広告企画

電験を「学ぶ・生かす」

ここでは、電験に合格するためのノウハウや、現場で求められている技術者像、これから電験を「学ぶ」ための教育サービス、資格を「生かす」ことのできる現場の最新情報を紹介する。ぜひ、日ごろの学習や、キャリアアップの参考にしてほしい。

学ぶ　山下 明先生

教えて　山下先生！

電験三種・二種合格の戦略 II

生かす　東京都

現場は首都東京

都民の日常を支える電気技術者 XI

ステップアップガイド XVII

教えて　山下先生！

電験三種・二種合格の戦略

電験三種の勉強方法や社内研修と、その資格を活用できるフィールドを指南するスペシャル企画『電験を「学ぶ･生かす」』。まずは､電験を「学ぶ」からスタート。

今回は、全国で電験三種、二種の講師として活躍されている山下明先生に電験三種および電験二種の対策について話を聞いた。

電験三種 攻略のポイント 学習の前に～本当のスタートライン～

電験三種の学習を始めるにあたり、まず固めるべき土台があります。それは、**第一種電気工事士（一種電工）の計算問題を９割以上**できるようになることです。一種電工の試験は、計算問題が全体の約1/5しかなく、それ以外の知識問題を習得するだけで合格できてしまいます。しかし､電験三種を目指すうえでは、この**計算問題を９割以上正解できること**が本当のスタートラインとなります。

電験三種受験者の多くが、基礎的な計算力がおろそかになっているために、どの科目の計算問題も解けないという状況に陥りがちです。まずは、この基礎を徹底することが合格への最低条件です。

最重要科目「理論」の学習法

「理論」は、「電力」「機械」「法規」すべての科目の基礎となる最も重要な科目です。学習を進める順番は次のとおりがお勧めです。

１．直流回路

- **目標**：**鳳ーテブナンの定理**を理解し、使いこなせるようになること。
- **ポイント**：「等価回路」の概念を深く理解することが重要です。鳳－テブナンの定理は、複雑な回路を一つの電圧源と内部抵抗の直列接続というシンプルな形に置き換えられる（等価である）という考え方をします。これを、回路問題を何度も解いて体得しましょう。

補 足

「等価回路」というと難しく聞こえますが、要は合成抵抗が求められることなどです。２Ωの抵抗は１Ωと１Ωの抵抗を直列接続したものと同じです。これが「等価」です。また、「○○側からみた合成抵抗」といった表現にも慣れておきましょう。

最初のうちは、簡単な回路で鳳ーテブナンの定理を使ってみるとよいでしょう。使い方がわかったら徐々に複雑な回路にも使ってマスターしましょう。これは鍛錬で身につけることができます。繰り返し練習しましょう！

２．電磁気

- **目標**：コイルLとコンデンサCの物理的な性質をイメージできるようになること。
- **ポイント**：交流回路に進む前に電磁気を学ぶことで、LとCが単なる計算上の記号ではなく、**エネルギーを蓄える素子**であることが理解できます。コイルは電流によって磁気エネルギーを、コンデンサは電圧によって静電エネルギーを蓄えるという物理的イメージを持つことが大切です。

補 足

静電容量が蓄えるエネルギー$W_C=\frac{1}{2}CV^2$と自己インダクタンスが蓄えるエネルギー$W_L=\frac{1}{2}LI^2$の式は似ています。また、静電容量$C=\varepsilon_0\frac{S}{d}$は抵抗の逆数であるコンダクタンス$G=\sigma\frac{S}{l}$と似ています。こうしたこともアナロジーとして覚えておくとよいでしょう。

3．交流回路

● **目標：三角関数と複素数を完璧にマスターすること。**

- 三角関数：有名角（30°, 45°, 60° など三角定規の角度）の$\sin\theta$、$\cos\theta$の値は即座に出てくるレベルを目指しましょう。
- 複素数：四則演算が完璧にできて、複素平面に図示できること。

● **学習ステップ：**

① 瞬時値式を理解する。

時刻と電圧・電流の関係、位相の進み、遅れ、初期位相を理解していること。波形から値を読み取ることができること。波形も描けるとなおよいでしょう。

② 瞬時値を**フェーザー**で表現できるようになる。

③ *RLC*回路の計算を、フェーザーを用いて直流回路と同じように解く練習をする。

④ 有効電力、無効電力、皮相電力、力率といった交流電力の概念を理解する。

4．三相交流

● **目標：**三相回路を1相当たりの単相回路に置き換えて考えられるようになること。三相回路は「**120° ずつ位相がずれた単相回路が3つある**」と考えられます。1相（単相）だけに着目して計算すれば単相回路と同じように計算できます。

● **ポイント：スターデルタ変換**は絶対に必要です。これも「等価」という概念の応用です。

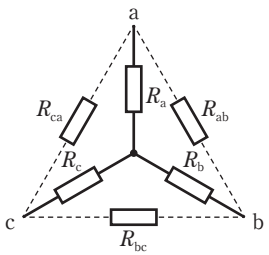
補 足

Y－Δ変換暗記の手助け

$$\triangle\rightarrow Y：R_a=\frac{R_{ab}R_{ca}}{R_{ab}+R_{bc}+R_{ca}}$$

$$R_b=\frac{R_{bc}R_{ab}}{R_{ab}+R_{bc}+R_{ca}}$$

$$R_c=\frac{R_{ca}R_{bc}}{R_{ab}+R_{bc}+R_{ca}}$$



「3つ抵抗がある場合の和分の積」と覚えるとよい。

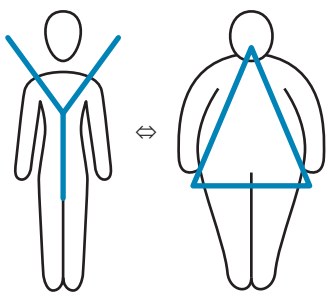
$R_{ab}=R_{bc}=R_{ca}$のときは、

$$R_a=\frac{R_{ab}R_{ab}}{R_{ab}+R_{ab}+R_{ab}}=\frac{1}{3}R_{ab}$$

Y：細い⇒$\frac{1}{3}$倍、Δ：太い⇒3倍

……Δ→Y：$\frac{1}{3}$倍、Y→Δ：3倍

Yは細いから$\frac{1}{3}$倍、Δは太いから3倍



5．過渡現象

●**ポイント**：微分方程式を解くよりも、まずは**4つの基本パターンを式と波形を含めて完全に暗記する**ことが最も効率的です。

- *RL* 直列回路の充電・放電
- *RC* 直列回路の充電・放電

●過渡状態と定常状態におけるコイルとコンデンサの状態を覚えること。

	コイル L	コンデンサ C
過渡状態	開放（抵抗∞）	短絡（抵抗ゼロ）
定常状態	短絡（抵抗ゼロ）	開放（抵抗∞）

6．その他の分野

●**電気計測**：他の科目（特に「機械」）の試験内容を理解する助けになるので、先に学んでおくと有利です。

●**電子回路**：苦手な場合は深入りせず、捨てても合格は可能です。得意な人以外はコストパフォーマンスが悪い分野といえます。

他の3科目のポイント

「理論」の合格に目途が立ったら、ほかの科目に進みましょう。「理論」がしっかりしていれば、ほかの科目のハードルは格段に下がります。

●**電力**

- 発電（水力、火力など）は計算も「理論」に比べれば単純なため、読み物として概要を掴み、深入りしすぎないのがコツです。**送配電の計算問題**に時間を使いましょう。

