

# 鉄道車両用電子機器の製造中止部品の 代替品選定と調達方法



山崎 清孝

YAMASAKI Kiyotaka

電子部品の改廃サイクルは短いもので2～3年、特別なものを除けば、長いものでも10年程度で、鉄道車両のライフサイクルである20～40年よりもはるかに短い。このため、電子部品が破損した場合、破損したものと同一形式の電子部品が製造中止となっていて入手できないことが多々あり、電子機器保守上の問題点の一つとなっている。本稿では、製造中止となった電子部品の入手と代替について解説する。

キーワード：電子機器、電子部品、代替、入手

## 1. 電子部品のライフサイクル

電子部品は、一般的には新製品として販売開始されたのち、一定期間は電子部品メーカーから供給されるが、市場動向により販売数が減少し続けたり、より高性能の後継品が開発されたりすると、「新規設計非推奨 (NRND: Not Recommended for New Design)」扱いとなり、製造中止が検討される。そして、「生産終了予定 (End Of Life Announced)」が発表された後、その電子部品は「製造中止」いわゆる「OBSOLETEまたはDiscontinued (通称「ディスコン」)」となる。そして一部品種では、「保守品種」等に指定されて在庫限りとなる。保守品種在庫が保守用に出荷されて無くなると「廃止品種」となり、製品としてのライフサイクルの終焉を迎える。

電子部品の製造中止は、電子部品メーカーの都合で一方的に決まることがほとんどで、電子機器メーカーが対応に苦慮することも少なくない。ごく一部の電子部品では「保守品種」に指定される前に、電子機器メーカーの

うち大口需要家を対象に、最終生産量の確認が行われることもある。電子機器メーカーは、出荷した自社製品の性能維持に必要な部品（以下、「性能維持部品」）を保守用として自衛的に長期間保存しているが、その種類は多数であり、鉄道車両機器のように長期にわたって使用されるものでは、性能維持部品を電子機器メーカーとして何年間保存すべきかが課題となっている。

## 2. 問題となる電子部品

鉄道用電子機器の故障が発生すると、エンドユーザーである鉄道事業者からの修繕依頼があることから、鉄道車両用電子機器メーカーは保守用として性能維持部品を長期間保管している。性能維持部品は、主として代替品が少なく、また、在ったとしてもその代替品検討に労力のかかる半導体を中心である。電子機器メーカーは設計情報がある程度社内に保存していることから、最悪でも電子部品の代替品を選定したり、プリント基板など機能ブロック単位で代替品を製作したりして、鉄道事業者に提供してきた。このため、鉄道事業者から見た場合、致命的な問題点はこれまであまり発生しなかった。

しかし、技術革新に連動して電子部品が多様化し、極めて多品種となったこと、電子部品のライフサイクルが短期間化したことなどから、電子部品メーカーが製造中止した電子部品が多数発生してきた。さらには、保守用電子部品の保管コストが無視できなくなり、電子機器メーカーが性能維持部品を保有し続けること自体が困難になってきた。また、機器組み込み型電源装置のように、外部調達することが多いものでは、電子機器メーカーは仕様書レベルの情報しか持ち合わせておらず、保守用電子部品までは保管していない。この結果、鉄道事業者が

株式会社ジェイアール西日本総合ビルサービス設備管理部長



写真-1 製造中止電子部品の例

らの電子機器修繕や電子部品供給の要請に電子機器メーカーは必ずしも応えられなくなってきており、鉄道車両の保守上、支障をきたすようになってきた。

製造中止となり入手困難となった電子部品としては、セレン整流器、ゲルマニウム・ダイオード、ゲルマニウム・トランジスタ、ユニジャンクション・トランジスタ、大電力ツェナー・ダイオード（定電圧ダイオード）、平形シリコン整流素子、平形サイリスタ、スタッドタイプのシリコン整流素子（特に、旧ねじピッチのもの）、ハーメチックシールタイプの電力用トランジスタ（外形がTO-3など）、0.5W級トランジスタ（外形がTO-39など）、リード線タイプの小信号用トランジスタ（外形がTO-92など）、ハーメチックシールタイプのダイオード、DTL、HTL、小容量EEP-ROM、専用厚膜IC、大電力用半固定抵抗器、水銀リレー、チューブラータイプの電解コンデンサ、オイル・コンデンサ、MPコンデンサ、スチロール・コンデンサ、初期型LEDドットマトリックス・ディスプレイ、ニキシー表示管、蛍光表示管、専用モジュール、初期型液晶表示パネル、SRAM-PCカード、一部のコネクタなどがある。

