

電気の基礎

オームの法則

回路の抵抗 R に流れる電流 I は抵抗の両端に加えられた電圧 V に比例し、抵抗 R に反比例する。

$$I = \frac{V}{R} \text{ [A]}$$

I = 電流 アンペア [A]

$$V = I \cdot R \text{ [V]}$$

V = 電圧 ボルト [V]

$$R = \frac{V}{I} \text{ [\Omega]}$$

R = 抵抗 オーム [\Omega]

電力

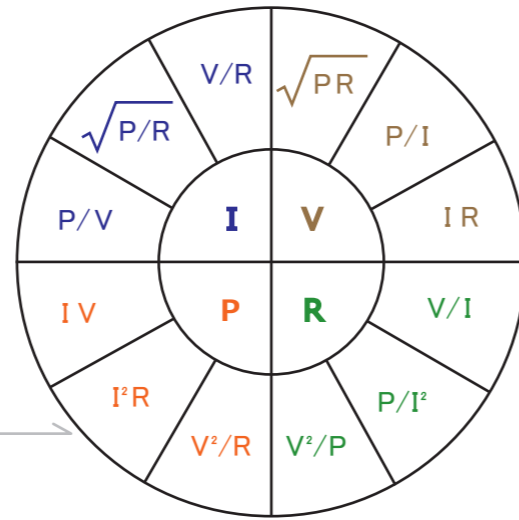
単位時間当たりの電気エネルギー量のこと。
単位はワット [W] で表され、次式で示します。

$$P = VI = RI^2 \text{ [W]}$$

P = 電力 ワット [W]

オームの法則と電力関係

右図の表 1 を使えば公式の変形も必要ありません。



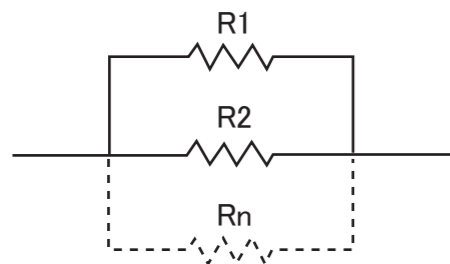
電気ヒーター（抵抗）の接続と計算

1. 直列（シリーズ）



$$\text{合成抵抗 } R = R1 + R2 + \dots + Rn$$

2. 並列（パラレル）



Point.

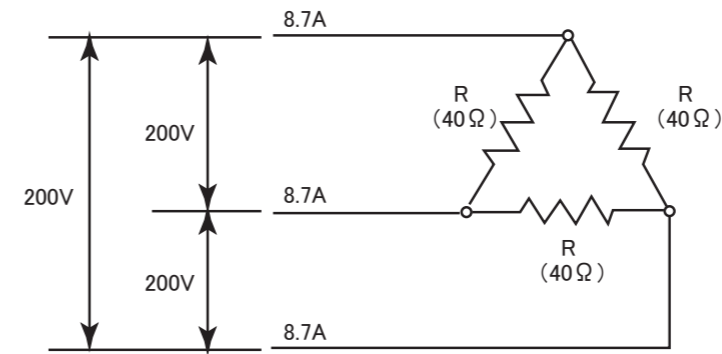
並列に繋いだ抵抗が全て同じの場合は、

$$\text{合成抵抗 } R = \frac{Rn}{n \text{ (個数)}}$$

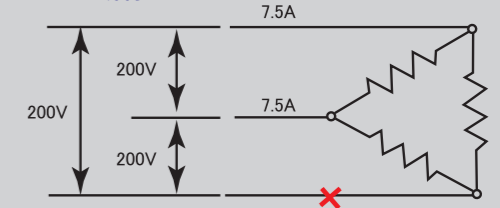
$$\text{合成抵抗 } R = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots + \frac{1}{Rn}}$$

