

# 省エネEVの試作

西側通雄・清水啓司・横井隆治・佐藤幹夫・高 行男

## 1 はじめに

昨今、化石燃料の枯渇や排気による大気汚染、地球温暖化等地球環境への悪影響が問題視されている。解決策として、太陽光、アルコール等代替エネルギーの研究やEV、ソーラーカー等排気を出さない自動車、筒内噴射エンジンのような排気中の有害成分が少ない省エネの自動車の研究・開発が進められている。研究・開発の対象の一つであるEVは、石油を燃料とする自動車とほぼ同時期に実用化されたが、バッテリーの寿命が短い、重量が大きい、据付容積が大きい、充電設備が必要、充電時間が長い、走行距離が短い等の理由で顕著な発展を見ないまま今日に至っている。しかし、寿命が長く軽量でエネルギー密度の高いバッテリーの開発も進み、EVの性能も向上してきた。一方、モーターとエンジンを組合わせたハイブリッドカーも実用化されるまでに至った。

このような状況の中、1995年から『性能の同一なバッテリーでどれだけ長い距離を走れるか』をテーマにした省エネEVレースが各地で開催されている。主な大会は、ワールドエコノムープ（秋田）、エコデンレース（大阪）、E.V.Ecorun in SUGO（宮城）等である。

筆者らは、省エネEVの試作を通じてエネルギー問題への関心を高めると共に、新技術に対応できるエンジニアを育成する事を念頭に、1995年より省エネEVの試作に取り組んできた。本稿では、ワールドエコノムープ及びエコデンレースに参加するために試作した省エネEVと大会の概要を報告する。なお、省エネEVの名称は、これまで筆者らが試作してきた省エネカー<sup>1)~3)</sup>とエネルギー源は異なるが燃費を競う点でEVとは共通するので、使用した。

## 2 試作車の概要

各大会に参加するための車両は大会主催者から示される車両規定に基づいて試作しなければならない。そのため、車両規定の範囲内で少しでも長い距離を走らせる車両を試作するには、できる限り小型・軽量で空気抵抗の少ない形状にし、走行抵抗の小さい車両に仕上げるのが不可欠である。また、支給されたバッテリーの持つエネルギーを規定時間内に効率良く消費できるモーターを選ぶのも重要である。以下にワールドエコノムープ及びエコデンレースの車両規定と試作車の概要を述べる。

## 2. 1 車両規定

表1にエコデンレース及びワールドエコノムープの車両規定を示す。両大会の車両規定の違いは、ブレーキ系統の数、無線機使用の可否、バッテリーの支給数であり、試作車に僅かな改良を施すだけで各大会に参加できる。ブレーキ系統の数は、エコデンレースでは2系統必要であるが、ワールドエコノムープは1系統で良い。ドライバとパドックとの連絡手段としての無線器の使用はエコデンレースでは許されるが、ワールドエコノムープでは許されない。バッテリーの支給数はエコデンレースでは2個であるが、ワールドエコノムープでは4個である。それ以外はほぼ共通しているので、これまで試作してきた省エネカーのエンジンをモーターに乗せ変えた状態で対処できる。

## 2. 2 試作車の概要

表2に試作車の諸元を、また、図1～図4にそれらの外観を示す。1号車は筆者らが初めて試作した車両である。レースでは比較的低速度で走行することを想定し、空気抵抗軽減より車両の軽量化に重点をおいた。モーターはEVレース用のものを流用した。

表1 車両規定

大会名		エコデンレース	ワールドエコノムープ	
シャシ・ボディ	車両寸法	全長	3.0m以内	←
		全幅	1.2m以内	←
		全高	1.6m以内	←
	車輪数	3輪又は4輪	制限なし	
	ブレーキ系統数	8%勾配上で停止	←	
	ブレーキ系統数	2	1	
モーター		制限なし	←	
バッテリー		主催者が提供	←	
電装品	エネルギー源	支給バッテリー以外搭載不可	←	
	スピードメーター	搭載可	←	
	無線機	使用可	使用不可	
	回生ブレーキ	使用可	←	
ドライバその他	ヘルメット	着用	← (JIS規格)	
	グローブ	着用	制限なし	
	使用電圧	自由 (30V以上での使用は高圧警告を表示)	←	
	脱出	自力で脱出できること	←	
	警笛	ベル又はクラクションを装置	←	
	視界の確保	安全な走行を確保する視界	←	
	バックミラー	装着 (1個以上)	←	
	保護カバー	高速回転体部分に装着	←	
	体重	制限なし	*70kg	

