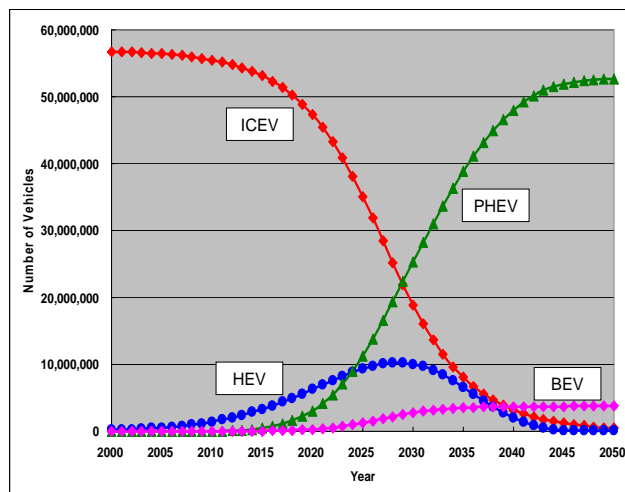


Fig.2 Transition from ICEV to HEV, PHEV and BEV  
Sum of Registered and Light Vehicles

この導入シナリオの主要マイルストーンについて、米国の AllianceBernstein による予測との比較を Table 4 に示す。AllianceBernstein の予測は HEV と PHEV を合わせたハイブリッド車の世界規模の導入についてであり、本ユニバーサルエネルギー研究所のシナリオは日本における HEV, PHEV, BEV を合わせた次世代自動車の導入についてである。2030 年頃の時点



このファイルは自動車技術会の転載許諾条件により印刷不可の設定にしております。コピーを必要な方は mhori@mx.mesh.ne.jp までご連絡ください。

で見ると、両者とも、次世代自動車の保有台数シェアは約 70%、販売シェアは約 85%となっている。なお、経済産業省・総合資源調査会の「長期エネルギー需給見通し」<sup>(6)</sup>の最大導入ケースでは、2030 年に次世代自動車は保有台数で約 40%、販売台数で約 70%のシェアになると想定している。

Table 4 Key Milestones Ahead for Next Generation Vehicles  
By AllianceBernstein and UERI

AllianceBernstein's Roadmap To Global Adoption Of Hybrids	Key Milestones Ahead on Next Generation Vehicles (NGV)	Universal Energy Research Institute's Scenario for HEV/PHEV/BEV Adoption in Japan
2009~2011	PHEV/BEV commercialized	2010~2011
2010	NGV takes 11 % share of new sales	2013
2015	NGV takes 50 % share of new car sales	2022
2030	NGV takes 85 % share of new car sales	2029
2030	NGV takes 72 % share of vehicle fleet	2031

#### 4.2 シナリオ評価の結果

前節で述べた自家用乗用車を次世代自動車化していくシナリオによる、2005 年から 2050 年に至る長期のエネルギー需要と CO<sub>2</sub> 削減の評価結果を Fig.3 と Table 5 に示す。

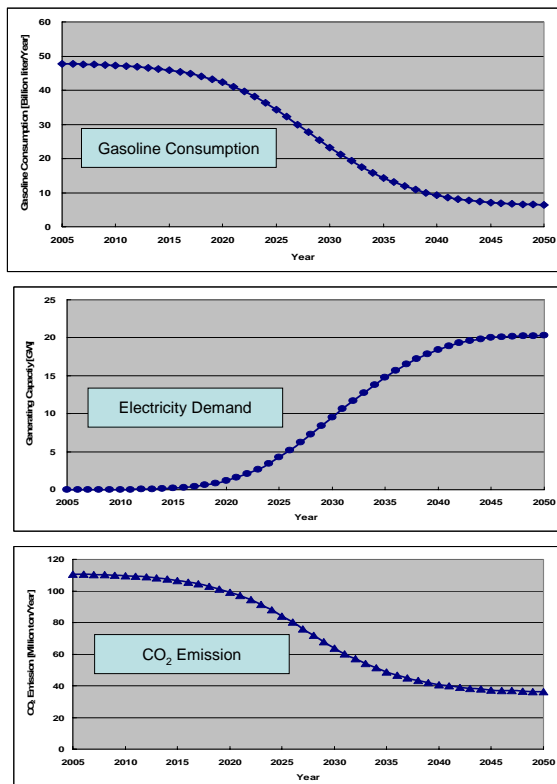


Fig. 3 Trend of Gasoline Consumption, Electricity Demand and CO<sub>2</sub> Emission in the UERI Scenario

