

ISS車両専用バッテリー

Lead-Acid Battery for Idling Stop System

和田圭一* Keiichi Wada 大越哲郎* Tetsuro Okoshi 大津公二* Kouji Ootsu
佐々木一哉* Kazuya Sasaki 箕浦 敏** Satoshi Minoura 木暮耕二** Kouji Kogure

アイドリングストップシステム車両に搭載される鉛蓄電池は、エンジン始動回数が多いこと、およびエンジン停止時に負荷電力を供給しなければならないことから、充電不足になりやすい。このため、アイドリングストップシステム車両専用バッテリーでは充電受入性の改善、および過酷な充放電サイクルに耐えることのできる特性が要求される。本開発では、負極添加剤、および活物質の適正化により充電受入性が約2倍に向上し、低抵抗格子と高充電受入性技術の採用により耐久性が約4倍に向上した。その結果、高充電受入性を有するアイドリングストップシステム車両専用バッテリーを開発した。

Since Idling Stop System (ISS) requires electric power for cranking round and electric auxiliaries during idling, high charge acceptance and long durability characteristics are necessary to ISS batteries. We have developed a battery suitable for ISS by employing a newly developed additive for negative plates and optimized active material powder. The battery has good charge acceptance 2.0 times higher than that of conventional type, and also has good durability 4.0 times longer than that of our conventional battery by improving charge acceptance and optimizing lattice design of the negative plate.

〔1〕 緒 言

近年、大気汚染防止、地球温暖化防止、代替エネルギーの利用、安全性、快適性などの社会ニーズに応えるため走行系の電動化、動力系のハイブリッド化による排ガス低減が進み、自動車用鉛蓄電池（以下、“バッテリー”と記す）を取り巻く環境は大きく様変わりしている。2012年までに2004年比23.5%排ガス低減を目指す厳しい排ガス環境基準^{1) 2)}が導入されることを受けて、自動車メーカーはアイドリングストップシステム（以下、“ISS”と記す）、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。

これらのシステムではバッテリーで賄う電力量が飛躍的に増大するため、バッテリーに対してはさらなる高入力性、高出力性、高耐久性が要求されている。

現時点ではバッテリーの性能は、これらのシステムを成立させるためには不十分である。そのため、各バッテリーメーカーと自動車メーカーが開発を継続しているのが現状である。本研究では、高充電受入性、高耐久性を有するISS車両専用バッテリーを開発したので、その内容について報告する。

*埼玉事業所 **電池研究開発センター

〔2〕ISS車両の概要

図1にISS車両における充放電電流モデルを示す。ISS車両は信号待ちなどの停車時にエンジンが自動で停止するシステムを搭載している。このようなシステムを搭載している車両で理想的なアイドリングストップが行われると、約14%程度の燃費向上が期待できる³⁾。

アイドリングストップ中は、ライトやオーディオ等にバッテリーから電力を供給するためにバッテリーの放電量が多くなる。さらにアイドリングストップの度にエンジンを再始動するため、大電流での放電回数も増加する。従来、バッテリーはほぼ満充電状態で使用されていたが、ISS車両では放電状態で使用されることが多くなる。このためバッテリーを適正な状態に保ち充電不足や寿命などの不測の事態に陥る前に、ユーザに警告を発するバッテリーコントローラがセットで搭載されている。

このように、ISSでは放電量が多くなり、充電が不足した状態に成りやすいことから、充電受入れ性に優れたバッテリーが必要である。また、従来のシステムに比べて低い充電状態で使われ、頻繁なエンジン始動による大電流放電が入ることから、このような使われ方に耐えることの出来る寿命特性も必要になる。