●**機械**

- 出題範囲が非常に広いため、「**四機**」と呼ばれる主要な電気機器（**直流機**、**誘導機**、**同期機**、**変圧器**）の計算を完璧にしましょう。
- パワエレや電気化学など、苦手な分野が1つくらいあっても、ほかの分野でカバーすれば合格点を狙えます。
- **自動制御**ができるようになっておくと電験二種受験のときに楽です。

●**法規**

- **計算問題を確実に得点源にする**ことが最優先です（配点の約4割）。
- 知識問題は「**電気事業法**」から手掛け、その後で「電気設備技術基準・解釈」に進むと、出題頻度と重要度の観点から効率的です。というのも、電気事業法は出題範囲が狭いわりに1、2問出題されるためコスパがいいからです。

電験二種へのステップアップ 必須となる2つの準備

1．電験三種の内容を完璧にする

三種に6割で合格できたとしても、電験二種に挑戦するには不十分です。特に「理論」の主要単元（**直流**、**交流**、**三相**、**電磁気**）は**8割以上**取れるレベルまで仕上げておく必要があります。

2．新しい数学ツールを習得する

●**微分積分**：電験二種では必須の知識です。基本的な関数の微分・積分はいつでもできる状態にしましょう。

●**ラプラス変換**：微分方程式を簡単に解くための強力な武器です。一次試験の過渡現象と二次試験の自動制御の両方で使うため、**微分積分とセットで最初に学んでしまう**のが最も効率的です。

一次試験のポイント

●**「理論」**

- **電磁気**：ガウスの法則やアンペールの法則を、積分（面積分・線積分）を使って計算できるようになる必要があります。ただし、多くは対称性の高い形状で出題されるため、積分計算は単純な（表）面積

や長さの乗算になります。この単純化がポイントです。

- **過渡現象**：電験三種のようにパターン暗記では対応できない問題も出るため、最初からラプラス変換で解くと決めて学習するのが早道です。

●**「法規」**

- **出題傾向**：法令集に過去10年で出題された条文をマークし、その**前後の条文**を重点的に学習すると、出題されやすい箇所を効率よく対策できます。例えば、第135条が出題されていたら、次は第134条や第136条が出題される可能性が高いという傾向にあります。これにより、膨大な条文の中から、学習の優先順位を効率的につけることができます。

●**「電力」「機械」**

- 二次試験に焦点を当てて勉強しましょう。

二次試験の戦略

二次試験は、どの問題を選択し、いかに確実に得点を積み上げるかという戦略が非常に重要です。

●**「電力・管理」**

- **計算問題に集中**：論説問題は範囲が広すぎるため、まずは計算問題を確実に解けるようにします。特に、水力・火力発電よりも「送配電線路の電気的特性」に関する計算を完璧にしましょう。
- **論説対策**：オーム社の**電験三種「完全マスター」シリーズ**を完璧にすることが、結果的に二種の論説対策として非常に有効です。

●**「機械・制御」**

- **選択すべき問題**：４問中２問を選択しますが、「誘導機・同期機・変圧器などの主要な機器問題（問１、問２）」と「自動制御（問４）」を選ぶのが王道です。
- 自動制御はラプラス変換をマスターしていれば、高得点が狙いやすい分野です。

●**具体的な得点戦略**

1．**「電力・管理」**：計算問題３問（90点満点）で７～８割（約63～70点）を確保します。また、論説１問で部分点をねらいます。

2．**「機械・制御」**：選択した２問（60点満点）で８割（48点）を確保します。

3．この時点で合計111点以上となり、合格ラインの108点を上回ります。さらに「電力・管理」の論説問題で部分点を狙い、上乗せすることで合格を盤石にします。

最後に ～受験生への応援メッセージ～

電験二種は、高校１年から大学２年までの内容を学ぶようなもので、本来であれば５年はかかる道のりです。１年で合格できなくてもまったく遅くはありません。この資格は、実務や給与面で役立つだけでなく、物事の考え方の土台となる理系の素養そのものを身につけることができる素晴らしい資格です。道のりは長いですが、コツコツと頑張ってください。

Lesson 1　鳳－テブナンの定理の考え方と使いどころ

鳳－テブナンの定理は前述したように、複雑な回路を**１つの電圧源E_0と内部抵抗rに負荷R_Lが接続されている形に回路を変形して、負荷R_Lに流れる電流Iを求める定理**です。