200V 3相 3kW 抵抗と電流

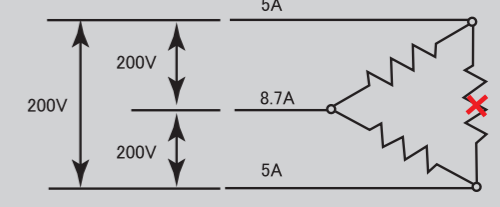
3相デルタ結線の場合



ケーブル断線



ヒーター断線



▶ 参考

● ジュール熱

導体内に流れる電流によって毎秒発生する熱量は電流の2乗と抵抗の積に比例する。

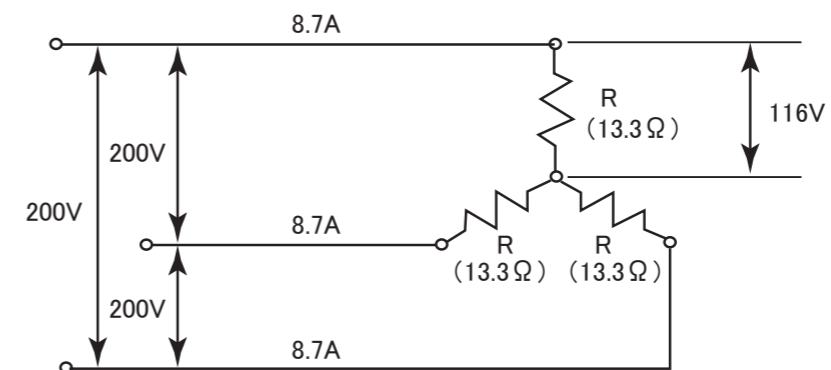
この時、発生する熱をジュール熱といい、単位はジュール [J] で表します。

抵抗 R [\Omega] に電流 I [A] を t 秒間流した時に発生する熱量を次式で表します。

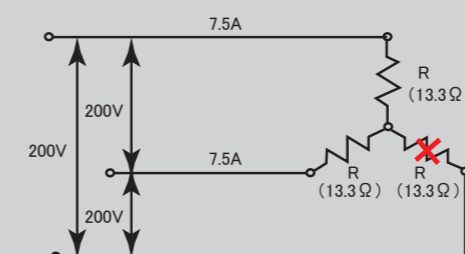
$$Q = RI^2 t \text{ [J]}$$

t = 時間 秒 [sec]

3相スター結線の場合



ケーブルまたはヒーターの断線

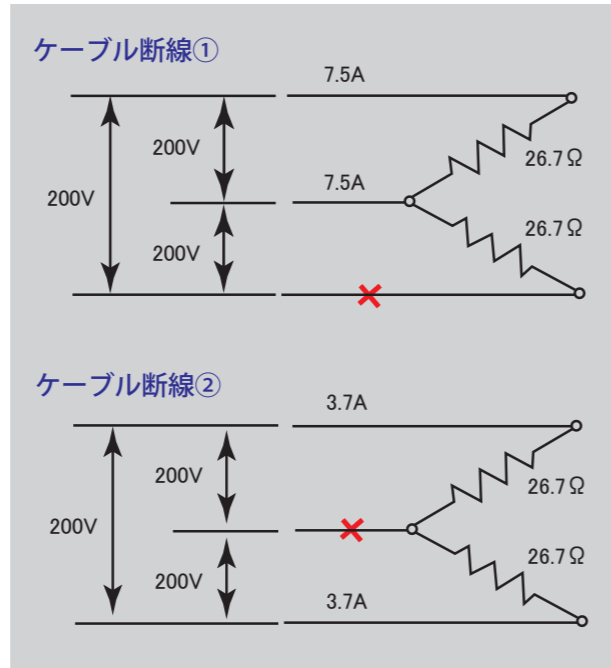
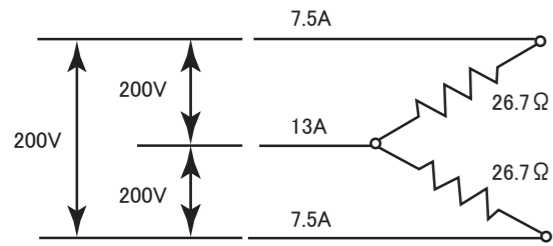


Point.

