

アイドリングストップ車用鉛蓄電池の シミュレーションパターン試験 による評価

Evaluation of Lead-acid Battery for Idling Stop Vehicles by Simulated Test Patterns

桐 林 基 司* 代 谷 直 史* 和 根 崎 誠**
沢 井 研* 大 前 孝 夫* 大 角 重 治***

Motoshi Kiribayashi Tadashi Shiroya Makoto Wanezaki
Ken Sawai Takao Ohmae Shigeharu Ohsumi

Abstract

The newly simulated test patterns for the evaluation of lead acid battery of idling stop vehicle, have been established in order to accelerate the development for battery to meet the required durability performance for the practical application. The simulated test patterns were obtained by the statistical analysis on the data of the practical driving test using an idling stop vehicle in the various type of roads in Kyoto prefecture. The test results on life performance cycle with the new simulated patterns in the bench test were turned out to be fitted to those of the battery used in the practical field test of vehicle. This test results on both the existing hybrid type and maintenance type batteries have been successfully demonstrating up to 3.8 year-driving period with the appearance of the performance of no voltage decrease at high rate discharge and 30 to 40 percent capacity loss at 0.5 C rate discharge .

1 緒言

近年、自動車による排気ガス削減と車両の燃費改善のためにアイドリングストップの必要性が高まってきた。これまでに、宅配トラックやバスを対象にして駐・停車時に、エンジンを停止するという取り組みがおこなわれてきた。最近では、自家用乗用車の信号

待ちや渋滞時の短時間停車時にも実施しようとする動きがみられている¹⁾。アイドリングストップ車では、エンジン停止中の電力は電池から供給されるため、従来の車両に比べて放電頻度や時間が増えることになり、電池にとって過酷な使用環境となることから、従来の始動用途の場合に比較して短寿命になるものと考えられるが、このような環境下における電池評価方法は確立されていない。そこで、本報告は、アイドリングストップ車の実際の走行試験結果から、実際の使用環境下に適合した試験評価シミュレーションパターンを作成し、そのパターンに基づいて電池評価を実施

* 技術開発センター電池開発部

** 自動車電池生産カンパニー自動車電池工場

*** 技術開発センター

した結果について述べる。

2 実験

2.1 実車走行時の充放電挙動の調査

京都市内の日本電池本社から宇治市街までのモニター通勤路をアイドリングストップしながら走行して、その頻度や電池の充放電挙動を調査解析した。計測に用いた車両や電池、計測器の一覧を表1に示す。

2.2 シミュレーションパターンの作成

2.1項で得られたアイドリングストップ頻度と電池の充放電挙動の調査結果を解析して、車両の実際の走行状況を模擬した数種類の電池充放電パターンを作成した。また、通勤路全体に、この分類を当てはめることにより、1走行分を模擬したパターンを作成した。さらに、車両の1日あたりの使用状況を基にして、1日走行分のパターンも作成した。

2.3 充放電電気量バランスの検討

種々のシミュレーションパターンにおけるアイドリングストップ中の放電電流や最大充電電圧が変化した場合に、充放電電気量のバランスがどのようになるの

かを検討するために、表2に記載した条件で40サイクルの充放電をおこなった。このサイクル数は、2ヶ月間の通勤に使用した場合を想定したものである。

2.4 寿命試験

試験電池としては、ハイブリッド電池(HB-battery:正極Pb-Sb系鑄造格子、負極Pb-Ca系エキスパンド格子)およびメンテナンスフリー電池(MF-battery:正・負極ともPb-Ca系エキスパンド格子)をそれぞれ2個、用意した。これらの電池を表2記載のシミュレーションパターンCase1でサイクル寿命試験を実施した。その電池の試験条件の詳細を表3に示す。また、電池劣化の経時変化を調べるために、その1個は寿命試験途中で解体調査した。なお、実車走行を模擬する観点から、寿命判定条件は、寿命試験中の100A放電時の1秒目電圧が9V以下になったときとした。

2.5 実車耐久試験

アイドリングストップ車でモニター通勤路を走行し、電池の実車寿命試験をおこなった。なお、運転中におけるプロアファンやライト等の車両電装負荷の使用制限はおこなわなかった。

表1 アイドリングストップ実車走行中における鉛蓄電池の充放電挙動調査試験条件

Table1 Test conditions for the investigation of charge/discharge characteristics of lead-acid battery during commuting drive with idling stop.

Items	Contents
Test car	1300 cc CVT car (1990 model)
Battery	55B24L type MF battery* (Rated capacity: 36 Ah)
Route	Kyoto city - Uji city with 15 km/one way
Measuring equipments	HIOKI 8420 MEMORY HiLOGGER Digital clamp meter
Sampling interval	0.5 sec.

* Positive and negative grids: Expanded Pb - Ca alloy

表2 定格容量が27Ahの34B19L形MF鉛蓄電池の40℃浴槽におけるシミュレーションパターンモードによる充放電バランス調査試験条件

Table2 Test conditions for the measurement of charge/discharge balance of 34B19L type MF lead - acid battery with rated capacity of 27 Ah by simulated pattern mode at 0 °C in water bath.

Cases	Discharge current (Electrical load assumed)	Maximum charge voltage
Case 1	12 A (Blower fan)	14.4 V (2.40 V/cell)
Case 2	22 A (Blower fan + Head light)	14.4 V (2.40 V/cell)
Case 3	12 A (Blower fan)	13.4 V (2.23 V/cell)
Case 4	22 A (Blower fan + Head light)	13.4 V (2.23 V/cell)

表3 シミュレーションパターン case 1 による鉛蓄電池の寿命試験条件

Table 3 Life test conditions by the simulated pattern with case 1 for lead-acid batteries

Items	Contents
Test battery	34B19L type MF battery* (Rated capacity: 27 Ah) 34B19L type HB battery** (Rated capacity: 27 Ah)
Test condition	40 °C (Water bath)
Discharge current***	12 A
Life	Below 9 V at 100 A × 1sec discharge

* Positive and negative grids: Pb-Ca expanded alloy

** Positive grid: Pb-Sb cast alloy, negative grid: Pb-Ca expanded alloy

*** Assumed electrical load during idling stop

表4 通勤走行時全体におけるアイドリングストップ頻度と鉛蓄電池の平均放電電流

Table 4 Frequency and duration time of idling stop and its average discharge current of lead-acid battery during the full driving course.