鳳－テブナンの定理を使うと解きやすい問題は主に次の３つです。

①「抵抗Rに流れる電流Iを求めよ」とある

② ブリッジ回路が不平衡な場合

③ 非接地方式配電線路で発生した地絡電流を求めるとき

ここでは基本的な①に焦点を当て練習しましょう。

■鳳－テブナンの定理の練習

次の回路を鳳－テブナンの定理を用いて解いてみましょう。

練習問題１　次の回路のR_2に流れる電流Iを鳳－テブナンの定理を使って求めよ。

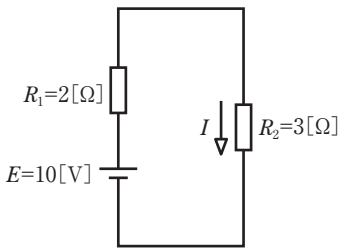


図１

【解説】

鳳－テブナンの定理の使い方から解説する。

① 求める電流Iが流れている抵抗（ここではR_2）を負荷抵抗とみなす。

② ①以外を電圧源と内部抵抗に見立てる。

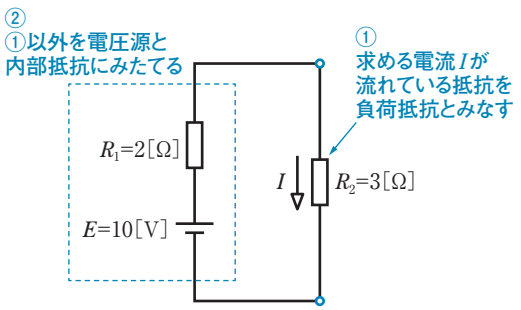


図２

③ 負荷とみなした抵抗R_2を外す。

④ 端子a－b間の電圧V_{ab}を求める（この電圧V_{ab}が鳳－テブナンの定理の電圧源となる）。

$V_{ab}=E=10\,[\mathrm{V}]$

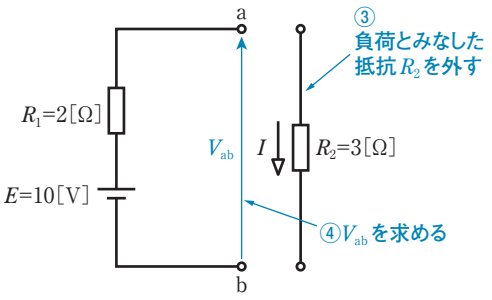


図３

⑤ 端子a－b間の抵抗R_{ab}を求める（この抵抗R_{ab}が鳳－テブナンの定理の内部抵抗になる）。

$R_{ab}=R_1=2\,[\Omega]$

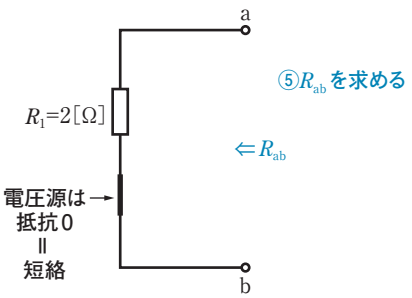


図４

⑥ 鳳－テブナンの定理より端子a－bからみた回路は次のような等価回路に描きかえることができる。

電圧$V_{ab}=10\,[\mathrm{V}]$、内部抵抗$R_{ab}=2\,[\Omega]$の電圧源とみなせる。

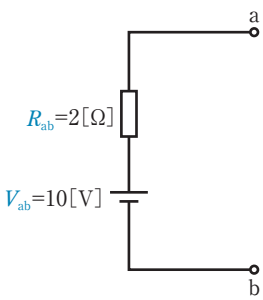


図５

⑦ 負荷抵抗として外した抵抗R_2を端子a－b

間に接続する。

⑧ 図６の回路より、求める電流Iは、

$$I=\frac{V_{ab}}{R_{ab}+R_2}=\frac{10}{2+3}=\frac{10}{5}=2\,[\mathrm{A}]$$

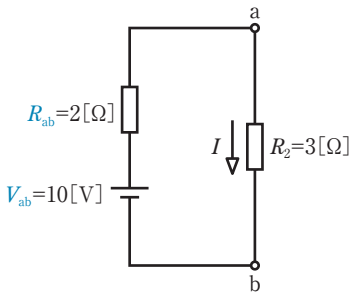


図６

答 I=2 [A]

練習問題２　次の回路のR_3に流れる電流Iを鳳－テブナンの定理を使って求めよ。

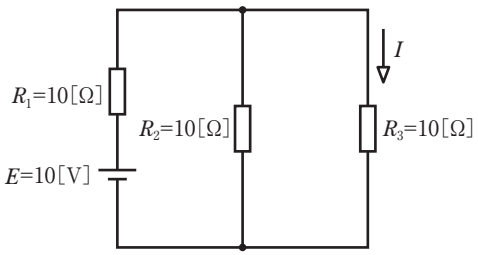


図７

【解説】

① R_3を負荷抵抗とみなして外す。

② 端子a－b間の電圧V_{ab}を求める（この電圧V_{ab}が鳳－テブナンの定理の電圧源となる）。

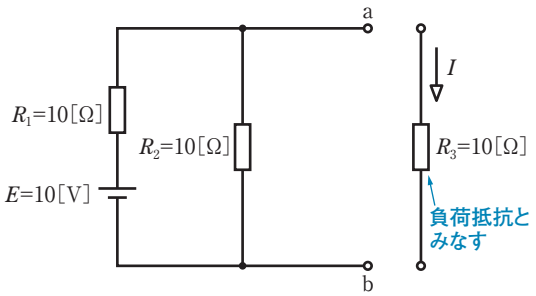


図８

③ $V_{ab}=\frac{R_2}{R_1+R_2}E=\frac{10}{10+10}\times 10=5\,[\mathrm{V}]$

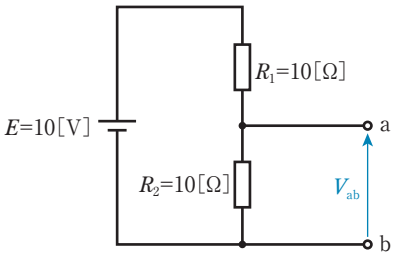


図９

④ 端子a－b間の抵抗R_{ab}を求める（この抵抗R_{ab}が鳳－テブナンの定理の内部抵抗になる）。

$$R_{ab}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{10\times 10}{10+10}=\frac{100}{20}=5\,[\Omega]$$

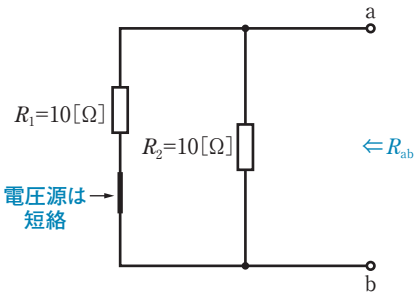


図10

⑤ 鳳－テブナンの定理より端子a－bからみた回路は次のような等価回路に描きかえることができる。

電圧V_{ab}＝5［V］、内部抵抗R_{ab}＝5［Ω］の電圧源とみなせる。

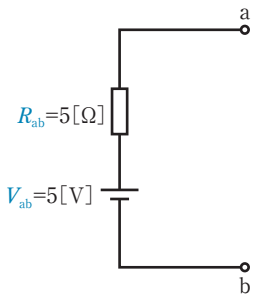


図11

⑥ 負荷抵抗として外した抵抗R_3を端子a－b間に接続する。

⑦ 図12の回路より、求める電流Iは、

$$I=\frac{V_{ab}}{R_{ab}+R_3}=\frac{5}{5+10}=\frac{5}{15}=\frac{1}{3}\,[\mathrm{A}]$$

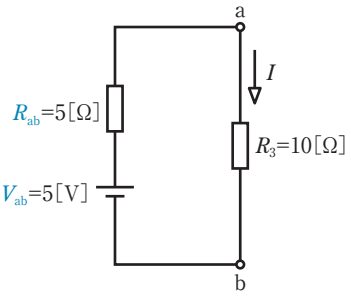


図12

答 $I=\frac{1}{3}$ [A]

Lesson 2　ラプラス変換表の覚え方

ラプラス変換表はそのまま暗記するのは難しいと思います。ここでは基本の変換式からそのほかの変換式を簡単に導き出すコツを伝授します。

1．基本変換式

$$\mathcal{L}[e^{at}]=\frac{1}{s-a} \qquad (1)$$

を覚える。

時間t領域における関数e^{at}の累乗部分(at)の$+a$がラプラス変換後のs領域では$\frac{1}{s-a}$になる。つまり、

$$\mathcal{L}[e^{\square t}]=\frac{1}{s-\square}$$

なお、e^{-at}のラプラス変換は、

$$\frac{1}{s-(-a)}=\frac{1}{s+a}$$

2．(1)式に$a=0$を代入すると、「1」のラプラス変換$\frac{1}{s}$が求められる。

$$\mathcal{L}[e^{0t}]=\mathcal{L}[1]=\frac{1}{s-0}=\frac{1}{s}$$

3．$\sin\omega t$，$\cos\omega t$のラプラス変換を求める。

オイラーの公式より、

$$e^{j\omega t}=\cos\omega t+j\sin\omega t \qquad (2)$$

$$e^{-j\omega t}=\cos\omega t-j\sin\omega t \qquad (3)$$

～$\cos\omega t$～

(2)式＋(3)式をすると、

$$e^{j\omega t}+e^{-j\omega t}=2\cos\omega t$$

$$\cos\omega t=\frac{e^{j\omega t}+e^{-j\omega t}}{2}$$

$$\mathcal{L}[\cos\omega t]=\frac{\mathcal{L}[e^{j\omega t}]+\mathcal{L}[e^{-j\omega t}]}{2} \qquad (4)$$

