

一般住宅等の電気設備の改修工事にかかる訓練課題の開発

Development of Practice Problems for Retrofitting Electrical Equipment in General Housing

栗 秋 亮 太^{*1}

KURIAKI Ryota

五 十 嵐 智 彦^{*1}

IGARASHI Tomohiko

要約 本稿は、大手インフラ系企業からの依頼により、同社の協力会社の技術員に対し、一般住宅における電気設備の改修工事について、在職者訓練を実施した報告である。一般に、改修及びリプレイス工事に特化した在職者訓練の実施事例は少なく、参考事例も多くはないため、保有すべき知識及び技能の洗い出し、課題の設定というステップを経て、座学、実技両面からの在職者訓練を提供した。その結果、保有すべき知識及び技術を一覧表にまとめることができ、それを基にした教材を開発することができた。

1 はじめに

平成 28 年に一般用電気工作物を含めた電力小売りの全面自由化、並びに都市ガスの全面自由化が行われた。これに伴い、一般消費者は電力会社、都市ガス会社を自由に選択できるようになり、競争の原理が働くことからより安価な電気、ガスを購入できるようになった。電気、ガス会社にとっては、インフラ市場の開放により今まで参入できなかった地域へ新規に売り込みができるようになった。その一方で、厳しい価格競争を強いられることから、今まで以上の経営努力が必要になるほか、電気、ガス、通信、給排水設備等の営繕および改修を包括的に取り扱うサブスクリプションサービスを行う企業が増えてきていることなど、経営の多角化による顧客の囲い込みが戦略として必要となっている。電気、ガス、給排水設備等の建築設備全般を包括的に取り扱うためには、現場の工事、メンテナンス担当者が様々な専門知識を幅広く有し、その施工に十分に習熟している、いわゆる多能工となる必要があり、その人材育成や教育プログラムの作成と運用が極めて重要となってくる。当科では、これまでシーケンス制御分野や高圧受変電設備分野をはじめとする電気設備に関する在職者向け訓練を提供してきた。しかし、一般住宅等の一般用電気工作物にかかる電気工事については、学生向けの授業内で扱うことはあっても、一般企業むけに在職者訓練として訓練プログラムを提供することはなかった。

^{*1} 電気エネルギー制御科

Department of Electrical and Energy Control

長期経営ビジョン2030

重点戦略

●“2030年のありたい姿”の実現に向けて、4つの重点戦略に取り組みます



図1 依頼企業の電気工事内製化への取り組み背景

今回、大手インフラ系企業からの依頼により、同社の中小規模の協力会社の技術員のスキルアップを目的とした、住宅リフォームや設備改修にかかる電気工事についての在職者訓練を実施することとなった。そこで筆者らは、一般住宅等の一般用電気工作物にかかる電気工事の教育訓練プログラムについて検討し、実際に在職者訓練（能力開発セミナー）として展開した。本稿では、本取り組みについて報告する。

2. 一般用住宅の改修工事に求められる能力

2.1 改修工事について

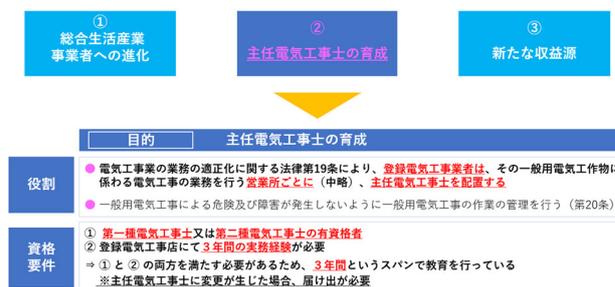
一般に電気工事は、その規模や対象物によって大まかな分類があり、標準的な電気工事会社はその分類ご

とにすみ分けがなされる慣例がある。例えば、対象物が一般用住宅（法令上の名称は、「一般用電気工作物」）なのか、もしくはビルや工場などのいわゆる「ハコモノ」（法令上の名称は、「自家用電気工作物」）なのかで、それぞれを得意とする工事が存在し、ともに対等に工事を受注する専門業者は少ない。また、新築の建物の電気工事を担当するのか、既築の電気工事の改修を担当するのか等でも専門業者が分かれることが概ね普通である。改修工事は、新築工事と異なり画一化された工程手順書やメーカーからの指示書などが存在しないため、技術員自らが現場の状況を的確に判断する必要があるなど、新築工事以上の習熟度が要求される場合がある。また、法令に関する知識や建築物の構造に関する知識及び現場の状況に応じた工具・電材・工法の選択をする必要があり、その技術員の養成には単純な作業の方法のみでなく、法令に関する知識、安全に関する知識、工具や電材、施工方法に関する知識など、幅広く習得させる必要がある。しかし、全国の職業能力開発施設（ポリテクセンターやポリテクカレッジなど）では、新設工事に係る電気工事技術員の教育訓練を実施したことはあっても、改修工事に特化した教育訓練プログラムの開発に係る報告はほとんどなく、訓練実績も少ないと思われる。これは、金額や施工数の規模が新築工事に比べて少なく、相対的な訓練需要も少ないこと、また、建築技術および電気設備を含む建築設備全般の技術を包括した科およびプログラムが存在しないためである。一方、いままで技術進展が比較的緩やかであった電気設備業界においても、ここ十数年来で急速に技術が進展したことから、古い住宅設備の新型機器への交換・改修や、電気自動車充電設備、燃料電池システム等のさまざまな新しい設備の増設工事など、改修工事も今後より需要が増すものであると考える。そこで、筆者らは、これまで電気工事が専門でない他業種の技術者が一般用住宅の電気設備の改修工事を行うケースをモデルとして、その際に求められる知識、必要となる技能・技術を整理し、座学と実技を統合したテキストと実習課題を開発することとした。