### 3. 電子部品の入手と代替フロー

保守上必要となった電子部品の入手と代替については、図-1のようなフローで対応する。以下、各ステップ別に解説する。

#### (1) 同一形式品のメーカー生産確認

まず、破損した電子部品の形式名を現品表示や資料から特定する。外形の大きな電子部品では形式名が現品表示されているため、容易に形式名を知ることができるが、外形の小さな電子部品や固定抵抗器ではメーカーや形式名を知ること自体困難であり、一定の技術的な知識が必要となる。

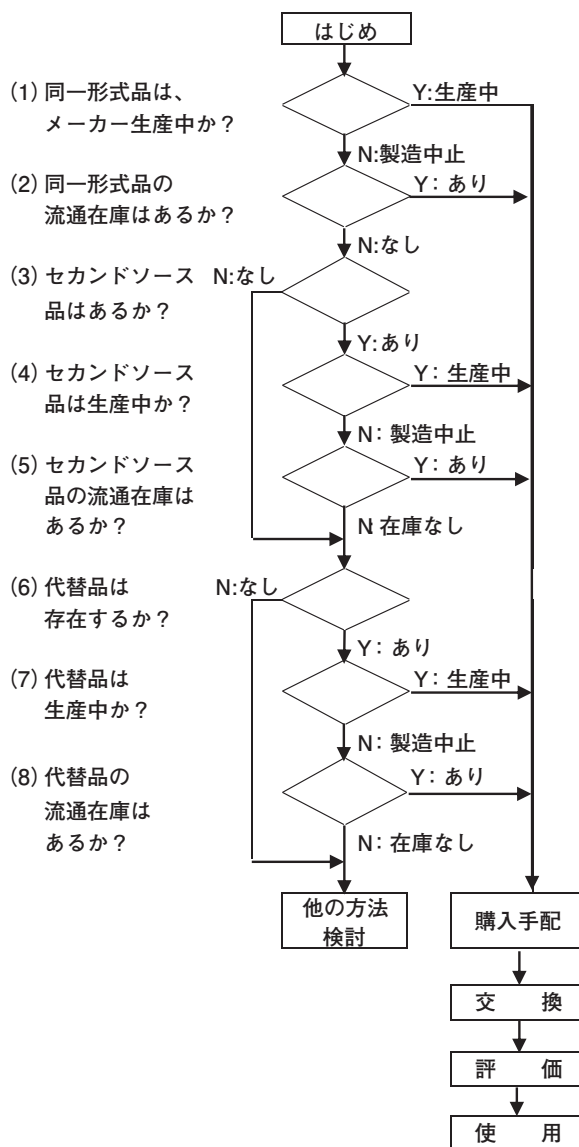


図-1 電子部品入手フロー

形式名が判明すれば、その形式品が当該電子部品メーカーで生産中かどうかを照会する。生産中であれば、メーカーの代理店等を通じて購入する。発注に当たっては、同一形式品を入手するため、形式を詳細に指定しなければならないことが少なくない。一例を挙げると、バイポーラトランジスタであれば形式名に加えてhFE（エミッタ接地で動作させたときの順方向電流増幅率）の範囲区分、同一形式であっても異なる外形のある半導体であれば外形およびリード線の形状、OPアンプであれば外形、フォト・カプラであれば電流伝達率（CTR）の区分、ツェナー・ダイオードであれば細別電圧区分まで最低限指定しなければならない。

また、発注に当たっては品質保証付きとすることが望ましいが、保守場面では少量発注となることとコストが著しく高くなることから品質保証付きとすることが困難な場合が多い。

## (2) 同一形式品流通在庫品の入手

破損した電子部品と同一の形式品が生産中止となっていた場合は、電子部品商社などで保有している流通在庫品を入手する。流通在庫はインターネット上で容易に照会でき、40年以上前に生産された電子部品を入手できる場合もある。このような電子部品はメーカーの品質保証付きではないため、品質不良が懸念されるとの意見があるが、受け入れ検査をして流通在庫を保守用に使用することはトータルコストから考えて十分メリットがある。

