

# 職業能力開発大学校電気系の PLC 教材の体系化に関する検討 Research on Systematization of PLC Teaching Materials for Polytechnic College

永松 将貴, 蝦名 健一, 浅野 博 (関東職業能力開発大学校)  
Masataka Nagamatsu, Kenichi Ebina and Hiroshi Asano

The Department of Electrical Systems at Kanto Polytechnic College offers education and training in programmable logic controller (PLC) control. The authors aim to establish a consistent four-year PLC control training program. However, PLC control training harbors many problems. For example, the devices are generally expensive, there are only a limited number of devices available, and the content of education varies with each instructor. Therefore, we examined the current problems and sorted out the issues. In this paper, we discuss how these problems can be resolved by reorganizing the curriculum structure and sharing the teaching materials. This will enable a more systematic administration of the curriculum for PLC control, which can be expected to make the education and training program more effective.

Keyword: PLC control, consistent four-year education, Cohesiveness of training, Sharing of teaching materials, Effective training

## 1. はじめに

筆者らが所属する関東職業能力開発大学校（以下、関東能開大と略す）は、高等学校卒業生を対象とした専門課程（2年間）4科と専門課程修了生を主な対象とした応用課程（2年間）4科で構成されている。図1に能開大の教育訓練システムを示す。専門課程「電気エネルギー制御科」と応用課程「生産電気システム技術科」を併せ電気系と称している。他に、機械系、電子情報系、建築系がある。



図1 関東能開大の教育訓練システム<sup>1)</sup>

電気エネルギー制御科では、電気技術、エネルギー技術、制御技術を柱とした、工場の自動化技術、保守・管理技術及び省エネルギー化技術を有した実践技術者の育成を目指している。また、生産電気システム技術科では、自然エネルギー利用技術、電動力応用技術、工場自動化技術を有した、製品の企画・開発から生産工程の改良・改善・運用・管理等に対応できる生産現場等のリーダの育成を目指している<sup>2)</sup>。そのなかで、プログラマブルロジックコントローラ（以下、PLCとする）制御は関東能開大電気系のカリキュラムの支柱である。

本論文では、この PLC 制御の教育訓練について、現状の課題を分析し、PLC 制御に関するカリキュラムの4年一貫教育に対応した教材の体系化について論ずる。

## 2. 関東能開大電気系における教育の現状

### 2.1. PLC 制御教育の現状

#### 2.1.1. PLC 制御教育のカリキュラム

製造ラインの自動化システムの開発、設計、製作、保守などに携わる人材としては、シーケンス制御および PLC 制御の技術が不可欠である。そのため、公共職業訓練施設の電気系では PLC 制御に関するカリキュラムを実施していることが多い。関東能開大電気系においても、先に述べた通り、PLC 制御教育をカリキュラの支柱としている。

図2は関東能開大電気系で実施している PLC 制御教育

の体系図である。図 2 に示すとおり、電気系の 4 年間を通して、PLC 制御に関するカリキュラムを実施するとともに、各学年で 1 科目以上実施している。そのことで、PLC 制御に必要な各技術要素を段階的に習得できるような構成となっている。なお、「シーケンス制御実習Ⅲ」については選択科目となっている。

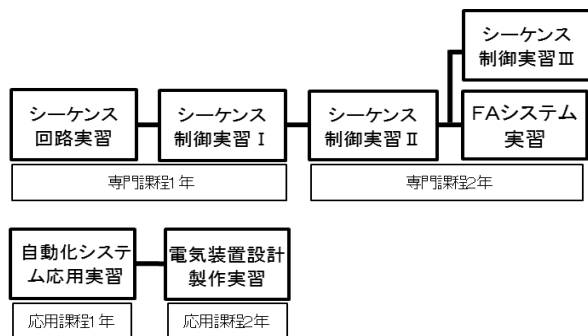


図 2 関東能開大における PLC 制御教育の体系図<sup>2)</sup>

各実習の内容については、標準カリキュラムをもとに、習得すべき技術要素に対応した具体的な実習を設定している。

「シーケンス制御実習Ⅱ」の標準カリキュラム<sup>3)</sup>を図 3 に示す。「シーケンス制御実習Ⅱ」では PLC と外部装置のインターフェース技術および応用的な利用技術を習得することが目的とされている。