スター結線のヒーターは定格電圧と同じ電圧の単相電源に使用できません。

(スター結線のヒーター単体の定格電圧は、電源電圧の $1/\sqrt{3}$ です。)

3相V結線の場合 (200V 3相 3kW)



熱量計算 (放熱量の計算)

容器やタンク等表面からの放熱量の計算

- Δt : 外気と保温温度との温度差 [°C]
- $\lambda 1$: 容器の熱伝導率 [W/m °C] (注1)
- $\lambda 2$: 保温材の熱伝導率 [W/m °C]
- S : 容器の表面積 [m²]
- α : 保温材の表面から外気への熱伝達率 [W/ m² °C]
- $Q1$: 総放熱量 [W]

$$Q1(W) = \frac{\Delta t \text{ [°C]}}{\frac{\text{容器厚み (m) (注1)}}{\lambda 1} + \frac{\text{保温厚み (m)}}{\lambda 2} + \frac{1}{\alpha}} \times S[m^2]$$

配管表面からの放熱量の計算

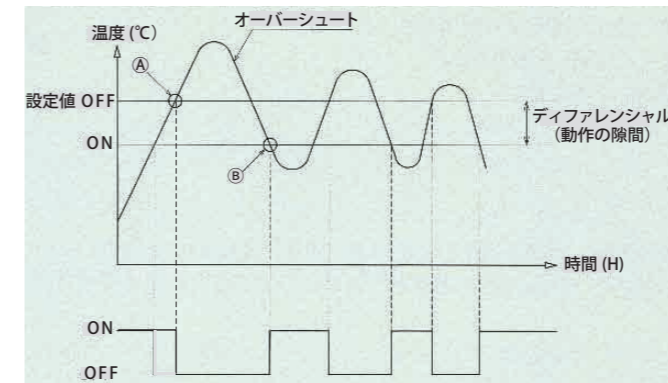
- Δt : 外気と保温温度との温度差 [°C]
- $\lambda 1$: 配管本体の熱伝導率 [W/m °C] (注1)
- $\lambda 2$: 保温材の熱伝導率 [W/m °C]
- $d1$: 配管の内径 [m] (注1)
- $d2$: 配管の外径 [m]
- D : 保温材を含む配管の外径 [m]
- α : 保温材表面から外気への熱伝達率 [W/ m² °C]
- $Q2$: 配管 1m 当りの放熱量 [W/m]

$$Q2 = \frac{\Delta t \text{ [°C]}}{\left(\frac{1}{2\pi\lambda 1} \ln \frac{d2}{d1}\right) + \left(\frac{1}{2\pi\lambda 2} \ln \frac{D}{d2}\right) + \left(\frac{1}{\pi \cdot D \cdot \alpha}\right)}$$

注1 容器, タンク, 配管の材質が金属製の場合、これらの熱抵抗を無視しても影響は小さいです。

温度制御

二位置制御 とは? ▶設定温度まで温度が上がると OFF、設定温度以下に下がると ON という動作の事をいいます。



図のように“A”地点でヒーターは切れて温度が下がり、“B”地点でヒーターが入り、温度が上がる。この動作を繰り返した結果“A”地点と“B”地点の間に入る。しかしながら、実際はセンサーや熱伝達の遅れ等により、“A”地点でヒーターがOFFになっても温度が上がり続ける。これをオーバーシュートという。また、“B”地点においてもヒーターがONになっても温度が下がり続けるのが普通です。実際の二位置制御には、リレー接点出力が最も多く用いられています。ディファレンシャルの設定は狭く設定すると頻繁にON-OFFを繰り返します。制御性が良くなる面、リレー等の寿命が短くなるという欠点があります。

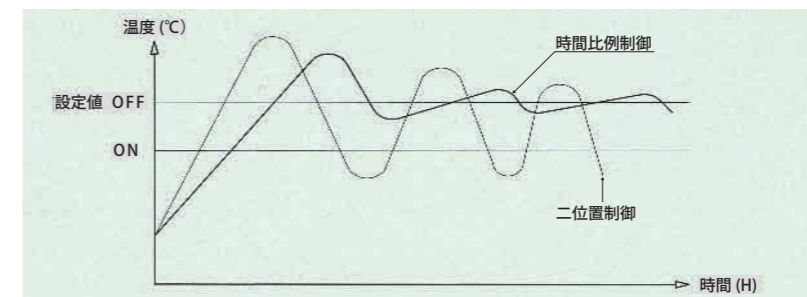
比例制御 とは? ▶二位置制御のような不安定さを改善する為に ON (100%) - OFF (0%) の2つの状態だけでなく、ある範囲内 (比例帯) の温度変化に応じ出力 (操作量) を 0%~100%の間で連続的に変化させるように考えた制御方法です。

