

電池用保護部品

竹川 博紹*

フィルム型サーモプロテクタ

温度ヒューズとは、機器の発熱を感知し、回路を遮断する過熱保護部品である。

温度ヒューズは最終安全部品として位置付けられるように、火災に至る可能性のある重大な事故を確実に防ぐ目的で使用されるものであり、動作後に復帰することはない。

この点では電流ヒューズと同様であるが、動作形態が異なる。電流ヒューズは、過電流による自己発熱を利用してヒューズエレメントを溶断させて回路を遮断させるが、温度ヒューズは内部抵抗値が非常に低いので、電流による自己発熱はほとんど無く、通常は周囲の温度上昇のみで可溶体を溶断させて開路するものである。

ここに説明するサーモプロテクタ（写真1）は、基本的には温度ヒューズである。しかし、温度ヒューズ機能に加えて電流ヒューズ的機能も兼ね備えたものである。

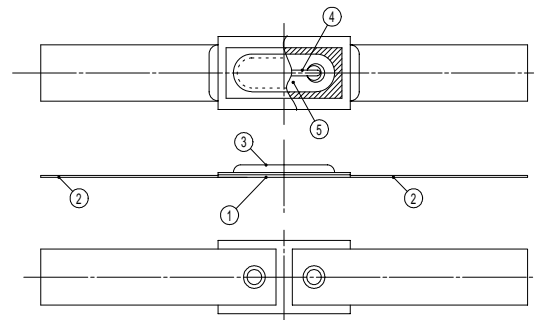
フィルム型サーモプロテクタは、従来の温度ヒューズに比べて、よりいっそう内部抵抗値をコントロールすることにより温度ヒューズ機能+電流ヒューズ的機能を実現している。また、その形状を厚さ1mm以下の薄型形状とすることにより、限られたスペースへの取り付けを可能にしている。

いったん異常状態になったリチウムイオン電池を再び使用することは好ましくないとした考えのもと、フィルム型サーモプロテクタは、リチウムイオン電池の過充電保護部品として重要な役割を担っている。

* 内橋エステック株式会社
技術部 次長



写真1．サーモプロテクタTS2N



	ベースフィルム	P E T
	リード端子	ニッケル
	カバーフィルム	P E T
	可溶体	低融点合金
	フラックス	特殊樹脂

図1．サーモプロテクタの構造

フィルム型サーモプロテクタの構造

フィルム型サーモプロテクタの構造を図1に示す。

通常合金型と呼ばれる温度ヒューズの本体には、セラミックパイプや樹脂ケースが使用されており、リード線には、線状のめっき銅線が用いられている。

これに対し、フィルム型サーモプロテクタは、本体をPETフィルムなどの熱可塑性樹脂とし、また、リード線を薄型のリード端子とし、全体形状の薄型化を図った構造にしてある。

リード端子には、溶接による取り付けを考慮してニッケル（Ni）を、または、はんだ付けによる取り付けを考慮して銅系の材料を使用している。

表1．フィルム型サーモプロテクタの定格

タイプ	公称動作温度 T _F ・T _f []	動作温度 []	T _H T _h T _C []	T _M T _m []	電気定格		UL-1020 E50082
					電流 [A]	電圧 [V _{DC}]	
T A 1	97	93 ± 2	60	150	1	40	○
T A 2	98	94 ± 2	60	150	2	40	○
T A 4	98	94 ± 2	60	150	4	40	○
T S 2 S	93	89 ± 3	60	150	2	40	○
T S 1 N	97	93 ± 2	60	150	1.2	40	○
T S 2 N	98	94 ± 2	60	150	2	40	○
T S 1 E	108	104 ± 3	70	150	1.5	40	○

表2．フィルム型サーモプロテクタの動作温度

タイプ	試験数量	動作温度 []			
		平均値	最小値	最大値	標準偏差
T A 1	30	93.13	93.0	93.2	0.055
T A 2	30	93.25	93.1	93.4	0.097
T A 4	30	93.36	93.2	93.7	0.115
T S 2 S	60	88.49	88.1	89.0	0.173
T S 1 N	60	93.05	92.9	93.2	0.085
T S 2 N	60	93.12	92.9	93.3	0.112
T S 1 E	60	103.76	102.9	104.5	0.370

