



充電コネクタ用高挿抜耐久接続端子

High Durability Terminal for Hot Plug Power Charger

清水 徹*
Toru Shimizu

高田 明典
Akinori Takada

近田 一元
Kazumoto Konda

温室効果ガス排出削減の有効策として充電式電気自動車（EV/PHV）の開発普及が推進されている。専用コネクタでの充電は基本屋外にて毎日実施されるので砂塵／潮風／降雨に暴露された上での多回数の挿抜負荷に耐えなければならない。当社は充電コネクタの開発にあたって接続端子に独自の構造を適用し、上記耐久性能を実現させると同時に品質の安定においても相乗効果を得た。

Electric vehicles and plug-in hybrid vehicles are now the focus of the world's attention for their low greenhouse gas emissions. The power chargers for these vehicles are generally used outdoors almost every day. Therefore, the charging connector has to withstand severe conditions such as dust, sea breezes and rain, and endure a high number of recharging cycles. In the development of charging connectors, we used our original contact structure to achieve high durability and stable performance.

キーワード：充電コネクタ、挿抜耐久、接続端子、切削加工

1. 緒 言

地球温暖化対策の観点から温室効果ガスの排出抑制策が各産業分野で進められており、主要な排出源である自動車においては電気自動車（EV/PHV）^{*1,2}の開発と普及が官民を上げて推進されている。電気自動車は充電スタンドもしくは家庭用電源コンセントから得た電力を専用の充電コネクタ／ケーブルを介して補充することにより走行が可能となる。

表1は当社充電コネクタ／ケーブル基本仕様である。

表1 当社充電コネクタ／ケーブル基本仕様

| | | | |
|--------|----|-----------|--------|
| 定格 | 電流 | 12A | |
| | 電圧 | AC200V | AC100V |
| 充電時間 | | 約90分 | 約180分 |
| 取得安全認証 | | UL（米国市場） | |
| | | CE（欧州市場） | |
| | | PSE（日本市場） | |

充電は一般に屋外で行われるため、図1に示すように充電コネクタは砂塵／泥水／潮風／降雨に暴露される。更に通常1日1～2回以上の頻度で実施されるため、車両ライフタイムで計10,000回以上の挿抜が行われる。これらにより充電コネクタの接続端子にかかる挿抜での摩擦負荷は非常に大きい。当社の充電コネクタは接続端子に独自の構造工夫を行うことで、優れた挿抜耐久性能を実現した。



図1 充電コネクタの使用環境



図2 充電コネクタ用接続端子

2. 充電コネクタ用接続端子

充電コネクタは国際規格IEC62196にて嵌合互換形状が規定されており、例えばtype1型普通充電コネクタにおいては図2に示すようにφ3.6丸ピン端子を車両インレットの

電源回路に配置、対向する充電コネクタにはピン端子径に接続適合するソケット端子を設定する。

3. 形状的特徴と挿抜耐久性

3-1 泥水排出構造

既述のとおり充電は主として屋外で行われるため、砂塵／潮風／降雨にさらされる。コネクタ挿抜による端子の接続接点摩耗は上記外来異物を噛み込んだ上で進行するので非常に過酷である。当社は独自の形状工夫を施し挿抜摩耗に対する耐性を高めた。図3に当社独自形状端子の構造の特徴を従来型の一般形状端子との比較で示す。一般形状端子はコネクタに内包した泥水（砂塵混じりの雨水）が接続接点に継続して進入する構造となっているが、当社独自形状端子は接続接点進入前に大部分が両脇へ排出される構造としている。

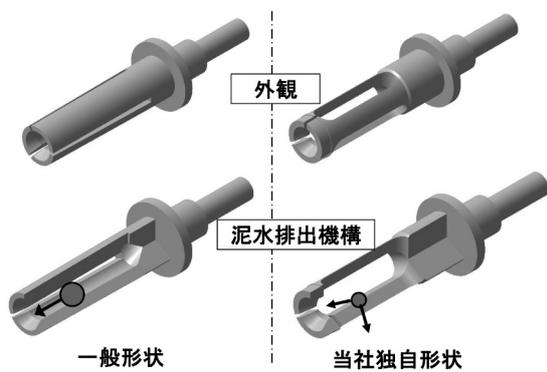


図3 泥水排出構造

図4はUL2251に基づく泥塩水挿抜試験10,000サイクル後の接続接点部の損傷状況を光学顕微鏡／SEM／元素マッピング^{*3}により観察したものである。一般形状端子の接点が激しく摩耗損傷して表面Agめっき層が失われて母材Cu層が露出しているのに対し当社独自形状端子の接点損傷は非常に軽微で電気接続接点としての性状を良好に維持している。