教科の科目	機械制御実習	
授業科目	シーケンス制御実習Ⅱ	単 位 2
教育訓練目標	PLCと外部機器とのインタフェース技術、及びPLCの応用的な利用技術を習得する。	
授業科目の細目	授業科目の内容	訓練時間
1. インタフェース技術	(1) タッチパネルとのインタフェース ① 信号割付 ② 制御プログラムの作成 ③ 表示画面の作成 ④ デバッグと動作確認  (2) ロボットコントローラとのインタフェース ① 信号割付 ② 配線作業 ③ 制御プログラムの作成 ④ デバッグと動作確認  (3) 一軸位置決め装置とのインタフェース ① 信号割付 ② 配線作業 ③ 制御プログラムの作成 ④ デバッグと動作確認  (4) ネットワークへの対応 ① PLC間ネットワークの構築 ② 周辺システムとのインタフェース	36 H
使用する機械器具等	PLCユニット、パーソナルコンピュータ、テスタ(回路計)、タッチパネル、各種サポーター、教材用ロボット、位置決め実習装置、パルス出力センサ等	
		合計36 H

図 3 シーケンス制御実習Ⅱの標準カリキュラム





この内容から習得が必要な技術要素として、タッチパネル操作、位置決め機能、応用命令、オープンフィールドネットワークと考え、図 4 に示すように具体的な内容を含めたシラバスを策定している。また、実習では、1 つ 1 つの技術要素に対応した実習装置を複数用いて実習を行っている。

回数	訓練の内容	運営方法	訓練課題 学習・復習
1週	1. ガイダンス (1) シラバスの提示と説明 (2) 安全作業について 2. 特殊機能ユニット ① アナログ入力ユニット ② アナログ出力ユニット ③ ハルス入力ユニット	講義、実習 質疑	シラバスをよく読み、この科目の目標と授業の流れを確認して下さい。 実習上の注意事項、特に安全作業について確認して下さい。 特殊機能ユニットについて復習して下さい。
2週	3. インタフェース技術 (1) タッチパネルとのインタフェース ① 信号割付 ② 制御プログラムの作成 ③ 表示画面の作成 ④ デバッグと動作確認	実習、質疑	タッチパネルとのインタフェースについて復習して下さい。
3週	(2) ロボットコントローラとのインタフェース ① 信号割付 ② 配線作業 ③ 制御プログラムの作成 ④ デバッグと動作確認	実習、質疑	ロボットコントローラとのインタフェースについて復習して下さい。
4週	(3) 一軸位置決め装置とのインタフェース ① 信号割付 ② 配線作業 ③ 制御プログラムの作成 ④ デバッグと動作確認	実習、質疑	一軸位置決め装置とのインタフェースについて復習して下さい。
5週	(4) ネットワークへの対応 ① PLC間ネットワークの構築 ② 周辺システムとのインタフェース	実習、質疑	PLC間ネットワークの構築および周辺システムとのインタフェースについて復習して下さい。
6週	4. 評価 ① 習得度評価		

図 4 シーケンス制御実習Ⅱのシラバス

その他の PLC 制御に関する実習においても、標準カリキュラムをもとに習得が必要な技術要素を確認し、その技術要素に関連した実習装置を用いながら実習を行っている。表 1 に各実習で習得する技術要素および使用する実習装置を示す。

表 1 各実習で習得する技術要素及び実習装置

実習名	技術要素	実習装置(一部)
シーケンス制御実習Ⅰ	PLC概要, 基本命令, FAセンサ, SFC	
シーケンス制御実習Ⅱ	応用命令, 位置決め機能(1軸), タッチパネル操作	
シーケンス制御実習Ⅲ	応用命令, インターフェース回路	
自動化システム応用実習	基本・応用命令, 位置決め機能(2軸), アナログ入出力, アクチュエータ駆動, SFC	

2.1.2. 各課程の総合課題

各課程では、より実践的な実習を行うため、履修済みの PLC 制御の関連科目で習得した技術要素を組み合わせ、一つのシステムを構築する実習として、総合課題が設定されている。図 5 に示すとおり、電気エネルギー制御科では「FA システム実習」、生産電気システム技術科では「電気装置設計製作実習」が該当する実習である。表 2 に、各総合課題の実習目標、習得する技術要素、実習で使用する装置を示し、また、図 6 に各総合課題で使用する実習装置の外観を示す。

