

自動車用次期AIバッテリーの開発

Next Automotive AI Battery

大越哲郎* Teturo Okoshi 山田恵造* Keizo Yamada 町山美昭* Yoshiaki Machiyama 小布施俊* Takashi Kofuse
原 享* Takashi Hara 江守昭彦** Akihiko Emori 川田隆弘** Takahiro Kawata 城 学** Manabu Jo

新神戸電機(株)は、2004年に自動車用AIバッテリー《CYBOX®》を発売した。AIバッテリーは、自動車用鉛蓄電池（以下“バッテリー”と記す）内部に状態判定装置を有し、バッテリー状態を常時監視ならびに自己診断し、異常を検知すると警告音で知らせる世界初のバッテリーとして注目されている。しかし、状態判定装置が現状高価であり、小型機種バッテリーへの適用は難しい。また、状態判定装置に記録される履歴情報を活用すれば顧客へのサービスを一層向上させることができる。

電子回路方式の検討による電子部品低減に取り組み、現行比46%までのコスト低減と、現行比60%までの装置の小型化を可能とし、バッテリーの小型機種へ搭載できる目処を得た。

また、AIバッテリーの付属製品として状態判定装置内から、LED（Light-Emitting-Diode、発光ダイオード）を通じて、光通信方式でEEPROM（不揮発性メモリ）内のデータを読み取ることができる履歴読み出し装置を開発した。バッテリーの履歴情報を顧客へのメンテナンス情報として展開する新たなサービス形態として期待される。

In 2004, we introduced AI Battery "CYBOX®" to the market and getting high reputation technically. This battery is remarkable of its self-diagnosis and continuous monitoring functions, which are achieved by its battery diagnosis unit embedded on top of the battery.

It is now key issue how to make it with economical cost and compact size to fit small size batteries too. We succeeded to cut off the cost up to 46% and make the battery diagnosis unit smaller after reviewing the system of electric circuit and its components etc.

We also developed "Memory Read Device" as optional part of AI battery, which can read memory data of battery retained in EEPROM by communicating with LED. It will be able to provide the condition of battery more in details to consumer before battery troubles will be happened.

〔1〕 緒 言

環境規制が厳しくなってきた¹⁾、2008～10年にかけてはさらに厳しい自動車の排ガス環境基準が導入される。自動車メーカーは、アイドリングストップ、X-by-Wire（補機類の電動化）などの環境対応車の開発を加速させている。これらの環境対応車ではバッテリーで賄う電力量が飛躍的に増大するため、バッテリーの充電状態、劣化状態を正確に検知するための技術が必要とされている。また、バッテリートラブルが、JAFの出動件数の第一要因になっており、顧客からは、バッテリーの充電状態、劣化状態を知り、バッテリー交換のタイミングをあらかじめ知りたいとの要望がある。バッテリーの状態検知技術はますます重要になると予想される。

そのような背景のもと、新神戸電機(株)は、2004年自動車用AIバッテリー《CYBOX®》を開発、発売した²⁾。AIとは、英語のArtificial Intelligence（人工知能）の略語である。この商品は、バッテリー本体の上部に、状態判定装置を埋め込み、充電状態、劣化状態を常時監視する機能を備えている。新神戸電機(株)はこれまで車両搭載用のバッテリーコントローラの開発を進めてきた³⁾。AIバッテリーは、これらの状態検知技術で培われたアルゴリズムを基に開発された。

新神戸電機(株)は、将来すべてのバッテリーがAIバッテリーとなるように顧客の要望への対応を進めているが、状態判定装置の小型化とコスト低減が大きな課題になっている。現在AIバッテリーには、中型車クラス以上に搭載されるJIS規格のB24、D23、D26、D31の4種類があるが、小型車に搭載され