2.2 一般住宅改修工事の技術要素の整理

筆者らの整理した一般住宅（一般用電気工作物）の改修工事に係る技術要素を次に示す。この技術要素の洗い出しは、筆者のほか、依頼企業の担当者などからのヒアリングを通して作成したものである。

電気工事内製化の目的



電気工事内製化の目標（ステップアップ）

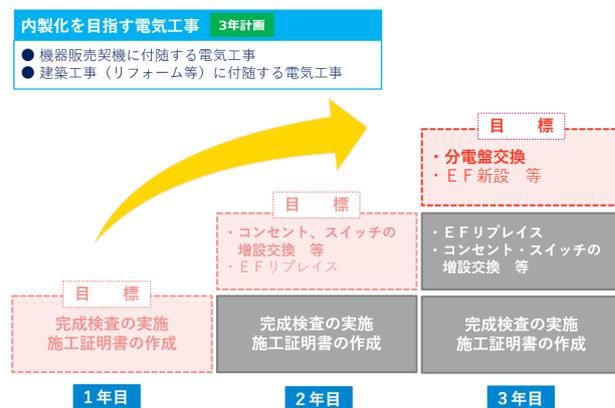


図2 依頼企業の電気工事内製化の目的および目標

(1) 一般住宅改修工事の技術要素（知識）の整理

別添表 1-1 は、これから一般住宅の改修工事に携わる技能員が最低限習得すべきであろう『知識』の内容を取りまとめたものである。はじめに、『法令』を挙げている。電気工事に携わる者にはその工事の内容に応じて電気工事士の免許が、また、事業者には登録電気工事業者としての登録が必要となるものがあり、法令上、「電気工事」、「電気工事のうち軽微な作業」、「電気工事に該当しない軽微な工事」の3つの区分がある。それぞれにおいて必要な免許要件が異なることから、コンプライアンス遵守の観点からこれをよく理解する必要がある。次に、『施工法』について挙げた。施工法では、電線相互の接続、接地や絶縁の意義、及び各種配電方式等の配電設計、施工法の基礎についての内容をまとめている。特に電線相互の接続（端末処理）については、接続不良やねじのゆるみによる火災など、施工不良が直接的な原因となる災害事例が多くあり、特段の注意を要する部分である。また、接地、絶縁といった法令上、順守を求められる内容があることから、これらについては確実に習得しておく必要がある。『器具・電材』については、電気工事に使用する器具電材を適切に選択できることが重要である。特

に、電気工事は他分野と比較しても材料の種類が多く、一般に「すべての器具を覚えるのに 3 年かかる」と言われている。これら多種にわたる器具のうち、現場の状況に応じて用途・能力・機器の外観等を総合的に判断し、適切なものを選択する必要がある。その他、電流容量に応じた適切なケーブル及びコンセントを選定できること、スイッチの種類に応じた結線法を検討できること、用途及び負荷容量に適した過電流遮断器および漏電遮断器の選定が正しく行えること等を挙げた。また、近年では新しい設備として電気自動車用コンセントや感震ブレーカなども普及してきており、これら新技術にも速やかに対応できる必要がある。

『測定器』は、検電器やテスタ、クランプメータ、絶縁抵抗計及び接地抵抗計など、電気工事の安全の確保および品質保証を行うものであり、正しい取扱い方および測定方法について理解する必要がある。

『電気安全』は、感電の原理について学んだ後、実際の災害事例から KY 訓練を実施する。また、低圧保護具についての使用法を習得することで、災害発生の未然防止を図る。実際に依頼企業側では、夏季期間の電気工事の際に多量の汗をかいた作業員の感電事故が発生しており、これら電気工事の安全については、先に述べた法令および測定器の内容と合わせ確実に理解する必要がある。最後に、『設計』についてまとめた。改修工事では、その現場に応じた適切な工事方法及びケーブルや機器の選定を行う必要があり、また、機器の容量に応じた太さのケーブルの選定や管の選定等、多くの知識を必要とする。例えば、通常用いられるケーブル工事においても、露出工事とするか、硬質塩化ビニル電線管を保護管とするか、または、合成樹脂可とう電線管、合成樹脂線、もしくは合成樹脂ダクトを保護管とするか等、様々ある施工方法から現場に適したものを選択する必要がある、これら現場の状況に応じた工事法の選択について習得する。