「新・国家エネルギー戦略」における重要な目標年度である 2030 年には、乗用車の保有台数の 67%を HEV, PHEV, BEV などの次世代自動車に替えることによって、次のようにエネルギー利用の効率化、脱石油、CO<sub>2</sub> 削減の効果が期待される。

- ガソリン消費量は 2005 年の 49%に低減する。
- 電力需要は夜間 8 時間充電の場合の容量で 9.5GW (100 万 kW 発電所 10 基分) 程度になる。
- 一次エネルギー消費量は 2005 年の 62%に節減され、エネルギー利用効率は一次エネルギーベースで 2005 年から 38 ポイント改善される。
- 一次エネルギー消費量のうち、乗用車ガソリン用石油は 78%、乗用車電力用発電は 22%となり、乗用車一次エネルギー消費に占める石油の割合は 2005 年の 100%から 81%(石油火力発電を現在の 10%と同じと仮定)に低下する。
- CO<sub>2</sub> 排出量は、2005 年の 58%に削減(発電の際の排出分を考慮)される。

Table 5 Trend of Key Indicators on Energy and Environment  
In the UERI Scenario

Key Indicators		2005	2010	2020	2030	2040	2050
Number of Vehicles	Total Sum [x10 <sup>6</sup> ]	5,698	5,698	5,698	5,698	5,698	5,698
	ICEV [x10 <sup>6</sup> ]	5,642	5,550	4,732	1,886	320	46
	HEV [x10 <sup>6</sup> ]	56	145	629	1,006	207	7
	PHEV [x10 <sup>6</sup> ]	0	3	309	2,529	4,801	5,271
	BEV [x10 <sup>6</sup> ]	0	1	29	279	370	374
(HEV+PHEV+BEV)(Total Sum) [%]		1.0	2.6	17.0	66.9	94.4	99.2
Gasoline Consumption	Rate [10 <sup>6</sup> Liter/Year]	47.7	47.2	42.3	23.3	9.2	6.4
	Relative to 2005 [%]	100	98.5	88.7	48.8	19.4	13.5
Electricity for Charge	Demand [10 <sup>6</sup> KWh]	0	0.27	34.3	279	538	593
	Capacity [GW]	0	0	1.2	9.5	18.4	20.3
Improvement of Efficiency	Based on Primary Energy [%]	0	1.0	9.8	37.8	54.7	58.0
Ratio of Oil in Consumption	Based on Primary Energy [%]	100	100	98.4	81.1	49.5	40.1
CO <sub>2</sub> Emission	Rate [10 <sup>6</sup> Ton/Year]	110.7	109.6	99.3	64.0	40.8	36.3
	Relative to 2005 [%]	100	99.0	89.7	57.8	36.9	32.8

なお、運輸部門の石油依存度については、「長期エネルギー需給見通し」<sup>(6)</sup>において、「次世代自動車を導入されなかった場合のエネルギー消費量に対する石油系燃料消費量の割合」との定義が示されており、この定義による 2030 年の石油依存度は、Table 5 のガソリン消費量から従来自動車の 25 年間 25%燃費改善見込みを考慮しても、65%と算出される。

以上から、乗用車部門へ次世代自動車導入の本シナリオによって、「新・国家エネルギー戦略」に示されている目標値の「エネルギー消費効率改善 30%および石油依存度 80%程度」を裕度を持って達成可能と評価される。

ちなみに、約 5700 万台の乗用車全部を充電電力による電動推進車(BEV)にすると、必要電力量は年 840 億 kWh、設備容量は夜間 8 時間充電(電動推進車が増加した場合は負荷

平坦化のため電力系統と連携した充電制御を想定)として 29GW となる。この需要は現在の昼夜の電力需要の差より小さく、夜間停止の火力発電を運転することで賄えるので容量的には新たな設備を必要としない。しかし、エネルギー自給・地球環境保全の観点から、自動車の電動推進化に伴って電源構成を化石燃料から原子力/再生可能電力にシフトしていくことが望まれる。

## 5. 結語

運輸部門のエネルギー消費効率改善と石油依存度の低減のために、乗用車市場に、ICEV に代わって、HEV, PHEV, BEV などの次世代自動車を導入する場合の、これらの車のエネルギー・環境特性、経済性、エネルギー需給変化、CO<sub>2</sub> 削減などの効果を評価した。その結果は、次の通り。

1. 自動車のパワートレインがハイブリッド化・電動化することによるエネルギー節減、脱石油、CO<sub>2</sub> 削減の効果は大きい。
2. 電池価格が kWh あたり 2 万円～3 万円以下になると、ユーザーの 10 年保有費用で PHEV, BEV が ICEV, HEV と競合可能あるいは有利になる。
3. 今後 20 年で 50% の乗用車を次世代化するロジスティック曲線によるシナリオを想定すると、エネルギー需給構造の変化と CO<sub>2</sub> 削減の効果が 2020 年代以降顕著になる。
4. このシナリオでは、「新・国家エネルギー戦略」に示されている目標値の「エネルギー消費効率改善 30% および石油依存度 80% 程度」を達成することができる。