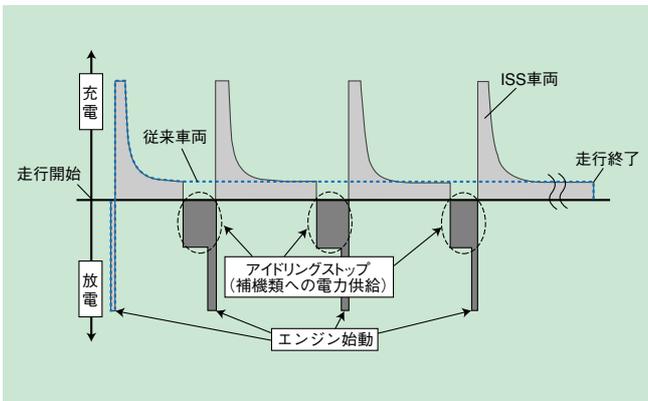


図1 ISS車両における充放電電流モデル
Fig.1 Charge and discharge model of the battery in idling stop and start system.

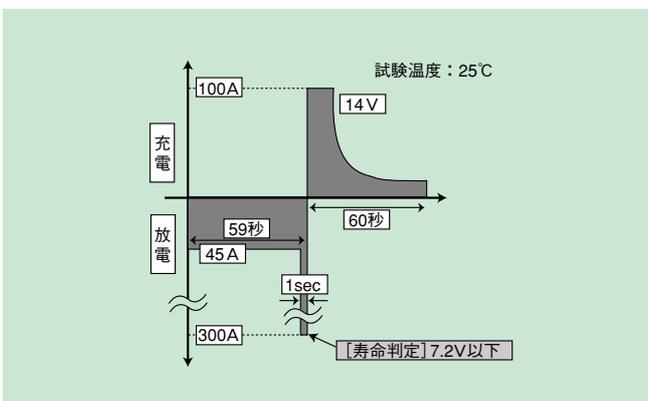


図2 SBA寿命試験充放電パターン (電池工業会規格 SBA S0101:2006)
Fig.2 Cycle life test profile of SBA S0101.

〔3〕開発方針、および課題

上述した使用環境で従来品を使用すると、充電不足によりサルフェーションが進行し、極板の局所的な充放電により早期に寿命にいたる。従来の使用とは異なるISS車両用バッテリーの評価方法として、2006年に電池工業会規格SBA S0101:2006 アイドリングストップ寿命試験 (以下、SBA寿命試験と記す) が制定された。

図2にSBA寿命試験の充放電パターンを示す。この寿命試験の特長は放電量に対する充電量の比率が小さく、頻繁に大電流での放電が入ることである。SBA規格は30,000サイクル (参考値) であるが、ISSシステムでの必要値も考慮して60,000サイクルを開発目標とした。

図3に従来品のSBA寿命試験結果を示す。バッテリー形式はJIS D5301に準ずるD26サイズである。この図は300A放電時の1秒目電圧をプロットしたものであり7.2V以下で寿命と判断する。開発目標値60,000サイクルに対して大幅未達となった。

図4に初期、およびSBA寿命試験後の負極集電部 (ストラップ) の断面写真を示す。負極集電部 (ストラップ)

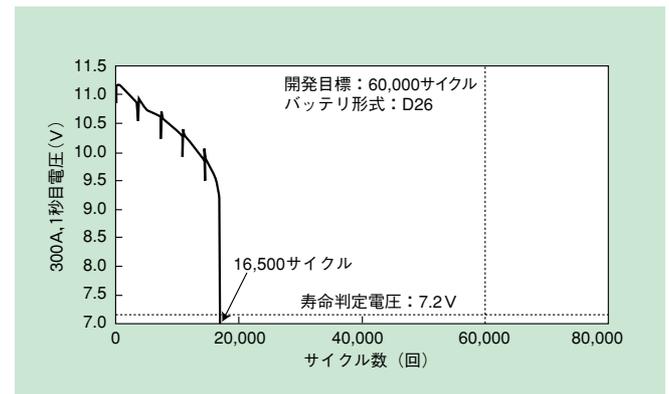


図3 従来品のSBA寿命試験結果 (電池工業会規格 SBA S0101:2006)
Fig.3 Result of cycle life test of SBA S0101.