(2) 一般住宅改修工事の技術要素(技能)の整理

別添表 1-2 には、一般住宅の改修工事に携わる技能員が最低限習得すべきであろう技能面の内容を示したものである。引込配線では、通常用いられる架橋ポリエチレンケーブル(CV 及び CVT ケーブル)の取り扱いを習得する。CV ケーブルの加工では一般的に電工ナイフを用いた施工を行うが、これらのケーブルは通常のビニルシースケーブルよりも被覆が固く、作業安全上、特に注意が必要なケーブルである。また、圧着端子の施工においても専用工具の選択や適性トルクに

よるねじ締め等、習得すべき項目は多い。電線接続では、差し込みコネクタの場合は接続不良が起こらないような施工法を、また、リングスリーブでは確実なテープ巻による絶縁性能の確保が重要である。また、接続部を保護するためのジョイントボックスやナイスハット等の取付も習得する。分電盤は、その構造と取り付け方を習熟する必要がある、かつ、漏電遮断器や感震ブレーカの場合は中性線に信号線を接続する必要があることから、これも忘れずに施工できるようにする。埋め込み器具は、スイッチ、コンセント等の交換、増設を主眼として、石膏ボードの開口から、スイッチボックスの選定、結線の方法について学ぶ必要がある。保護管工事については、各電線管の種類ごとの切断法、固定法について習得し、ケーブルを電線管内に通す、いわゆる「通線」についてそのカンコツを含めて施工する。露出器具については、露出コンセントと EV 充電用コンセントがあるが、これは雨線外に設置されることが多いことから、特に高度な知識が必要となる。接地は、接地極の埋め込みと地質と抵抗値の関係を学び、法令で定められた接地抵抗値を満たさない場合は接地抵抗低減剤を使用することを検討する。

最後に点検であるが、これは特に企業側からの要望が多かった内容である。電気は目に見えないエネルギーであることから、作業員が自らが行った電気工事が正しく施工されているか、その品質を保証することは特に重要であり、法令で定められた基準の知識はもちろんのこと、正しい測定方法についても習得する必要がある。実習内容として、回路計を用いた導通試験の方法、絶縁抵抗計を用いた絶縁抵抗試験、および接地抵抗計を用いた接地抵抗試験をそれぞれについて必要となる知識・技術についてまとめた。

3 課題への落とし込みとセミナーの実施

前章であげた項目について、座学で習得する内容と実技で習得するべき内容をそれぞれバランスよく組み合わせ、実習課題とテキストを作成し、4 日間の訓練プログラムについて検討した。

3. 1 一般住宅における低圧屋内外配線工事および改修工事を想定した能力開発セミナー(座学)の実施

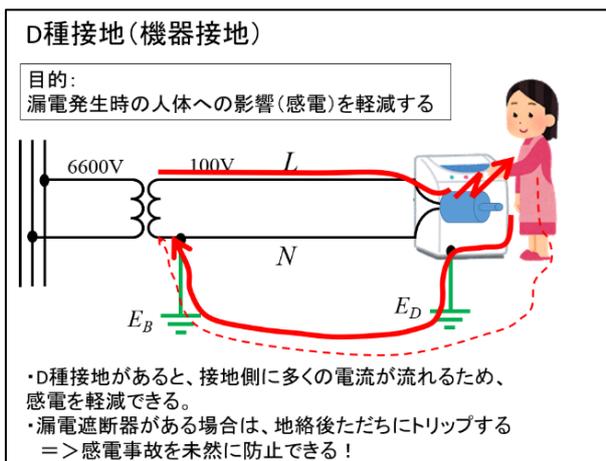
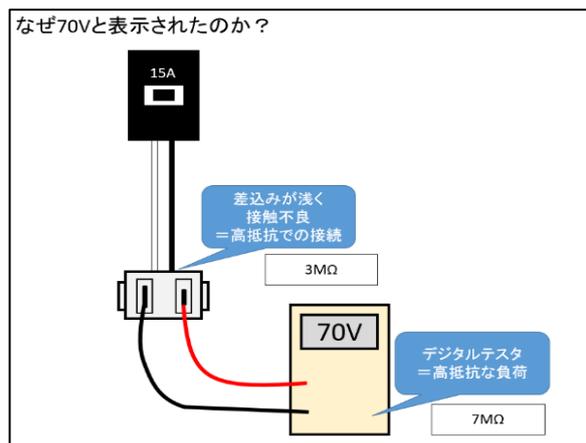
『座学編』に関する部分としては、別添表 1-1 に挙げた技術要素の一覧表にほぼ基づいてテキストを作成した。既存建築物の電気設備の改修を行うにあたり、

特に注意すべき点を法令、施工法、測定、設計の分野に分けて説明を行い、テキストの内容については普段現場で作業する技術員にもわかりやすくするために、図3-1に示すようにイラストを多くし親しみやすくするとともに、具体的なトラブル事例も挙げてより実践的な内容となるよう工夫した。

また、次頁の図3-2からに示すように、講習では工具および測定器の安全な取扱い方や安全器具の事前確認の方法など、実技編の実習において実践できるよう実際の設備・機器(図3-3、3-4、3-5)を用いて具体的に説明を行った。

