

## 第4章 電気応用－照明，電熱および電池

### 1 照明一般

#### (1) 照 明

照明が環境に与える効果は大きく，鉱山では，作業の精確さ，作業員の眼の疲労減少，職場の整理整頓，さらには保安の確保，生産性向上に役立つ。

鉱業上使用する工作物等の技術基準を定める省令技術指針（第2章3）では，常時鉱山労働者が就業する屋内作業面の照度基準を，次のように定めている。

- ・精密な作業           300ルクス以上
- ・普通の作業           150ルクス以上
- ・粗な作業             70ルクス以上

照明計算に使われる用語を下記に，また，各種光源についての照明上の概数を，表4.6に示す。

**光束** 単位 [ルーメン， ( l m ) ] ，光源から放射される光のエネルギーを視感度で測ったもので，光を光線の束と考え，束の多小により疑似的にエネルギーの大きさを表す。

**照度** 単位 [ルクス， ( l x = l m / m<sup>2</sup> ) ] ，照らされる物体の表面の明るさを照度といい，単位面積に入射する光束で表す。

**光度** 単位 [カンデラ， ( c d ) ] ，光源の強さを表し，光源から，ある方向への単位立体角にでる光束で表す。

表 4.6 各種測定量の概数

光 束 [ l m ]		光 度 [ C d ]		照 度 [ l x ]	
太 陽	$4.3 \times 10^{28}$	太 陽	$3.4 \times 10^{27}$	直 射 太 陽	$10^5$
月	$8 \times 10^6$	満 月	$3 \times 10^{16}$	曇 天 昼 光	$1 \sim 5 \times 10^4$
電 球 ( 100 W )	$1.5 \times 10^3$	電 球 ( 100 W )	130	満 月 光	0.2
ろうそく	10	ろうそく	1	(上記いずれも地表面上の照度)	
マ ッ チ	4				
(発光のとき)	40				

照度の計算は，光度  $I$  [カンデラ] の光源から，距離  $l$  [m] 離れた面が光源に対し， $\theta$  [度] 傾いている場合の面の照度， $E$  [ルクス] は次式で求まる（図4.37参照）。

$$E = \frac{I}{l^2} \cdot \cos \theta \text{ [ルクス]} \quad \cdots \cdots \cdots (4.51)$$

$\frac{I}{l^2}$  は，面が光源に対し直角の時の照度である。

## (2) 光 源

### 1) 白熱電球

通電によりフィラメントを加熱し、その温度放射により発生する可視線を利用するランプで、一般照明には輝度を低くするために、内部をつや消処理したものをを用いる。

### 2) 蛍光ランプ

低圧水銀蒸気の放電では、2537Åの紫外線を多量に発生する。これを管内部に塗布し、蛍光物質で可視光線に変換する。効率がよいので、家庭用をはじめ事務所、店舗などの照明に用いる。

### 3) 水銀ランプ

高気圧の水銀蒸気中の放電を利用した照明である。小形、高効率の高光束光源が容易に製作できるので、工場照明、道路照明、広場照明などをはじめ、広く使用されている。

### 4) その他の光源

ナトリウムランプ、キセノンランプ、ネオン灯、ネオン電球、ELライト、LEDランプなどがある。

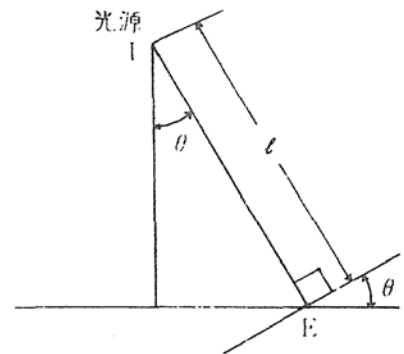


図 4.37 照明計算基礎図

## 2 電気加熱

電気加熱とは、電気を熱エネルギーに変換して利用するもので、一般の家庭では電熱器などその応用も広い。電気加熱の方式には次のような種類がある。

### 1) 抵抗加熱

直接電源に繋いだ導体の発生熱で加熱する方式で、家庭用電熱器、鉱山電車で暖房などがある。

### 2) アーク加熱

主としてアークによって発生する熱により加熱する方式で、溶接、アーク炉などがある。

### 3) 誘導加熱

電磁誘導によって発生する熱により加熱する方式で、交番磁界中におかれた導電性物体に生ずるうず電流損またはヒステシス損によって加熱される。高周波誘導加熱、低周波誘導加熱などがあり、金属の焼入れ、溶解などに使用する。