●時間比例制御

時間比例制御とは、ON-OFFによる比例制御で設定値を中心にした比例帯の中でON-OFFの時間の長さを設定値との偏差に比例させ変化させます。

	現在温度	出力
比例帯	比例帯より低い	100%出力 (ON)
	設定値より低い	ON時間が長く、OFF時間が短い
	設定値	ON-OFF時間が同じ
	設定値より高い	OFF時間が長く、ON時間が短い
	比例帯より高い	0%出力 (OFF)

二位置制御と時間比例制御の比較を下記の図に表してみると、下記の表となります。



二位置制御に比べ、オーバーシュートやディファレンシャル等による温度幅も小さくなります。しかし、時間比例制御はON-OFF動作を繰り返す為、サイクルタイムの設定によっては二位置制御と同ような結果やリレー等の寿命を縮めることもありますので注意が必要です。

技術資料

連続比例制御

現在値と設定値の偏差に応じ、温調器から連続的な出力を出し、制御する方法です。
温調器は 4 ~ 20mA の出力が連続的に出るものを選択し、その出力をサイリスタに入力して連続制御をします。

PID制御とは？

- ▶PID 制御は、和 (P+I+D) を出力する制御の事をいいます。
- 比例動作 (P 動作) : 現在値と設定値の偏差に比例した出力
- 積分動作 (I 動作) : 偏差を積分に比例した出力
- 微分動作 (D 動作) : 偏差の微分に比例した出力

比例動作 (P動作)とは？

- ▶比例帯の中で現在温度と設定温度の偏差に比例した出力を出します。
- しかし、比例動作だけでは定常偏差が生じるので、積分動作 (I 動作) を併用して定常偏差を解消することができます。

積分動作 (I動作)とは？

- ▶積分動作 (I 動作) は、偏差を足してその値に比例して出力を変化させることにより、定常偏差を解消することができます。
- 積分時間を短く設定すると短時間で定常偏差を修正することができるが、安定した結果が求められなくなります。

微分動作 (D動作)とは？

- ▶微分動作 (D 動作) は偏差の変化率に応じ、それに見合った修正動作を加えることにより、温度が急激に変化するのを抑えます。外乱などの変化がある場合に有効です。
- 微分時間を長くすると、小さな変化に対して大きな出力がでるために安定した結果が求められなくなります。

これらの3つの制御 (比例・積分・微分) を組み合わせたものを PID 制御といい、適切な値を組み合わせることにより安定した制御が可能となります。

シースヒーターの被加熱物に対する許容ワット密度 (W/cm²)

※参考値

材料	最大運転温度 °C	最大電力密度 W/cm ²	材料	最大運転温度 °C	最大電力密度 W/cm ²
酸性溶液	85	6	糖蜜	40	0.8
アルカリ性溶液	95	6	溶融すず	315	3
アンモニアメッキ溶液	10	4	灯油		2
アルコール	300	3	てんぷら油	200	4
	90	1.5 循環	なたね油	120	2
アスファルト、タール または重合物	150	1.2 循環	バター液状	200	4
	200	1.2 循環	パラフィン・ワックス	65	2.5
	260	1 循環	水酸化カリウム	70	4
バンカー“C”燃料油	70	1.5 高速循環	プロピレングリコール	65	3
		1 非循環	シアン化ナトリウム	60	6
苛性ソーダ 2%	95	7	ナトリウムの水素化合物	380	4.5
苛性ソーダ 10%	95	4	現像液	20	4
苛性ソーダ 75%	85	4	トリクロルエチレン	65	3
みかんジュース	85	3	鉱物油	100	3.5
ダイサムA 液相	400	3		200	3
ダイサムA 気相	400	2	水	100	9 循環
ダイサムE	200	2			8 非循環
エチレングリコール	150	4.5	蒸気	150	低速流 1.5
脂肪酸	65	3			高速流 4
フレオン	150	0.5		250	低速流 1.5
ガソリン	150	0.5			高速流 3.5
グリセリン	10	6		370	低速流 0.8
亜麻仁油	65	8			高速流 3
		4 循環	鉛	400	3
機械油 SAE30	120	2.5 非循環	重油(G)	60	2

キャプタイヤー許容電流 (A)

許容電流 (A)

(周囲温度 30°C以下)

導体公称断面積 (mm ²)	許容電流 (A)			
	単心	2心	3心	4心及び5心
0.75	14	12	10	9
1.25	19	16	14	13
2	25	22	19	17
3.5	37	32	28	25
5.5	49	41	36	32
8	62	51	44	39
14	88	71	62	55
22	115	95	83	74
30	140	110	98	89
38	165	130	110	100
50	195	150	125	115
60	225	170	150	135
80	270	—	—	—
100	315	—	—	—