0.1A 以下の電流で 1 分間に 1 上昇するオイル中で測定されたもの。

表3．フィルム型サーモプロテクタの抵抗値

タイプ	試験数量	抵抗値 [m]			
		平均値	最小値	最大値	標準偏差
T A 1	50	13.87	13.1	15.0	0.440
T A 2	50	10.09	9.7	10.6	0.195
T A 4	50	5.71	5.5	5.9	0.086
T S 2 S	60	11.21	11.0	11.6	0.117
T S 1 N	60	13.80	13.3	15.1	0.361
T S 2 N	60	10.53	10.1	11.4	0.326
T S 1 E	60	10.59	10.2	11.0	0.187

本体を挟む 14mm 間を四端子法で測定する。

可溶体は、錫 (Sn) や鉛 (Pb) をベースに、さまざまな元素を添加することによって得られる、比較的低温で溶融する、いわゆる易融合金を使用している。

両リード端子間にこの合金を溶融接合し、さらに動作を長期間にわたって維持するため、ロジン (松脂) を主体としたフラックスを可溶体の周囲に塗布し、これを P E T フィルムで挟む

ようにして、気密性を保つために封止したものである。

動作原理は、周囲温度の上昇および可溶体への通電による自己発熱により融点に達し溶融した可溶体が、表面に塗布してあるフラックスの作用により合金の表面張力が促進され、両端のリード端子に凝縮し分断されるものである。

もちろん可溶体の溶融は、周囲温度の上昇の

みの場合でも、可溶体への通電による自己発熱のみの場合でも、サーモプロテクタは動作する。

フィルム型サーモプロテクタの特性

表 1 にフィルム型サーモプロテクタの基本的な定格を示す。

動作温度は、サーモプロテクタを恒温槽に静置して規定の温度上昇率で恒温槽を昇温させたときの、サーモプロテクタが動作する温度を示すものである。

表 2 に示すように、サーモプロテクタ全体が徐々に加熱される理想的な状態では、どのタイプにおいても動作温度のバラツキはほとんど

、14m とすべて 20m 以下の低い抵抗値である。

サーモプロテクタ本体表面中央部の 20 雰囲気中における自己発熱は、これらの抵抗値に従い、抵抗値が大きいほど自己発熱が大きくなり、図 2 となる。

抵抗 - 温度特性は、サーモプロテクタ TS2S を例にとると、それぞれの通電電流により図 3 となる。サーモプロテクタの抵抗値は、温度による変化が比較的小さく、動作する周囲温度になるとシャープに変化し動作に至る。また、可溶体への通電による自己発熱により動作する周囲温度が大きく変わってくる。

