

制御盤製作の省コスト化の調査研究  
#1 配線接続の合理化に関する調査報告書

---

平成 26 年 10 月

一般社団法人 日本配電制御システム工業会  
制御情報・新エネルギー部会 制御・情報システム委員会

## ■ ■ ま え が き ■ ■

制御・情報システム部会は、円高による産業構造の変化や情報通信技術の進化などによる配電制御システム業界の抱える課題解決を目指し、これまでPLC言語の調査研究(ソフトウェア製作の合理化)、制御システムの取引条件ガイドラインの作成、制御システム初心者用テキストの作成などを行ってきました。平成22年度からは、制御盤製作の合理化の調査研究に取り組んでいます。

これは、制御盤製作に関係する国内外の製品、技術、規格などの最新情報を収集するとともに、不合理と思われる規格・慣習・仕様など我々配電制御システムメーカー自身の課題を洗い出し、これらを突き合せての解決策を探り、必要によりその検証までを行う取り組みです。具体的には、「#1:配線接続の合理化に関する調査研究」と「#2:筐体部材、機器取付け合理化に関する調査研究」の二つをテーマとして活動をしています。

このたびテーマの一つ「#1:配線接続の合理化に関する調査研究」が終了し、成果をまとめた最終報告書ができました。

本報告書は、平成24年9月に委員会の2年間にわたる調査研究結果「課題、対策検討と提案、実現に当たったのユーザや関係する団体に対する要望など」をまとめた第一次報告書を公表し、JSIA会員及びJSIA会員のユーザや関係する団体に伝え、さらに約2年をかけて広く意見を聴取、一部の団体とは協議検討の場を設けて内容を吟味するとともに、新たな情報も付加した最終報告書です。

電気配線における接続は最も基本的な部分であり、この改革は文化・習慣の変更を意味していることから1メーカーの努力でできることでもなく、一朝一夕には進むものでもありません。従来のネジ接続がなくなるわけではもちろんないが、一方、盤内電気機器の多くが変わらないとその合理化効果が生まれにくいという宿命もっています。本調査研究をきっかけに、ユーザ(エンドユーザ、機械装置メーカーなど)や盤内電気機器メーカーなどの多くの関係者に共通の認識が醸成され、着実な変化が生まれ前進することを期待します。

調査にご協力いただいた機器メーカー、関係団体及び関係者の皆様方に改めて感謝申し上げます。

平成26年10月

一般社団法人日本配電制御システム工業会

制御情報・新エネルギー部会

部会長 田原 博(株式会社田原電機製作所)

副部会長 松尾隆徳(東洋電機株式会社)

副部会長 三宅康雄(タケモトデンキ株式会社)

# 目 次

<b>I. 調査研究の進め方</b> .....	1
<b>II. 配線接続の合理化に関する調査研究 1st Step</b> .....	1
<b>1. 配線接続の合理化に関する調査研究 1st Step</b> .....	1
<b>2. 制御配線の合理化</b> .....	2
2-1. 制御盤の配線接続方式の変遷 .....	2
2-2. 制御盤の配線接続の合理化に関する調査研究 .....	3
<b>3. 制御線の最新接続方式の情報収集と分析評価</b> .....	3
3-1. 調査内容 .....	3
3-2. 調査対象と調査方法 .....	3
3-3. 調査結果 .....	3
3-3-1. 調査した端子台 .....	3
3-3-2. スプリング端子台の詳細調査 .....	4
3-3-3. 端子接続に関する規格 .....	7
3-4. 本委員会としての取り組むべき課題 .....	9
<b>4. 制御線用最新コネクタの情報収集と分析評価</b> .....	9
4-1. コネクタ接続方式の最新情報の収集と分析評価調査 .....	9
4-2. 調査対象と調査方法 .....	9
4-3. 調査結果 .....	10
4-4. 接続方式の使い分け .....	11
4-5. 本委員会としての取り組むべき課題 .....	12
<b>5. スプリング端子の省力化効果検証と課題抽出及び対策検討</b> .....	13
5-1. 制御配線の工数測定実験の概要 .....	13
5-1-1. 対象の接続方式 .....	13
5-1-2. 配線実験モデル .....	14
5-1-3. 配線作業者の選定と作業回数 .....	15
5-2. 配線実験の工数測定結果(省力化効果の検証結果) .....	15
5-3. 配線作業上の問題点の抽出と対策検証 .....	17
<b>6. 接続点数の中位の一般盤用機器制御回路に適用する接続方式</b> .....	18
6-1. 調査対象と調査方法 .....	18
6-2. 制御盤メーカーにおける調査結果 .....	20
6-3. 機器メーカーにおける調査結果 .....	20
6-4. 一般盤用機器制御回路に適用する推奨接続方式 .....	21

<b>7. PLC の多点 IO へ適用する標準コネクタとピンアサイン</b>	21
<b>8. 接続導体に関する課題調査と対策</b>	22
8-1. 制御電線	22
8-1-1. 国内の規格、標準	22
8-1-2. 国際規格、欧米の規格	23
8-1-3. 問題点と対策	25
8-2. 主回路導体	26
<b>9. 配線接続の合理化に関する調査研究 1st Step のまとめ</b>	26
<b>Ⅲ. 配線接続の合理化に関する調査研究 2nd Step</b>	28
<b>1. 配線接続の合理化に関する調査研究 2nd Step</b>	28
<b>2. 主な意見聴取内容と調査対象者</b>	28
<b>3. 意見聴取結果</b>	29
3-1. 個別配線のスプリング端子方式による接続を採用する	29
3-2. 多数の配線を伴うPLCのIO接続に用いるコネクタ仕様の統一化・標準化	31
3-3. 中位の接続線数をもつ機器のソケット若しくは着脱機能付端子接続化	32
3-4. 制御盤外の制御線工事対応のための「盤内スプリング端子—盤外ネジ端子装備の端子台」の製品化	34
3-5. 制御用配線の最小サイズ の規制見直し	36
<b>4. 追加した調査研究</b>	38
4-1. 制御線の被覆剥&フェルルール自動圧着工具	38
4-2. 制御線の被覆剥&フェルルール手動圧着工具	40
4-3. プッシュイン式スプリング端子台	40
4-4. 制御電線の規格	41
4-4-1. 制御盤に使用する制御線の規格と主な仕様	41
4-4-2. 課題と対応	42
4-5. 線番号表示用部材、印刷機	42
4-5-1. 電線番号の表示に関する調査結果	42
4-5-2. 電線番号の表示部材	43
4-5-3. 線番号印字機	45
<b>5. 配線接続の合理化に関する調査研究 2nd Step のまとめ</b>	46
<b>[附録]</b>	
欧州製制御盤の事例写真	47
附図. 1 オムロン製 PLC コネクタのピンアサインの例	48
附図. 2 富士電機製 PLC コネクタのピンアサインの例	49
附図. 3 三菱電機製 PLC コネクタのピンアサインの例	50

## I. 調査研究の進め方

制御・情報システム部会は、2005年4月に発足して以来、各種活動を行ってきたが、制御盤の合理化・省コスト化については2006年度からソフトウェアについて調査研究し、その成果として2008年12月に「やさしい国際標準PLC(副題:制御システムの技術的課題解決のために)」を取りまとめ発行した。

次の課題として、2010年6月から「盤ハードウェアの合理化・省コスト化の調査研究」に取り組むこととし、活動を開始した。調査研究に関する推進の基本的な枠組みは、図1のとおりとした。また、取り組むべき優先課題は、#1:配線に関すること、#2:筐体部材、機器取付けに関することの2点とした。

本書は#1:配線に関すること、即ち「#1:配線接続の合理化に関する調査研究報告書」である。

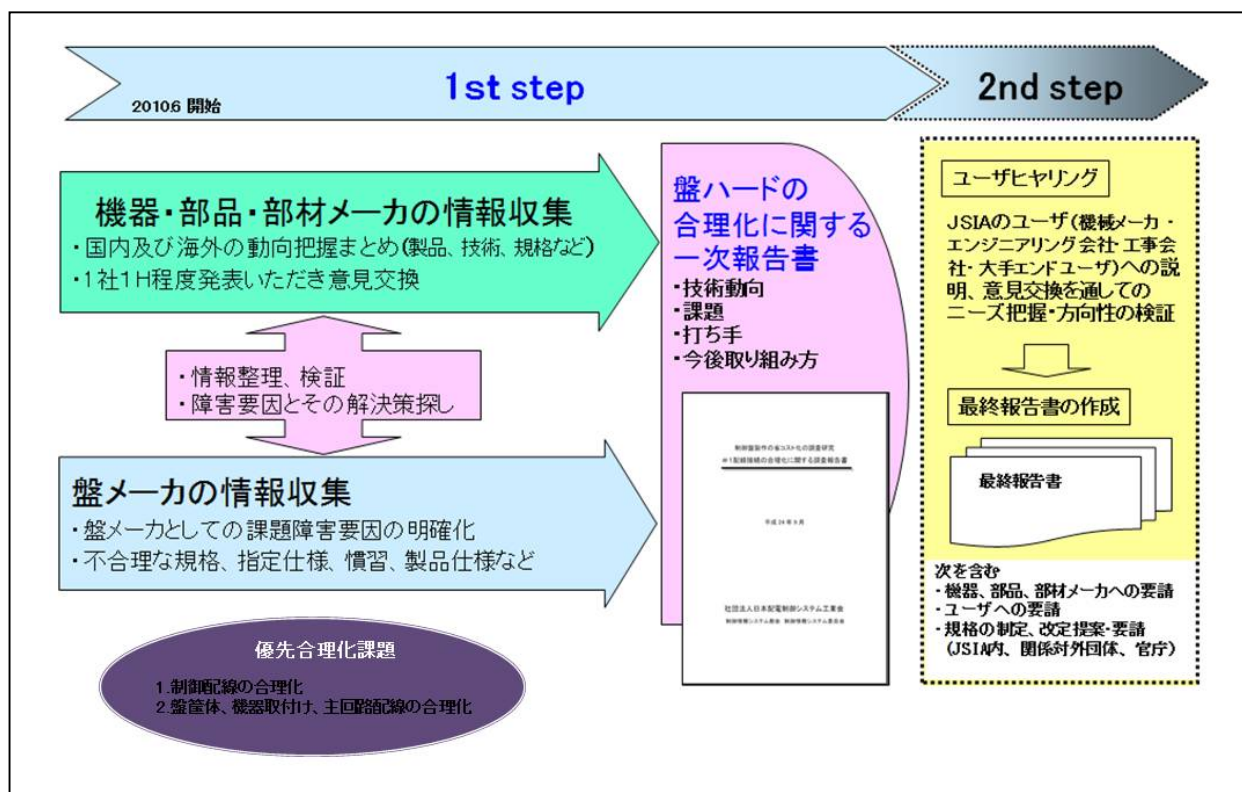


図1. 盤ハードウェアの合理化・省コスト化の調査研究への取り組み

本活動の進め方は図1に示すとおり二つのStepに分けた。1st Stepは、「国内及び海外の最新の技術や機器・部材などの製品の動向の調査」、「盤メーカーのもつ課題やニーズなどの調査」を行い、これらの「情報を整理検証」し、これを基に委員会として「動向・課題・打ち手(解決策)及び今後の取り組み」を一次報告書にまとめる過程である。2nd Stepは、1st Stepの調査研究成果を「JSIA 会員及びJSIA 会員のユーザや関係する団体に伝え意見聴取」し、それを踏まえて最終報告書にまとめる過程である。

本報告書も1st Step及び2nd Stepの2章に大きく分けてある。

## II. 配線接続の合理化に関する調査研究 1st Step

### 1. 配線接続の合理化に関する調査研究 1st Step

2012年3月末にStep1の活動が終了し、一次報告書として「#1:配線接続の合理化に関する調査研究報告書」をまとめ、同年9月に発行した。一次報告書の目的は、当委員会の活動成果をJSIA 会員・ユ

ーザ・機器メーカーなど関係各位に伝え、課題認識や最新技術情報を共有するとともに、広く意見を聴取し、内容の充実を図ることである。

この調査研究の成果は、2011年11月のJSIA技術セミナーで中間報告を、2012年11月の同セミナーにて1st Stepの全内容(一次報告書)を発表するとともに、関係団体に送付し意見聴取など2nd Stepの活動に移行した。本項は「#1:配線接続の合理化に関する調査研究一次報告書」をベースに、2nd Stepの活動成果を反映させて一部改訂している。

## 2. 制御配線の合理化

### 2-1. 制御盤の配線接続方式の変遷

制御盤における配線の接続方法は、かつてはφ1.6mm銅単線の先端を円形に曲げ加工し端子板にネジ締めする方式であったが、1950年代ころから1.25~2mm<sup>2</sup>の銅より線に圧着端子(丸形やY形)を付けてネジ締めする方式に変わった。また最近では、制御線数の増大や低電圧電流制御化に伴い、0.5mm<sup>2</sup>以下の細いより線の使用やコネクタによる配線も多く採用され、コネクタも種々雑多のものが使われている。しかし、多くは銅より線に圧着端子を用いるものが主流を占めているのが、我が国の制御盤配線の実態である。

一方他業界を見ると、建築物屋内配線ではネジ締め比べ配線工数が少なく、高度な接続作業スキルを必要としない「単線、差込み接続」で既に統一されており、後発の自動車内配線(機械内配線)やパソコン(機器装置内配線)については、コネクタ方式で統一されており、いずれも標準化・合理化面で先行しているという実態がある。

このような状況下、自動車業界や機械などユーザ業界より、制御盤においても「増締めが必要で、機器交換時に時間がかかり接続ミスも起きやすい圧着端子ネジ締め方式」からの脱却を求める声が出ています。

(図2参照)

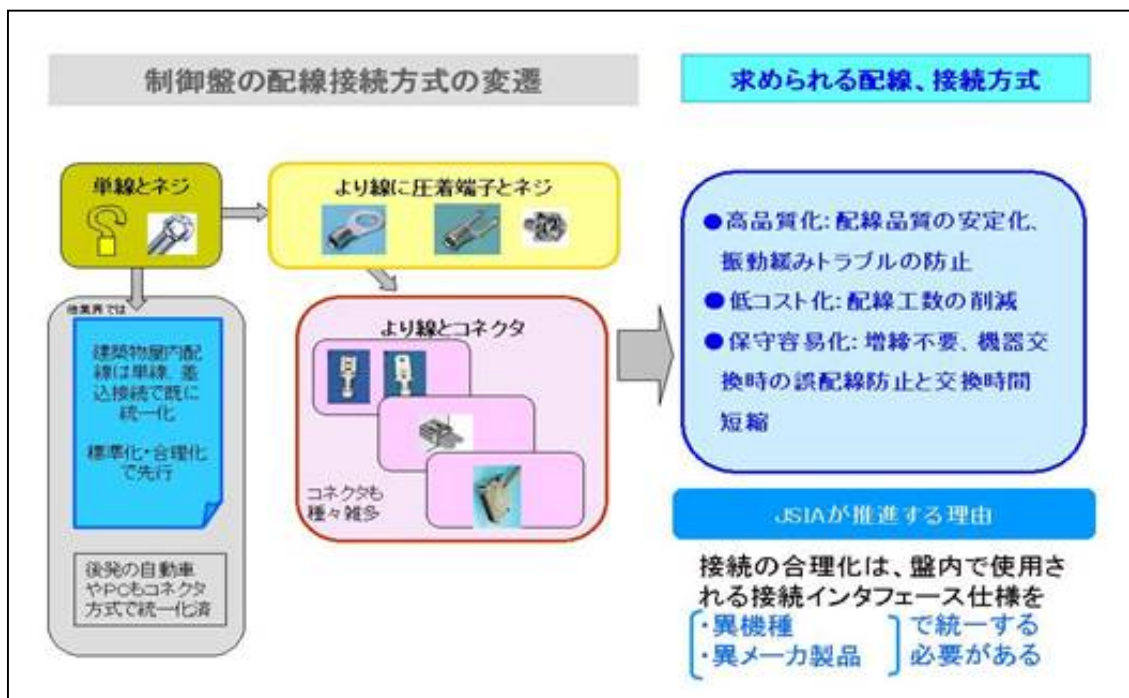


図2. 配線方式の変遷

## 2-2. 制御盤の配線接続の合理化に関する調査研究

そこで当委員会は、主電源が電圧AC440V、電流 225A以下の制御盤を想定し、このクラスの制御装置、制御盤・監視盤などに用いられる国内外の機器(製品)・技術・規格などについて情報収集を行い、合理化に資する最新の技術・製品・アイデアなどを抽出し、その効果を調べることとした。

さらに、合理化推進の妨げになる既存の仕様標準や規格・規約、(不文律の)習慣などを調査して、対策をまとめることとした。

## 3. 制御線の最新接続方式の情報収集と分析評価

制御盤内の機器や端子台に適用される制御線の接続方式に関する最新情報の収集とその分析評価を行った。

### 3-1. 調査内容

- 1) 製品品揃え(盤内機器間接続用、盤内外接続用) 4) 国内、海外での普及阻害要因  
特徴、性能、適合規格 5) 盤メーカーに望むこと
- 2) 今後の製品戦略
- 3) 国内、海外での実績販売状況(地域別、業種別など)

### 3-2. 調査対象と調査方法

調査対象は、国内端子台メーカー製品及び海外メーカーの2社製品(ワゴジャパン社及びフェニックス・コンタクト社)とした。前者は JSIA 会員のもつ情報で十分と判断し、後者については、制御・情報システム委員会として、2010年9月に JSIA 会議室にワゴジャパン社及びフェニックス・コンタクト社の担当者を招き、ヒヤリング調査を行った。説明資料及びカタログ、サンプルにて説明を受けた後に質疑する形で実施した。

### 3-3. 調査結果

調査結果を要約すると次のとおりである。

#### 3-3-1. 調査した端子台

次の6種接続方式の端子台を調査した。その概要は次のとおりである。

##### 1) ネジアップ端子台(ネジ端子台の一種)

緩めた端子ネジが内部のバネ構造により持ち上がったまま自己保持される端子台。製品購入時はあらかじめネジが持ち上がっているため、電線接続するときに【ネジを緩める】作業を省略できる。

##### 2) セルフアップネジ端子台(ネジ端子台の一種)

ネジを緩めるとネジが端子台より完全に外れる端子台。製品購入時はネジが締まっている状態なので、電線接続には【その都度ネジを緩める】作業を要する。

##### 3) ネジ式ボックス端子台(ネジ端子台の一種)

伝統的な古いもの。ただし、欧州の化学産業ではまだ多く使われており、日本ではM重工、Y電機、T電機などプラントメーカーが主な日本のユーザ。FAや工作機械、半導体装置などはスプリング端子に移行済み。

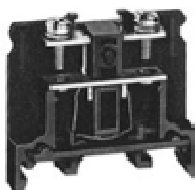


写真 1. ネジアップ端子台



写真 2. セルフアップネジ端子台



写真 3. ネジ式ボックス端子台



#### 4) スプリング(ネジレス)端子台

JIS でいう“ねじなし端子”の一種で、WAGO 社が特許をもっていたが、現在はフリーとなり端子台メーカーや機器メーカーなど多くの会社が製品化している。日本でも鉄道関係、工作機械、産業機械などFA、機械分野での採用が増えている。日本の三大自動車会社での採用や大手電機メーカーの機器に組み込まれている。本報告書では他の“ねじなし端子”と区分するため、スプリング端子又はスプリング端子台という。

#### 5) プッシュイン式ネジレス端子台(スプリング端子台の1種)

フェール(圧着スリーブ) 端末処理した電線なら、マイナドライバーの介助なしに挿入接続できるもの。スプリング端子の一種。自動車会社で採用。本報告書ではスプリング端子又はスプリング端子台という。

#### 6) 圧接式端子台

JIS でいう“ねじなし端子”の一種で、電線の被覆を剥かずに、直接接続できる端子台。Y形の端子金具に被覆のついた電線を回転機構により圧入すると、被覆を貫通して素線と接続される。コストは50%アップするが配線省力化効果は大きい。未だ、電線サイズの制約が多く(制限 $0.5\sim 1.5\text{mm}^2$  と $\sim 2.5\text{mm}^2$  程度まで)、使用実績も少ないことから、本報告書ではスプリング端子台とは分けて圧接式端子台という。

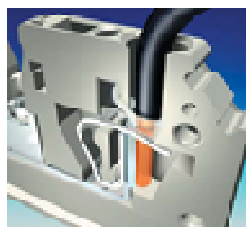


写真 4. スプリング端子台

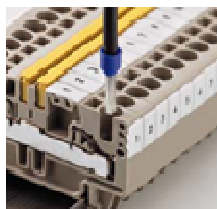


写真 5. プッシュイン式ネジレス端子台



写真 6. 圧接式端子台

### 3-3-2. スプリング端子台の詳細調査

スプリング端子は、未だ日本国内では一般的ではないため、その詳細について調査した。

#### 1) スプリング端子の基礎技術

スプリングの力で電線を端子板に押し付けることにより接続する方式で、接続時にはマイナドライバーで接続部を開口して電線(被覆を除去したより線、単線、フェール圧着したより線)を挿入し、ドライバーを抜くとスプリングで電線が端子板に押し付けられる構造をもつ。