■600 V CV・CVD・CVT、EM600V CE/F・CED/F・CET/F 許容電流 JCS 0168-2 より

周囲温度 40°C

●気中・暗渠布設

絶縁体許容温度 90°C

(単位:A)

布設条件 公称断面積mm ²	単心 3条、平積 (S=2d)	単心 3条併積	2心 1条	3心 1条	単心2個より 1条	単心3個より 1条
2	31	27	28	23	—	—
3.5	44	38	39	33	—	—
5.5	58	50	52	44	—	—
8	72	63	65	54	66	62
14	100	87	91	76	91	86
22	130	115	120	100	120	110
38	190	160	170	140	165	155
60	255	210	225	190	225	210
100	355	290	310	260	310	290
150	455	380	400	340	400	380

電気設備防爆について

1. 用語

(1). 構造規格 (告示)

電気機械器具防爆**構造規格** (昭和 44 年労働省告示第 16 号) の略称。

(2). 技術的基準 (通達)

電気機械器具防爆**構造規格** (昭和 44 年労働省告示第 16 号) における可燃性ガス又は引火性液体の物の蒸気に係わる防爆構造の規格に適合する電気機械器具と同等以上の防爆性能を有するものの**技術的基準** (IEC 規格 79 関係) [電気機械器具防爆構造規格の一部を改正する告示 (昭和 63 年労働省告示第 18 号) の適用等についての労働省労働基準局通達 (昭和 63 年 4 月 1 日基発第 208 号) 別] の略称。

(基発 0824 第 2 号 H22.8.24 により廃止)

(3). IEC 規格

IEC は International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議) の略号であって、IEC 規格とは、IEC が出版している Standard (規格) または Technical Report (技術報告書) を意味する。

(4). 電気機器、電気機械器具

電力の消費による、電気に関連する機械、器具及び装置。

(5). 電気設備

必要な機能を果たすように、電気機器と電気配線とが接続された電氣的設備。

(6). 防爆構造

電気機器が発火源となってその周囲に存在する爆発性雰囲気が発火させることがないように、電気機器に適用する技術的手法。

(7). 防爆電気機器

爆発性雰囲気の中での使用に適するように、1 種類以上の防爆構造を具備する電気機械。

(8). 防爆電気設備

爆発性雰囲気の中での使用に適するように技術的措置が講じられた電気設備。

(9). グループ

適用されるべき爆発性雰囲気に関連する電気機器の分類。

(10). 最高表面温度

周囲の爆発性雰囲気に点火することができる電気機器の各部分又は表面が、電気機器の定格内での最も過酷な使用条件のもとで使用した場合に達する最も高い温度。

(11). 温度等級

電気機器の最高表面温度に基づく防爆電気機器の分類。

(12). ガス蒸気防爆 2006

国際規格の頻繁な改定のため技術的基準の見直しが追い付かない状況にあること、技術基準が刊行以来 27 年経過し、技術の進歩、内外規定の変化等に対応できていないことなどから改定した「工場電気設備防爆指針 (ガス蒸気防爆 2006)」。

(13). 国際整合防爆指針 2008

平成 20 年 3 月の構造規格の改正により新たに、従来の防爆構造について国内の使用環境、関係法令などを考慮し、IEC 規格に整合した指針となることを目指した指針「工場電気設備防爆指針 (国際規格に整合した技術指針 2008)」(基発 0831 第 2 号 H27.8.31 により廃止)。

(14). 国際整合防爆指針 2015

平成 20 年に刊行された「工場電気設備防爆指針 (国際規格に整合した技術指針 2008)」の拠り所となった IEC 規格の大幅な改正が行われ、IEC 規格との違いが大きくなったため、新たに作成された指針「工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針)」。

「工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針)」は防爆構造ごとに分冊化され計 10 編が示されているが、合冊とした「TIIS 技術資料 Ex2015 (上・下巻)」。

主な改正要点は、粉じん防爆への対応、機器保護レベル (EPL) の規定、単純機器関連記述追記、Ex コンポーネント等の規定などである。

(15). 機器保護レベル (EPL)