(1)式に$a=j\omega$を代入すると、

$$\mathcal{L}[e^{j\omega t}]=\frac{1}{s-j\omega} \qquad (5)$$

(1)式に$a=-j\omega$を代入すると、

$$\mathcal{L}[e^{-j\omega t}]=\frac{1}{s+j\omega} \qquad (6)$$

(5)、(6)式を(4)式に代入すると、

$$\mathcal{L}[\cos\omega t]=\frac{\mathcal{L}[e^{j\omega t}]+\mathcal{L}[e^{-j\omega t}]}{2}$$

$$=\frac{1}{2}\left\{\frac{1}{s-j\omega}+\frac{1}{s+j\omega}\right\}$$

$$=\frac{1}{2}\frac{s+j\omega+s-j\omega}{(s-j\omega)(s+j\omega)}$$

$$=\frac{1}{2}\frac{2s}{s^2+\omega^2}$$

$$\mathcal{L}[\cos\omega t]=\frac{s}{s^2+\omega^2}$$

～$\sin\omega t$～

(2)式－(3)式をすると、

$$e^{j\omega t}-e^{-j\omega t}=j2\sin\omega t$$

$$\sin\omega t=\frac{e^{j\omega t}-e^{-j\omega t}}{j2}$$

$$\mathcal{L}[\sin\omega t]=\frac{\mathcal{L}[e^{j\omega t}]-\mathcal{L}[e^{-j\omega t}]}{j2}$$

$$=\frac{1}{j2}\left\{\frac{1}{s-j\omega}-\frac{1}{s+j\omega}\right\}$$

$$=\frac{1}{\mathrm{j}2}\frac{s+\mathrm{j}\omega-s+\mathrm{j}\omega}{(s-\mathrm{j}\omega)(s+\mathrm{j}\omega)}$$

$$=\frac{1}{\mathrm{j}2}\frac{\mathrm{j}2\omega}{s^2+\omega^2}$$

$$\mathcal{L}[\sin\omega t]=\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$$

4．微分・積分

時間t領域の微分の項$\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$をラプラス変換すると、$sI(s)$になる。初期値$i(0)$がある場合は$sI(0)-i(0)$。

時間t領域の積分の項$\int_0^t i(t)\mathrm{d}t$をラプラス変換すると、$\frac{I(s)}{s}$になる。

つまりラプラス変換すると、微分は$\times s$、積分は$\times\frac{1}{s}$になる。

補足

インダクタンスLのインピーダンスは$\mathrm{j}\omega L$、コンデンサCのインピーダンスは$\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}$ですね。これは$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$と$\frac{1}{C}\int i\mathrm{d}t$をそれぞれフーリエ変換すると導くことができます。フーリエ変換はラプラス変換の親戚で微分$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$を$\times\mathrm{j}\omega$、積分$\int i\mathrm{d}t$を$\times\frac{1}{\mathrm{j}\omega}$に変換して計算できます。微分が乗算、積分が除算になるのはラプラス変換と同じです（ただし、ラプラス変換の場合は$\mathrm{j}\omega$がsになる）。つまり、L、Cのインピーダンスを覚えていれば、微分が乗算、積分が除算であることをアナロジーから導き出すことができます。

Lesson 3　対称座標法の公式

電験二種二次試験の「電力・管理」では対称座標法を用いる問題も出題されます。この問題を得点源にしようと考えている方もいらっしゃるでしょう。対称座標法でやっかいなのは零相・正相・逆相の関係を表す公式です。ベクトルオペレータ$a=\frac{-1+\mathrm{j}\sqrt{3}}{2}$を乗じるのか、$a^2$を乗じるのか、冒頭に$\frac{1}{3}$が必要だったか否か、公式を思い出そうとするたびにどうだったか不安になってしまう方も多いのではないでしょうか。ここでは本公式を思い出しやすくするための知識を紹介します。

■ N相交流に拡張して考える

3相交流における零相・正相・逆相の公式は次式のとおりです。なお、ここでは電圧のみ考えます。

$$\left.\begin{aligned}\dot{V}_0&=\frac{1}{3}(\dot{V}_\mathrm{a}+\dot{V}_\mathrm{b}+\dot{V}_\mathrm{c})\\ \dot{V}_1&=\frac{1}{3}(\dot{V}_\mathrm{a}+a\dot{V}_\mathrm{b}+a^2\dot{V}_\mathrm{c})\\ \dot{V}_2&=\frac{1}{3}(\dot{V}_\mathrm{a}+a^2\dot{V}_\mathrm{b}+a\dot{V}_\mathrm{c})\end{aligned}\right\}\quad(1)$$

また、次のような関係もあります。

$$\left.\begin{aligned}\dot{V}_\mathrm{a}&=\dot{V}_0+\dot{V}_1+\dot{V}_2\\ \dot{V}_\mathrm{b}&=\dot{V}_0+a^2\dot{V}_1+a\dot{V}_2\\ \dot{V}_\mathrm{c}&=\dot{V}_0+a\dot{V}_1+a^2\dot{V}_2\end{aligned}\right\}\quad(2)$$

(1)式と(2)式は似通っていてややこしいですよね。しかし、(1)式か(2)式どちらかを完璧にしていれば混乱も避けられますし、覚えていないほうの式も導出できます。今回紹介する式は(1)式のタイプです。つまり、冒頭に$\frac{1}{3}$が必要なタイプです。これは覚えておきましょう。本式でややこしいのがベクトルオペレータaです。aなのかa^2なのかわからなくなりやすいと思います。しかし、これは

3相特有の問題で4相、5相、…、N相に拡張して考えるとベクトルオペレータの乗数も整理できます。

ここで、ベクトルオペレータaは異なる相電圧の位相差を複素平面上に対応させることを思い出してみましょう。3相交流の場合は、隣り合う相電圧の位相が$\frac{2\pi}{3}$[rad]だけずれていました。これをN相交流の場合に対応させると、隣り合う相電圧は$\frac{2\pi}{N}$[rad]だけ位相がずれていると考えられます。よってN相交流のベクトルオペレータは$a_N=1\angle\frac{2\pi}{N}$[rad]で表すことができます。ですので、$N$相交流のベクトルオペレータ$a_N$は$N$乗すると1となります。まず、$N$相まで拡張した場合の相電圧の式をみてみましょう。

$$\dot{V}_l=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1}\dot{E}_k\,a_N^{lk} \qquad (3)$$