また、総合課題ではグループワークによる実習が可能となっている。例えば、「電気装置設計製作実習」の構築システムでは、ターンテーブル（ステッピングモータ）、3 軸ステージ（サーボモータ、エアシリンダ）、検査部（カラーセンサ、電子天秤）、ワーク搬送部（スピードコントロールモータ、エアシリンダ）、操作部（タッチパネル、手動パルス装置）といったように機能を分割させ実習が行える。各グループのメンバを 5 名程度とし、各グループでシステムの動作仕様を決め、メンバで担当する機能を割り当て、実習を進める。また、システムが完成した際には、報告書の作成および発表会を行う。FA システム実習においても同様のグループワーク実習が可能となっている。

このように、2 つの総合課題は、技術習得のみならず、グループワークによるヒューマンスキルやリーダーシップといった職業人としての素養を身に付けられるため<sup>4)</sup>、各課程における重要な実習である。

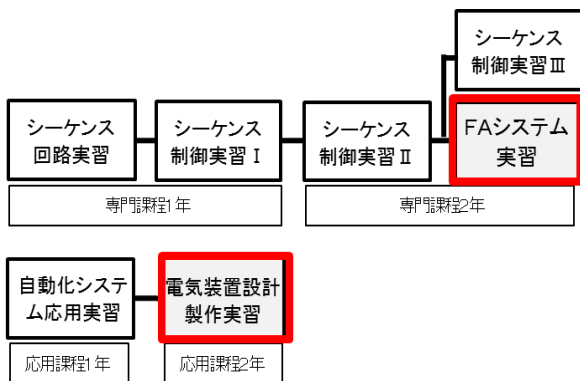


図 5 各課程の総合課題の位置づけ<sup>2)</sup>

表 2 総合課題における技術要素と実習装置

実習名	実習目標	技術要素	実習装置
FAシステム実習 (専門課程 総合課題)	制御システム設計・構築技術の習得	シーケンス制御実習 I・II の各技術要素	FAライン装置(ベルトコンベア, エアシリンダ, 各種センサ, タッチパネル)
電気装置設計製作実習 (応用課程 総合課題)	FA制御システムの最適設計・構築手法の習得	PLCを含めた制御盤設計製作, 各技術要素, ドキュメント作成	ワーク搬送装置(3軸ステージ, ベルトコンベア, エアシリンダ, 各種センサ, タッチパネル)

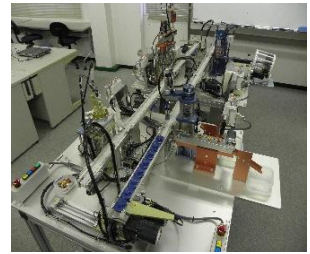
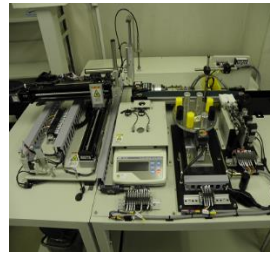


図 6 各課程の総合課題で使用する実習装置の外観

2.2. 現状の課題

PLC 制御に関するカリキュラムでは、学生が各技術要素を習得しやすいよう段階的に実施していることを述べた。筆者らは、より効果的な訓練を実施するため、現状の課題について分析した。そして、実習の関連性と実習装置の共有化の 2 つの課題があると考えた。

2.2.1. 各実習の関連性

図 2 に示したとおり、段階的に実習を実施し、かつ、必要な技術要素に対応した実習装置を使用しながら、効果的な訓練を実施している。しかし、そのなかで一部実習間の関連性に課題があることが分かった。

具体的には、表 3 に示すように、総合課題として位置づけている FA システム実習とその他の科目との関連性である。

電気エネルギー制御科の「シーケンス制御実習 I」で学ぶ基本命令や FA センサの取り扱いといった技術要素については、「FA システム実習」で使用する実習装置に含まれているが、「シーケンス制御実習 II」で学ぶ位置決め機能については、「FA システム実習」で使用する実習装置には含まれていない。なお、この位置決め機能については、生産電気システム技術科の総合課題で使用する実習装置に含まれている。

表 3 総合課題と各実習の関連性

実習名	技術要素	実習装置
シーケンス制御実習 II (専門課程)	応用命令, <b>位置決め機能(1軸)</b> , タッチパネル操作	ターンテーブル装置(スピードコントロールモータ, <b>ステッピングモータ</b> , <b>サーボモータ</b> )
FAシステム実習 (専門課程・総合課題)	シーケンス制御実習 I・II の各技術要素	FAライン装置(ベルトコンベア, エアシリンダ, 各種センサ, タッチパネル)
電気装置設計製作実習 (応用課程・総合課題)	PLCを含めた制御盤設計・製作, 各技術要素, ドキュメント作成	ワーク搬送装置( <b>3軸ステージ</b> ( <b>サーボモータ</b> ), ベルトコンベア, エアシリンダ, 各種センサ, タッチパネル)