*電池研究開発センター **(株)日立製作所日立研究所

るB19サイズはない。これは状態判定装置が大きき、構造上バッテリーに搭載できないことと高価であるためである。B19サイズはバッテリー全販売個数の約50%を占めることから、状態判定装置の小型化とコスト低減を達成してAIバッテリーへ展開することで多くの顧客の要望に応えることができる。

また、AIバッテリーの持つ機能を有効に展開し、顧客に対するアフターサービスを促進し、顧客に喜んでいただけるようなアフターサービス用ツールの開発も重要になる。本報では、状態測定装置の小型化、コスト低減およびアフターサービス用ツールの開発を自動車用次期AIバッテリーの開発と題し、以下報告する。

〔2〕AIバッテリーの概略

図1にAIバッテリー《CYBOX®》の外観写真を、図2に使用方法を示す。AIバッテリーは、専用に開発された無補水タイプのバッテリーの上部に図3に示す状態判定装置を嵌合、搭載している。顧客はバッテリーの温度、電圧情報から、状態判定装置で演算されたバッテリーの状態を上部のパネルに備え付けられたブザー、LEDを通じて知ることができる。顧客が知る

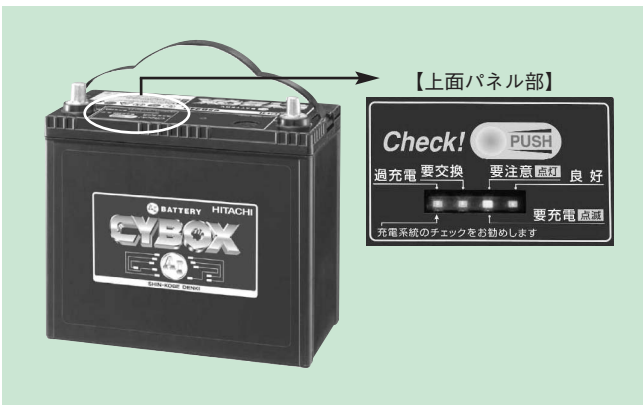


図1 《CYBOX®》の外観
Fig.1 Appearance of 《CYBOX®》.

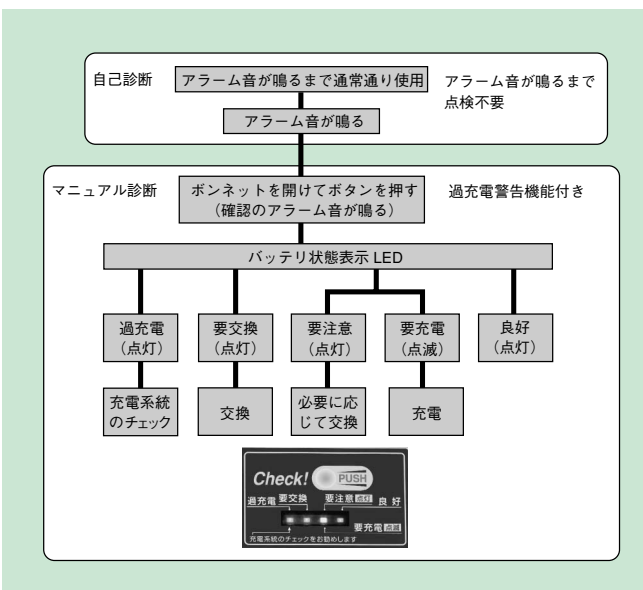


図2 使用方法
Fig.2 Diagnosis and Alarm Function.