問 あるコンセント(AC100V)に掃除機を接続しても動かないとの連絡を受け、現場を確認した。他のコンセントに接続したところ動いたので、掃除機の故障ではないようである。コンセントの電圧をデジタルテスタで測定したところ、70Vと表示された。そこで、分電盤の分岐ブレーカ1次側の電圧を測定したところ100Vと正常であった。2次側電圧は露出部がなかったため測定できなかった。掃除機が動かない原因として考えられることは何か。

答え
通常、コンセントの電圧は100Vであるはずであり、ブレーカ1次側までは正常であることが確認できているため、ブレーカ2次側、または、コンセント部での異常が考えられる。
電圧が70Vと表示されているということは、どこかに30Vの電圧がかかっているということが考えられるため、短絡(ショート)が発生しているとも考えにくい。
従って、本事例では、ブレーカ2次側またはコンセント部での接続不良(接触不良)が考えられる。



電子式検電器の注意点③

電池切れの場合反応しない

非常に危険!!

充電状態 => 検電器が検知する

死電状態 => 検電器が反応しない

電池切れ => 検電器が反応しない

電池切れを安全状態と誤認して充電部に触れて、感電する恐れがある。
=>使用前には、必ず電池残量チェックをする!

木造戸建て住宅の場合の工事法の選択

天井・壁隠ぺいの場合
=>迷わずケーブル工事(+CD・PF管)とする。

露出の場合(屋内)
=>ケーブル工事+モールで保護とする。

露出の場合(屋外)
=>ケーブル工事+管・モールで保護とする。

完成の見栄えで選定(VE・PF管)

合成樹脂管

- VE管(硬質塩化ビニル電線管) 耐熱性ありを使う
露出で見栄えを気にする
- PF管(合成樹脂可とう電線管)
露出で見栄えを気にしないor隠ぺい
- VEフレキシ管
露出で見栄えを気にする
施工は楽だが見栄えが悪くなりがち
- CD管
隠ぺいケーブルの保護
(電線管はコンクリート直埋専用)
- FEP管(波付硬質ポリエチレン管)
地中埋設用途

図3-1 一般用住宅に係る改修工事の座学テキストの一例



図 3-2 能力開発セミナー（座学編）の様子



図 3-3 低圧用絶縁保護具の自己点検



図 3-4 分電盤の構造についての説明



図 3-5 配線チェックに関する説明

3. 2 一般住宅における低圧屋内外配線工事および改修工事を想定した能力開発セミナー（実技）の実施

『実技編』では、1枚の電工板で別添表 1-2 に挙げた内容が網羅できるように、表面に屋内工事、裏面に屋外工事を模擬した課題を作成した。屋内工事の課題では電工板に木造住宅の間柱及び胴縁を模した建材を取り付け、そこに石膏ボードを貼り付けた住宅の内壁をイメージした課題とした。これにより、模擬家屋などの建物が無い施設においてもボード開口やスイッチボックスの据付施工、配線器具の取り付け作業などの実習（図 3-6、3-7）を行うことができる。また、近年では小判ホルソやフリーホルソ、下地探し、増設用後付施工ボックス、VEフレキなど、より簡単に速く、かつ、精度よく工事を行うことのできる工具・器具が増えてきている。実施した在職者訓練ではこれらの新しい工具を積極的に導入しており、可能な限り多くの新しい工具や器具に触れることができるよう意識して課題を設計している。図 3-8 および図 3-9 は実技課題の図面及び作業指示書の一例である。また、図 3-10 及び図 3-11 は実際の在職者訓練で施工した作品の外観である。