### 4) 誘電加熱

交番電界中における誘電体の誘電体損による熱を利用する方式で、誘電体は熱的にも絶縁材なので、この方式により内部まで均一に加熱できる。一般には高周波で、高電界の電気で行われる。家庭用電子レンジは代表的な例である。

### 5) 赤外線加熱

赤外線電球で材料の表面を加熱乾燥する方式で、材料表面の塗装乾燥用として、自動車等の塗装仕上げに用いる。

### 3 電池

電池には、使い切りのものと、充電して何度も繰り返して使えるものがあり、前者を一次電池、後者を二次電池という。

電池のなかで、化学作用を利用して電気エネルギーを発生させるものについて考える。構成は、電解質を介在して陽極と陰極とから成り、両極の周囲には起電反応を起こす減極材（活物質）がある。特に電解質が液体の場合、両極の接触を防ぐため隔離板を置く。また、電池の特性として、電池に負荷をかけないときの両端子間の電圧を  $E$ 、負荷をかけたときの両端子間の電圧を  $V$ 、電流を  $I$ 、外部抵抗を  $R$  とすると、電池の内部抵抗  $r$  は、次式で表される。

$$r = \frac{E-V}{I} = \frac{E-V}{V} R \quad \dots\dots\dots (4.52)$$

電池の内部抵抗は、電極、電解液および隔離板による。内部抵抗を小さくするには、電極の表面積を大にし、両極間の距離を小にし、電極と減極材との間の接触抵抗を小さくする必要がある。

#### (1) 一次電池

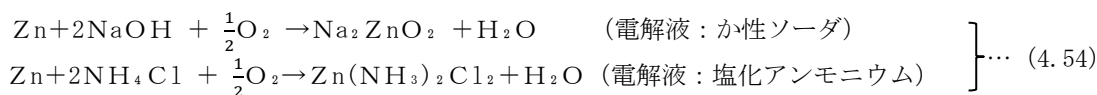
懐中電灯用から始まり、最近の各種電子装置のポータブル化に伴って、その用途が広がりつつある。一次電池には次のようなものがある。

##### 1) マンガン乾電池



陰極は亜鉛缶で、これが容器となっており、陽極は炭素棒である。陽極の周囲には、 $\text{MnO}_2$ 、黒鉛、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{ZnCl}_2$  などの減極合剤がある。電解液は  $\text{NH}_4\text{Cl}$  と  $\text{ZnCl}_2$  で、これを、合剤を巻いた綿紙に吸収させあるいはでんぷんを混ぜ、のり状にしている。

##### 2) 空気電池



減極剤として空気中の酸素を利用するもので、湿電池と乾電池がある。

陽極には、触媒作用のある炭素を用いる。放電時の電圧変動が少なく、保存性が良いが、強電流放電性能は良くない。電話機、テレメータなど長期間無保守を必要とする場合に用いられる。

##### 3) 水銀電池

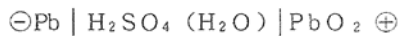
放電中の電位変動が極めて少なく、容積あたりの電気量が大きい、重負荷には向かない。保存寿命が長く、保存率の電圧安定性は抜群である。電圧は、1.4～1.35Vである。

#### (2) 二次電池

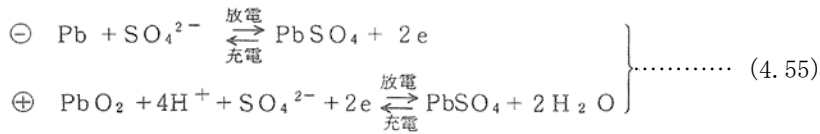
予備電源、非常用電源の据え置き用、自動車の始動、バッテリー電車電源の可搬用などに用いる。単電池あたりの公称電圧は2Vである。鉛蓄電池のほか、アルカリ蓄電池も用いられる。

1) 鉛蓄電池

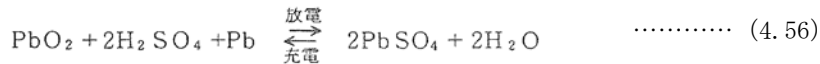
構 成；



電池反応；



全 反 応；



鉛蓄電池の内容物質を、表4.7に示す。

表 4.7 鉛蓄電池の内容物質

⊖極 Pb	鉛－アンチモン（又はカルシウム）合金製格子基板に鉛粉と酸化鉛（PbO）をペースト状にして塗り充てんしたものを電解液と同一組成物中で陰極還元する。
電 解 液	比重 1.210 ～ 1.300 の希硫酸（25℃）。ただし用途により比重が少しずつ異なる。
⊕ 極	鉛－アンチモン（又はカルシウム）合金製心金を中心にもつ強化ガラス繊維を編組した適当な枠かチューブ中に活物質としてPbO <sub>2</sub> を充てんする。
セパレータ	強化繊維性多孔板・微孔エポナイト板・ガラス繊維マットなど。