ことのできるバッテリーの状態は、図2中に示す通り、“要注意”など5通りであり、「自己診断」と「マニュアル診断」の2つの方法により知ることができる。「自己診断」は、状態判定装置がバッテリーの状態を常時監視しており、バッテリーの異常発生時にブザーで警告し顧客に知らせる機能である。「マニュアル診断」は、バッテリー上部のボタンを押す事で、バッテリー上部に埋め込んである状態判定装置の演算結果を、LEDにより表示させる機能である。

図3に示すように、状態判定装置の実装基板の表面はPET樹脂ケースで保護されている。実装基板の裏面は、耐水性、耐酸性、耐振動性を向上させる目的で、エポキシ樹脂で固めている。バッテリーのプラス、マイナス端子と状態判定装置間の接続には、耐振動性を考慮して、ばね用材質を用いた一体成型のプスバーを使用している。

〔3〕状態判定装置の小型化とコスト低減

状態判定装置の小型化、コスト低減の目標を現行の状態判定装置に対する比率で、それぞれ60%、50%以下とした。現行の状態判定装置のコスト内訳では、電子回路部分が最も大きな比率を占めているため、電子回路のコスト低減を検討した。

図4に現行電子回路のブロック図を示す。現行電子回路では、EEPROM（不揮発性メモリ）、WDT（異常検知タイマ）、OSC（クロック生成）などがIC（マイコン部）の外付け部品として構成されている。そこで、各マイコンメーカーで開発



図3 状態判定装置の外観
Fig.3 Appearance of Battery Diagnosis Unit.

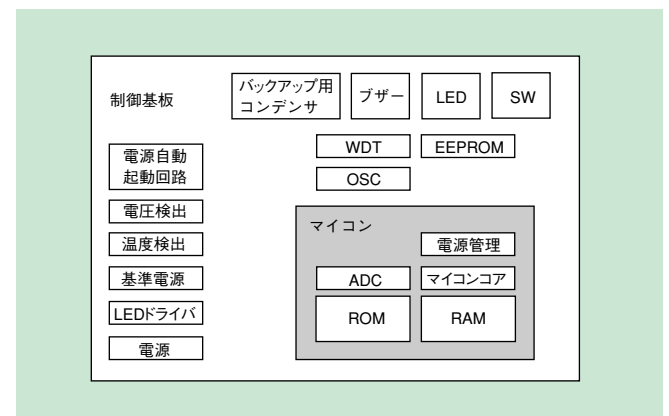


図4 現行電子回路のブロック図
Fig.4 Block Diagram of the Present Circuit.

中および新規に市販された種々のICについて、電子回路部のコスト、性能の最適化について検討した。ICの安定供給性やソフトの移植性も考慮し、ICを選定した。

図5は、現行電子回路とB社製のICおよびAIバッテリー用に専用ICを開発した場合の電子回路コストを試算した結果である。B社製のICは、上述の検討の中で最適であったものである。B社製ICを採用することで、現行品に対して電子回路のコストを大きく低減できることがわかった。現行電子回路ではA社製のICと基準電源がコスト高の要因となっているが、B社製ICは汎用品で安価であり、IC内にEEPROM、WDT、OSCを内蔵できる効果大きい。そして、内蔵しているADC（ADコンバータ）やマイコン演算精度が高く、高価な基準電源が不要になった効果が大きかったためである。最終的にカスタム化した専用ICを用いると、ブザー、LED、スイッチ、電解コンデンサ以外の部品を1チップに収めることで、さらにコストを低減できる見込みがあることがわかった。しかしながら、専用ICは専用ウェアの開発、仕様検討、評価に対して開発期間が長く、計画している市場投入スピードには合わない。そこでB社製の汎用ICを用いた方式とし、開発を進めることにした。以下、次期開発品と称する。

図6に現行品と次期開発品の実装基板表面の写真を示す。このように、同一サイズの基板で比較すると現行品に比べ、次期開発品は実装部品の点数が大幅に減少したことがわかる。現行品の実装密度と同一にすると、現行品比率で約60%

以下にできる見通しである。

表1に次期開発品の仕様を現行品との比較で示す。電圧測定精度、消費電流は、機能試作品での評価結果である。マイコン部分は現行品の8bitから16bitへ変更、処理速度も5MHzから8MHzへ高速化できる。これにより、電圧測定精度の向上や演算処理の安定性を図ることができた。また、EEPROM容量は256Bから512Bと増大でき、より多くの様々なバッテリー履歴情報を蓄えておくことが可能になった。構造部品まで含めた状態判定装置全体のコスト低減は、現行品に対し46%であった。電子回路方式を見直すことで、電子部品のコスト低減と加工費低減の効果が大きかったためである。