図 3-6 屋内配線工事の実習



図 3-7 接地極の接地抵抗測定

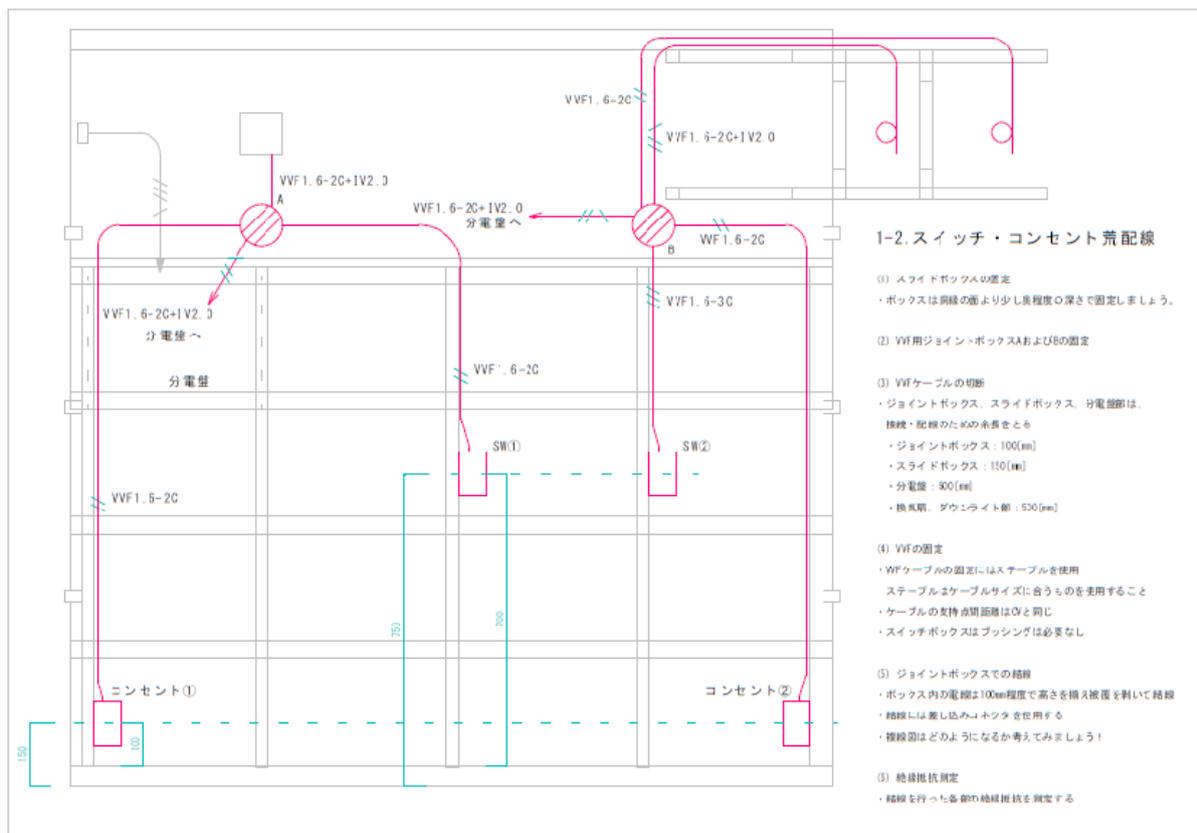


図 3-8 実技課題の一例 (屋内荒配線)

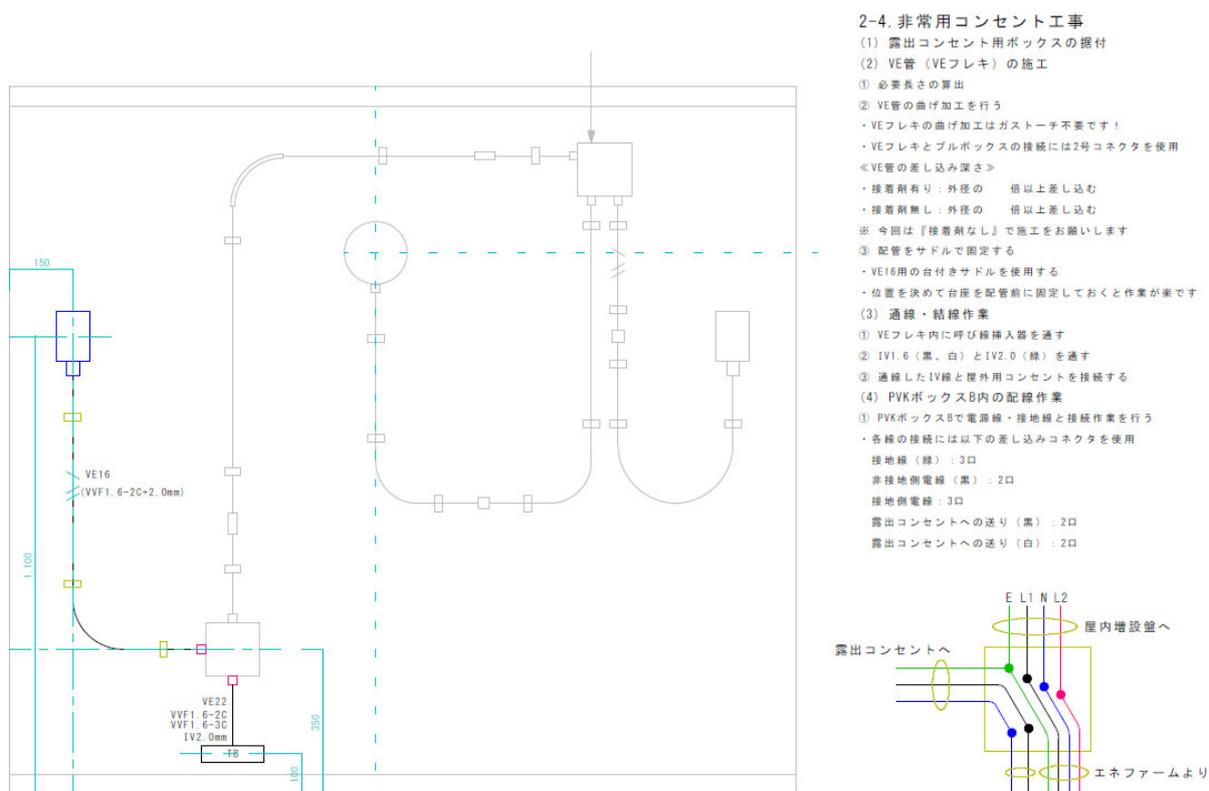


図 3-9 実技課題の一例 (屋外配線)

