

ヒューズの安全な使い方

～ヒューズ選定と、チップヒューズの端子部温度による
デレーティング提案～

部品安全専門委員会

ヒューズアプリケーションガイド改訂TF

有賀善紀(KOA株式会社)

2014.10.20 大手センタービル

目次

1. ヒューズの安全な使い方

電気・電子機器用電流ヒューズの安全アプリケーションガイドより

2. ヒューズの負荷軽減曲線について

テクニカルレポート

“表面実装形電流ヒューズの端子部による温度ディレーティング”より

1. ヒューズの安全な使い方

電気・電子機器用電流ヒューズの安全アプリケーションガイド (JEITA RCR-4800) より

JEITA

電子情報技術産業協会技術レポート

Technical Report of Japan Electronics and Information Technology Industries Association

JEITA RCR-4800

電気・電子機器用電流ヒューズの
安全アプリケーションガイド

Safety application guide on fuse
for use in electronic and electrical equipments

2009年10月制定

作成

電子部品部会
Electronic Components Board

技術委員会
Electronic Components Engineering Committee

部品安全専門委員会
Subcommittee on Electronic Components Safety

発行

社団法人 電子情報技術産業協会
Japan Electronics and Information Technology Industries Association

【適用範囲】

電流ヒューズに適用し、温度ヒューズは適用外。

一般的な電気・電子機器用に使用される電流ヒューズを対象
医療機器, 宇宙・航空機器, 防犯機器, 防災・輸送機器などに使用される電流ヒューズは対象外とする。

【ガイドの構成】

特に電流ヒューズを使用する上で重要な、電気的特性, 選定方法, 使い方のノウハウ, 安全規格に多くのページを割き, 随所に図やグラフ等を載せて感覚的にも分かるように配慮している。

ヒューズは、通常使用時に誤溶断せず、異常発生時には速やかに溶断して保護するという一見, 選定方法については選定フローやグラフ等で詳細に説明している。

また, 使い方のノウハウについては, 確認事項や失敗事例等、具体的な内容を記載。

構成(目次)

JEITA RCR-4800 目次

1. 適用範囲
2. 回路保護部品の種類と電流ヒューズの役割
3. ヒューズの種類
4. 用語の定義
5. ヒューズの構造
6. 電気的特性
7. 機械特性、信頼性、耐候性
8. ヒューズの選定方法
9. 設計上の注意点
10. 実装上の注意点
11. 包装と保管上の注意事項
12. 修理・保全上の注意事項
13. 使い方のノウハウ事例
14. ヒューズの環境対応
15. ヒューズの安全規格と国家認証
16. ヒューズのCMJ登録制度