$(l=1, 2, 3, \cdots, N-1)$

これではわかりにくいですね。$N=5$の5相交流で考えてみましょう。

零相分

$$\dot{V}_0=\frac{1}{5}(\dot{E}_a+\dot{E}_b+\dot{E}_c+\dot{E}_d+\dot{E}_e)$$

正相分

$$\begin{cases}\dot{V}_1=\frac{1}{5}(\underset{\times a_5^1}{\dot{E}_a}+\underset{\times a_5^1}{a_5\dot{E}_b}+\underset{\times a_5^1}{a_5^2\dot{E}_c}+\underset{\times a_5^1}{a_5^3\dot{E}_d}+\underset{\times a_5^1}{a_5^4\dot{E}_e})\\ \dot{V}_2=\frac{1}{5}(\underset{\times a_5^2}{\dot{E}_a}+\underset{\times a_5^2}{a_5^2\dot{E}_b}+\underset{\times a_5^2}{a_5^4\dot{E}_c}+\underset{\times a_5^2}{a_5^6\dot{E}_d}+\underset{\times a_5^2}{a_5^8\dot{E}_e})\\ \dot{V}_3=\frac{1}{5}(\underset{\times a_5^3}{\dot{E}_a}+\underset{\times a_5^3}{a_5^3\dot{E}_b}+\underset{\times a_5^3}{a_5^6\dot{E}_c}+\underset{\times a_5^3}{a_5^9\dot{E}_d}+\underset{\times a_5^3}{a_5^{12}\dot{E}_e})\end{cases} \qquad (4)$$

逆相分

$$\dot{V}_4=\frac{1}{5}(\underset{\times a_5^4}{\dot{E}_a}+\underset{\times a_5^4}{a_5^4\dot{E}_b}+\underset{\times a_5^4}{a_5^8\dot{E}_c}+\underset{\times a_5^4}{a_5^{12}\dot{E}_d}+\underset{\times a_5^4}{a_5^{16}\dot{E}_e})$$
$$=\frac{1}{5}(\dot{E}_a+a_5^{-1}\dot{E}_b+a_5^{-2}\dot{E}_c+a_5^{-3}\dot{E}_d+a_5^{-4}\dot{E}_e)$$

どうでしょう。だいぶ見通しがよくなったのではないでしょうか。(4)式の正相と逆相の式をみると、$\dot{V}_1$ではベクトルオペレータa_5の1乗a_5^1を各項に順番に乗じています。同様に、$\dot{V}_2$ではベクトルオペレータa_5の2乗a_5^2を、$\dot{V}_3$ではベクトルオペレータa_5の3乗a_5^3を、$\dot{V}_4$ではベクトルオペレータa_5の4乗a_5^4を順番に乗じています。

この式から3相交流でも正相$\dot{V}_1$ではベクトルオペレータaの1乗a^1を、逆相$\dot{V}_2$ではベクトルオペレータaの2乗a^2を各項に順番に乗じることが類推できます。つまり(5)式のようになります。なお、ベクトルオペレータ$a^3=1$なので$a^4=a$です。

$$\begin{aligned}\dot{V}_0&=\frac{1}{3}(\dot{V}_a+\dot{V}_b+\dot{V}_c)\\ \dot{V}_1&=\frac{1}{3}(\dot{V}_a+a\dot{V}_b+a^2\dot{V}_c)\\ \dot{V}_2&=\frac{1}{3}(\dot{V}_a+a^2\dot{V}_b+a^4\dot{V}_c)\\ &=\frac{1}{3}(\dot{V}_a+a^2\dot{V}_b+a\dot{V}_c)\end{aligned} \qquad (5)$$

ちなみに、(2)式は(6)式のようにベクトルオペレータa^{-1}を乗じていると考えると覚えやすいです。

$$\begin{aligned}\dot{V}_a&=\dot{V}_0+\dot{V}_1+\dot{V}_2\\ \dot{V}_b&=\dot{V}_0+a^{-1}\dot{V}_1+a^{-2}\dot{V}_2\\ &=\dot{V}_0+a^2\dot{V}_1+a\dot{V}_2\\ \dot{V}_c&=\dot{V}_0+a^{-2}\dot{V}_1+a^{-4}\dot{V}_2\\ &=\dot{V}_0+a\dot{V}_1+a^2\dot{V}_2\end{aligned} \qquad (6)$$

現場は首都東京

都民の日常を支える電気技術者

取材・文／新電気編集部　協力／東京都

日々何百万人もの生活と経済活動を支える日本の首都、東京。その巨大なインフラは、多くの技術者の力で動いている。電気主任技術者（電験）の資格を取得し、東京都の「電気職」として働くことは、その重要な一員になるためのキャリアパスの一つだ。本稿では、水道局の佐藤祐輔さんと交通局の原葉那さんに、都民の「当たり前の日常」を守る仕事の具体的な内容と、そのやりがいについて詳しく伺った。

――お二人が東京都で働くことになった経緯やきっかけ、なぜ東京都を選ばれたのかについて教えてください。

佐藤：私は大学院で環境発電をIoTに応用する研究をしていました。その中でICT技術は、人々の生活を豊かに、そして安全にできると実感しました。東京都は、防災や教育といった幅広い分野で、ICT技術や電気設備技術の活用を積極的に行っています。他の自治体と比較しても非常に先進的な取り組みが多いと感じ、その点に興味・関心を引かれました。社会貢献ができ、かつ自分自身も成長できる未来を担う一員になれたらと思い、東京都を志望しました。

――具体的に、東京都の取り組みで「これはすごいな」と思われたものは何かありますか？

佐藤：例えばICT技術ですと、河川を常時監視して、いち早く増水等の異常を把握するシステムがあります。また、全庁的に進められている「スマート東京」のように、MaaS（Mobility as a Service）をはじめとする幅広い取り組みをしている点も、他の自治体と比べて先進的だと感じ、魅力に思っています。

原：私は「公務員」という仕事にすごく興味がありました。都内に住んでいたこともあり、近隣の市や県など、どこが良いか探している中で、東京都の規模の大きさに惹かれました。都心だけでなく島嶼部（とうしょぶ）まで管轄しており、事業を担う「局」が30局あるなど、事業の幅広さから「楽しそうだな」と思ったのがきっかけです。

――なぜ「電気職」を選ばれたのですか？

原：大学で情報系の学科を専攻していて、一番分野が近いのが電気職だと思ったからで

す。大学で電気の基礎的なところは学んでおり、興味があったので電気職を選びました。

これまでのキャリアパスと経験

――現在の役職に至るまでのキャリアパスについて詳しく聞かせてください。

佐藤：私は現在入都５年目です。最初の２年間は、水道局の浄水場で三交代制の交代勤務をしていました。水道の安定供給を確保するため、24時間稼働する設備の運転管理が主な業務です。具体的には、コンピュータを監視しながら、気象条件などから水需要を予測して浄水量を決定するといった仕事を通じて、電気設備の基礎や浄水の流れを学びました。

その後、同じ浄水場内の設備の保全管理を行う部署に異動しました。機器が突発的に故障した際に、現場で実際に補修工事を行う、最前線の部隊のようなところですね。例えば、漏電が発生して遮断器がトリップした際には、対象回路がある共同溝に入って絶縁抵抗を測定するなどして、原因箇所を調査し特定するといったことも経験しました。