また、「シーケンス制御実習 II」で学ぶオープンフィールドネットワークについては、「FA システム実習」の実習装置に含まれておらず、かつ、生産電気システム技術科の PLC 制御に関する各実習で使用している実習装置にも含まれていない。

各実習では、1 つ 1 つの技術要素に対応した実習装置を活用し、各技術要素は段階的に習得しているが、関連

科目をまとめて見た際に、関連性に課題があることがわかる。このように、総合課題で使用する実習装置と各技術要素習得のために使用する実習装置の関連性について、各課程間も含めて整理していくことが重要となる。

### 2.2.2. 各実習で使用する実習装置の共有化

専門課程および応用課程で実習装置を整備する際に、費用や実習場の関係から整備する数量に制限が生じる。そのため、両課程で整備している装置の共有化が理想となる。その際に、実習の実施時期、装置を整備している場所、装置の仕様の3つの課題があると考えられる。

実習の実施時期については、各課程においては PLC 制御の関連科目以外に多くの科目を実施しているため、それらの科目を含めて時間割を作成しなければならない。そのため、4 年一貫を意識し課程間で調整しながら時間割を作成しなければ、共有化したい実習装置の使用時期が重複し、共有化できないといったことが生じる。また、段階的な実施を維持したまま時間割を調整する必要もある。

装置を整備している場所については、専門課程と応用課程で使用する実習場は異なっていることが多い。小型の実習装置の場合であれば、実習場間の移動は可能であるが、すべての実習装置が移動可能とは限らない。このことは、共有化の際の物理的な障害となるが、施設の改修や移設といった施設全体の課題となるため、対応することは非常に困難である。この場合は、時間割の調整により、実習場の共有化が必要と考えられる。

装置の仕様については、実習装置内に PLC 本体が組み込まれている場合、各課程で使用する PLC シリーズが異なっている場合に活用しづらいという課題がある。実際に、応用課程では開発課題での使用を想定し、実習の一部では、専門課程とは異なる PLC シリーズを使用している。また、使用するユニットの変更や追加がしづらいといったこともあり、装置の仕様によっては、共有化への障害となることがある。

## 3. 体系化に関する検討

関東能開大電気系に入学する学生の多くは、入学時に 4 年間で意識していることが多い。そのため、4 年一貫教育に対応した環境づくりが必要であると考えている。

そのためには、現状の課題である各課程内および課程間の各実習の関連性を整理し、各実習で使用している実習装置の共有化を図ることが重要である。本論文では、このことを PLC 教材の体系化としている。

### 3.1. 各実習の関連性への対応

各実習の関連性については、各課程内において、総合課題で使用する実習装置と各技術要素習得で使用する実習装置との関連付けや、課程間の実習について整理した。図 7 に各課程内における各技術要素と総合課題の関連性を示す。多くの技術要素については、総合課題との

関連性があるが、図 7 中の点線のように関連性がない場合もある。このことについては、各実習の実施する順序を調整することで対応可能と考える。図 8 に技術要素の関連付けを意識した総合課題の位置づけを示す。

「シーケンス回路実習」と「シーケンス制御実習Ⅰ（シーケンス制御実習Ⅱの技術要素「タッチパネル」を含む）」の総合課題として「FA システム実習」を位置づける。

「シーケンス制御実習Ⅱ」と「シーケンス制御実習Ⅲ」の総合課題として、復習も兼ねて「自動化システム応用実習」を位置づける。

両課程の総合課題に含まれていないオープンフィールドネットワークへの対応については、例えば、応用課程の総合課題である「電気装置設計製作実習」の課題仕様を含めて実施することなどが考えられる。

そして、4 年間でまとめた総合課題として電気装置設計製作実習を位置づける。

そのことで、各課程で 1 回ずつ実施していた総合課題が、4 年間で 3 回実施することになる。総合課題の回数が増えることで、各実習で習得した技術要素をすぐに活用することができ、また、段階的に総合課題を実施することは、新しい技術要素に対する総合課題のみならず、履修済みの技術要素も活用することになるため、より効果的な教育訓練の流れになると期待できる。