〔4〕履歴読み出し装置の開発と履歴データの活用について

(1) 履歴読み出し装置について

状態判定装置は、EEPROMを内蔵しており、バッテリーの種々の履歴データを保持している。履歴データとしては、エンジン始動時ピーク電圧（Vst）、エンジン始動回数、平均温度、平均電圧、放置時間、車載時間などで、バッテリーの使用環境、使用状態がわかる。これらのデータを解析することでバッテリーの劣化状態が推定でき、メンテナンス情報を提供することができる。

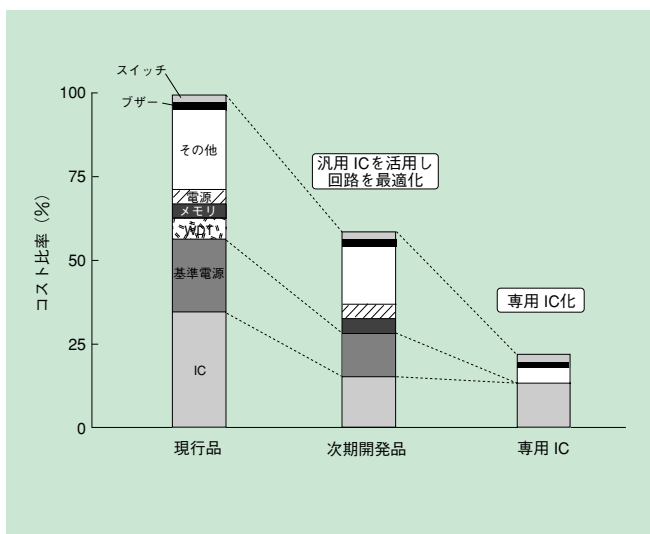


図5 各ICの電子回路コスト試算結果

Fig.5 Cost Comparison.

表1 現行品と次期開発品のスペック比較

Table 1 Specification of Present and Next Development.

区分		目標仕様	現行品	次期開発品
マイコン	動作温度	-20~85℃	-40~105℃	-20~85℃
	コア	8bit以上	8bit	16bit
	処理速度	5MHz	5MHz	8MHz
	ROM (プログラム用メモリ)	16kB以上	16kB	16kB
	RAM (演算用メモリ)	1kB以上	1kB	1kB
	EEPROM (不揮発性メモリ)	256B以上	256B	512B
全体	電圧測定精度	±80mV以下	±50mV	±50mV
	消費電流	4mA以下	3.6mA	2.7mA
	コスト	50%以下	100	46

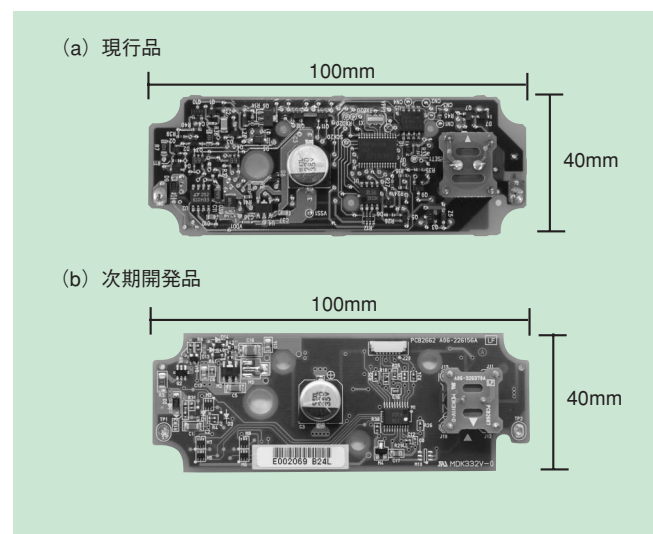


図6 実装基板表面の外観写真

Fig.6 Appearance of Circuit Surface.