スプリングは電流を流すに十分な接触圧力を担保し、ネジのように振動による緩みはなく、長期使用でも増し締め保守は不要。接続後の電線引抜き力に対しても、引抜き力によりスプリング端がより強固に締まる方向に動き、耐引抜き力は端子規格を十分満たす。1977年にWAGO社が開発したが、既に特許期間は切れており複数社が製品化している。(写真7上を参照)

操作パネルなどではロープロファイル形のスプリング端子台が要求されるが、国内メーカーの(株)オサダから既に販売されている。(写真7の下を参照)

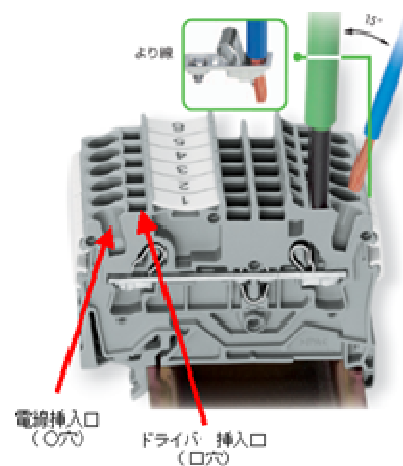


写真 7. スプリング端子台



## 2) スプリング端子技術の特徴

- より線を圧着端子なしで(素線のまま)接続でき、配線工数が少ない。
- ネジ接続の欠点である振動による緩みがない。
- 長期使用でも増締め保守がいらぬ。
- 一つの端子サイズで、接続できる電線サイズの幅が大きい。(例:24A定格端子 0.25~2.5mm<sup>2</sup>)

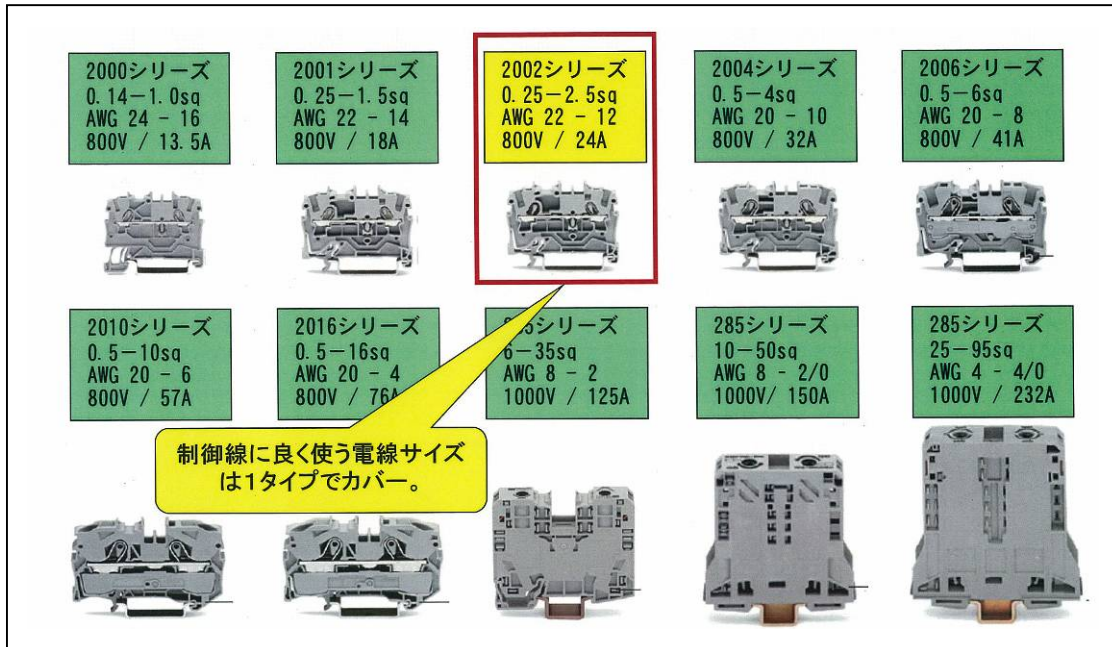


図 3. 接続できる電線サイズ

## 3) 端子台としての特徴

- 横方向の端子幅がネジ端子に比べ小さく、配線スペースが少なくできる。
- 接続方向が機器の上面からで、盤面スペースが小さくできる。
- 充電部に指が入らず、端子カバーなしでも安全性が高い。(IP20)
- 同一端子に2本の配線ができる2口形があり、ネジ同様にコモン配線も可能。
- コモン部品(渡り線、ジャンパ線相当)を使うと多点コモン配線が簡単にできる。
- 回路チェックは、ドライバ挿入口でできるほか、テスター棒や電線を固定することも可能。

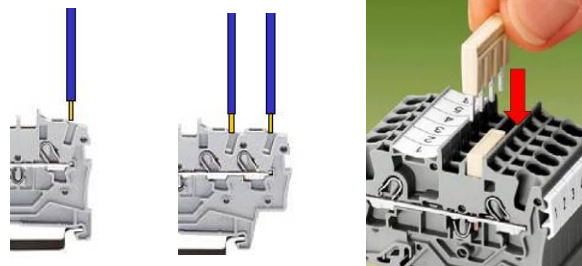
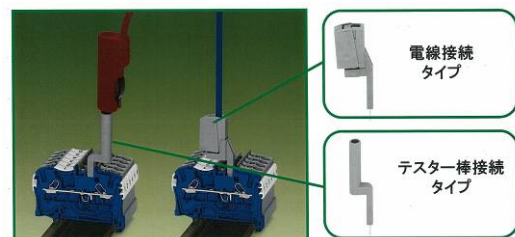


写真 8. 1口形(左)と2口形(右) 写真 9. コモン部品使用



#### 4)実績

端子台としては、欧州を中心に多くの実績(2013年度世界出荷数量:7300億個)があり、普及の遅れていた日本国内においても最近は増大している(図4及び図5参照)。

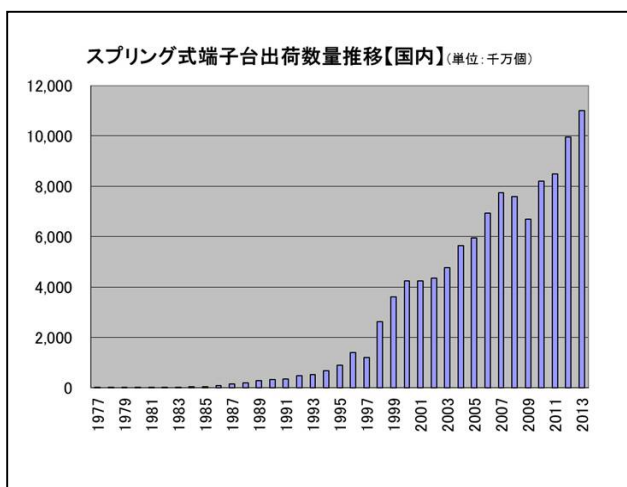


図4. 国内出荷実績推移

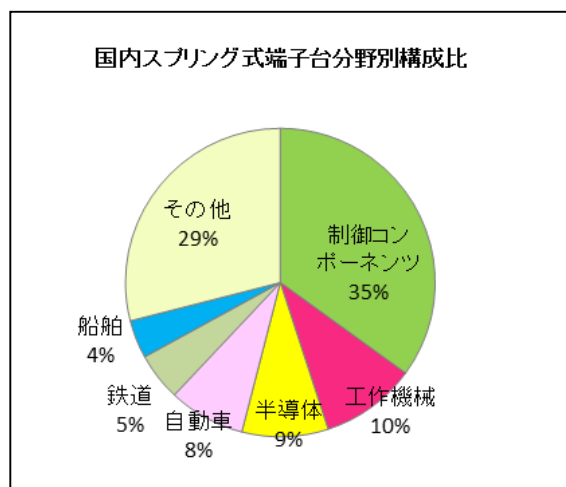


図5. 国内の使用分野構成(2013年度)

#### 5) 国内普及の現状と課題

##### ・ネジ文化、伝統の壁:

ユーザは技術的及び合理化効果については理解しても、自分の代でリスクをとって変える意思をもつ責任者は少数。採用の根拠となる基準などが無いと、端子台メーカーだけの営業努力には限界もある。より電線は圧着端末処理するという根強い文化・伝統も障害。端末処理を行わずに接続することを躊躇するユーザは未だ多い。日本の大手ユーザの要求で、より線のまま端子に挿入したときに発生する素線のバラケによる接続障害の問題を解決する漏斗状ガイド(インシュレーションストップ)を日本向けに開発したが、今はこれのない標準品を使っている。それで欧州市場同様に問題が起きていない。心配するユーザには、フェルール(圧着スリーブ)の使用を推奨しているが、圧着作業が発生するため、接続合理化効果は大幅に低減してしまう。

##### ・主な国内ユーザ:

当初は輸出装置向けが多かったが、振動でネジ端子でのトラブルの発生した車両、交通関係ユーザや現場数が多く増し締め保守ができずトラブルの発生したユーザなど、ネジ端子で苦い経験をしたユーザが、積極的に採用している。十数年前から大手自動車や電機メーカーや加工機械、産業プラントなど採用が増えている。

##### ・ビルなど建築物の電気設備:

最も保守的で未だ圧着端子+ネジ端子接続がほとんどである。2010年に新規格(JIS C 8201-7-1 低圧開閉装置及び制御装置 第7部:補助装置 第1節:銅導体用端子台)も制定されたことから、今後これを周知するとともに、設備仕様の代表的モデルとなっている国土交通省の公共建築工事標準仕様書(電気設備工事編)に入れ込むなどの努力がある。

##### ・線番、マークチューブ脱落の問題:

これまでのマークチューブは電線に入れても緩く自由に移動するため、端末非処理のスプリング端子台や圧接式端子台では電線を機器・端子台から外したときに脱落する恐れがある。

欧米での表示方式の調査やMAX,CKTなど関連工具メーカーと連携して、有効な対策をとる必要がある。

**・日本の盤用電気機器での採用カバレッジが低い:**

欧州などでは、ほとんどの機器がスプリング端子を装備しているが、国内ではINVやPLC、制御機器など未だごく一部しか対応していない。現状は端子台ビジネスの範囲を超えておらず、機器メーカーと連携した動きが必須である。日本の機器メーカーも輸出用ではスプリング端子を装備した製品を製造しているところも出てきている。

**3-3-3. 端子接続に関する規格**

端子接続に関する規格としては、端子台本体と電線の端末処理に分けられる。

**1) 端子台に関する規格**

端子台については、日本では古くは1982年に JIS C 2811 工業用端子台として規格化され使われてきたが、2010年5月にIEC規格(IEC 60947-7-1)との整合を図るために、JIS C 8201-7-1 低圧開閉装置及び制御装置 第7部:補助装置 第1節:銅導体用端子台が新たに制定された。



図 6. 端子台の規格

**(a) 新旧JISの主な相違点**

主な相違点は、表1のとおりである。新 JIS C 8201-7-1 は、JIS C 8201-1 を親規格として制定されたため、JIS C 8201-1 が一般事項としてこの規格に適用される。

表 1. 主な新旧JISの相違点

項目	旧 JIS C 2811	新 JIS C 8201-7-1	備考
1.適用範囲	AC600V 以下、DC600V 以下の工業用端子台	AC1000V 以下、DC1500V 以下の工業用端子台	
2.定格	定格適合電線 --- サイズ より線: 0.5~325mm <sup>2</sup> 単線 : φ0.5~2mm	定格断面積: 0.2~325mm <sup>2</sup> 定格接続容量: 0.2~38mm <sup>2</sup> (単線は 0.5~2mm)に適用	新 JIS 制定に伴い、端子ネジごとに規定していた適合電線の制約がなくなった。
3. 環境試験	・ヒートサイクル試験 ・耐振動試験 ・耐衝撃試験 ・耐寒耐熱試験 ・耐湿度試験	・ヒートサイクル試験は、JIS C 8201-1 にて実施する。 ・その他の試験は削除された。	旧 JIS の内容は、NECA 規格への移行によって維持される。(2012 年中に移行予定)
4.燃焼性試験	なし	ニードルフレーム試験として追加	
5.構造(材料)	・通電部分は、JIS H 3100に規定するもの、又はこれと同等以上の電気、機械的性質をもった、銅又は銅合金を使用する。 ・絶縁物に合成樹脂を使用する場合は、JIS K 6911 に定める不燃性又は自消性と認められるものを使用。	通電部分、絶縁部分の材料に関し、詳細な制約はない。	新 JIS では、構造及び性能に関する要求事項を満足できる材料であればよいとしている。

## (b)新JIS C 8201-7-1 とIEC規格の相違点

新 JIS C 8201-7-1 は、IEC 規格に対し IDT(一致)ではなく、MOD(修正)規格として制定された。その変更点は、電線サイズ表記を AWG 番号とするか断面積 mm<sup>2</sup>の相違である。

日本で一般に制御盤に使用する電線は、IV 線=600V ビニル絶縁電線(JIS C 3307) 又は KIV、HKIV 線=電気機器用ビニル絶縁電線(JIS C 3316)であり、電線サイズは mm<sup>2</sup> で表記されている。新 JIS C 8201-7-1 は IEC 規格の翻訳規格であるが、これに鑑み一部修正されている。

表 2. 電線サイズの mm<sup>2</sup>/AWG 表記

端子台の定格断面積と定格接続容量			
定格断面積		定格接続容量	
mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG
0.2	24	0.2	24
0.34	22	0.2, 0.34	24, 22
0.5	20	0.2, 0.34, 0.5	24, 22, 20
0.75	18	0.34, 0.5, 0.75	24, 20, 18
1	-	0.5, 0.75, 1	-
1.5	16	0.75, 1, 1.5	20, 18, 16
2.5	14	1, 1.5, 2.5	18, 16, 14
4	12	1.5, 2.5, 4	16, 14, 12
6	10	2.5, 4, 6	14, 12, 10
10	8	4, 6, 10	12, 10, 8
16	6	6, 10, 16	10, 8, 6
25	4	10, 16, 25	8, 6, 4
35	2	16, 25, 35	6, 4, 2

表 3. 電線に関するJIS表記

端子台の JIS C 3307 及び JIS C 3316 の 定格断面積又は導体径と定格接続容量の関係			
定格断面積又は導体径		定格接続容量	
より mm <sup>2</sup>	単線mm	より mm <sup>2</sup>	単線mm
-	0.5*	-	0.5*
0.5*	0.8	0.5*	0.5*, 0.8
0.75	1	0.5*, 0.75	0.5*, 0.8, 1
1.25	1.2	0.5, 0.75, 1.25	0.8, 1, 1.2
2	1.6	0.75, 1.25, 2	1, 1.2, 1.6
3.5 5.5	2 -	1.25, 2, 3.5 2, 3.5, 5.5	1.2, 1.6, 2 -
8	-	3.5, 5.5, 8	-
14	-	5.5, 8, 14	-
22	-	8, 14, 22	-
38	-	14, 22, 38	-

注\* JIS C 3307 及び JIS C 3316 がない標準面積及び導体径である。

## 2)電線の端末処理に関する規格

第 2 章1項 “制御盤の配線接続方式の変遷” で述べたとおり、制御盤における配線の接続方式は、かつてはφ1.6mm 銅単線の先端を円形に曲げ加工し、端子板にネジ締めする方式であったが、1950 年代ごろから 1.25~2mm<sup>2</sup>の銅より線に圧着端子を付けてネジ締めする方式に変わった。圧着端子についての規格としては、1961 年に JEM 1149、1969 年に JIS C 2805 が制定された。一方、制御盤製造時における制御線の端末処理方法に関する規格や規定を調査した結果、関連すると思われる規程として、内線規程(日本電気協会制定)の中に「器具端子が押しねじ形、クランプ形又はこれらに類する構造のものを除き、・・・中略・・・5.5mm<sup>2</sup>を超えるより線にはターミナルラグ(圧着端子や銅管端子をさす)を付けること。」との記述があることが分かった。当委員会では関係者の意見聴取を踏まえ検討した結果、「スプリング端子は、新 JIS C 8201-7-1 及び旧 JIS C 2811 でいう “ねじなし端子”であり、JIS に適合し機能、性能、信頼性共にこれを満たしていることから、内線規程でいうこれらに類する構造のものの一つとして取り扱って問題ない。」と判断した。また、当委員会は、内線規程の次回改正の機会に合わせて、規定文の改正提案を日本電気協会に提出した。

既に多くの制御機器に制御線の端末処理に圧着端子を使わない接続方式が採用され、それらが制御盤に使われてきている。しかし、実際の国内顧客の制御盤・配電盤購入仕様書には、「電線の端末処理は、主回路は丸形圧着端子、制御回路はY形圧着端子で行うこと。」と記載されている場合が現在でも多く見受けられる。顧客からは、「購入仕様書の記載内容を変更するには、独自判断は難しく、根拠となる制御盤の配線に関する規格や基準の制定を望む。」との声が多いことも分かった。

### 3-4. 本委員会としての取り組むべき課題

スプリング端子接続方式は、接続作業工数の低減のほか、高度な接続スキルが不要(接続品質の向上)、稼働後の増締め作業が不要(保守作業の省力)など多くの利点が期待できることが分かった。個別端子への配線方式をネジ方式からスプリング方式に変更する合理化(仮説)が考えられる。しかし実際に採用するには、この仮説の実証が必須であることを含めて、次の課題をクリアする必要がある。

#### 1) 省力化効果の検証

ネジ接続方式(圧着端子付)とスプリング接続方式(フェルール使用/不使用)について、制御盤メーカーとして実際に配線実験を行い比較検証する必要がある。製品・資料の調査で懸念された問題点以外にも何か問題がないかも制御盤メーカーとして確認しておく必要がある。

#### 2) 線番表示マークチューブの脱落懸念の解消

端末圧着が行われない電線では、マークチューブの脱落が懸念されている。いくつかの対策製品がメーカーより提示されているが、その有効性と作業性を確認する必要がある。

#### 3) 機器メーカー、ユーザへの説明と要請

接続という文化の変換を伴うことであり、採用推進に当たっては障害となる現技術仕様標準・規格・各種規制を明確にし、これらの改定に応えられる(=参照される新たなTR・規格案等を作成し、機器メーカーやユーザ・関係団体へ説明・意見交換し同意を得る)活動が必要になる。

一方、合理化効果は、盤内で使用する製品の接続方式が統一されないと得られないため、新方式の採用機器のカバレッジ拡大が必須である。したがって、機器メーカーに次世代機種より新方式を採用してもらえるように、ガイドラインや将来規格の制定などを含めて長期的視点での活動を行う必要がある。

## 4. 制御線用最新コネクタの情報収集と分析評価

制御盤に使用される機器と制御線を接続するコネクタについて、最新情報の収集と分析を行った。

### 4-1. コネクタ接続方式の最新情報の収集と分析評価調査

- 1) 製品品揃え(盤内機器間接続用、盤内外接続用)、特徴、性能、適合規格
- 2) 今後の製品戦略
- 3) 国内、海外での実績販売状況(地域別、業種別など)
- 4) 国内、海外での普及阻害要因
- 5) 盤メーカーに望むこと

### 4-2. 調査対象と調査方法

- 1) タイコエレクトロニクス : 資料による説明、カタログ …… ただし、製品情報以外収穫なし
- 2) ヒロセ電機 : JSIA の要望を満たす情報がないとして聴取できず
- 3) 富士電機 : 表示灯、押しボタンスイッチの製品サンプル、資料
- 4) PLC IO 用多点コネクタの情報 : 三菱・オムロン・富士のカタログから 製品情報取得
- 5) センサ用標準コネクタ e-con : オムロンの製品サンプル及びカタログ



### 4-3. 調査結果

#### 1) PLC に用いられるコネクタ

16 点以上 (ピン数 17 以上) は、コネクタを主に使う。理由としては、購入価格・スペース共にメリットがあるため。ほとんどの場合は、PLC の反対側もコネクタを使いコネクタ-端子台変換製品を使うか、分線パネル (多点共通の配線を、分岐・合流、場合によって絶縁する機能をもつ) のコネクタに接続する。いわゆる Connector-to-Connector 接続として使用する。

両端にコネクタをもつケーブルは盤メーカーで作るのは手間なので、多くのケースでは専門メーカーから購入する。コネクタは、富士電機は富士通コンポーネント製、三菱電機は富士通コンポーネント製、第一電子工業製及びタイコエレクトロニクス製、オムロンは富士通コンポーネント製及び第一電子工業製を採用 ----- コネクタのハードの統一はできそうである。