Items		From office	To office	Total
Average discharge current	/A	29	16	45
Number of idling stop	/times	22	16	38
Accumulated duration time	/min.	13.7	21.5	45.2
Distance and duration time	/km	1.5	1.0	2.5
for idling stop	/min.	0.33	0.2	0.55
	/%	20.5	2.95	50.0

3 結果と考察

3.1 実車走行時の充放電挙動

走行中の電池の充放電電流、電圧およびアイドリングストップ率の推移の一例を図1に示す。アイドリングストップ率とは、走行5分間に占める時間の割合であり、走行状況を知る手がかりを得るためのものである。今回の試験では、最大60%以上となる区間があった。

走行全体のアイドリングストップの頻度およびその平均放電電流を解析した結果を表4に示す。アイドリングストップ中の放電電流は帰宅時が29 Aと、出勤時よりも13 Aも大きかった。これは、帰宅時には出勤時のプロアファンに加えヘッドライトを点灯して走行したためである。その頻度は、出勤時および帰宅時共に1~1.5 km 走行当り1回であり、運転時間に対する割合は、20~30%であった。

つぎに、通勤走行中の充放電データから、その充放パターンを3種類のモードに分類して、アイドリングストップの頻度および道路環境とともにまとめて表5

に示す。また、モードの種類別に充放電電流の代表的な波形を図2~図4に示す。走行 Mode 1 (図2)は、渋滞のない道路を一定の速度で走行できる状態のもので、この場合の電池は充電側で推移するが、微小な電流の充放電が繰り返されることがわかる。走行 Mode 2 (図3)は、交通量がやや多い繁華街やせまい路地における比較的低速で走行する状態のもので、停車回数は少ない状態のものである。この場合、ごく短時間のアイドリングストップがおこなわれたあとは、しばらくは充電される状態を維持するが、時間経過とともに Mode 1 の場合と同様に微小な電流の充放電が繰り返されることがわかる。走行 Mode 3 (図4)は、道路が非常に渋滞した繁華街や観光地、大形店舗の周辺における、長時間の停車と短時間の走行を繰り返す状態のものである。この場合、長時間の定電流放電と短時間の定電圧充電が繰り返されることがわかる。このモードで、車両の消費電流が大きく、アイドリングストップ時間が長くなると、電池の充電状態が低下するものと考えられる。

3.2 シミュレーションパターンの作成

3.1項で述べた3種類のモードを模擬した電池の充放電パターンを図5、図6および図7に、それぞれ示す。また、通勤路に、この3つのパターンを当てはめて、充放電シミュレーションパターンを作成した。その通勤片道走行における場合のものを図8に示す。つぎに、ベンチ試験に適用する1日分のパターンを作成するた

めに、車両を通勤に使用したときの運転と駐車的时间配分を調べた結果、運転1h(出勤)→昼間駐車10h→運転1h(帰宅)→夜間駐車12hであった。

この測定結果を基にして、40℃でおこなうベンチ試験における休止時間をつぎのように算出した。まず、駐車中の電池温度は、実際には季節や時間帯によって様々であるが、帰宅から出勤までの平均温度を10

表5 走行状況毎に分類したモードとその特徴
Table 5 Modes and their features classified by driving conditions.

Type	Feature	Frequency of idling stop			Example
		/ km	/ min.	/ % ※	
Mode 1	No traffic congestion with constant speed drive	×	×	×	Country road, traffic artery
Mode 2	Light traffic congestion with few times and short stop	×~○	×	△	Residential street, downtown, traffic artery with congestion, alley
Mode 3	Traffic congestion with frequent time and long stop	○	○	○	Downtown, tourist spot

○: High, △: Middle, ×: None~low

※ Frequency of idling stop (%) = (Accumulated idling stop time / Driving time) × 100

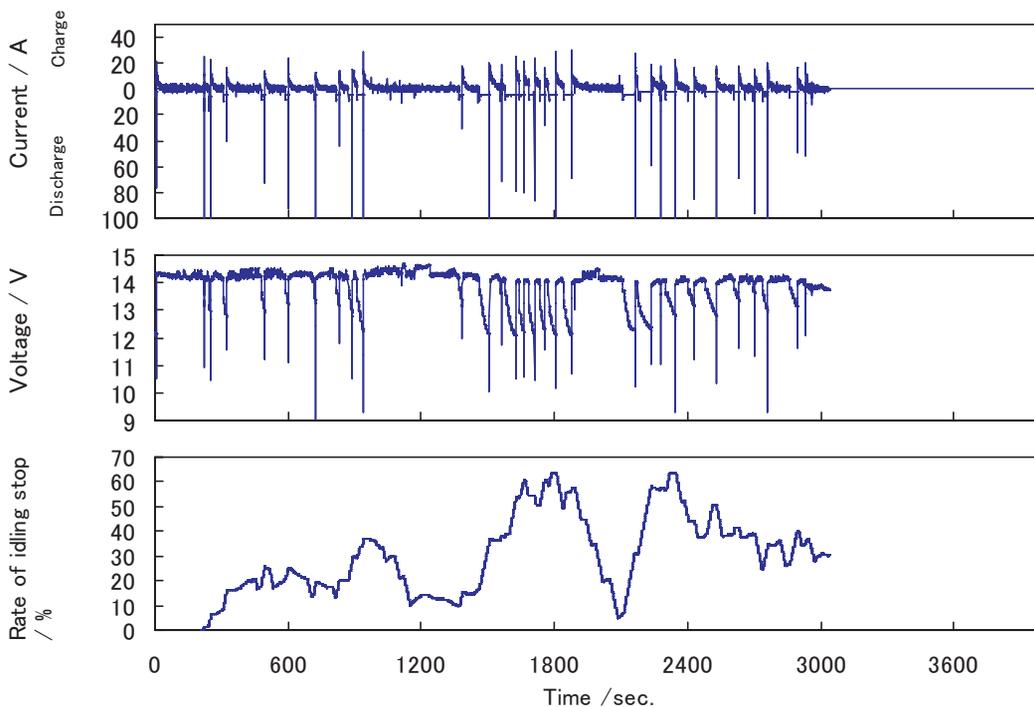


図1 通勤走行時の鉛蓄電池の充放電電流 / 電圧計測結果とアイドリングストップ率推移の一例

Fig. 1 Change in current and voltage of lead-acid battery and frequency rate of idling stop to past 5 minutes duration time during the commuter driving.

