

電気工事士技能練習後の廃電線リサイクルに関する研究

小山 幸伸*

Study for recycling waste electrical wires after electrician skills practicing

Yukinobu KOYAMA*

At KINDAI University Technical College, many students in electrical and electronic course take an examination for a second-class electrician. The examination has written test and practical skills test. For passing the practical skills test, prior practice using cables is required. This practice generates a lot of waste electric wires. The electric wires are made of copper and vinyl sheathing, and wires containing copper are a renewable resource. Then if they were separated into just the copper, the purchase price would increase significantly. In this paper, we studied for recycling waste electrical wires. As a result, we devised a method to extract copper while improving the skills of electrical engineering students.

Keyword a second-class electrician test, recycling waste electrical wires

1. 背景

電気工事士の資格には、第二種電気工事士、第一種電気工事士、そして認定電気工事士がある。電気系資格の登竜門である第二種電気工事士試験では、一般電気工作物等の保安に関して必要な知識及び技能について、学科試験及び技能試験が行われる。近畿大学工業高等専門学校の学生であれば、自学自習によって、学科試験を合格することも可能である。他方で技能試験は、1. 電線の接続、2. 配線工事、3. 電気機器及び配線器具の設置、4. 電気機器・配線器具並びに電気工事用の材料及び工具の使用法、5. コード及びキャブタイヤケーブルの取付け、6. 接地工事、7. 電流、電圧、電力及び電気抵抗の測定、8. 一般用電気工作物等の検査、9. 一般用電気工作物等の故障箇所の修理、の理解が求められ、例えば図1に示すように、公開されている13問の候補問題の中から出題された課題を時間内に完成させる必要があり、電線等を用いた事前練習が必須である^{1, 2)}。



図1. 令和5年度公表問題10の作成例

2. 資格取得に係る金銭的負担の軽減

第二種電気工事士試験の受験料は9,300円、筆記および実技試験のテキスト代が各々約2,000円、実技試験の際に必要な工具代が、例えばHozan社の電気工事士技能試験工具セットDK-28であれば税込価格21,010円、さら

*近畿大学工業高等専門学校

総合システム工学科 電気電子コース

に候補問題 13 題を 2 回ずつ行うための材料費が 24,000 円程度であり、これらの合算は 58,310 円となり学生にとって金銭的負担が大きい。

この金銭的負担を抑えて資格取得を促すために、第二種電気工事士試験に合格した場合、受験料の半額である 4,750 円が近畿大学工業高等専門学校保教会から補助される資格支援制度が用意されている³⁾。テキストについては、図書館が最新のテキストを何種類か用意してくれているものの、受験者数分が用意されている訳ではない。また、書き込み等を行う上でも各自によるテキスト購入を推奨している。なお、先に合格した先輩や友達からテキストを譲り受けるなどして出費を抑える学生もいる。次に工具に関しては、工学系の学習者であれば工具は揃えてもらいたいところであるものの、高額であるので貸し出し工具を少数用意している。しかしながら、貸し出し工具もまた受講者全員分は無いので、先に合格した先輩や友達から借りて対応する学生がいる。

上述の通り、出費を抑えることが可能となった。最後に問題となるのが、材料費である。これを学生個人が負担するのは大変であるため、保教会に毎年 15 万円の予算補助をお願いした上で材料を購入している。図 1 のスイッチ、コンセント、ランプレセプタクルなどは何度も再利用できるため、共用部品を用意している。他方で問題となるのが、600V ビニル絶縁ビニルシースケーブル平型の VVF ケーブルである。与えられた長さのケーブルから、試験問題が指定する施工寸法になるようにケーブル切断し、終端の加工を行う。切断および加工を伴うため、使用済み電線は支給された長さより短くなるため、再利用が困難である。仮に施工寸法を適宜読み替えるなどすれば、使用済みの電線を用いて電気工事の練習を行うことも不可能ではない。しかしながら、初学者がテキスト記載の寸法を読み替えて練習することは困難である。以上の背景があり、以前は使用済みの電線は廃棄していた。しかしながら、近年の金属の価格高騰、さらには SDGs の機運も高まっているため、令和 4 年度の下期から、使用済みの電線のリサイクルを試みている。

3. リサイクル可能な部材の選定

図 2 にリングスリーブ接続された VVF ケーブルを示す。アルミニウム製のリングスリーブ自体は、資源価値がある。しかしながら、1. 圧着されたリングスリーブと銅線を分離するのが困難で、2. 仮に分離できても使用済みリングスリーブを集めても買い取りに十分な量を集めることが困難であるため、リングスリーブ接続箇所は切断して廃棄することとした。



図 2. リングスリーブ接続された VVF ケーブル



図 3. 輪作りされた VVF ケーブル

図 3 に輪作りされた VVF ケーブルを示す。銅線の先端をねじ止めするために輪作りされているが、これは後の被覆を剥がす処理がしづらいので切断する。ただし、100%銅であるため、リサイクルに回す。