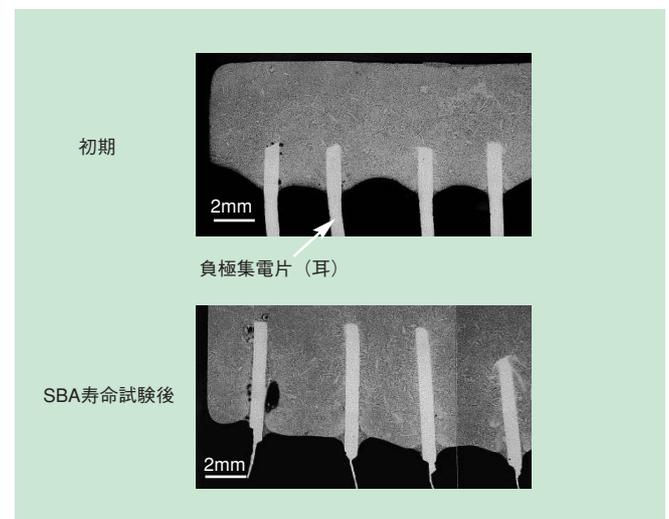


図4 負極集電部 (ストラップ) 断面写真
Fig.4 Representative cross-sectional view of negative strap after idling stop life test.

は、複数の負極集電片（耳）を鋳造合金で溶接してあり、充放電時の電流の経路となっている。図4に示すように負極集電部において、その付け根部分負極集電片（耳）のやせ細りによる抵抗の増大が、1秒目電圧の急激な低下をまねき、判定電圧7.2Vを維持できなくなったことが寿命に達した原因である。

図5に負極集電片（耳）やせ細りの推定メカニズムを示す。SBA寿命試験では放電量に対する充電量の比率が少ないことから、充放電が繰り返されると極板下部の充電が不足し、300Aの大電流放電では負極集電片（耳）集電部に放電反応が集中する。このことにより負極集電片（耳）に硫酸鉛が生成し、サイクルが繰り返されると生成した硫酸鉛が剥離するように脱落、負極集電片（耳）のやせ細りが進み寿命に至る。

以上のように、負極集電片（耳）やせ細りのメカニズムを推定し、長寿命化の対策として「充電不足を抑制するための高充電受入性化」、「負極の集電部近傍に集中する放電分布の均一化」を検討した。

図6に開発項目と方策について示す。本研究の開発項目は以下の2点である。

①高充電受入性化の検討

充電反応面積増大のため活物質微細化、負極添加剤適正化

②長寿命化の検討

低抵抗格子による放電分布の均一化

〔4〕特性向上の検討

4.1 高充電受入性極板の開発

過去の検討結果から充電反応では負極の分極が大きく、負極が支配因子になっている。これは放電反応に対し、充電反応が遅く、負極の放電生成物である硫酸鉛(PbSO₄)の溶解速が小さいためであるといわれている⁴⁾。充電反応、放電反応ともに溶解析出のプロセスであるが、金属鉛(Pb)の溶解速度が速く、放電反応は速いのに

して、PbSO₄の溶解速度が遅く充電反応が遅い^{5) 6)}。高充電受入性化にはPbSO₄の溶解速度を上げるため、負極添加剤、および活物質の形状の適正化が重要である。その改善内容をまとめると以下の通りである。

① 放電時に生成する硫酸鉛粒子を微細化させる新規リグニンの採用

② 充電受入性の向上を目的にカーボンを増量

③ 充電反応面積を増大させるために活物質形状の適正化

図7は大電流充放電時における活物質粒子の変化を電位ステップ法によるin-situ AFM (Atomic Force Microscope；原子間力顕微鏡)を用いて従来品と比較、観察した結果を示す。充電後の表面観察写真において、従来品は粒径の大きな不導体物質であるPbSO₄が充電されず残っているのに対し、開発品はPbの細かい粒子が観察された。活物質が微細化することでPbSO₄の溶解速度が上がり、充電反応の効率が向上したことを示唆している。