～20℃，出勤から帰宅までの温度を20～30℃とした。ここで，自己放電速度は温度が10℃上昇すると2倍になると考え，それぞれの温度における昼間駐車，

夜間駐車に相当する休止時間を算出して，それぞれ5h，2hとした。このようにして得られた1日分の車両の使用を模擬した充放電パターンを図9に示す。

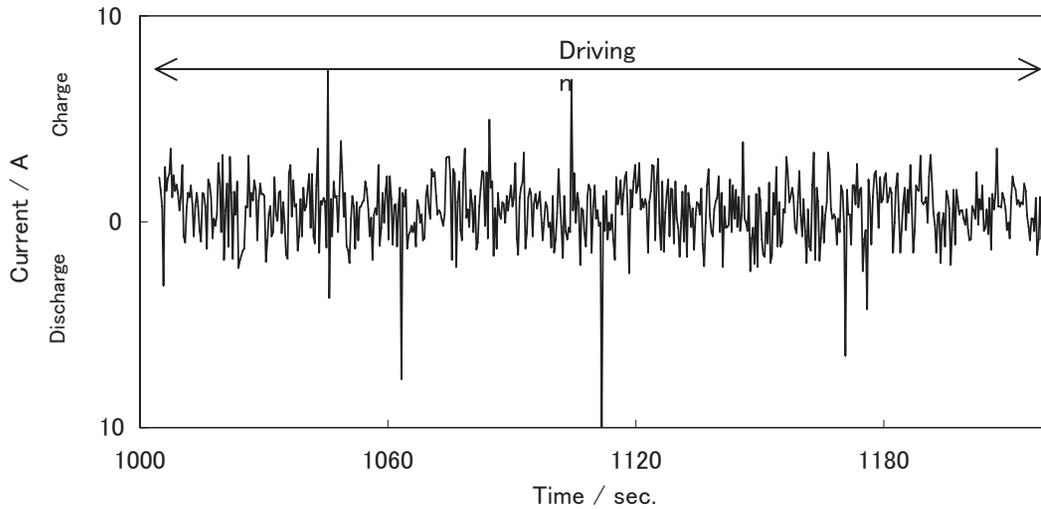


図2 交通渋滞のない定速走行 Mode 1 の代表的な充放電電流パターン

Fig. 2 Typical charge-discharge current pattern for Mode 1 by constant speed drive with no traffic congestion.

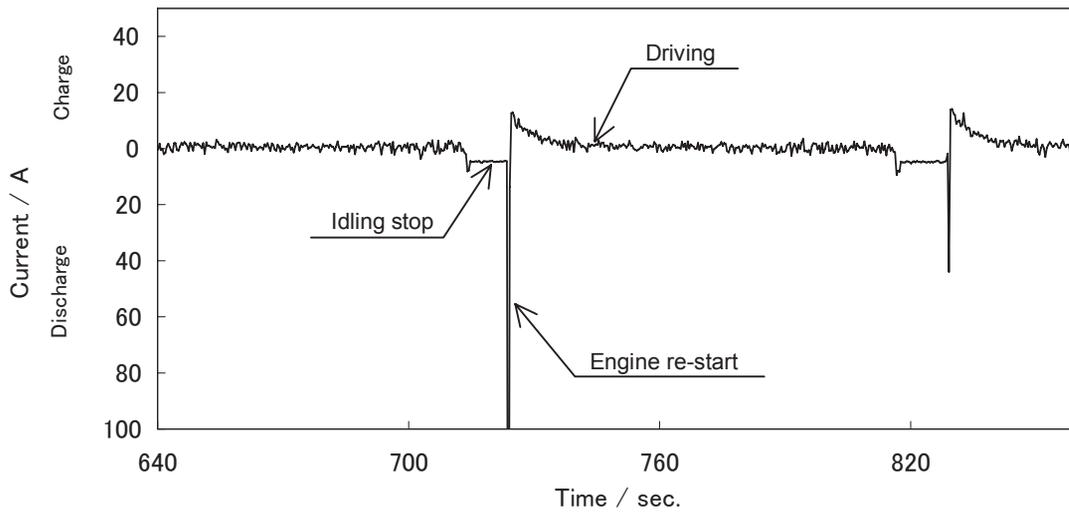


図3 軽度な交通渋滞による短時間停車のある走行 Mode 2 の代表的な充放電電流パターン

Fig. 3 Typical charge-discharge current pattern for Mode 2 by few times of short stop with light traffic congestion.