令和 5 年の 10 月に確認したところ、リサイクル店 A における被覆を剥がしていない雑線の買い取り価格は @200/kg、銅線は @700/kg であり、リサイクル店 B における雑線の買い取り価格は @270/kg、銅線は @1,060/kg であった。店舗による買い取り価格の相違や、時期による買い取り価格変動はあるものの、使用済み VVF ケーブルをより高い価格で売却するためには、ケーブルの被覆を剥いで銅のみにすることが重要な点は共通である。他方でケーブルの重さに目を向けると、製造社や製品によって多少の差はあるものの、2 芯の VVF ケーブルの場合、銅の重さはケーブル全体の約 4 割である。つまりあらかじめ被覆を剥いて不燃ゴミとして処理することによって、リサイクルショップに持ち込む作業が軽減されることを意味する。

4. 被覆を剥く工程

VVF ケーブルの割線および IV 線の皮剥き用に、図 4 の未来工業のトリッパー IV を導入した。トリッパー IV は割線用の刃で怪我をすることがない様に保護されており、2 芯もしくは 3 芯の VVF ケーブルを押し込むだけで、割線される。次に、VVF ケーブルを割線して取り出した IV 線を図

5に示す。トリッパーIVのIV線の皮剥き用の刃もまた怪我をすることがないように保護されており、図4の外付け電動ドライバを回転させることによって刃が回転してIV線の被覆にミシン目を入れる構造となっている。



図4. トリッパーIVを用いたVVFケーブルの割線

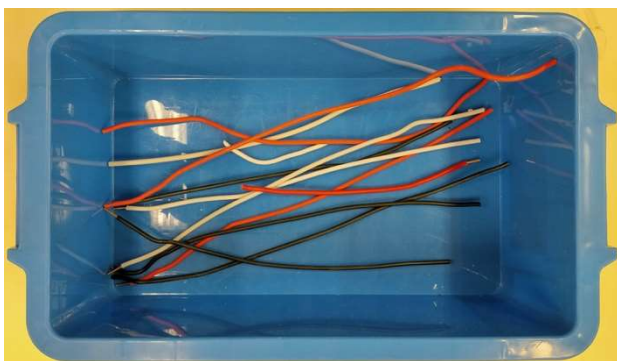


図5. VVFケーブルを割線して取り出したIV線

トリッパーIVによる作業では、直接銅と被覆を分離することまでできず、図6のミシン目が入った被覆を剥ぐ工程が必要となる。図7の様にIV線が真っ直ぐで短い場合、ミシン目を入れずに被覆を剥ぐことができる。



図6. ミシン目が入った被覆を剥ぐ工程

図8に銅線を示す。この状態でリサイクル業者に持ち込んで、計量後に買い取ってもらう。工程ごとに分類されたケーブルを図9に示す。銅と被覆に分離する工程は以上であ

るが、これらの工程をいかに効率的に行うかが次なる課題である。



図7. IV線が真っ直ぐで短い場合、ミシン目を入れずに被覆を剥ぐことができる。



図8. 銅



図9. 工程ごとに分類されたケーブル

5. 被覆を剥く作業の効率化

計算機科学の世界では、計算機の並列度を上げた場合に、並列化できない部分の存在、特にその割合がボトルネックになることを示したアムダール法則がある。ここに、並列化可能な箇所の率を P 、並列化できない箇所の率を S としたとき、全体の性能向上は、

$$\frac{1}{(1-P) - \frac{P}{S}}$$

で表される。電線の被覆を剥く作業においても、並列化できる箇所を見極めて作業を並列化することが全体の作業効率化に寄与する。

前述のトリッパーIVは現在1つのみであり、作業が並列化できず、割線がボトルネックのうちのひとつとなっている。電気工事の現場における割線は、1. 通常電工ナイフを用いて VVF ケーブルの割線を行う、2. 電工ナイフは 2,000 円程度で入手でき、3. 電工ナイフを用いた作業は場所をとることがなく、4. 学生ら複数名確保することが可能である、という要因から並列化に向いているといえる。ここで問題となるのが、電工ナイフの安全性である。

VVF ケーブルのシースを剥き、IV ケーブルの被覆を剥く作業は、電工ナイフでなくワイヤーストリッパーの使用を推奨しているため、学生らは電工ナイフを使い慣れていない。不慣れな内は自らの手を切る可能性も排除できない。作業場所を選ばない点において電工ナイフは優れているが、それ故、不慣れな作業者が、いつどこで電工ナイフを用いた割線作業を行っているかも分かりにくく、周囲の人の怪我也心配である。そこで、熟練すればトリッパーIVを用いるよりも電工ナイフの方が速く処理できるものの、安全性を重視し、今しばらくはトリッパーIVを用いて割線を行う。IV線の被覆にミシン目を入れる工程もまた並列化したいところではあるため、トリッパーIVおよび電動ドリルの追加も今後の検討課題である。

6. むすび

本研究では、近畿大学工業高等専門学校において、第二種電気工事士試験の実技試験のための練習の際に排出された廃電線から資源である銅を効果的に取り出す方法を検討した。今後も引き続き、効率化を検討する。

参考文献

- 1) 第二種電気工事士試験 | ECEE 一般財団法人電気技術者試験センター、
<https://www.shiken.or.jp/examination/e-construction02.html>
- 2) 令和5年度第二種電気工事士下期技能試験(令和5年12月24日実施)、
<https://www.shiken.or.jp/ginouanswerK/ginou20231224.html>
- 3) 近大高専資格奨励制度について、
https://www.ktc.ac.jp/dept/kyomu/pdf/shikaku_syutoku_list_2022.pdf