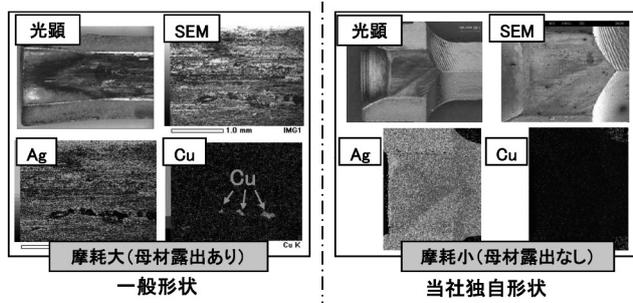


図4 接点摩耗状態（泥塩水挿抜耐久10,000回）

3-2 接続接点形状

図5に示すように、一般形状端子の接続接点は鋭角であり、ピンの円周方向に線接触であるのに対して、当社独自形状端子は平面接触としている。図6写真は挿抜摩耗がかなり進行した時点での接続接点の状況を示す。一般に接点磨耗はピン端子の受入れ導入部分に早期に発生し、徐々に後方へ進行する。当社独自形状端子は平面接触で接続領域が大きいため、挿抜摩耗が接続領域全体に広がるまでの時間が長く結果長寿命となる。

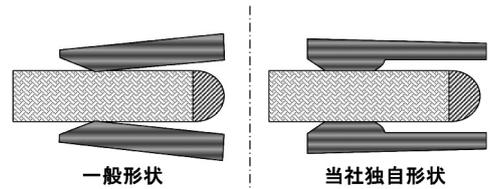


図5 接続接点形状

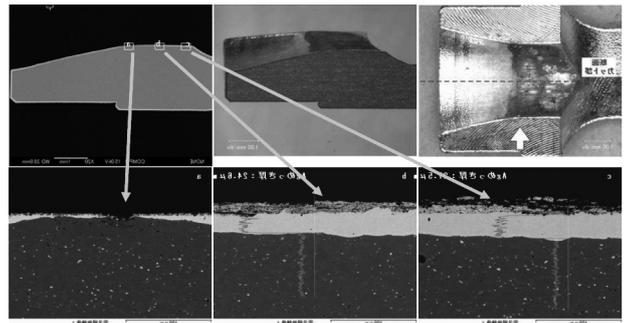


図6 挿抜摩耗の進行した接続領域

図7は当社充電コネクタの挿抜耐久性をUL2251に基づく泥塩水挿抜試験にて検証したものである。電気接続抵抗は30,000サイクルを超えて安定であり一般形状端子に

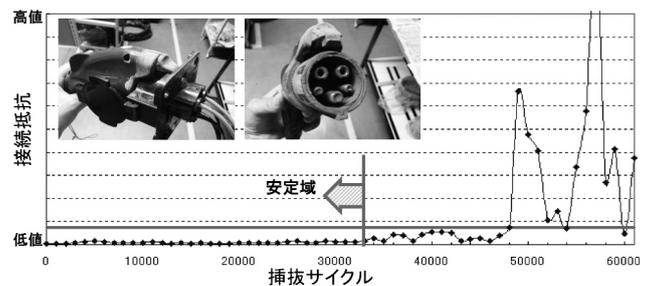


図7 泥塩水挿抜での限界確認試験

比して3倍以上の長寿命を得ている。接続接点の損傷は充電中の過剰発熱による溶損や火災等の重大事故につながるため、本耐久性の持つ意味合いは非常に大きい。

4. 工法上の特徴と寸法安定性

図8に示すように端子接続部の正面断面形状は接続前においては非円形で接続後に相手側ピン径に合わせた円形状となるように設定される。

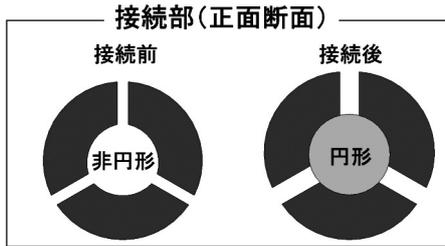


図8 接続部の正面形状

図9に接続端子の製作加工工程を示す。一般形状端子は外削／内径ドリル加工／スリット切りまでを切削加工で行った後、最終の接続部成形（図8形状）を別工程の絞り加工によって行う。一方で当社独自形状端子は独自開発の特殊工具とプロセスにより最終の接続部成形までを含めて絞り加工無しの切削加工の一貫工程により製作する。

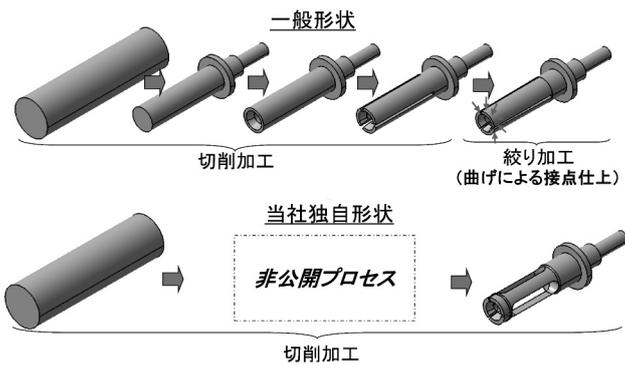


図9 接続端子の製作加工工程

当社独自形状端子の接続接点は絞り加工によらない切削加工にて成形されるため、曲げの残留応力に影響されることがなく優れた寸法安定性を有する。図10は接続接点部寸法（内接円径）のバラツキを度数分布ヒストグラムで比較