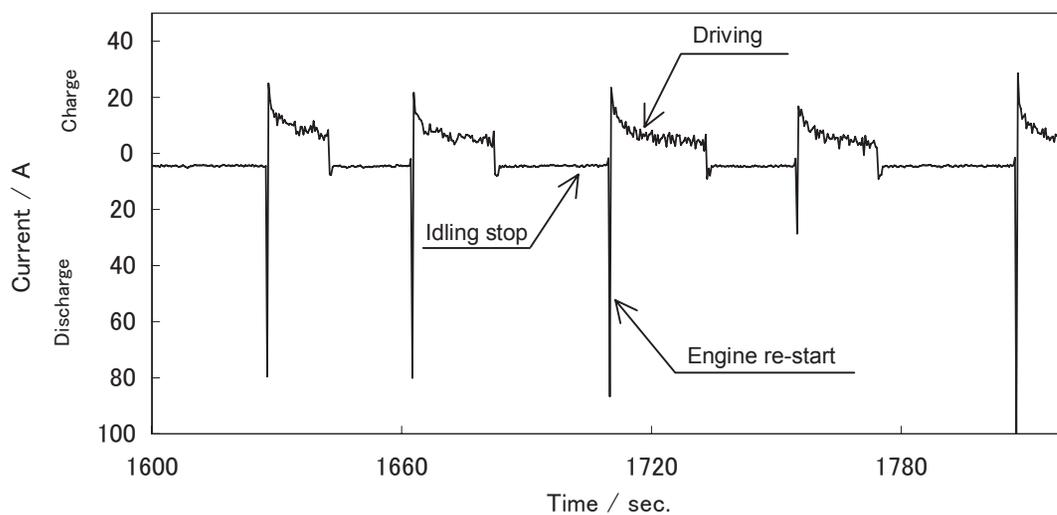


図 4 交通渋滞による長時間停車のある走行 Mode 3 の代表的な充放電電流パターン
 Fig. 4 Typical charge-discharge current pattern for Mode 3 by frequent times of long stop with traffic congestion.

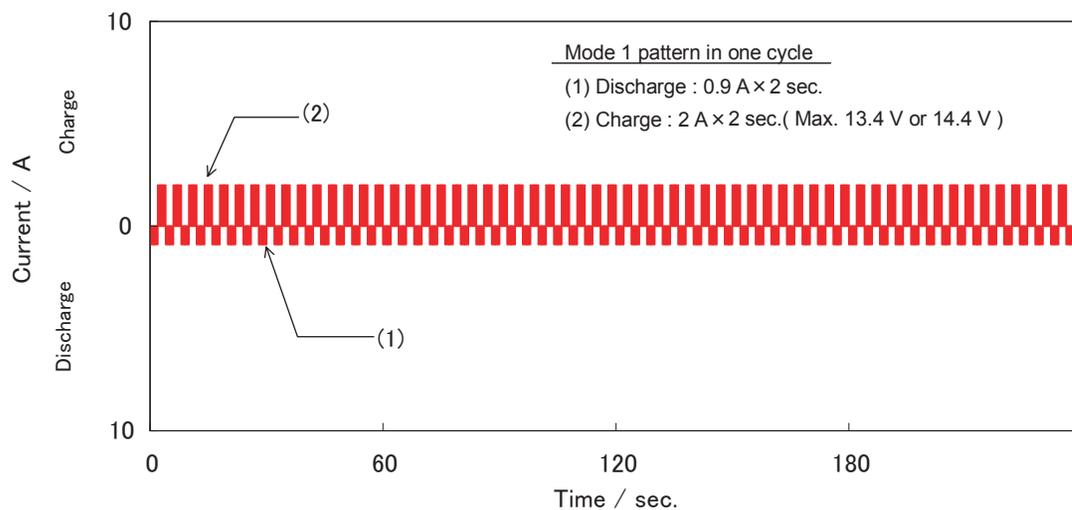


図 5 交通渋滞のない定速走行 Mode 1 を模擬した代表的な充放電電流パターン
 Fig. 5 Typical charge-discharge current pattern simulated for Mode 1 by constant speed drive with no traffic congestion.

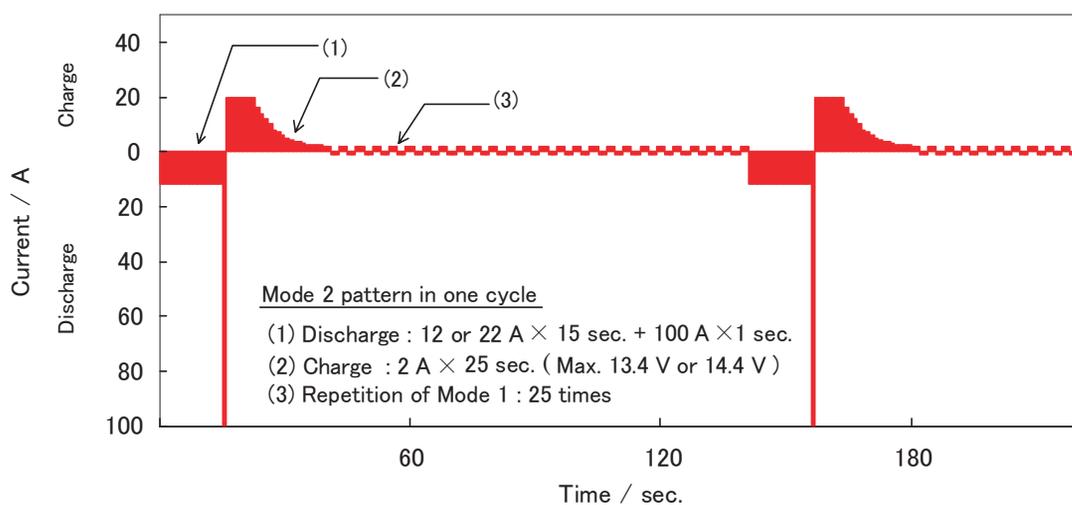


図 6 軽度な交通渋滞による短時間停車のある走行 Mode 2 を模擬した代表的な充放電電流パターン
 Fig. 6 Typical charge-discharge current pattern simulated for Mode 2 by few times of short stop with light traffic congestion.