1. ヒューズの種類
2. 用語の定義
3. 電気的特性/溶断特性
4. 電気的特性/I²t-t特性
5. ヒューズの選定方法
6. 使い方のノウハウ事例



JEITA RCR-4800を基に朱記項目に関して説明させていただきます。

1. ヒューズの種類

ヒューズには色々な種類があり、大きさ・形状・特性が個々で異なります。

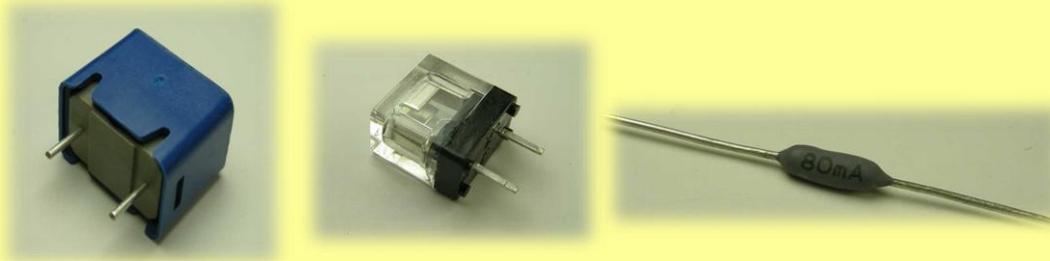
管型ヒューズ



警報用ヒューズ



挿入型
ヒューズ



表面実装型ヒューズ



2. ヒューズの用語

知っているようで知らないヒューズ用語をアプリケーションガイドに記載しております。

ご存じですか？

限流作用？

溶断電流？

遮断電流？

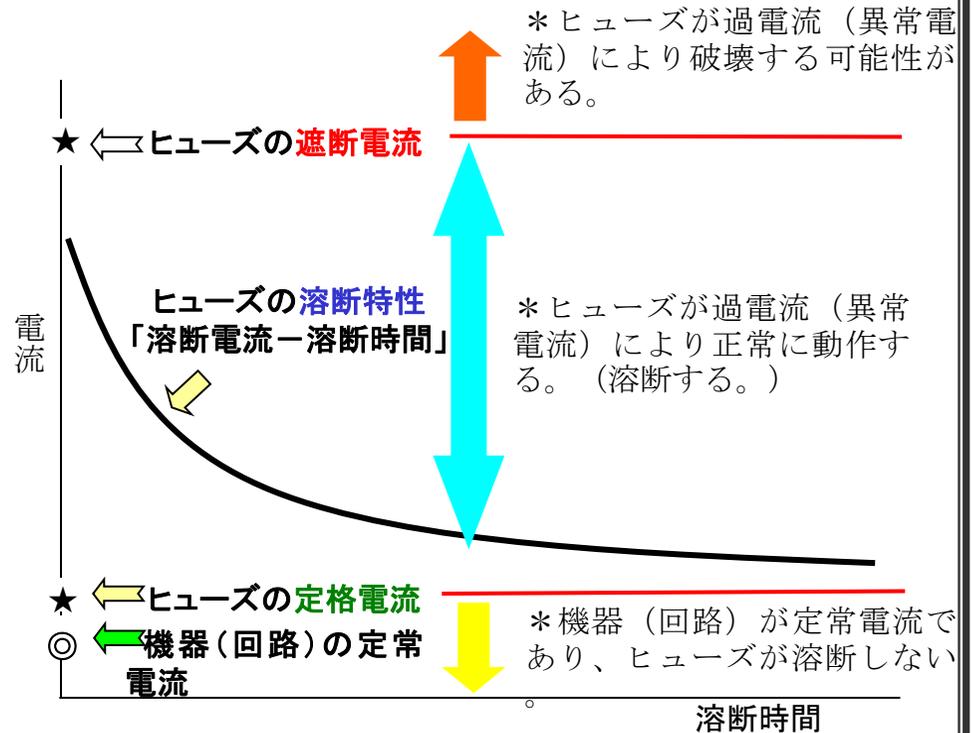
・・・etc



☆ ヒューズは限流作用が特徴

ヒューズとブレーカの違いです。

☆
「溶断電流」
と
「遮断電流」



3. 電気的特性／溶断特性

溶断電流が流れた際にヒューズが溶断するまでの時間を表した曲線図。
速動溶断形、普通溶断形、タイムラグ溶断形等がある。

【 I-T特性 】 溶断の確認用データ

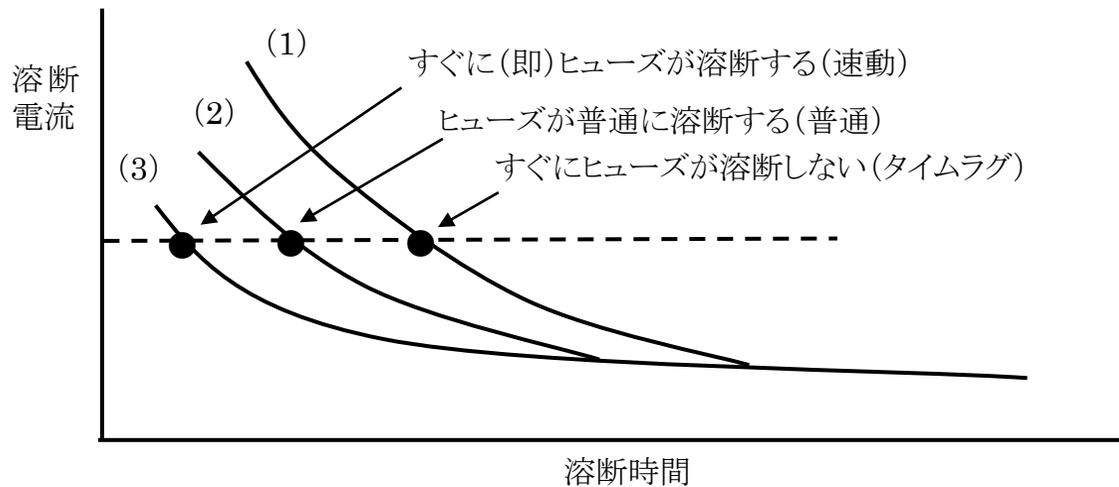
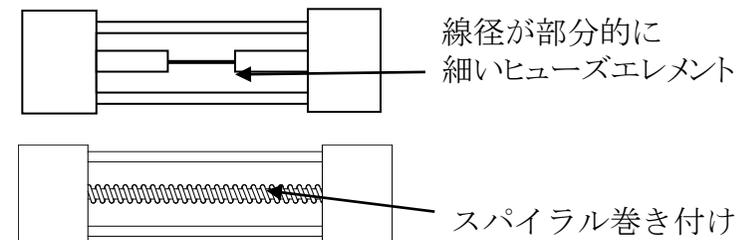


図6-1 ヒューズ溶断特性 ①

速動溶断形 ヒューズ例



タイムラグ溶断形 ヒューズ例



【ポイント】

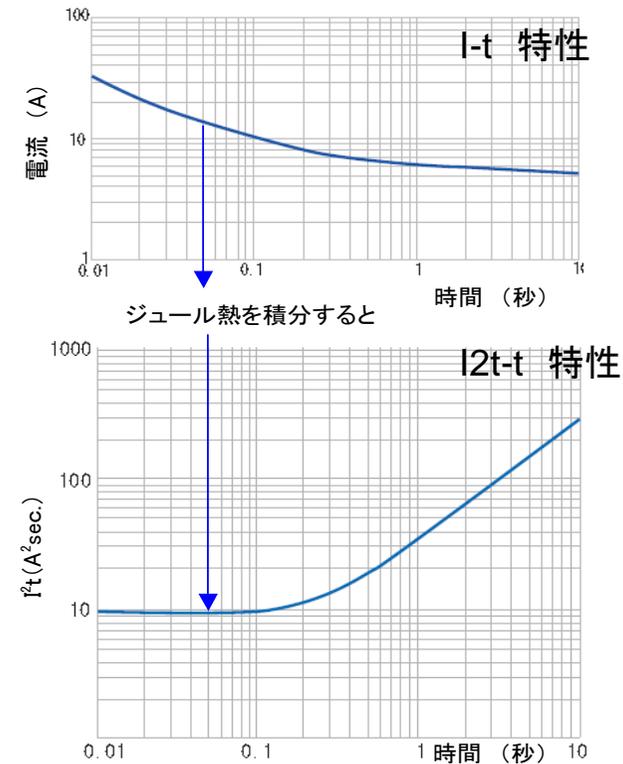
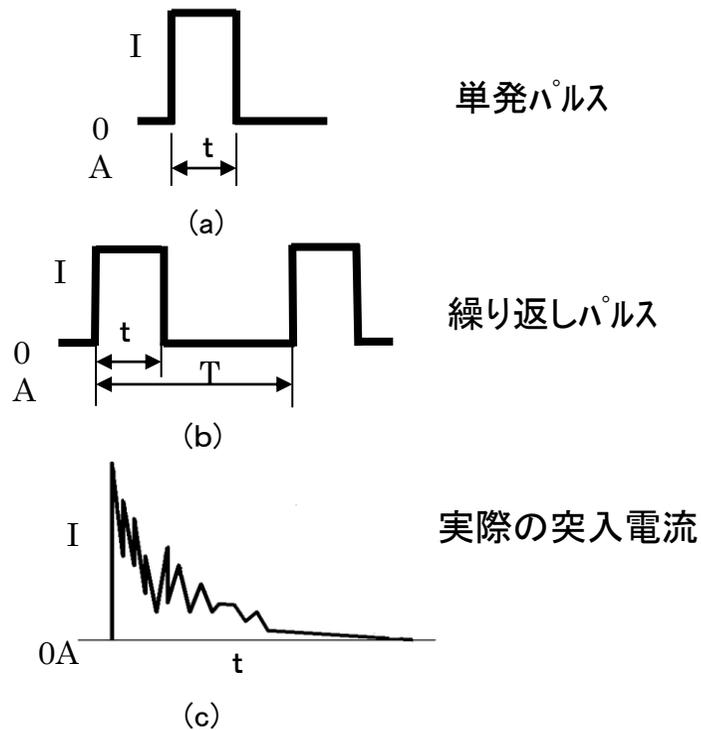
速動溶断形、速断形、普通溶断、遅断形、タイムラグ等、の呼び名が複数あります。
取得している安全規格により異なる。