図7に履歴読み出し装置の外観写真、図8に履歴読み出し装置のシステム構成を示す。状態判定装置のスイッチを5秒以内に5回押すことでトリガー信号が発せられ、EEPROMに蓄えられたデータを所定フォーマットで送信し、LEDを点滅させる。この点滅信号を特殊センサで読み取る。図9に本装置を用いた利用形態の一例を示す。一部のデータは装置本体のディスプレイ上に表示し、販売店や整備工場で利用可能とする。また、全てのデータをUSBケーブルを通じてパソコン内に取り込み、最終的に新神戸電機㈱のサーバーPC内に集約、解析し、メンテナンス情報を得る。希望する顧客には、シリアルNo.を基に、上記メンテナンス情報を提供する。このように、従来にない顧客へのきめ細かなサービス形態であり、バッテリーの新たなアフターサービスの提供方法として展開中である。

(2) 履歴読み出し装置によるデータ活用事例

この履歴読み出し装置の活用の一例として、発売以来の約1年間に亘る車載データを収集した。

本《CYBOX®》の状態判定アルゴリズムを図10に示す。この図はエンジン始動時の等価回路に基づくものであり、それぞれの略号の定義は以下の通りである。

- Vst：エンジン始動時の最低電圧
- OCV：バッテリーの開回路電圧
- r：バッテリーの直流内部抵抗
- R：車両の電気負荷

Vstは、図中の(3)式から、rおよびRに依存することがわかる。(3)式に基づき、VstのOCVへの依存性を図11に示す。図11には25℃でのバッテリーの各状態(要交換、要充電、

要注意、良好)を区分するOCV-Vst線図が示してある。実用においてはエンジン始動時のバッテリーの温度およびOCV、Vstを測定し、それら測定値を25℃の値に換算したのち、図11と比較してバッテリー状態を判定する方法を採用している。各領域の境界線は、バッテリーを搭載する車両毎に車両の電気負荷Rが異なる値をとるため、バッテリーの新品時、すなわち車両に搭載直後のOCV、Vst(以下、新品時のVstをVst0と表記する)により自動的に補正する。また、要注意、要交換の領域境界線は、初期のバッテリー直流内部抵抗r0(新品時のr)に対する増加率(r/r0)を所定比率で設定し、算出する。

状態判定装置で実測されたVst0、Vstを履歴読み出し装置で読み取り、r/r0を算出し、使用期間とr/r0との関係を調

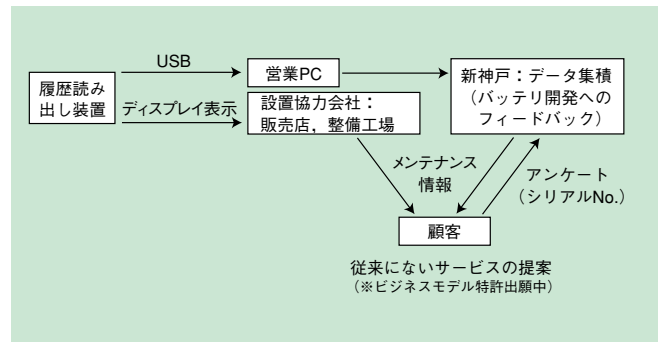


図9 履歴読み出し装置によるアフターサービスの提供方法
Fig.9 A Business Model of AI Battery using "Memory Read Device".