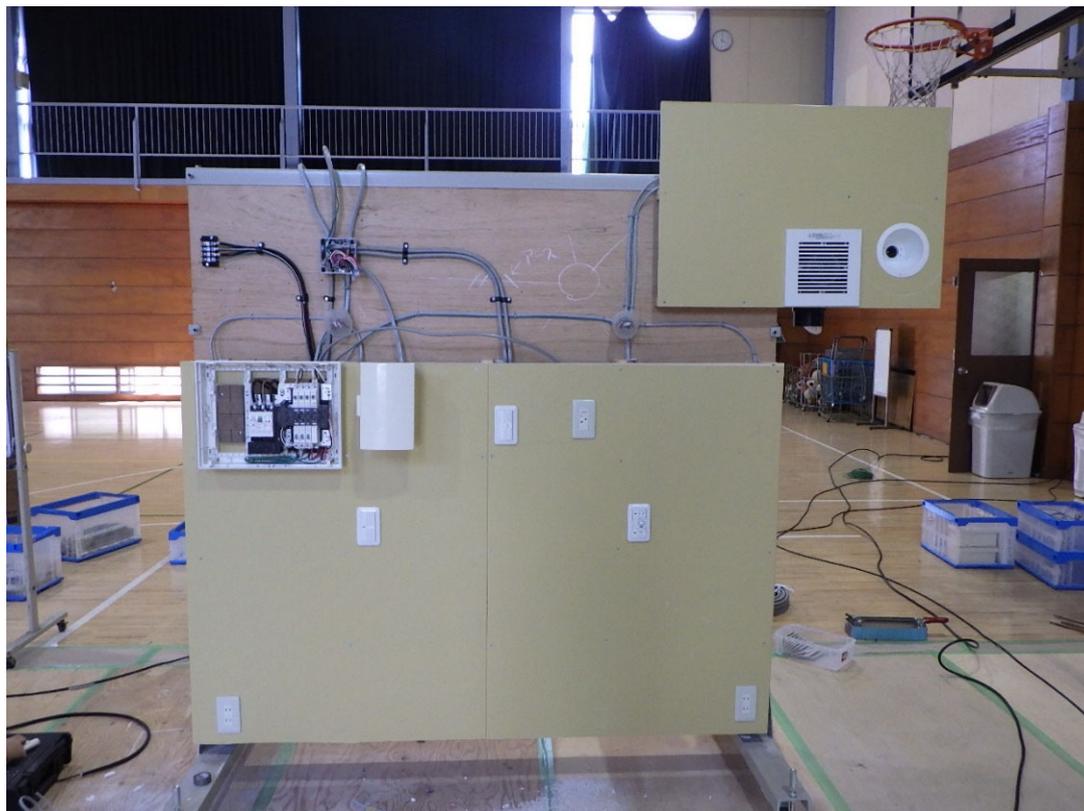


図 3-10 実技課題の完成作品 (屋内側)

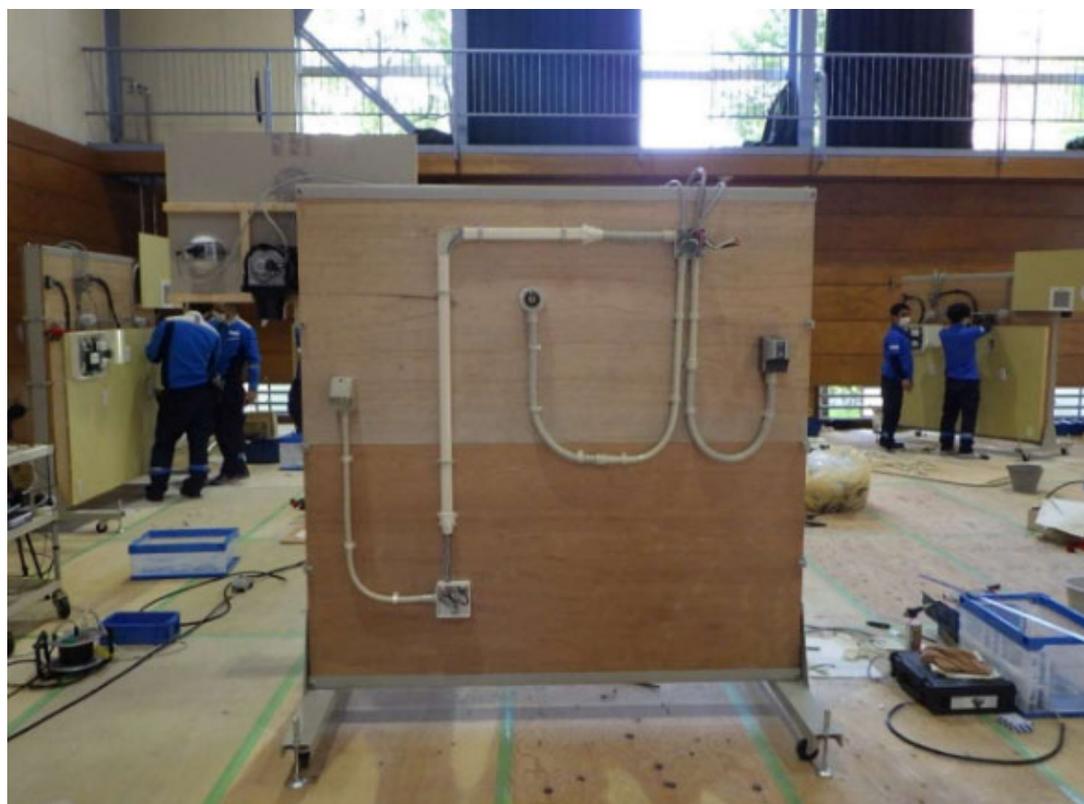


図 3-11 実技課題の完成作品 (屋外側)