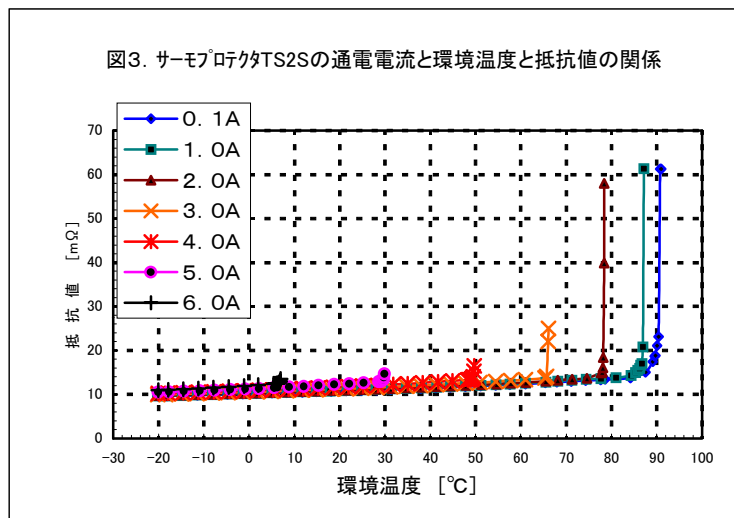
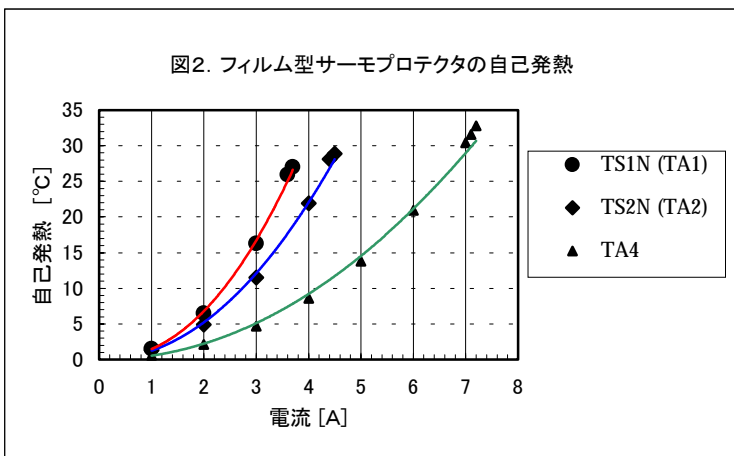
サーモプロテクタの特徴は、電流ヒューズの機能も兼ね備えたことであり、その電流 - 動作時間特性は、サーモプロテクタ TS2S を例にとると、-10、室温、60、80 の周囲温度において図 4 となる。

表 1 の T_H 、 T_h 、 T_C はホールディングテンプであり、サーモプロテクタに定格電流を 168 時間流し続けても動作しない最高保持温度である。サーモプロテクタ TS2S の場合のホールディングテンプは 60 であり、各環境温度による動作しない最大電流は図 5 となる。

表 1 の T_M 、 T_m はマックステンプリミットであり、サーモプロテクタ本体やリード端子に力が加えられない状態で、動作したサーモプロテクタが損傷または再導通することなく 10 分間耐えることのできる最高温度である。フィルム型サーモプロテクタの場合、本体が PET フィルムであることを考慮して 150 としている。