\*体重はウェイトにて70kgに調整

表2 試作車諸元

試作車名		1号車	2号車	3号車(改)	4号車	
車両寸法 及重量	全長(mm)	1505	1980	2455	2000	
	全幅(mm)	580	880	960	880	
	全高(mm)	470	665	685	610	
	ホイールベース(mm)	835	1000	1320	970	
	トレッド(mm)	500	800	860	800	
	車輪数	前輪	2	2	2	2
		後輪	2	1	1	1
	車両重量(kg)	8	14.5	18	15	
最低地上高(mm)	135	30	30(40)	30		
車体構造	フレーム	構造	バックボーン	スペース	←	←
		材質	アルミ合金	←	←	←
	ボディ材質	←	FRP	←	←	
	ホイール	サイズ	20インチ	←	←	←
		材質	アルミ合金	←	←	←
	タイヤ	サイズ	20インチ	←	←	←
		メーカー	ナショナル	←	ソーヨー(ミシュラン)	ミシュラン
		タイプ	チューブラ	←	チューブラ(チューブ)	チューブ
	サスペンション	無	←	←	←	
	ブレーキ	自転車用キャリパー	←	←	←	
	回生ブレーキ	無	←	←	←	
ステアリング	センタピボット	アッカーマン・ジャント	←	←		
駆動装置	チェーン&スプロケット	←	←	←		
モーター	タイプ	DC	←	←	←	
	メーカー	特殊電装	マクソン	←	←	
	数量	1	←	←	←	
	型式番号	TD3138-240	*883	*885(*883)	*883	
	定格出力(W)	275	80	←	←	
	最高出力(W)	1000	149	95(145)	149	
	重量(kg)	7	1.3	←	←	

\*モーター型式番号(2260.XXX-51.216-200)のXXXに該当する番号

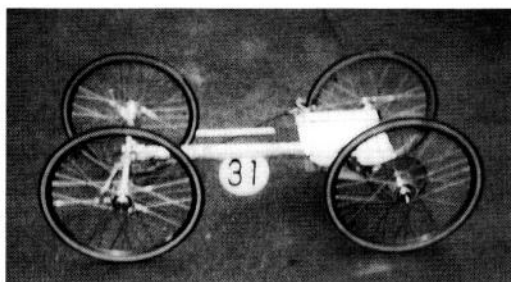


図1 1号車

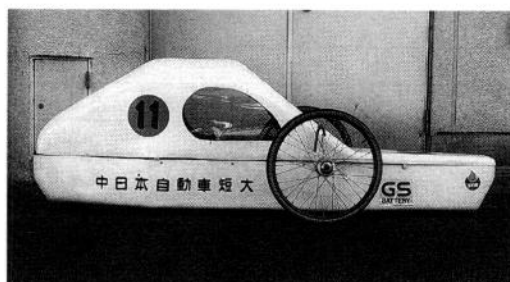


図2 2号車

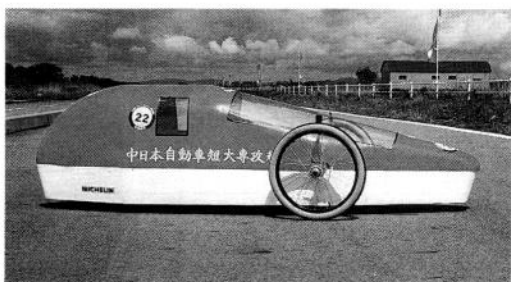


図3 3号車

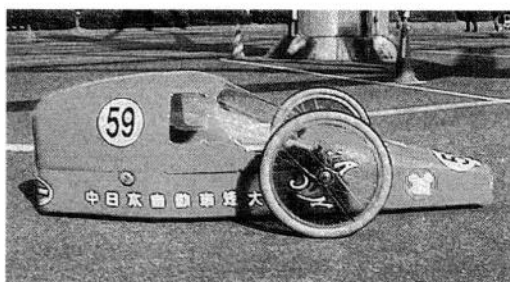


図4 4号車

表3 バッテリー仕様

大会名	エコデンレース	ワールドエコノムーブ
メーカー	日本電池 (GS)	古河電池 (FB)
型式番号	DT4L-BS	FT4L-BS
定格電圧 (V)	12	12
容量 (Ah/10HR)	3.2	3
全長 (mm)	113	114
全幅 (mm)	70	71
全高 (mm)	85.5	86
重量 (kg)	1.5	1.6
支給数	2	4