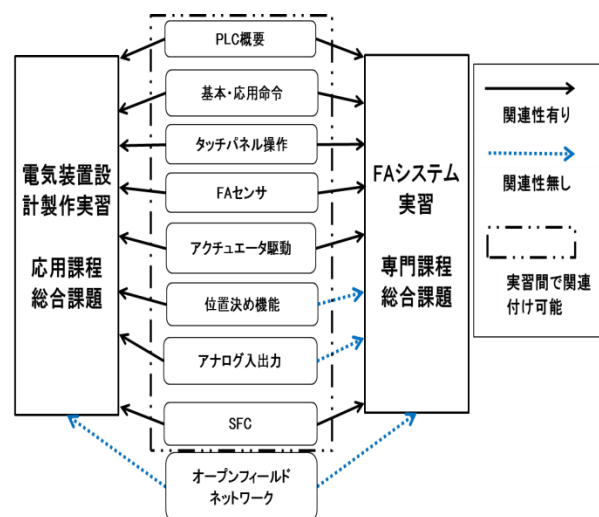


図 7 各課程の総合課題と習得する各技術要素の関連性

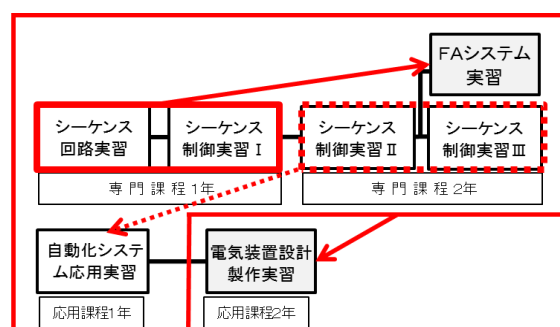


図 8 実習の関連付けを意識した総合課題の位置づけと PLC 制御教育の体系図

3.2. 各実習で使用する実習装置の共有化への対応

実習の実施時期については、現状、各課程で段階的に実施する構成となっている。また、表4に示すように、技術要素として位置決め機能を実施している実習のように、実施時期が異なる時間割となっており、実習装置の共有化が実現可能な環境である。

装置を整備している場所については、現在、電気系として実習棟の整理を進めており、特にPLC関連教育で使用する実習場については同一実習棟で実施する環境が整う。このことで、大型の実習装置についても、効率的に各課程で使用が可能となるため、来年度からは、装置を整備している場所の課題については解決できる見通しである。新たな装置を導入する際にも、上記のことを踏まえて、整備していくことも重要となる。

装置の仕様については、PLC本体が実習装置に組み込まれていることによる共有化の障害に対して、PLC本体と位置決めユニットを実習装置から取り外し、配線済みであった配線を端子台経由とし、実習装置を使用時に配線できる仕様に変更することで、PLCシリーズを意識することなく実習装置のみ共有化が可能となる。図9は応用課程で整備している2軸の位置決め実習装置である。この装置については仕様変更を進めており、来年度から共有化が行える。

表4 専門課程と応用課程の時間割の関係

実習名	実習装置	使用時期	実習場
シーケンス制御実習Ⅱ	ターンテーブル実習装置(スピードコントロールモータ, ステッピングモータ, サーボモータ)	専門課程2年前期	3号棟 1階 FA実習室
自動化システム応用実習	2軸位置決め装置(ステッピングモータ, サーボモータ, カラーフィードバックなど)	応用課程1年後期	本館 3階 電気機器実験室(3号棟 2階に移設予定)

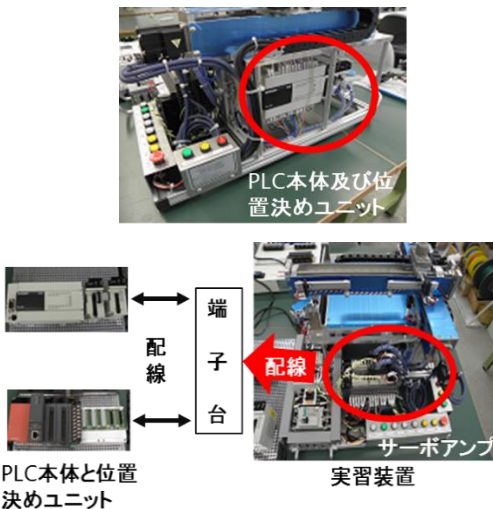


図9 PLCが組み込まれた実習装置と仕様変更例

また、位置決め実習装置のように、電気エネルギー制御科で使用している位置決め実習装置ではDOGサーチ付き原点復帰の実習ができないが、生産電気システム技術科で使用している位置決め実習装置では実習が可能となる装置もある。装置は共有化により、段階的に位置決