PLC の IO への配線の行・来先が複数になる場合に PLC コネクタ側の反対側の多芯ケーブルをバラシて配線することはない。このような場合は 16 点超過の場合であっても、端子台型の PLC の IO を使う。PLC の電源接続は、端子台型を使う。

#### 2) サーボに用いられるコネクタ

接続相手 (Encoder、手動 Pulsar、Motor など) は決まっているので、接続線数が少ない場合でも接続相手ごとに Connector-to-Connector 接続するのが一般的である。コネクタは、住友 3M、モレックス、タイコ、本田通信工業製など。サーボの場合は、Connector-to-Connector 接続がほとんどを占めており、かつ、多線・高密度コネクタやシールドケーブルなどメーカー仕様依存が高いので、接続部の標準化・汎用化は時期早尚である。

#### 3) 表示灯、押ボタンスイッチに用いられるコネクタ

富士の PBS、SL 用に開発されたものを調査した。製品側はハンダ付可能なタブ端子構造で低コストをねらっている。これに着脱可能なソケットを使うことにより多様な配線方式に対応している。ソケットへの配線はスプリング端子・タブ端子・プリント板の 3 方式がある。形状を変えれば他の盤用制御機器にも使える見込みがある。

#### 4) 電磁開閉器、MCCB、制御リレー、タイマ・カウンタ等機器に用いられるコネクタ

電磁開閉器・電磁接触器は、制御信号数が少なく、配線接続部も分散しており機器類はネジ端子接続を一般に使用している。保守交換の利便性を求める用途や業務用機械など量産機械向けには、線の着脱の容易なタブ端子が採用されている。

制御リレーやタイマ・カウンタなどはプラグインソケット方式を既に採用済み。ただし、ソケットの配線は日本では多くはネジ接続。最近ではスプリング端子を備えたソケットも市販されている。ソケット自身が、コネクタの機能を果たしている。



写真 11. PLC と IO 接続コネクタ

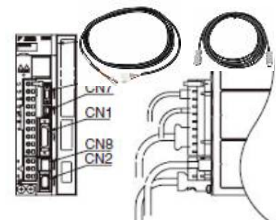


図 7. サーボのコネクタ接続



写真 12. 各種接続法式対応の照光押しボタンスイッチ



写真 13. スプリング端子を備えた電磁接触器



写真 14. タブ端子を備えた電磁接触器

MCCBの補助接点や警報接点回路は、リード線引出しや端子台付など様々な方式がある。INVの速度指令やモニタ出力回路は、ネジ端子台付やスプリング端子付きが一般的である。いずれも、制御回路のコネクタ化は容易と見られる。

#### 5) センサに用いられるコネクタ e-con

オムロン、パナソニック電工など主なセンサメーカーが標準化したもので、FA分野で実績がある。住友3Mも製品化販売している。接続可能制御線は0.08-0.5(AWG 20)mm<sup>2</sup>と細い。用意されているコネクタは、ピン数3.4.5.6.8の5種(センサ用途はピンアサインも標準化されている)。電線の接続は、絶縁被覆を剥ぐ必要がなく、レバーを開き電線を差し込み、レバーを閉じるだけでよい。

専用工具も不要で現場での使い勝手はよい。コモン配線は不可。適用電線サイズが0.5mm<sup>2</sup>以下ではあるが、少点数用コネクタとして、盤用制御機器にも使えるコネクタである。本田通信工業からも、類似の圧接式接続部をもつコネクタが製品化されている。

#### 6) タイコエレクトロニクス D1000,D2000,D3000 シリーズ

コネクタ用コンタクト金具は、車載用として多くの実績があり、信頼性が高いメーカーとして国内大手自動車メーカーより採用の働きかけがあった。盤内制御配線向きとしては、D1000 : 5A - 0.85mm<sup>2</sup>、D2000 : 7A - 0.85mm<sup>2</sup>、D3000 : 15A - 1.3mm<sup>2</sup> など。

コネクタケース(ハウジング)は D1000/2000 2mmピッチの多点用と少点数用の2.5mmピッチがある。D3000は多電流用Max15Aで3.8mmピッチのみ。専用工具の普及などに課題がある。

#### 4-4. 接続方式の使い分け

本コネクタの調査及び前3章の端子台接続方式の調査を踏まえ、機器の接続点の数や配置、渡り配線の有無、機器交換時の要求事項などから、各接続方式の優劣を検討すると表4のとおりである。これを踏まえて接続方式を選ぶ必要がある。

ここで検討するコネクタは、「①配線数は中位だが機器交換時に誤接続防止要求の大きな機器に使用するもの」及び「②配線数が多く配線の行先・来先が同じで高密度配線の求められるもの」の二つに分けて行う。前者は、タブ端子 e-con、タイコエレクトロニクスDシリーズのコネクタ及び着脱機能付スプリング端子(着脱機能がコネクタに相当)の4種である。後者はPLCのIO接続などに用いる多点コネクタである。

着脱機能付スプリング端子は、盤メーカーの配線はスプリング端子で行い、機器へは端子部の着脱機能(コネクタの一種)により接続するもの。機器交換時に作業時間短縮や接続ミス防止の機能の要求の高いPLCのIOなどに既に採用されている。



写真15. プラグインソケットと制御リレー



写真16. e-con

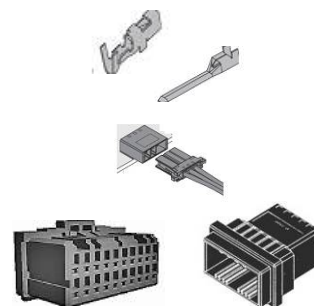


写真17. Dシリーズコネクタ



写真18. 市販着脱機能付スプリング端子(6P)の例

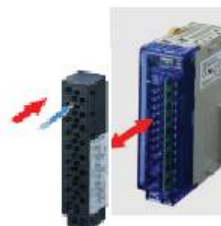


写真19. 市販機器付属の着脱機能付スプリング端子の例



表 4. 機器の特性と各接続方式の適否

\* いわゆる Connector-to-Connector 接続

	機器の特性			
	配線数が少なく端子が分散	同左、但し渡り配線(1端子に2本の配線)あり	配線数は中位だが機器交換時に誤接続防止要求大	配線数が多く配線の行先・来先が同じ*、高密度配線
ネジ端子	○	○	×	×
スプリング端子	○	○	×	×
タブ端子	○	×	○(ハウジング併用)	×
コネクタ	×	×	○	○
着脱機能付スプリング端子	×	×	○	×

#### 4-5. 本委員会としての取り組むべき課題

##### 1) 接続点数中位の機器と適した接続方式の調査検討

接続点数の中位の機器で、機器交換時に制御回路の誤配線の起こりやすい機器及び接続対象回路の代表例を表 5 に示す。また、現状製品の接続方式や構造的特性についても同表に示す。

これら踏まえて、4 種の接続方式(タブ端子、e-con 及びタイコエレクトロニクス D シリーズのコネクタ、着脱機能付スプリング端子)について、使用者である制御盤メーカーの評価・意見とともに機器に搭載する視点での機器メーカーの評価・意見を調査し、絞り込む必要がある。

表 5. 代表的機器と接続回路、現製品の接続方式

\* ソケットはいわゆる着脱機能である

代表的機器	接続対象回路	製品の接続方式現状
MCCB	補助接点、警報接点回路など	リード線出しとネジ端子台付がある。
電磁開閉器、接触器	コイル、補助接点、過負荷継電器接点	現製品は端子配置が分散、コネクタ化不向き。ネジ端子やスプリング端子品が主流。着脱機能要求にはタブ端子品で対応。
INV	ON/OFF、AL、周波数指示、動作モード指示回路など	ネジ端子台やスプリング端子台付がある。
PBS、SL、COS (押ボタンスイッチ、信号灯、切替スイッチ)	接点回路、ランプ回路など	ネジ端子、ハンダ端子、ソケット対応品*。ソケット配線接続部はスプリング端子やタブ端子等がある。
ソケット接続機器*(制御リレー、タイマ・カウンタなど)	電源、駆動コイル、出力接点など	配線接続部はネジ端子とスプリング端子がある。

##### 2) PLC の多点 IO へ適用するコネクタの検討

国内主要 3 社の最新 PLC のコネクタ仕様は、表 6 のとおりである。所要スペースに大きな差は認められない。今後開発する機種は、その仕様を統一することによって、複数のメーカーの PLC を扱う盤メーカーは外部機器とのインターフェース統一ができ、設計の合理化とコネクタ在庫管理の簡素化が期待できる。使用者も同様である。

表 6. 主要3社の最新 PLC のコネクタ仕様

		オムロン NJ シリーズ	富士 SX シリーズ	三菱 Q シリーズ
16 点入力 及び 16 点 Tr 出力	メーカー名	富士通コンポーネント	富士通コンポーネント	該当なし (16 点以下は全て端子台方式)
	コネクタ型式	FCN-36□□024 (2 個)	FCN-36□□040	
	ピンアサイン	附図1参照(P29)	附図2参照(P30)	
32 点入力 及び 32 点 Tr 出力	メーカー名	富士通コンポーネント	富士通コンポーネント	富士通コンポーネント
	コネクタ型式	FCN-36□□040 (2 個)	FCN-36□□040 (2 個)	FCN-36□□040 (2 個)
	ピンアサイン	附図1参照(P29)	附図2参照(P30)	附図3参照(P31)

コネクタ型式 ; PLC 本体内蔵側の型式を表す。

### 3)各機器の推奨標準ピンアサイン案の検討作成

同様に 3 社のピンアサイン仕様を調べた結果を表 6 に示す。残念ながら、同じピン数でもメーカーによってピンアサインが大きく異なることが分かった。これらが統一できると、盤メーカーとしての設計から製造・試験までにおいて業務の簡素化・合理化ができる。エンドユーザの保守部門においても同様の効果が期待できる。本一次報告書を(社)日本電機工業会に説明し、機器ベンダとしての意見を聴取するとともに、コネクタ接続を対象とする機器について、コネクタの統一とともに標準ピンアサイン案の作成を依頼する。

## 5. スプリング端子の省力化効果検証と課題抽出及び対策検討

第 3 章の制御線に適用される端子台接続方式の調査において、「3-4. 本委員会としての取り組むべき課題」として①省力化効果の検証(実証、フェルール使用/不使用)、②線番マークチューブメーカーと協力して脱落懸念の解決、③機器メーカー、ユーザへの説明と要請(方針決定後)の 3 項目が挙げられた。

本章では課題①及び②に取り組むために、従来のネジ端子配線方式とスプリング端子配線方式を比較する形で実機モデルを使つての配線工数(合理化効果)の測定と配線作業上の問題点の抽出実験を行った。これらは 2011 年 7 月 12 日に「接続方式の違いによる制御配線の工数測定検証会」として JSIA 会員企業を会場にして実施した。

その結果は、2011 年 JSIA 技術セミナー(11 月 17 日 浜松町東京會館にて開催)にて発表した。(詳細報告書は、JSIA ホームページ <http://www.jsia.or.jp/> の「端子台接続方式の違いによる制御線の工数測定検証実験結果」を参照)

### 5-1. 制御配線の工数測定実験の概要

#### 5-1-1. 対象の接続方式

表 7 に示す①～⑤の接続方式を対象とした。

①は最も保守的である配線端に丸形圧着端子を用い、ネジアップ式ネジ端子台(接続ネジは、あらかじめ端子板から持ち上がっている端子台、圧着端子を端子台に装着する際にネジを緩める作業が不要なもの。写真1参照)に接続する方式。

②は一般的な Y 形圧着端子を用いネジアップ式ネジ端子台に接続する方式。

③は Y 形圧着端子を用い、圧着端子を端子台に装着する際にネジを緩める作業が必要なセルフアップ式ネジ端子台(写真2参照)に接続する方式。

④は配線端に筒状のフェルールを圧着し、スプリング端子に接続する方式。

⑤は配線端の処理はせず絶縁被覆を剥いただけの電線をスプリング端子に接続する方式である。

表 7. 工数測定実験を行った制御配線の接続方式

端子台の種類	電線の端末処理			
	丸形圧着端子	Y形圧着端子	フェルール圧着	素線(被覆ストリップ)
ネジ端子台 (セルフアップ)	①	②	—	—
ネジ端子台 (ネジアップ)	—	③	—	—
スプリング端子台	—	—	④	⑤



図 8. 制御配線工数測定実験した端子台など

また、使用したマークチューブ(線番号表示チューブ)は、ズレや脱落防止の目的でチューブ断面が楕円形のフラットチューブを使用し、その作業性や問題点をチェックした。

### 5-1-2. 配線実験モデル

各接続方式とも、20か所の接続点をもつ端子台にそれぞれ電線1本ずつ行う方式とした。配線実験に用いた実物は写真22～24のとおりである。また、電線サイズによる作業性の違いをみるため使用する制御線は、KIV 0.5mm<sup>2</sup>及びKIV 1.25mm<sup>2</sup>の2種とした。使用した機器、機材を表8に示す。



写真 20. 配線実験風景



写真 21. 配線実験風景

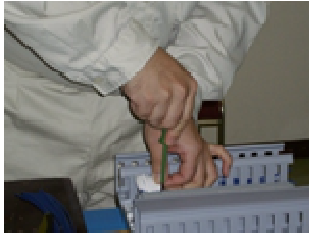


写真 22. 配線作業

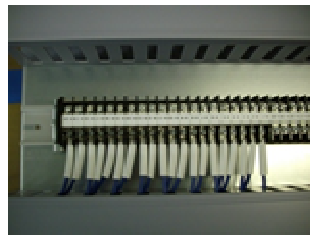


写真 23. ネジ端子への配線



写真 24. スプリング端子への配線

表 8. 使用した機器、機材一覧

区分	品名	メーカー、形式、仕様
端子台	ネジアップ式端子台	IDEC(株) BNH15MWT 適合電線 2mm <sup>2</sup>
	セルフアップネジ式端子台	IDEC(株) BN15MWT 適合電線 2mm <sup>2</sup>
	スプリング端子台	ワゴジャパン(株) 2002-1201 適合電線 0.25-4mm <sup>2</sup>
電線端末処理材	丸形圧着端子	大同端子製造(株) 1.25-M3.5
	Y形圧着端子	大同端子製造(株) F1.25-V3.5
	フェルール	ワゴジャパン(株) [216-241]、[216-244]
電線	KIV電線	KIV=電気機器用ビニル絶縁電線(JIS C 3316)KIV0.5, 1.25mm <sup>2</sup>
線番表示材	マークチューブ	フェニックス・コンタクト(株) TMC-3 白内径φ3.9 適合電線 0.4~2mm <sup>2</sup>
工具	ワイヤストリッパ	ワイドミューラ(株) stripax ストリッピング・レンジ:0.08-10mm <sup>2</sup>
	フェルール圧着工具	ワゴジャパン(株) バリオクランプ4適用電線: 0.25~4.0mm <sup>2</sup>
	Y形端子用圧着工具	(株)泉精器製作所ミニ 12 適用電線: 1.25~2mm <sup>2</sup>
	その他端子圧着工具、電動ドライバ、ネジトルクチェッカなどは、市販汎用品を使用した。	

### 5-1-3. 配線作業者の選定と作業回数

実験は、作業経験 6 年の熟練者と同 2 年の非熟練者で行い熟練度による相違を調査した。また、作業回数をそれぞれ 3 回行うことにより、作業習熟度の影響を調査した。

### 5-2. 配線実験の工数測定結果(省力化効果の検証結果)

KIV 電線 1.25 mm<sup>2</sup>を用いた測定結果は、図 9 のとおりであった。

最も保守的である配線端に丸形圧着端子を用いセルフアップネジ端子台に接続する①に対して、欧州で多用されている絶縁被覆を剥いただけの電線をスプリング端子に接続する⑤の方式は、熟練者で 31%、非熟練者で 52%の作業時間の短縮となった。一般的な Y 形圧着端子を用いネジアップ式ネジ端子台に接続する②に対しても、⑤の方式は熟練者で 22%、非熟練者で 45%の作業時間の短縮となった。

ネジ緩め作業の必要がないネジアップ式の端子台を用いた場合でもその差は 3 ポイント圧縮されるに過ぎなかった。

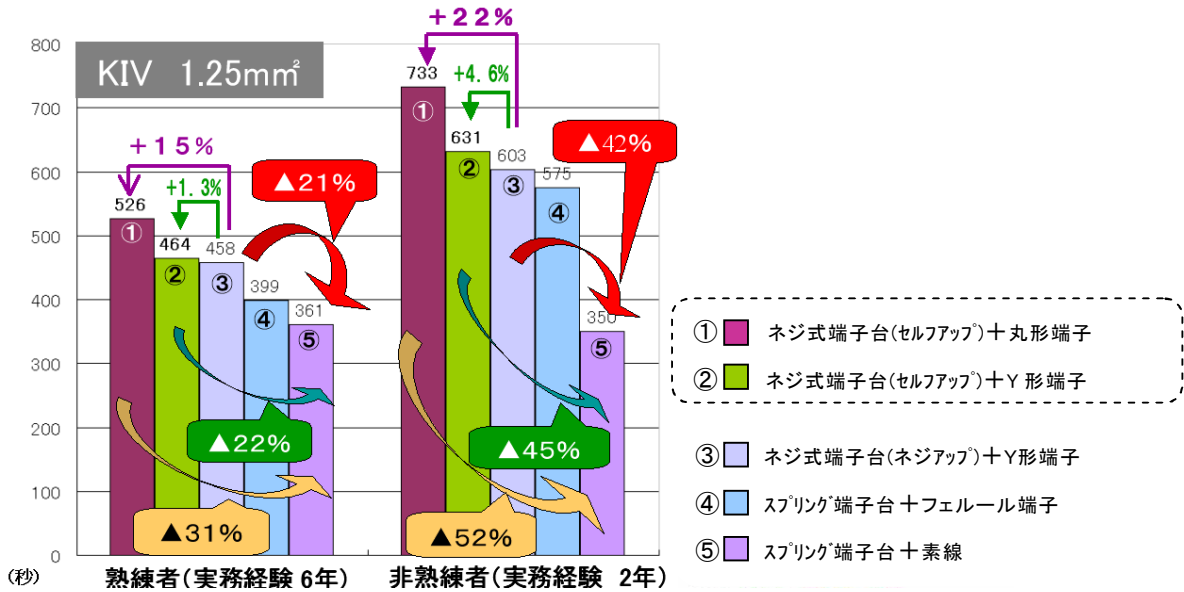


図9. 接続方式と作業員熟練度による所要作業時間の違い

一方、配線端にフェールを圧着することが必要な方式④は、スプリング端子を使ってもその工数削減効果はごく少なく、配線作業の中で圧着作業の要否が配線工数に大きく影響することが分かった。また、⑤の方式は、熟練者と非熟練者で作業時間の差がないことも注目された。

電線サイズによる違いと、作業回数に伴う習熟度の影響についての結果は、図10のとおりである。

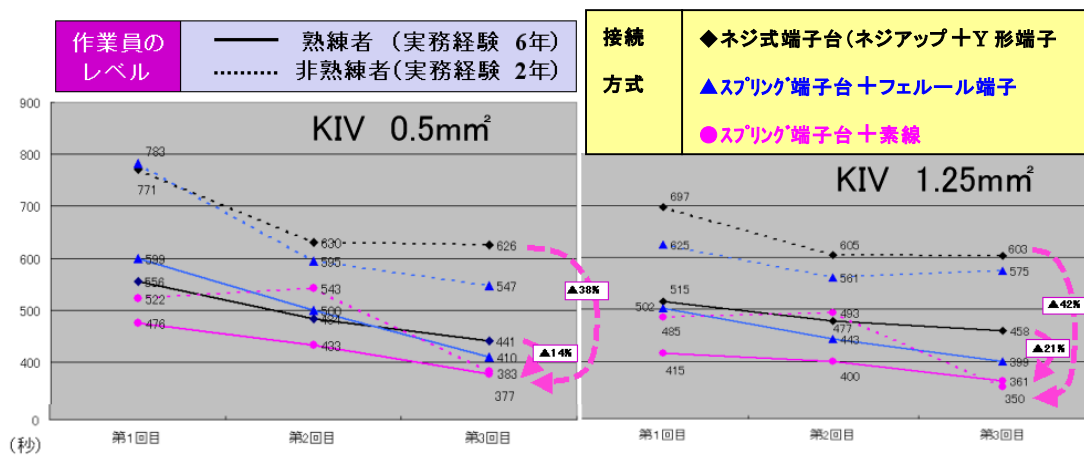


図10. 電線サイズ及び作業回数による作業時間の違い

電線サイズによる違いは、細い 0.5mm<sup>2</sup>より太い 1.25mm<sup>2</sup>の方が僅かによい結果を得たが、大差は生じなかった。

作業回数に伴う習熟度の影響は、電線サイズの違いより顕著である。そのため上記の測定結果(図9)は、1.25mm<sup>2</sup>電線を用い、3回目の作業結果データを用いた。