⇒ヒューズを選定する際は溶断特性図を比較して選ぶ必要がある。

4. 電気的特性 / I^2t-t 特性

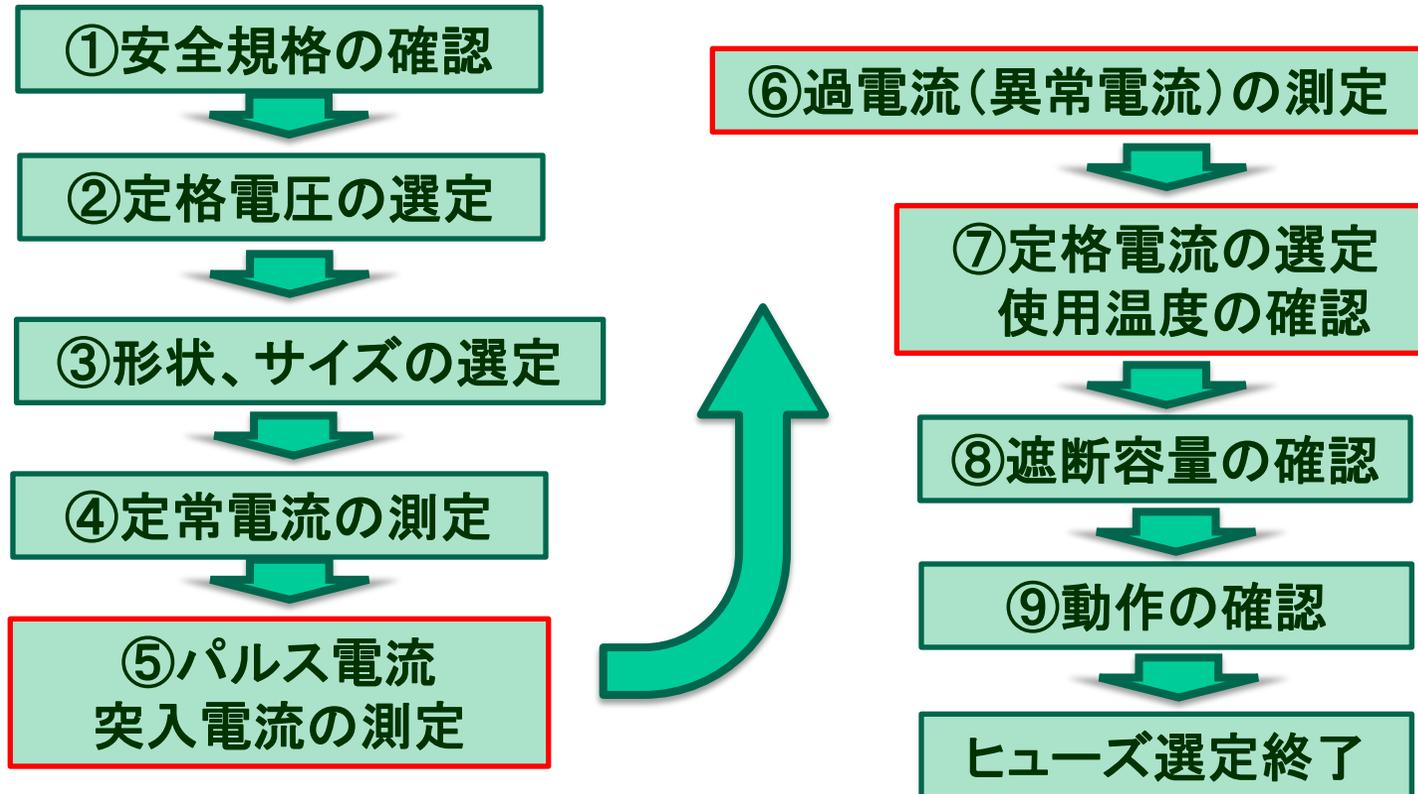
【 I^2t-T 特性 】 不溶断の確認用データ

電流をヒューズが溶断するまでに発生するジュール熱として扱い、その積分値を時間ごとにプロットしたもので、**ヒューズ選定時の単発パルス、繰り返しパルス、及び突入電流に対しての不溶断を確認するデータになります。**



5. ヒューズの選定方法

■選定フロー



ヒューズを安全に使用するために重要な⑤⑥⑦を重点的に説明いたします。

5. ヒューズの選定方法

①安全規格の確認

電子機器の仕向け先により必要な安全規格が異なります。

仕向け国，機器規格の安全性要求及び使用目的に応じた安全規格品を選定する！

【ポイント】

IECとUL等、規格により相違点があり！ 規格の詳細を最新版にて確認。

ヒューズの安全規格

地域	適用規格	記事
日本	電安法 別表第三、J60127	ダブルスタンダード
ヨーロッパ	EN60127	IEC60127に準拠
北米	UL248/CSA22.2 No.248	IEC規格と異なる
中国	GB9364	IEC60127に準拠
韓国	KSCIEC60127	IEC60127に準拠