め機能の習得ができ、また、使用できる装置が増えるため、より少人数で実習装置に触れることが可能となる。

さらに、実習装置以外に、各実習で使用するテキストについても共有化が必要である。PLC制御教育では、使用する実習装置が同じでも、実施する内容を担当する指導員に任せてしまうことがあり、担当者が変わるたびに変更となる可能性がある。このことは、専門課程および応用課程で実施しているPLC制御教育を体系的に実施する流れを示す教材等が残っておらず、実際に担当する指導員が、それぞれの指導員に内容や使用する実習装置について調査しなければならないために生じる課題でもある。この課題を解決するためには、テキストの共有化を図ることが重要と考えた。

図10にテキストの共有化の流れを示す。各実習の標準カリキュラムから習得する技術要素を抜き出し、必要な実施項目を検討し、整理する。整理した実施項目に対し、テキストの整備状況を確認する。そして、テキストの追加や改定の有無などを検討するなかで、具合的な実習内容を指導員間で共有することができ、PLC制御教育の体系化が実現しやすい環境になると考えられる。

整理した内容は、確認欄を設けることで、技術要素の習得度確認表にも発展させることができる。また、図2のような体系図と一緒に活用することで、学生が自らの習得度を確認することや、各実習内や各課程での仕上がりが、各技術要素の位置づけについて理解しながら実習に取り組むことができる。このことは、学生が関連職種への就職を意識し活動していく際に、学生自らPLC制御に関してどのように取り組んできたかについて、まとめやすくなることにも繋がると考えている。

現在、関東能開大電気系ではPLC制御に関する各実習のテキストについても情報共有を始めており、図7に示すような技術要素の関連性を考え、テキストの共有化と体系化を進めている。

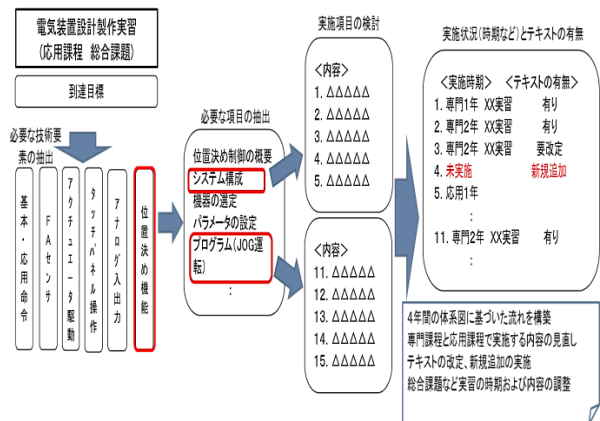


図10 テキストの共有化の流れ

最後に、附属校など応用課程への進学に関係する施設との関連性の検討が必要となるが、現状進められていない。普段から施設間で情報交換を行いながら、各施設で実施している実習との関連性を整理していくことで、附

属校などとの体系化につながる。関東能開大電気系では附属校の電気系とともに専門別会議と称し年 2 回の情報交換を実施している。このような機会を活用しながら附属校とも体系化を図ることが、今後の課題である。

#### 4. 体系化による効果

関東能開大電気系における PLC 制御教育の現状の課題である実習の関連性と、実習装置およびテキストの共有化について見直し、図 8 に示すとおり、カリキュラムの体系化を図った。図 11 に見直し後の総合課題と習得する各技術要素の関連性を示す。また、「シーケンス制御実習Ⅱ・Ⅲ」の総合課題を応用課程「自動化システム応用実習」と位置づけたため、実習の実施について柔軟に対応することができる。例えば、特殊機能ユニットや PLC 間ネットワーク構築に関する実習装置は整備台数の関係から学生が装置に触れる機会が少なくなる場合が考えられる。そこで、図 12 に示すとおり、この技術要素に関する実習のみ学生を 2 つのグループに分け、特殊機能ユニットと PLC 間ネットワーク構築に関する実習を分けて実施する。そして、各実習が終了したのち、グループを入れ替えてそれぞれの技術要素について実施する。このことは実習担当者を 2 名体制にするなど調整が必要となるが、学生が実習装置に触れる機会を増やせるため、習得度の向上が期待できる。