4 セミナーの評価

筆者らは、以上の取り組みを令和2年度から4年間にわたって在職者訓練の枠組みのなかで実施してきた。その適用結果について、受講者からアンケート調査を実施したので、その結果をまとめ、今後へ向けた課題点の整理を行った。図4-1に令和2年度から令和4年度に実施した在職者訓練の受講者を対象にしたアンケート結果を示す。なお、年度ごとに各2回ずつ実施しているが、本アンケート結果はその合計数を示している。同図より、3年間のすべての受講者から、大変役に立った及び役に立ったと回答をいただくことができた。また、受講者からいただいたコメントのうち、主なものを以下に示す。

- 法令関係など、今まで曖昧な部分が多かったため、とても参考になった。
- 電気工事を施工するにあたって法規やルールを理解、納得できた。
- 今回の講習で、差し込みコネクタの施工不良による火災が多いと知り、簡単に使用できるものだからこそ、電気工事の資格がない者に対して電気の危険性や法律的な講習があればいいと思う。そうならば、無資格の人が電気の怖さを知り、資格を取ったり施工をしなくなると考える。
- 漏電が発生した時の電気の流れ方についての知識が身に付いた。
- ブレーカの役割、アースの必要性など基盤の理解が深まった。
- 幹線を触ったり、分電盤の取り付けを初めて行って、良い経験になった。
- 初めて見た工法や部材を知る事ができた。
- 研修で使った工具（ケーブルストリッパーなど）を普段の作業で使ってみたい。
- 自分のやり方ではないやり方で、効率の良いやり方を学べた。
- 丁寧な説明でとても分かりやすく、非常に理解して受けることができた。
- 分電盤新設から配線工事等、工程や工事方法が分かりやすかった。
- リフォーム業務で電気工事をすることがあるので勉強になった。今後の業務に役立てるようにしたい。
- いろいろな施工の方法、配管の種類など知ることができた。
- EVコンセントの増設工事が勉強できて良かった。

セミナー評価アンケート結果

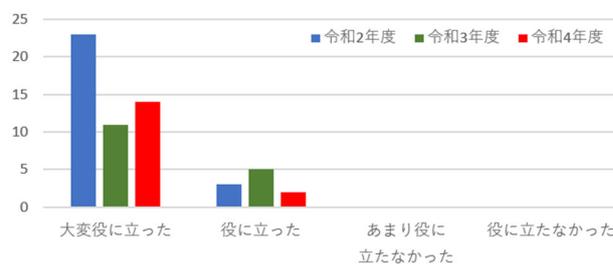


図4-1 セミナー評価アンケート結果

以上のように、受講者からは概ね好評を得ることができた。この数年間の取り組みの結果、今回の講習内容については概ねすべての対象者に受講いただくことができたため、今後はさらなるスキルアップのための技術要素の整理と課題の開発を行っていく予定である。

5 まとめ

本稿では、大手インフラ系企業からの依頼により、一般住宅における電気設備に係る改修工事に必要な技能について調査、整理し、在職者訓練として展開した取り組みについて報告した。その結果、改修工事に必要な知識および技能について一覧表を作成し、習得すべき技能の見える化を行うことができた。併せて、この一覧表に基づいた在職者訓練における演習課題並びに座学テキストを作成し、実際に在職者訓練に適用した。今後は、受講対象者である技術員に必要な技能をさらに深掘りし、保有する技能スキルをレベル化したうえで、そのレベルごとの訓練内容を提案できるようにしていきたい。現状、電気工事技術員がどのようにキャリアアップしていくかというのは、企業規模が小さくなるほどわかりにくく、技術員の適切な人事評価、技能・能力の向上が図られるためにも習得すべき技能のマップ化と、レベルに応じた教育訓練プログラムが必須であると思料する。今後の取り組みとして、さらに検討を進めていきたい。また、実際の業務に適用したうでの現場からのフィードバックを得ることにより、さらなる教材の改善を進めていきたい。