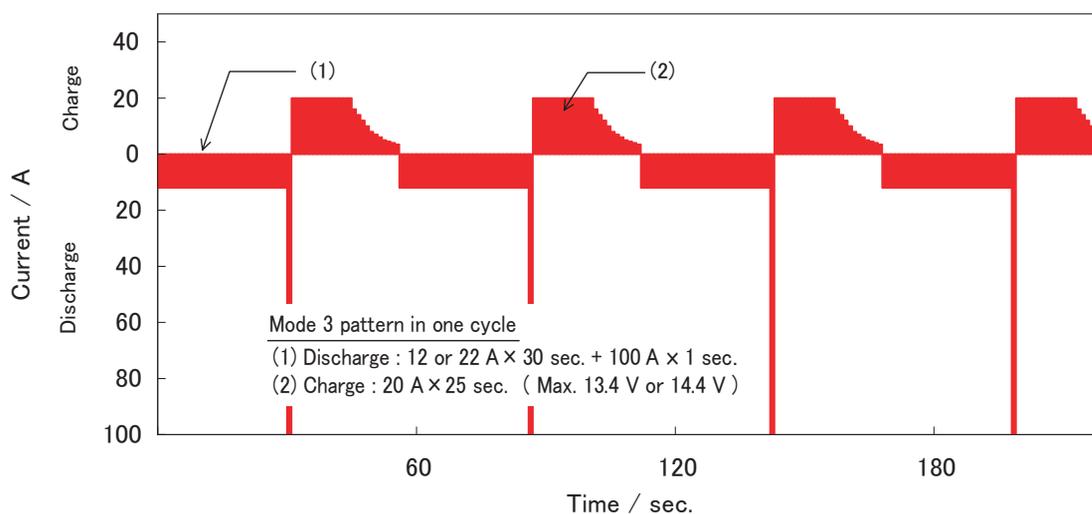


図 7 交通渋滞による長時間停車のある走行 Mode 3 を模擬した代表的な充放電電流パターン
 Fig. 7 Typical charge-discharge current pattern simulated for Mode 3 by frequent times of long stop with traffic congestion.

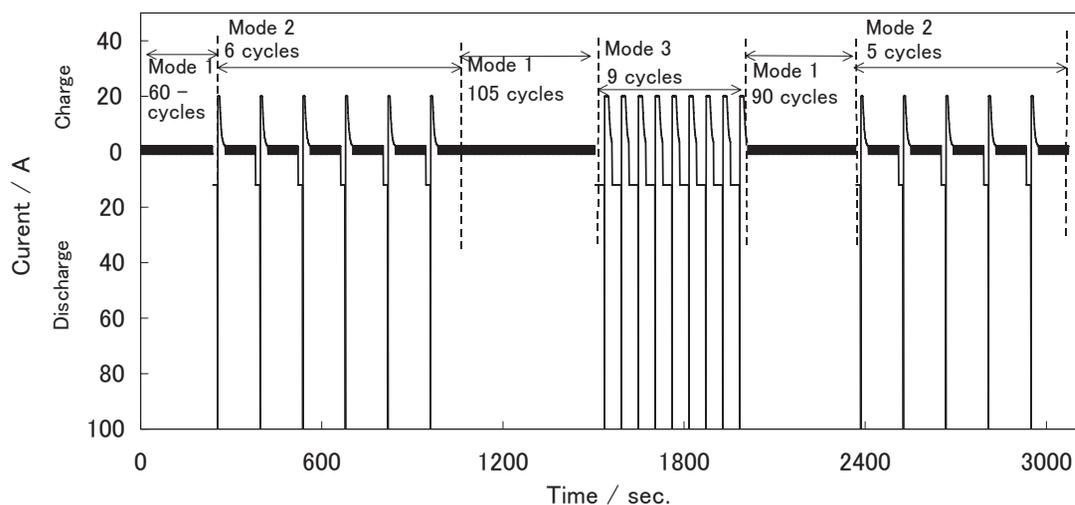


図 8 通勤片道走行の充放電シミュレーションパターン
 Fig. 8 Simulated battery charge-discharge pattern of the commuter driving for one way.

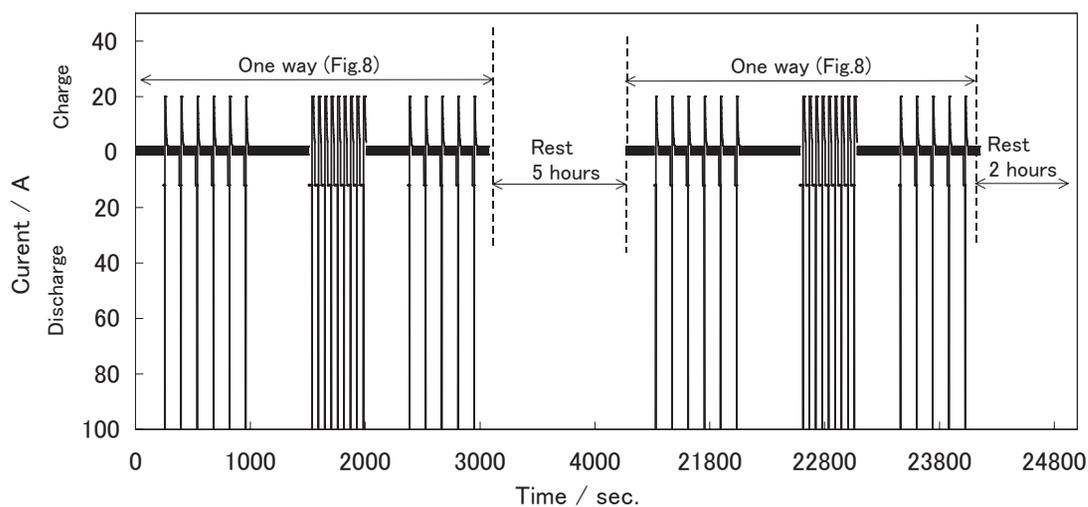


図 9 40 °Cにおける1日間の代表的な鉛蓄電池の充放電シミュレーションパターン
 Fig. 9 Typical charge-discharge pattern of lead acid battery simulated for the commuter driving for one day at 40 °C .