### 5-3. 配線作業上の問題点の抽出と対策検証

接続方式の調査段階でスプリング端子の場合、素線のまま接続した場合に次の不具合が生じる恐れがあると指摘されていた。

①素線がバラけてスプリング端子にうまく入らず、「ひげ状の返しが生じて最悪接続不良や隣接線と短絡が発生する」との懸念がある。

②線端に圧着部などの引っかかりがなく、線番表示用マークチューブが脱落する懸念がある。

これらについて、接続実験の中でその実態を把握するとともに、端子メーカーの協力のもとに対策を検討した。

#### 1) 素線バラけの問題

図 10(電線サイズ及び作業回数による作業時間の違い)の中で、非熟練者の作業時間が作業回数ごとに低下せず、バラツク傾向が見られた。この原因は、配線作業中に素線がバラけてしまい、その修正作業を行ったことによる作業時間が影響したことが分かった。素線バラけの原因を探ると 表 9 の左のとおりであった。有効な対策を、「機器、資材」及び「作業内容」に分けて同表 9 の中央及び右に示す。

表 9. 素線がバラけの問題と対策

発生原因	対策(機器、資材)	対策(作業内容)
電線端のストリップ作業後、配線ダクトの配線口に電線を通す時に素線端が縁に当たり、素線が曲がり・バラける。	配線ダクトの配線引き出し口の構造を穴状からスリット状に変更する。	端子までの電線長さに合わせて電線を切り、ストリップ・接続した後にダクト内に電線を入れるように手順を変更する。 最初に接続する機器の端子開口用穴にマイナスドライバを差し込み一旦ドライバから手を放しそれを目印とし、両手で機器の接続口に電線を挿入、ドライバを引き抜くように手順を変更する。(欧州での標準作業手順)
同配線口を通した後、端子の接続口に差し込む際、接続口がダクト方向を向いておりまた作業スペースが少ないために、接続口に当たり、素線が曲がり・バラける。	端子台を含めた機器類の接続口の向きを、盤前面方向のものを採用する。(多くのスプリング端子装着機器は既にそうになっている)	
接続口に挿入するときに、ストリップした電線端近くを曲げると、素線が曲がり・バラける。		



写真 25. 配線ダクトの変更

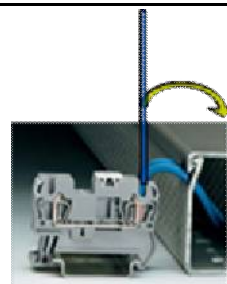


写真 26. 作業手順の変更

#### 2) 線番表示用マークチューブの脱落問題

今回の接続実験では、フラットマークチューブを採用し評価した。



採用したフラットマークチューブを図 11 に示す。フラットマークチューブは楕円の断面をもち、電線に差し込む際に長手方向を押さえチューブ穴を広げて電線を通し、手を放すと弾力で戻り電線を押さえ、自然落下を防止するものである。

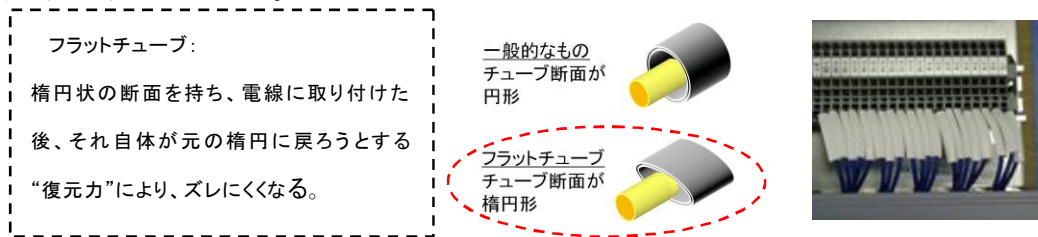


図 11. マークチューブ

写真 27. フラットチューブの使用

実験の結果、次の課題が残った。

- ①電線外径サイズに対して、チューブが太すぎ、隣接電線のマークチューブと重なり、番号が見にくい。マークチューブのサイズ選定によって解決するか追加調査が必要である。
- ②電線番号の表示手段として、「電線に直接印字する方式」や「番号シール・タグを電線に貼付する方式」など様々な方法が採用されており、これらの得失比較など今後追加調査が必要である。
- ③電線番号の表示目的は、誤配線の修正作業や稼動後の配線変更などの改造工事のときに、配線図に示された配線を実配線群の中から見つけやすくすることであるから、マークチューブの位置は、脱落懸念のある線端でなくダクト内でもよいと考えられる。要求機能を含めて追加調査が必要である。

## 6. 接続点数の中位の一般盤用機器制御回路に適用する接続方式

第 4 章の制御線に適用されるコネクタ接続方式の調査において、本委員会としての取り組むべき課題の一つとして「接続点数中位の機器と適した接続方式の調査検討」が挙げられた。具体的には機器交換時に制御回路の誤配線の起りやすい接続点数中位の機器の代表として、「MCCB」「電磁開閉器」「INV」「PBS、SL、COS」「ソケット接続機器」の 5 機種群それぞれについて、4 種の接続方式(タブ端子、e-con 及びタイコエレクトロニクス D シリーズのコネクタ、着脱機能付スプリング端子)に対する評価調査を行った。

### 6-1. 調査対象と調査方法

代表的な接続点数の中位の機器とその特性(「表 5. 代表的機器と接続回路、現製品の接続方式」を参照)を踏まえて、4 種の接続方式(タブ端子、e-con 及びタイコエレクトロニクス D シリーズのコネクタ、着脱機能付スプリング端子)について、使用者である制御盤メーカーの評価・意見及びこれらを機器に搭載する視点での機器メーカーの評価・意見を調査した。調査は調査用紙として、制御盤メーカー用 1 種(写真 28)と機器メーカー用 5 種(機器ごとに作成、写真 29 はその内の一つ)を作成し、制御盤メーカー用は JSIA 会員の 6 社に、機器メーカー用は代表的な盤用機器メーカー 4 社(I、O、F、M)にそれぞれ配付し、記入してもらったアンケート方式で行った。また、アンケート回収後に極端に異なった回答部分については、アンケート文の解釈の違いと考えて各社担当を本委員会に招き、意見交換を行い解釈の整合を図った。



盤メーカー用 盤内機器へ制御線をコネクタ接続する場合の各種方式の評価調査				盤メーカーとしての評価 (良い:○ 普通:△ 悪い:× 意見数:—)						
基本的構造	接続機器例	その他の使用例	特徴	接続作業性	工具・材料	保守・機器交換	品質	コスト	意見数	コメント
タブ端子	タブ端子搭載機器例 2x6配線の場合はタブ接	ハワリングを機器のソケットに 分岐、合流用に使われている	1) 一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。 2) コネクタは一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。 3) コネクタは一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。 4) コネクタは一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。 5) コネクタは一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。							
CON	制御盤用リレー 多岐入出力の端子ハワリング 端子台 (PCB) 上の端子台に接続可能	ハルム直連 制御盤用リレー 外部設置センサー用100V端子台	1) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 2) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 3) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 4) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 5) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。							
タイコ	D1000 レレブコ 電圧圧着接続 D2000 タイコ D3000 タイコ	電圧圧着接続 タイコ端子台 (ハワリング) は D1000/2000/3000 の多用途と点差用の 2.5mm <sup>2</sup> 以上ある。D3000 は多用途用 Mini 5A で 2.0mm <sup>2</sup> 以上のみ。	1) 基本的な仕様はタブ端子と同じ。タイコ端子はコネクタ端子と異なり、端子台に挿入する必要がある。端子台の形状により異なる。 2) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 3) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 4) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 5) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。							
着脱可能なスプリング端子台	スプリング端子台 (リレー、タイコ端子台) 着脱可能なスプリング端子台 (リレー、タイコ端子台) 着脱可能なスプリング端子台 (リレー、タイコ端子台)	スプリング端子台 (リレー、タイコ端子台) 着脱可能なスプリング端子台 (リレー、タイコ端子台)	1) 取付けはスプリング端子 (メス) を高い、機器側へ挿入する必要がある。端子台の形状により異なる。 2) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 3) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 4) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 5) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。							

写真 28. 制御盤メーカー向けのアンケート調査用紙 (イメージ)

機器メーカー用 盤内機器へ制御線をコネクタ接続する場合の各種方式の評価調査				③ 対象機器 : ソケット接続機器 (制御リレー、タイマ、カウンタなどの場合)					
基本的構造	接続機器例	その他の使用例	特徴	接続作業性	品質	信頼性(品質)	コスト	保守・機器交換	コメント
タブ端子	タブ端子搭載機器例 2x6配線の場合はタブ接	ハワリングを機器のソケットに 分岐、合流用に使われている	1) 一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。 2) コネクタは一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。 3) コネクタは一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。 4) コネクタは一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。 5) コネクタは一度ハワリングを取り外すと再接続に困難になり、修理に時間がかかる。						
CON	制御盤用リレー 多岐入出力の端子ハワリング 端子台 (PCB) 上の端子台に接続可能	ハルム直連 制御盤用リレー 外部設置センサー用100V端子台	1) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 2) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 3) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 4) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 5) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。						
タイコ	D1000 レレブコ 電圧圧着接続 D2000 タイコ D3000 タイコ	電圧圧着接続 タイコ端子台 (ハワリング) は D1000/2000/3000 の多用途と点差用の 2.5mm <sup>2</sup> 以上ある。D3000 は多用途用 Mini 5A で 2.0mm <sup>2</sup> 以上のみ。	1) 基本的な仕様はタブ端子と同じ。タイコ端子はコネクタ端子と異なり、端子台に挿入する必要がある。端子台の形状により異なる。 2) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 3) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 4) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 5) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。						
着脱可能なスプリング端子台	スプリング端子台 (リレー、タイコ端子台) 着脱可能なスプリング端子台 (リレー、タイコ端子台) 着脱可能なスプリング端子台 (リレー、タイコ端子台)	スプリング端子台 (リレー、タイコ端子台) 着脱可能なスプリング端子台 (リレー、タイコ端子台)	1) 取付けはスプリング端子 (メス) を高い、機器側へ挿入する必要がある。端子台の形状により異なる。 2) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 3) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 4) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。 5) 端子台、ハワリング等の端子台は端子台の形状により異なる。ハルム直連は端子台の形状により異なる。						

写真 29. 機器メーカー向けのアンケート調査用紙 (イメージ、機器種類別に 5 種使用)

### 6-2. 制御盤メーカーにおける調査結果

アンケートは表 10 に示す評価項目 それぞれについて「良い・普通・悪い」の 3 段階の評価をしてもらった。集計に当たり、評価内容を表 10 に示す評価ポイント換算でポイントに換算した。

その結果は、図 12 のとおりであった。

最も高得点をとった(望まれている)方式は、着脱機能付のスプリング端子である。着脱機能付端子台を装備した制御機器は、既に PLC 初め多くの電子制御機器に採用されており、形状は異なるがタイマ・カウンタや制御リレーのソケットも同機能品であることから、今後は接続部をスプリング端子としたこの方式が望まれていることが明らかになった。

表 10. アンケート項目と評価ルール

評価項目	説明	評価ポイント換算
作業性	接続作業のし易さ	良い(○):2点
工具・部材	工具や部材の入手性	普通(△):1点
保守・機器交換	機器の保守時の作業性	悪い(×):-1点
コスト	機器・部材の入手価格(一部見込み)	評価無 :0点

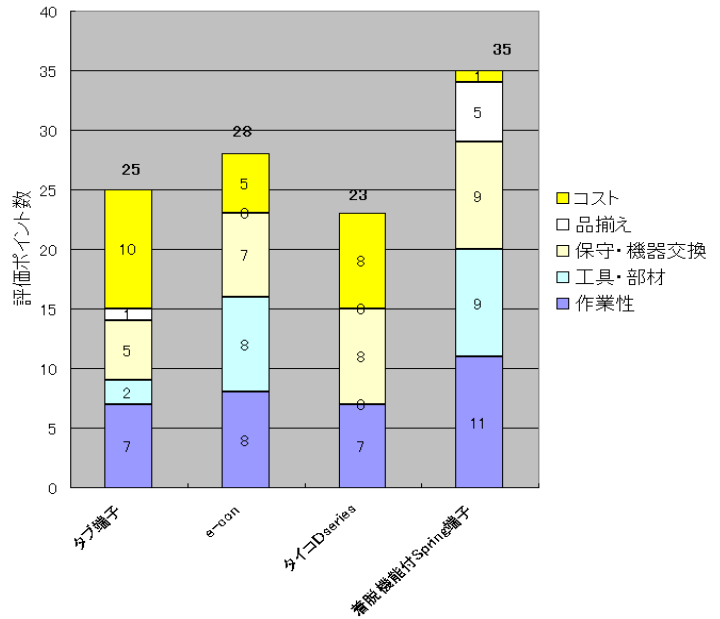


図 12. 制御盤メーカーの評価結果

### 6-3. 機器メーカーにおける調査結果

アンケートは表 11 に示す評価項目それぞれについて「良い・普通・悪い」の 3 段階評価をしてもらった。集計に当たり、評価内容を表 11 に示す評価ポイント換算でポイントに換算した。

その結果は表 12 のとおりであった。この内容は、アンケート回収後に極端に異なった回答部分についてはアンケート文の解釈の違いと考えて各社担当を本委員会に招き意見交換を行い解釈の整合を図った。一部の回答社数の少なく、かつ、意見交換や問合せに対応できないメーカーがあった機器については、機器の一般的特性を考慮して本委員会で評価した。

表 11. アンケート項目と評価ルール

評価項目	説明	評価ポイント換算
機器への組込性	対象機器に組み込む場合の難易度	良い(○):2点
品揃え	組込対象への電流値や構造などのカバー度合	普通(△):1点
信頼性	4方式を比較して評価	悪い(×):-1点
保守・機器交換	ユーザからのニーズ適合度	評価無 :0点
コスト	組込対象を想定し4方式を比較して評価	

表 12. 機器ごとの評価結果

機 器	獲得ポイント上位の接続方式		本委員会のコメント
	1位	2位	
PBS、SL、COS	着脱機能付スプリング端子	タブ端子	既に、着脱機能付スプリング端子・タブ端子双方に対応できる製品が日本市場にある。
ソケット接続機器	着脱機能付スプリング端子	タブ端子	既に、着脱機能付スプリング端子付ソケットが、製品として日本市場にある。
INV	着脱機能付スプリング端子	タイコDシリーズコネクタ	既に、着脱機能付ネジ端子付の製品が日本市場にある。
MCCB	着脱機能付スプリング端子	タイコDシリーズコネクタ	現状はリード線出しやネジ端子付であるが、INV同様に比較的容易に対応できると思われる。
電磁開閉器	スプリング端子	タブ端子	接続端子が分散配置されており、構造的にコネクタ化は難しそう。世界的に業務機械等大量使用用途ではタブ端子を採用している。一般用は欧州ではスプリング端子を採用している。

#### 6-4. 一般盤用機器制御回路に適用する推奨接続方式

6-3 の調査結果を踏まえ、本委員会は次の接続方式を推奨する。

表 13. 機器毎の推奨接続方式

代表的な機器	推奨接続方式	備 考
PBS、SL、COS	着脱機能付スプリング端子	盤内一般バラ配線方式として、5章の調査検討結果からスプリング端子の採用が、合理化効果が大きいとされ、中位の接続点数であっても盤メーカーはスプリング端子接続で統一できるメリットがある。機器交換性改善ニーズには着脱機能で対応できる。
ソケット接続機器	スプリング端子付ソケット	
INV	着脱機能付スプリング端子	
MCCB	着脱機能付スプリング端子	
電磁開閉器	一般用はスプリング端子	
	大量使用の業務装置組込用や機器交換性を重視する用途はタブ端子。	装置組立時の省力化ニーズの高い用途や、保守員の機器交換時の作業スキルや作業時間が問題となる用途には、タブ端子タイプが既に使われている。

なお、各機器メーカー及び所管工業会に対し、本資料を説明するとともに将来開発機種に採用するよう依頼することにした。

#### 7. PLC の多点 IO へ適用する標準コネクタとピンアサイン

本委員会は、第 4 章の本委員会としての取り組むべき課題の中の「4- 5. 2) PLC の多点 IO へ適用するコネクタ」について検討した結果、表 6. 主要 3 社の最新 PLC のコネクタ仕様の調査結果を基に、今後開発される PLC や IO モジュール・ユニットについては、表 14. に示すコネクタを標準採用するよう、PLC メーカー及び JEMA、NECA などの関係団体に求めることにした。

ピンアサインについては、日本と欧米の回路方式の違い(シンク入力/ソース出力、ソース入力/シンク出力)の問題もあるので、将来開発機種でのコネクタ仕様の統一と合わせ、担当工業会(JEMA、NECA)に検討を依頼することにした。

表 14. PLCの推奨コネクタ

	推奨コネクタ		備 考
	メーカー名	型 式	
16 点入力 及び 16 点 Tr 出力	富士通コンポーネント	FCN-36□□024 (2 個)	左記のコネクタ型式は、PLC 本体内蔵側の型式を表す。 制御線側は、圧接・ハンダ付けなどにより、種々あり。
32 点入力 及び 32 点 Tr 出力	富士通コンポーネント	FCN-36□□040 (2 個)	

## 8. 接続導体に関する課題調査と対策

### 8-1. 制御電線

制御盤の制御配線は、古くは受電配電盤などと同じ 1.25～2mm<sup>2</sup> の電線が用いられていたが、最近の工作機械をはじめ多くの機械装置の制御盤は 0.5 mm<sup>2</sup> 以下の細い線が用いられている。PLC やサーボ装置の小型高密度化が進み、より細い制御線を使う方向にある。一方、制御盤であってもユーザの購入設備仕様書に制御線の最小サイズを 1.25～2 mm<sup>2</sup> と規定しているものも見られ、その対応に窮することがある。

制御線のサイズは電線の許容電流値を考慮し選択する(性能規定)のは当然だが、規格や標準でその最小サイズを絶対数値で規定しているものがあり、その内容を調査するとともに、問題点と対策について検討した。

#### 8-1-1. 国内の規格、標準

既存の規格・標準三つに制御電線の最小サイズに関する類似の記述があった。その内容は表 15 のとおりである。

これらは制御回路を、受電配電盤の計測・保護継電器回路や旧来のリレーシーケンス回路、ソレノイド負荷など比較的大きな電流が流れる回路を想定している。(例えば受電配電盤の計器用変流器の2次回路の定格は 5A [一部 1A] であるが、主回路短絡時に大電流が流れたとき 2 次側にも比例した電流を流して継電器が正確に作動するよう定格電流を大幅に超える電線サイズの必要がある。)

しかし、現在の機械制御装置や監視制御装置は、電子制御化され制御回路の電流は mA 単位まで極小化している。PLC やサーボ装置に接続できる制御線は 0.5mm<sup>2</sup> 以下が実態である。この様に制御盤の多くを占める“信号を扱う制御線”と計器用変流器の 2 次回路や旧来のリレーシーケンス回路、ソレノイド負荷を駆動するなどの“大電流を扱う制御線”を明確に区分し、取り扱う必要がある。

しかし、民間企業の設備仕様書もこれらを準用しているものが大部分であり、その運用実態は“ただし書き”部分が見落とされ「最小電線サイズは 1.25mm<sup>2</sup>」としている例が多い。

表 15. 既存国内規格、標準制御電線の最小サイズの記述

既存規格、標準	制御電線の最小サイズの記述							
JEM 1122 配電盤・制御盤の盤内低圧配線用電線	4. 電線の種類 制御回路に用いる電線の断面積は、1.25mm <sup>2</sup> 、計器用変成器二次回路に用いる電線の断面積は 2mm <sup>2</sup> とする。 ただし、電流容量、電圧降下などに支障がなく、保護協調がとれる場合は、これよりも細い電線を用いてもよい。							
JSIA 113 キャビネット形動力制御盤	8.6.3 制御回路配線 のところに次の記載があります。 制御回路配線は、次による。 a) 制御回路に用いる電線は 1.25mm <sup>2</sup> 以上、計器用変成器に用いる電線は 2mm <sup>2</sup> 以上のものを使用する。ただし電流容量、電圧降下などに支障がなく、保護協調がとれればこれより細い電線を使用してもよい。							
国土交通省 公共建築工事標準仕様書 (平成 22 年版) 電気設備工事編	第 12 節 制御盤 1.12.5 項 制御回路等 a) 制御回路及び変成器二次回路 (以下「制御回路等」という。) に使用する絶縁電線の太さは表 1.12.1 による。 <table border="1" data-bbox="691 958 1257 1093" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>表 1.12.1 制御回路等の絶縁電線の太さ</caption> <thead> <tr> <th>回路の種類</th> <th>電線の太さ [mm<sup>2</sup>]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>制御回路</td> <td>1.25 以上</td> </tr> <tr> <td>変流器2次回路 (定格2次電流: 1A)</td> <td rowspan="2">2 以上</td> </tr> <tr> <td>変流器2次回路 (定格2次電流: 5A) 計器用変圧器2次回路</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">備考 制御回路の配線は、電流容量、電圧降下等に支障がなく、保護協調がとれていれば、表中の電線より細い電線とすることができる。</p>	回路の種類	電線の太さ [mm <sup>2</sup> ]	制御回路	1.25 以上	変流器2次回路 (定格2次電流: 1A)	2 以上	変流器2次回路 (定格2次電流: 5A) 計器用変圧器2次回路
回路の種類	電線の太さ [mm <sup>2</sup> ]							
制御回路	1.25 以上							
変流器2次回路 (定格2次電流: 1A)	2 以上							
変流器2次回路 (定格2次電流: 5A) 計器用変圧器2次回路								