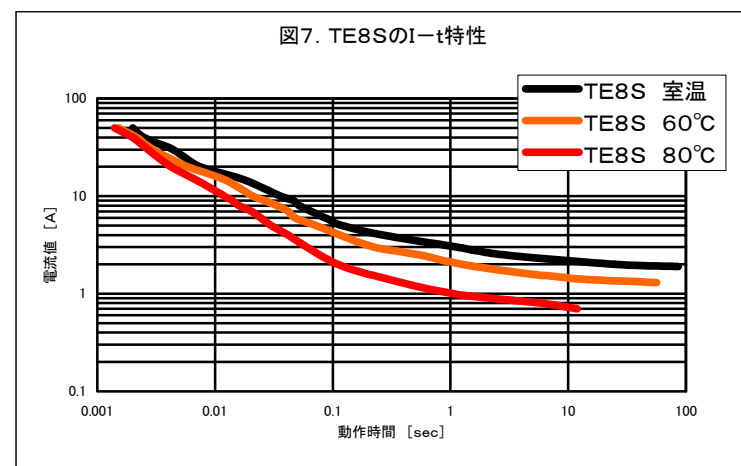
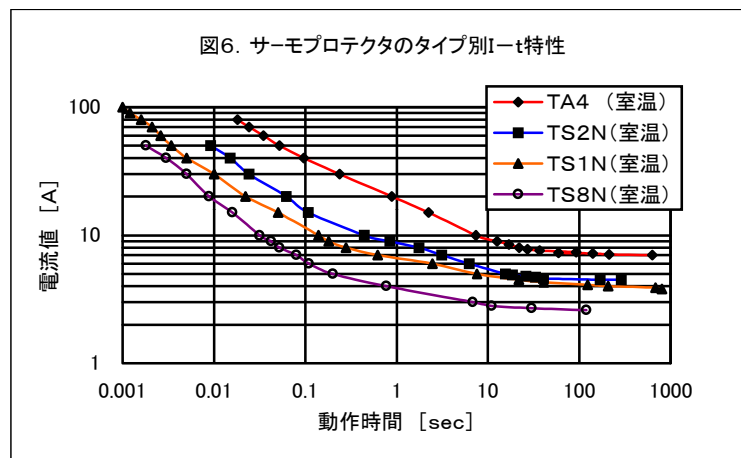
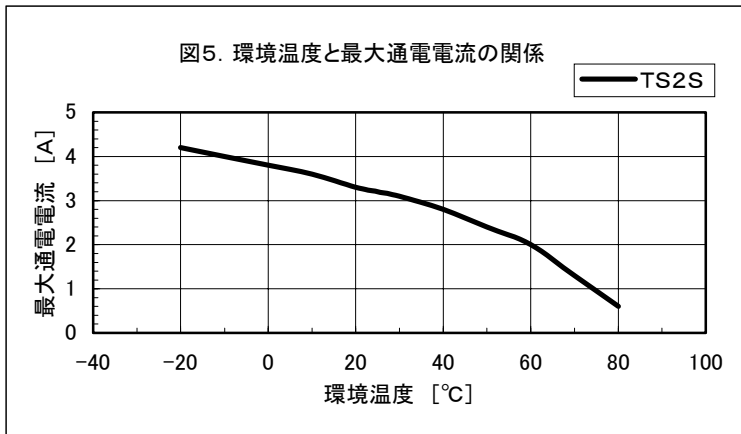
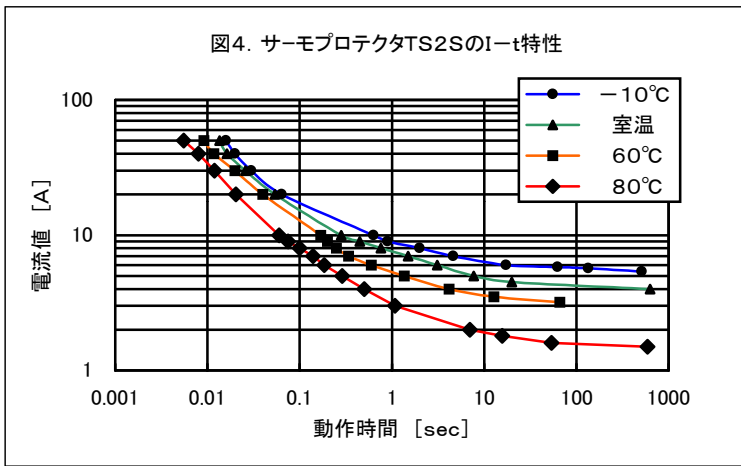
フィルム型サーモプロテクタの特徴

図 6 に示すように、同一の可溶体を用いたサーモプロテクタでも抵抗値の違いにより電流 - 動作時間特性が大きく変わる。過充電



なく、高精度の動作温度が確保されている。

表 3 に示すように、サーモプロテクタの抵抗値は、タイプにより異なるが、約 6m、10m



に対する安全性を考慮するとサーモプロテクタは速く動作する方が望ましい。しかし、サーモプロテクタが簡単に動作することは許されることではない。しかもサーモプロテクタは一度動作すると復帰しないがゆえに非動作の要求項目も多々ある。

電池パックの出力端子がショートされた場合など、過電流が流れると保護回路にて放電電流が遮断される。この過電流検出の遅延時間よりもサーモプロテクタが速く動作してしまってはならない。また、電池が使用されている各機器が要求する環境温度と通電電流、パルス電流をクリアしなければならない。

各電池セル、各用途への過充電保護と非動作項目を満足させる方法の一つとして、サーモプロテクタの抵抗値を変更することにより電流 - 動作時間特性を変更する方法がある。技術的には、図6のTA4 から TS8N まで自由に変更することが可能である。

抵抗値は少し高く (31m) なるが、低電流で動作するサーモプロテクタとしてTE8Sがあり、その電流 - 動作時間特性は、図7となる。

別の方法として動作温度を変更する方法がある。

動作温度を低くすることにより過充電に対する安全性を確保し、かつ耐パルス特性を確保する方法がある。ただし、動作温度を低くすることは、携帯電話の高温車中放置など考えると許されない場合もある。