かつて日本国有鉄道においては、信頼性維持のため、半導体は品質保証付きで購入することとなっていた。そして、このような半導体は、品質保証をするための試験費分だけ高価となっていた。しかし、電子機器保守の現場では、電子部品取り扱い商社から無保証の安価な半導体を購入し、そのまま使用してきたという実績がある。これは、同一形式半導体は原則としてその開発メーカーしか製造しておらず、このようにしても致命的な問題は起こりにくいからである。

## (3) セカンドソース品の有無検討

同一形式品が入手できない場合は、セカンドソース品の使用を検討する。セカンドソース品とは、一般に、最初に開発された電子部品（特に半導体）とほぼ同一仕様、同一性能であって、他社が製造した電子部品のことを言う。セカンドソース品が存在する電子部品は、TTLやC-MOSなどのロジックIC、OPアンプ、三端子レギュレータ、電圧標準発生用IC、タイマーICなど、主として汎用で大量に使用される半導体電子部品に多いが、全ての電子部品にセカンドソース品が存在するわけではない。

セカンドソース品は最初に開発、製造されたものと完全に同一定格・同一特性ではないため、使用に当たっては、当該用途に対する代替性の確認、検証が必要である。これは、元々の電子部品とセカンドソースの電子部品とでは、基本的な動作ではほぼ同一特性であるが、内部等価回路が異なっていたり、微妙なところで特性が異なるため、雑音が重畳した場合、過大信号が入力された場合、電源投入時など過渡現象により挙動が変わる場合などで、まれに意図しない動作をするからである。一般的な使用方法であれば問題は少ないが、特殊な使用方法の場合はサンプルを入手し、一定の動作試験や評価を行ってから本格使用する。

なお、近年、日本メーカーの半導体を模した中国製の半導体が大量に出回っており、相当の注意が必要である。このような半導体は、外形や型番、メーカー名等の表記はオリジナルメーカーと同様であり、セカンドソースとは言えず、模造品と言うべきものである。中には、本来

A社製のものしか存在しないにもかかわらず、B社名の表記がなされているものさえある。これらの製品は、元々の定格や特性を満足していないことが多く、国内半導体メーカーも注意喚起しているが、外見上はほとんど正規品と区別がつかないことと安価であることから、知らずして本物と思って使用しているケースもある。具体的な問題点としては、耐電圧の不足、増幅率の不足、劣悪な周波数特性や直線性、大きな漏れ電流が挙げられる。

この問題を避けるためには、CQ出版社の半導体規格表で開発メーカーを調べ、それ以外のメーカー製を避けることが最低限必要である。

また、「Savant IC Semiconductor」、「JMnic」、「Inchange Semiconductor」、「SUMITOMO」（日本の「住友」ではない）、「New Jersey Semiconductor」、「Wing Shing Computer Components」などが製造した互換品も避けるべきである。

## (4) セカンドソース品の生産確認と入手

最大定格や電気的特性を相互に比較し、元使用品の代わりにセカンドソース品が使用できることが判れば、生産中かどうかをメーカーに照会し、電子部品商社を通じて入手する。

## (5) セカンドソース品流通在庫の入手

セカンドソース品が生産終了であれば、市中の電子部品商社の流通在庫から入手する。

## (6) 代替品の検討

セカンドソース品も入手できない場合は、代替品の検討を行う。代替品は元々使用されていた電子部品の定格、特性を上回るものであって、物理的に取り付けが可能なものから選定する。選定に際しては、多面的な検討が必要である。検討の具体例については、文末の参考文献を参照していただきたい。

## (7) 代替品の入手

代替品が生産中であれば、電子部品商社経由で入手する。

## (8) 代替品流通在庫の入手

代替品が生産終了であれば、その流通在庫を入手する。大量に必要な場合は、4章で示すようにユニットやプリント基板単位での代替を検討した方が良い。

## (9) 取り換え後の評価

破損した電子部品を正常なものに交換した後は、電子機器全体が正常に機能しているかどうかを検査し、その結果を元に機器としての使用の可否を判定する。

## 4. 他の方法の例

同一形式部品、セカンドソース品、代替品のいずれもが入手できない場合は下記の方法とする。

## (1) 部品取り

他の故障機器、廃用機器から同一形式部品を取り外し再利用する。いわゆる「部品取り」と言われている方法であり、故障機器が2台以上ある場合、1台の故障機器から複数の部品を取り外して他の故障機器の修繕に使用する。この方法では、数台の故障機器を修繕部品待ちとするよりも未稼働機器が少なくなることや代替品の検討が不要となるメリットがある。