### 8-1-2. 国際規格、欧米の規格

最小制御電線サイズの記述のある規格は、表 16 及び表 17 のとおりである。IECで盤内の制御線サイズは 0.2mm<sup>2</sup> 以上としている。この値は、最近の制御盤用機器の動向を裏付けている。

米国では一般制御線の最小は 18AWG(0.82mm<sup>2</sup>)、照明や機械サイドに配線するものは 16AWG(1.3 mm<sup>2</sup>) としている。一方、PLC の IO など多芯ケーブルについては最小で 30AWG (0.05mm<sup>2</sup>) まで認められている。

表 16. IEC、海外規格、標準制御電線の最小サイズの記述

規格		最小電線サイズ																																																													
<p>■EN/IEC60204-1＝JISB9960-1(産業機械) 機械の電気装置の規格</p> <p><b>12.2 Conductors</b></p> <p>In general, conductors shall be of copper. Where aluminium conductors are used, the cross-sectional area shall be at least 16 mm<sup>2</sup>.</p> <p>To ensure adequate mechanical strength, the cross-sectional area of conductors should not be less than as shown in Table 5. However, conductors with smaller cross-sectional areas or other constructions than shown in Table 5 may be used in equipment provided adequate mechanical strength is achieved by other means and proper functioning is not impaired.</p> <p>NOTE Classification of conductors is given in Table D.4.</p> <p><b>Table 5 – Minimum cross-sectional areas of copper conductors</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Location</th> <th rowspan="3">Application</th> <th colspan="5">Type of conductor, cable</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Single core</th> <th colspan="3">Multicore</th> </tr> <tr> <th>Flexible Class 5 or 6</th> <th>Solid (class 1) or stranded (class 2)</th> <th>Two core, shielded</th> <th>Two core not shielded</th> <th>Three or more cores, shielded or not</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Wiring outside (protecting) enclosures</td> <td>Power circuits, fixed</td> <td>1,0</td> <td>1,5</td> <td>0,75</td> <td>0,75</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Power circuits, subjected to frequent movements</td> <td>1,0</td> <td>-</td> <td>0,75</td> <td>0,75</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Control circuits</td> <td>1,0</td> <td>1,0</td> <td>0,2</td> <td>0,5</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Data communication</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Wiring inside enclosures <sup>1)</sup></td> <td>Power circuits (connections not moved)</td> <td>0,75</td> <td>0,75</td> <td>0,75</td> <td>0,75</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Control circuits</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Data communication</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0,08</td> </tr> </tbody> </table> <p>NOTE All cross-sections in mm<sup>2</sup>.</p> <p><sup>1)</sup> Except special requirements of individual standards, see also 12.1.</p>		Location	Application	Type of conductor, cable					Single core		Multicore			Flexible Class 5 or 6	Solid (class 1) or stranded (class 2)	Two core, shielded	Two core not shielded	Three or more cores, shielded or not	Wiring outside (protecting) enclosures	Power circuits, fixed	1,0	1,5	0,75	0,75	0,75	Power circuits, subjected to frequent movements	1,0	-	0,75	0,75	0,75	Control circuits	1,0	1,0	0,2	0,5	0,2	Data communication	-	-	-	-	0,08	Wiring inside enclosures <sup>1)</sup>	Power circuits (connections not moved)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	Control circuits	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	Data communication	-	-	-	-	0,08	0.2mm <sup>2</sup> 以上
Location	Application			Type of conductor, cable																																																											
				Single core		Multicore																																																									
		Flexible Class 5 or 6	Solid (class 1) or stranded (class 2)	Two core, shielded	Two core not shielded	Three or more cores, shielded or not																																																									
Wiring outside (protecting) enclosures	Power circuits, fixed	1,0	1,5	0,75	0,75	0,75																																																									
	Power circuits, subjected to frequent movements	1,0	-	0,75	0,75	0,75																																																									
	Control circuits	1,0	1,0	0,2	0,5	0,2																																																									
	Data communication	-	-	-	-	0,08																																																									
Wiring inside enclosures <sup>1)</sup>	Power circuits (connections not moved)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75																																																									
	Control circuits	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2																																																									
	Data communication	-	-	-	-	0,08																																																									

盤内制御線

表 17. 米 NFPA、UL規格、標準制御電線の最小サイズの記述

規格	最小電線サイズ																													
<p>■NFPA79(産業機械)産業用機械の電気安全規格。NEC(米国電 気工事規定)Jに関連して産業用機械の電気 装置での感電や火災の安全保護に係る詳規定</p> <p><b>NFPA79: Electrical Standard for Industrial Machinery</b></p> <p><b>12.6.2</b> Conductors shall not be smaller than 16AWG for lighting and control circuits conductors on the machine and in raceways or 18AWG where part of a jacketed, multiconductor cable assembly.</p> <p><b>12.6.3</b> Conductors shall not be smaller than 18AWG for control circuits within control enclosures or operator stations.</p> <p><b>12.6.4</b> Conductors for electronic programmable control input/output and static control shall not be smaller than permitted in (1) or (2)</p> <p>(1) Conductors installed in raceways shall not be smaller than 24AWG. Exception: 30AWG or larger shall be permitted if part of a jacketed, multiconductor cable assembly or cord.</p> <p>(2) Conductors installed within control enclosures shall not be smaller than 26AWG. Exception: 30AWG or larger shall be permitted for jumpers and special wiring applications.</p> <p><b>12.6.5</b> Shielded conductors shall consist of stranded, annealed copper of 25AWG or larger for single conductors used in subassemblies and 22AWG or larger for all other uses.</p> <p style="text-align: center;"><b>■UL508(制御盤)産業用制御装置の規格</b></p> <p><b>38.2 Sizing of internal control circuit conductors</b></p> <p>38.2.1 The required size of internal wiring in a control circuit shall be determined by:</p> <p>a) The ampere rating of overcurrent protection for the control circuit or the ampere rating of the secondary of a transformer or power supply; and</p> <p>b) Determining the minimum wire size corresponding to the required ampacity based on:</p> <p>1) Table 28.1; or</p> <p>2) Table 38.1.</p> <p style="text-align: center;"><small>Revised 38.2.1 effective March 1, 2007</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Table 38.1</b> <b>Ampacities of control circuit conductors</b> <small>Revised Table 38.1 effective March 1, 2007</small></p> <table border="1" data-bbox="272 1249 935 1440"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ampacity, amperes</th> <th colspan="2">Conductor size</th> </tr> <tr> <th>AWG</th> <th>(mm<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>16</td> <td>(1.3)</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>18</td> <td>(0.82)</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>20<sup>a</sup></td> <td>(0.52)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>22<sup>b</sup></td> <td>(0.32)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>24<sup>b</sup></td> <td>(0.20)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>26<sup>b</sup></td> <td>(0.13)</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>28<sup>a, b</sup></td> <td>(0.08)</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>30<sup>a, b</sup></td> <td>(0.05)</td> </tr> </tbody> </table> <p><small><sup>a</sup> Where these conductors are contained in a jacketed multi-conductor cable assembly.</small></p> <p><small><sup>b</sup> These sizes of conductors are only for connection of control circuits for electronic programmable input/output and static control (having no moving parts).</small></p>	Ampacity, amperes	Conductor size		AWG	(mm <sup>2</sup> )	10	16	(1.3)	7	18	(0.82)	5	20 <sup>a</sup>	(0.52)	3	22 <sup>b</sup>	(0.32)	2	24 <sup>b</sup>	(0.20)	1	26 <sup>b</sup>	(0.13)	0.8	28 <sup>a, b</sup>	(0.08)	0.5	30 <sup>a, b</sup>	(0.05)	<p>一般制御線は 18AWG (0.82mm<sup>2</sup>)。</p> <p>照明や機械サイドに配線するものは 16AWG (1.3mm<sup>2</sup>)、多芯ケーブルの場合 18AWG (0.82mm<sup>2</sup>)。</p> <p>PLC の IO など多芯ケーブルについては最小で 30AWG (0.05 mm<sup>2</sup>)まで認められている。</p> <p>～ 7A :18AWG (0.82 mm<sup>2</sup>)</p> <p>～ 10A :16AWG (1.3 mm<sup>2</sup>)</p>
Ampacity, amperes		Conductor size																												
	AWG	(mm <sup>2</sup> )																												
10	16	(1.3)																												
7	18	(0.82)																												
5	20 <sup>a</sup>	(0.52)																												
3	22 <sup>b</sup>	(0.32)																												
2	24 <sup>b</sup>	(0.20)																												
1	26 <sup>b</sup>	(0.13)																												
0.8	28 <sup>a, b</sup>	(0.08)																												
0.5	30 <sup>a, b</sup>	(0.05)																												

### 8-1-3. 問題点と対策

国内の既存の規格・標準について、制御線概念を旧来の制御線としては大電流を流すことを前提とした計器用変流器の2次回路やソレノイド負荷回路などに適用するものと、現在制御線としてメジャーな“制御信号を扱う”ものを区分けして取り扱うよう改正を求めていく必要がある。

基本的にはIECの規定を準用し、“定格電流を超える電流を流す”計器用変流器の2次回路などは別枠で記載するように変更を求める。



## 8-2. 主回路導体

本委員会の調査活動及び会議の過程で、電流値の大きい太い主回路配線についても、一般のIV線は硬く女性作業員には使いにくいとの声が挙がり、対策案として「矢崎電線のIV線(可とう性に優れている)」と「タイコ エレクトロニクス のアイソラズム(絶縁フレキシブルバー：写真 30 参照)」の製品情報を得た。

主回路については#1のテーマでなく、#2 のテーマの中で継続検討することとした。



写真 30. 絶縁フレキシブル・ブスバーでの使用例

## 9. 配線接続の合理化に関する調査研究 1st Step のまとめ

制御・情報システム部会は 2010 年 6 月より約 2 年間、制御盤内の制御回路配線・接続について調査研究をしてきたが、その結果を要約すると次のとおりである。

### 【個別配線】

制御回路配線の基本である 1 端子に 1~2 本の電線を接続する方式「個別配線」は、銅より線に圧着端子を付けてネジ締めする方式が半世紀以上も採用されてきたが、この方式は配線時に端子圧着に工数がかかり(=制御盤のコスト増)、制御盤稼動後も増締めのための保守が必要(=ユーザの保守コスト増)で、機器交換時に時間がかかり(=装置の稼働率低下)さらにネジ締めトルク不足など作業ミスも起きやすい(=特に海外で)との指摘が挙がっていた。これに代わる接続方式として、1970 年代後半に欧州でスプリング端子が開発され普及してきたが、日本ではこれまであまり使われてこなかった。

今回、「圧着端子+ネジ締め」と「スプリング端子」の両接続方式を比較実験した結果、接続工数は丸形圧着端子を用いた方式より 31%(熟練者)~52%(非熟練者)、Y 形圧着端子を用いた方式より 22%(熟練者)~45%(非熟練者)の合理化効果が得られることが分かり、さらに熟練者・非熟練者の間で作業時間や接続品質に差が生じないということも明らかになった。

一方、懸念されていた素線のバラケによる接続障害(近隣端子間での短絡)も、接続手順を欧州の方式に変更することで回避できる見通しが立った。

当委員会の制御盤の合理化・省コスト化に関する調査研究の成果の一つが、スプリング端子の採用による合理化効果の実証である。今後、我が国においても「スプリング端子」方式が制御回路配線の基本方式の一つになると考えられる。

### 【コネクタ接続】

一方、ここ数十年でマイクロエレクトロニクス技術により制御機器・装置は革新的に小形高密度化や高性能化し、制御盤内の制御回路も低電圧化・低電流化してきた。その結果、制御配線も細線化・高密度配線化が進み、機器との接続も細線による高密度配線対応のコネクタ「多点コネクタ」が多用されるように

なってきた。しかし採用されているコネクタは、機器の種類やメーカーによって異なっており、制御盤内のコネクタの種類があまりに多すぎる。

PLC の IO 用は、仕様を統一することが望ましく、本委員会は国内で最も使われている富士通コンポーネント製の FCN-36□□024 及び FCN-36□□040 に対応した同一仕様のコネクタの採用を推奨し、ピンアサインについても日本と欧米の回路方式の違い(シンク入力/ソース出力、ソース入力/シンク出力)の問題も含めて、将来開発機種でのコネクタ仕様の統一を担当工業会(JEMA、NECA)に検討を依頼することにした。

### 【ソケット若しくは着脱機能付端子接続】

制御盤で使われる機器には、「個別配線」と「多点コネクタ」の中間に位置する接続形態をもつものが多い。制御リレーやタイマ・カウンタ・照光押しボタンスイッチ、制御・補助回路部をもつ INV や MCCB などの主回路機器などである。制御盤の保守によるダウンタイム(交換作業時間)短縮や交換作業時の誤接続防止のニーズも高まっており、既にソケット接続を使った制御機器や着脱機能付端子を採用した PLC が普及・一般化しているが、未だ未対応の盤用機器もある。また、ソケットや着脱機能付端子の配線部は「スプリング端子」方式とすることにより、制御盤内の配線方式の統合を図ることができ、配線作業・保守の合理化が可能となる。

本委員会は、それぞれの担当工業会に要請・検討を依頼することにした。

### 【外部端子配線】

これまでの三つは盤内配線であり、これらは JSIA 会員企業の業務であったが、外部端子よりフィールド側の配線作業は、電気工事業者によって行われる。盤内配線に関わる改革は、JSIA がユーザや機器メーカーとその所管団体と協力して推進することが可能だが、電気工事に当たる部分は当該事業者、団体に依存せざるを得ない。接続文化の改革ともいえる「スプリング端子」方式の採用など大きなテーマであり、容易には進まないと考えられるので、当委員会としては、「盤内側はスプリング端子で盤外側は従来のネジ端子をもつ端子台」の製品化を端子台メーカーに要請・検討を依頼することにした。

### 【制御用配線の最小サイズ】

制御盤の制御用配線は、発熱温度上昇・電圧ドロップなど電気的特性を考慮し電線サイズが決められるが、国内の多くの標準や規定に「<電流容量、電圧降下などに支障がなく、保護協調がとれる場合は、これよりも細い電線を用いてもよい。>とのただし書き付きで、制御回路に用いる電線の断面積は 1.25 mm<sup>2</sup>、計器用変成器二次回路に用いる電線の断面積は 2mm<sup>2</sup> とする。」と記載されており、実際の購入仕様書では制御用配線の最小サイズを 1.25mm<sup>2</sup> としている場合が多い。PLC やサーボなど電子制御が多くを占める現在の制御盤の実態に合っていない。

当委員会としては、電気的な障害が生じないことを基本に、IECの規定を準用し最小サイズを 0.2 mm<sup>2</sup> とし、1 次側の過電流を 2 次側の飽和を抑えてリニアに流すため、低インピーダンスが要求される変流器の 2 次回路は、別枠で記載するように関係団体に変更検討を依頼することにした。

### Ⅲ. 配線接続の合理化に関する調査研究 2nd Step

#### 1. 配線接続の合理化に関する調査研究 2nd Step

電気配線における接続は最も基本的な部分であり、この改革は文化・習慣の変更を意味していることから1メーカーの努力でできることでもなく、一朝一夕には進むものではない。もちろん従来のネジ接続がなくなるわけではない。一方、盤内電気機器の多くが変わらないとその合理化効果が生まれないという宿命をもっている。

このため、ユーザ(エンドユーザ、機械装置メーカーなど)や盤内電気機器メーカー、関係団体などの多くの関係者に1st Stepの調査研究の結果を伝え、アンケートや面談により意見収集や課題の解決策について協議した。

#### 2. 主な意見聴取内容と調査対象者

「#1:配線接続の合理化に関する調査研究報告書」及びそれを要約したパワーポイント文書を送付、一部については訪問面談する形で意見収集を行った。その調査対象者及び意見聴取項目は表18のとおりである。

表 18. 主な意見聴取内容と調査対象者

特に意見聴取の必用な項目 (要旨)	調査対象		
	業態	業界・工業会	重点ポイント
1. 個別配線のスプリング端子方式による接続を採用する	盤用器機製造者	・日本電機工業会 ・日本電気制御機器工業会	機器の仕様変更・新製品開発に関わる Pos.1.2.3.4
2. 多数の配線を伴うPLCのI/O接続に用いるコネクタ仕様の統一化・標準化	機械製造者	・日本工作機械工業会 ・日本食品機械工業会 ・日本包装機械工業会 ・日本印刷機械工業会 ・日本プラスチック機械工業会 ・日本エレベータ工業会 ・日本半導体製造装置協会	全般
3. 中位の接続線数をもつ機器のソケット若しくは着脱機能付端子接続化			
4. 制御盤外の制御線工事対応のための「盤内スプリング端子—盤外ネジ端子装備の端子台」の製品化	エンドユーザ	自動車製造会社 硝子製造会社	全般
	電気工事業	日本電設工業協会	電気工事に関わる Pos.4
5. 制御用配線の最小サイズ(制御盤内)	その他	日本電気協会、国土交通省	内線規程、公共建築工事標準仕様書

#### 3. 意見聴取結果

### 3-1. 個別配線のスプリング端子方式による接続を採用する

#### 1) 提案要旨

制御回路配線の基本である1端子に1～2本の電線を接続する方式「個別配線」は、より線に圧着端子を付けてネジ締めする方式が半世紀以上も採用されてきたが、この方式は配線時に端子圧着に工数がかかり(=制御盤のコスト増)、制御盤稼動後も増締めのための保守が必要(=ユーザの保守コスト増)で、機器交換時に時間がかかり(=装置の稼働率低下)さらにネジ締めトルク不足など作業ミスも起きやすい(=特に海外で)との指摘が挙がっていた。これに代わる接続方式として、1970年代後半に欧州でスプリング端子が開発され普及してきたが、日本ではこれまであまり使われてこなかった。今回、「圧着端子+ネジ締め」と「スプリング端子」の両接続方式を比較実験した結果、接続工数は丸形圧着端子を用いた方式より31%(熟練者)～52%(非熟練者)、Y形圧着端子を用いた方式より22%(熟練者)～45%(非熟練者)の合理化効果が得られることが分かり、さらに熟練者・非熟練者の間で作業時間や接続品質に差が生じないということも明らかになった。一方懸念されていた素線のバラケによる接続障害(近隣端子間での短絡)も、接続手順を欧州の方式に変更することで回避できる見通しが立った。当委員会の制御盤の合理化・省コスト化に関する調査研究の成果の一つが、スプリング端子の採用による合理化効果の実証である。

今後、我が国においても「スプリング端子」方式が制御回路配線の基本方式の一つになると考えられる。(詳細は P3～7、P13～17 に記載)

#### 2) 寄せられた意見

アンケート及び面談により聴取した情報は、表 19 のとおりである。

要約すると、輸出比率の高い機械業界や工場の世界展開を進める自動車業界は「スプリング端子」の採用を望んでいる。また、ネジ接続の緩みトラブルを経験している車両や信号設備などの業界では採用が定着している。一方、電力設備関係や国内設備を主に取り扱っている業界では、「スプリング端子」はまだ十分認知されていない。

このように未だ国内では、業界によって「スプリング端子」の認知度、普及度合いに差があり、端子台メーカー・関連団体には、認知度の低い業界に対して「スプリング端子の信頼性」などの技術情報の提供の努力が求められる。「より線の端末処理は圧着」という時代が長く続いたことから、「圧着をしない」ことへの抵抗感・不安感も根強いことから、スリーブの圧着をしても工数が増えない技術・工法の出現も望まれる。

既に「スプリング端子」を採用している業界においても、「スリーブ不使用=圧着をしない端末処理」では、これまで使用してきた線番号表示部材「マークチューブ」ではその脱落を懸念している。脱落しにくいマークチューブや電線への印字など線番表示の改良を工具メーカー・配線材メーカーと連携して進める必要がある。