3.3 充放電電気量バランス

通勤片道走行分(0.5サイクル)のシミュレーションパターンにおいてアイドリングストップ時の電流および充電最大電圧を表2に示したケースごとに変えた場合の累積充放電電気量の推移をまとめて図10に示す。放電電流12A、充電電圧14.4Vでの充放電収支は、約+0.2Ahの過充電となるが(Case 1)、放電電流が22Aと大きくなるとその収支は、ほぼ±0Ahであることがわかる(Case 2)。また、充電電圧を1V下げた場合には、充電電気量は低下し(Case 3)、とくに放電電流が22Aの場合には充放電収支は-0.5Ahとなることがわかる(Case 4)。また、継続して40サイクルおこなったときの100A放電時の1秒目電圧と累積充電電気量の推移をまとめて図11に示す。放電電流12A、充電電圧14.4Vの条件(Case 1)では、試験開始直後の数サイクルは100A放電電圧が徐々に低下したが、その後は電圧は回復し、40サイクル終了時点では11.0V前後で安定することがわかる。また、その電気量収支は-7.5Ahまで低下したのち安定する。負荷電流を22Aに増やすと(Case 2)、放電電気量に対して充電電気量が不足し、100A放電電

圧は徐々に低下する。充電電圧を13.4Vに下げると(Case 3)充電電気量が低下し、放電電流が12Aと小さな場合でも放電電圧は低下するようになる。放電電流が22Aの場合(Case 4)には、充電不足のために32サイクルで放電電圧が6V以下になることがわかる。以上のことから、13.4Vの充電条件では電装負荷が大きいと充電不足になるケースも考えられることがわかった。

3.4 寿命試験

MF電池およびHB電池の寿命試験を1日分のシミュレーションパターンを用いておこなった。100A放電時の1秒目電圧、100サイクル毎の5時間率容量および減液量の推移を図12に示す。現在、900サイクルを経過して継続中であるが、すでに、1年240回通勤に使用すると仮定した場合の3.8年分に相当する期間を経過していることになる。いずれの電池も、100A放電電圧の低下は、観察されないが、減液量については、MF電池のほうが少ない値を示していることがわかる。

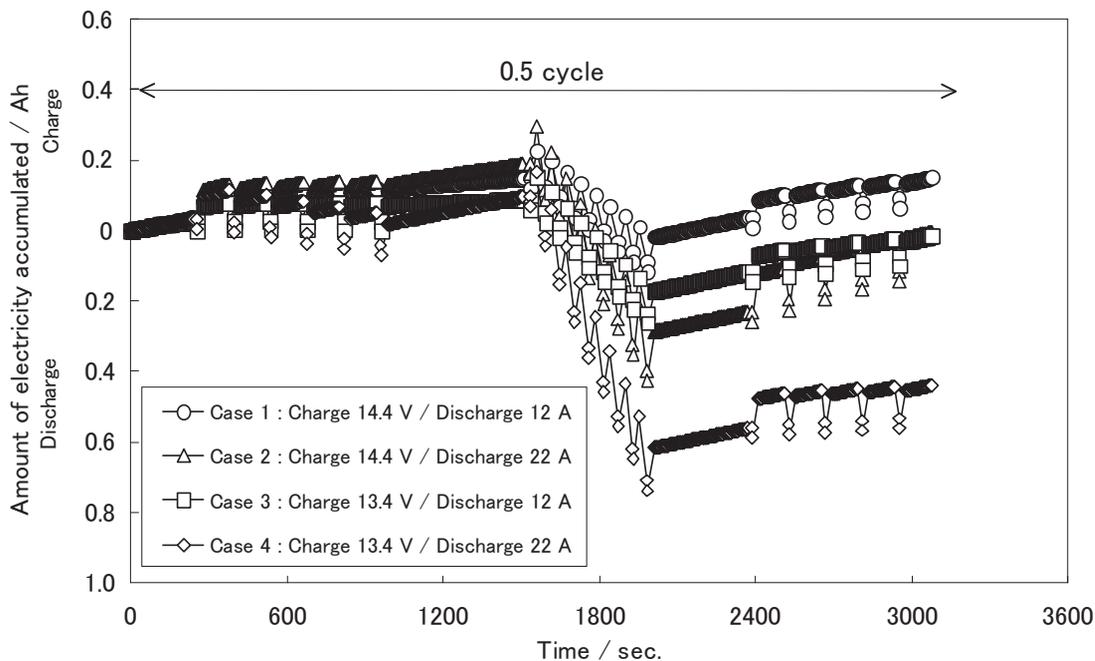


図10 通勤片道走行シミュレーションパターン試験のアイドリングストップ時の放電電流・充電最大電圧を変えた場合の鉛電池の充放電電気量収支

Fig. 10 Balance of of charge input and discharge capacity of lead acid battery with the condition of different currents at idling stop and maximum charging voltage by charge-discharge pattern simulated for the commuter driving for one way.