2～4号車は1号車で得られた経験から、空気抵抗軽減も考慮に入れてカウリングを装着した。また、モーターは、表3に示すバッテリーの仕様と大会での走行条件（バッテリー温度、通電時間）を考慮に入れ選択した。バッテリーの仕様に示された容量は、25℃、10時間率での表示であり、バッテリー温度や通電時間により増減する。そこで、バッテリーはケースに収め、回りに脱脂綿をはさんで、それに湯を湿らせ保温した。通電時間は大会により決められている。エコデンレースでは1時間、ワールドエコノムーブでは2時間である。この状態で取出せる容量をバッテリー温度と容量の関係（図5）及び通電時間と容量の関係（図6）から求め、この値から接続方法を加味し通電電流を算出した。エコデンレースでバッテリーから取出せる最大の容量は、バッテリー温度40℃、通電時間1時間から、 $3.2\text{Ah} \times 107\% \times 70\% = 2.3968\text{Ah}$ となる。また、ワールドエコノムーブでは、バッテリー温度40℃、通電時間2時間から、 $3\text{Ah} \times 107\% \times 80\% = 2.568\text{Ah}$ となる。

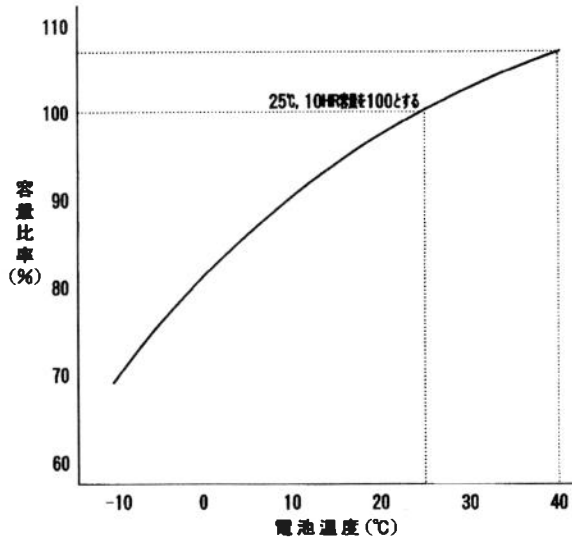


図5 温度変化と容量比率

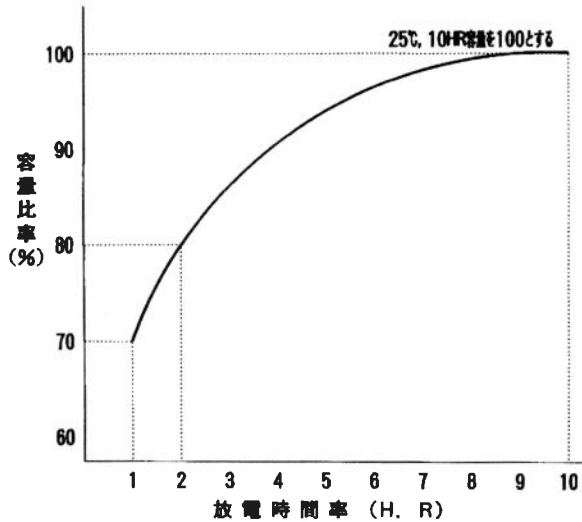


図6 放電時間率と容量比率

通電電流は、バッテリーの接続方法をエコデンレースでは2直列（端子電圧24V）としたので約2.4A，ワールドエコムーブでは2直列・2並列としたので約2.6Aとなる。この値を基に端子電圧24V，通電電流2.5A付近で効率が高いモーターを選定した。そのモーターの仕様を表4に示す。