表 19. 個別配線のスプリング端子方式に関する調査対象者と聴取意見

意見調査対象			意見要旨	疑念・情報提供要請他	要望、継続検討
区分	業界・工業会	回答委員会等			
盤用機器製造者	日本電機工業会	PLC	「スプリング端子」が配線工数削減などに効果があることがよく分かる。	1端子に2本配線の場合、端子(数)幅サイズの拡大があると困る。JSIA 情報提供: 1端子当たり2穴の構造のものが、この場合縦配置で横幅はネジ一つより小さくなる。	線番表示が必要な場合は、脱落しにくいマークチューブが要る。 JSIA よりPLC関係者への質問: PLCの多点コネクタ使用の場合の線番表示対応はどのようにしているか・どうすべきかを聞く。
		制御装置技術専門委員会(電磁閉閉器)	現時点では電磁閉閉器において、日本のメーカはスプリング端子を使用しない機器はありません。一方、欧米メーカでは商品化されており、電磁閉閉器に関する IEC 規格でもスプリング端子の評価内容が規定されつつある。国内の商取引においては顧客からの強い仕様変更の要望があれば、スプリング端子の導入もあると考える。		
機械製造者	日本工作機械工業会		既に制御線にスプリング端子接続を採用済み。トラブルもない。		
	日本食品機械工業会		スプリング端子接続を推奨している。		
	日本包装機械工業会		EU方式に合わせる方がよく、賛成。しかし、日本では線番表示が必要で、脱落しにくいマークチューブが要る。	欧州から機械を輸入する際、2001-2年頃までは線番表示がなく、これを付けるよう要求すると追加費用が請求された。2004年頃以降は日本向けには線番を付けてくるようになった。	欧州の機械制御盤の線番表示は、チューブではなく嵌め込みタイプなので脱落しやすいという難点がある。外線工事に対しては、欧州はケーブル番号と芯線番号が表示され接続工事図面にも記載されているが、日本では図面に書いてないものの、現状は問題ない。*
	日本印刷機械工業会		意見なし	—	—
	日本プラスチック機械工業会		意見なし	—	—
	日本エレベータ工業会 日本半導体製造装置協会		意見なし	—	—
エンドユーザ	自動車会社		ネジ接続は緩みトラブルがあり、増し締め保守作業が必須となる、スプリング端子方式に賛成。既に10数年前から採用し実績もある。奥行の制限がある場合は、ロープロファイル形のスプリング端子台(オサダ製)も使用している。	電線被覆を除去せず接続する圧接方式は、①使える電線サイズの幅が小さい②対応できる被覆材の種類に限られる③配線のやり直し時に障害がでる(1回だけの接続で済むような用途はよいが、制御盤では配線のやり直しは必須)であり、JSIAが選択対象から外したのは、賢明だ。制御盤内の配線情報はユーザに非公開・改造は製作した盤メーカがやるという考え方は、一般機械類では製造責任・安全確保が重視されている現在、日本でも成立するだろう。しかし、日本の自動車業界では設備導入側の技術・体制が整備されており、既設盤の社内改造が行なわれるのが常態で、この対応のために線番表示が必須。従って脱落しにくいマークチューブや線への印字が要る。米国では線番表示は一般に無く、外部配線のために必要な記号を端子台に表示し、外部配線図をマニュアルに記載する。	
	硝子製造会社		コストダウン、安全上の観点からスプリング端子を検討していきたい。	フェール端子を使うにしろ増し締めの必要はなくなるため工数メリットがあると考え。海外製設備において一部採用されているものの実績は少ない。保持力や挿入状態の確認方法などの技術情報を提供して欲しい。	
内線規程の発	日本電気協会	技術部	内線規程にスプリング端子が適合するか 2012年9月協議調	2014年1月、JSIAより内線規程の改正申し入れた。	

行者			整済み。	
----	--	--	------	--

\* 米国での線番表示の要否は包装機械工業会では情報がなく分からない。

### 3-2. 多数の配線を伴うPLCのIO接続に用いるコネクタ仕様の統一化・標準化

#### 1) 提案要旨

ここ数十年でマイクロエレクトロニクス技術により制御機器・装置は革新的に小形高密度化や高性能化し、制御盤内の制御回路も低電圧化・低電流化してきた。その結果、制御配線も細線化・高密度配線化が進み、機器との接続も細線による高密度配線対応のコネクタ「多点コネクタ」が多用されるようになってきた。しかし採用されているコネクタは、機器の種類やメーカーによって異なっており制御盤内のコネクタの種類があまりに多すぎる。

PLCのIO用など仕様が略同じものからでも、統一をすることが望ましく、当委員会は国内で最も使われているM社と同一仕様のコネクタの採用を推奨し、ピンアサインについても日本と欧米の回路方式の違い(シンク入力/ソース出力、ソース入力/シンク出力)の問題も含めて、将来開発機種でのコネクタ仕様の統一を担当工業会(JEMA、NECA)に検討を依頼することにした。(詳細は報告書P9～12に記載)

#### 2) 寄せられた意見

アンケート及び面談により聴取した情報は、表 20 のとおりである。

ユーザ業界は、基本的に賛成であり[PLCのIO接続に用いるコネクタ仕様の統一化・標準化]を望んでいる。さらに国際的に統一できればさらに良いという意見である。

PLCの製造業者団体(日本電機工業会 JEMA, 日本電気制御機器工業会 NECA)もこれらのニーズは認識している。

表 20. PLCのIO接続に用いるコネクタ仕様の統一化・標準化に関する調査対象者と聴取意見

意見調査対象			意見要旨	疑念・情報提供要請他	要望、継続検討
区分	業界・工業会	回答委員会等			
盤用器機製造者	日本電機工業会	PLC	コネクタピンアサインの統一は、基本的にはよいと考える。	ピンアサインの統一によって、新機種と従来機種でピンアサインが異なる可能性があるため、従来機種ユーザが混乱しないような配慮も必要。JSIAよりPLC関係者への要請。PLCの多点コネクタ及びピンアサインの標準化(長期的な視点で新機種より適用を原則として)について技術委員会でまとめるよう要請する。	
	日本電気制御機器工業会	PLC	コネクタ仕様を統一するという方向性はよいと考える。	JEMAの汎用PLC委員会とも連携しながら、仕様統一に向けた検討を進める。	
機械製造者	日本工作機械工業会		配線工数の削減のためコネクタ接続は必須。	コネクタメーカーは本田通信のものも使っている。(JSIAは盤業界団体であり、PLC用コネクタ接続仕様の標準化は、PLC業界団体に一任する。)	
	日本食品機械工業会		国内メーカーだけでなく、欧州メーカーを含めた標準化を希望する。	—	

	日本包装機械工業会	PLCのコネクタ接続仕様の標準化に賛成。部品在庫の削減に有効である。	—
	日本印刷機械工業会	意見なし	—
	日本プラスチック機械工業会	意見なし	—
	日本エレベータ工業会	意見なし	—
	日本半導体製造装置協会	意見なし	—
エンドユーザ	自動車会社	賛成	ピンアサインの統一に留まらず、PLCの先に接続する機器への電源供給線を追加するなど使いやすい仕様を希望。(PLC側のコネクタに、電源供給用の端子を備えたフラットケーブルコネクタ・多芯ケーブル付コネクタを差し込む方式など。)フラットケーブルなど細線で出力回路を構成する場合の過電流保護対策が必要と思うが未対策品が多い。JSIAは、JEMAのPLC委員会(標準化作業)に要請する。できればIECレベル(ロックウエル、シーメンスを含めて)でコネクタ及びピンアサインの標準化を望む
	硝子製造会社	賛成	各社の仕様が統一化されるのは賛成であるが、機器の小型化に対応できるかなど、統一化することのメリットについてハッキリしてほしい。

### 3-3. 中位の接続線数をもつ機器のソケット若しくは着脱機能付端子接続化

#### 1) 提案要旨

制御盤で使われる機器には、「個別配線」と「多点コネクタ」の中間に位置する接続形態をもつものが多い。制御リレーやタイマ・カウンタ・照光式押しボタンスイッチ、制御・補助回路部を持つINVやMCCBなどの主回路機器などである。制御盤の保守によるダウンタイム(交換作業時間)短縮や交換作業時の誤接続防止のニーズも高まっており、ソケット接続や着脱機能付端子を採用した機器が有効である。これらは現在普及しつつあるが、いまだ未対応の盤用機器もある。また、ソケットや着脱機能付端子の配線部は「スプリング端子」方式とすることにより、制御盤内の配線方式の統合を図ることができ、配線作業・保守の合理化が可能となる。

当委員会は、それぞれの担当工業会に表21に示す接続方式を採用するよう要請した。(詳細は報告書P18～22に記載)

表 21. 代表的な接続線数中位の機器と推奨接続方式

代表的な機種	推奨接続方式	備考
PBS、SL、COS	着脱機能付スプリング端子*	盤内の一般的な個別配線方式としてはスプリング端子がよいが、制御接続線数がある程度多く集中している左記の機器類は、機器交換性をよくするため着脱機能(含むソケット)を付加することが望まれる。
ソケット接続機器	スプリング端子付ソケット*	
INV	着脱機能付スプリング端子	
MCCB、ELCB	着脱機能付スプリング端子	
電磁開閉器、電磁接触器	一般用はスプリング端子*	
	大量使用の業務装置組込み	装置組立時の省力化や設置後の保守員の



	用や機器交換性を重視する 用途はタブ接続端子 *	機器交換時の作業スキルや作業時間が重視 されるため、タブ接続端子が使われている。
--	-----------------------------	---

\* は既に供給している機器メーカーがある。

## 2) 寄せられた意見

アンケート及び面談により聴取した情報は、表 22 のとおりである。

ソケットを使用する制御機器(リレー、タイマ、カウンタなど)は既にスプリング端子付ソケットが供給されており、押しボタンスイッチ・表示灯類も一部のメーカーで同機能を持つソケットが供給されていることから、この必要性は既に認識されてきていると思われる。今後供給メーカーが増えることを期待したい。

MCCBやELCBの警報接点やトリップ回路などの補助配線は、従来はリード線引出しや端子台取付けなど、ユーザの要求仕様に個々に対応していた実態があり、着脱機能付スプリング端子に統一できれば合理化につながるなどの機器メーカーの意見があった。今後、これらの機器メーカー団体にて、その仕様の統一・標準化が推進されることを望む。

表 22. 中位の接続線数をもつ機器のソケット若しくは着脱機能付端子接続化に関する調査対象者と聴取意見

意見調査対象			意見要旨	疑念・情報提供要請他 要望、継続検討
区分	業界・工業会	回答委員会等		
盤用器 機製造 者	日本電機 工業会	PLC	意見なし	PLC関係者への要請:PLCの少点数IOや電源回路について検討いただく。
		MCCB	ユーザ側のニーズによって、機器メーカーとしても着脱機能付スプリング端子に統一できれば、リード線や各種端子などユーザ指定への対応が不要となり、機器メーカーにもメリットとなる。	
		ELCB		
		制御装置技術専門委員会(電磁開閉器)	現時点では電磁開閉器において、日本のメーカーは着脱機能付きスプリング端子を使用した機器はない。一方では欧米メーカーではスプリング端子付きが商品化されており、電磁開閉器に関するIEC規格でも、スプリング端子の評価内容が規定されつつある。国内の商取引において顧客からの強い仕様変更の要望があれば、着脱機能付きスプリング端子付きの導入もあつと考える。	
	インバータ	既に汎用小型INVでは、着脱機能付スプリング端子を採用しているメーカーも増えている。JEMAが推奨しなくとも、その利便性から今後採用は増えつと考える。	大型分野では丸型圧着端子を要求するユーザがいる。JSIAはどの容量までスプリング端子を適用するのか? JSIA回答:この活動は本文にも記載の通り、モータ容量5.5kW以下を対象としており、大きな問題はないと考えている。またスプリング端子の信頼性などの技術情報は、端子メーカー・団体とともに今後提供に努めたい。	
日本電気 制御機器 工業会	リレー	仕様を統一するという方向性は、よつと考える。	スプリング端子付のソケットは既に供給メーカーあり。さまざまな業界、ユーザからの要望に基づき、統一要求仕様を明確にしていくことが必要である。	

	タイマ・カウンタ	ユーザのメリット(信頼性向上、低コスト化)に関しては十分に理解ができる。個別要求に対してはメーカごとに対応していく。	標準化に対するメリットを広く認識いただき、広い範囲(たとえば業界やエリア等々の単位)でのユーザからの標準化が具現化すれば生産団体として協力していきたい。
	スイッチ(PBS)	仕様を統一するという方向性は、よいと考える。	NECA会員のスイッチ使用ユーザから、スプリング端子の個別要望は受けているが、スプリング端子の需要はまだ少ないのが現状。(スプリング端子付のソケットは既に供給メーカあり。)ユーザからの要望など情報はNECAとして会員間での情報共有を進める。
機械製造者	日本工作機械工業会	現状は採用していないが、工数削減になるなら今後検討したい。	—
	日本食品機械工業会	国内メーカだけでなく、欧州メーカを含めた標準化を希望する。	—
	日本包装機械工業会	賛成。機器が故障した時、交換が容易で配線間違いも起こらない。	—
	日本印刷機械工業会	意見なし	—
	日本プラスチック機械工業会	意見なし	—
	日本エレベータ工業会	意見なし	—
	日本半導体製造装置協会	意見なし	—
エンドユーザ	自動車会社	賛成 以前から機器交換時間の短縮(機械の停止時間短縮)と交換時の誤配線防止(特に海外では)のため、ソケット・着脱(コネクタ)端子台使用を要求している。	他にも製品化されているものあり。IDEC がスプリング端子対応のリレーソケットを販売しているので、これも製品例に追加する。
	硝子製造会社	賛成	機器交換時間の短縮が見込める。

### 3-4. 制御盤外の制御線工事対応のための「盤内スプリング端子—盤外ネジ端子装備の端子台」の製品化

#### 1) 提案要旨

これまでの三つは盤内配線であり、これらはJSIA 会員企業の業務であったが、外部端子よりフィールド側の配線作業は、電気工事業者によって行われる。盤内配線に関わる改革は、JSIA がユーザや機器メーカとその所轄団体と協力して推進することが可能だが、電気工事に当たる部分は当該事業者、団体に依存せざるを得ない。接続文化の改革ともいえる「スプリング端子」方式の採用など大きなテーマであり、容易には進まないと考えられるので、当委員会としては、①「電気工事業界の技術委員会関係者との意見交換会」を実施するとともに、②「盤内側はスプリング端子で盤外側は従来のネジ端子をもつ端子台の製品化と①で明らかになった課題」について、端子台メーカ団体に検討を依頼した。

#### 2) 寄せられた意見

当委員会メンバーと日本電設工業会(JECA)技術部会メンバーによる会議の場を設け、JSIA 側から当委員会の「調査研究報告書1st Step」の説明を行い、この内容及び制御盤設置時の電気工事上の課題などについて意見交換を行った。その要旨は、表 23 のとおりである。

これを踏まえて、当委員会は端子台メーカーの団体である日本電気制御機器工業会(NECA)技術部に対して調査研究報告書1st Stepの説明し、①「盤内側はスプリング端子で盤外側は従来のネジ端子をもつ端子台」の製品化の検討要請、②認知度の低い業界に対して「スプリング端子の信頼性」などの技術情報の提供の努力要請、③日本電設工業協会(JECA)の「制御盤からの制御ケーブル接続の課題」について伝えその解決策の検討について協力要請をした。その結果、JECAより表 23 のとおり前向きな回答があり、新たな情報として春日電機より既に製品化し一般販売をしている「単極ユニット 組合せ型、品名:ターミナルユニット、タイプ名:TWEU20」の情報の提供を受けた。

表 23. 盤内スプリング端子—盤外ネジ端子装備の端子台の製品化

調査対象		意見要旨	疑念・情報提供要請他 要望、継続検討
業界	業界団体		
電気工事業	日本電設工業協会 (JECA)	盤外部端子接続工事は、1人日 100 端子と盤内配線と比べ工数は 10 倍以上と効率は低い。何らかの形で合理化できるとよい。 作業環境(スペース、姿勢、照明など)が盤工場と大きく異なり、盤メーカーのスプリング端子による合理化実験結果がそのまま有効とは言い切れない。 一部委員からコネクタ化の要望も出た。	JSIA, JECAの両業界に端子台メーカー(NECA)も加え今後合理化についての協力関係が構築できるとよい。
エンドユーザ	硝子製造	盤内スプリング、盤外ネジ端子の端子台の製品化は求められる。	盤外は工事業者の施工になるため、普及に時間がかかる。
端子台製造業	日本電気制御機器工業会 (NECA)	・盤内側はスプリング端子で盤外側は従来のネジ端子をもつ端子台」の製品化については、既に春日電機の該当品があり提供可能である。 ・「スプリング端子の信頼性」などの技術情報のユーザへの提供を今後進める。	NECAとして今後JECAと情報交換を進め、制御盤からの制御ケーブル接続状況や課題の把握をし、この問題の解決を推進したい。

春日電機製のターミナルユニット(TWEU20)の仕様は表 24、外観・構造は写真 31 のとおりである。単極ユニットを 35mm レール上で組み合わせて、必要な極数を構成でき、ユニットは一方が2穴スプリング端子、他方がネジアップ端子という構造をもっている。これを用いることにより制御盤内の接続はスプリング端子に統一でき、一方盤外の電気工事士によるケーブル工事は慣れた従来どおりの圧着端子ネジ接続の工法を採用できる。スプリング端子の普及が進む間の経過対応として、有用な製品である。

表 24. 春日電機製盤内スプリング端子—盤外ネジ端子装備の中継端子台(ターミナルユニット)仕様

タイプ	TWEU20	端子ねじ締め付けたルク	0.9~1.1 N・m
定格絶縁電圧	600V	定格適	ねじ部M3.5
定格通電電流	20A	合電線	スプリング端子
			0.3~2mm <sup>2</sup> (AWG20~14)
			0.13~2mm <sup>2</sup> (AWG26~14)

定格インパルス耐電圧	6,000V	適合海外規格	c-UL-us, CE
------------	--------	--------	-------------

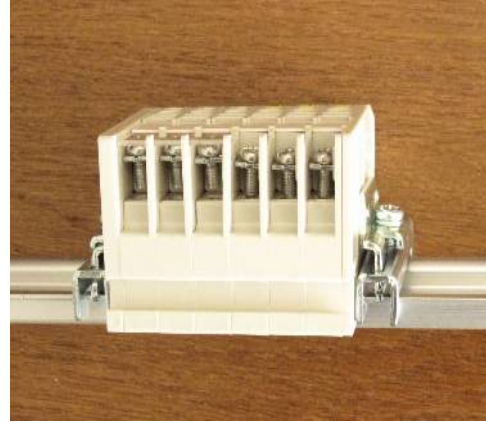


写真 31. 春日電機製盤内スプリング端子—盤外ネジ端子装備の中継端子台(ターミナルユニット)

### 3) 制御盤からの制御ケーブル接続の現況

中継端子台は端子台メーカーから盤メーカーに納入され、片側は盤メーカーが配線して盤として完成させ出荷される。中継端子台のもう片側は、盤を設置・配線する電気工業者が機械装置や他の盤と制御ケーブルで接続することにより、盤はシステムとして完成する形態をとる。

従って、端子台メーカーと電気工業者間で「制御盤中継端子への制御ケーブル接続状況やその課題」についての共通認識が十分でないことが分かった。

NECAからの要請に応じて、当委員会は「代表的な最近の制御盤の外部制御ケーブル接続状況写真」4点を提供して、傘下の接続機器技術委員会での検討を要請した。

制御ケーブルは制御盤の下部で行う方式(ケーブルがケーブルピットに敷設される)と上部(ケーブルが天井のケーブルラックに敷設される)場合がある。何れも「処理スペース不足」や「ケーブル支持難」など課題が多い。配線ミスを防ぎながらの作業は、作業者の熟練と多くの作業工数が必要となる。最近では現地工事のトラブル防止・工期短縮のため、特に輸出機械などでは熟練作業者の確保が難しいことから、コネクタの採用も増えている。写真 34 と 35 にコネクタと端子台を併用した制御ケーブルの接続例を示す。これらのコネクタは海外メーカー製で、制御盤メーカーは「価格高」、「長納期」に悩んでおり、当委員会は端子台メーカー及びメーカー団体(NECA)に製品調査・標準化を含めた対応の検討を依頼した。