”点火源となる可能性に基づいて機器に割り当てられる保護レベル”と定義されている。これは、可燃性物質の区分 (グループ II 又は III) と危険場所の区分 (ゾーン) の組合せによる危険度に応じて機器がもつ防爆性能と考えると理解しやすい。

また検定に合格した機器には、EPL マーキングが施されるので、ユーザーにとっては危険場所に応じた機器の選定が容易になるとともに、リスクアセスメントにも応用できる。

(16). 工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針 2020)

平成 29 年 12 月の更なる国際規格 (IEC60079-0 及び -8) の改正を受け作成。平成 30 年 3 月 28 日付け厚生労働省労働基準局長通達 (基発 0328 第 1 号) によって、対応する国際規格同様に有効な技術基準を現行の版及びその一つ前の版となった。国際整合技術指針 2015、2018 及び 2020 の全てが有効な版である。

参考資料

「工場電気設備防爆指針 (ガス蒸気防爆 2006)」
「工場電気設備防爆指針 (国際規格に整合した技術指針 2008)」
「TIIS 技術資料 Ex2015 (上・下巻)」
「工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針 2015)」
「工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針 2018)」
「工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針 2020)」

2. 危険場所とは

電気機器の構築、設置及び使用に対する特別な予防措置を必要とするような量の爆発性雰囲気が存在する、もしくは存在が予期される場所となっており、爆発性雰囲気の存在する時間と頻度に応じて以下の種別に分類する。

●ゾーン0（0種場所）＜特別危険箇所＞

爆発性雰囲気が通常の状態において、連続して又は長時間にわたって、もしくは頻繁に存在する場所。

例 密閉された容器内の可燃性液体の上部空間。

ふたが開放された容器内の可燃性液体の液面付近。ただし、このような場所は、通風、換気がよい場所には、0種場所としての範囲は狭くなり、1種場所又は2種場所と判定されることがある。

●ゾーン1（1種場所）＜第1類危険箇所＞

通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成する可能性がある場所。

例 通常の運転、操作による製品の取出し、フタの開閉によって、ガス又は蒸気を放出する開口部付近。

点検又は修理作業のために、ガス又は蒸気をしばしば放出する開口部付近。

屋内又は通風、換気が妨げられる場所で、ガス又は蒸気が滞留する可能性のある場所。ただし、このような場所は、通風、換気がよい場所には、1種場所としての範囲は狭くなり、2種場所又は非危険場所と判定されることがある。

●ゾーン2（2種場所）＜第2類危険箇所＞

爆発性雰囲気が、正常状態で生成することはなく、たとえ生成しても短時間しか存在しない場所。

例 容器類が腐食、劣化などのために破損してガス又は蒸気を漏出する可能性のある場所。

誤操作によってガス又は蒸気を放出したり、異常反応などのために高温高圧となってガス又は蒸気を漏出する可能性のある場所。

強制換気装置が故障したとき、ガス又は蒸気が滞留して爆発性雰囲気を生成する可能性のある場所。

1種場所の周辺又は1種場所に隣接する室内で、爆発性雰囲気がまれに侵入する可能性のある場所。

●ゾーン20（粉じん防爆）

空気中に粉じん雲状で、連続又は長期間もしくは頻繁に存在する場所。

●ゾーン21（粉じん防爆）

通常の運転中において、空気中に粉じん雲状で時々生成される可能性がある場所。

●ゾーン22（粉じん防爆）

通常の運転中において、空気中に粉じん雲状で生成される可能性が少なく、生成されたとしても短時間である場所。

構造規格の用語		国際整合防爆指針 2020	IEC規格等の用語
危険箇所	危険場所	危険場所	Hazardous area
特別危険箇所	0種場所	ゾーン0	Zone0
第1類危険箇所	1種場所	ゾーン1	Zone1
第2類危険箇所	2種場所	ゾーン2	Zone2
可燃性粉じん危険場所 爆発性粉じん危険場所		ゾーン20	Zone20
		ゾーン21	Zone21
		ゾーン22	Zone22

3. 防爆性能の記号表示

3.1 機器のグループ（国際整合防爆指針2020）

爆発性雰囲気用の電気機器は次のグループに分類する。

グループ	用途場所	細分類	
グループI	抗気にさらされる 鉱山での使用	-	-
グループII	爆発性ガス雰囲気が 存在する場所での使用。	IIA	代表ガス:プロパン
		IIB	代表ガス:エチレン
		IIC	代表ガス:水素
グループIII	爆発性粉じん雰囲気が 存在する場所での使用。	IIIA	可燃性浮遊物
		IIIB	非導電性粉じん
		IIIC	導電性粉じん