4.2 低抵抗格子の検討

前述したようにSBA寿命試験では負極集電片（耳）近傍に放電分布が集中するために負極集電片（耳）のやせ細りが発生する。この問題を解決するために低抵抗格子を検討した。

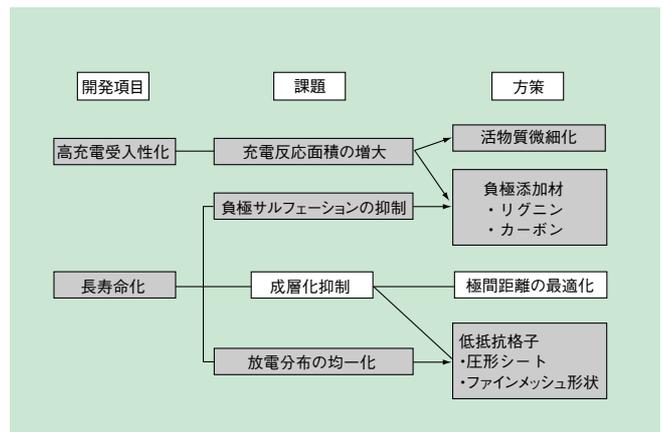


図6 開発項目と方策
Fig.6 Development items and subjects.

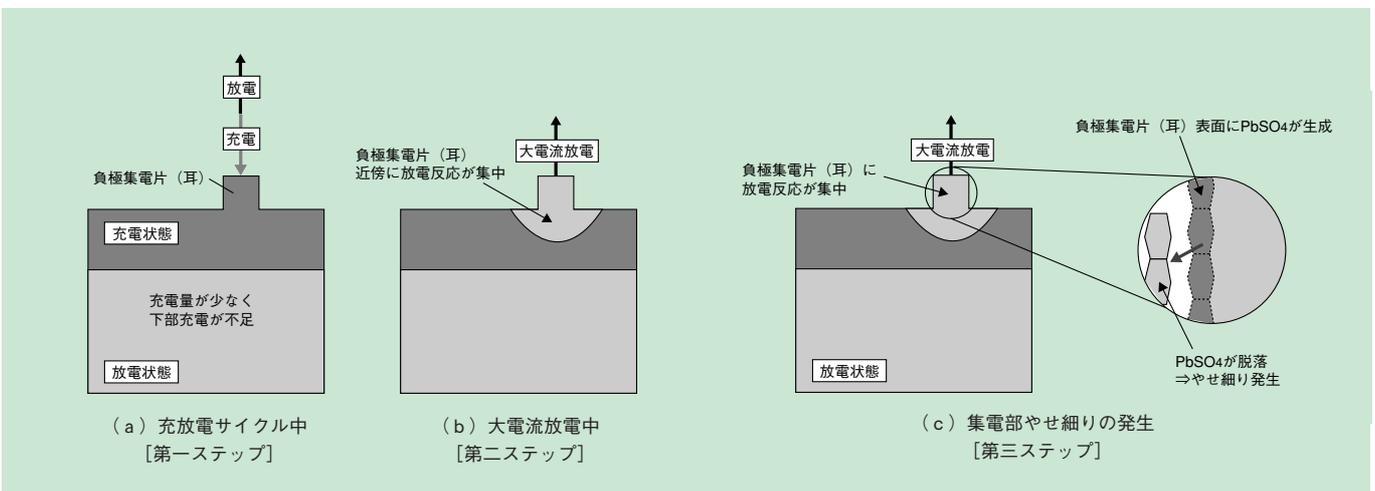
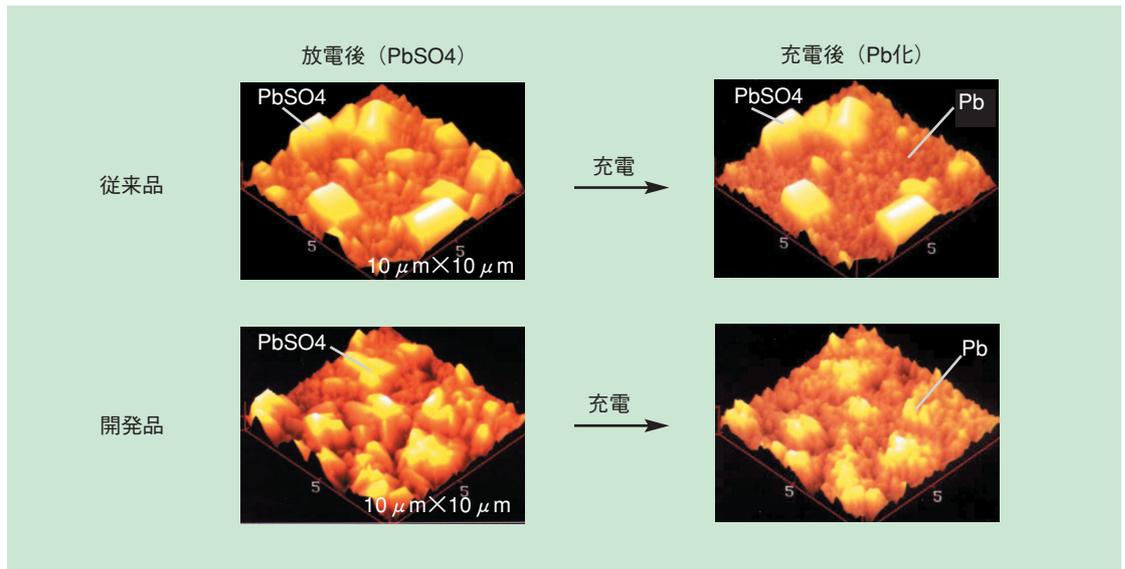