②定格電圧の選定

【ポイント】

定格電圧を越えた場合は、製品破損、発煙、発火、再導通の可能性があります。

ヒューズを入れる回路電圧に対して十分な定格電圧のヒューズを選定する。

5. ヒューズの選定方法

③形状、サイズの選定

ヒューズを取り付ける位置により、形状、サイズを確認し選定する。

ヒューズの形状には管形、端子挿入形、及び表面実装形などの種類がある。
さらに、専用のヒューズホルダを使用するタイプがあります。

【ポイント】

一般的に製品サイズが大きくなれば定格電圧、遮断容量が大きくなります。

④定常電流の測定

- ・定常的に印加した場合に溶断しない電流(定常電流)を測定する。
- ・電圧変動等により変化する場合は、最も電流の流れる条件にて測定を行う。

【ポイント】

他の部品からのノイズ発生有無を含め、定常的にヒューズに印加される電流の実効値、ピーク値、パルス周期等の変動要因も含め測定する。

5. ヒューズの選定方法

⑤パルス電流・突入電流の測定

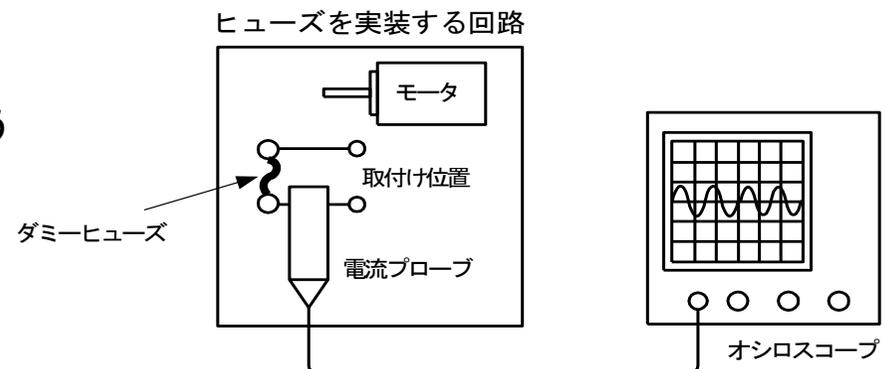
- ・サージ電流, 起動電流, 突入電流, ラッシュ電流及び過渡電流と呼ばれる電源のON/OFF時等に発生する過渡的な電流によりヒューズが切れることがあります。
過渡電流を正確に確認(測定)する必要があります。
- ・ヒューズを取り付ける箇所で, オシロスコープ等を用いて機器の電源ON/OFF時及び不定期で発生するパルス電流波形を測定する。
パルス電流測定は, 最も電流の流れる条件にて測定を行う。

【ポイント】測定方法

電流プローブとサンプリングレートが高いオシロスコープにて最も電流の流れる条件にて測定する。

電流プローブを使用せずに、抵抗による電流測定を行う場合、使用ヒューズの内部抵抗より大きい抵抗値を使用すると、実使用時よりも突入電流が低く測定されてしまう。

また、サンプリングレートが低いと最大値を捕捉できない場合もあります。



5. ヒューズの選定方法

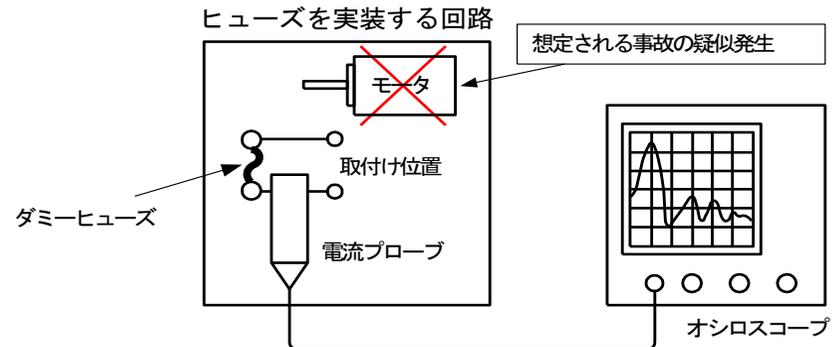
⑥過電流(異常電流)の測定

機器の事故等による過電流(異常電流)測定は電圧変動等により最も電流の流れない条件にて測定する。

想定される事故を擬似発生させて(コンデンサ, 半導体等のショート, モータのロック状態等), その時に流れる過電流(異常電流)を測定する。

【ポイント】

機器としては異常時ではあるが、
ヒューズに最も電流が流れない条件にて
測定する。



これで、ヒューズの定格電流を選定する条件が揃いました。
次頁から具体的な選定方法に入ります。

5. ヒューズの選定方法

⑦定格電流の選定・使用温度の確認

定常電流, パルス・突入電流, 過電流(異常電流)の3つの電流を使ってヒューズの溶断・不溶断のバランスを取りながら, 定格電流を選定します。

定常電流 ・ パルス電流 ・ 突入電流

機器異常の過電流

溶断しないこと！

溶断すること！

【ポイント】

ヒューズの2つの重要な機能
溶断 & 不溶断 をバランスよく選定する。



5. ヒューズの選定方法

a) 定常電流による絞込み

- 定格電流に対するディレーティング（定常ディレーティング）
- 周囲温度による温度ディレーティングが必要です。

④項で測定した定常電流から，次式を満足するように定格電流を選定します。

$$\text{定格電流} \geq \text{定常電流} / (\text{定常ディレーティング係数} \times \text{温度ディレーティング係数})$$

★ 詳細は **2. ヒューズの負荷軽減曲線について** にて解説。

b) パルス電流・突入電流による絞込み

パルス・突入電流は変化が複雑で，I-T特性での確認は困難です。

電流をジュール積分しヒューズの I^2t -T特性と比較して溶断の有無を確認します。

⑤項で測定したパルス・突入電流波形を基に

下式や右表でジュール積分値 I^2t を求める。

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt (t_0 < t_1)$$

【ポイント】

パルス電流・突入電流に対しての評価は

I-t特性 ではなく I^2t -t特性

表 8-2 近似波形による計算式

波形の名称	波 形	I^2t	波形の名称	波 形	I^2t
正弦波 (1 サイクル)		$\frac{1}{2}Im^2 t$	台形波		$\frac{1}{3}Im^2 t_1 + Im^2(t_2 - t_1) + \frac{1}{3}Im^2(t_2 - t_2)$
正弦波 (1/2 サイクル)		$\frac{1}{2}Im^2 t$	変形波 1		$Im^2 t + \frac{1}{3}(t_1 - t_2)^2 t$
三角波		$\frac{1}{3}Im^2 t$	変形波 2		$\frac{1}{3}I_1^2 t_1 + \left\{ I_1 I_2 + \frac{1}{3}(I_1 - I_2)^2 \right\} (t_2 - t_1) + \frac{1}{3}I_2^2 (t_2 - t_2)$
方形波		$Im^2 t$	充・放電波形		$\frac{1}{2}Im^2 t$

5. ヒューズの選定方法

■方法A(溶断 I^2t 値から判断する方法)

カタログ等に記載された溶断 I^2t 値と比較する際にはパルス・突入電流の発生回数(頻度)により負荷率を考慮する。

負荷率は表やグラフで掲載しており、一例を右図に示します。

品名 Cat. No.	定格電流 Rated Current	定格遮断容量 Breaking Capacity	公称値 Nominal Value	
			ヒューズ抵抗値※ Typ. Resistance※	溶断 I^2t ※ Joule Integral※
DM03	0.3A		0.59Ω	0.023A ² ・s
DM05	0.5A		0.49Ω	0.052A ² ・s

カタログに記載された溶断 I^2t 値 > (パルス電流の I^2t / 負荷率)

■方法B(I^2t -T特性上のプロットから判断する方法)

I^2t -T特性図に I^2t をプロットして比較しヒューズの I^2t -T特性曲線以下であれば溶断しない、超える場合は溶断するためヒューズの定格電流を上げる必要がある。