――ご自身で工事までされるのですか？

佐藤：資格の関係もあり、そのような箇所を私たちが直接工事をすることは少なく、調査して再度投入しないよう養生するまでですね。そして現在は、本庁で電気保安関連の業務に携わっています。東京都水道局は「統括電気主任技術者制度」を導入しており、私はその事務代行者として、局内設備の技術基準への適合を確認する自主検査を行ったり、職員への保安教育を実施したりしています。まさに電気主任技術者の知識が生かせる部署です。最近では、環境法令や再生可能エネルギー導入の計画などにも関わっています。

原：私は入都４年目になります。最初の３年

間は、交通局の車両電気部電力課という部署にいました。そこでは、新人研修の運営、インターンシップの受け入れ、発表会のようなイベントの企画など、正直、あまり電気職っぽくない運営・事務系の仕事が多かったです。

今年の４月に同じ車両電気部の信号通信課へ異動になりました。現在は、信号通信設備の維持管理に関わる業務で、修繕工事や物品購入のための契約書類を作成するといった事務的な仕事が中心です。直接電気を使って何かをするというよりは、電気の知識を背景に仕事を進めているという感じです。

――原さんはその間に電験三種を取得されたのですね。何かきっかけがあったのですか？

原：先輩から「持っているといいよ」というアドバイスもありましたし、私自身が情報系の学部出身で、電気の知識に不安があったため、自分に自信をつけるために挑戦しました。一から独学だったので大変でした。

――独学で！　すごいですね。

原：大変でしたが、そのおかげで打ち合わせで飛び交う言葉の意味がわかるようになったり、先輩職員との会話の理解度が格段に上

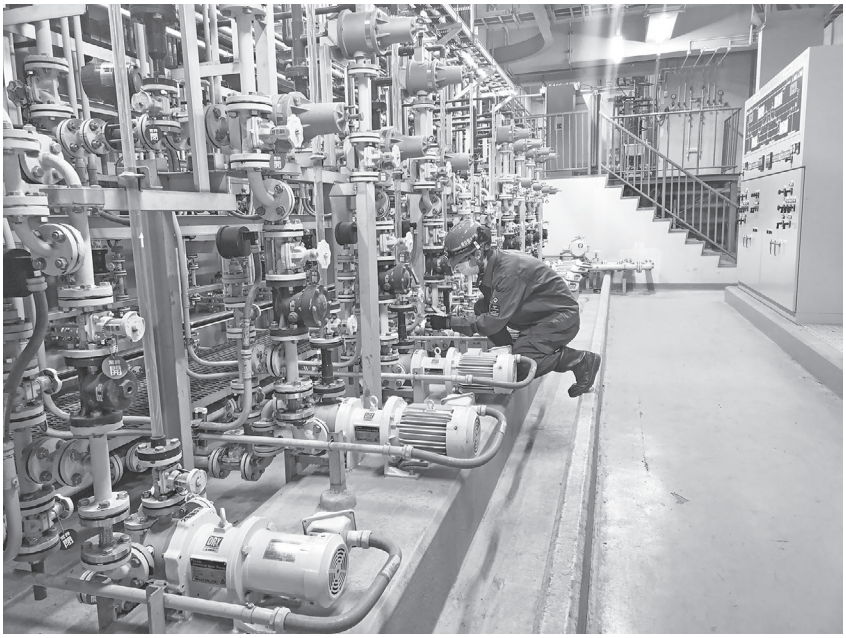
がったりと、知識を生かせています。取得してよかったです。

――佐藤さんはどのような経緯で取得されたのですか？

佐藤：水道局は高圧の電気設備が多いため、もともと資格取得が推奨されていました。毎年、局内で受験者の募集があり、対策講座も開かれています。自然と「電気職ならチャレンジしてみよう」という環境だったので、１年目に手を挙げて、おかげさまで一発で合格することができました。

――対策講座というのは、都の職員の方が講師をされるのですか？

佐藤：いえ、外部の先生をお呼びして、水道局のために講座を開いていただいています。



電気職のお仕事①巡視点検（薬品注入設備外観点検）

電気職のお仕事②自主検査立会

電気職のお仕事③保安状況調査

仕事のやりがいと東京都で働く魅力

――特に印象に残っているプロジェクトや、やりがいを感じたエピソードがあれば教えてください。

佐藤：当局最大級の三郷浄水場に、コンバインドサイクル発電設備を導入したプロジェクトです。私はその中で使用前自主検査を担当しました。都として初めて導入する部分もある設備のため、関係者と調整を重ねながら、法令を読み込んで検査を行ったことが非常に印象に残っています。無事に審査に合格し、設備が稼働したときは、大きな業務をやり遂げたという達成感がありましたね。

原：私は入都１年目のときに参加した「電力貯蔵装置を活用した列車走行訓練」です。電力供給が止まった際に、駅の蓄電池を使って最寄りの駅まで電車を動かす訓練で、私は乗客役として参加しました。終電後の真夜中、一度停電で真っ暗になった電車が、蓄電池の力で再び動き出すのを体験し、「すごい技術だな」と感動しました。メディアの方も多く来ていて、貴重な体験でした。

電気職のお仕事④電気技術に関する打合せ

――お二人のお話を聞いていると、都の仕事は規模が大きいですね。

佐藤：それが魅力ですね。「業務領域の広さ」と「事業規模の大きさ」が東京都で働く魅力です。計画、設計、施行管理、維持管理というすべてのフェーズに職員が主体的に関与します。また、水道、交通、環境など、局ごとにまったく異なる事業を展開しており、異動によって多様な

業務を経験し、技術者として多角的な視点を養えるのも大きなメリットです。

原：私も、多種多様なフィールドで活躍できる点が一番の魅力だと感じています。これほど設備職の人数が多く、規模が大きいのは東京都ならではだと思います。また、都内に住んでいる身として、自分の仕事が都民の皆さまの当たり前の日常につながっていると感じられることにやりがいを感じます。

職場環境とキャリアアップ

――他部署との連携で心がけていることはありますか？

佐藤：こまめな状況確認による認識のすり合わせと、自ら積極的に協力する姿勢を示すよう心がけています。そうすることで信頼関係が生まれ、意見を出しやすい雰囲気が作れると考えています。

原:専門用語を使いすぎないことです。特に、予算などを担当する部署の方は技術の専門家ではないので、そういった方々にも理解してもらえるように、まず自分自身が内容を深く理解し、丁寧に説明することを大事にしています。

――ワークライフバランスについてはいかがですか？　休暇などは取りやすいですか？

佐藤：非常に取りやすいです。現在もちょうど私の上司が１週間ほどまとまった休みを取って離島に旅行に行っています(笑)。上司が率先して休むので、私も気兼ねなく休暇を申請できます。

原：私もすごく取りやすいと感じます。まとまった休暇はもちろん、時間単位での取得も可能です。去年の私の残業時間は月平均20時間くらいでしたし、休日出勤もしたことがありません。

――女性が働きやすい環境は整っていますか？

原：働きにくいと感じたことは一度もありません。電気職の女性は増えていると感じますし、以前は女性用の仮眠施設などがなく現場勤務が難しかったようですが、今は整備が進んでいて、働ける環境が増えてきていると感じます。