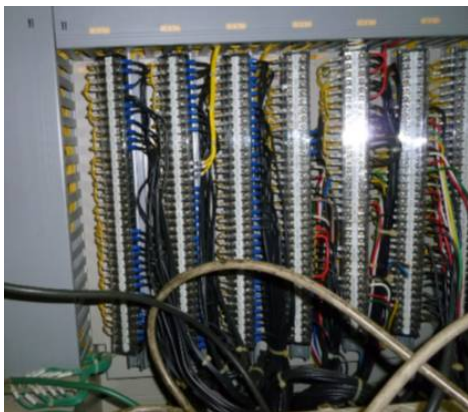


写真 32.制御盤下部からケーブル接続



写真 33.制御盤上部よりケーブル接続

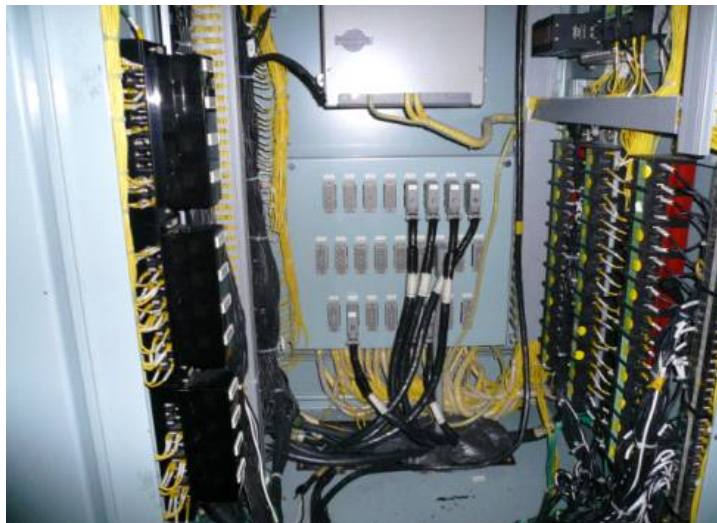


写真 34.コネクタによる制御ケーブルの接続

写真 35.コネクタによる制御ケーブルの接続

### 3-5. 制御用配線の最小サイズの規制見直し

#### 1) 提案要旨

制御盤の制御用配線は、発熱温度上昇・電圧ドロップなど電気的特性を考慮し電線サイズが決められるが、国内の多くの基準や規定に「<電流量, 電圧降下などに支障がなく, 保護協調がとれる場合は、これよりも細い電線を用いてもよい。>とのただし書き付きで、制御回路に用いる電線の断面積は  $1.25 \text{ mm}^2$ 、計器用変成器二次回路に用いる電線の断面積は  $2 \text{ mm}^2$  とする。」と記載されており、実際の購入仕様書では制御用配線の最小サイズを  $1.25 \text{ mm}^2$  としている場合が多い。PLC やサーボなど電子制御が多くを占める現在の制御盤の実態に合っていない。制御用配線の定義も不明確で大型ソレノイドを駆動する大電流回路や特性上低インピーダンスが要求される CT 二次回路などの配線と論理信号など制御信号を伝えるための配線が同列に扱われている点に問題がある。当委員会としては、電気的な障害が生じないことを基本に、IECの規定を準用し最小サイズを  $0.2 \text{ mm}^2$  とし、一次側の過電流を二次側に飽和を抑えリアに流すため低インピーダンスが要求される変流器の二次回路は別枠で記載するように関係団体に変更検討を依頼することにした。(詳細は報告書 P22～25 に記載)

#### 2) 寄せられた意見

アンケート及び面談により聴取した情報は、表 25 のとおりである。制御電線の最小サイズは IEC の規定を準用し最小サイズを  $0.2 \text{ mm}^2$  とすることに賛成である。公共建築工事標準仕様書の記述内容も、JSIA として改正を申し入れた。

表 25. 制御用配線の最小サイズの規制見直しに関する調査対象者と聴取意見

意見調査対象		意見要旨	疑念・情報 提供要請他	要望、継続検討
区分	業界・工業会 回答委員会等			
機 械 製 造 者	日本工作機械工業会	配線の最小サイズ見直しに賛成。	—	—
	日本食品機械工業会	IEC 規格との整合を望む。	—	—
	日本包装機械工業会	PLC のコネクタ接続は、0.2 mm <sup>2</sup> で実際に行われているので、最少 0.2 mm <sup>2</sup> でよい。	—	—
	日本印刷機械工業会	意見なし	—	—
	日本プラスチック機械工業会	意見なし	—	—
	日本エレベータ工業会	意見なし	—	—
	日本半導体製造装置協会	意見なし	—	—
エンド ユー ザ	自動車会社	配線の最小サイズ見直しに賛成。 盤外制御配線には、0.75 mm <sup>2</sup> の CVV ケーブルを使う工事が多く、この場合温度上昇を考慮すると 3A 程度の許容電流となる。盤内配線とバランスがとれて、むしろよい。	UL クラス II (100W 以下、4A 以下) の場合は、MTW 電線も使える。その場合は 600V 耐圧を要求する回路と 2 インチ以上離すカバーなどで分離する。 0.2 mm <sup>2</sup> を使う場合は、1 本配線などでは機械的強度が心配。何らかの配線上の保護処置などを記載する必要がある。実際の電線サイズは、電氣的及び機械的な要件を満たして上できめるもの。ただし、IEC 規格においても最小サイズ 0.2 mm <sup>2</sup> を規定していることからこれを準用規定することにより、従来の習慣(1.25 mm <sup>2</sup> 又は 2.0 mm <sup>2</sup> ) からの抜出しがしやすくなると思う。	
	硝子製造会社	賛成	既にフラットケーブルなど盤内で 0.2 mm <sup>2</sup> 電線の実績があるので IEC 規格と整合するのがよい。	
国土 交通 省	公共建築工事標準仕様書 電気設備工事編発行者 公共建築協会	JSIA より国土交通省大臣官房官庁営繕部へ右記の改正要望を行った。	第 13 節 制御盤 1.13.5 項 制御回路等 a) 制御回路及び変成器 2 次回路(以下「制御回路等」という。)に使用する絶縁電線の太さについて、制御回路の部分「電子制御化された回路」と「比較的負荷電流の大きい回路」に区分し、前者については、電線サイズを、0.2mm <sup>2</sup> 以上とする。	

#### 4. 追加した調査研究

##### 4-1. 制御線の被覆剥&フェルール自動圧着工具

フェニックス・コンタクト(株)が SCF2013 にて発表した。



当委員会は 2013 年 12 月 12 日フェニックス・コンタクトより、「スプリング端子用フェルール自動圧着工具」について、実演・説明を受け、効果や実用性・問題点の調査をした。主な仕様は表 26 のとおりで、片手で持てるハンディタイプ (430g) でありながら、被覆剥きから圧着までの工程を1アクション2秒ででき、省力化に有効なものである。



写真 36. フェルール自動圧着工具



写真 37. 動力源はリチウムイオン電池

動力源はリチウムイオン電池によるモータ駆動、1 回の充電で 2,000 端子処理可能でフェルールはマガジンに 50 個を装填して、電線を工具に差し込むだけで絶縁被覆を剥きフェルールを圧着することができる。

問題点はIEC規格電線 1.5 mm<sup>2</sup> 専用であること。JIS電線対応 (0.5-1.25 mm<sup>2</sup>) の製品化と経費処理可能な 20 万円以下の価格なら国内の多くの盤メーカーに普及すると思われる。日本の制御盤に使用する JIS 電線仕様には、従来からのJISとIEC規格と一致した新JISがあり、国内市場に多く流通する電線は前者である。後者は「コストが高い、納期がかかる。」といった問題がある。(従来JIS適合品や北米 AWG 仕様対応の製品化については検討中とのこと。)





図 13. 被覆剥&フェルール自動圧着工具の使い方

表 26. フェニックス製スプリング端子用フェルール自動圧着工具の概要

特 徴	製 品 仕 様
<ul style="list-style-type: none"> <li>・むき線作業、圧着作業を 1 台で実施</li> <li>・むき+圧着作業時間が 2 秒</li> <li>・ケーブルレスのため作業現場への持ち運び可能</li> <li>・全自動のため力いらず ⇒ 疲労の低減</li> <li>・自動工具のため、仕上がり品質は一定</li> </ul> <p>※ マガジンタイプのフェルールを装着</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・型 式 : CF CRIMPHANDY 1,5</li> <li>・製品番号 : 1212466</li> <li>・適用電線 : IEC 電線 1.5 mm<sup>2</sup> ※、JIS 電線、AWG 対応不可</li> <li>・適用フェルール長さ: 8 mm</li> <li>・サ イ ズ : 200 mm</li> <li>・質 量 : 430g</li> <li>・バッテリー : 100~200V 1 回の充電で 2000 回 圧着可能(充電時間:60分)</li> <li>・フェルールセット数量 : 50 個</li> </ul>

#### 4-2. 制御線の被覆剥&フェルール手動圧着工具

制御電線の末端処理「電線切断、被覆剥き、素線ネジリ、フェルール圧着」を、一つの工具のできる製品をフェニックス・コンタクト(株)が 2014 年夏に発表した。

適用電線は 0.5~2.5 mm<sup>2</sup>、適用フェルールは 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.5 mm<sup>2</sup> (20,18,17,15,13 AWC) である。

工具の大きさは 180x100mm、重量は 218g で持ち運びに便利で、工場内作業はもとより設置工事現場での作業に使える。



写真 38. 被覆剥&フェルール手動圧着工具 (CRIMPFOX JET)

#### 4-3. プッシュイン式スプリング端子台

制御線の被覆剥&フェルール自動圧着工具を調査する過程で、「フェルール圧着により末端処理された電線であれば、端子台への接続作業にドライバなど工具を必要としない新たなスプリング端子—プッシュイン式スプリング端子台」が製品化されたとの情報を得て、追加調査した。

この端子台は、フェニックス・コンタクト(株)が日本市場の要求により開発したもので、「フェルール圧着を望むが、接続工数を抑えるために接続時にマイナスドライバなど工具なしで接続できるスプリング端子構造をも製品」である。(写真 39 及び表 27 を参照)

この製品は、フェルール圧着した電線を写真のように直接端子台の接続穴に押し込むだけで接続できる構造をもつ。(日本では単線は制御回路配線に使われないが、単線なら被覆を剥ぎそのま



写真 39. プッシュイン式スプリング端子台

ま押し込めばよい。) フェルール圧着の工数増を接続工数削減で補うねらいがある。

同製品は接続穴に隣接してスプリングリリースボタンが装備されており、このボタンを+又はードライバで押すことにより接続押えスプリング金具が開き、接続した電線を抜くことができる。また、フェルール圧着していないより線は、このリリースボタンを押しながら接続穴に差し込むことによって接続できる。

欧州では、前項のフェルール自動圧着工具やプッシュイン式スプリング端子台のように、接続合理化に関する新技術・製品の開発が盛んであり、今後もウオッチしていく必要がある。

表 27. プッシュイン式スプリング端子台の代表的機種と主な仕様

型式、シリーズ	PT1.5/S	PT2.5	PT4	PT6	
定格電圧 (V)	500	800/500	800/500	1,000	/ : 二重表記は端子台構造により異なる
定格電流 (A)	17.5	24/20	32/28	41/30	
適合電線サイズ(m m <sup>2</sup> )	0.14-1.5	0.14-2.5	0.2-4.0	0.5-6.0	より線

#### 4-4. 制御電線の規格

4-1.項の「制御線の被覆剥&フェルール自動圧着工具」の調査の過程で、国内電線規格が複数あり、工作機械や各種自動機械類は輸出比率も高いことから、これらの制御盤に使用する電線の規格についても追加調査が必要と判明した。

##### 4-4-1. 制御盤に使用する制御線の規格と主な仕様

制御盤に使用する制御用電線についての JIS 及び IEC の規格は、(一社)日本電線工業会の協力を得て調べた結果は次のとおりである。IEC 規格一致 JISC 3662-3 :2003 に準拠する電線は現状では国内での生産がなく、国内での入手はコスト・納期などに問題があることが分かった。

表 28. 導体断面積 0.5 mm<sup>2</sup> 以上のより線

	日本独自規格			国際標準 IEC 60227-3:1993 一致規格				
	断面積 mm <sup>2</sup>	絶縁体厚 mm * 1	仕上外形 mm		断面積 mm <sup>2</sup>	絶縁体厚 mm	仕上外形 mm	
							下限	上限
				IEC 規格一致	0.5	0.6	2.1	2.5
KIV/HKIV 電線	0.75	0.8	2.7	JIS C 3662-3 :2003 * 2	0.75	0.6	2.2	2.7
					1	0.6	2.4	2.8
JIS C 3316 :2000 電気機器用ビニル絶縁電線	1.25	0.8	3.1					
	2	0.8	3.4					
	3.5	0.8	4.1					
	5.5	1.0	5.1					
	8	1.2	6.1					
600V 以下機器用電線	14	1.4	7.7					
IV 電線	0.9	0.8	2.8					
	1.25	0.8	3.0					
JIS C 3307 :2000				IEC 規格一致	1.5	0.7	2.7	3.3
	2	0.8	3.4	JIS C 3662-3				

600 V ビニ ル絶縁電線  (規定温度; 60°C)	3.5	0.8	4.0	:2003  450/750V 以下 の塩化ビニル 絶縁ケーブル 第3部 :固定配線用シ ースなしケー ブル  より線導体タイ プ:60227 IEC 01 (規定温度; 70°C)	2.5	0.8	3.3	4.0	
	5.5	1.0	5.0		4	0.8	3.8	4.6	
					6	0.8	4.3	5.2	
	8	1.2	6.0						
					10	1.0	5.6	6.7	
	14	1.4	7.6						
					16	1.0	6.4	7.8	
	22	1.6	9.2						
					25	1.2	8.1	9.7	
38	1.8	11.5	35	1.2	9.0	10.9			
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
500	2.8	35	400	2.6	27.5	33.2			

\* 1:許容差は、本値の±10%である。

\* 2:450/750V 以下の塩化ビニル絶縁ケーブル第3部固定配線用シースなしケーブル、可とう導体タイプ:60227 IEC 06 (規定温度:70°C)

また、制御盤の制御線によく用いられる0.5 mm<sup>2</sup>のサイズはJISがなく、業界規格であるJCS(日本電線工業会規格)にその規定があることが判明した。

表 29. 導体断面積 0.5 mm<sup>2</sup> より小さい電線を含む規格(より線)

日本独自電線工業会規格			
	断面積 mm <sup>2</sup>	絶縁体厚 mm	仕上外形 mm
電子・通信機器用 電線 JCS3368:2003 300V 以下 (KV,KHV,KVX,,KEX とも同寸法)	0.3	0.4	1.5
	0.4	0.4	1.6
	0.5	0.5	1.9
	0.75	0.5	2.1
	1.25	0.6	2.7
	2.0	0.6	3.0

#### 4-4-2. 課題と対応

以上の調査結果から、当委員会はその課題と対応について次の様に考える。

- ①制御線に0.5 mm<sup>2</sup>のサイズが実際使われているが、配電盤・制御盤の規格や標準仕様書には「JIS準拠」と記載されている場合があり、この見直し修正又は電線JISの見直しが必要である。
- ②輸出制御盤が増える中、IEC規格の電線の供給・入手環境を改善する必要がある。
- ③接続技術は最もプリミティブ・基礎的な技術要素であるが、「4-1. 制御線の被覆剥&フェルール自動圧着工具」で示したように、合理化技術の進歩がグローバル化しており、この側面からの電線仕様のあり方を議論する時期にきている。

#### 4-5. 線番号表示用部材、印刷機

6ページで「線番、マークチューブ脱落の問題」が指摘され、また16ページでは「フラットマークチューブを使った配線工数実験」の結果として次の課題が具体的に指摘された。

- ①フラットマークチューブが、電線外径サイズに対して太すぎ、隣接電線のマークチューブと重なり、番号が見にくい。

- ②電線番号の表示手段として、「電線に直接印字する方式」や「番号シール・タグを電線に貼付する方式」など様々な方法が採用されており、これらの得失比較など今後追加調査が必要である。
- ③電線番号の表示目的は、誤配線の修正作業や稼働後の配線変更などの改造工事のときに、配線図に示された配線を実配線群の中から見つけやすくすることであるから、マークチューブの位置は、脱落懸念のある線端でなくダクト内でもよいと考えられる。要求機能を含めて追加調査が必要である。

以下に、追加調査の結果を示す。

#### 4-5-1. 電線番号の表示に関する調査結果

当委員会は、最初に「電線番号の表示」についての根拠規格及び要求機能(仕様)について調査し、国内では規格として存在しないことが分かった。さらに欧米の調査をした結果、米国・欧州では電線番号表示をしない制御盤も多く見られることが分かり、根拠規格にいても調査したがその存在を確認することはできなかった。

制御盤メーカーとして、配線作業を表9の手順で行うと、電線番号表示をしなくても配線作業をする上で問題はなく、制御盤としての保証を盤メーカーが行っている場合は外部端子の表示がなされていれば、線番号の表示の義務はないと考えられる。なお、国内の場合は制御盤メーカーが制御盤を納入・引渡し後に、ユーザが改造するケースが多くみられ、この場合は「線番号の表示」がないと作業が困難であり、「線番号の表示」が一般化したと思われる。

しかし、この結果、製造者の「制御盤メーカー」が知らない間に改造され、トラブルが起こってから盤メーカーに相談・調査依頼がくるケースが多くみられ、製造責任・機械装置の安全確保の観点から「制御盤の改造は、製作した制御盤メーカーの責任で実施」する原則を守ることが必要である。改造を製造者以外が行う場合は「その責任の所在を事前に明らかにしておくこと」、及び「改造のための現状調査などを製造者に求める場合は有償になる」などを、制御盤の取引契約にあらかじめ織り込むことが必要である。

#### 4-5-2. 電線番号の表示部材

線番号の表示用部材について調査した結果は次のとおりである。

##### ①マークチューブ

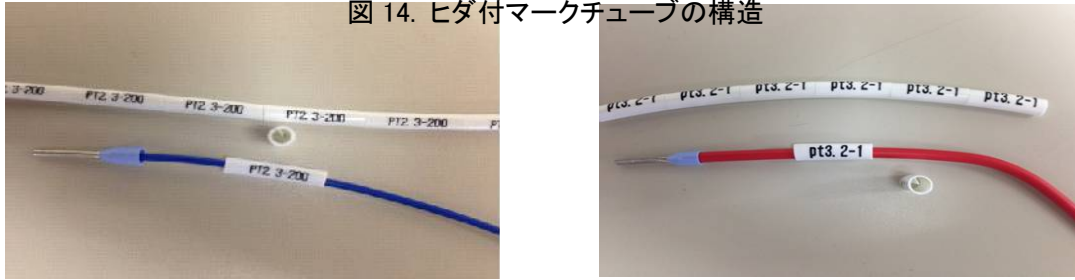
最も一般的に使われているもので、筒状の樹脂チューブが用いられる。安価ではあるが、表示材が電線上を自重や振動によって移動してしまうことや、非圧着端末処理の電線の場合は接続作業時に脱落する恐れがあるなどの欠点がある。

この欠点を補うものとして、配線工数実験に使用したフラットチューブ(18ページ、図11参照)やチューブ内に電線を押えフリクションでズレを抑えるヒダ構造のもの(㈱西日本セフティデンキ製2014年3月発売)がある。このヒダ付マークチューブの構造を図14に、外観写真を写真40に示す。なお、もう一社同様のねらいの新マークチューブを開発し製品化する動きがある。



## ットチューブの構造

図 14. ヒダ付マークチューブの構造



内径 2.3 mm 0.15~0.75mm<sup>2</sup> 用

内径 3.2 mm 0.5~1.25mm<sup>2</sup> 用

写真 40. ピタットチューブの製品例及び使用状況

ヒダ付マークチューブの種類は、表 30 に示すとおりである。

表 30. ヒダ付マークチューブの種類

ヒダ数	内径(mm)	適用電線サイズ(mm <sup>2</sup> )	型 式	使用可プリンタ
1	2.3	0.1~0.75	PT2.3-1-200	ハンディ: キヤノン MK2500(MK1500 も可) 中型: 壬生電機製作所 MP-40T 大型: CKD SP7600/7300
	3.2	0.5~1.25	PT3.2-1-200	
	3.6	0.5~2.0	PT3.6-1-200	
	4.2	0.75~3.5	PT4.2-1-200	
2	3.2	0.3~0.75	PT3.2-2-200	大型: CKD SP7600/7300

表 30 は、ヒダ付マークチューブの種類と適用電線サイズのメーカー推奨値であるが、まだ制御盤メーカーの実績が少ないため、当委員会の委員会社にて一番需要の多そうな PT3.2-1-200 について、よく使う制御線 KV 0.5 mm<sup>2</sup>、KIV 0.75 mm<sup>2</sup>、IV 1.25 mm<sup>2</sup> の配線作業性の実証試験・評価を行った。その結果が表 31.のとおりである。評価作業員 8 人で標準丸型マークチューブと比較して点数を付ける方式(良い=2、やや良い=1、同等=0、やや劣る=-1、劣る=-2)で行っており、同等が 0 点に対して IV 1.25 mm<sup>2</sup> を除き優れていた。IV 1.25 mm<sup>2</sup> に対しての評価が低いのは、内径 3.2mm φ は小さすぎるのが原因で 3.6 mm φ を使うべきである。