パルス・突入電流の発生する回数(頻度)により負荷率を考慮する。回数による軽減を加味した I^2t -T曲線になっている場合や負荷率を表やグラフで掲載している場合がある。

I^2t -t特性図に記載されたパルス耐性 > パルス電流の I^2t

【ポイント】

溶断 I^2t 値・パルス耐性は製品により異なる。メーカーから正確なデータを手入手して評価を行う。

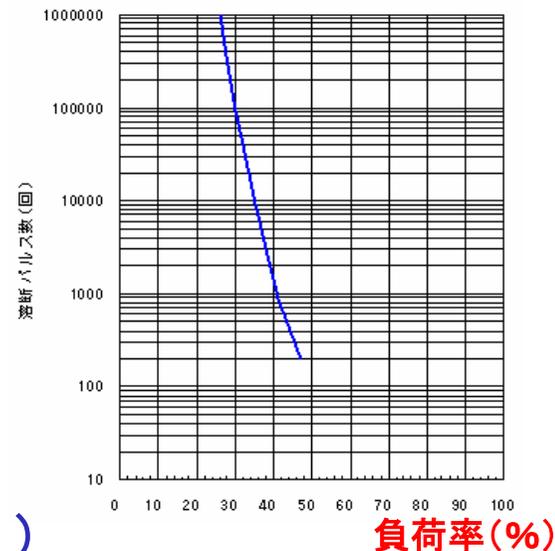
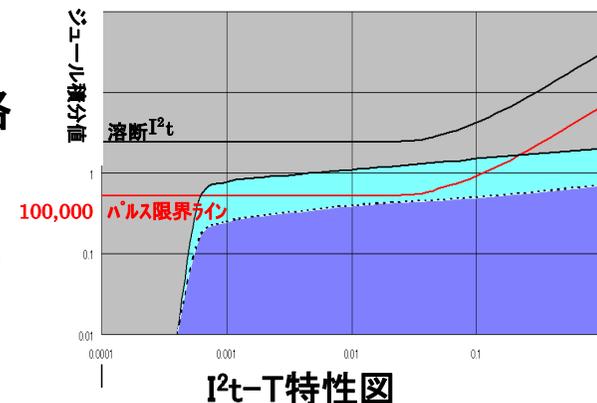


図 パルス耐量係数(例)



5. ヒューズの選定方法

⑧遮断容量の確認

ヒューズの遮断容量は、機器の短絡事故発生時に流れる最大電流以上のものを選定する。最大電流以下であると、ヒューズが破壊してしまう等の危険を生じる。

⑨動作の確認

最後にヒューズの溶断性能を確認する。

- 機器の定常時に流れる電流で決して溶断しないことを最も厳しい条件で確認。
- 正常な動作時のパルス電流や電源ON/OFF時の突入電流でも溶断しないことを確認。
- 過電流(異常電流)でヒューズが故障回路を確実に切り離すかを確認。

【ポイント】

必ず選定したヒューズを実機に取り付け、確実に目的を達成するか確認する。

詳細な使用条件等、カタログだけではフォローできていない部分もあります。
迷ったら・・・**事前**にご使用ヒューズメーカーにご確認ください！

6. 使い方ノウハウ事例(失敗例)

設計上の注意事項	突入電流への配慮
確認事項	機器の電源ON/OFF時には突入電流が発生する。突入電流を確認し、ヒューズ選定時に考慮する必要がある。
解説・理由・具体例・失敗の事例	<p>機器には動作時、定常的に発生するパルス以外に不定期に発生するパルスがある。定常的に発生するパルスは定常電流とみなして選定時に考慮されるが、不定期に発生するパルスは見落としてしまう場合がある。特に電源ON/OFFの繰り返しによってヒューズが溶断しないように突入電流を確認して選定する。</p> <div style="border: 1px dashed blue; padding: 5px;"> <p>失敗の事例 定常電流及び事故等による過電流(異常電流)の確認だけでヒューズを選定し、電源ON/OFF時の突入電流を確認しなかったため、機器の寿命内であるのに比較的早い時期にヒューズ切れが発生した。</p> </div>

JEITA-RCR4800に

使い方ノウハウ事例を17項目記載しております。

ご購入(WEB閲覧も可能です。)頂き、適切なヒューズ選定にお役立て下さい。

2. ヒューズの負荷軽減曲線について

テクニカルレポート

“表面実装形電流ヒューズの端子部による温度ディレーティング”

JEITA

電子情報技術産業協会技術レポート
Technical Report of Japan Electronics and Information Technology Industries Association

表面実装形電流ヒューズの
端子部による温度ディレーティング

Derating Method of SMD current fuse based on
terminal part temperature

2014年10月制定

作成
電子部品部会 技術委員会 部品安全専門委員会
Subcommittee on Electronic Components Safety
Electronic Components Engineering Committee, Electronic Components Board

発行
社団法人 電子情報技術産業協会
Japan Electronics & Information Technology Industries Association

表面実装形ヒューズの温度ディレーティング(温度による負荷軽減)について、負荷軽減曲線の横軸を現状大勢を占める“**周囲温度**”から、“**端子部温度**”への変更を提案。

負荷軽減曲線の端子部温度化の背景と技術的根拠、熱電対を用いた測定事例、参加各社による測定方法確認結果(ラウンドロビンテスト)など、具体的なデータを交えて解説。

高密度実装化が進む現代の機器設計に適した新しい温度ディレーティング方法を提案します。

内容構成(目次)

- 1 ヒューズのディレーティングの必要性
- 2 表面実装形ヒューズにおける温度ディレーティング
- 3 端子部による温度ディレーティングの提案
- 4 端子部による温度ディレーティングの技術的根拠
- 5 端子部温度と周囲温度による選定例の比較

1 ヒューズのデレーティングの必要性

定常デレーティング

定常デレーティングは、ヒューズの種類や各安全規格の認定により、**適用する場合としない場合がある。**

定格電流に対して、一定の割合で負荷電流を軽減

⇒ 耐久性を確保

(適用品種については、カタログ、メーカーへの確認が必要)