表4 モーター仕様

型 式 番 号		2260.885-51.216-200	2260.883-51.216-200
定 格 出 力	W	8 0	8 0
公 称 電 圧	V	2 4	2 4
無 負 荷 回 転 数	rpm	2 2 3 0	2 8 5 0
停 動 ト ル ク	mNm	1 6 7 0	2 0 6 0
回 転 数 / ト ル ク 勾 配	rpm/mNm	1.3 7	1.4 2
無 負 荷 電 流	mA	1 6 8	2 2 6
起 動 電 流	A	1 6.7	2 6.3
端 子 間 抵 抗	$\Omega$	1.4 4	0.9 1 1
最 大 許 容 回 転 数	rpm	4 0 0 0	4 0 0 0
最 大 連 続 電 流	A	3.2 1	3.9 5
最 大 連 続 ト ル ク	mNm	3 2 1	3 0 9
公 称 電 圧 時 最 大 出 力	W	9 4.8	1 4 9
最 大 効 率	%	7 8.9	8 0.0
ト ル ク 定 数	mNm/A	1 0 0	7 8.3
回 転 数 定 数	rpm/V	9 5.3	1 2 2
機 械 的 時 定 数	ms	1 8.5	1 8.7
ロータ慣性モーメント	gcm <sup>2</sup>	1 2 9 0	1 2 5 0
端子間インダクタンス	mH	0.5 6	0.3 4
熱抵抗 (ハウジング/周囲間)	k/W	3.4 0	3.4 0
熱抵抗 (ロータ/ハウジング間)	k/W	1.1 0	1.1 0

### 3 大会の概要

筆者等がこれまでに参加してきたエコデンレース4大会(1995年大会~1998年大会)とワールドエコノムープ2大会(1997年大会, 1998年大会)の概要を以下に述べる。

#### 3.1 エコデンレース

1995年11月23日, '95 エコデンレース(第1回大会)が万博記念公園(大阪府吹田市)【お祭り広場】特設コースで開催された。以後, 毎年, 同時期に開かれ, 今年で4回目となる。主催は全国自動車教育研究

表5 成績(エコデンレース)

大会名 (周長, 参加台数)	車名	周回数	完走距離 (km)	順位	
				総合	クラス
'95大会(第1回) (308m, 33台)	優勝車	5 7	17.556	—	—
	1号車	2 0	6.160	2 2	3
'96大会(第2回) (309m, 44台)	優勝車	6 3	19.486	—	—
	2号車	4 9	15.181	1 1	4
'97大会(第3回) (390m, 64台)	優勝車	5 4	21.074	—	—
	2号車	3 4	13.264	2 1	6
	3号車	4 0	15.608	1 6	4
'98大会(第4回) (75台)	車名	周回数	所要時間	総合	クラス
	優勝車	6 2	60'39"	—	—
	3号車	5 1	60'37"	1 0	2
	4号車	5 1	61'30"	1 2	4

会で、運営は主に同研究会・近畿地区のメンバーが行っている。4回の開催場所は同じであるが、コースは異なる。参加チームの顔ぶれは工業高校チームが主で、一般は数チームである。参加台数は1995年大会：33台、1996年大会：44台、1997年大会：64台、1998年大会：76台と年々増えている。コースは1周300m～400mで、1997年大会の1.4%勾配の登りを含むコースが設定をされた以外は、平坦なコースであった。競技方法は、スタート前に支給されるバッテリーを有効に使い、1時間で走行する距離（1998年大会は周回数）を競うものである。表4にエコデンレースの成績を示す。成績は1995年大会：総走行距離6.160km、総合22位（クラス3位）、1996年大会：総走行距離15.181km、総合11位（クラス4位）、1997年大会：総走行距離15.608km、総合16位（クラス4位）と総走行距離13.264km、総合26位（クラス6位）、1998年大会：総周回数51周（60分37秒）、総合10位（クラス2位）と総周回数51周（61分30秒）、総合12位（クラス4位）であった。

### 3.2 ワールドエコノムーブ

1995年5月、1995ワールドエコノムーブ（第1回大会）が、毎年ワールドソーラーカーラリーインアキタ<sup>4)~6)</sup>が開催されている大潟村ソーラースポーツライン（秋田県大潟村）の一部区間（1周6km）を使用して開