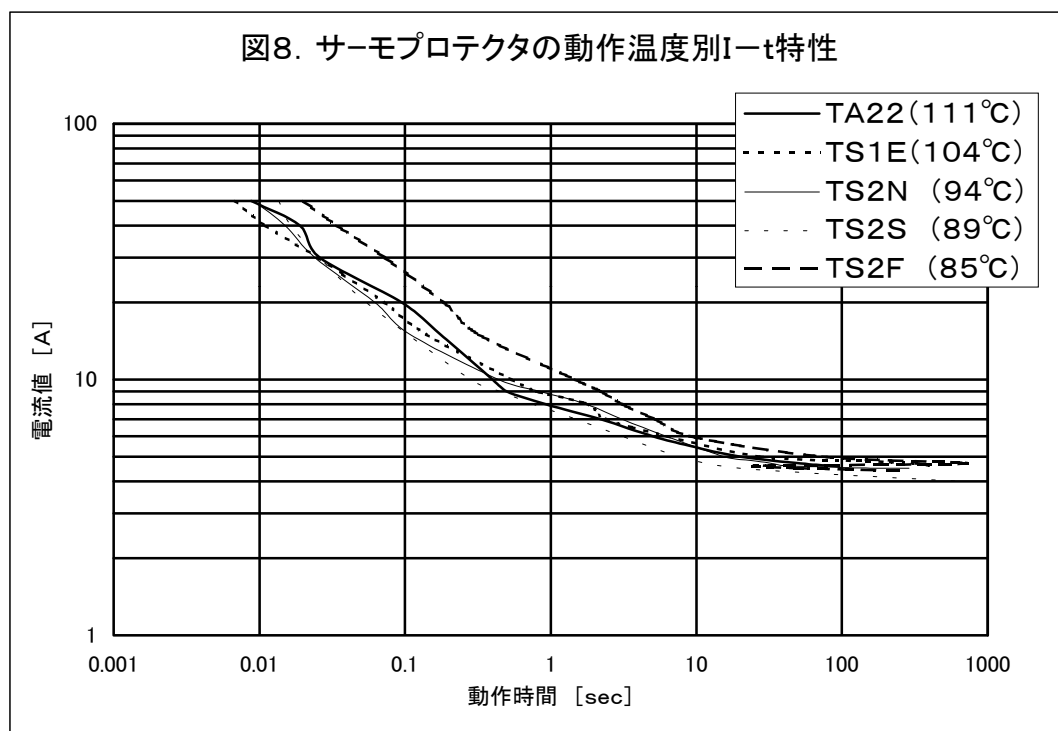
逆に、厳しい高温車中放置 (100 5 時間) においても動作しないサーモプロテクタとして動作温度 104 の TS1E (表1) がある。

動作温度は、合金の組成によりさまざま

まな温度が設定できるが、動作温度のばらつきや長期間使用した場合の信頼性などを考慮すると、使用可能な合金はある程度限定される。現在サーモプロテクタとしては表 1 に示す 89 , 93 (94) および 104 の 3 種の温度帯であるが、さらに動作温度の高いものとして動作温度 111 のもの、また動作温度の低いものとして動作温度 85 のものが可能である。これらの電流 - 動作時間特性は、図 8 となる。

要になる。

一部において、サーモプロテクタの取付工程が課題であるとの声もある。ワンショットであるから使用しづらいという声もある。しかし、ワンショットであるからこそ保護部品として安全性を担えるのであり、サーモプロテクタはリチウムイオン電池にはなくてはならない保護部品として、今後ますます使用されていくものと思われる。



フィルム型サーモプロテクタの今後

リチウムイオン電池の改良が激しく行われる中、また、リチウムポリマー電池が次から次へと開発される中、微妙に異なる各セルの要求に応えられる特性のサーモプロテクタを提供していくことが重要である。また、TA型(TA1, TA2)を一回り小型化したものがTS型(TS1N, TS2N)であるが、ますます薄型化されるリチウムイオン電池、さらにリチウムポリマー電池への取り付けを考えるとサーモプロテクタの小型化、薄型化要求も強くなり、TS型を更に一回りも二回りも小型化、薄型化することも重