[付録] 走行パターンデータから最適電池容量の推定の実例  
実際の自動車ユーザーの走行記録を分析して、PHEV 搭載の電池容量・EV 走行割合の関係を推定した実例を示す。

- (1) 記録されたデータは、地方都市在住の登録車ユーザーの 457 日間 28,231km 走行の毎日の走行距離で、年走行距離 24,890km、実働日 414 日、実働率 91%、実働日の平均走行距離は 68km (これは全国平均 41km よりも大きい)、など。
- (2) 主な用途が往復約 30km の通勤なので、30km～70km 走行の日が多いが、一方、100～199km 走行 21 日、200～299km 走行 25 日、483km 走行 1 日、675km 走行 1 日と長距離走行もある。これらのデータは、1 日の走行距離に対する頻度分布 (Fig.A1) の走行パターンに整理できる。
- (3) 走行パターンが定量的に判ると、参考文献(2)記載の方法により、電池容量・EV 走行割合の関係を導くことができる。(Fig.A2)
- (4) このユーザーの場合は、EV 走行距離 51km～58km (電力走行割合 0.6～0.7) 程度の容量の電池を搭載するのが経済的と推察される。正確には、3 節記載の方法により電池価格などに具体的な数値を入れれば、最適電池容量を推定できる。

(5) 既存の自動車に走行記録(毎日の走行距離)を自動記録する装置を付ければ、ユーザーが将来 PHEV や BEV を購入する時に上記のような最適電池容量を推定できる。さらに、車両購入に際して電池容量を選択できれば、ユーザー保有費用と資源の節減に繋がる。

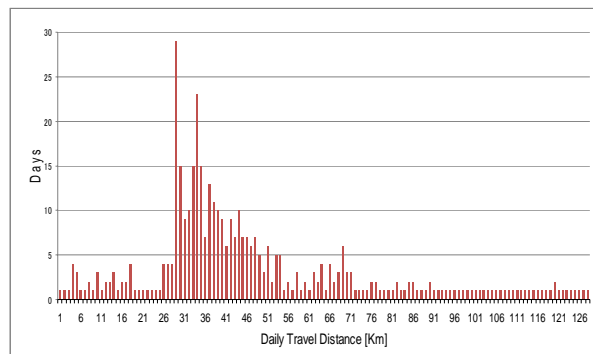


Fig.A1 Drive Pattern as Recorded by a User

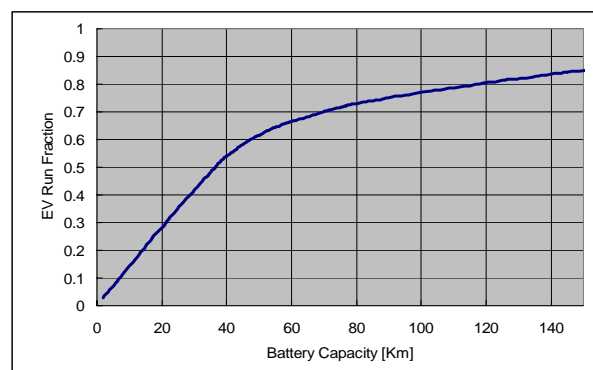


Fig.A2 EV Run Fraction vs. Battery Capacity for the User

## 参考文献

- (1) 国土交通省総合政策局情報管理部:「自動車輸送統計報告書」, 2004年2月分, 6月分, 10月分 (2005)  
<http://toukei.mlit.go.jp/>
- (2) 堀 雅夫:「プラグインハイブリッド車導入の環境・エネルギーへの効果」, 自動車技術会論文集, Vol.38, No.2, March 2007
- (3) 新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会:「次世代自動車電池の将来に向けた提言」, 経済産業省 (2006年8月)  
<http://www.meti.go.jp/press/20060828001/20060828001.html>
- (4) AllianceBernstein: "The Emergence of Hybrid Vehicles -- Ending Oil's Stranglehold on Transportation and the Economy" (June, 2006)  
<http://www.alliancebernstein.com/portal/home.aspx>
- (5) The Brookings Institution: "Ending Oil Dependence" by David Sandalow (January, 2007) <http://www.brookings.edu/>
- (6) 総合資源調査会・需給部会:「長期エネルギー需給見通し」, 経済産業省 (2008年5月)  
<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/>