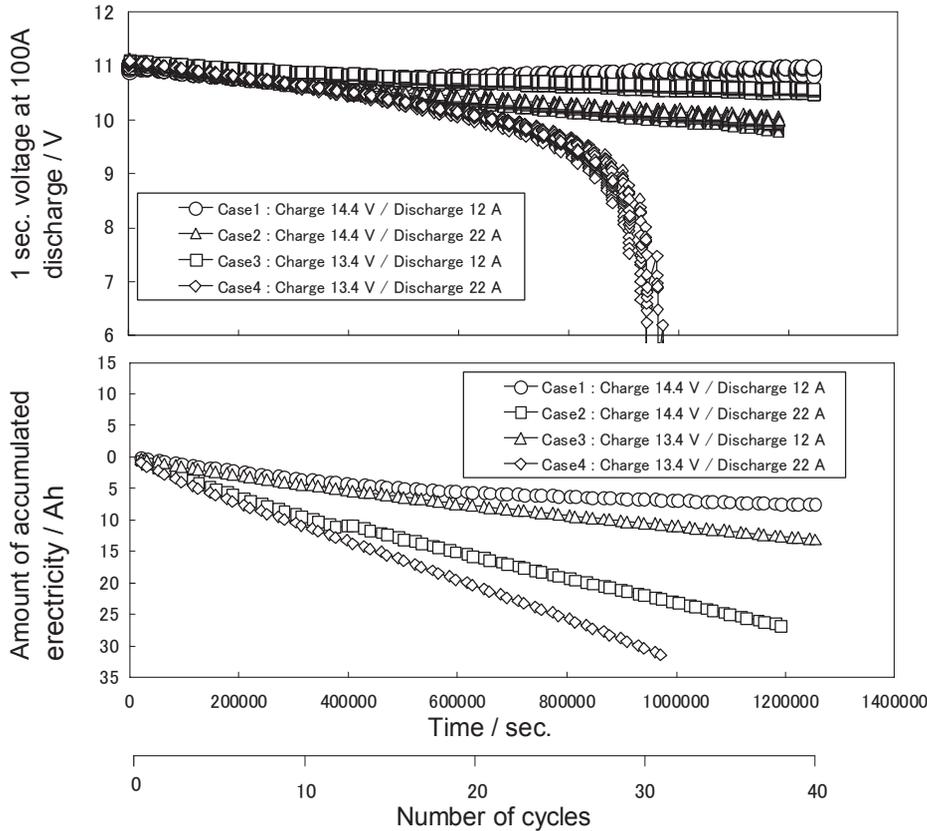


図 11 通勤片道走行シミュレーションパターン試験のアイドルストップ時の放電電流・充電最大電圧を変えて40サイクルおこなった場合の鉛電池の充放電電気量収支

Fig. 11 Balance of of charge input and discharge capacity of lead acid battery with the condition of different currents at idling stop and maximum charging voltage during 40 cycles by charge-discharge pattern simulated for the commuter driving for one way.

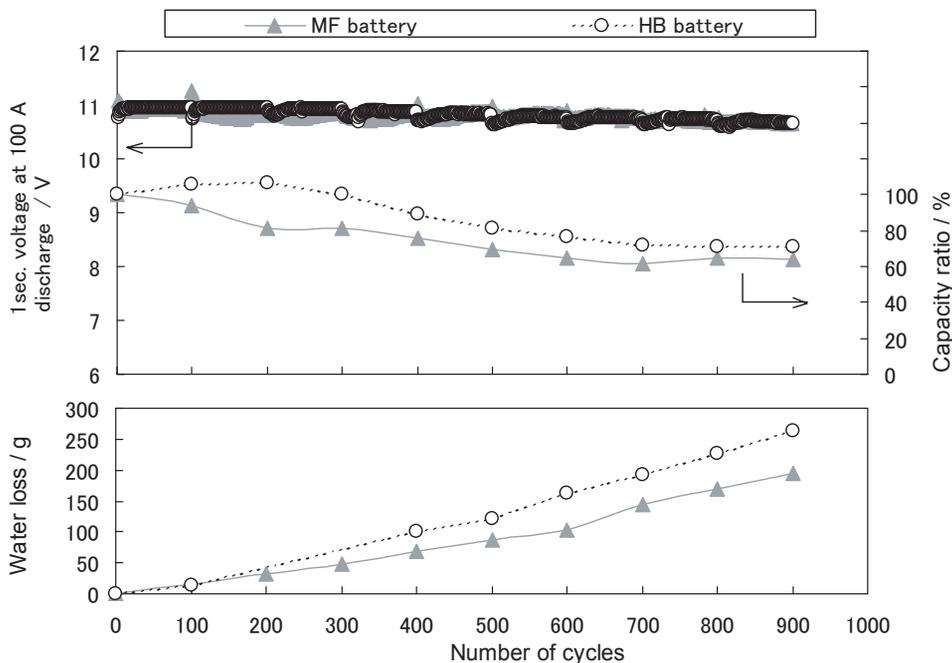


図 12 シミュレーション寿命性能試験中の34B19L形鉛蓄電池の100A放電電圧,5時間率容量および減液量の推移
Fig. 12 Change in 100 A -discharge voltage , 5 hour rate capacity and water loss during simulated pattern cycle life performance test for 34B19L type lead acid batteries.

2種類の電池を900サイクル到達時点で解体して、その極板状態を調査して、活物質および格子の劣化の進行状況を解析した。その結果を、レーダーチャートにまとめて図13に示す。いずれの電池も正極活物質の軟化が進んでいたが、これはパターンの充放電の繰返しが多いためによるものと考えられる。とくに顕著なことは、HB電池では格子の腐食が進行しており、MF電池では負極活物質の硬化が大きいことである。前者は、HB電池の方が、過充電電気量が多いため起因し、後者は逆に、少ないために硫酸鉛の蓄積が進んだものと考えられる。なお、電解液の成層化を調べるために、電解液の上下部の比重を測定した結果、いずれの電池においてもその濃度差はほとんど認められず、電解液の成層化はみられなかった。

3.5 実車寿命試験

実際の走行試験結果が前項のシミュレーション試験のものと同程度かどうかを検証するために、アイドリングストップを実施しながら実車走行試験をおこなった。電池の残容量、減液量および走行距離の推移を図14に示す。現在、試験開始から約16ヶ月経過し、走行距離は14000 kmに達しているが、5時間率容量は初期の90%以上を維持して良好であった。また、電解液量は、電池あたり約200 ccの減少であり、その値は最高液面線から最低液面線までの約半分に対応するものである。この実車寿命試験は、シミュレーション寿命試験のサイクル数に換算すると、470回に相当するものである。実車試験結果と、シミュレーション試験結果とを比較すると、5時間率容量や減液量はほぼ同様な推移を示しており、シミュレーション寿命試験の妥当性が確認された。