別添表 1-1 一般住宅の改修工事に係る技術要素（知識）の一覧表

	項目	内容	習得しない場合に予見される 不良状態・災害等
法令	電気工事士の免許制度	免許が必要な作業について	法令違反、コンプライアンス違反
施工法	電線の接続法	電線接続についての方法	接続不良による火災、 充電部露出による感電
	接地工事	接地の意義、方法	漏電による感電、漏電遮断器の不動作
	絶縁	絶縁の意味、測定法	漏電による感電、火災
	電圧降下	電圧降下の意味、電圧降下の算出法、 ケーブルの選定法	過電流による発熱、発火、費用の増加
	配電方式	2線式と3線式の違い、意義 電灯・コンセント配線、力配線	施行後の品質保証
電材 器具	ケーブル 絶縁電線	ケーブルの太さと電流量の関係、 電流減少係数と許容電流の計算	過電流による発熱、発火、費用の増加
	コンセント	種類、図記号、意味	法令違反、過電流による焼損、発火
	電気自動車用 充電設備	モード、種類、ケーブルの選定、 コンセントの選定	法令違反、過電流による焼損、発火、 充電不良
	スイッチ類	種類、図記号、接続法、トラブル事例	法令違反、過電流による焼損、 発火、誤結線
電材 器具	過電流遮断機 漏電遮断器	種類、トリップと事象、構造、分電盤、 系統連系用ブレーカ、中性線欠相	トラブルの対応遅れ、 法令違反、動作不良、
	感震ブレーカ	法令、種類、動作原理	法令違反、動作不良
測定器	検電器	操作法、電池チェック	感電、誤操作
	接地抵抗計	操作法、電池チェック	漏電による感電、漏電遮断器の不動作
	絶縁抵抗計	操作法、電池チェック	漏電による感電、火災
	配線チェッカ	操作法	配線不良探索の対応遅れ
	テスタ	操作法	
	クランプメータ	操作法	
電気 安全	感電電流	電圧区分、感電電流、接触電圧	感電
	災害事例	災害事例	感電、火災
	低圧保護具	手袋、ヘルメット	感電
設計	ケーブルの選定	種類、選定基準	法令違反、感電、漏電、費用の増加
	電材の選定	種類、選定基準	法令違反、感電、漏電、費用の増加
	電線管の選定	種類、選定基準	法令違反、感電、漏電、費用の増加
	ダクトモールの選定	種類、選定基準	法令違反、感電、漏電、費用の増加

別添表 1-2 一般住宅の改修工事に係る技術要素（技能）の一覧表

	項目	内容	習得しない場合に予見される不良状態・災害等
引込配線	CV、CVTケーブル工事	被覆はぎ、端末処理	ケーブルの劣化時の断線、漏電
	圧着端子の施工	端末処理	断線、漏電、接続不良による加熱
電線接続	差し込みコネクタ	被覆はぎ、施工方法	接続不良による加熱、断線、漏電
	リングスリーブ	被覆はぎ、施工方法	断線、漏電、接続不良による加熱
	ジョイントボックス	取付法	ケーブルの劣化時の断線、漏電
分電盤取付 及び 増設工事	取付	分電盤構造、間柱の探し方、取扱	石膏ボードの破壊、漏電
	増設	増設位置の決定法、電線の取り回し	石膏ボードの破壊、漏電
	電圧切替	100V/200Vの切り替えの方法（2通り）	異電圧による機器の破損
埋込器具 取付工事	スイッチの接続	接続法、種類の見極め、連用枠取付	器具の脱落、電線損傷による漏電
	コンセントの接続	接続法、種類の見極め、連用枠取付	器具の脱落、電線損傷による漏電
	石膏ボード開口	間柱の探し方、下地センサ及び小判ホールソの使用法	石膏ボードの破壊
	スイッチボックス取付	後付けボックス、ハサミ金具	器具の脱落、電線損傷による漏電
	ケーブル挿入	通線法	電線損傷による漏電
屋内負荷	ダウンライト	フリーホールソを用いたボード開口、据付場所の決め方	器具の脱落
	換気扇	石膏ボード開口、据付場所の決め方	器具の脱落
ケーブル 工事	VVFケーブル	ケーブルの通線、固定法	電線損傷による漏電
保護管工事	硬質塩化ビニル電線管	管の固定、曲げ、切断および通線方法	構造体の損傷、漏電、過電流による加熱
	合成樹脂可とう電線管	菅の切断、固定、通線、カップリングの種類および施工方法	構造体の損傷、漏電、過電流による加熱
	合成樹脂線び	固定法、切断法、通線法	構造体の損傷、漏電、過電流による加熱
	合成樹脂ダクト	固定法、切断法、通線法	構造体の損傷、漏電、過電流による加熱
	アウトレットボックス	固定法	構造体の損傷
屋外露出 器具	露出コンセント	選定の仕方、固定法、結線	器具の脱落、電線損傷による漏電、雨水侵入
	EV充電用コンセント	選定の仕方、固定法、結線	器具の脱落、電線損傷による漏電、雨水侵入
接地	D種接地工事	接地棒の埋め方、接地抵抗値の特性	法令違反、漏電による感電、漏電遮断器の不動作
	接地抵抗低減剤	接地抵抗低減剤の使用法	漏電による感電、漏電遮断器の不動作
点検	導通試験	回路計の使用法、導通試験のやり方	法令違反、短絡、器具破損
	絶縁抵抗試験	絶縁抵抗計の使用法、試験のやり方	法令違反、漏電
	接地抵抗試験	接地抵抗計の使用法、試験のやり方	法令違反、漏電による感電、漏電遮断器の不動作