温度デレーティング

ヒューズを使用する温度により、負荷電流を軽減

⇒ 耐久性を確保

軽減率はヒューズの種類により異なるが、それぞれに定められた**基準温度を超えて使用する場合には必ず必要。**

考慮しないと……

⇒ **高温下でヒューズの早切れのリスク**

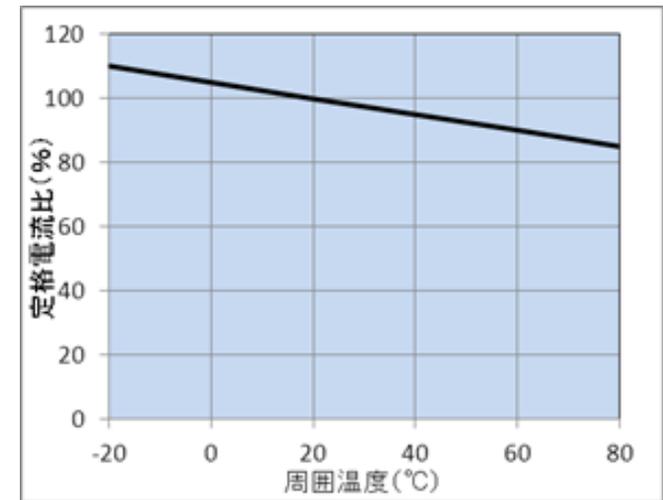


図 1-1 温度デレーティング特性(例)

2 表面実装形ヒューズにおける温度ディレーティング

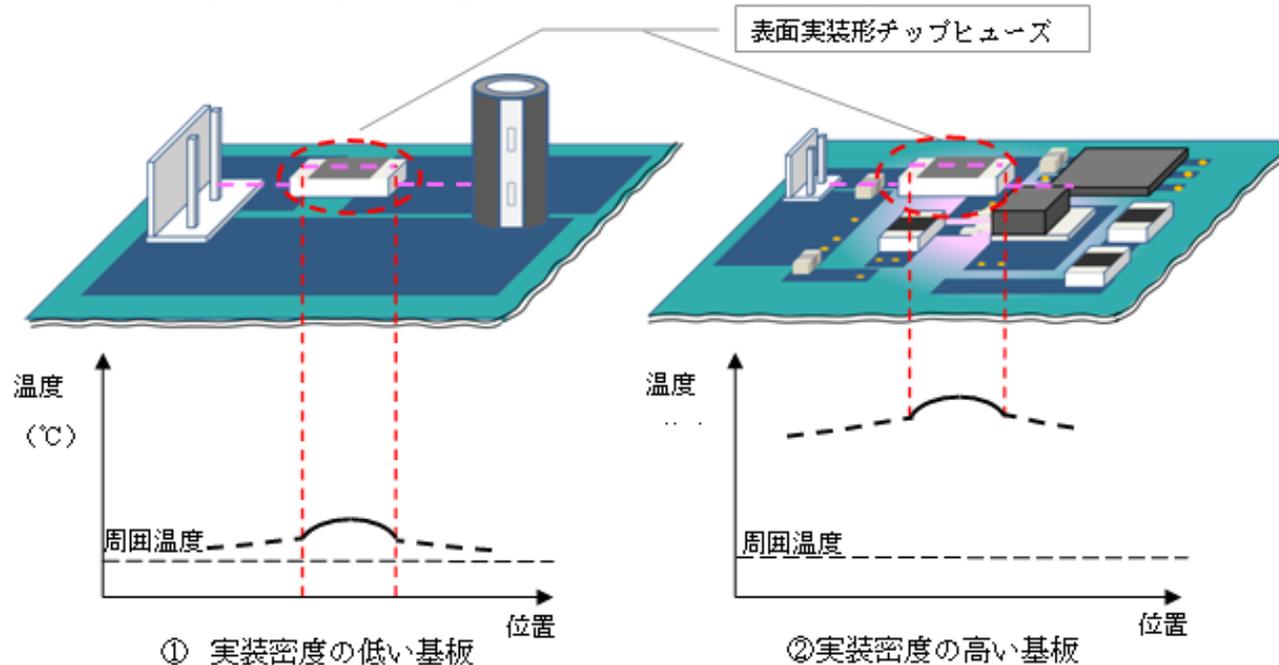
現状の温度ディレーティングの問題点

基板上的実装密度(発熱密度)の違いにより、

“周囲温度が同じ”状況でも、ヒューズの温度が異なるが...

⇒ 現行の温度ディレーティングは周囲温度で負荷率を決定

ヒューズ温度と相関を取ることは困難



部品温度は端子部で整理するのが合理的

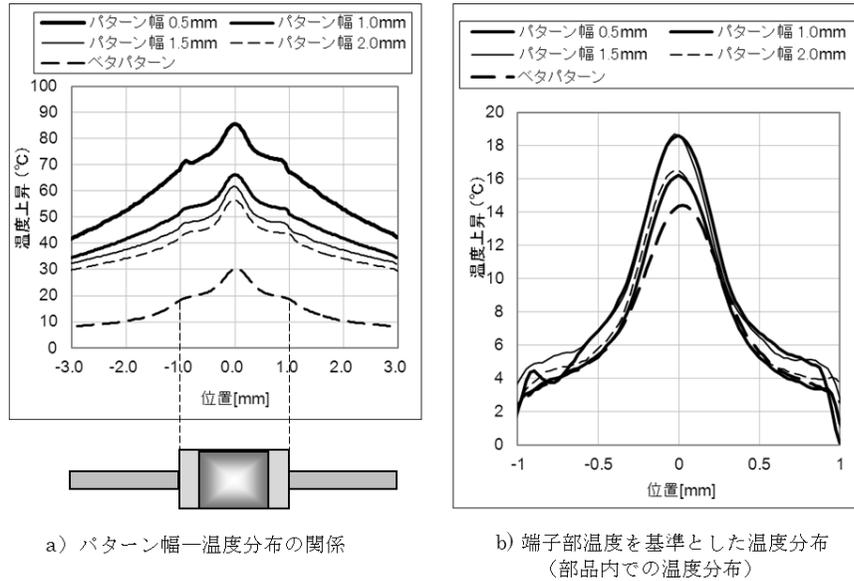
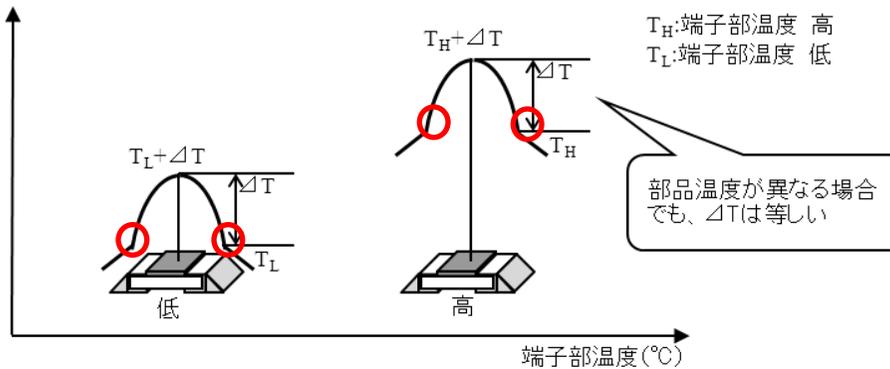


図4-5 自己発熱による温度上昇とパターン幅の関係



周囲温度が同じでも、部品温度は異なるが...