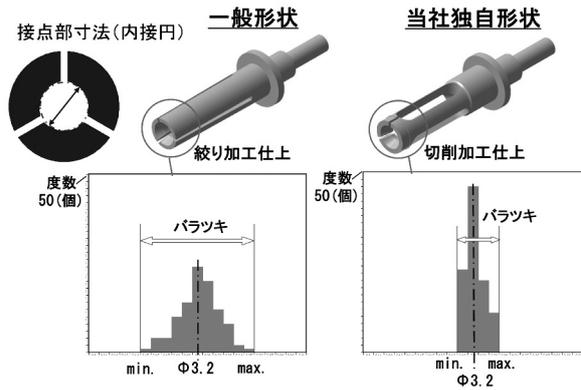


図10 接続接点の寸法安定性

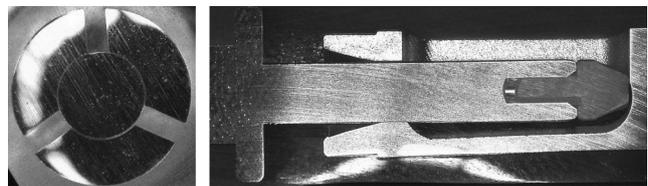


図11 当社独自形状端子の接続状態

検証したものである。当社独自形状端子は一般形状に比して3分の1以下のバラツキに収まっている。接続部位の寸法精度は接続性能の安定にとって非常に重要であり図11の写真に示すよう正面断面および軸方向断面とも良好な接続状態を確保している。

5. 表面処理

既述の通り充電は主として屋外にて行われるため、降雨や潮風のような腐食環境に宿命的にさらされる。図12は高濃度塩水への浸漬と空中暴露を繰返しながら、接続端子の電気的接続性能の安定性を評価したものである。家電コン

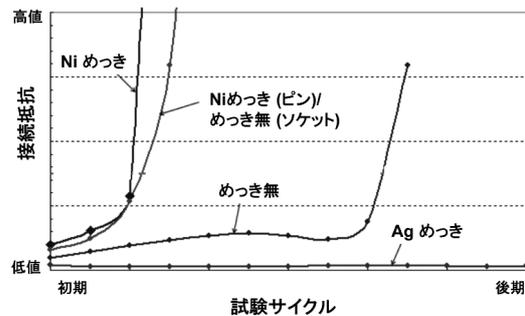


図12 表面処理と電気的接続性能

セントでよく見られるNiめっきもしくはめっき無の表面状態においては絶縁酸化膜の生成を要因と推定される接続抵抗の上昇があるが、Agめっきにおいては影響をほとんど受けず安定である。屋外環境を前提とする充電コネクタにおいてAgめっきの電氣的接続安定性は非常に安心であり、当社製接続端子においても採用している。

6. 結 言

当社は電気自動車（EV/PHV）用充電コネクタの開発にあたり接続端子に独自の構造工夫を施すことで屋外想定環境での高い挿抜耐久性能を実現し、従来型の一般形状端子に比較して3倍近い長寿命を得ることができた。また工法においても独自の工夫を行い、切削加工の一貫工程によって接続部の寸法を安定させることにより品質向上の成果も得た。当社充電コネクタは2012年より量産生産を開始、各地域安全性認証（米国UL認証／欧州CEマーキング等）を取得の上各国へ対応している。今後環境対応に優れた電気自動車の普及とともに当社充電コネクタの活躍の場が益々拡がることを期待する。



写真1 当社充電コネクタの愛用者（ドイツ）

用語集

※1 EV

Electric Vehicle：電気自動車のこと。近年、資源制約や環境問題への関心の高まりを背景に注目を集めている。ガソリン自動車が燃料をエンジンで燃焼させ、車を駆動させるのに対して、電気自動車は電動モーターで車を駆動させる。

※2 PHV

Plug-in Hybrid Vehicle：外部電源から充電できるタイプのハイブリッド自動車で、走行時にCO₂や排気ガスを出さない電気自動車のメリットとガソリンエンジンとモーターの併用で遠距離走行ができるハイブリッド自動車の長所を併せ持つ自動車。

※3 元素マッピング

elemental mapping：特性X線を用いた元素分析の一方、特定のエネルギーのX線の計数率を信号として電子プローブを走査することで、各点からのX線放出量の違いを画像化したもの。

参 考 文 献

- (1) 充電コネクタ規格書、IEC62196-1、-2
- (2) 充電コネクタ規格書、UL2251
- (3) 充電コネクタ規格書、SAE J177

執 筆 者

清水 徹*：SUMI REMA EV Solutions GmbH
Program Manager



高田 明典：住友電装(株) 第2事業部 グループ長



近田 一元：住友電装(株) 第2事業部 グループ長



*主執筆者