3.2 爆発性ガスの発火温度に対する、発火度又は温度等級の分類

構造規格		整合指針	
爆発性ガスの発火温度(°C)	発火度	電気機器の最高表面温度(°C)	温度等級
450を超えるもの	G1	450	T1
300を超え450以下のもの	G2	300	T2
200を超え300以下のもの	G3	200	T3
135を超え200以下のもの	G4	135	T4
100を超え135以下のもの	G5	100	T5
-	-	85	T6

3.3 防爆構造の種類

防爆構造の種類	記号	説明
耐圧防爆構造	d	内部で発生した爆発性混合物の爆発によって発生する圧力に耐え、かつ、その容器の周囲の爆発性ガス雰囲気への爆発の伝播を防止する容器。
内圧防爆構造	p	容器内の保護ガスの圧力を外部雰囲気圧力より高く保持することによって、容器内への外部雰囲気への侵入を防止する技法をいう。
油入防爆構造	o	液面上方または容器外にある爆発性ガス雰囲気の点火源とならないように、電気機器又は電気機器の一部を保護液に浸した防爆構造。
安全増防爆構造	e	通常の使用又は特定の異常条件における過度の温度上昇の可能性、並びにアーク及び火花の発生の可能性に対して安全度を高めるための追加の方策を講じた電気機器の防爆構造。
本質安全防爆構造	i	爆発性雰囲気中にさらされる機器内部及び相互接続配線の電気エネルギーを火花又は発熱の影響によって着火が生じるレベル未満に制限した防爆構造。
樹脂充填防爆構造	m	運転中又は設置された状態で粉じん層又は爆発性雰囲気中に点火させることがないように、火花を発生する又は発熱によって爆発性雰囲気を点火させることができる部分をコンパウンドの中に封入した防爆構造。
非点火防爆構造	n	電気機器に適用する防爆構造であって、通常運転中及び通常予期される特定の事象が生じた場合において、周囲の爆発性ガス雰囲気に点火させないもの。
容器による粉じん防爆構造	t	爆発性粉じん雰囲気において使用する防爆機器であって、粉じんの侵入を防止し、表面温度を制限する手段となる囲い（容器）で電気機器を保護するもの。

3.4 防爆構造の防爆性能表示の例

適用規格	表示内容	防爆構造であること を示す記号	防爆構造の種類	爆発等級 又は グループ	発火度 又は 温度等級	使用条件 がある場 合の記号	保護 レベル
構造規格によるもの	爆発等級 2、発火度 G4 に属する 爆発性ガスを対象とする耐圧 防爆構造の電気機器	-	d	2	G4	※	-
整合指針	Ex 指針 2008 グループ II B、温度等級 T4 の 耐圧防爆構造の電気機器	Ex	d	II B	T4	※	-
	Ex 指針 2015 グループ II B、温度等級 T4 の 耐圧防爆構造の電気機器	Ex	d	II B	T4	-	Gb
	Ex 指針 2018/2020 グループ II B、温度等級 T4 の 耐圧防爆構造の電気機器	Ex	db	II B	T4	-	Gb

※特に使用条件がある場合に示す記号。

4. 危険場所の区分に適合する防爆構造

適用規格	防爆構造の種類	記号	ゾーン 0	ゾーン 1	ゾーン 2	EPL
構造規格	耐圧防爆構造	d	×	○	○	
	内圧防爆構造※1	f	×	○	○	
	油入防爆構造※2	o	×	○	○	
	安全増防爆構造	e	×	×	○	
	本質安全防爆構造	ia	○	○	○	
		ib	×	○	○	
特殊防爆構造	s	-	-	-		
適用規格	防爆構造の種類	記号	ゾーン 0	ゾーン 1	ゾーン 2	EPL
国際整合防爆指針 2020 グループ II	耐圧防爆構造	da※3	○	○	○	Ga
		db	×	○	○	Gb
		dc	×	×	○	Gc
	内圧防爆構造	pxb	×	○	○	Gb
		pyb	×	○	○	Gb
		pzc	×	×	○	Gc
	油入防爆構造	ob	×	○	○	Gb
		oc	×	×	○	Gc
	安全増防爆構造	eb	×	○	○	Gb
		ec	×	×	○	Gc
	本質安全防爆構造	ia	○	○	○	Ga
		ib	×	○	○	Gb
		ic	×	×	○	Gc
	非点火防爆構造	nC	×	×	○	Gc
		nR	×	×	○	Gc
	樹脂充填防爆構造	ma	○	○	○	Ga
		mb	×	○	○	Gb
		mc	×	×	○	Gc
	光放射を用いる機器 及び伝送システムの 保護	op is	○	○	○	Ga
		op pr	×	○	○	Gb
op sh		○	○	○	Ga	