部品内部での温度上昇は**負荷電力**に対して一定

周囲の部品の発熱や、パターン形状などにより部品温度が異なる場合でも...

部品内の温度分布

=端子部温度からの温度上昇は等しい

端子部温度さえ分かれば、部品の温度がわかる

3 端子部による温度ディレーティングの提案

提案:ヒューズの負荷軽減曲線の横軸を端子部温度に変更

- ・使用する表面実装形ヒューズの端子部温度を測定する。
- ・横軸に“端子部温度”を明記した負荷軽減曲線から必要な負荷軽減率を求める。
- ・表面実装形ヒューズへの負荷電流を定格電流 × 負荷軽減率となる範囲で使用する。

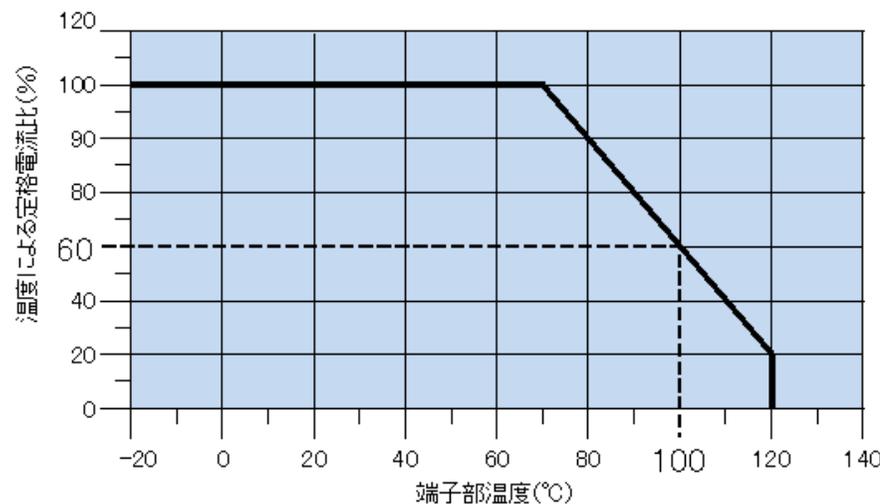


図 3-1 負荷軽減曲線 (例)

温度ディレーティングの例

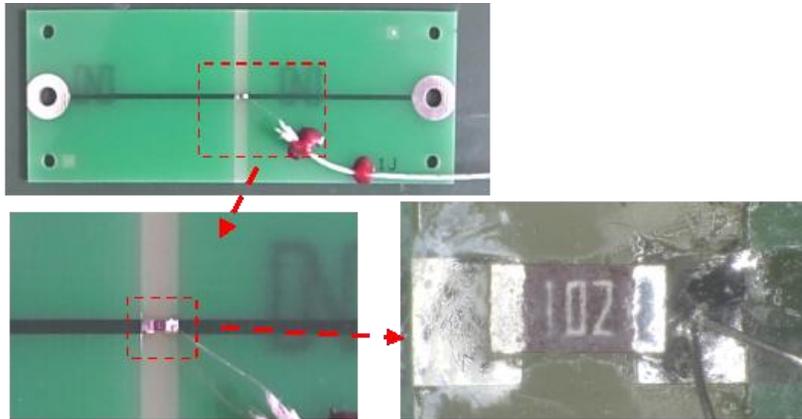
- ・ヒューズの特性及び仕様
 定格電流: 1A、
 定常ディレーティング軽減率: 100%
 負荷軽減曲線: 左図
- ・使用条件
 端子部温度: 100°C

負荷電流の最大値 = 1A × 60% = 0.6A

横軸周囲温度の負荷軽減曲線は、周囲温度 → 端子部温度と読み替える

4 端子部による温度ディレーティングの技術的根拠

熱電対の取付けと測定方法についての検証
 →参加メーカー各社によるラウンドロビンテストを実施



温度測定方法の評価のため、

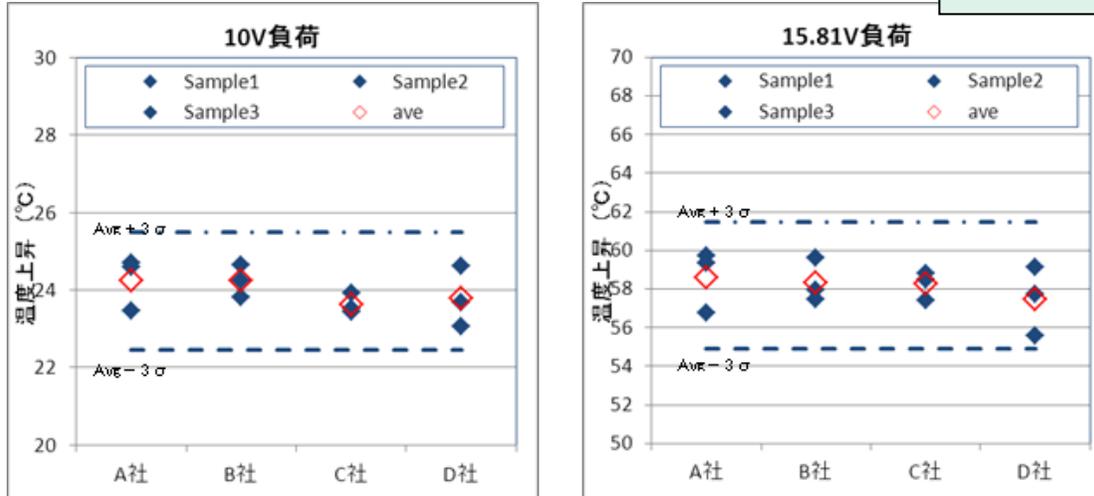
- ・発熱/温度上昇しやすい
- ・発熱/温度上昇を一定に揃える

⇒チップ抵抗器の温度測定を実施

使用する熱電対の種類取付け方を規定

- ・TypeK、φ 0.1mm
- ・はんだ部への取付け状態を指定

図 4-15 熱電対取り付け状態の例(1608mm サイズチップ抵抗に TypeK, φ 0.1mm を取付け)