佐藤：性別にかかわらず、平等に理想のキャリアを目指せる職場です。育児・介護休暇や在宅勤務などの制度も整っており、男女ともに活用しています。現在、担当内でご懐妊されている方がいらっしゃいますが、周りが自然にサポートする雰囲気がありますね。

今後の展望とメッセージ

――最後に、今後の目標と、これから東京都の職員を目指す方へのメッセージをお願いします。

佐藤： 直近の目標は、電験二種の二次試験を突破することです。将来的には、都のさまざまな部署を経験して知見を広げ、都民の安全な生活基盤を支える、信頼される技術者になりたいです。東京都は、培った専門性を生かし、さらに成長し続けられる環境です。理想を現実にできる場所がきっと見つかると思います。

原：私もまずは電験二種の取得を目指しています。今後は、現場での経験も積み、資格の知識を実践で生かして、都民の安全な暮らしを守れる技術者になりたいです。東京都の電気職は、本当に多種多様な分野から自分のやりたいことを選べるのが魅力です。福利厚生の面でも、ライフステージの変化に対応しやすく、働きやすい職場だとおすすめできます。

Profile
佐藤 祐輔 氏
東京都 水道局 浄水部 設備課
設備技術担当 主任

所属と役割：東京都水道局の電気保安を司る技術者。都民の生活に不可欠な「水」の安定供給を電気の力で支えている。
最強の特技：難関資格の「一発合格」。電験三種、エネルギー管理士といった資格をいずれも初挑戦でパスした実力者。
知られざる過去：前部署は残業がほぼゼロで、本庁に異動してから「残業代の申請方法がわからなかった」ことがある。
仕事の信条：「『何もない』が最高の褒め言葉」。インフラが当たり前に動いていることこそ、静かなやりがいだと感じている。
現在の目標：次なる高みを目指し、電験二種の二次試験に全力を注ぐ。

Profile
原 葉那（はな） 氏
東京都　交通局　車両電気部
信号通信課　通信担当　主事

所属と役割：都営地下鉄の安定運行を支える交通局の縁の下の力持ち。現在は信号通信設備の維持管理に関する契約業務などを担当。
キャリアの原点：公務員志望から電気の世界へ。最終的な決め手は「都庁って規模が大きくて楽しそう」という好奇心。
忘れられない初任務：入都１年目に経験した停電訓練での「乗客役」。真っ暗な電車が再び動き出す瞬間に感動した。あと深夜だったため眠たかった。
マイルール：「専門用語は翻訳すべし」。技術職以外の方にもわかる言葉で説明することを常に心がけている。
現在の目標：電験二種の一次試験突破を目指して猛勉強中。コツコツ努力を続けることが大事だと語る。

採用担当者が語る求める人材像

東京都の電気職には、特定の業務を深く掘り下げるスペシャリストとしての働き方も、多様な職務を経験するゼネラリストとしての働き方もあります。職員本人の希望を毎年聞き取る制度があり、個々のキャリアプランに沿ったキャリアを歩むことが可能です。

このような環境から、特に好奇心が強い方が適していると考えております。その理由として、東京都には非常に幅広い職業があり、基本的には２～３年に一度の異動で新しい業務を学び直す必要があるためです。そのため、自らの興味を広げられるような方であれば、高いモチベーションを保ちながら楽しく仕事に取り組めるだろうと考えています。

電験を「学ぶ・生かす」

ステップアップガイド 2025

Step Up Guide

電験に合格するためのノウハウや、現場で求められている技術者像については、先のレポートより、それぞれの内容の一端を理解できたことと思う。

ここでは、電験を「学ぶ」ための教育サービス、資格を「生かす」ことのできる現場の最新情報を紹介する。

ぜひ、日ごろの学習や、キャリアアップの参考にしてほしい。

学ぶ

e-DEN（株式会社 資格センター 電気事業部）

東京電気技術教育センター

日本理工情報専門学校

生かす

全国電気管理技術者協会連合会

一般財団法人 北海道電気保安協会

一般財団法人 東北電気保安協会

一般財団法人 関西電気保安協会

一般財団法人 中国電気保安協会

電験転職ナビ

学ぶ

e－DEN（株式会社 資格センター 電気事業部）

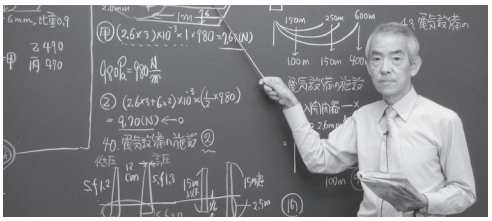
資料請求 No.20

■ 不動弘幸先生の「電験三種合格道場・電験二種 ToKoToN 講座・エネルギー管理士講座」

◆ オーム社の電気関連の雑誌「新電気・電気と工事」で執筆連載中の不動弘幸先生による電験三種・二種・エネルギー管理士DVD・オンライン講座を実施中！

◆ 特定一般教育訓練給付金制度対象DVD講座【最大50%給付】があるのはe-DENだけ！

詳しくはこちらから!! ▶



e-DEN【イーデン】

株式会社 資格センター　電気事業部 e-DEN
〒543-0054　大阪府大阪市天王寺区南河堀町6-33　MOMOSEツインビル3F

TEL 06-6770-2900(電気事業部 e-DEN)　E-Mail denki@shikakucenter.com　URL https://www.den-kan.com/e-den/

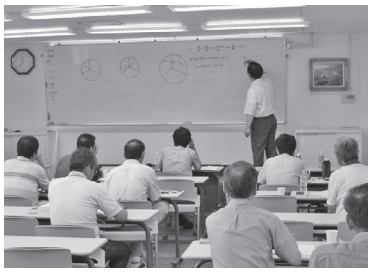
学ぶ

東京電気技術教育センター

◆講座は電験受験講座(一種、二種、三種)、実習を主体とした実務講座(受変電設備の保守と試験、リレーシーケンス、シーケンサ(PLC))を開催しています。

◆講師は塚崎秀顕
【保有資格:第一種電気主任技術者・技術士(電気電子部門)・エネルギー管理士(電気)】

◆令和7年度電験受験対策講座は入門講座(二種)を11月から開催致します。



※詳しくはHP、「東京電気技術教育センター」で検索。または、事務局までお問い合わせ下さい。

東京電気技術教育センター事務局
〒132-0024　東京都江戸川区一之江3-2-38-4F(都営新宿線一之江駅徒歩2分)

TEL 03-5662-0222　E-Mail info@denkikyoiku.co.jp　URL https://www.denkikyoiku.co.jp/

学ぶ

日本理工情報専門学校(NRC研修センター)

資料請求 No.22

令和7年度 下期
第三種電気主任技術者 受験対策講座

無料体験講座のお知らせ
12/6(土)(15:00~17:00)
電験三種受験に向けての傾向と対策、科目別公開講座を開催。
科目別受講も可。
参加ご希望の方はお問い合わせください。