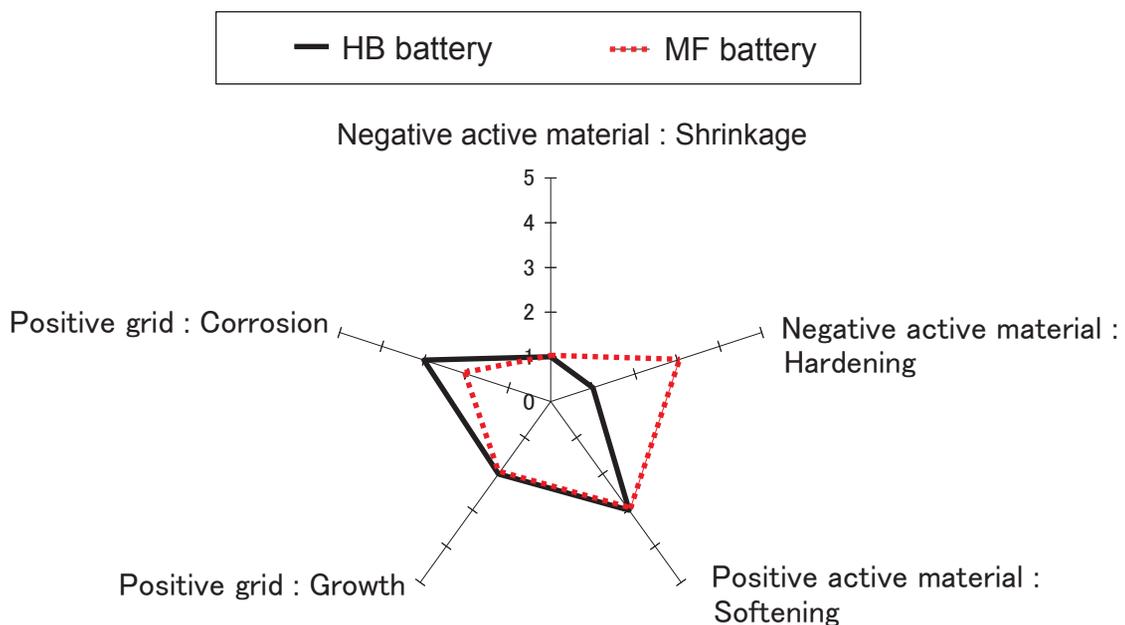


図13 34B19L形鉛蓄電池のシミュレーション寿命性能試験900サイクル後の解体調査解析レーダーチャート
Fig.13 Radar chart for failure mode analysis after 900 cycles with simulated cycle life performance test for 34B19L type lead-acid batteries.

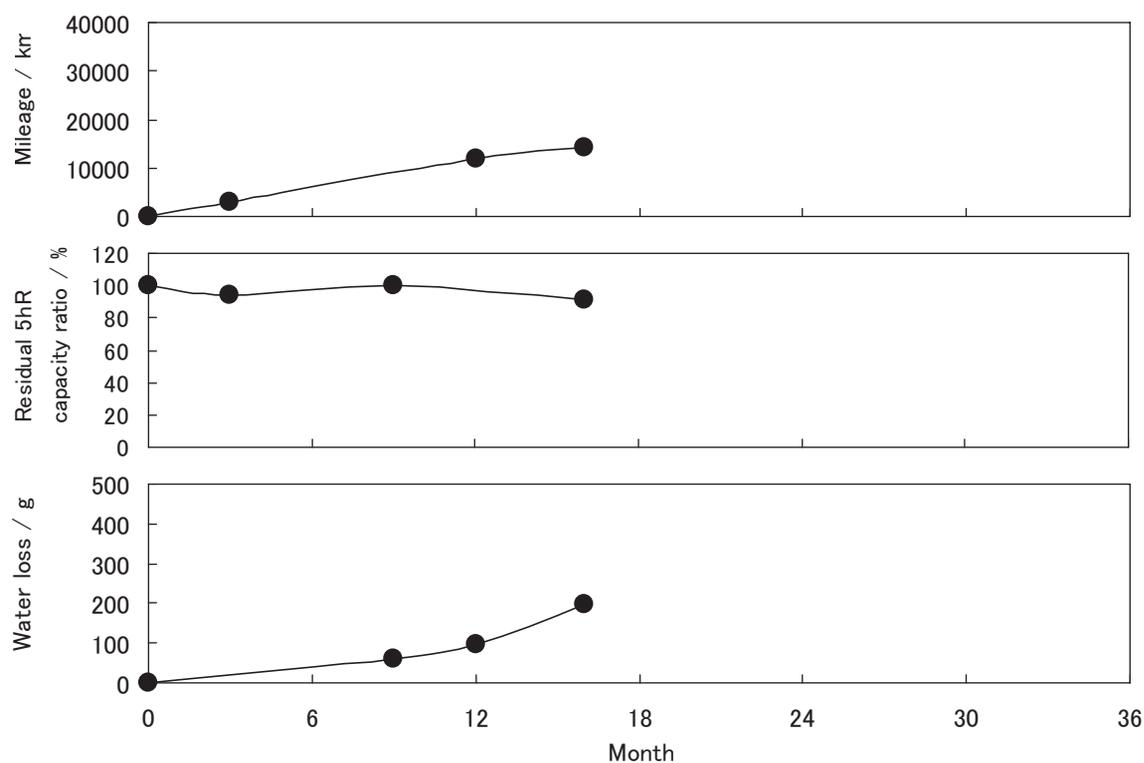


図 14 実車試験中の鉛蓄電池の 5 時間率容量の推移

Fig. 14 The mileage, 5 hour rated capacity and water loss weight for lead-acid battery during a field test .

4 結論

アイドリングストップ車の実際の走行試験結果からその使用環境下に適合した試験評価シミュレーションパターンを作成し、その評価試験方法の妥当性を実車試験結果から検証した。

その結果つぎのことがわかった。

- 1) アイドリングストップ車の実車走行をおこない、実際の使用環境下に適合する電池評価用の充放電シミュレーションパターンを作成した。
- 2) 実車耐久試験結果は、シミュレーション寿命試験のものによく合致し、その評価方法の妥当性が確認された。

- 3) シミュレーション寿命試験における 900 サイクル経過時点は、実車試験の 3.8 年間に相当し、その 5 時間率容量は初期の 60 ~ 70% まで低下した。100 A 放電時の 1 秒目電圧は低下しなかった。電解液の成層化は起こらなかった。今後、アイドリングストップ用途への電池は更に拡大すると考えられる。本手法を用いて、電池の最適化を図っていきたい。

参考文献

- 1) http://www.eccj.or.jp/sub_05.html