※1 保護回路の動作によってゾーン 1 に適さないものがあります。

※2 構造規格改正によりゾーン 1 対応可。

※3 可搬形可燃性ガス検知器の触媒センサに限定。

技術資料

危険特性分類

●ガスまたは蒸気の危険特性の分類

物質名	爆発等級	発火度	分類	温度等級
アセチレン	3	G2	II C	T2
アセトン	1	G1	II A	T1
アンモニア	1	G1	II A	T1
一酸化炭素	1	G1	II A	T1
エタノール	1	G2	II A	T2
エチルメチルケトン	1	G1	II A	T1
エチレン	2	G2	II B	T2
塩化ビニル	1	G2	II A	T2
オクタン	1	G3	II A	T3
酢酸	1	G1	II A	T1
酢酸エチル	1	G1	II A	T1
シアン化水素	1	G1	II A	T1
硝酸エチル	3	G6	II C	T6
水素	3	G1	II C	T1
テトラヒドロフラン	1	G3	II B	T3
トルエン	1	G1	II A	T1
二硫化炭素	3	G5	II C	T5
ブタン	1	G2	II A	T2
プロパン	1	G1	II A	T1
ヘキサン	1	G3	II A	T3
ベンゼン	1	G1	II A	T1
メタノール	1	G1	II A	T1
メタン	1	G1	II A	T1
ガソリン	1	G3	II A	T3

単位換算

力	
ニュートン	キログラム重
(N)	(kgf)
1	0.10197
9.8067	1

仕事率(工率・動力)		
キロワット	仏馬力	(kcal/h)
(kW)	(PS)	
0.001	1.3596×10^{-3}	0.85985
1	1.3596	859.85
0.7355	1	632.42
1.1630×10^{-3}	1.5812×10^{-3}	1

圧力					
パスカル	メガパスカル	(bar)	(kgf/cm ²)	気圧	水銀柱
(Pa)	(Mpa)			(atm)	(mmHg)
1	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1.0197×10^{-5}	9.8692×10^{-6}	7.5006×10^{-3}
1×10^5	1	1	10.197	9.8692	7500.6
9.8067×10^4	9.8067×10^{-2}	9.80665×10^{-1}	1	0.96784	735.56
1.01325×10^5	0.10133	1.01325	1.0332	1	760.0
133.32	1.3332×10^{-4}	9.80665×10^{-5}	1.3595×10^{-3}	1.3158×10^{-3}	1
9806.7	9.8067×10^{-3}	1.33322×10^{-3}	0.10	9.6784×10^{-2}	73.556

粘度		
Pa·S	cP	P
1	1×10^3	1×10
1×10^{-3}	1	1×10^{-2}
1×10^{-1}	1×10^2	1

動粘度		
m ² /S	cSt	St
1	1×10^6	1×10^4
1×10^{-6}	1	1×10^{-2}
1×10^{-4}	1×10^2	1

注) 1P=1dyn・s/cm²=1g/cm・s
1Pa・s=1N・s/m²
1cP=1mPa・s

注) 1St=1cm²/s

熱伝導率		
(W/mk)	(kcal/m・h°C)	(cal/cm・S°C)
1	0.85985	2.3885×10^{-3}
1.163	1	2.7778×10^{-3}
418.68	360	1

熱伝達係数	
W/m ² ・K	kcal/m・h・°C
1	8.6000×10^{-1}
1.16279	1

注) 軽量法カロリーの場合

比熱	
kJ/kg°C	kcal/kg°C
1	0.23885
4.1868	1

熱量		
キロジュール	キロカロリー	(kWh)
(kJ)	(kcal)	
1	0.23885	2.7778×10^{-4}
4.1868	1	1.16279×10^{-3}
3.6×10^3	8.6000×10^2	1