平日夜間コース(18:00~21:00)
全科目 **1/7(水)~3/11(水)**
30日間 **44,000円**
科目別受講可能です。
QRコードよりご確認下さい。
詳細申込はこちら▶

確実に資格を取りたい人にオススメ！	
働きながら学べます！	願書受付中
経産省認定	電気工学科	夜2年
卒業後、実務3年で電験三種が取得できます！専門実践教育訓練給付制度対象学科です。	
授業料37万円(年間)	

経済産業省指定／総務省認定／国土交通省認定／国家試験免除校
KAMEI GAKUEN 大阪日本理工情報専門学校

〒533-0015 大阪府大阪市東淀川区大隅1-1-25
●阪急京都線 上新庄駅 南口徒歩9分
●大阪メトロ今里筋線 だいどう豊里駅 徒歩7分

TEL 06-6329-6553　E-Mail info@kamei.ac.jp　URL https://www.nrj.ac.jp/

生かす

全国電気管理技術者協会連合会

資料請求 No.23

電気管理技術者（会員）を募集しています！

◆全国にある９つの電気管理技術者協会では、電気管理技術者（会員）を募集しています。

◆電気主任技術者免状をお持ちで実務経験を有している電気技術者の皆さま、各地域の電気管理技術者協会に入会され、保安管理業務の受託を通して電気設備を守るため活躍してみませんか!?

◆電気主任技術者免状（１種、２種、３種のいずれか）の資格保有者で、自家用電気工作物の工事、維持及び運用に従事した実務経験が所定の年数以上ある方。
※電験２種、電験３種の有資格者で、「保安管理業務講習」及び「保安管理業務訓練」を受講された方は２年の実務経験年数が必要（実務経歴証明書を提出可能な方）

◆全国の各電気管理技術者協会が、あなたの独立をお手伝いします。女性会員も活躍しています。入会に関するお問合せは、各協会事務局までお願いします。

所在地
〒102-0083 東京都千代田区麹町5-1 QV1麹町2階

全国電気管理技術者協会連合会

TEL 03-3263-7147（事務局） E-Mail soumu@eme-tokyo.or.jp

生かす

一般財団法人 北海道電気保安協会

資料請求 No.24

電気主任技術者・電気技術補助員募集（正職員）

北海道電気保安協会では、工場やビルなどの自家用電気工作物の保守・点検業務及び電気工作物の試験業務等に従事する電気主任技術者・電気技術補助員を募集しています。

◆**応募資格**①電気主任技術者：電気主任技術者の有資格者で、所定の年数以上の「実務経歴証明書」を提出可能な方（電験１種：２年、電験２種：３年、電験３種：４年）
※ただし、電験２種、電験３種の有資格者で、電気保安管理業務講習を受講された方は２年（当協会でも受講可）
②電気技術補助員：電験３種以上の有資格者で年齢が40歳以下、所定の実務経験を満たさない方

◆**勤 務 地**：札幌・旭川・小樽・苫小牧・帯広・北見・釧路・函館など
◆**そ の 他**：その他条件、待遇につきましては、電話でお気軽にお問い合わせ下さい。
※詳しくはホームページをご覧下さい。

北海道 でんき保安協会
〒063-0826
札幌市西区発寒６条12丁目６番11号

TEL 011-555-5006（担当：労務部 本田） E-Mail hdh-roumu@hdh.or.jp URL https://www.hochan.jp

生かす

一般財団法人 東北電気保安協会

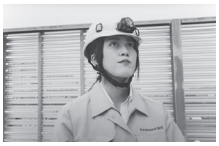
資料請求 No.25

電気主任技術者（正職員）を募集します!!

◆東北電気保安協会では、保安管理業務に従事する電気主任技術者（実務経験のある方）を募集しています。

◆応募要件：電気主任技者免状（１種、２種、３種の何れか）をお持ちで、実務経験３年以上。

◆勤務地は東北６県（青森、岩手、秋田、宮城、山形、福島）及び新潟県の全７県46事業所となります。



その他の条件及び待遇につきましては、ホームページまたは電話でお問合せください。

あんぜん、きづく、あんしん
東北電気保安協会
〒982-0007宮城県仙台市太白区あすと長町三丁目２番36号
採用担当：人事G 渡辺、山田

TEL 022-748-0236 E-Mail 221ml@t-hoan.or.jp URL https://www.t-hoan.or.jp

生かす

一般財団法人 関西電気保安協会

資料請求 No.26

電気主任技術者（正社員）を募集中!!

関西電気保安協会では、工場やビルなど電気設備の保安管理業務に従事する電気主任技術者を募集しています。

◆応募資格：①電気主任技術者の有資格者で所定の年数の「実務経歴証明書」の提出が可能な方
【電験３種－４年、電験２種－３年、電験１種－２年】
※ただし、電験３種の免状交付を受けている方で、保安管理業務講習を受講した方は３年（当協会でも受講可）　※要普通免許
②電気主任技術者の有資格者で所定の実務経験年数がない方は、年齢35歳以下の方　※要普通免許

◆勤務地／近畿全域（大阪・京都・兵庫・奈良・滋賀・和歌山の30営業所のいずれか）

その他条件や待遇については、ホームページまたは電話でお気軽にお問合せ下さい。

One Mission. One Future.
関西電気保安協会

〒530-6111　大阪府大阪市北区中之島３丁目３番23号　中之島ダイビル11階
TEL：06-7507-2266（担当：人財・安全推進部　採用担当）

TEL 06-7507-2266　URL https://www.ksdh.or.jp/

生かす

一般財団法人 中国電気保安協会

資料請求 No.27

電気主任技術者（正職員）を募集しています！

◆業務内容：自家用電気工作物の保安管理業務

◆応募資格：第３種以上の電気主任技術者免状保有者
※要普通免許

◆勤　務　地：中国地区５県内の協会事務所のいずれか（香川県小豆郡小豆島町を含む）

その他の条件・待遇につきましては、下記までお気軽にご連絡ください。

一般財団法人 中国電気保安協会

〒732-0057　広島市東区二葉の里三丁目5-7（GRANODE広島７階）
TEL：082-207-1755（総務部　総務グループ人事担当）

TEL 082-207-1755（総務部　総務グループ人事担当）　URL https://www.ces.or.jp/

生かす

電験転職ナビ（電気主任技術者のための転職・求人サイト）

資料請求 No.28

◆設備管理、電気保安管理、工場・プラント、太陽光・再生可能エネルギーなど幅広いステージで電気主任技術者の求人情報を掲載。

◆資格・条件・勤務地など豊富なカテゴリーからお仕事検索が可能。

◆「転職支援サービス」にぜひ、ご登録を！
専任のコンサルタントが、非公開の求人も含めて、あなたの資格・キャリア・希望に合ったお仕事をご紹介。転職活動をサポートします。

●求人広告をご掲載希望の企業様へ　掲載料０円．完全成功報酬制の求人サイトです。
詳しくは運営事務局までお問い合わせください。

電験転職ナビ　企画・運営　株式会社内藤一水社　「電験転職ナビ」運営事務局

TEL 03-3265-9286　URL https://www.birumenjob-navi.com/contents/denken