測定方法を揃えることで、測定バラつきは温度上昇に対して6~7%程度以内に収まる

5 端子部温度と周囲温度による選定例の比較

“周囲温度”と“端子部温度”での選定例の比較

5.1 テストケースの設定

テストケースとして、以下の2条件について検討する。

ケース①：周囲に発熱部品が無く、ヒューズ端子部温度 75℃の場合

ケース②：周囲に発熱部品があり、ヒューズ端子部温度が 100℃の場合

その他の条件は、以下のとおりとする。

共通条件：定常電流 170mA、基板周囲温度 70℃

基板条件：図 5-1 を参照

また、選定対象のヒューズ*を以下の2種類とする。

ヒューズ A：定格電流 200mA

ヒューズ B：定格電流 300mA

両ヒューズについてはメーカーにより図 5-2 の負荷軽減曲線が与えられているものとする。

テストケースを設定し、具体的な選定手順を紹介

- ・周囲に発熱部品あり
- ・周囲に発熱部品なし

同じ周囲温度で、端子部温度が異なるケースを想定

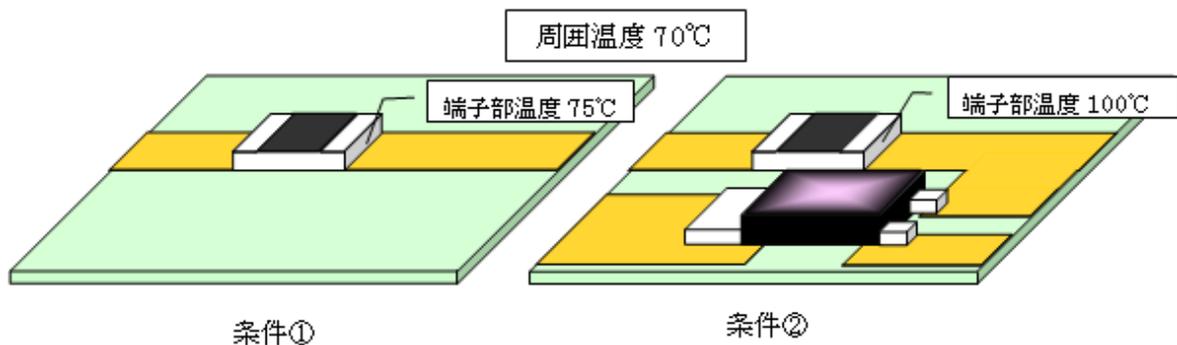


図 5-1 テストケース例

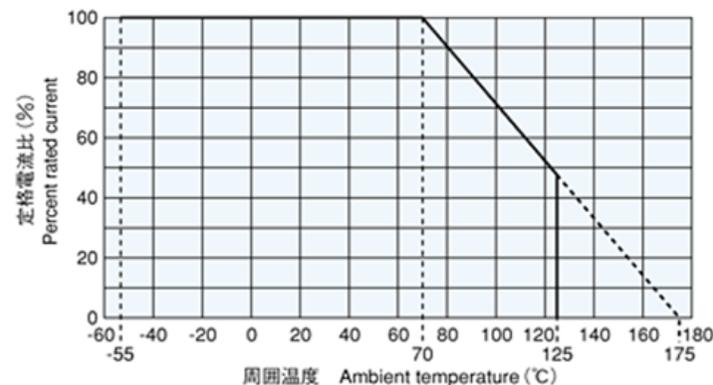
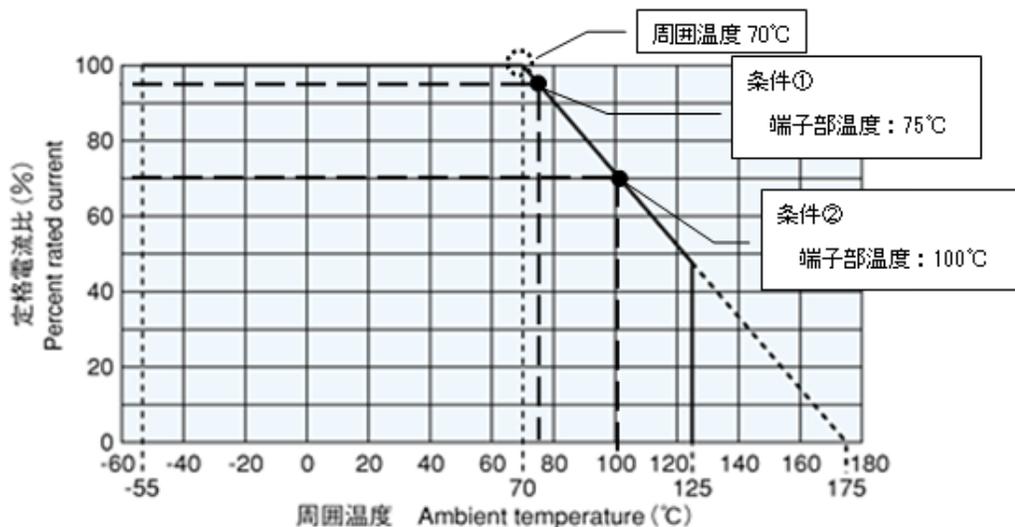


図 5-2 負荷軽減曲線の例

選定結果の比較



端子部温度で選定した場合、**ヒューズAは使用不可**
 (⇒実際にはリスクがあるが、**周囲温度ではOK**となってしまふ。)

表 5-1 “周囲温度”と“端子部温度”での選定結果の比較

軽減後負荷電流 (mA) / 使用可否 (○、×)

	周囲温度による選定		端子部温度による選定	
	ヒューズ A 定格：200mA	ヒューズ B 定格：300mA	ヒューズ A 定格：200mA	ヒューズ B 定格：300mA
条件① 周囲に発熱部品無し ・周囲温度 70°C ・端子部温度 75°C	200mA/○	300mA/○	190mA/○	285mA/○
条件② 周囲に発熱部品有り ・周囲温度 70°C ・端子部温度 100°C	200mA/○	300mA/○	※1 140mA/×	210mA/○

※1 端子部温度を基準として選定した場合、ヒューズ A は使用不可となる。

ヒューズを正しく選定頂き、安全な使用をお願いいたします。

ヒューズは

普段は・・・切れては困る⇒故障

異常時は・・・切れなくては困る⇒火災、事故

一見、相反する要求をきちんと満たす選定が重要です。

迷ったら・・・事前にご使用ヒューズメーカーにご確認ください！