図5 負極集電片（耳）やせ細りの推定メカニズム
Fig.5 Mechanism of phenomenon negative decreasing plate thickness.

図7 大電流充放電時の活物質粒子の変化

Fig.7 Morphology changes of negative active material during charge and discharge cycles.



条件：電流 37.5A (D26形バッテリーで 300A 相当)

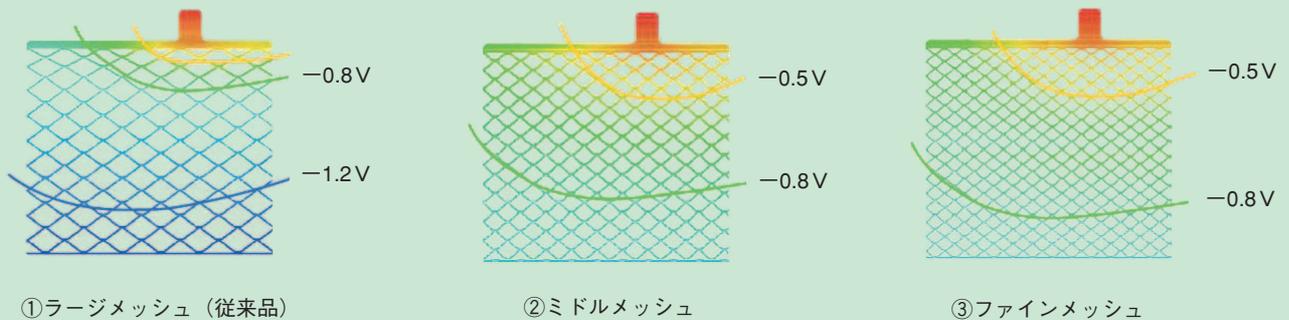


図8 格子抵抗シミュレーション結果

Fig.8 Results of grid resistance simulation.

表1 格子抵抗シミュレーションで算出した各格子仕様の平均電圧降下

Table 1 Average voltage value of the simulation.