表6 成績（ワールドエコノムーブ）

催された。以後、毎年、同時期に開かれ、今年で4回目となる。主催はワールドエコノムーブ組織委員会、エナジープロモーションクラブ等で、運営はワールド

大会名 (周長, 参加台数)	車名	周回数	完走距離 (km)	1EW単位 (km)	順位	
					総合	クラス
'97大会 (第3回) (6 km, 73台)	優勝車	11	69.967	4.539	—	—
	3号車	6	37.456	2.333	35	25
'98大会 (第4回) (6 km, 80台)	優勝車	11	69.593	4.336	—	—
	3号車	7	43.680	2.721	30	19

エコノムーブ実行委員会が行っている。参加チームの顔ぶれはエコデンレースと異なり、大学チーム、企業チームを含む一般のチームが多くみられた。参加台数は1997年大会：73台、1998年大会：80台であった。競技方法は、前日支給されるバッテリーを使い、2時間で走行する距離を競うものである。エコデンレースと違う点は、前日支給されるバッテリーで予選（練習走行）を行い、予選終了後充電し、そのバッテリーを決勝に使用する点である。したがって、決勝までにいかに十分な充電ができるかも勝敗に影響する。表5に筆者らが参加した1997年、1998年大会の成績を示す。成績は1997年大会：総走行距離37.456km、総合35位（クラス25位）、1998年大会：総走行距離43.680km、総合30位（クラス19位）であった。ワールドエコノムーブでは、ガソリンエンジンを搭載した省エネカーレースとの燃費を比較するための単位（1EW：8972Wh＝ガソリン1リットルのもつエネルギー量）も用いられている。支給されるバッテリーの持つエネルギーは3Ah×12V×4個＝144Wh（ガソリン16cc相当）で、これをガソリン1リットル当たりの走行距離に換算した値が表6に示している。

#### 4 おわりに

エコデンレース、ワールドエコノムーブの両大会とも参加回数を重ねる度に成績、記録とも向上している。しかし、トップクラスの性能とは隔たりがあり今後の課題も多い。特に、モーターのトルクと駆動力（走行抵抗）からスプロケットの選定に当たり、最適な総減速比を求める必要がある。今後、実験を行い、最適な総減速比を求めていきたいと考えている。また、コンデンサを用いたエネルギー回生装置やフライホイールの利用方法、コントローラの活用などを検討する必要があると痛感している。

終りに、車両試作にあたり協力頂いた遠山寿氏に謝意を表す。また、車両試作及び大会参加に際し協力頂いた専攻科生（佐野朗君、大石勇介君、大岩聡君、竹内貴之君、脇阪誠君、谷口さきえ君、杉原申也君、富岡真琴君）並びに本科生（井谷量敬君、上嶋美智子君、高橋美穂君、野川誠君、山川亜紀君、鏡味隆志君、宮崎美喜夫君、土屋寛君、寺町将成君、沖元勝哉君、野田和章君、橋本章宏君）に感謝する。

#### 参 考 文 献

- 1) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 木下勝晴, 阿知波重春, 鹿子嶋正人, 桜山一倉, “省エネカー製作とレースへの参加” 自動車整備技術に関する研究報告誌, 第16号 (1987) p. 73-80.
- 2) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 佐藤幹夫, 高橋正則, “省エネカーの試作 (第2報)” 自動車整備技術に関する研究報告誌, 第20号 (1991) p. 4-10.
- 3) 西側通雄, 清水啓司, 佐藤幹夫, 横井隆治, 高橋正則, “省エネカーの改良過程” 中日本自動車短期大学論叢, 第22号 (1992) p. 33-38.
- 4) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 佐藤幹夫, 高橋正則, 高行男, “ソーラーカーの試作 (第2報, W.S.R. Japan in Ogata)” 中日本自動車短期大学論叢, 第24号 (1994) p. 73-78.
- 5) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 佐藤幹夫, 高行男, “ソーラーカーの試作” 自動車整備技術に関する研究報告誌, 第24号 (1995) p. 14-18.
- 6) 西側通雄, 清水啓司, 横井隆治, 佐藤幹夫, 高行男, “ソーラーカーの試作 (第3報, W.S.R. in Akita, S.R. in Noto)” 中日本自動車短期大学論叢, 第27号 (1997) p. 31-37.