ヒダ付マークチューブは、従来の丸型又は Y 型圧着端子による接続の場合にマークチューブのサイズの種類を少なくでき、(配線資材在庫削減の効果が期待できるが、圧着部へのマークチューブ挿入にヒダの出っ張りが影響するため、ヒダ付マークチューブは標準丸型マークチューブより 1 サイズ大きいものを選定するよう配慮する必要がある。

表 31. ヒダ付マークチューブの使い勝手の評価試験結果

比較項目	電線の種類と断面積 (mm <sup>2</sup> )			コメント
	KV 0.5	KIV 0.75	IV 1.25	
1.電線への挿入作業性	8	7	-11	IV 1.25 mm <sup>2</sup> に対しては内径 3.2 mm φ は小さすぎ。3.6 mm φ を使うべき(メーカーに要望済)。
2.電線装着後の対ズレ性	11	13	15	
3.電線装着後の移動作業性	6	4	-10	
4.スプリング端子への素線接続への適合性	11	12	10	
5.スプリング端子へのフェール圧着接続への適合性	11	12	9	

(評価作業員8人、配点:標準丸型マーカーチューブと比較して良い=2、やや良い=1、同等=0、やや劣る=-1、劣る=-2)

## ②シールタイプ

貼付けなのでずれないという特徴があるが、貼りこむ手間が問題視された。



写真 41. シールタイプの線番号表示材



写真 42. タグマーカタイプの線番号表示材

## ③タグマーカタイプ

ひし形チューブでずれにくい特徴があるが、コストが高い。

## ④結束バンド固定式マーカ

結束バンドで番号表示材を電線に固定する方式。コスト高であり、構造的に多芯ケーブル向きである。



写真 43. 結束バンド固定式マーカ

### 4-5-3. 線番号印字機

線番号を表示部材であるチューブやラベルに印字するプリンタである。これらはキャノンやCKD, 壬生電機などが販売している。表示部材の形状によって使えるプリンタは制限される。

現在は、バッチ処理で一括して線番号を表示部材に印字し切り出すものが一般的であるが、将来的には、配線作業の手順の一環で表示部材の印字と電線への挿入・取付け(若しくは直接電線への印字又はフェルール絶縁部へ印字)を行える合理的な装置の出現が期待される。



## 5. 配線接続の合理化に関する調査研究 2nd Step のまとめ

調査研究 2nd Step の主な活動目的は、1st Step で制御配線の合理化のキーである「①個別配線の必要な盤内機器はスプリング端子方式の採用。②多数の配線を伴うPLCのIO接続は仕様統一・標準化したコネクタを採用。③中位の接続線数をもつ機器はソケット若しくは着脱機能付端子接続化。④制御盤外の制御線工事を行う業界にスプリング端子方式の技術・信頼性情報提供と施工工具の普及をメーカ団体し要請するとともに、普及環境の整うまでの対策として「盤内スプリング端子—盤外ネジ端子装備の端子台」の製品化を促す。⑤制御盤内に使用する制御用配線の最小サイズの各種規定・標準の改正を働きかける。」ことであった。それらについて関係する「盤用器機製造者、機械製造者、エンドユーザ、電気工事業者、内線規程や公共建築工事標準仕様書などの発行団体」に説明・意見交換するなどして「3. 意見聴取結果」に記載したとおり、情報を共有したばかりか多くの賛同を得ることができた。

またスプリング端子台を国内で採用していく上での課題を解決策について調査検討を重ね、「被覆剥&フェルール自動圧着工具」、「プッシュイン式スプリング端子台」、「スプリング端子接続対応の新電線番号の表示部材」、「スプリング接続—ネジ接続複合中継端子台」などの製品化提案・促進や海外の新技术・新製品など有用な情報を得ることができた。

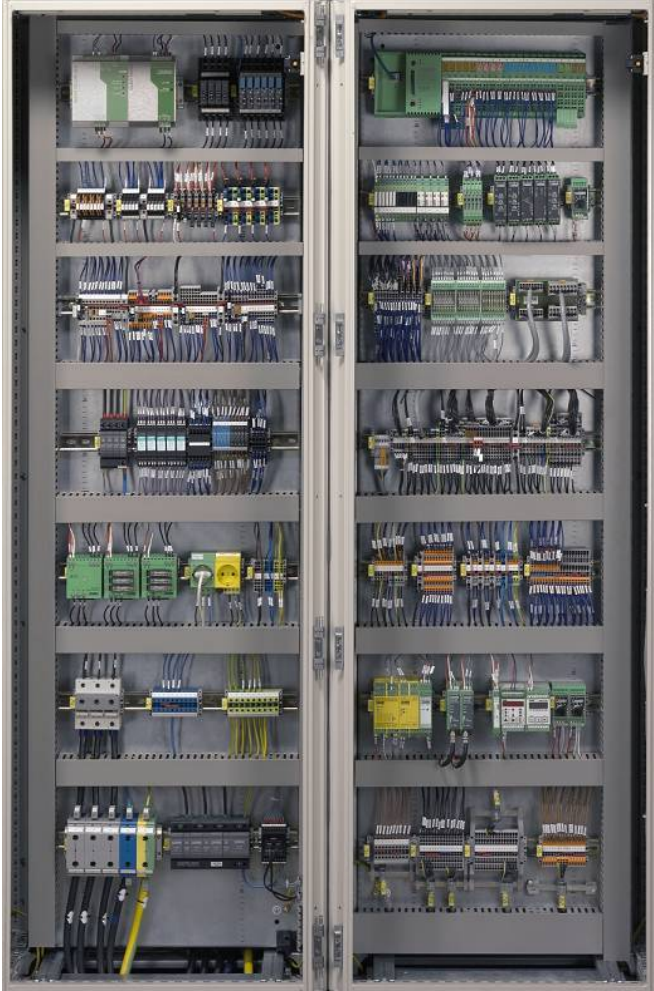
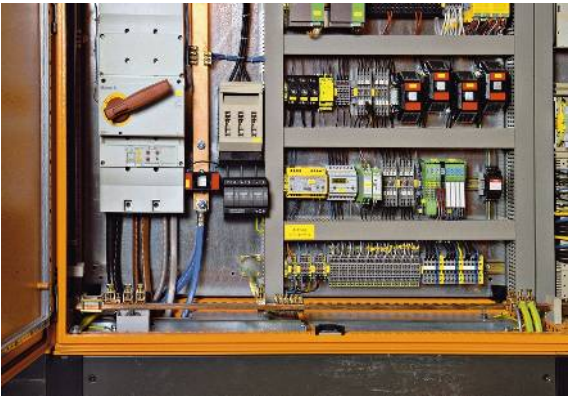
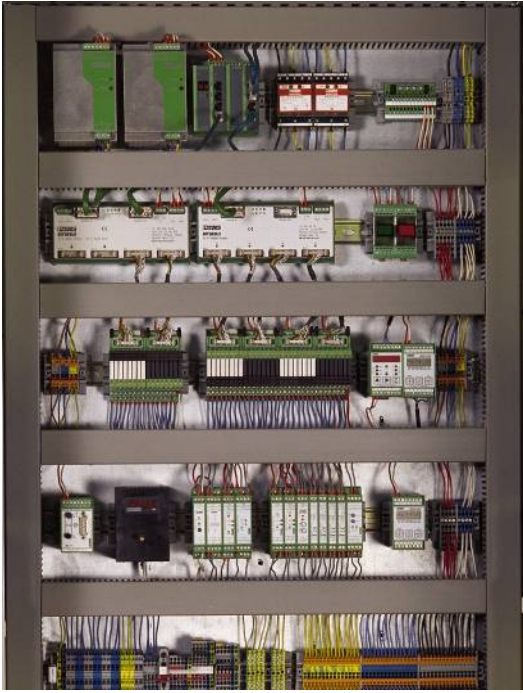
調査研究 2nd Step の活動を通して、「盤用器機製造者団体(JEMA, NECA)、工作機械などの機械製造者団体、エンドユーザ、電気工事業者団体(JECA)、関連規程・標準仕様書発行団体(日本電気協会、国土交通省大臣官房官庁営繕部)」など、制御盤に関連する関係者との連携体制・情報連絡ルートを構築できたことも、今回の活動の大きな成果である。

“文化・習慣ともいえる配線方式”の変更は一団体だけでできるものではなく、今後も関係者と連携を密にして、その実現に取り組んでいきたい。



附録

欧州の制御盤の事例写真(参考)

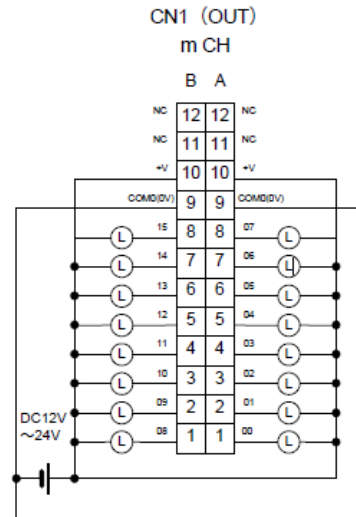
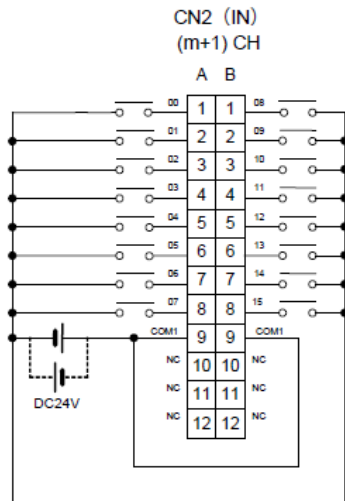


主要3社の最新 PLC コネクタのピンアサイン(その1)

オムロン NJ シリーズ(16 点入力及び 16 点 Tr 出力)

入力

出力

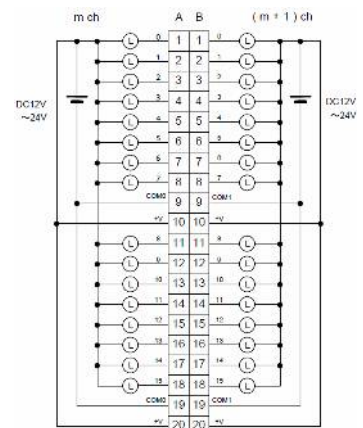
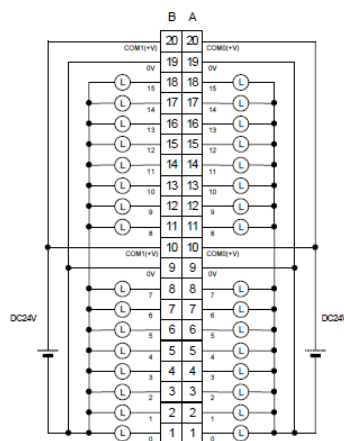
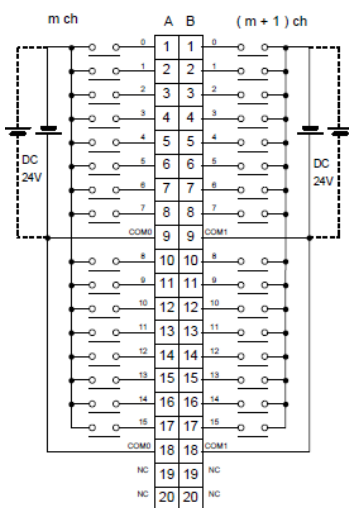


オムロン NJ シリーズ(32 点入力及び 32 点 Tr 出力)

入力

出力 (ソースタイプ)

出力 (シンクタイプ)

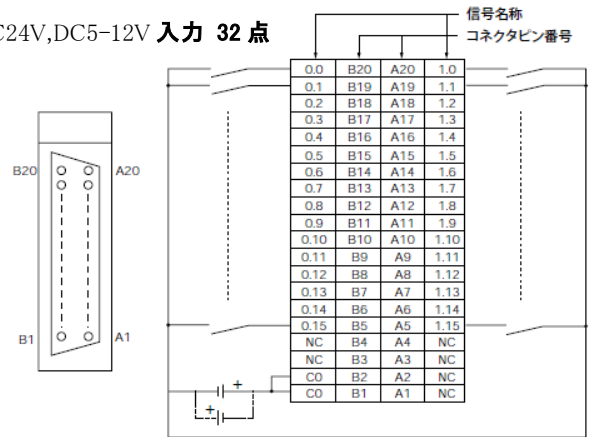


附図.1 オムロン製 PLC コネクタのピンアサインの例

主要3社の最新 PLC コネクタのピンアサイン(その2)

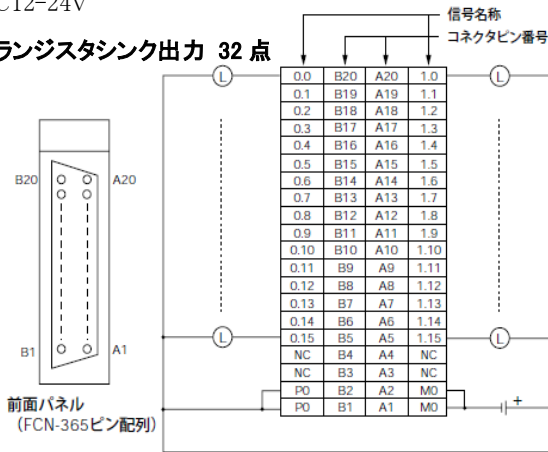
富士電機 SX シリーズ

DC24V,DC5-12V 入力 32 点



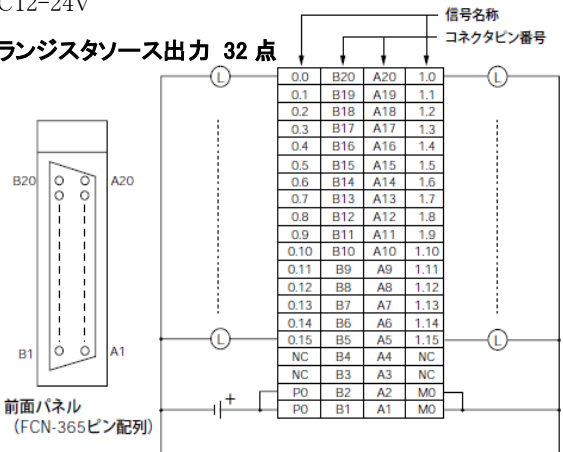
DC12-24V

トランジスタシンク出力 32 点



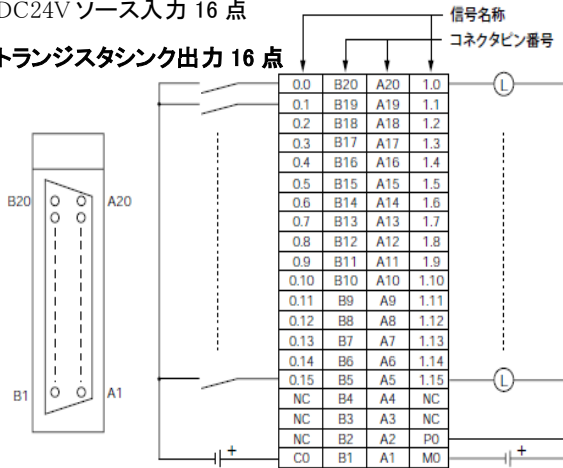
DC12-24V

トランジスタソース出力 32 点



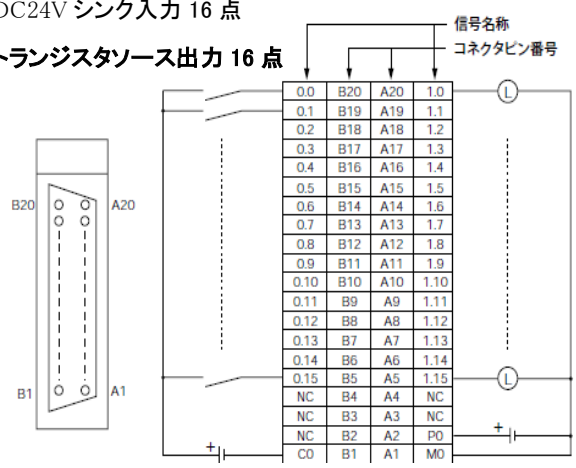
DC24V ソース入力 16 点

トランジスタシンク出力 16 点



DC24V シンク入力 16 点

トランジスタソース出力 16 点



付図.2 富士電機製 PLC コネクタのピンアサインの例

主要3社の最新 PLC コネクタのピンアサイン(その3)

**三菱電機Qシリーズ(32点入力 32点 Tr 出力)**

QX41

0	1	2	3	4	5	6	7
8	9	A	B	C	D	E	F
0	1	2	3	4	5	6	7
8	9	A	B	C	D	E	F

24VDC  
4mA

入力 (プラスコモンタイプ)

出力 (シンクタイプ)

入力

ピン配列	ピン番号	信号名	ピン番号	信号名
B20	X00	A20	X10	
B19	X01	A19	X11	
B18	X02	A18	X12	
B17	X03	A17	X13	
B16	X04	A16	X14	
B15	X05	A15	X15	
B14	X06	A14	X16	
B13	X07	A13	X17	
B12	X08	A12	X18	
B11	X09	A11	X19	
B10	X0A	A10	X1A	
B09	X0B	A09	X1B	
B08	X0C	A08	X1C	
B07	X0D	A07	X1D	
B06	X0E	A06	X1E	
B05	X0F	A05	X1F	
B04	アキ	A04	アキ	
B03	アキ	A03	アキ	
B02	COM	A02	アキ	
B01	COM	A01	アキ	

ユニット正面  
から見た場合

出力

ピン配列	ピン番号	信号名	ピン番号	信号名
B20	Y00	A20	Y10	
B19	Y01	A19	Y11	
B18	Y02	A18	Y12	
B17	Y03	A17	Y13	
B16	Y04	A16	Y14	
B15	Y05	A15	Y15	
B14	Y06	A14	Y16	
B13	Y07	A13	Y17	
B12	Y08	A12	Y18	
B11	Y09	A11	Y19	
B10	Y0A	A10	Y1A	
B09	Y0B	A09	Y1B	
B08	Y0C	A08	Y1C	
B07	Y0D	A07	Y1D	
B06	Y0E	A06	Y1E	
B05	Y0F	A05	Y1F	
B04	アキ	A04	アキ	
B03	アキ	A03	アキ	
B02	12/ 24VDC	A02	COM	
B01	12/ 24VDC	A01	COM	

ユニット正面  
から見た場合

附図.3 三菱電機製 PLC コネクタのピンアサインの例

## ■ ■ おわりに ■ ■

当委員会は 2010 年 6 月から盤ハードウェアの合理化・省コスト化の調査研究、具体的な課題として「#1:配線接続の合理化」と「#2:筐体部材・機器取付けに関する合理化」に取り組んでおります。

先行した課題 #1 について当委員会の調査研究結果及び課題と解決案をまとめた「配線接続の合理化に関する調査研究報告(第一ステップ)」を発行 2012 年 9 月に発行し、HP への公開や JSIA 2012 セミナーでの説明を行い、引き続き第 2 ステップとして「ユーザ(エンドユーザ、機械装置メーカーなど)や盤内電気機器メーカー、関係団体などの多くの関係者にアンケートや面談により第一ステップ報告書に対する意見収集や課題の解決策について協議」する活動をしてまいりました。

この度、ユーザや盤内電気機器メーカー、関係団体などとの意見・要望を汲み入れた「#1:配線接続の合理化に関する調査研究報告(最終版)」が完成しましたので、皆様にお届けいたします。

ご協力いただきましたユーザ・関連業界・関係団体の皆様には、改めて御礼申し上げます。

なお当委員会は引き続き、次の課題である「#2:筐体部材・機器取付けに関する合理化」の調査研究に取り組んでおります。ご意見・ご要望・ご提案などありましたら是非、当委員会にご連絡いただくようお願いいたします。

最後に、私どもの活動が今後の制御盤等の製作や使用・維持管理において、また、制御盤用機器の開発において何らかの形で役立つことを祈念しております。

制御・情報システム委員会  
委員長 天野 敏夫

### < 執筆者 >

---

天野 敏夫 (株式会社豊電子工業)  
折居 仁 (広沢電機工業株式会社)  
松村 和成 (東洋電機株式会社 2012 年 3 月まで)  
加藤 茂男 (東洋電機株式会社 2012 年 4 月から)  
川島 重雄 (富士電機機器制御株式会社)  
西村 彰 (元 タケモトデンキ株式会社 2014 年 5 月まで)  
関口 学 (タケモトデンキ株式会社 2014 年 6 月から)  
山口 勉 (株式会社田原電機製作所)  
若林 博 (元 株式会社日本電機研究所 2013 年 12 月まで )  
森岡 寅之 (株式会社日本電機研究所 2014 年1月から)  
松山 明 (元 一般社団法人日本配電制御システム工業会 事務局長 2014 年 6 月まで)  
河原木 豊 (一般社団法人日本配電制御システム工業会)