格子仕様	メッシュ面積 (従来比)	格子厚み (従来比)	平均電圧降下
①ラージメッシュ	100	100	-0.93V
②ミドルメッシュ	48	150	-0.71V
③ファインメッシュ	25	150	-0.68V

図8に格子抵抗シミュレーションの結果を示す。メッシュ径の大きさの程度によりラージ、ミドル、ファインと区別し、各格子面積、格子厚みの値は表1に示す通りである。格子抵抗シミュレーションは極板1枚あたり37.5A (D26形バッテリー：正極7枚、負極8枚構成、300A放電を想定)の電流を流した場合の単位格子ごとの電圧降下を計算したのち、色分けして表示した。「①ラージメッシュ」では青い部分が多く電圧降下が大きく、負極集電片(耳)付近に放電分布が集中している。一方、「③ファインメッシュ」では、橙、緑の部分が多く電圧降下が小さく、放電分布が均一である。このように、格子抵抗シミュレーションを用いて格子厚み、鉛量を考慮しバランスの取れた格子デザインを決定した。

表1に各種格子の格子抵抗シミュレーションにより算出した平均電圧降下を示す。平均電圧降下は従来負極格子に比べ「②ミドルメッシュ」で約24%、「③ファインメッシュ」で約27%低減している。最も平均電圧降下が小さい③ファインメッシュ形状を採用した正極、および負極を用い、さらに充電受入性に優れたペーストを用いて評価用バッテリーを作製し、評価した。

〔5〕 開発品の特性評価

5.1 充電特性

定電圧充電で流れる電流値の大小が、充電受入れ性の指標となる。評価条件として、温度を25℃、SOC (State Of Charge：充電状態) をバッテリーが通常、制御される値である90%に設定した。

図9にバッテリー形式D26での25℃、SOC90%14Vの定電圧充電での電流の時間変化を示す。従来品は充電開始から充電電流が減衰するのに対して、開発品は従来品に対して高いレベルを推移している。充電開始から5秒目での充電電流を比較した結果、開発品の100Aに対して従来品は48Aであり約2倍の充電受入れ性を達成した。

5.2 寿命特性

図10にバッテリー形式D26での従来品、および開発品のSBA寿命試験結果を示す。開発品の寿命サイクルは開発目標である60,000サイクルを超え、従来品に対して約4倍に向上した。

図11にSBA寿命試験中の負極集電部 (ストラップ) 断面写真を示す。30,000サイクル途中で取り出した開発品の断面観察結果から明らかなように、開発品は従来品に対して負極集電片 (耳) のやせ細りが大幅に低減した。

以上の結果より本開発品で採用した低抵抗格子と高充電受入れ性極板の効果が確認できた。

〔6〕 結 言

高充電受入れ性、高耐久性を有するISS車両専用バッテリーを開発した。

- (1) 負極添加剤、および活物質形状の適正化により、従来品に対して充電受入れ性能が約2倍に向上した。
- (2) 低抵抗格子と高充電受入れ性技術の採用により、SBA寿命試験で発生する負極集電片 (耳) やせ細りを抑制することができた。その結果、目標サイクル60,000サイクルを達成でき、従来品に対して約4倍に向上することができた。

〔参考文献〕

- 1) 湊清之：第4回締結国会議 (COP4) と今後の地球環境対策, JARI Research Journal, 99(1), p13 (1999).
- 2) 日経BP社：日経メカニカル, 573, p75 (2002).
- 3) 国部裕次郎：路線バス用アイドリングストップ&スタートシステムの技術紹介, 自動車技術, No12, p49 (2000).
- 4) 近藤隆文 他：“オルタネータ再生車両用バッテリーの開発”, 新神戸テクニカルレポート, No.18, p3 (2008).
- 5) K.Saito et al., : "Reaction between lead oxide and lignin in aqueous solution", J.Power Sources, 124, 266(2003).
- 6) 寺田正幸 他：“42V高電圧システム自動車用制御弁式鉛蓄電池の開発”, 新神戸テクニカルレポート, No.13, p23 (2003).