取扱い上の注意

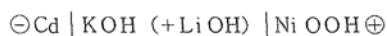
- ① 適切な充電を行う。10～20時間率で完全充電の90％程度に止める（時間率＝ $C/I$  [H]：定電流で充放電を行う電流値を  $I$  [A]，容量を  $C$  [AH] とする）。
- ② 精製水を補充し液切れを避ける。むやみに希硫酸を補給しない。
- ③ 45℃を超えると劣化する。
- ④ 過放電は厳禁である。

## 2) アルカリ蓄電池

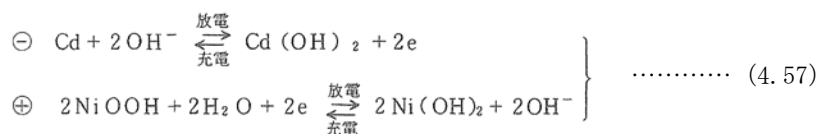
## ニッケル－カドミウム蓄電池

単電池あたりの公称電圧は1.2Vである。

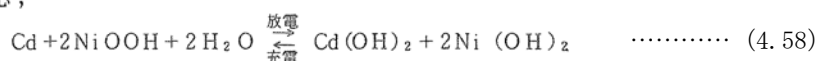
構成；



電池反応；



全反応；



ニッケルカドミウム蓄電池の内容物を，表4.8に示す。

表 4.8 ニッケルカドミウム蓄電池の内容物質

電池部位		内容物質
⊖ 極 Cd	ポケット式	ポケット加工した多孔鋼板(2枚張り合せ)間のポケットにCdと3～30%の鉄粉を混合充てんする。
	焼結式	ニッケルあるいは鋼の孔あき板か金網を芯にニッケル粉を焼結，多孔体とし，この多孔中に化学的に充てんする <sup>注)</sup> 。
セパレータ		ポケット式：多孔(孔あき)プラスチック板 焼結式：ナイロン・ポリプロピレンなどの不織物
⊕ 極 NiOOH	ポケット式 焼結式	対応する⊖極と同様の芯体を作り，NiOOHを充てんする <sup>注)</sup> 。
	チューブ式	ニッケルめっき鋼板を細いスパイラル状とし，細い中空部にNiOOHを充てん，このチューブを並べる。
電解液		比重1.20～1.25(20℃)程度の力性カリ(KOH)一般に，水酸化リチウムを数%添加する。

注) 活動質粉体と導電粉体とを合成樹脂結着剤により混練して，たわみ性シートとし，これをエキスパンドメタルのような集電シートに張り付けたものも開発されている。

## 特 徴

- ① 重負荷特性が良く，過酷な充放電に耐える。
- ② 低温特性が良い。
- ③ サイクル寿命が長い。
- ④ 保守が簡単で，堅ろう。

## 4 バッテリー

車両用のバッテリーは一般に、鉛蓄電池である。バッテリーの目的は、エンジンを始動させ、さらに各種の電装品を作動させるのに必要な電力を発電し、余った電力を貯えておくことである。

### (1) 原理

バッテリーは二次電池の1つであり、希硫酸液の中に陽極板（正極）として二酸化鉛、陰極板（負極）として海綿状の鉛、電解液として希硫酸を用いている（図4.38参照）。

充電では、正極・負極の双方から電解液中に硫酸イオンが移動し、放電では、電解液中の硫酸イオンが正極・負極の双方に移動する。

一般には、12Vまたは24Vの鉛蓄電池が使用される（図4.39参照）。

### (2) 容量および電圧

バッテリーの容量は、完全に充電されたバッテリーを一定電流で放電して、放電中の端子電圧が規定の放電終止電圧に達するまでの電気量で表わし、放電電流と時間直列接続の積、すなわちア