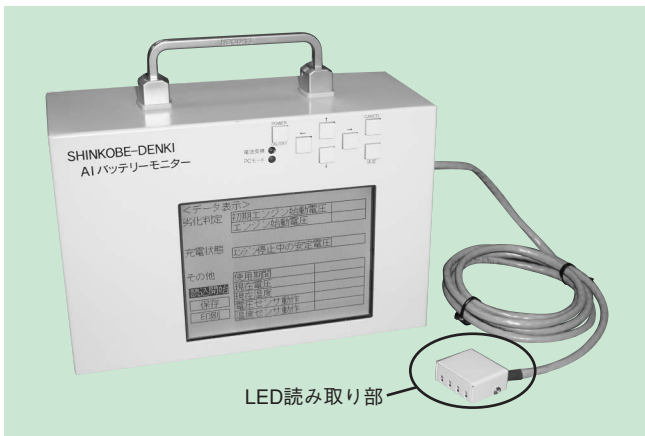


図7 履歴読み出し装置の外観写真
Fig.7 Appearance of "Memory Read Device".

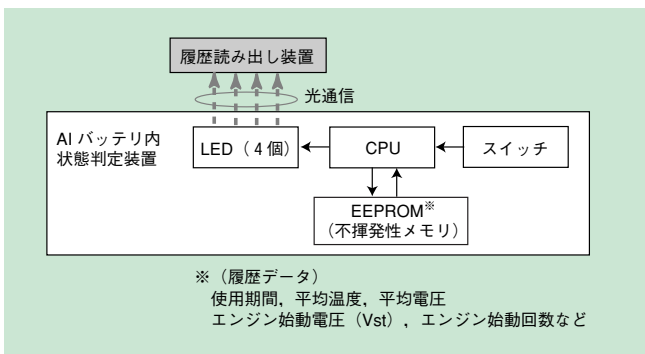


図8 履歴読み出し装置のシステム構成
Fig.8 Block Diagram of "Memory Read Device".

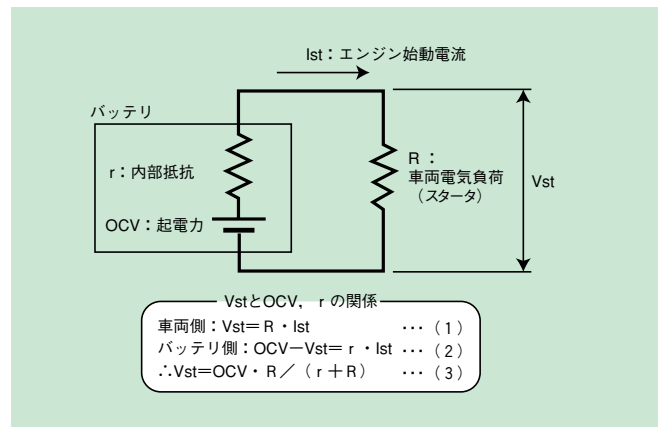


図10 エンジン始動時の等価回路
Fig.10 Equivalent Circuit at Engine Start.

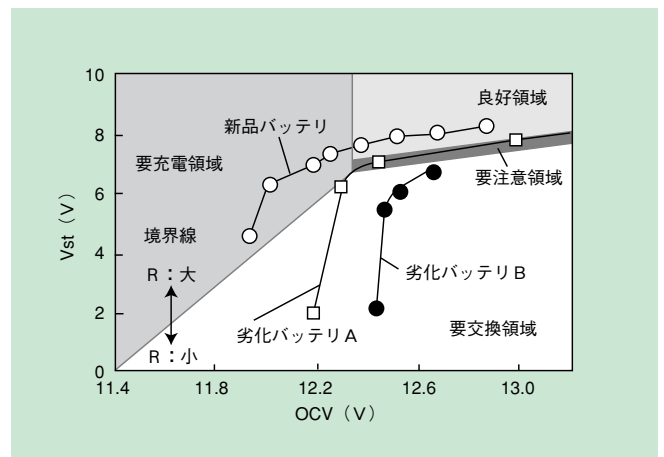


図11 OCVとVstの関係
Fig.11 Relation between OCV and Vst.