なお、はんだ付けされた電子部品を取り外す際、作業者の技能が低いと電子部品やプリント基板にストレスを与え、後日の故障誘発原因となるので注意を要する。電子部品取り外しには、電動ポンプ吸引式はんだ吸い取り器が最低限必要である。

## (2) 機能互換回路による代替

古い鉄道車両用電子機器の一部には大電力ツェナー・ダイオードが使用されている。3W以上の定格損失のツェナー・ダイオードは生産中止されて久しいが、取り付け互換性の問題を解決できれば、定電圧ICとトランジスタ等との組み合わせ回路により、容易に任意の電圧のツェナー・ダイオード互換回路を構成可能である。

## (3) 互換性のある機器、ユニット、基板による代替

破損した電子部品単位ではなく、当該電子機器のユニットやプリント基板単位で、同一の機能のものを新規に設計または選定して対応する方法である。新規設計品が確実に代替できているかどうかの検証が設計時および使用開始時に必要であり、機器を製造した電子機器メーカーでないと設計仕様が残っておらず、原則としてそのメーカーしか対応できない。

比較的容易なのは、機器組み込み電源装置の代替品検討である。定格電圧、定格電流、出力の立ち上がり順序、リップル電圧等を回路図や使用ICを元に検討する。

## 5. 電子部品代替品の選定方法

## (1) 電子部品代替品選定の考え方

前述したように、セカンドソース品も入手できない場合は、当該電子部品の後継品等を参考に代替品を選定して使用することになる。以下、電子部品の代替品選定の進め方を示す。

まず、当初の設計時は、耐電圧、許容電流、増幅率等に関する設計上の要求仕様 (A) と当初の電子部品の定格・特性 (B) が

$$A < B = (1+a) A \quad \text{ただし} \quad a > 0 \quad (1)$$

となるよう当初の電子部品を選定している。 $a$  を0以上の値とし、余裕をもってその電子部品を使用することをディレーティングと言う。 $a$  の値を1以上とすることも少なくない。

電子部品の代替に当たって、基本的には代替品の定格・特性 (C) が全ての項目で設計上の要求仕様 (A) を上回っていれば良い。すなわち、

$$A < C = (1+a') A \quad \text{ただし} \quad a' > 0 \quad (2)$$

とすれば良い。

ここで、電子機器が出荷されてから相当の年数が経過している場合は、電子機器のユーザーである鉄道事業者や保守会社など電子機器メーカー以外が、電子機器に使用している一つひとつの電子部品について、設計上の要求仕様 (A) やディレーティングの係数  $a$  を知ることは事実上不可能である。また、仮に入手できたとしても、それは全ての設計情報を包含しているわけではないため、設計者 (設計会社ではなく実際に設計した技術者) 以外が完全な代替品の検討をすることは困難である。

そこで、現実的には、当初の電子部品の定格、特性よりも代替品のそれが上回っていれば、すなわち

$$B < C \quad (3)$$

であれば、代替品として使用可能と判断する。この場合、

$$A < B < C \quad (4)$$

となる。この方法では、 $a$  の値が判らなくても、対象機器や対象素子、その使用部位によらず、かなりの場合、代替品を選定することが可能である。問題点としては、CがAを大幅に上回り経済的でない場合があること、代替品選定に当たって全ての検討項目を網羅できていない場合があることである。

## (2) 電子部品代替に当たっての検討項目

電子部品の代替品検討に当たって重要な検討項目は下記のとおりである。

## ① 電氣的定格・特性

許容電圧、許容電流、許容損失、増幅率、漏れ電流、寄生容量、直線性、過渡特性、応答周波数等

## ② 機械的定格、その他特性

はんだ付け耐性、熱抵抗、温度上昇限度等

## ③ 取り付け互換性

外形寸法、リード線ピッチと太さ、端子やピンの形状と配列、固定方法、締めつけトルク、実装方法、放熱板・放熱器取り付けの有無、ケース絶縁の有無、実装部位の周辺状況等

## ④ 当面の入手性と今後の供給状況

代替品選定には一定の手間がかかる。したがって、同一部位に対して、毎回異なった代替品を探すことは避けるべきである。また、同一部位に対して複数の代替品があることは電子機器管理上も問題である。よって、代替品はこれらの条件を満たすとともに、一定期間は継続的に入手できるようなものを選定すべきである。