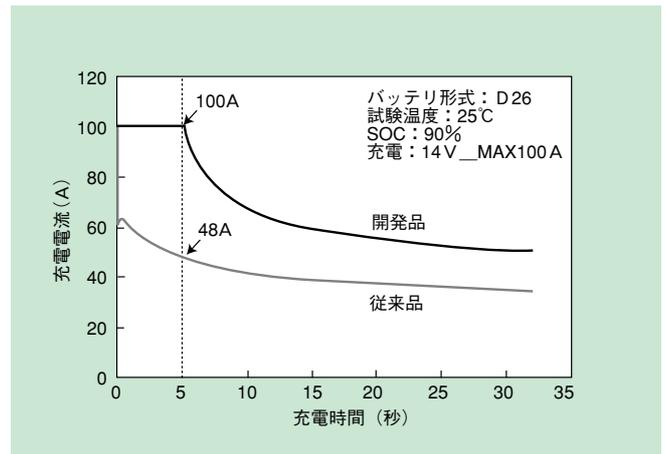


図9 定電圧充電における電流の時間変化
Fig.9 Current profile of charge acceptance test for developed and conventional battery.

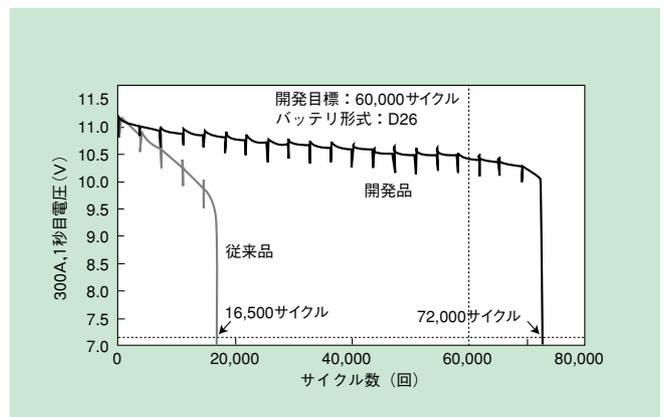


図10 開発品のSBA寿命試験結果 (電池工業会規格 SBA S0101:2006)
Fig.10 Relationship between life cycles and 300A, 1sec voltage of development and conventional battery.

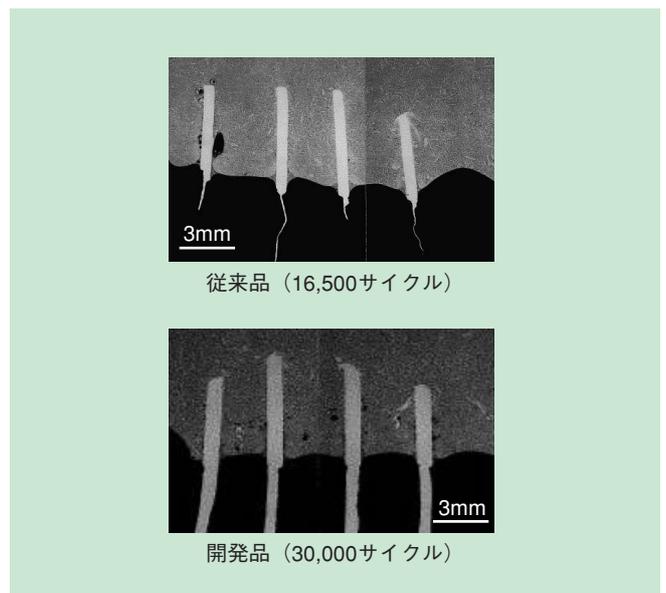


図11 負極集電部 (ストラップ) 断面写真
Fig.11 Representative cross-sectional view of negative strap after idling stop life test.