査した。図12にバッテリーの使用期間と r/r_0 の関係を示す。B24, D23, D26, D31の4型式のデータに関してプロットした。図中に示した、バッテリーの内部抵抗増加率曲線（劣化曲線）は、平均的なバッテリーの市場での使用期間と内部抵抗増加率から予測したものである。調査データは、ほぼこの曲線付近にプロットされ、当初の目論見通りであることを示している。今後、調査を継続し、他の履歴データとの相関を解析することで、顧客に対するメンテナンス情報や、自社のバッテリー開発へのフィードバックなどに役立てることができる。

[5] 今後の展開

今回の検討で、小型化とコスト低減によりB19サイズへの適用へ目処が立った。前述のように、小型機種B19サイズが市場の約50%を占めることから、多くの顧客の要望に応えることができる見通しが立った。今後は、さらにコスト低減を進め、より多くの顧客の要望に応える製品として行きたい。コスト低減に向けては、電子回路部分に加え構造部分の検討も今後重要となる。

また、バッテリーの用途が多様化しているため、顧客のニーズに合わせた高機能化も重要となる。市場での認知度、使いやすさ、コストといった汎用性の条件をさらに向上させることが、今後の重要な課題となると考えられる。

[6] 結 言

- 1) 電子回路方式を検討し、状態判定装置のコスト低減に取り組んだ。B社製ICを用いた電子回路最適化により、現行比46%のコスト低減を実現できるとともに、現行比60%以下の小型化の目処が立った。
- 2) 光通信方式による履歴読み出し装置を開発した。状態判定装置が持っている履歴データを外部で読み取り、解析することで、顧客へメンテナンス情報を提供できる。従来にないサービス形態であり、新たなアフターサービスの提供方法として期待が寄せられる。
- 3) 履歴読み出し装置を用い、発売後約1年間の車載データを解析した。想定しているバッテリーの劣化曲線上に乗っていることを確認した。

我々は、これから顧客のニーズに合わせた高機能化、コスト低減をさらに進め、AIバッテリー《CYBOX®》を多くの顧客

の要望に応えられる製品として行く所存である。今後、本AIバッテリー《CYBOX®》が市場の信頼を勝ち取り、全てのバッテリーがAIバッテリーとなる日を待ち望んでいる。

[参考文献]

- 1) 湊清之：“第八回締結国会議（COP8）と今後の地球環境対策”，自動車研究，第25巻第1号，P.9（2003）。
- 2) 山田恵造 他：“自動車用AIバッテリー《CYBOX®》の開発”，新神戸テクニカルレポート，第15号，P.18（2005）。
- 3) 大越哲郎 他：“鉛電池状態検知技術の開発”，新神戸テクニカルレポート，第14号，P.7（2004）。

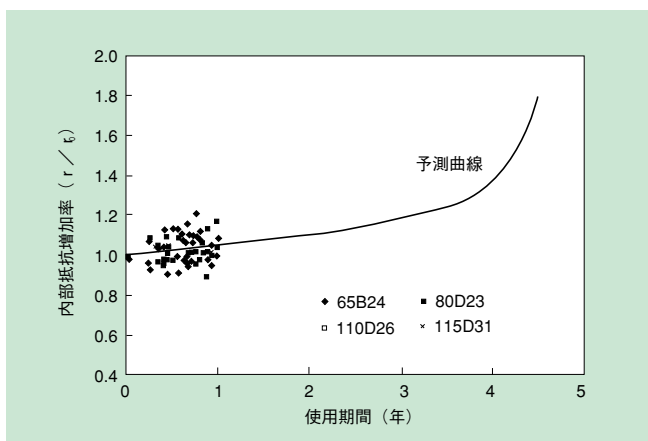


図12 使用期間と内部抵抗増加率（ r/r_0 ）の関係

Fig.12 Relation between Period and r/r_0 .