半導体の代替品選定に当たっては、CQ出版社の半導

体規格表シリーズ等を使用し、もともと使用されていた半導体の特性を調査する。つぎに、代替品として使用できそうな候補を抽出し、半導体メーカーや下記のサイトを利用するなどして詳細特性を入手する。そして、特性を比較して代替の可否を決定する。

<http://www.datasheetcatalog.com/>

<http://www.alldatasheet.com/>

<http://www.datasheetarchive.com/>

<http://www.datasheet4u.com/>

<http://www.datasheet5.com/>

<http://www.datasheetlib.com/>

<http://jp.ixxiu.com/>

なお、半導体の個別データを紹介する上記サイトの中には、マルウェア (Malware、不正プログラム) が仕込まれた広告が掲出されていることもあるため、注意が必要である。

### (3) 代替品選定上の注意

基本は、代替品の定格や特性が従来品よりも上回っていることである。一般的には、絶対最大定格および主要特性の各項目について、使用方法をもとに比較検討する。

数値が上回っていた方が良いものは、許容電圧、許容最大電流、許容損失、応答周波数、増幅率などである。

数値が下回っていた方が良いものは、漏れ電流、飽和電圧、オフセット電圧、オフセット電流、立ち上がり時間、寄生容量、熱抵抗などである。

数値のばらつきが小さく、直線性が良い方が良いものは、増幅率、ゲート電圧、ツェナー電圧、温度係数、電流伝達率などである。

特別な特徴点が優れていた方が良いものは、肩特性、立ち上がり特性などである。

全ての項目に渡って代替品の性能が旧品と同等以上であれば、代替可能と判断する。なお、このような場合であっても、まれに代替ができない場合がある。例えば、より増幅率が大きいもので代替したために、全体の利得が上がり過ぎて不安定になるような場合である。

また、保護用として使用されている電子部品の代替品検討には特に注意が必要である。保護用電子部品は自身が外来エネルギーを吸収したり、自身が破損したりすることによって他の電子部品を保護することがほとんどである。このため、定格が従来品を上回るよう保護用電子部品を変更すると本来の保護がなされなくなる場合がある。

保護用電子部品としては、ヒューズ、ZnRバリスタ、SiCバリスタ、ヒューズ抵抗、放電管、放電ギャップ、電力用サーミスタ等がある。なお、コストダウンを目的として、一般用電子部品であってもそれを保護用として使用する場合があります、注意が必要である。

## 6. 必要な資料

電子機器保守用電子部品の代替に当たって必要な資料は、書籍やインターネット上に豊富に存在する。CQ出版の書籍は実践的なものが多く参考となる。また、同社は複製版書籍を多数出版しているが、これらは20年以上前の鉄道車両機器の保守の参考となることが多い。筆者は数十冊の書籍とインターネット上の資料情報のみで代替品の検討を行っている。

## 7. おわりに

多くの鉄道事業者が、新製から20年以上経過した鉄道車両用電子機器の保守に苦慮している。特に、たった1個の電子部品が入手できないことにより、その電子機器が使用できなくなることは大変残念である。

筆者は、現場の保守技術者からの要請に応じて車両機器の電子部品代替の検討を実施し、数千円の部品代のみで数十万円相当の車両機器を修繕してきた。電子部品の入手と代替については一定のノウハウが必要であるが、是非とも簡単なものからチャレンジしていただきたい。ほんの少しの努力によってかなりの成果が得られる分野であるからである。

本稿が鉄道事業者による鉄道車両用電子機器保守拡大の契機となることを願ってやまない。

## 【参考文献】

- 1) 電子機器保守用電子部品の入手と代替 (その1) ~ (その6), 日本鉄道車両機械技術協会誌Rolling stock & machinery, 2009年2月号~12月号
- 2) 電子機器保守用電子部品の入手と代替の実例 (その1) ~ (その2), 日本鉄道車両機械技術協会誌Rolling stock & machinery, 2010年10月号~2010年12月号
- 3) 電子機器保守用電子部品の入手と代替の実例 (その3) ~ (その5), 日本鉄道車両機械技術協会誌Rolling stock & machinery, 2014年6月号~9月号