自動化システムの開発・設計等では、各技術要素を総合的に活用することが必要となる。PLC 教材の体系化により、総合課題の実施回数が増加し、各技術要素を活用しながらシステム構築を行う機会が増えることになる。自動化システムの開発・設計、製作等に携わる人材育成を考えた際に、より効果的な訓練教育が期待できる。

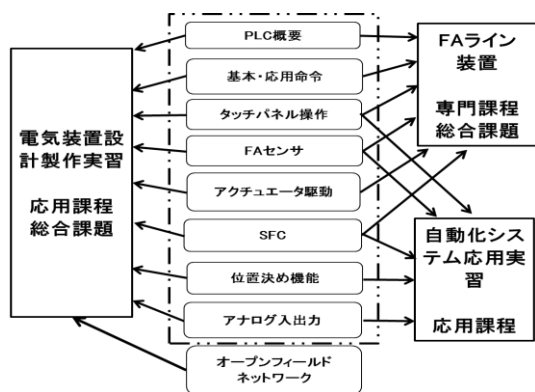


図 11 PLC 制御教育における課題の見直し後の総合課題と習得する各技術要素の関連性

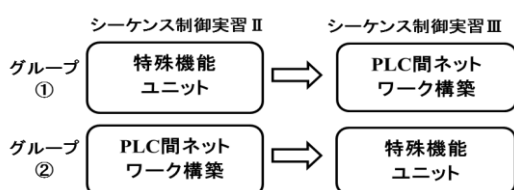


図 12 実習の実施方法

#### 5. おわりに

本論文では関東能開大電気系における PLC 制御に関する教育訓練の現状と教材の体系化について述べた。各課程内における総合課題で必要な技術要素と、各実習の技術要素の関連付けと、課程間の関連付けを整理した。

また、課程間における段階的な実施を保ったまま、時間割の調整をし、教材の共有化を行うことの必要性を述べた。以上のことから、PLC 制御教育を体系的に実施することができる。このことは、学生が PLC 制御に関する最終目標がイメージしやすくなり、各学年において、自分自身の到達位置が自ら確認できるようになる。また、学生に対し 4 年一貫教育が可能となる。

さらに、PLC 教材の体系化を行うことは、課程を越えての担当が導入しやすくなるため、電気系指導員の担当分野の拡大や技術向上に繋がるため、人材育成の促進が期待できる。

今後も各指導員と協力しながら効果的な実習を行い、グローバル化や PLC の高機能化、PLC のプログラム開発環境の変化に柔軟に対応できる得る人材の育成を目指していきたい。

#### 参考文献

- [1] 関東職業能力開発大学校, 学校案内 教育内容, <http://www3.jeed.or.jp/tochigi/college/web/college/education.html>, 2015 年 12 月.
- [2] 永松将貴, 蝦名健一, 浅野博, "能開大電気系の PLC 制御に関する教材開発", 2015 年実践教育研究発表会 岩手大会, C-8 (2015).
- [3] 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構 職業能力開発総合大学校基盤整備センター, 学卒者訓練情報, <http://www.tetras.uitec.jeed.or.jp/database/graduate/>, 2015 年 1 月.
- [4] 浅野博, 大澤剛, 陣内望, "関東職業能力開発大学校生産システム技術系における「開発課題実習」の現状", 職業能力開発研究誌, 30 巻, 1 号, pp.48 (2014).

(原稿受付 2016/2/3, 受理 2016/6/6)

\*永松将貴

関東職業能力開発大学校, 〒323-0813 栃木県小山市横倉三竹 612-1 email:Nagamatsu.Masataka@jeed.or.jp  
Masataka Nagamatsu, Kanto Polytechnic College of Japan, 612-1 Yokokura-Mitake, Oyama, Tochigi 323-0813

\*蝦名健一

関東職業能力開発大学校, 〒323-0813 栃木県小山市横倉三竹 612-1 email:Ebina.Kenichi@jeed.or.jp  
Kenichi Ebina, Kanto Polytechnic College of Japan, 612-1 Yokokura-Mitake, Oyama, Tochigi 323-0813

\*浅野博, 博士 (工学)

関東職業能力開発大学校, 〒323-0813 栃木県小山市横倉三竹 612-1 email:Asano.Hiroshi@jeed.or.jp