図 4.38 バッテリーの原理

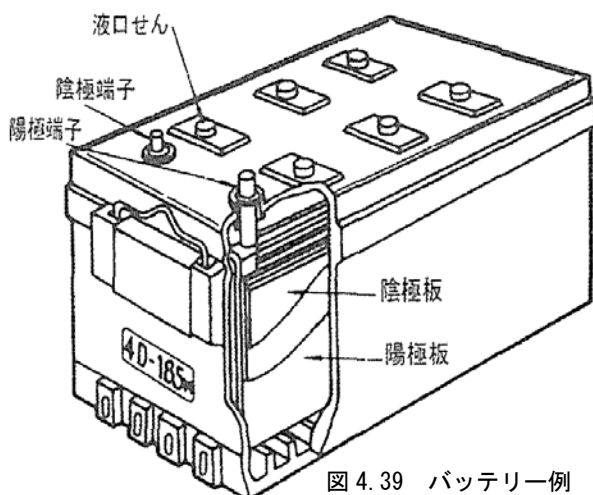


図 4.39 バッテリー例

ンペア・アワー（A・H）で表わす。従って、A・Hの大きいものほど型も大きくなり、始動力も強い。

なお、個別のバッテリー容量はバッテリーそのものによって決まるが、他のバッテリーと接続することで容量・電圧を変えられる。

#### ① 直列接続

バッテリー2台を直列に接続すると、容量はかわらないが、2倍の電圧を得る（図4.40左図参照）。

#### ② 並列接続

並列に接続した場合、A B 間の電圧は1台のものと同じだが容量は倍に

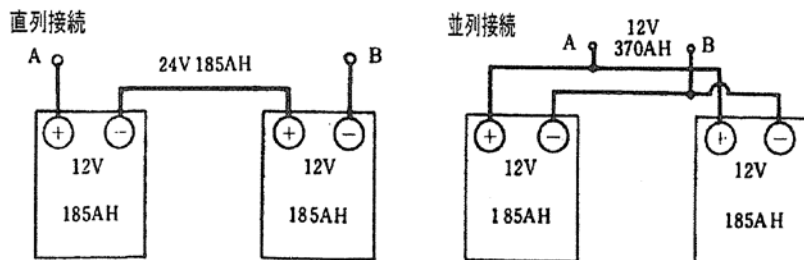


図 4.40 バッテリーの直列および並列接続

なる(図4.40右図参照)。

### (3) 特性

#### ① 電解液比重と放電量

バッテリーの充電および放電状態は、電解液である希硫酸の濃度が変わってくるので、電解液の比重によって判断できる。比重は周囲温度で変動するため、測定した比重は標準温度に換算する必要がある(図4.41参照)。

一般にこの標準温度は20℃で、この20℃における完全充電状態のバッテリーの電解液比重は1.280である。しかし、実際のサービス面でいえば、1.250以上あれば通常の使用に差しつかえない。また、1.220になるとバッテリーは補充電しなければならない。

電解液の比重を20℃の比重に換算するには次式による。

$$S_{20} = S_t + 0.0007(t - 20) \dots\dots\dots (4.59)$$

ここで、

$S_{20}$  : 標準温度20℃に換算した比重

$S_t$  : 測定比重

$t$  : 測定時の液温

#### ② 容量と電解液温度

バッテリーは化学作用によって放・充電を行うため、気温が低下すると化学反応が鈍くなり、バッテリーの持つ能力が十分に発揮されない。電解液は完全充電状態であれば、ほとんど氷結する可能性はないが(氷結温度-68℃)、充電が不足すればするほど氷結温度は上昇する(図4.42参照)。

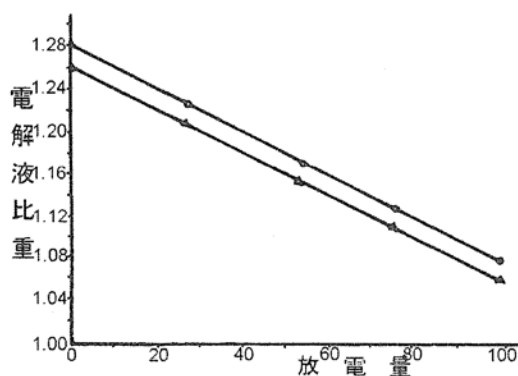


図 4.41 バッテリーの電解液比重と放電量

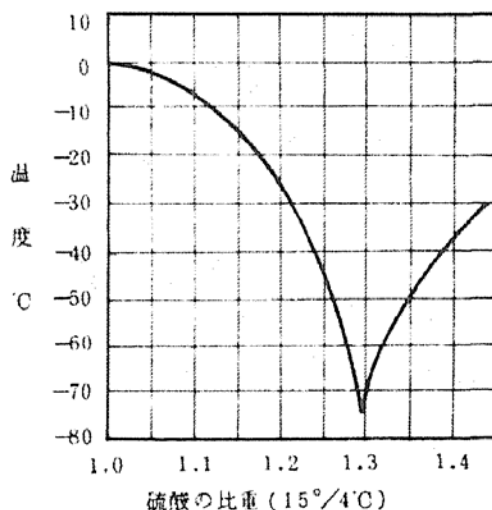


図 4.42 電解液の比重と氷結点